



# Werkversie handreiking schoolexamen Nieuwe Scheikunde havo/vwo

Voortgezet onderwijs

*Enschede, augustus 2008*

**slo**

nationaal  
expertisecentrum  
leerplan-  
ontwikkeling

Verantwoording

© 2008 Stichting leerplanontwikkeling (SLO), Enschede

Alle rechten voorbehouden. Niets 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.

**Auteur:** Heleen Driessen

**In opdracht:** Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen

**Informatie:**

SLO, Stichting Leerplanontwikkeling  
Postbus 2041, 7500 CA Enschede  
Secretariaat Tweede Fase  
Telefoon secretariaat (053) 4840 661  
Internet: <http://www.slo.nl/>  
E-mail: [tweedefase@slo.nl](mailto:tweedefase@slo.nl)

**AN:** 3.3763.099

# Inhoud

Voorwoord	5
<b>1. Scheikunde in de nieuwe tweede fase</b>	<b>7</b>
1.1 Plaats van het vak	7
1.2 Veranderingen in het examenprogramma vanaf 2007	7
1.3 Globaal geformuleerde subdomeinen	9
1.4 Aanpassing examenprogramma aan omvang van het vak	10
1.5 Aanwijzing deel van het programma voor het schoolexamen	12
1.6 Vormvoorschriften voor het schoolexamen	13
1.7 Gespecificeerde subdomeinen voor het centraal examen	14
1.8 Examinering	14
1.9 Leermiddelen	15
1.10 Practicum en experimenteel onderzoek	15
1.11 Ontwikkeling en invoering Nieuwe Scheikunde	16
<b>2. De programma's voor havo en vwo</b>	<b>17</b>
2.1 De domeinen voor havo en vwo	17
2.2 Overeenkomsten in de structuur van de programma's havo en vwo	19
2.3 Vergelijking globale programma's havo en vwo	21
2.4 Overige verschillen tussen programma's havo en vwo	29
<b>3. Het centraal examen en het schoolexamen</b>	<b>31</b>
3.1 Programma voor het centraal examen havo en vwo	31
3.2 Programma voor het schoolexamen havo en vwo	31
3.3 Verdeling programma centraal examen en schoolexamen havo en vwo	32
3.4 Weging eindcijfer schoolexamen en centraal examen	34
<b>4. De subdomeinen van het schoolexamen</b>	<b>35</b>
4.1 Inleiding	35
4.2 Niet bindende interpretatie subdomeinen voor het schoolexamen	35
4.3 Toelichting op Domein A Vaardigheden voor havo en vwo	36
4.4 Toelichting op de subdomeinen havo	54
4.5 Toelichting op de subdomeinen vwo	76
<b>5. Mogelijkheden voor toetsing weging (PTA)</b>	<b>105</b>
5.1 Inrichting van het PTA	105
5.2 Overwegingen bij het opstellen van het PTA voor het examenexperiment	105
5.3 Weging van de onderdelen van het schoolexamen	107
5.4 Voorbeeld PTA voor het experimenteel examen havo	107
5.5 Voorbeeld PTA voor het experimenteel examen vwo	109
<b>6. Afstemming met andere vakken</b>	<b>113</b>
6.1 Doorlopende leerlijn scheikunde van onderbouw naar tweede fase	113
6.2 Afstemming domein A Vaardigheden	122
6.3 Afstemming tussen scheikunde en biologie	124
6.4 Afstemming tussen scheikunde en natuurkunde	127
6.5 Afstemming tussen scheikunde en wiskunde	129
6.6 Afstemming tussen scheikunde en NLT	130
6.7 Afstemming tussen scheikunde en ANW op vwo	130
6.8 Afstemming tussen scheikunde en Nederlands	131
6.9 Afstemming tussen scheikunde en Engels/Duits	131
6.10 Overige afstemmingsmogelijkheden	132

<b>7.</b>	<b>Samenhang</b>	<b>135</b>
7.1	Samenhang binnen het examenprogramma Nieuwe Scheikunde	135
7.2	Samenhang met Nieuwe Biologie en Nieuwe Natuurkunde	140
7.3	Randvoorwaarden voor het versterken van samenhang	141
<b>8.</b>	<b>Onderdelen naar keuze van de school</b>	<b>143</b>
8.1	Ruimte in het programma	143
8.2	Practicum, eigen onderzoek, ontwerp en modelleren	143
8.3	Vernieuwende projecten	145
8.4	Anticiperen op landelijke invoering van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde	146
<b>9.</b>	<b>Vernieuwing examinering</b>	<b>149</b>
9.1	Centraal examen	149
9.2	Schoolexamen	149
9.3	Schoolexamen op basis van competentieontwikkeling	150
9.4	Kwaliteitszorg schoolexamen	156
	Bijlage 1 De wisselwerking tussen contexten en concepten	159
	Bijlage 2 Werkversie examenprogramma havo en vwo	165
	Bijlage 3 Verschillende programma's havo en vwo in trefwoorden	175
	Bijlage 4 Werkversie syllabus centraal examen Nieuwe Scheikunde	179
	Bijlage 5 Toelichting op de specificatie voor het centraal examen	181
	Bijlage 6 Vergelijking programma havo 2007 met Nieuwe Scheikunde	185
	Bijlage 7 Vergelijking programma vwo 2007 met Nieuwe Scheikunde	193
	Bijlage 8 Literatuuropgave	203

# Voorwoord

## **Een nieuw examenprogramma**

In het kader van de vernieuwing van het onderwijs in de vijf bètavakken heeft het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen in september 2002 de commissie vernieuwing scheikunde onderwijs (Commissie van Koten) ingesteld. Deze commissie kreeg opdracht om nieuwe examenprogramma's scheikunde voor havo en vwo te ontwikkelen. Uitgangspunt is hierbij het visiedocument "Chemie tussen context en concept, ontwerpen voor vernieuwing".

In de periode 2004-2006 heeft de stuurgroep Nieuwe Scheikunde in een interactief proces met docenten en vakexperts een werkversie van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde in globale formulering ontwikkeld dat najaar 2006 bij OCW is opgeleverd.

Landelijke invoering van Nieuwe Scheikunde zal naar verwachting niet voor 2012 plaatsvinden. Tot die tijd zullen op een beperkt aantal scholen examenpilots plaatsvinden waarbij onderwijsmateriaal, toetsen en examens gebaseerd op deze nieuwe programma's ontwikkeld en beproefd worden. Doel van deze pilots is om de programma's te toetsen op drie aspecten: op haalbaarheid, op onderwijsbaarheid en op toetsbaarheid.

## **Syllabus en de handreiking Nieuwe Scheikunde**

De CEVO heeft de taak bij de examenprogramma's syllabi te ontwikkelen met een specificatie van de globale subdomeinen voor het centraal examen. Hiertoe heeft CEVO voor Nieuwe Scheikunde in 2007 een ad hoc syllabuscommissie ingesteld. De SLO heeft de taak bij de examenprogramma's handreikingen te ontwikkelen met een niet-bindende toelichting op de globale subdomeinen voor het schoolexamen.

In opdracht van de stuurgroep Nieuwe Scheikunde heeft de syllabuscommissie een verdeling van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde opgesteld van naar schatting 60% van de studielast voor het programma voor het centraal examen en 40% voor het schoolexamen.

Tot aan landelijke invoering zullen de syllabus en de handreiking de status van een werkversie behouden ten behoeve van de scholen, die deelnemen aan het examenexperiment Nieuwe Scheikunde vanaf 2007 en de multipilot vanaf 2008. Na evaluatie van het examenexperiment zullen de examenprogramma's, syllabi en handreiking worden bijgesteld en definitief vastgesteld.

## **Opbouw van de handreiking**

In hoofdstuk 1 is beschreven op welke wijze het examenprogramma Nieuwe Scheikunde tot stand is gekomen en welke plaats het vak in de tweede fase inneemt. Hoofdstuk 2 geeft een vergelijking van de programma's havo en vwo.

In hoofdstuk 3 is de verdeling van de programma's over het centraal en het schoolexamen weergegeven.

In hoofdstuk 4 wordt een niet bindende toelichting op de subdomeinen voor het schoolexamen gegeven met suggesties voor onderwijs en examinering.

Hoofdstuk 5 reikt suggesties aan voor toetsing van Nieuwe Scheikunde in het schoolexamen en enkele voorbeelden van het PTA.

Hoofdstuk 6 gaat uitgebreid in op Nieuwe Scheikunde in een leerlijn voor onder- en bovenbouw. Daarnaast volgen suggesties voor afstemming met andere vakken.

In hoofdstuk 7 is de interne samenhang van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde beschreven en mogelijkheden voor samenhang met natuurkunde en biologie.

Hoofdstuk 8 bevat mogelijkheden voor scholen die eigen keuzen willen maken voor onderdelen van het programma van het schoolexamen.

In hoofdstuk 9 wordt kort ingegaan op vernieuwing van de examinering o.a. door het beoordelen van de competentieontwikkeling.

De bijlagen bevatten een verantwoording van de stuurgroep over onderwijs in een wisselwerking van contexten en concepten, de globale examenprogramma's, een toelichting op de specificatie in de syllabus en een vergelijking van de programma's van 2007 met Nieuwe Scheikunde.

Deze handreiking bevat een omvangrijke bundeling van visies en inzichten over de onderwijskundige vernieuwingen, suggesties voor het schoolleerplan en de toetsing en praktijkervaringen onder andere van de netwerkscholen Nieuwe Scheikunde. Bij het opstellen van de handreiking is er rekening mee gehouden dat deze vooral dient als naslagwerk. De hoofdstukken en paragrafen kunnen onafhankelijk van elkaar worden gelezen. Dit brengt echter enige redundantie in de tekst met zich mee. We hopen dat hierdoor de gebruiksvriendelijkheid als naslagwerk is toegenomen.

We danken de docenten van de ontwikkel- en volgscholen, de veldadviesgroepen en de deelnemers aan de expertgroepen van harte voor de respons op de conceptversies van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde en de vele suggesties.

We hopen dat de handreiking een bijdrage kan leveren aan de scholen van het examenexperiment die hun eigen keuze maken ten aanzien van het programma voor het schoolexamen. Daarnaast hopen we dat de handreiking in beeld kan brengen hoe Nieuwe Scheikunde in de schoolpraktijk kan worden gerealiseerd.

# 1. Scheikunde in de nieuwe tweede fase

## 1.1 Plaats van het vak

Scheikunde is een verplicht vak voor de profielen Natuur & Gezondheid en Natuur & Techniek. Scheikunde kan als keuzevak gekozen worden door leerlingen met het profiel Cultuur & Maatschappij of Economie & Maatschappij. Het examenprogramma voor scheikunde is voor de beide natuurprofielen identiek, de centrale examens ook.

### Vwo

Het vak scheikunde is in de nieuwe tweede fase één volledig vak met een studielast van 440 sl.u.

### Havo

De studielast van het scheikundeprogramma in de nieuwe tweede fase voor havo beslaat in totaal 320 uur. Daarin is 40 sl.u voor ANW geïntegreerd.

## 1.2 Veranderingen in het examenprogramma vanaf 2007

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde vormt een uitwerking van het advies van de Commissie Van Koten (Driessen, H. e.a. 2003), waarin drie grote veranderingen worden voorgesteld:

1. Een programma op hoofdlijnen dat is gebaseerd op de centrale concepten van het vak scheikunde: het molecuulconcept en het micro/macroconcept.
2. Onderwijs in een context-en-conceptbenadering als doorlopende leerlijn van onder- naar bovenbouw. Zie hiervoor bijlage 1.
3. Een programma dat zo is ontworpen dat het actueel kan blijven.

Bij het ontwikkelen van de examenprogramma's Nieuwe Scheikunde is tevens aangesloten op de veranderingen die in de examenprogramma's voor de nieuwe tweede fase in 2007 zijn doorgevoerd.

Kort samengevat gaat het daarbij om:

1. De zogenaamde 'globale' subdomeinen. In plaats van de gedetailleerde beschrijvingen in eindtermen in het examenprogramma van 1998 zijn er in het examenprogramma Nieuwe Scheikunde een beperkt aantal subdomeinen. Hierin is met een globale, overkoepelende formulering de inhoud van de onderliggende eindtermen samengevat in één globaal geformuleerde volzin. De indeling in domeinen en subdomeinen is geheel herzien en geordend in een nieuwe structuur die sterk verschilt van het examenprogramma 2007.
2. Een programma voor de omvang van het vak vanaf 2007. De examenprogramma's Nieuwe Scheikunde voor havo en vwo zijn ontwikkeld voor de omvang van het vak vanaf 2007. Dat is voor vwo 440 sl.u en voor havo 320 uur, voor havo inclusief het ANW-subdomein over reflectie en analyse.
3. Het aanwijzen van een deel van het programma voor het schoolexamen. Vanaf 2007 wordt een deel van het examenprogramma alleen in het schoolexamen en niet meer in het centraal examen getoetst. Scholen hebben veel meer vrijheid om

binnen enkele kaders te bepalen hoe hun schoolexamen eruit ziet. Deze vrijheid geldt ook voor de scholen die aan het examenexperiment Nieuwe Scheikunde deelnemen.

4. Het specificeren van de subdomeinen voor het centraal examen. Een onder verantwoordelijkheid van CEVO ingestelde syllabuscommissie heeft een werkversie van een syllabus Nieuwe Scheikunde opgesteld. Hierin zijn de globaal geformuleerde subdomeinen die zijn aangewezen voor het experimentele centraal examen gespecificeerd. In deze specificatie zijn weliswaar een aantal eindtermen uit het scheikundeprogramma 2007 te herkennen, maar geordend volgens een geheel andere indeling in domeinen en subdomeinen dan het programma van 2007.

### **Vwo**

Bij het invoeren van de geherstructureerde tweede fase vanaf 2007 is de deelvakstructuur opgeheven. Dit brengt met zich mee, dat vanaf 2007 het scheikundeprogramma voor de profielen Natuur & Gezondheid en Natuur & Techniek gelijkloend is met een omvang van 440 sl.

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde omvat de gehele examenstof voor het centraal examen en het schoolexamen. Voor het programma voor het centraal examen is door een door CEVO ingestelde ad hoc syllabuscommissie een werkversie syllabus opgesteld, die na het examenexperiment zal worden geëvalueerd. In het jaar voorafgaand aan een experimenteel centraal examen kan CEVO eventueel een beperking van het programma voor dat experimenteel centraal examen vaststellen. Het eerste experimentele centrale vwo-examen is in 2010. In het PTA regelen de examenscholen de inhoud en de examinering van het programma voor het experimentele schoolexamen.

Bij het aanpassen van het examenprogramma 2007 aan de nieuwe omvang van 440 sl is zoveel mogelijk aangesloten bij het vanaf 1998 bestaande examenprogramma. Dit om met het perspectief op de volledige herziening de veranderingen in leermiddelen en de gevolgen van de aanpassingen van het programma voor docenten en leermiddelen zoveel mogelijk te beperken. Voor de Nieuwe Scheikunde is uitgegaan van een volledig vernieuwd programma.

### **Havo**

In het examenprogramma Nieuwe Scheikunde voor havo is de indeling in domeinen en subdomeinen door de Commissie Vernieuwing Scheikunde volledig herzien. Daardoor kan een verdergaande integratie van het ANW-subdomein met de vakinhoudelijke domeinen gerealiseerd worden.

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde omvat de gehele examenstof voor het centraal examen en het schoolexamen. In het jaar voorafgaand aan een experimenteel centraal examen kan CEVO eventueel een beperking van het programma voor dat experimenteel centraal examen vaststellen. Het eerste experimentele havo-examen is in 2009. In het PTA regelen de examenscholen de inhoud en de examinering van het programma voor het experimentele schoolexamen.

Het examenprogramma 2007 is in grote lijnen gebaseerd op het in 2002 ingeperkte programma van 1998 voor 280 sl. Deze omvang is door het toevoegen van het centrale ANW-subdomein Analyse en Reflectie in 2007 met 40 sl uitgebreid tot 320 sl.



### 1.3 Globaal geformuleerde subdomeinen

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde bevat een sterk beperkt aantal domeinen en subdomeinen. De meer globale beschrijving beoogt docenten en scholen meer keuzevrijheid te bieden bij de invulling van het programma voor het schoolexamen (zie verder het Voorwoord).

Als voorbeeld van een nieuw domein met globaal geformuleerde subdomeinen volgt hierna het domein D 'Synthesen' van vwo. In een domein Nieuwe Scheikunde worden steeds eerst de subdomeinen voor het schoolexamen genoemd en daarna de subdomeinen voor het centraal examen. De subdomeinen voor het schoolexamen zijn cursief weergegeven.

#### **Nieuwe Scheikunde 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 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 selecteren en 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 waarom in het betreffende proces deze technologie wordt toegepast.

##### **Subdomein D5 Procestechnologie**

De kandidaat kan processchema's als weergave van een industrieel chemisch 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.

Ter vergelijking staat hieronder domein F uit het vwo programma voor 2007 vermeld, waarvan de chemische vakinhoud gedeeltelijk overeenkomt met de inhoud van het nieuwe domein D.

#### **Examenprogramma 2007 Domein F Chemische techniek**

##### **Subdomein F1 Het maken van stoffen**

*De kandidaat kan voor de industriële bereiding van een bepaalde stof aangeven welke grondstoffen en hulpstoffen worden gebruikt en het productieproces beschrijven in het perspectief van duurzame ontwikkeling.*

##### **Subdomein F2 Het scheiden en zuiveren van stoffen**

*De kandidaat kan een aantal methoden noemen om mengsels te zuiveren en verbanden leggen tussen de eigenschappen van de aanwezige stoffen en de geschikte scheidingsmethode.*

##### **Subdomein F3 Stoffen aantonen**

De kandidaat kan een aantal methoden noemen om stoffen aan te tonen en de resultaten die daarbij worden verkregen, interpreteren.

##### **Subdomein F4 Analysetechnieken**

De kandidaat kan een aantal technieken noemen om de hoeveelheid van een stof te bepalen en de daarbij behorende berekeningen uitvoeren.

##### **Subdomein F5 Procesindustrie**

De kandidaat kan de uitvoering in het groot van een chemisch proces beschrijven.

##### **Subdomein F6 Bulkproducten**

Vanaf 2007 vervallen.

## **1.4 Aanpassing examenprogramma aan omvang van het vak**

### *Werkversie examenprogramma Nieuwe Scheikunde vanaf 2007*

Vanaf 2004 heeft de Commissie Vernieuwing Scheikunde in een interactief proces met docenten en TOA's en het vervolgonderwijs een nieuw globaal geformuleerd examenprogramma ontwikkeld. Tijdens de adviesbijeenkomsten hebben docenten veelvuldig aangegeven dat het beoordelen van de studielast van een globaal geformuleerd examenprogramma bijzonder moeilijk is. Pas bij de specificatie van het programma voor het centraal examen wordt namelijk voor docenten duidelijk welke omvang en diepgang voortkomen uit de globaal geformuleerde subdomeinen. Ook na het opstellen van de werkversie van de specificatie blijft het schatten van de studielast lastig. Het examenprogramma schrijft namelijk niet voor op welke wijze het onderwijs wordt vormgegeven. Naast de nieuwe vakinhoud stelt de Commissie Vernieuwing Scheikunde voor om het onderwijs te baseren op de wisselwerking tussen contexten en concepten, in een doorgaande leerlijn van onder- naar bovenbouw.

Uit de evaluatie van het examenexperiment zal moeten blijken:

1. Dat het gehele globale examenprogramma te onderwijzen is binnen het voor het vak bestemde aantal slu.
2. Dat de specificatie in de werkversie van de syllabus te onderwijzen is in 60% van de voor het vak beschikbare slu.
3. Dat het programma voor het schoolexamen te onderwijzen is in 40% van de voor het vak beschikbare slu.

En vervolgens:

1. Dat het examenprogramma Nieuwe Scheikunde leerbaar is.
2. Dat het examenprogramma Nieuwe Scheikunde examineerbaar is.

Bovendien zal zichtbaar moeten worden:

1. Of scheikundeonderwijs gebaseerd op de wisselwerking tussen contexten en concepten meer sluit op het gebruikelijke onderwijs.
2. In hoeverre scholen in de aanloopfase in de eerste jaren na invoering van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde ondanks voldoende bijscholing behoefte hebben aan een tijdelijke verlichting van het examenprogramma.

De algemene conclusie uit de adviesbijeenkomsten over de werkversies van de syllabi havo en vwo met docenten van examenscholen en netwerkscholen Nieuwe Scheikunde is dat het de vraag is of de specificaties onderwijsbaar zijn in 60% van de voor het vak bestemde studielast. Maatgevend voor de omvang en het vaststellen van een eventuele overlading is de situatie na de aanloopfase, als docenten zich de nieuwe inhoud hebben eigengemaakt. Ook wordt ervan uitgegaan dat ze dan vaardig zijn geworden in het schatten van de benodigde onderwijstijd voor het realiseren van het in de eindtermen beoogde leerresultaat bij leerlingen.

Hierbij moet niet alleen naar het vernieuwde programma scheikunde worden gekeken, maar tevens naar de nieuwe programma's biologie en natuurkunde. Immers, ook in deze programma's zal de wisselwerking tussen contexten en concepten de basis van het onderwijs gaan vormen.

Vanaf 2005 heeft een aanzienlijk aantal scholen kennisgemaakt met onderwijs-scheikunde gebaseerd op de wisselwerking tussen contexten en concepten door gebruik van een aantal lesmodulen in het derde leerjaar. Na 2005 zijn ook modulen voor de tweede fase ontwikkeld, die een uitwerking vormen van een aantal globale subdomeinen van het examenprogramma. Terugblikkend op de ervaringen van docenten met een of meer modulen van het vernieuwde lesmateriaal kan worden geconcludeerd dat:

1. Het ontbreken van een specificatie met zich meebrengt, dat in de uitwerking van de subdomeinen veelal zowel een ruime vakinhoudelijke diepgang als omvang in lesmateriaal wordt uitgewerkt. Dit heeft ook zijn weerslag op de diepgang van het onderwijsprogramma in het derde leerjaar.
2. Dat in het lesmateriaal de balans tussen vaardigheden en vakinhoud nog niet optimaal is. Onderwijs in vaardigheden vergt relatief veel sluit op ten koste van de chemische vakinhoud.
3. Dat het in de lesmodulen aangeboden palet aan activerende didactische werkvormen het lastig maakt om het aantal sluit op voor het verwerven van de vakinhoud in te schatten.
4. Dat in de modulen veel nadruk wordt gelegd op eigen onderzoek en practicum. Dit kan worden gezien als een wenselijke ontwikkeling gezien de conclusie van het monitoringsonderzoek van het voormalige Adviespunt Tweede Fase, dat in het onderwijs volgens het examenprogramma voor de tweede fase minder aandacht is voor practicum en eigen onderzoek dan voor 1998. Zie voor meer informatie hierover de binask-vakdossiers. (Deze zijn te downloaden via [www.slo.nl](http://www.slo.nl)).

Uit de evaluatie van het examenexperiment in 2010 zal ook moeten blijken wat het effect is van het aangeboden modulaire onderwijs in de diverse leerlijnen op de door leerlingen benodigde aantal studietijd.

De syllabuscommissie heeft aangegeven zich ervan bewust te zijn dat de werkversie van de syllabus mogelijk te omvangrijke specificaties bevatten. Een van de beweegredenen daarvoor is dat het eenvoudiger is om door een CEVO-maatregel de specificatie tijdelijk of blijvend in te perken dan om na de evaluatie het examenprogramma en de specificatie uit te breiden.

#### *Ter vergelijking het algemeen geldende scheikundeprogramma vanaf 2007*

Bij het vaststellen van het vwo-programma voor 2007 is uitgegaan van een programma voor 400 sl. 40 sl. zijn niet ingevuld om ruimte te laten voor o.a. het practicum. In het examenprogramma Nieuwe Scheikunde is in de beschrijving van de subdomeinen voor het schoolexamen verder geïntegreerd welke vakinhoud leerlingen door middel van practicum en eigen onderzoek dienen te verwerven.

Bij het vaststellen van het havo-programma voor 2007 is uitgegaan van het bestaande programma voor 280 sl., waaraan 40 sl. is toegevoegd voor onderwijs in het ANW-subdomein Analyse en reflectie.

## **1.5 Aanwijzing deel van het programma voor het schoolexamen**

#### *Werkversie examenprogramma Nieuwe Scheikunde vanaf 2007*

De verdeling van het examenprogramma scheikunde in 60% voor het centraal examen en 40% voor het schoolexamen geldt ook voor het examenprogramma Nieuwe Scheikunde.

Voor die verdeling, in 60% centraal examen en 40 % schoolexamen, heeft de Stuurgroep Nieuwe Scheikunde de syllabuscommissie verzocht een voorstel te doen. De belangrijkste beweegreden hiervoor is, dat een inschatting van de studielast op grond van globaal geformuleerde subdomeinen zonder die specificaties bijzonder moeilijk is. Ter ondersteuning van de syllabuscommissie heeft de projectgroep Nieuwe Scheikunde een startdocument opgesteld met een uitgebreide toelichting op de globale subdomeinen.

Bij het opstellen van het advies voor de verdeling van het havo programma en het vwo programma zijn in goed overleg met de Stuurgroep Nieuwe Scheikunde enkele aanpassingen aan het globale examenprogramma doorgevoerd. Sommige subdomeinen binnen hetzelfde domein zijn daarbij gesplitst, andere subdomeinen zijn juist samengevoegd.

Uitgangspunten bij het vaststellen bij de subdomeinen voor het centraal examen waren onder andere:

1. In elk domein komen zowel subdomeinen voor het centraal examen als subdomeinen voor het schoolexamen voor.
2. Een deel van de nieuwe vakinhoud komt met name in subdomeinen voor het centraal examen.
3. In het programma voor het centraal examen ligt de nadruk op de voor het vak centrale concepten (het micro-macro concept en het molecuulconcept) in wisselwerking met passende contexten.
4. In het programma voor het schoolexamen komen subdomeinen die ook op andere wijzen dan door middel van schriftelijke toetsen kunnen worden geëxamineerd bijvoorbeeld in de vorm van eigen onderzoek, experimentele bepalingen en ICT-middelen o.a. molecular modelling.

De door de syllabuscommissie voorgestelde verdeling is in 2007 voorgelegd aan de examenscholen en aan een adviesgroep van docenten/TOA's uit de netwerkscholen Nieuwe Scheikunde. Hierbij is opgemerkt dat de ingeschatte studielast per subdomein voor de subdomeinen voor het schoolexamen aanzienlijk lager is dan de ingeschatte studielast per subdomein voor de subdomeinen voor het centraal examen. Uit de evaluatie van het examenexperiment zal blijken of de verdeling van het programma over het centraal examen en het schoolexamen moet worden bijgesteld.

*Ter vergelijking het algemeen geldende scheikundeprogramma vanaf 2007*

Tot 2007 was het voor scheikunde gebruikelijk dat het gehele programma, met uitzondering van het practicum, zowel in het schoolexamen als in het centraal examen werd geëxamineerd. In het examenprogramma van 2007 is echter 60% van de examenstof aangewezen voor examinering in het centraal examen en 40% van de examenstof voor examinering in het schoolexamen. Zie hiervoor ook de syllabus scheikunde 2007 ([www.cevo.nl](http://www.cevo.nl)) en de handreiking schoolexamen scheikunde 2007 ([www.slo.nl](http://www.slo.nl)).

De gehele studielast van het scheikundeprogramma voor vwo vanaf 2007 beslaat in totaal 440 uur. Hiervan is 40 slu als ruimte voor o.a. practicum afgebakend. 60% van het scheikundeprogramma wordt centraal geëxamineerd. Het centraal te examineren deel beslaat een studielast van ongeveer 240 slu. 40% valt buiten het centrale examen en wordt alleen in het schoolexamen geëxamineerd. Hiervoor is 200 slu beschikbaar, inclusief practicum. Zie voor een overzicht van de stof voor het schoolexamen en het centraal examen de syllabus scheikunde 2007 en de handreiking schoolexamen scheikunde 2007.

De studielast van het havo-programma vanaf 2007 beslaat in totaal 320 slu. Het scheikundeprogramma beslaat 280 slu en is uitgebreid met 40 slu door het toevoegen van het centrale ANW-subdomein 'Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek'. Hiervan wordt 60% centraal geëxamineerd, dit beslaat een studielast van ongeveer 170 slu. 40% valt buiten het centrale examen en wordt alleen in het schoolexamen geëxamineerd. Hiervoor is 150 slu beschikbaar, inclusief het ANW-domein en practicum. Zie voor een overzicht van de stof voor het centrale examen de syllabus scheikunde 2007 en de handreiking schoolexamen scheikunde 2007.

## **1.6 Vormvoorschriften voor het schoolexamen**

*Werkversie examenprogramma Nieuwe Scheikunde vanaf 2007*

Voor het schoolexamen Nieuwe Scheikunde wordt door de examenscholen aangesloten op de vanaf 2007 geldende vormvoorschriften. De Stuurgroep Nieuwe Scheikunde heeft ervoor gekozen de examenscholen geen aanvullende voorschriften voor het schoolexamen op te leggen. Het is namelijk een belangrijk onderdeel van het examenexperiment dat naast de centrale examens ook de overeenkomsten en verschillen in de door de scholen vastgestelde schoolexamens en de beweegredenen voor de door de school gekozen vormvoorschriften geëvalueerd worden.

Vanaf 2007 zijn de vanaf 1998 geldende uitgebreide vormvoorschriften voor het schoolexamen vervangen door een veel beperktere aanwijzing, te weten:

- Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:
- Ten minste de domeinen en subdomeinen waarop het centraal examen geen betrekking heeft.

- Indien het bevoegde gezag daarvoor kiest: een of meer domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft.
- Indien het bevoegde gezag daarvoor kiest: andere vakonderdelen, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof, zoals vermeld in de werkversie van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde, dient geheel te worden onderwezen. Het is dus niet zo dat het bevoegde gezag in de school vrij is een gedeelte van de schoolexamenstof Nieuwe Scheikunde te laten vervallen, omdat deze niet centraal geëxamineerd wordt.

## 1.7 Gespecificeerde subdomeinen voor het centraal examen

### *Werkversie examenprogramma Nieuwe Scheikunde vanaf 2007*

In de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde zijn de globaal geformuleerde subdomeinen voor het centraal examen gespecificeerd. Een deel van de eindtermen uit de CEVO syllabus voor scheikunde 2007 zijn hierin opgenomen, al of niet na een aanpassing of inperking. Een deel van de gespecificeerde eindtermen zijn echter nieuw. Omdat de indeling in domeinen en subdomeinen volledig is herzien verschilt de structuur van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde sterk van het scheikundeprogramma van 2007. In bijlage 6 en 7 is een vergelijking gemaakt van het programma Nieuwe Scheikunde met het programma 2007.

In de werkversie examenprogramma Nieuwe Scheikunde is de zogenoemde communale kennis uit het programma van 2007 opgenomen in subdomein A3.2 Vaktaal. In de werkversie van de syllabus Nieuwe Scheikunde worden, net als in de syllabus 2007, enkele begrippen toegelicht die bij de specificatie voor het centraal examen in een aantal eindtermen voorkomen. Deze toelichting is identiek met de toelichting in de syllabus 2007. Het betreft:

- structuurformules;
- reactievergelijkingen;
- aanrekenen van reken- en significantiefouten;
- halfreacties bij redoxreacties.

Het is aan te bevelen om in de schoolexamens rekening te houden met deze toelichting. Zie hiervoor bijlage 5. Zie bijlage 4 voor de inhoud van de werkversie syllabus centraal examen Nieuwe Scheikunde.

## 1.8 Examinering

Het eindexamen Nieuwe Scheikunde bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het centraal examen Nieuwe Scheikunde gaat over de voor het centraal examen aangewezen subdomeinen volgens de specificatie in de werkversie syllabus.

De CEVO stelt het aantal en de tijdsduur van de zittingen van het centraal examen vast en maakt indien nodig een nadere specificatie bekend van de examenstof van het centraal examen.

De inhoud en wijze van examinering van het schoolexamen wordt door de school vastgelegd in het Programma voor Toetsing en Afsluiting (PTA). Hierop zijn de in paragraaf 1.6 genoemde vormvoorschriften van toepassing.

De regeling voor de weging van het behaalde cijfer in het schoolexamen en het centraal examen voor het eindcijfer wijkt niet af van de regeling voor het programma van 2007, namelijk 50 % SE cijfer en 50% CE cijfer.

## 1.9 Leermiddelen

Voor het onderwijs in Nieuwe Scheikunde zijn nieuwe lesmodulen ontwikkeld waarin de wisselwerking tussen contexten en concepten en de nieuwe vakinhouden geïntegreerd worden aangeboden. Deze kunnen in verschillende varianten, naar keuze van de examenscholen, worden gerangschikt tot een leerlijn.

Voor het examenexperiment vwo hebben de examenscholen gekozen voor uitwerking in drie varianten op de leerlijn, voor havo voor twee varianten. Hiermee wordt recht gedaan aan het uitgangspunt van de Commissie Vernieuwing Scheikunde dat scholen en niet de leermiddelen moeten bepalen hoe het onderwijs in de Nieuwe Scheikunde wordt gerealiseerd. Het is belangrijk dat ervaringen van scholen in het maken van keuzes met betrekking tot leerlijnen en leermiddelen in het examenexperiment geëvalueerd worden. Na landelijke invoering zullen scholen immers ook verschillende keuzes voor leermiddelen gaan maken, afhankelijk van de wensen en visie van het docententeam en de school als geheel.

De modulen voor de examenpilot zijn door de docenten van de deelnemende scholen aan te passen aan de schoolspecifieke omstandigheden zoals lessentabel, periodisering en practicumfaciliteiten en afstemming en samenhang met de andere bètavakken. Voor het programma voor het schoolexamen kan, naar keuze van de school, ook gebruik worden gemaakt van bestaande vernieuwende projecten en samenwerkingsprojecten met het vervolgonderwijs. Hiervoor worden in deze handreiking een aantal suggesties opgenomen.

Naast lesmodulen maken scholen gebruik van het tabellenboek BINAS en te zijner tijd bij de voorbereiding van het experimentele centraal examen van een samenvatting van de stof voor het centraal examen.

## 1.10 Practicum en experimenteel onderzoek

*Werkversie examenprogramma Nieuwe Scheikunde vanaf 2007*

In het examenprogramma Nieuwe Scheikunde is een aantal subdomeinen opgenomen, waarin expliciet vermeld staat dat leerlingen de beoogde kennis en vaardigheden moeten verwerven door zelf experimenteel onderzoek te doen. Volgens breed gedragen opvattingen in het docentenveld zijn practicum en experimenteel onderzoek elementaire onderdelen van goed scheikundeonderwijs en een noodzakelijke voorbereiding op het profielwerkstuk.

Bij de uitwerking van de context-en-conceptbenadering, geïnspireerd door het didactische model van 'Chemie im Kontext', wordt in veel lesmodulen Nieuwe Scheikunde de nadruk op practicum en eigen onderzoek gerealiseerd. Daarnaast moet de kracht van demonstratie-experimenten niet worden onderschat.

Illustratief klassikaal practicum kan een rol spelen bij de introductiefase van een module.

Voor de verwerkingsfase is in veel modulen gekozen voor zelfstandig experimenteel onderzoek in groepjes. In de verdiepings- en verankeringsfase kunnen zowel demonstratie-experimenten als experimentele bepalingen een bijdrage aan het leerrendement leveren. Ook voor de toetsing van een module kan (deels) gekozen worden voor practicum.

Het aantal lessen scheikunde in de lessentabel en de aanwezige faciliteiten en ook de beschikbare ondersteuning door de TOA, staan veelal op gespannen voet met het belang dat docenten en leerlingen aan practicum en experimenteel onderzoek in praktische opdrachten hechten. Uit de evaluatie van de examenpilot kunnen conclusies worden getrokken over de behoefte aan onderwijstijd die samenhangt met de nadruk op meer practicum.

*Ter vergelijking het algemeen geldende scheikundeprogramma vanaf 2007*

In het examenprogramma 2007 voor vwo is expliciet ruimte geschapen voor meer practicum door een examenprogramma voor 400 slu te laten gelden voor een omvang van 440 slu. Voor havo is bij de reductie van het programma in 2002 al ruimte gerealiseerd voor meer practicum.

## **1.11 Ontwikkeling en invoering Nieuwe Scheikunde**

Onder leiding van de Commissie Van Koten is in een interactief proces met docenten/TOA's en het afnemende veld een volledig vernieuwd globaal geformuleerd examenprogramma voor scheikunde havo en vwo, de zogenoemde Nieuwe Scheikunde ontwikkeld.

Dit vernieuwde examenprogramma is in 2006 opgeleverd bij het ministerie van OCW. In 2007 heeft een door CEVO ingestelde syllabuscommissie een voorstel gedaan voor de verdeling van het examenprogramma over het centraal examen en het schoolexamen. Tevens zijn de subdomeinen voor het centraal examen in een werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde gespecificeerd.

Vanaf 2007 neemt een aantal scholen deel aan het examenexperiment Nieuwe Scheikunde, met experimentele examens havo in 2009 en 2010 en een experimenteel examen vwo in 2010. Uit de onafhankelijke evaluatie van het examenexperiment moet blijken of het programma Nieuwe Scheikunde onderwijsbaar, leerbaar en toetsbaar is. Naar aanleiding van de conclusies uit de evaluatie van de examenpilot wordt, waar nodig, de werkversie syllabus en het examenprogramma Nieuwe Scheikunde bijgesteld en officieel vastgesteld.

Landelijke invoering van het vernieuwde programma scheikunde is niet voor 2012 te verwachten. De Stuurgroep Nieuwe Scheikunde stelt voor deze landelijke invoering geleidelijk te laten verlopen in die zin dat scholen binnen een bandbreedte van een aantal jaren zelf bepalen in welk jaar ze overstappen op Nieuwe Scheikunde.

Overigens zijn vanaf 2005 ook vernieuwingscommissies biologie en natuurkunde van start gegaan. Ook voor deze programma's zijn in 2007 werkversies van de syllabus en een handreiking voor het schoolexamen ontwikkeld. Vanaf 2007 vinden ook voor deze vakken examenexperimenten plaats. Meer informatie hierover via [www.nibi.nl](http://www.nibi.nl) onder CVBO en [www.nieuwenatuurkunde.nl](http://www.nieuwenatuurkunde.nl). Voor wiskunde zijn ook vernieuwde programma's, die echter achter lopen bij die voor scheikunde, natuurkunde en biologie, behalve voor het nieuwe vak wiskunde-D. Zie hiervoor [www.ctwo.nl](http://www.ctwo.nl).

Te verwachten is dat de landelijke invoering van de vernieuwde programma's biologie en natuurkunde gelijk zullen lopen met de landelijke invoering van Nieuwe Scheikunde.



## 2. De programma's voor havo en vwo

### 2.1 De domeinen voor havo en vwo

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

Domein	Havo	Vwo
A	Vaardigheden	Vaardigheden
B	Onderzoeksmethoden en -technieken	Analysemethoden en -technieken
C	Structuren en reacties	Structuren en reacties
D	Synthesen	Synthesen
E	Chemie van het leven	Chemie van het leven
F	Materialen	Materiaalinnovatie
G	Duurzame ontwikkeling	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 '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. Hiertoehoren 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 havo- of 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 *Onderzoeksmethoden- en technieken* (vwo: *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 *Data verzamelen en verwerken* (vwo: *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 vormen en verbreken* (vwo: *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* (vwo: *Scheidings- en zuiveringstechnologie*) gaat in op het verband tussen de eigenschappen en structuren van stoffen en het aanwenden van scheidings- en zuiveringstechnologie.

Het subdomein *Industriële processen* (vwo: *Procestechnologie*) beschrijft het opstellen en interpreteren van processchema's.

In het subdomein *Rendement* (vwo: *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 *Stoffen in het lichaam* (vwo: *Chemische processen in het lichaam*) ligt de nadruk op stofwisselingsprocessen en het transport van stoffen in levende organismen. Bij havo wordt dit beperkt tot het menselijke lichaam.

Domein F *Materialen* (vwo: *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 materialen* (vwo: *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 *Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen* (vwo *Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen*) vormt een uitwerking van de productie en neveneffecten van energie uit koolstofhoudende bronnen.

In het subdomein *Koolstofvrije energiebronnen* (vwo *Energie uit koolstofvrije bronnen*) komen energieproductie door middel van chemische processen uit koolstofvrije energiebronnen aan bod en de daarbij optredende neveneffecten.

Zie bijlage 2 voor het globale examenprogramma havo en vwo.

## **2.2 Overeenkomsten in de structuur van de programma's havo en vwo**

Qua structuur zijn er meer overeenkomsten dan verschillen tussen de examenprogramma's Nieuwe Scheikunde voor havo en vwo. Overigens heeft de stuurgroep Nieuwe Scheikunde en de projectgroep eerst het volledige havo programma ontwikkeld en vervolgens het vwo programma. Als uitgangspunt is daarbij gekozen voor overeenkomst in structuur waar mogelijk en verschil waar wenselijk.

In onderstaand overzicht van beide examenprogramma's zijn de subdomeinen voor het schoolexamen cursief vermeld.

<b>Havo</b>	<b>Vwo</b>
<b>A Vaardigheden</b>	<b>A Vaardigheden</b>
A1 Algemene vaardigheden	A1 Algemene vaardigheden
A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden	A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden
A3 Vakspecifieke vaardigheden	A3 Vakspecifieke vaardigheden
<b>B Onderzoeksmethoden en -technieken</b>	<b>B Analysemethoden en -technieken</b>
<i>B1 Stoffen aantonen</i>	<i>B1 Kwalitatieve analyse</i>
<i>B2 Standaardbepalingen</i>	<i>B2 Kwantitatieve analyse</i>
<i>B3 Standaard methoden en –technieken</i>	<i>B3 Analysemethoden en -technieken in ontwikkeling</i>
<i>B4 Digitale modellen</i>	<i>B4 Molecular modelling</i>
B5 Data verzamelen en verwerken	B5 Onderzoek
<b>C Structuren en reacties</b>	<b>C Structuren en reacties</b>
<i>C1 Reactiesnelheid bepalen</i>	<i>C1 Reactiesnelheid onderzoeken</i>
C2 Microstructuren	<i>C2 Structuuronderzoek</i>
C3 Relatie microstructuur en eigenschappen	C3 Microstructuren
C4 Bindingen vormen en verbreken	C4 Relatie structuren en eigenschappen
C5 Typen reacties	C5 Bindingen
C6 Reactiesnelheid en evenwichten	C6 Typen reacties
	C7 Reactiesnelheid en evenwichten
<b>D Synthesen</b>	<b>D Synthesen</b>
<i>D1 Grootschalige productie van stoffen</i>	<i>D1 Industriële chemische processen</i>
<i>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</i>	<i>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</i>
<i>D3 Synthese volgens voorschrift</i>	<i>D3 Synthese op laboratoriumschaal</i>
D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden	D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie
D5 Industriële processen	D5 Procestechnologie
D6 Rendement	D6 Processen optimaliseren
<b>E Chemie van het leven</b>	<b>E Chemie van het leven</b>
<i>E1 Monitoringsonderzoek</i>	<i>E1 Kwaliteitscontrole</i>
<i>E2 Preventie</i>	<i>E2 Risicoanalyse</i>
<i>E3 Industriële productie van stoffen</i>	<i>E3 Biotechnologie</i>
E4 Stoffen in het lichaam	E4 Chemische processen in het lichaam
<b>F Materialen</b>	<b>F Materiaalinnovatie</b>
<i>F1 Materiaalanalyse</i>	<i>F1 Materiaalanalyse</i>
<i>F2 Innovatie van materialen</i>	<i>F2 Ontwerpstrategie</i>
<i>F3 Spin off</i>	<i>F3 Industriële spin off</i>
F4 Moleculaire basis van materialen	F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen
<b>G Duurzame ontwikkeling</b>	<b>G Duurzame ontwikkeling</b>
<i>G1 Duurzaam produceren</i>	<i>G1 Duurzaamheidsanalyse</i>
<i>G2 Ketenganalyse</i>	<i>G2 Integraal ketenbeheer</i>
G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	<i>G3 Duurzaam ondernemen</i>
G4 Koolstofvrije energiebronnen	G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen
	G5 Energie uit koolstofvrije bronnen

Overeenkomsten zijn met name:

1. De congruente structuur van de examenprogramma's havo en vwo, te weten het domein vaardigheden, waaronder ook vakvaardigheden, het domein methoden en technieken, het domein structuren en reacties waarin de twee centrale concepten van de scheikunde zijn uitgewerkt en vier domeinen over de belangrijkste toepassingssectoren van de huidige en toekomstige chemie.
2. Het aantal subdomeinen, het totale aantal van 32 subdomeinen in het havo-programma wijkt niet veel af van het totale aantal van 34 in het vwo-programma.
3. In beide programma's gaat het om dezelfde centrale concepten en vakbegrippen. Daarom zijn de meeste subdomeinen van domein C over de centrale concepten gelijkloidend.
4. Domein A Vaardigheden heeft voor havo en vwo gelijkloende subdomeinen.
5. De verdeling van het examenprogramma over het centraal examen en het schoolexamen voor havo en vwo is gebaseerd op dezelfde overwegingen

### 2.3 Vergelijking globale programma's havo en vwo

Hieronder wordt per domein het globale examenprogramma havo en vwo vergeleken en van een korte conclusie voorzien. Zie ook bijlage 3 voor een overzicht van de verschillen tussen de programma's havo en vwo in trefwoorden.

#### Domein A

	Havo	Vwo
	Vaardigheden	Vaardigheden
<b>A1</b>	De kandidaat kan doelgericht communiceren over onderwerpen uit de chemie, daartoe adequaat informatie verwerken, reflecteren op het eigen leerproces en zich oriënteren op het vakgebied in studie en beroep.	De kandidaat kan doelgericht communiceren over onderwerpen uit de chemie, daartoe adequaat informatie verwerken, reflecteren op het eigen leerproces en zich oriënteren op het vakgebied in studie en beroep.
<b>A2</b>	De kandidaat kan bij het verwerven en toepassen van scheikundige kennis adequaat onderzoeken, ontwerpen en modelleren, daarbij consistent redeneren met gebruik van passende reken- en wiskundige vaardigheden en reflecteren op en oordelen over toepassingen van natuurwetenschappelijke kennis en technologie.	De kandidaat kan bij het verwerven en toepassen van scheikundige kennis adequaat onderzoeken, ontwerpen en modelleren, daarbij consistent redeneren met gebruik van passende reken- en wiskundige vaardigheden en reflecteren op en oordelen over toepassingen van natuurwetenschappelijke kennis en technologie.
<b>A3</b>	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.	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.

### Conclusies

1. Domein A Vaardigheden heeft voor havo en vwo een gelijklopende globale beschrijving van de subdomeinen.

### Domein B

	Havo	Vwo
	<b>B Onderzoeksmethoden en -technieken</b>	<b>B Analysemethoden en - technieken</b>
<b>B1</b>	<i>De kandidaat kan in eigen experimenteel onderzoek de aanwezigheid van bepaalde stoffen aantonen.</i>	<i>De kandidaat kan enkele kwalitatieve chemische en of instrumentele analysemethoden in eigen experimenteel onderzoek toepassen</i>
<b>B2</b>	<i>De kandidaat kan in eigen experimenteel onderzoek enkele standaardbepalingen voor het bepalen van de aanwezige hoeveelheid van een stof in een monster volgens standaardvoorschrift toepassen en conclusies trekken uit resultaten van standaardbepalingen uit de beroepsomgeving.</i>	<i>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.</i>
<b>B3</b>	<i>De kandidaat kan de toepassing van enkele standaard onderzoeksmethoden en -technieken in eigen experimenteel onderzoek vergelijken met de huidige beroepspraktijk.</i>	<i>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.</i>
<b>B4</b>	<i>De kandidaat kan digitale modellen toepassen bij het verzamelen, verwerken en interpreteren van onderzoeksgegevens van standaard onderzoeksmethoden en -technieken voor chemisch onderzoek en bij het simuleren van processen.</i>	<i>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.</i>
<b>B5</b>	<i>De kandidaat kan voor eenvoudige probleemstellingen een werkplan opstellen en resultaten van bepalingen voor kwalitatief en kwantitatief onderzoek verwerken en interpreteren.</i>	<i>De kandidaat kan de resultaten van kwalitatieve en kwantitatieve analyse verwerken en interpreteren.</i>

### Conclusies

1. Bij B1 ligt bij havo de nadruk op het in eigen onderzoek kunnen aantonen van de aanwezigheid van bepaalde stoffen. Bij vwo daarentegen ligt de nadruk op het kunnen toepassen van kwalitatieve chemische of instrumentele analysemethoden.
2. Bij B2 gaat hij bij havo om toepassen van en conclusies trekken uit standaardbepalingen volgens standaardvoorschriften. Bij vwo ligt de nadruk op toepassen van en resultaten verwerken van kwantitatieve chemische of instrumentele analysemethoden.
3. Bij B3 worden bij havo op school toegepaste standaardbepalingen vergeleken met de uitvoering van deze standaardbepalingen in de beroepspraktijk. Bij vwo gaat het om verschillen in toepassing van analysemethoden en technieken op school en in de beroepspraktijk en de ontwikkeling van deze methoden en technieken.
4. Bij B4 gaat het bij havo om het kunnen toepassen van digitale modellen bij onderzoek met standaardmethoden en technieken en processimulaties. Bij vwo is het blikveld de ontwikkeling van chemische kennis met behulp van datamining en molecular modelling.
5. Bij B5 gaat het bij havo om het kunnen verwerken van gegevens van eenvoudige probleemstellingen. Bij vwo is dit subdomein veel algemener geformuleerd wat in de specificatie een uitwerking met meer diepgang mogelijk maakt.

### Domein C

	Havo	Vwo
	<b>C Structuren en reacties</b>	<b>C Structuren en reacties</b>
<b>C1</b>	<i>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'.</i>	<i>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'.</i>
<b>C2</b>	De kandidaat kan de samenstelling van atomen, ionen en moleculen beschrijven en in moleculen van bepaalde stoffen kenmerkende aspecten herkennen.	<i>De kandidaat kan aan de hand van een recente casus de bijdrage van technologie toelichten aan wetenschappelijk onderzoek van structuren van stoffen en materialen.</i>
<b>C3</b>	<i>De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van microstructuren enkele structuurkenmerken herkennen en beredeneren welke eigenschappen daarmee samenhangen.</i>	<i>De kandidaat kan de samenstelling van atomen, ionen en moleculen beschrijven en in gegeven voorbeelden van de bouwstenen van stoffen kenmerkende aspecten herkennen.</i>
<b>C4</b>	<i>De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van reacties op microniveau aangeven welke bindingen worden gevormd en verbroken.</i>	<i>De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van structuren kenmerken herkennen en beredeneren welke eigenschappen daarmee samenhangen.</i>

<b>C5</b>	<i>De kandidaat kan van een aantal typen reacties algemene kenmerken weergeven en hiervoor reactievergelijkingen opstellen.</i>	<i>De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van chemische processen aangeven welke bindingen worden verbroken en gevormd.</i>
<b>C6</b>	<i>De kandidaat kan verklaren hoe de reactiesnelheid en de ligging van het evenwicht kunnen worden beïnvloed.</i>	<i>De kandidaat kan van een aantal typen reacties algemene kenmerken weergeven en hiervoor reactievergelijkingen opstellen.</i>
<b>C7</b>		<i>De kandidaat kan verklaren hoe de reactiesnelheid en de ligging van het evenwicht kunnen worden beïnvloed.</i>

#### Conclusies

1. C1 is voor havo en vwo gelijkkluidend geformuleerd.
2. Bij vwo maken leerlingen bij C2 kennis met de zich ontwikkelende technologie voor wetenschappelijk onderzoek aan structuren van stoffen en materialen. bij havo ontbreekt een dergelijk subdomein.
3. Bij C2 havo wordt verwacht dat leerlingen met kennis van atomen, ionen en moleculen kenmerkende aspecten van andere moleculen herkennen. bij subdomein C3 bij vwo wordt verwacht dat leerlingen met deze kennis kenmerkende aspecten van bouwstenen van stoffen herkennen.
4. C3 havo en C4 vwo zijn gelijkkluidend.
5. C4 havo en C5 vwo zijn gelijkkluidend.
6. C6 havo en C7 vwo zijn gelijkkluidend.

#### Domein D

	<b>Havo</b>	<b>Vwo</b>
	<b>Synthesen</b>	<b>Synthesen</b>
<b>D1</b>	<i>De kandidaat kan het productieproces van enkele maatschappelijk of economisch relevante stoffen uit de eigen omgeving toelichten en daarbij moleculaire kennis toepassen.</i>	<i>De kandidaat kan de industriële productie van enkele maatschappelijk of economisch relevante stoffen weergeven op chemisch-technologisch en moleculair niveau.</i>
<b>D2</b>	<i>De kandidaat kan enkele veel voorkomende scheidings- en zuiveringstechnieken op laboratoriumschaal toepassen</i>	<i>De kandidaat kan veelvoorkomende scheidings- en zuiveringstechnieken op laboratoriumschaal toepassen en voorstellen doen voor het opschalen van deze technieken naar gebruik bij industriële processen.</i>
<b>D3</b>	<i>De kandidaat kan een eenvoudige synthese volgens voorschrift op laboratoriumschaal uitvoeren, passende scheidingstechnieken toepassen en voorstellen doen voor verbetering van het rendement.</i>	<i>De kandidaat kan na literatuuronderzoek een synthese op laboratoriumschaal uitvoeren, passende scheidingstechnieken selecteren en toepassen en de gehele synthese evalueren.</i>



<b>D4</b>	<i>De kandidaat kan van enkele veelgebruikte scheidings- en zuiveringsmethoden in de chemische industrie op microniveau en chemisch-technologisch niveau beredeneren waarom bij de productie van een bepaalde stof deze methode wordt toegepast.</i>	<i>De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van chemisch-industriële processen op microniveau en chemisch-technologisch niveau beredeneren waarom in het betreffende proces deze technologie wordt toegepast.</i>
<b>D5</b>	<i>De kandidaat kan de verschillende stadia van een industrieel proces benoemen en in een blokschema weergeven.</i>	<i>De kandidaat kan processchema's als weergave van een industrieel chemisch proces opstellen en interpreteren.</i>
<b>D6</b>	<i>De kandidaat kan uit processchema's en informatie op microniveau over een chemisch productieproces de theoretische opbrengst en het rendement berekenen en mogelijkheden voor het verbeteren van het rendement aangeven.</i>	<i>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.</i>

#### *Conclusies*

1. Bij D1 gaat het bij havo om het mede met moleculaire kennis kunnen toelichten van het productieproces van enkele stoffen. Bij vwo gaat het specifiek om de chemisch-technologische en moleculaire weergave van de industriële productie van enkele stoffen.
2. Bij D2 beperkt havo zich tot het op school kunnen toepassen van enkele veel voorkomende scheidings- en zuiveringstechnieken. Bij vwo gaat het niet alleen om de toepassing op laboratoriumschaal, maar ook om het opschalen van deze technieken voor gebruik in industriële processen.
3. Bij D3 wordt bij havo verwacht dat leerlingen een eenvoudige synthese volgens voorschrift kunnen uitvoeren en kunnen aangeven hoe het rendement kan worden verbeterd. Bij vwo daarentegen doen leerlingen literatuuronderzoek naar voorschriften en scheidingstechnieken voor de betreffende synthese en kunnen ze deze evalueren.
4. Bij D4 beperkt havo zich tot het kunnen beredeneren waarom een bepaalde veelgebruikte scheidings- en zuiveringsmethode bij de productie van een bepaalde stof wordt toegepast. Bij vwo gaat het om het kunnen beredeneren van de toepassing van een bepaalde technologie in een chemisch-industrieel proces.
5. Bij havo beperkt D5 zich tot het benoemen en weergeven in een blokschema van de verschillende stadia van een industrieel proces. Bij vwo gaat het om het kunnen opstellen en weergeven van processchema's voor een industrieel chemisch proces.
6. Bij D6 beperkt havo zich tot het berekenen van het rendement en mogelijkheden voor verbetering daarvan. Bij vwo gaat het om meer gecompliceerde rendementsberekeningen en mogelijkheden voor het optimaliseren van het rendement.

## Domein E

	Havo	Vwo
	Chemie van het leven	Chemie van het leven
<b>E1</b>	<i>De kandidaat kan enkele kwalitatieve en kwantitatieve standaardmethoden beschrijven voor monitoring van de hoeveelheid risicovolle stoffen in voedsel, water en de atmosfeer en meetgegevens over de kwaliteit van voedsel, water en de atmosfeer interpreteren.</i>	<i>De kandidaat kan methoden beschrijven voor onderzoek naar de kwaliteit van voedsel, water, lucht en bodem en onderzoeksresultaten verwerken en kritisch evalueren.</i>
<b>E2</b>	<i>De kandidaat kan zowel in eigen onderzoek als in toepassingen van de chemie het risico van stoffen en reacties voor de lucht-, en waterkwaliteit analyseren en daaruit afleiden welke maatregelen moeten worden getroffen bij het werken met deze stoffen.</i>	<i>De kandidaat kan het 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.</i>
<b>E3</b>	<i>De kandidaat kan moleculaire kennis over stofwisselingsreacties in levende organismen toepassen bij de industriële productie van stoffen voor maatschappelijke doeleinden.</i>	<i>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.</i>
<b>E4</b>	<i>De kandidaat kan van stofwisselingsprocessen in het menselijk lichaam de reacties op moleculair niveau weergeven en met moleculaire kennis het transport van stoffen in het lichaam toelichten.</i>	<i>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.</i>

### Conclusies

1. Bij E1 ligt bij havo de nadruk op standaardmethoden voor monitoringsonderzoek van de hoeveelheid risicovolle stoffen en het interpreteren van meetgegevens over de kwaliteit van voedsel, water en de atmosfeer. Bij vwo is het overeenkomstige subdomein algemener geformuleerd en gaat het om kwaliteitsonderzoek van voedsel, water, lucht en bodem en het kunnen verwerken en kritisch evalueren van onderzoeksresultaten.
2. Bij E2 ligt bij havo de nadruk op het analyseren van het risico van stoffen en reacties in eigen onderzoek en bij chemische toepassingen en daaruit voortvloeiende maatregelen bij het werken met deze stoffen. Bij vwo ligt meer nadruk op industriële processen en het gebruik van deze stoffen in het algemeen, dus zonder de beperking tot het werken met deze stoffen.
3. Bij E3 richt havo zich op stofwisselingsreacties in levende organismen voor industriële productie van stoffen. Bij vwo gaat het om de rol van biotechnologie bij zowel de ontwikkeling als de industriële productie van stoffen inclusief maatschappelijke en ethische reflectie hierop.

4. Bij E4 gaat het bij havo om reacties en het transport van stoffen bij menselijke stofwisselingsprocessen. Bij vwo is dit subdomein meer algemeen geformuleerd en gaat het om chemische processen en het transport in levende organismen, zonder beperkende afbakeningen.

## Domein F

	Havo	Vwo
	Materialen	Materiaalinnovatie
<b>F1</b>	<i>De kandidaat kan het gebruik van innovatieve materialen voor maatschappelijke doeleinden analyseren en daarbij verband leggen tussen functies en materiaaleigenschappen.</i>	<i>De kandidaat kan bij innovatieve materialen voor maatschappelijke doeleinden door eigen onderzoek verband leggen tussen de functies van het materiaal, materiaaleigenschappen en toegepaste moleculaire kennis.</i>
<b>F2</b>	<i>De kandidaat kan toelichten hoe materialen worden verbeterd en nieuwe materialen voor maatschappelijke toepassingen worden ontworpen en daarin aanduiden welke innovatie heeft plaatsgevonden.</i>	<i>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.</i>
<b>F3</b>	<i>De kandidaat kan aangeven dat innovatieve materialen kunnen worden toegepast voor andere doeleinden dan waarvoor ze oorspronkelijk zijn ontworpen.</i>	<i>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.</i>
<b>F4</b>	<i>De kandidaat kan kennis op microniveau toepassen voor het verklaren van de eigenschappen en functies van materialen voor maatschappelijke doeleinden.</i>	<i>De kandidaat kan kennis op microniveau toepassen voor het verklaren van kenmerken en functies van innovatieve materialen voor maatschappelijke en industriële doeleinden.</i>

### Conclusies

1. Bij F1 richt havo zich op de analyse van het gebruik van innovatieve materialen en het verband tussen functies en materiaaleigenschappen. Van vwo wordt daarentegen verwacht dat door eigen onderzoek zowel verband wordt gelegd tussen functies van het materiaal en de materiaaleigenschappen alsook de daarin toegepaste moleculaire kennis.
2. Bij F2 richt havo zich op het verbeteren en innoveren van materialen. Bij vwo ligt de nadruk op het toelichten van de ontwerpstrategie van innovatieve materialen en de bijdrage van fysisch-chemisch onderzoek hieraan.

3. Bij F3 gaat het bij havo om andere toepassingen van innovatieve materialen. Vwo richt zich op het ontwikkelen van nieuwe toepassingen en markten voor innovatieve processen en materialen.
4. Bij F4 ligt bij havo de nadruk op het met kennis op microniveau kunnen verklaren van eigenschappen en functies van materialen voor maatschappelijke doeleinden. Bij vwo is de reikwijdte van dit subdomein veel groter, het gaat om kenmerken en functies van materialen voor zowel maatschappelijke als industriële toepassingen.

### Domein G

	Havo	Vwo
	Duurzame ontwikkeling	Duurzame ontwikkeling
<b>G1</b>	<i>De kandidaat kan een duurzaamheidsanalyse opstellen van een grootschalig productieproces in de chemische industrie en daarbij de wisselwerking tussen ecologische, economische en sociale aspecten toelichten.</i>	<i>De kandidaat kan een duurzaamheidsanalyse opstellen van een industrieel chemisch productieproces in economisch, ecologisch en sociaal perspectief en mogelijke verbeterpunten aangeven in het belang van lokale en mondiale duurzame ontwikkeling.</i>
<b>G2</b>	<i>De kandidaat kan van enkele veelgebruikte producten uit de chemische industrie de gehele keten van ontwerp, grootschalige productie, gebruik en afvalverwijdering analyseren en daarin mogelijke verbeterpunten aangeven in het belang van duurzame ontwikkeling.</i>	<i>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.</i>
<b>G3</b>	<i>De kandidaat kan moleculaire kennis toepassen bij de beschrijving van de energieproductie uit koolstofhoudende energiebronnen en het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen en luchtkwaliteit toelichten.</i>	<i>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.</i>
<b>G4</b>	<i>De kandidaat kan de energieproductie uit enkele koolstofvrije energiebronnen op micro- en macroniveau beschrijven en het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht- en waterkwaliteit aangeven.</i>	<i>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.</i>

<b>G5</b>	<i>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 en hieraan berekeningen uitvoeren.</i>
-----------	--

#### *Conclusies*

1. G1 richt zich bij havo op de duurzaamheidsanalyse van een grootschalig productieproces in de chemische industrie, bij vwo op een industrieel chemisch productieproces. Bij havo gaat het om het kunnen toelichten van de wisselwerking tussen de ecologische, economische en sociale aspecten. Bij vwo gaat het naast het perspectief van deze drie aspecten ook om mogelijke verbeterpunten in het belang van lokale en mondiale duurzame ontwikkeling.
2. Bij G2 richt havo zich op de ketenanalyse van enkele veelgebruikte producten uit de chemische industrie. Bij vwo gaat het om het integrale ketenbeheer van enkele processen uit de chemische industrie en het verminderen van het milieueffect van deze processen.
3. Bij vwo gaat het bij G3 om de analyse van de duurzame bedrijfsvoering bij de verwerking van stoffen in de Nederlandse industrie. Bij havo ontbreekt dit subdomein.
4. G4 havo en G5 vwo sluiten op elkaar aan. Havo richt zich op de beschrijving met gebruik van moleculaire kennis van de energieproductie uit koolstofhoudende bronnen en het effect hiervan op de voorraad en luchtkwaliteit. Bij vwo wordt zowel een beschrijving op moleculair niveau als op chemisch-technologisch niveau verwacht en niet alleen een beschrijving van het effect op voorraad en luchtkwaliteit, maar ook op bodem- en waterkwaliteit en berekeningen hieraan.
5. Bij G4 havo en G5 vwo gaat het bij havo om de micro- en macrobeschrijving van de energieproductie uit koolstofvrije energiebronnen en het effect op voorraad lucht- en waterkwaliteit. Bij vwo gaat het daarnaast ook nog om de chemisch-technologische toelichting en het kunnen rekenen hieraan.

## **2.4 Overige verschillen tussen programma's havo en vwo**

Tot slot worden hier nog enkele meer algemene opmerkingen gemaakt die van invloed zijn geweest voor het opstellen van de specificatie in de werkversie syllabus.

Onderstaande typering van verschillen tussen havo en vwo zijn deels afkomstig van de ontwikkelnetwerken Nieuwe Scheikunde en hun coaches naar aanleiding van het ontwikkelen van een lesmodule voor havo of vwo.

Deels zijn ze ook naar voren gebracht tijdens de veldadvies- en overige discussiebijeenkomsten van de stuurgroep of projectgroep Nieuwe Scheikunde met docenten en andere deskundigen. Deze bijeenkomsten hebben plaatsgevonden vanaf 2003. Zie voor meer informatie over deze bijeenkomsten [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl).

1. Het meest bepalend voor het verschil tussen havo en vwo is de specificatie van de subdomeinen voor het centraal examen.
2. In het havo programma ligt de nadruk op producten uit de chemie en voorbeelden van toepassingen, bij vwo op innovatie en een breed toepassingspectrum van chemische kennis en vakmethoden.
3. In het havo programma ligt de nadruk op standaardroutines en veelvoorkomende toepassingen van vakkennis, bij vwo op de ontwikkeling van nieuwe kennis en nieuwe toepassingen.
4. Bij havo ligt de nadruk op handelen ('how to'), bij vwo op begrijpen ('why') en het leren stellen van vragen.
5. Bij havo gaat het om enkelvoudig representatieve voorbeelden uit de belangrijke toepassingssectoren, bij vwo om complexere casussen en processen.
6. In het havo programma is aandacht voor enkele voorbeelden van technieken, vwo biedt een brede blik op chemische technologie.
7. Bij havo ligt bij de concepten de nadruk op wisselwerking tussen structuur en eigenschappen, bij vwo op wisselwerking tussen structuur en chemische technologie, gerelateerd aan de verschillen in eigenschappen.
8. In het onderwijs ligt bij havo de nadruk op het aanleren van routines, toepassingen, beroepsgerichte contexten, meekijken over de schouders van de mensen in de industrie. Bij vwo is het onderwijs meer theoretisch (wat zit er in de stoffen, hoe zijn ze samengesteld, relatie tussen structuur en eigenschappen) en het oproepen van authentieke leervragen, waarbij de leerling als het ware in de huid van de onderzoeker kruipt.

# 3. Het centraal examen en het schoolexamen

## 3.1 Programma voor het centraal examen havo en vwo

Het centraal examen havo heeft betrekking op de subdomeinen B5, C2, C3, C4, C5, C6, D4, D5, D6, E4, F4, G3, G4 in combinatie met domein A.

Het centraal examen vwo heeft betrekking op de subdomeinen B5, C3, C4, C5, C6, C7, D4, D5, D6, E4, F4, G4, G5 in combinatie met domein A.

Domein A wordt geëxamineerd in combinatie met de domeinen B t.m. G m.u.v. die onderdelen, die zich niet lenen voor centrale examinering.

De CEVO stelt het aantal en de tijdsduur van de zittingen van het centraal examen vast. De CEVO maakt indien nodig een specificatie bekend van de examenstof van het centraal examen.

In een syllabus zijn door CEVO de subdomeinen voor het centraal examen gespecificeerd in de vorm van eindtermen.

Voor de duur van het examenexperiment Nieuwe Scheikunde heeft deze syllabus de toevoeging werkversie gekregen. Dit omdat in de werkversie syllabus bepaalde eindtermen en subdomeinen kunnen worden aangemerkt als niet examineerbaar in een bepaald examenjaar, bijvoorbeeld omdat het ontwikkelde lesmateriaal leerstofelementen anders presenteert of ordent als bij de ontwikkeling van de syllabus is verondersteld. Voorafgaand aan elk examenjaar wordt de werkversie syllabus op deze kenmerken beoordeeld en stelt de CEVO de specificatie voor dat examenjaar vast. Het programma voor het centraal examen is bestemd voor ongeveer 60% van de studielast. In sommige subdomeinen is het aantal eindtermen gering en vergt de inhoud weinig studielast in de tweede fase. Andere subdomeinen zijn omvangrijk qua aantal eindtermen en benodigde studielast.

Domein A wordt geëxamineerd in combinatie met een of meer vakinhoudelijke subdomeinen voor het centraal examen, met uitzondering van eindtermen die zich niet lenen voor centrale examinering.

## 3.2 Programma voor het schoolexamen havo en vwo

Het programma voor het schoolexamen is bestemd voor een ongeveer 40% van de studielast.

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- 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.

Scholen hebben binnen deze vormvoorschriften de ruimte om eigen keuzes te maken voor de wijze van examineren binnen het schoolexamen. En de mogelijkheid om een deel van de inhoud en diepgang van het scheikundeprogramma zelf vast te stellen. Dat geldt ook voor het examenexperiment Nieuwe Scheikunde. Nadrukkelijk moet vermeld worden dat de studielast en diepgang niet voor elk subdomein van het programma voor het schoolexamen gelijk hoeft te zijn.

De volgorde van de domeinen en subdomeinen in het programma scheikunde zijn een opsomming van vaardigheden en vakinhouden en geenszins een volgorde waarin deze in het onderwijs aan de leerlingen worden aangeboden.

### **3.3 Verdeling programma centraal examen en schoolexamen havo en vwo**

In de nu volgende overzichten is schematisch weergegeven welke subdomeinen voor het centraal examen of het schoolexamen zijn aangewezen. Domein A wordt zowel in het centraal examen als in het schoolexamen geëxamineerd. Subdomeinen voor het centraal examen kunnen ook deel uitmaken van het programma voor het schoolexamen, als de school daarvoor kiest.



Verdeling programma vwo over CE en SE

Overzicht examenprogramma havo	CE	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 Onderzoeksmethoden en –technieken</b>		
B1 Stoffen aantonen		X
B2 Standaardbepalingen		X
B3 Standaard methoden en –technieken		X
B4 Digitale modellen		X
B5 Data verzamelen en verwerken	X	
<b>C Structuren en reacties</b>		
C1 Reactiesnelheid bepalen		X
C2 Microstructuren	X	
C3 Relatie microstructuur en eigenschappen	X	
C4 Bindingen vormen en verbreken	X	
C5 Typen reacties	X	
C6 Reactiesnelheid en evenwichten	X	
<b>D Synthesen</b>		
D1 Grootschalige productie van stoffen		X
D2 Stoffen scheiden en zuiveren		X
D3 Synthese volgens voorschrift		X
D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden	X	
D5 Industriële processen	X	
D6 Rendement	X	
<b>E Chemie van het leven</b>		
E1 Monitoringsonderzoek		X
E2 Preventie		X
E3 Industriële productie van stoffen		X
E4 Stoffen in het lichaam	X	
<b>F Materialen</b>		
F1 Materiaalanalyse		X
F2 Innovatie van materialen		X
F3 Spin off		X
F4 Moleculaire basis van materialen	X	
<b>G Duurzame ontwikkeling</b>		
G1 Duurzaam produceren		X
G2 Ketenganalyse		X
G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	X	
G4 Koolstofvrije energiebronnen	X	

Verdeling programma vwo over CE en SE

<b>Overzicht examenprogramma vwo</b>	<b>CE</b>	<b>SE</b>
<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	
<b>C Structuren en reacties</b>		
C1 Reactiesnelheid onderzoeken		X
C2 Structuuronderzoek		X
C3 Microstructuren	X	
C4 Relatie structuren en eigenschappen	X	
C5 Bindingen	X	
C6 Typen reacties	X	
C7 Reactiesnelheid en evenwichten	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	
D5 Procestechnologie	X	
D6 Processen optimaliseren	X	
<b>E Chemie van het leven</b>		
E1 Kwaliteitscontrole		X
E2 Risicoanalyse		X
E3 Biotechnologie		X
E4 Chemische processen in het lichaam	X	
<b>F Materiaalinnovatie</b>		
F1 Materiaalanalyse		X
F2 Ontwerpstrategie		X
F3 Industriële spin off		X
F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen	X	
<b>G Duurzame ontwikkeling</b>		
G1 Duurzaamheidsanalyse		X
G2 Integraal ketenbeheer		X
G3 Duurzaam ondernemen		X
G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	X	
G5 Energie uit koolstofvrije bronnen	X	

### 3.4 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.

# 4. De subdomeinen van het schoolexamen

## 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een toelichting op de voor het schoolexamen aangewezen subdomeinen. Deze uitwerking is gebaseerd op de toelichting op het globale examenprogramma door de stuurgroep. Deze toelichting heeft in februari 2007 als startdocument gefungeerd voor de syllabuscommissie.

In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 4.3 eerst zowel voor havo als voor vwo een toelichting gegeven op de subdomeinen A.1 en A.2 van domein A Vaardigheden. Daarna wordt in paragraaf 4.4 de toelichting gegeven op subdomein A.3 en de subdomeinen voor het schoolexamen van de domeinen B tot en met G voor havo. In paragraaf 4.5 komt de toelichting voor vwo op subdomein A3 en de subdomeinen voor het schoolexamen uit de domeinen B tot en met G.

Het domein A Vaardigheden worden in het schoolexamen geëxamineerd in combinatie met de domeinen B t/m H. Domein A wordt ook in het centraal examen geëxamineerd. In het schoolexamen kan dan de nadruk gelegd worden op die aspecten van domein A, die zich niet lenen voor centrale examinering. Onder andere Onderzoeks- en ontwerpvaardigheden.

## 4.2 Niet bindende interpretatie subdomeinen voor het schoolexamen

De toelichting van de globaal geformuleerde subdomeinen voor het schoolexamen beoogt duidelijk te maken:

1. Wat de mogelijke inhoud van de subdomeinen van het schoolexamen is.
2. Welke subdomeinen zijn gespecificeerd in de werkversie syllabus voor het centraal examen.

Voor een aantal subdomeinen is het aan te bevelen om aan te sluiten op de toelichting op de specificatie voor het centraal examen Nieuwe Scheikunde in bijlage 5.

Belangrijk is te beseffen dat onderstaande interpretatie van de subdomeinen van het schoolexamen niet bindend is. Wat wij hier aanbieden heeft het karakter van voorbeelden, suggesties, advies, kortom: van een handreiking. Dat geldt voor dit hoofdstuk, maar ook voor de hierna volgende hoofdstukken.

Tevens geven we suggesties voor de vakinhoudelijke uitwerking in het onderwijs en de wijzen van examineren van de subdomeinen voor het schoolexamen. Deze suggesties komen voort uit:

- Discussies met docenten, coaches en vakexperts tijdens de landelijke bijeenkomsten van de netwerkscholen Nieuwe Scheikunde.
- Bijeenkomsten van de expertgroep coaches.
- Werkgroepen over Nieuwe Scheikunde op landelijke docentenconferenties.
- Expertbijeenkomsten.

- De vele door SLO georganiseerde veldadviesbijeenkomsten, die de ontwikkeling van eerdere versies van het examenprogramma hebben geflankeerd.

De suggesties zijn bedoeld als illustratie van de keuzeruimte die scholen in de tweede fase na 2007 hebben. Tevens kunnen ze als inspiratie dienen voor de scheikundesecties voor het uitwerken van het scheikundeprogramma voor het schoolexamen.

De bijeengebrachte suggesties kunnen ten onrechte de gedachte wekken dat er voor elk subdomein steeds weer een aantal heel veel verschillende activiteiten moeten worden ondernomen, ofwel door de leerlingen ofwel door de docent of door beiden. Daardoor ontstaat er snel een gevoel van overladenheid en gebrek aan tijd. Dat is juist niet de bedoeling van deze handreiking. Door de uitgebreide toelichting op de subdomeinen hopen we:

1. Te schetsen op welke manieren het onderwijs en examinering van een subdomein voor het schoolexamen vanuit verschillende perspectieven kan plaatsvinden.
2. De vele mogelijkheden voor koppeling van vakinhoud van verschillende subdomeinen te expliciteren.
3. Verschillen in diepgang in de subdomeinen aan te geven.

In verband met het totale aantal subdomeinen voor het schoolexamen is aan te bevelen om een diepgaande uitwerking in een beperkter aantal (voor havo een vijftal, voor vwo meer dan vijf) subdomeinen te realiseren. De overige subdomeinen voor het schoolexamen kunnen dan gekoppeld aan subdomeinen voor het centraal examen aan de orde komen.

In de handreiking is ervoor gekozen om in de toelichting per subdomein niet te verwijzen naar toelichting bij andere subdomeinen. Dat maakt het mogelijk om de toelichting van bepaalde subdomeinen te raadplegen zonder de hele paragraaf door te moeten lezen. We hopen dat hierdoor het gebruiksgemak van de handreiking toeneemt. Een constatering van herhaling en dubbeling van suggesties kan worden opgevat als een opstap naar koppeling met andere subdomeinen.

Het gebruik van de competentiematrix, zoals beschreven in paragraaf 9.3, kan een hulpmiddel zijn bij het maken van keuzen omtrent het perspectief en diepgang van de verschillende subdomeinen voor het schoolexamen. Voor alle subdomeinen is in een intern werkdocument uitgewerkt welke competenties leerlingen daarbij kunnen ontwikkelen. Dit werkdocument is op aanvraag voor belangstellende scholen beschikbaar. Met behulp van de competentiematrix kan een snel overzicht worden gemaakt wanneer en hoe welke competentie aan bod komt. Daarmee kan dubbeling juist worden voorkomen en diepgang worden bevorderd.

### **4.3 Toelichting op Domein A Vaardigheden voor havo en vwo**

Domein A *Vaardigheden* is voor havo en vwo vrijwel gelijklopend. De subdomeinen A1 *Algemene vaardigheden* en A2 *Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden* zijn gelijklopend bij Nieuwe Scheikunde, Nieuwe Natuurkunde, Nieuwe Biologie en grotendeels gelijklopend voor Nieuwe Wiskunde en NLT.

Na de titel en de globale formulering van de subdomeinen van domein *A Vaardigheden* volgt een toelichting. Deze is gebaseerd op de toelichting op het globale examenprogramma Nieuwe Scheikunde, die door de stuurgroep Nieuwe Scheikunde in 2006 is opgesteld en als die startdocument voor de syllabuscommissie heeft gefungeerd. Waar van toepassing wordt ook verwezen naar gedeelten uit de handreiking schoolexamen scheikunde 2007 (te downloaden van [www.slo.nl](http://www.slo.nl)).

De toelichting omvat ook suggesties voor de uitwerking van de betreffende subdomeinen in het onderwijs en suggesties voor de wijzen van examineren in het schoolexamen.

## **Subdomein A1 Algemene vaardigheden**

### **A1.1 Informatievaardigheden**

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

#### **Toelichting**

Bij deze eindterm gaat het om zowel het verwerven als het produceren van informatie. Leerlingen zijn in staat een oriënterende informatieverkenning uit te voeren en vervolgens een informatievraag af te bakenen en te specificeren in deelvragen. Leerlingen zijn vaardig in het selecteren van informatiebronnen en laten zien dat ze in staat zijn om voor verschillende vragen passende informatiebronnen te kiezen. Ze maken daarbij gebruik van informatie uit algemeen toegankelijke bronnen zoals krantenberichten, vaktijdschriften voor publiekscommunicatie, documentaires, websites en zoekmachines. Ook maken ze gebruik van specifieke informatiebronnen bijvoorbeeld veiligheidsinformatie, databases met gegevens over stoffen enz. Daarnaast moeten ze laten zien dat ze mondeling en digitaal contact kunnen leggen met personen die hen als vakdeskundigen kunnen voorzien van informatie. Leerlingen moeten in staat zijn om zowel extensief als intensief informatie te verkennen. De aangeboden informatie hoeft niet altijd op het kennisniveau van de leerling te zijn. Ze moeten juist ervaring opdoen met het extensief selecteren van informatie uit bronnenmateriaal dat is bestemd voor de vakgemeenschap. De nadruk mag daarbij meer liggen op visuele informatie dan op teksten.

Leerlingen tonen aan vaardig te zijn in het selecteren van informatie uit grafieken, tekeningen, simulaties, schema's en andere grafische en of digitale weergaven en kunnen deze gegevens in verband brengen met hun informatievraag.

Leerlingen zijn in staat informatie te analyseren en te structureren als onderdeel van het informatieverwerkingsproces. Ook kunnen ze conventies voor het verwijzen naar bronnen hanteren. Een belangrijk aspect bij de informatieverwerking is het beoordelen van de betrouwbaarheid van bronnen en de relevantie van de gekozen bronnen voor de afgebakende informatievraag.

Zowel bij het verwerven als het verwerken van informatie zijn ze in staat om hoofd- en bijzaken te onderscheiden. Afhankelijk van het beoogde doel kunnen ze bij het verwerken van informatie conventies hanteren m.b.t. het weergeven van citaten danwel een persoonlijke verwerking van de informatie produceren. Tot de verwerking behoort ook het grafisch kunnen weergeven van informatie in de vorm van tabellen, grafieken schema's enz. Voor de hand ligt, dat leerlingen daarbij ook gebruik maken van de voor die verwerking gebruikelijke software.

Of en op welke wijze leerlingen bij centrale examens gebruik moeten kunnen maken van een volgende generatie BINAS of een digitale variant daarvan is ter beoordeling aan de CEVO. Dat neemt niet weg dat voor het schoolexamen BINAS de tot nu toe gebruikelijke functie blijft behouden.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Examinering van deze eindterm kan plaatsvinden als onderdeel van een praktische opdracht over de domeinen B t.m. G. Bijvoorbeeld in de vorm van:

- Onderzoeksopdrachten binnen een breder thema, bijvoorbeeld luchtkwaliteit.
- Ontwerp opdrachten, met name de probleemanalyse en de presentatie van het ontwerp.
- Een literatuuronderzoek naar nieuwe vakontwikkelingen bijvoorbeeld witte biotechnologie.

Bij het presenteren van informatie kan de school een ruime keuze maken uit schriftelijke, mondelinge, visuele en/of digitale presentatievormen. Hiervoor verwijzen we naar de handreiking schoolexamen scheikunde 2007.

### **A1.2 Communiceren**

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

#### **Toelichting**

Deze eindterm heeft als belangrijkste doel dat leerlingen vaardig zijn in het op een adequate wijze overbrengen van informatie. Doel en publiek zijn daarbij de belangrijkste randvoorwaarden.

Bij deze eindterm ligt de nadruk op de taalvaardigheden voor zowel schriftelijke, mondelinge als digitale communicatie. Dat houdt in dat leerlingen in correct Nederlands formuleren en bij tekst en alineaopbouw in schriftelijke en digitale communicatie de gebruikelijke conventies hanteren. Ook de uiterlijke presentatie van de schriftelijke communicatie moet adequaat zijn voor de beoogde doelgroep en functie. In een logboek of labjournaal gelden daarvoor andere eisen dan in een artikel, schriftelijke toets, centraal examen of practicumverslag.

Leerlingen kunnen beknopt formuleren en de informatie inhoudelijk logisch ordenen voor zowel schriftelijke, mondelinge als digitale presentatie. Ze maken daarbij zowel gebruik van de chemische vaktaal als het Nederlands. Ze laten zien dat ze vooral het gebruik van de chemische vaktaal kunnen afstemmen op doel en publiek. In een verslag van een college over een nieuwe ontwikkeling in de chemie zal bijvoorbeeld de chemische vaktaal prominent aanwezig zijn, terwijl vakbegrippen in een mondelinge presentatie aan een lekenpubliek met zorg moeten worden toegelicht.

Leerlingen laten zien dat ze voor verschillende doelgroepen verslag kunnen doen van leeractiviteiten. Dat kan variëren van een schriftelijk verslag van een experiment of practicum voor hun docent tot een digitaal verslag van een bedrijfsbezoek voor de website van de school.

Waar van toepassing kunnen leerlingen een standpunt beargumenteren en verdedigen. Dat kan een conclusie zijn uit een chemisch onderzoek, waarvan de betrouwbaarheid moet worden onderbouwd. Maar ook het weerleggen van een standpunt over een verschijnsel of toepassing in verband met de scheikunde uit de media.

Gezien de mogelijkheden voor spellingscorrectie bij digitale tekstverwerking kunnen aan digitale teksten andere eisen gesteld worden m.b.t. taal- en stijlfouten dan bij handgeschreven of mondelinge communicatie.

Bij het verwerven van taalvaardigheden is binnen school een nauwe afstemming noodzakelijk met Nederlands en de overige profielvakken. Daarbij dienen docenten goed op de hoogte te zijn van de voor Nederlands geldende conventies bij tekst- en alineaopbouw zoals de zogenoemde W-vragen (wie, wat, waar, wanneer, waarom, hoe en met wie). Voorkomen moet worden dat de taalvaardigheids-eisen bij de profielvakken niet consistent zijn met de taalvaardigheids-eisen bij de overige vakken.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Examinering van deze eindterm kan plaatsvinden als onderdeel van een praktische opdracht over de domeinen B t.m. G. Bijvoorbeeld in de vorm van:

- Verslagen van practica of praktische opdrachten.
- Een reactie op een bericht uit de media, zoals van ChemieAktueel of Stepnet.

- Logboek van een project, dat vakoverstijgend kan zijn.
- Een onderzoeks- of ontwerpopdracht, die mondeling gepresenteerd wordt in de klas, voor een klas in de onderbouw of een lekenpubliek (ouders).
- Een interview met een vakdeskundige voor een onderzoeks- of ontwerpopdracht of voor Oriëntatie op Studie en Beroep.

Bij een aantal presentatievormen kunnen de mondelinge taalvaardigheden worden geëxamineerd. Hierbij kunnen o.a. medeleerlingen, vakdeskundigen uit het vervolgonderwijs of bedrijfsleven of docenten van andere vakken worden betrokken.

### **A1.3 Reflecteren op leren**

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

#### **Toelichting**

Deze eindterm is nieuw in vergelijking met het examenprogramma 2007. Een verdere toelichting van deze eindterm vloeit voort uit de evaluatie van het examenexperiment. Bij deze eindterm ligt de nadruk op het leren leren o.a. door een goede reflectie op het eigen leerproces. Leerlingen zijn in staat om hun leerproces en leerresultaten te analyseren en evalueren en adequate strategieën te ontwikkelen voor het verbeteren van het leerrendement van hun inspanningen.

Leerlingen kunnen daarbij onderscheid maken tussen hun persoonlijke belangstelling voor thema's of onderwerpen uit het vakgebied en hun motivatie om in hun persoonlijk leven een passende hoeveelheid tijd te investeren in het leren voor school. Daarbij kan de leerling eventueel ook verband leggen tussen de eigen geloofs- of levensovertuiging en het vakgebied, o.a. in verband met de ethische implicaties en de zorg voor een duurzame mondiale samenleving.

Leerlingen tonen zich door hun aandacht voor reflectie en leren zodanig zelfverantwoordelijk te zijn voor hun eigen leerproces, dat ze in staat zijn om dat in een vervolgopleiding voort te zetten.

Bij het reflecteren en leren kunnen ze onderscheid maken tussen hun strikt individuele leertraject en het leertraject in taken en opdrachten aan leerlingenteams.

Ook zijn ze in staat om in groepswork of in teamopdrachten te reflecteren op hun samenwerking met medestudenten, de docent, TOA en andere bij de opdracht betrokken personen. Daarbij ligt het accent op het expliciteren van de leerervaringen en het formuleren van strategieën voor het verbeteren van de samenwerking.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Examinering van deze eindterm vindt plaats als onderdeel van de examinering van een opdracht over domein B t.m. H. Mogelijkheden daarvoor zijn:

- Individuele en groepsopdrachten voor onderzoek of ontwerp, waaraan leerlingen of leerlingenteams in toenemende mate zelfstandig werken.
- Diagnostische toetsen en een passend studieplan na evaluatie van de resultaten.
- Een passend studieplan voor het actualiseren en op peil houden van de voorkennis o.a. naar aanleiding van instaptoetsen bij nieuwe onderwerpen.
- Onderzoekopdrachten met ruime keuzevrijheid van het onderzoeksthema voor de leerlingen.

Bij praktische opdrachten kan dit in de vorm van reflectievragen en een afsluitend beoordelingsgesprek. Ook medebeoordeling door groepsleden kan daarbij worden betrokken. Bij mondelinge presentaties kan reflectie op het werkproces en de samenwerking deel uitmaken van de inhoudelijke eisen aan de presentatie.



#### **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.*

#### **Toelichting**

Bij deze eindterm gaat het erom dat leerlingen aan de hand van hun scheikundeonderwijs hun belangstelling kunnen verkennen voor een vervolgstudie, waarvoor een N-profiel als toelatingseis geldt. Dat houdt in dat in het onderwijs een duidelijk beeld van het beroepsperspectief en de carrièremogelijkheden na een natuurwetenschappelijk-technische vervolgstudie aan bod moet komen. Zo mogelijk door een authentiek contact met studenten uit die vervolgstudie of met beroepsbeoefenaren. Ook deelname aan samenwerkingsprogramma's van hbo-instellingen met het voortgezet onderwijs en een actieve participatie aan oriëntatie- en informatieprogramma's valt hieronder.

Ze zijn in staat om de aanwezige natuurwetenschappelijke vakkennis en vakvaardigheden te beoordelen en zich op basis van reflectie op hun eigen schoolloopbaan een beeld te vormen van hun lerend vermogen. Van groot belang is daarbij dat de beeldvorming over het beroepsperspectief voor zowel jongens als meisjes aantrekkelijk en uitdagend is. Daarbij mogen commerciële en ICT-aspiraties ook duidelijk een rol spelen. Daarbij moet goed overkomen dat natuurwetenschap en techniek mensenwerk is, waarbij het enerzijds gaat om het ontwikkelen van nieuwe natuurwetenschap en techniek, maar daarnaast innovatie en het leveren van hoogwaardige producten en diensten aan onze samenleving een belangrijk werkgebied van de chemie is. Daarbij is het de kunst om binnen het interdisciplinaire toepassingsgebied toch het disciplinaire karakter van de chemie te belichten. Bij deze eindterm gaat het om de kwaliteit van het studiekeuzetraject, waaraan naast de vakdocenten ook de decaan en de mentor een rol spelen. Docenten mogen niet onderschatten hoe belangrijk hun voorbeeldrol is. Een docent die enthousiast is over nieuwe vakontwikkelingen en de rol van het vak in de maatschappij heeft meer invloed op het keuzeprocess van leerlingen dan in het algemeen wordt vermoed. Cruciaal is of de docent in de klas blijkt geeft van zijn bekendheid met het vervolgonderwijs, zijn contacten met enkele hbo-instellingen, daar medewerkers kent en weet wat daar gebeurt aan toepassingsgericht onderzoek en samenwerking met het bedrijfsleven en andere opdrachtgevers.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Voor het onderwijs kan worden gedacht aan samenwerkingsprojecten met instellingen voor het vervolgonderwijs over de vakinhoud in de domeinen B t.m. F, gastlessen van studenten op school, zo mogelijk ook met een begeleidende rol van deze studenten bij leeractiviteiten en medebegeleiding van praktische opdrachten door deskundigen uit het vervolgonderwijs of het bedrijfsleven.

Voor het examineren van de vaardigheden van dit subdomein kan worden gedacht aan:

- Praktische opdrachten die verband houden met publieksvoorlichting van bedrijven en kennisinstellingen.
- Reflecties op bedrijfsbezoeken, snuffelstage in vervolgonderwijs, interviews met werknemers in beroepen na een natuurwetenschappelijk/technische vervolgopleiding.
- Reflectie op beroepsbeelden in de chemische industrie na een verkenning via internet.

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

\*) De subdomeinen A2.7 t/m A2.9 gelden alleen voor de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde op havo

\*)Deze subdomeinen zijn nieuw in vergelijking met het examenprogramma 2007.

### **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.*

#### **Toelichting**

Bij deze eindterm is er een kleine verandering ten opzichte van het programma van 2007 (daar genummerd A1.6) door het betrekken van relevante begrippen en theorie in het onderzoek. Bijvoorbeeld een toelichting omtrent het doen aflopen van een evenwichtsreactie door het onttrekken van een van de stoffen, die bij de evenwichtsreactie betrokken zijn. Of de vakinhoudelijke argumentatie voor de keuze van een specifieke zuiveringsmethode op grond van de chemische eigenschappen van de te verwijderen stoffen.

Leerlingen zijn in staat een natuurwetenschappelijk probleem te herkennen en specificeren. Het gaat dan om het herkennen van patronen tussen waarnemingen en overige gegevens. Hieruit kunnen ze vaststellen wat ze nog niet weten. Ze kunnen hun natuurwetenschappelijke voorkennis in verband brengen met de probleemstelling en het analyseren van de gegevens over de probleemstelling. Ze kunnen een probleemstelling herleiden tot een onderzoeksvraag. Voor het beantwoorden van die onderzoeksvraag kunnen ze een werkplan opstellen, waarbij ze literatuuronderzoek, case study's of experimenten als onderzoeksvorm kunnen hanteren. In het werkplan besteden ze ook aandacht aan de randvoorwaarden voor een goede uitvoering van het onderzoek. Bij experimenteel onderzoek bijvoorbeeld is dit een risico inventarisatie. Bij de uitvoering van het onderzoek zijn leerlingen in staat passende (meet-)gegevens te verzamelen en relevante waarnemingen te verrichten. Op grond van de verzamelde gegevens van hun onderzoek kunnen ze een conclusie trekken. Deze conclusie kunnen ze in verband brengen met de onderzoeksvraag en de hypothese. Ze kunnen tevens de betrouwbaarheid van hun conclusie beoordelen en vragen formuleren voor aanvullend onderzoek voor het verbeteren van de betrouwbaarheid van de verkregen conclusie.

Hoewel in natuurwetenschappelijk onderzoek een aantal onderzoeksfasen zijn te onderscheiden moet er in het onderwijs en bij de toetsing voor worden gewaakt dat dit onderzoeksmodel als enig juiste werkwijze van natuurwetenschappelijk onderzoek wordt gepresenteerd. Vergelijking met de beroepspraktijk van onderzoekers laat zien dat onderzoek doen veel meer een iteratief proces is.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Het onderzoek hoeft zich niet te beperken tot eigen experimenteel onderzoek. Ook literatuuronderzoek en de verslaglegging en verwerking van onderzoek door derden (vervolgonderwijs, bedrijfsleven, kennisinstellingen ) maakt deel uit van deze vaardigheid.

Voorbeelden daarvan zijn:

- Meer routinematige kwaliteitsbepalingen van water en lucht in verband met een probleemsituatie of als onderdeel van monitoringsonderzoek.
- Recente onderzoeksresultaten van derden, waarbij leerlingen aan de hand van publicaties 'over de schouders' van de onderzoekers en de laboratoriummedewerkers meekijken.
- Vakoverstijgende contexten bijvoorbeeld biogas- of bioethanolwinning uit biomassa.

Onderzoeksvaardigheden kunnen worden geëxamineerd in contexten die voortkomen uit de domeinen B t.m. G in onder andere:

- Praktische opdrachten voor eigen experimenteel onderzoek.
- Schrijfopdrachten o.a. een artikel of reportage over natuurwetenschappelijk onderzoek bij overheids- en kennisinstellingen.
- Onderzoeksprojecten en deelname aan wedstrijden.
- Interdisciplinaire ontwerp opdrachten met een scheikundige onderzoekscomponent.

### **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.*

#### **Toelichting**

Bij deze eindterm is er nauwelijks verandering ten opzichte van het programma van 2007 (daar genummerd A1.6) behalve de toevoeging van het betrekken van de relevante begrippen en theorie bij het ontwerpproces. Bijvoorbeeld door het verklaren of voorspellen van fysische en chemische eigenschappen van materialen met behulp van moleculaire kennis. Met name uit het project Techniek 15+ is de afgelopen jaren veel inzicht in ontwerpprocessen binnen de scheikunde en biologie voortgekomen, die in onderstaande toelichting is verwerkt.

Leerlingen kunnen een probleem analyseren, waarvoor een product een adequate oplossing kan bieden. Dat kan een nieuw probleem zijn waarvoor nog geen product is ontwikkeld, of een herontwerp van een product naar een geoptimaliseerde versie dat beter aansluit op de eisen van de doelgroep of overige ontwerp eisen. Bij het ontwerp en verdere optimalisatie van dat product speelt natuurwetenschappelijke en technische kennis een grote rol. Bij de probleemanalyse kunnen ze inventariseren welke natuurwetenschappelijke en technische kennis een rol speelt bij het probleem of het te maken ontwerp en deze omzetten in onderzoeksvragen. Afhankelijk van hun voorkennis kunnen ze deze onderzoeksvragen zelf verwerken dan wel deze voorleggen aan deskundigen.

Ze kunnen vervolgens een programma van eisen opstellen, waarin ook kwaliteits-, milieu- en duurzaamheidseisen zijn opgenomen. Naar aanleiding van het programma van eisen kunnen ze voor een ontwerp een aantal functies identificeren en hiervoor een aantal alternatieve uitwerkingen bedenken. Ook voor andere eisen kunnen ze alternatieve uitwerkingen bedenken. Voor de chemie betreft dit in het algemeen de gebruikte stoffen en materialen.

Uit deze alternatieven stellen ze een ontwerpvoorstel op met een materialenlijst. Daarbij moeten ze een keus kunnen maken tussen verschillende combinaties van deelsuitwerkingen en deze keus kunnen onderbouwen.

Vervolgens bouwen ze een prototype en ontwikkelen ze een testprogramma, dat direct terugkoppelt naar het programma van eisen. In het testprogramma mogen duurzaamheidsaspecten niet ontbreken. Vervolgens testen en evalueren ze het

prototype en sluiten ze het ontwerpproces af met een presentatie, waarbij het prototype en het ontwerpproces als geheel de aandacht krijgt.

Ontwerpopdrachten zijn in het algemeen per definitie vakoverstijgend, maar kunnen zich bij scheikunde toespitsen op het ontwerpen van stoffen en materialen die aan bepaalde kwaliteitseisen voldoen. Innovatie van materialen door middel van een optimaliseringsproces kan daarbij ook een rol spelen.

In scholen waar ontwerponderwijs vorm heeft gekregen beginnen leerlingen eerst met het opdoen van ontwerpervaring in kleinere opdrachten, waarin maar een deel van het ontwerpproces grondig aan bod komt ( de zogenoemde cyclus zooming opdrachten). Soms wordt die vaardigheid al ontwikkeld in de onderbouw. Voor docenten met weinig ontwerpervaring is aan te bevelen om te beginnen met kleine(re) opdrachten of om een zeer gestructureerd ontwerplogboek te gebruiken. Zie daarvoor

[www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl) en het onderdeel Meer nieuwe modules onder Lesmodules bij [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl).

Ontwerpopdrachten kunnen door de school geworven worden bij bedrijven, organisaties en overheidsinstellingen in de lokale omgeving. Dit heeft als voordeel dat probleemhebbers bij kunnen dragen aan de probleemanalyse en het testtraject van het ontwerp. Technasiums scholen hebben voor dit type ontwerpopdrachten gekozen. Aan te bevelen is om leerlingen altijd enige keuzevrijheid te bieden bij het kiezen van het ontwerpprobleem. Ontwerpopdrachten worden per definitie in ontwerpteams uitgevoerd.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Mogelijke ontwerpproblemen voor dit subdomein bij vakinhouden uit de domeinen B t.m. G kunnen zijn:

- Een schaalmodel voor een biogasinstallatie met een vooraf bepaald rendement.
- Een ontwerp voor een elektrochemische cel met een vooraf bepaalde bronspanning.
- Een materiaalverkenning in de rol van chemisch deskundige als ondersteuning van een ontwerpteam.
- Het uitvoeren van een door anderen ontwikkeld testprogramma dat aan bepaalde eisen voldoet.
- Een uitgebreide duurzaamheidsanalyse van een product als voorbereiding op een herontwerp.

Ontwerpvaardigheden kunnen in aansluiting met vakinhouden uit de domeinen B t.m. G worden geëxamineerd in o.a.

- Deelopdrachten als productanalyse, cyclus zooming, omgekeerd ontwerpen.
- Opdrachten voor herontwerp bijvoorbeeld duurzaam herontwerp, opschaling van een productieproces.
- Volledige ontwerpopdrachten.
- Schrijfoopdrachten met gebruik van artikelen over het ontwerp van innovatieve producten en processen uit de huidige industrie en technisch-wetenschappelijke productverbetering.

Daarbij kan de school uitdrukkelijk kiezen voor vakoverstijgende ontwerpopdrachten. Of uitvoering van het ontwikkelen en testen van het prototype in samenwerking met het vervolgonderwijs. Bij de beoordeling kunnen de probleemhebbers, medeleerlingen of deskundigen uit het vervolgonderwijs worden betrokken. De beoordeling vindt plaats over het product en het ontwerpproces als geheel. Dit kan eventueel samen met docenten van andere bij het ontwerp betrokken vakken (natuurkunde, biologie, NLT, economie, Nederlands)

### **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.*

#### **Toelichting**

Bij deze eindterm gaat het om het gebruik van verschillende soorten modellen bij het verklaren van chemische verschijnselen of het voorspellen van resultaten van chemische processen. Deze eindterm is nieuw in vergelijking met het examenprogramma 2007. Een verdere toelichting van deze eindterm vloeit voort uit de evaluatie van het examenexperiment.

Leerlingen kunnen bij een gegeven probleemstelling een passend molecuul- of atoommodel kiezen, met behulp waarvan ze een chemisch verschijnsel op deeltjesniveau kunnen toelichten en/of verklaren. Te gedetailleerde modellen, waarin de mate van detaillering weinig toevoegt aan de verklaring, is een voorbeeld van een niet-passend model. Leerlingen moeten ook verschijnselen aan kunnen geven waarmee ze kunnen toetsen of het gekozen molecuul- of atoommodel ook passend is. Bij het voorspellen van resultaten van chemische processen kunnen leerlingen zowel 2D- als 3D- molecuulmodellen selecteren en toepassen als gebruik maken van visualisatieprogramma's per computer.

Het is aan te bevelen om leerlingen kennis te laten maken met voorbeelden van molecular modelling en de bijdrage van deze technologie aan de ontwikkeling van nieuwe chemische kennis en producten.

Naast molecuulmodellen kunnen leerlingen mathematische modellen selecteren en toepassen, zoals formules voor molariteitsberekeningen, energieberekeningen enz. In een beperk aantal gevallen kan van leerlingen ook gevraagd worden om het gekozen mathematische model te toetsen. Dit kan o.a. door het vergelijken van het theoretische resultaat van chemische bepalingen of de opbrengst van reacties met de experimenteel waargenomen resultaten.

Een derde type modellen is het met behulp van een computer en sensoren meten bij bepalingen zoals gehaltebepalingen, bijvoorbeeld Coach. Hoewel deze technologie meetresultaten produceert, die op een andere wijze op scholen nauwelijks te verkrijgen zijn, moeten bij het gebruik van dergelijke softwareprogramma's ook een aantal kanttekeningen worden gesteld. Het leren gebruiken van en dergelijk programma en het maken van opstellingen vergt de nodige leerling-inzet en aanleertijd. Ook de kosten voor scholen en de benodigde TOA-inzet moeten niet onderschat worden.

In een aantal gevallen is voor specifieke doelstellingen voor het bedrijfsleven simulatiesoftware voor het simuleren van bedrijfsprocessen ontwikkeld, bijvoorbeeld voor de productie van staal van een bepaalde kwaliteit voor de hoogovens t.b.v. de opleidingen voor operators. Als deze software ook beschikbaar komt voor het voortgezet onderwijs, kan deze worden aangepast en gebruikt bij het beheren van bedrijfsprocessen voor de productie van stoffen.

Anders dan bij bijvoorbeeld natuurkunde en wiskunde speelt het mathematisch modelleren van processen bij scheikunde in de beroepspraktijk een zeer bescheiden rol. Bij de keuze voor het gebruik van simulatiesoftware voor het visualiseren van reacties, die ook praktisch kunnen worden uitgevoerd op scholen, moet goed

overwogen worden of de stoffelijke kant van de chemie in het onderwijs goed geborgd blijft.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Voor onderwijs kan bij deze eindterm worden aangesloten op vakinhoud uit de domeinen B t.m. G met bijvoorbeeld:

- Simulaties op moleculair niveau van reacties uit de koolstofchemie of de biochemie, waarbij leerlingen aan de hand van de simulatie bepaalde verschijnselen moeten verklaren.
- Het gebruik van mathematische modellen voor pH berekeningen of bepalingen.
- Het gebruik van molecuulmodellen voor het verklaren van bijvoorbeeld de mengbaarheid van hydrofiele of hydrofobe vloeistoffen.

Zie voor suggesties voor contexten en te gebruiken software het onderdeel *Meer nieuwe modulen* onder *Lesmodulen* bij [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl). Zie ook de module *Molecular Modeling* van het docentenhandboek *Nieuwe Scheikunde* onder *Actueel of Publicaties*.

Examinering kan deel uitmaken van praktische opdrachten, al kan het werken met mathematische modellen ook worden getoetst in het schriftelijk schoolexamen.

### **A2.4 Redeneren#**

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

#### **Toelichting**

Deze eindterm is nieuw in vergelijking met het examenprogramma 2007. Een verdere toelichting van deze eindterm vloeit voort uit de evaluatie van het examenexperiment. Deze vaardigheid wordt toegelicht in de in paragraaf 9.3 beschreven competentieontwikkeling en competentiematrix. De voorbeelden van de werkgroep Toetsontwikkeling beogen duidelijk te maken hoe deze eindterm in combinatie met vakinhoud uit de domeinen B tot en met G in het schoolexamen kan worden beoordeeld.

## **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.*

### **Toelichting**

Deze eindterm is nieuw in vergelijking met het examenprogramma 2007. Een verdere toelichting van deze eindterm vloeit voort uit de evaluatie van het examenexperiment. Deze vaardigheid wordt toegelicht in de in paragraaf 9.3 beschreven competentieontwikkeling en competentiematrix. De voorbeelden van de werkgroep Toetsontwikkeling beogen duidelijk te maken hoe deze eindterm in combinatie met vakinhoud uit de domeinen B. tot en met G in het schoolexamen kan worden beoordeeld.

## **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.*

### **Toelichting**

Deze eindterm is een aanscherping van het huidige subdomein A1.2: Reken-/wiskundige vaardigheden uit het examenprogramma 2007 door de toevoeging 'geroutineerd toepassen'. Uit de bijlage bij de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde is overgenomen welke vaardigheden uit rekenen en wiskunde leerlingen bij scheikunde dienen te beheersen.

De kandidaat kan

- Een grafische rekenmachine gebruiken.
- Grafieken en diagrammen aflezen en interpreteren.
- Rekenen met evenredigheden, recht evenredig en omgekeerd.
- Rekenen met procenten.
- Een gewogen gemiddelde berekenen.
- Worteltrekken en machtsverheffen.
- Berekeningen maken met logaritmen met het grondtal 10.
- Omwerken van eenvoudige wiskundige betrekkingen.
- Oplossen van een lineaire (en eenvoudige tweedegraads#) vergelijking.
- Met behulp van tabellen afgeleide eenheden herleiden tot SI eenheden en omgekeerd.
- Uitkomsten schatten en beoordelen.
- \*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
- Rekenen met getallen in de wetenschappelijke notatie.
- De wetenschappelijke notatie voor eenheden toepassen.

*\* alleen vwo \* zie de toelichting op de specificatie in de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde*

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De subdomeinen voor het schoolexamen bieden veelvuldig gelegenheid voor het toepassen en onderhouden van de rekenkundige en wiskundige vaardigheden o.a. in aansluiting op:

- Eigen onderzoek.
- Rendementsberekeningen.

- Grootschalige productie.
- Monitorings- en kwaliteitsonderzoek.

Examinering van reken- en wiskundige vaardigheden kan plaatsvinden in o.a.:

- Verslagen van experimenteel onderzoek.
- Digitale presentaties van onderzoeksresultaten.
- Schriftelijke toetsen.
- Voorronden van de European Science Olympiade.

### **A2.7 Kennisvorming\***

*De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen.*

#### **Toelichting**

Deze eindterm grijpt terug op het voormalige ANW subdomein A2.1: Kennisvorming uit het examenprogramma 2007, die hieronder is overgenomen.

De kandidaat kan:

- Met voorbeelden uitleggen hoe natuurwetenschappelijke kennis tot stand komt en hierbij het cyclisch karakter van onderzoek aangeven:
  - theorieën als basis voor onderzoek;
  - uitvoering van experimenteel onderzoek;
  - aanpassing van de theorie op basis van de geïnterpreteerde resultaten.
- En een uitspraak doen over de betrouwbaarheid van een gegeven natuurwetenschappelijk onderzoek door het beoordelen van:
  - de bronnen en gegevens;
  - de werkwijze;
  - de interpretatie van de resultaten;
  - de presentatie van de conclusies.
- Met voorbeelden het gebruik en de ontwikkeling toelichten van methoden, technieken, instrumenten en materialen en hierbij aangeven hoe deze ontwikkeling en de vakinhoudelijke kennisvorming van invloed zijn op elkaar, waar het gaat om:
  - onderzoeksmethoden en experimenteertechnieken;
  - methoden voor analyse en interpretatie;
  - instrumenten en materialen.
- Met voorbeelden uitleggen wanneer onderzoek in interdisciplinair of multidisciplinair verband wordt opgezet en welke eisen deze samenwerking stelt aan de omgang met begrippen, modellen en onderzoek.
- Met voorbeelden toelichten dat bij onderzoek van persoonlijke en maatschappelijke vragen kennis gebruikt kan worden uit meerdere vakgebieden, ook uit niet-natuurwetenschappelijke vakgebieden.
- Met voorbeelden uitleggen hoe waarneming en theorievorming met elkaar samenhangen.

In de lespraktijk wordt dit domein weergegeven met de zogenoemde centrale ANW-vragen:

1. Hoe ontstaat kennis?
2. Hoe weet je wat waar is?
3. Hoe is de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en maatschappij?



Naast een analyse en reflectie op de fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek gaat het ook om de ontwikkeling van onderzoeksmethoden en experimenteertechnieken o.a. door steeds geavanceerdere instrumenten en analysemethoden. Dit is een aspect van de wisselwerking tussen natuurwetenschap en techniek, de derde ANW-vraag. Tevens komt het interdisciplinair en multidisciplinair karakter van natuurwetenschappelijk onderzoek aan bod, dit mét de kanttekening dat bij probleemstellingen soms ook andere vormen van wetenschappelijk onderzoek moet worden betrokken.

Voor het uitwerken van dit subdomein heeft het de voorkeur om te kiezen voor contexten die aansluiten bij het programma voor het schoolexamen. Het is mogelijk om aan te sluiten bij de wetenschappelijke actualiteit, recente onderzoeksresultaten en interdisciplinaire raakvlakken tussen de disciplines waar de grootste ontwikkelingen plaatsvinden zoals life sciences en nanotechnologie. Contexten uit het programma voor het centraal examen zijn ook goed in te passen, maar vergen dan zowel examinering in het schoolexamen voor wat betreft de analyse van en reflectie op de kennisvorming en examinering in het centraal examen voor wat betreft de scheikundige vakinhoud.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Voor het uitwerken van deze eindterm (ANW vraag Hoe ontstaat kennis?) kan worden gedacht aan:

- Een praktische opdracht waarbij de theorie gegeven is en de leerling de opdracht krijgt een experiment te ontwerpen voor het toetsen van deze theorie. Dit gebeurt veelal al in illustratief practicum. In het verslag volgt dan een paragraaf over de analyse van en reflectie op de kennisvorming en een beoordeling van de betrouwbaarheid van de conclusie op grond van de vermelde punten in de eindterm.
- Een verificatie van een onderzoeksmethode en onderzoeksresultaten van een profielwerkstuk, inclusief een analyse van en reflectie op de kennisvorming en een beoordeling van de betrouwbaarheid.
- Een artikel over een recent gepubliceerd onderzoeksresultaat uit secundaire bron (krant, Kennislink, populaire wetenschappelijke bladen) waarin de eerste twee ANW-vragen worden uitgewerkt.

Daarbij kan worden aangesloten bij o.a. de subdomeinen B3 *Standaardmethoden en - technieken* en B4 *Digitale modellen*.

Bij contexten die aansluiten bij het programma voor het schoolexamen valt te denken aan een analyse van en reflectie op:

- Studies naar de invloed van uitlaatgassen van het verkeer op de luchtkwaliteit en eventuele gezondheidsschade (subdomein E1 Monitoringsonderzoek). Interessant is om resultaten van overheidsinstellingen en milieugroeperingen te vergelijken.
- Onderzoek naar alternatieve vormen van energiewinning, bijvoorbeeld witte biotechnologie (subdomein G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen en G4 Koolstofvrije energiebronnen).
- Onderzoek naar mogelijke toepassingen van biochemische stoffen en materialen bijvoorbeeld hybride materialen, biomaterialen (subdomein F1 Materiaalanalyse en F2 Innovatie van materialen).
- Studies naar het toxisch effect van stoffen (subdomein E1 *Monitoringsonderzoek*, subdomein E2 *Preventie*).

- Onderzoek naar katalysatoren als middel voor duurzame productieprocessen van stoffen en materialen (subdomein G1 *Duurzaam produceren*).
- Studies naar betere scheidings- en zuiveringsmethoden, ook in verband met het perspectief op duurzame ontwikkeling (subdomein G2 *Ketenanalyse*).

Voor het uitwerken van deze eindterm valt te denken aan:

- Een schets van de ontwikkeling van meetmethoden voor het bepalen van de zuurgraad, van plantaardige indicator tot volledig geautomatiseerde bepalingen (subdomein B3 *Standaard methoden en - technieken*).
- Een studie naar de invloed van computers op het analytisch onderzoek van zuren, basen en zouten o.a. simulatieprogramma's, automatische meetsystemen, rekencapaciteit (subdomein B4 *Digitale modellen*).
- Een schets van de ontwikkeling van scheikundige onderzoekstechnieken en de invloed daarvan op de ontwikkeling van nieuwe scheikundige kennis (subdomein B2 *Standaardbepalingen en B3 Standaard methoden en - technieken*).
- Een bezoek aan een bedrijfslab of instelling voor vervolgonderwijs, waarbij de leerling de daar aanwezige onderzoekstechnologie vergelijkt met de instrumentele uitrusting van de practicumruimte op school.

Bij al deze suggesties draait het om de wisselwerking tussen natuurwetenschap en techniek.

Deze eindterm kan aanleiding geven tot het uitwerken van een of meerdere subdomeinen voor het schoolexamen in interdisciplinaire richting, al of niet in samenhang met biologie of natuurkunde. Dat is mogelijk bij de subdomeinen van domein E *Chemie van het leven* (samen met biologie) of domein F *Materialen* (natuurkunde) en domein G *Duurzame ontwikkeling* (biologie en natuurkunde).

Onderwerpen kunnen zijn:

- witte biotechnologie;
- chemische technologie;
- dosiseffect relaties en farmacologische effecten;.
- duurzame productieprocessen

Leerlingen voeren bijvoorbeeld een technisch ontwerp uit, schrijven een artikel over de uitkomsten van scenariostudies over energiewinning of medicijnontwikkeling in de toekomst of doen een 'state of the art' literatuuronderzoek.

Voor het examineren kan worden gedacht aan een practicumverslag met een paragraaf analyse en reflectie, een literatuuronderzoek of een artikel. Ook een mondelinge presentatie van de analyse en reflectie is goed mogelijk, zeker in verband met recente ontwikkelingen in de natuurwetenschap.

### **A2.8 Toepassing van kennis\***

*De kandidaat kan analyseren hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan reflecteren op de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en samenleving.*

#### **Toelichting**

Deze eindterm komt voort uit het voormalige ANW subdomein A2.2: Toepassing van kennis uit het examenprogramma 2007, die hieronder is overgenomen.

De kandidaat kan

- Met voorbeelden uitleggen hoe natuurwetenschappelijke kennis toegepast wordt om maatschappelijk relevante producten en technieken te ontwikkelen, en aangeven hoe samenleving en technologische ontwikkelingen elkaar beïnvloeden.
- Met voorbeelden toelichten dat de ontwikkeling van natuurwetenschappelijke kennis niet vanzelf leidt tot nieuwe relevante toepassingen maar dat bij de ontwikkeling voldaan moet worden aan:
  - functionele criteria;
  - sociaal-economische criteria;
  - ethische criteria.

Bij deze eindtermen gaat het om producten en technieken waarin natuurwetenschappelijke kennis wordt toegepast. Deze producten en technieken kunnen een enorme invloed hebben op de maatschappij, denk bijvoorbeeld aan de digitale revolutie. Andersom kan de maatschappij ook de toepassing van nieuwe technologie aan banden leggen, bijvoorbeeld bepaalde vormen van biotechnologie. Ook beoogt deze eindterm leerlingen inzicht te geven in criteria voor duurzaam ontwerpen.

In de lespraktijk wordt dit subdomein uitgewerkt vanuit de ANW-vragen:

- Hoe is de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en de maatschappij?
- Hoe wordt kennis toegepast?

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Voor het uitwerken van dit subdomein zijn ontwerp opdrachten die aansluiten op de vakinhoudelijke subdomeinen D1, D2, D3, D4, D5 en D6, F2, F3, G1 en G2, G3 en G4 heel geschikt. Denk bijvoorbeeld aan het ontwerpen van:

- Een biogasinstallatie (in westerse of derde wereld omgeving).
- Een zuiveringsinstallatie voor afvalwater (bijvoorbeeld van een zwembad, autowasstraat, regionaal, industrieel afvalwater).
- Een drinkwaterzuiveringsinstallatie (in westerse wereld, in derde wereld, bij noodhulp na rampen).
- Een zuiveringsinstallatie voor afvalgassen (katalysator bij auto, industrieel, huishoudelijk).
- Een duurzamer productieproces voor fossiele brandstoffen (ontzweveling diesel).
- Een duurzaam herontwerp van verven naar varianten die vrij zijn van organische oplosmiddelen.

Naast het zelf uitvoeren van een ontwerp opdracht is het ook goed mogelijk om leerlingen verslag te laten doen van het ontwerp proces van nieuwe producten of ontwikkeling van nieuwe technieken. Dit naar aanleiding van secundaire bronnen (dagbladen, publicaties op het gebied van technologie en innovatie).

Voor examinering kan worden gedacht aan een productpresentatie na een ontwerp opdracht.

### **A2.9 De invloed van natuurwetenschap en techniek\***

*De kandidaat kan oordelen over de betrouwbaarheid van toegepaste natuurwetenschappelijke kennis en een eigen mening vormen over maatschappelijk-natuurwetenschappelijke vraagstukken.*

### **Toelichting**

*Deze eindterm komt voort uit het voormalige ANW Subdomein: De invloed van natuurwetenschap en techniek uit het examenprogramma 2007, die hieronder is overgenomen.*

De kandidaat kan:

- Een oordeel geven over de betrouwbaarheid van beweringen – waaronder ook de eigen beweringen - door passende criteria te hanteren bij het beoordelen van:
  - bronnen;
  - de kwaliteit van een product of techniek of behandeling;
  - de kwaliteit van onderzoek waaraan de bewering refereert.
- Met voorbeelden de invloed -in verleden, heden en toekomst- toelichten van:
  - culturele, economische, maatschappelijke en politieke belangen op de ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek;
  - natuurwetenschappelijke kennis en techniek op het dagelijks leven;
  - natuurwetenschappelijke kennis en techniek op het beeld dat mensen hebben van de natuur en hun eigen rol daarin.
- Een standpunt innemen en beargumenteren over:
  - toepassingen van natuurwetenschap of techniek in de maatschappij;
  - het eigen leerproces in het omgaan met natuurwetenschappelijke kennis en techniek.

Bij deze eindterm beoordelen leerlingen de betrouwbaarheid van beweringen over producten, technieken of behandelingen, waarbij ze reflecteren op de wijze waarop die bewering wordt onderbouwd. In de toelichting is een aantal mogelijke aspecten opgenomen van de uitwerking van de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en maatschappij. Deze eindterm gaat ook over het innemen van standpunten in vraagstukken met maatschappelijke, natuurwetenschappelijke en technische aspecten.

In de klas is dit subdomein te benaderen vanuit de volgende ANW-vragen:

- Hoe weet je wat waar is?
- Hoe is de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en maatschappij?
- Wat vind jij? En welke natuurwetenschappelijke kennis gebruik je bij het onderbouwen van je mening?

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Bij deze eindterm kan worden aangesloten op beweringen over processen en producten uit de volgende subdomeinen: B1, B4, domein D, domein E, domein F en domein G. Maar ook beweringen over recent ontwikkelde technieken of nieuwe producten vormen een goede basis voor uitwerking van dit subdomein, dat is samen te vatten in de ANW-vraag over betrouwbaarheid. Te denken valt aan beweringen over:

- Het effect van technieken voor het zuiveren van water of lucht.
- De toxiciteit van stoffen.
- De kwaliteit van water, lucht, stoffen, materialen.
- Duurzaamheid van producten, technieken, processen.

Voor de examinering in het schoolexamen kan worden gedacht aan een kritische beschouwing, een kritische schriftelijke reactie op een publicatie waarin de bewering wordt gedaan, een mondelinge presentatie.

De ANW -vraag over de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en maatschappij kan binnen de kaders in de toelichting nog in veel verschillende richtingen worden uitgewerkt. Hierbij moet worden voorkomen dat het in de uitwerking 'overal en nergens' over gaat. Het is aan te bevelen om een keus te (laten) maken en vervolgens de gekozen aspecten met enige diepgang uit te werken. Voor havo-leerlingen is het goed te doen om aan de hand van voorbeelden uit te werken hoe de invloed is van natuurwetenschap en techniek op het dagelijks leven. Hierbij is eerder aan te bevelen om hen zelf een eigentijds voorbeeld te laten kiezen dat met scheikunde te maken heeft dan als docent zelf te bepalen welk voorbeeld moet worden uitgewerkt.

Ook de invloed van natuurwetenschappelijke kennis en techniek op het beeld dat mensen hebben van de natuur en hun eigen rol daarin is voor havo-leerlingen goed uit te werken aan de hand van voorbeelden. Denk bijvoorbeeld aan biomaterialen, biotechnologie aan de hand van eigentijdse contexten, aspirine en andere medicijnen in historische contexten en het perspectief op de toekomst met bijvoorbeeld nutrigenomics.

Deze eindterm kan ook aanleiding geven tot een analyse van de ontwikkeling van grote Nederlandse chemische en farmaceutische bedrijven bijvoorbeeld DSM, Akzo Nobel, Unilever, Shell, Philips, Jansen-Cilag enz., waarbij ook de economische belangen aan bod kunnen komen.

Voor de uitwerking van de ANW-vraag "Wat vind jij?" is aan te bevelen om leerlingen zelf voorbeelden van de toepassing van natuurwetenschap en techniek te laten kiezen, waarbij wel als randvoorwaarde kan worden gesteld dat deze raakvlakken hebben met de scheikunde. Hierbij hebben actuele en toekomstgerichte voorbeelden in het algemeen meer belangstelling dan voorbeelden uit de vorige eeuw.

Om leerlingen daadwerkelijk te laten reflecteren op het eigen leerproces in het omgaan met natuurwetenschappelijke kennis en techniek is het handig om hen eerst bij het begin van een lestaak of praktische opdracht te laten opschrijven welke mening ze hebben en welke houding ze innemen. Vervolgens wordt aan het eind van de opdracht opnieuw genoteerd wat mening en houding zijn. Op basis daarvan kunnen leerlingen toelichten of ze hun standpunt hebben veranderd en hoe en ook waarom dat wel of niet is gebeurd.

Voor toepassingen van natuurwetenschap en techniek die aansluiten bij het scheikundeprogramma kan worden gedacht aan materialen, brandstoffen, biochemische stoffen.

Voor het examineren kan worden gekozen voor:

- een debat
- een discussie aan de hand van stellingen
- een ethische discussie

### **Integratie ANW binnen het havo programma Nieuwe Scheikunde**

Bij Nieuwe Scheikunde, Nieuwe Natuurkunde en Nieuwe Biologie is het voormalige ANW-domein *Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek* volledig geïntegreerd in het havo programma als de eindtermen A7, A8 en A9. Deze eindtermen kunnen zowel in het centraal examen als in het schoolexamen worden geëxamineerd.

Zie voor een verdere uitwerking van de voormalige ANW-eindtermen ook de *Handreiking Schoolexamen ANW vwo 2007* ( te downloaden van [www.slo.nl](http://www.slo.nl)). Daarin vindt u het domein *Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek* als domein B. Met name de ANW-subdomeinen C2 *Mens en gezondheid*, D2 *Duurzame ontwikkeling* en E2 *Productie van materialen* kunnen inspiratie bieden voor het onderwijs van deze eindtermen binnen het havo programma Nieuwe Scheikunde. Deze ANW-subdomeinen hangen sterk samen met resp. de domeinen D *Synthesen*, E *Chemie van het leven* en G *Duurzame ontwikkeling* van Nieuwe Scheikunde.

## **4.4 Toelichting op de subdomeinen havo**

### **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.*

Specificatie (overgenomen uit de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde)

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.

### **Toelichting**

Subdomein A3 wordt zowel in het centraal examen als in het schoolexamen geëxamineerd. Hierboven is de specificatie voor het centraal examen overgenomen uit de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

Bij dit subdomein gaat het erom dat leerlingen zich op een professionele wijze voorbereiden op hun experimenten, deze volgens de voorgeschreven veiligheidsregels uitvoeren en de veiligheidsaspecten in de wijze van uitvoering ook evalueren. Dit is gemeenschappelijk met biologie, natuurkunde en NLT, alhoewel te verwachten is dat juist bij scheikunde de meeste nadruk op deze vaardigheid zal worden gelegd. Over de wijze van uitvoering van de eindtermen uit dit subdomein is afstemming met deze vakken nodig, waarbij de aard van de gebruikte stoffen, organismen en apparaten uiteraard voortvloeit uit het betreffende vak.

Bij scheikunde gaat het met name om het veilig gebruiken van chemicaliën en het volgens de voorschriften verwijderen van chemisch afval. Ook behoort het omgaan met voor scheikunde kenmerkende instrumenten hierbij, o.a. verwarmingsinstallaties, destillatieapparatuur, pH meters, teststrookjes, weeginstrumenten en chemisch glaswerk. Daarbij moet wel in het oog worden gehouden dat het gebruikte glaswerk ook nog in gebruik is in de beroepsomgeving. Voorkomen moet worden dat er binnen de schoolscheikunde een specifiek soort historisch instrumentarium in gebruik is, dat in de beroepsomgeving allang voltooid verleden tijd is.

Bij de keuze voor het gebruik van bepaalde stoffen moet een zorgvuldige afweging worden gemaakt tussen het doel van het gebruik van die stoffen en de eventuele risico's en gevolgen van het gebruik voor mensen, dieren, lucht- en waterkwaliteit. Daarbij gaat het o.a. om de gebruikte hoeveelheid stof in relatie tot de MAC- waarde, oriëntatie op en het objectief beoordelen van het risico van problemen bij de uitvoering van het experiment.

Tot dit subdomein behoort ook het adequaat raadplegen van veiligheidsinformatie in databases en handboeken. Daarbij moet wel gewaakt worden dat leerlingen geen 'chemofobie' ontwikkelen als een docent onevenredig veel nadruk legt op het veilig omgaan met chemische stoffen. De nadruk moet komen te liggen op preventie en het objectief vergelijken van risico's.

Uiteraard behoren leerlingen de noodzakelijke veiligheidsregels bij het doen van proeven (jas, bril en opgebonden haren) toe te kunnen passen en moeten ze ook weten hoe te handelen bij glasbreuk, brand, zuurkast enz. Het gaat bij deze vaardigheid niet om algemene kennis over het risico van stoffen (MAC waarden enz.) maar om het toepassen van deze kennis bij experimenten op school en productieprocessen in het bedrijfsleven.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Het is aan te bevelen om een groot aantal van de eindtermen uit dit subdomein in het leerplan voor de onderbouw op te nemen. Aansluiten bij aspecten van veiligheid die in de onderbouw aan de orde zijn geweest, is in het begin van de havo-leerlijn aan de orde. Bij voorbeeld door naar opgebouwde kennis en ervaringen van leerlingen te vragen

In het onderwijs in de tweede fase kunnen de eindtermen uit dit subdomein worden gekoppeld aan vakinhoud uit alle voor het schoolexamen aangewezen subdomeinen uit de domeinen B t.m. G. Als de school ervoor kiest om een deel van het programma voor het centraal examen ook in het schoolexamen te examineren kan deze eindterm ook aan subdomeinen voor het centraal examen worden gekoppeld. In het schoolexamen kan dan de nadruk gelegd worden op die aspecten van deze eindterm, die in een centraal schriftelijk examen niet te toetsen zijn.

Bijvoorbeeld:

- Het veilig uitvoeren van proeven met de brandbaarheid van koolwaterstoffen o.a. bij kraken.
- Het toelichten waarom bepaalde proeven om veiligheidsredenen niet op school kunnen worden uitgevoerd.
- Het verkennen en toelichten van de veiligheidsmaatregelen bij het omgaan met stoffen in een specifieke bedrijfssituatie.
- In het schoolexamen kan deze eindterm deel uitmaken van:
  - schriftelijke toetsen
  - practica en practicumverslagen
  - onderzoeks- en ontwerp opdrachten

Examinering kan o.a. plaatsvinden tijdens de praktische uitvoering van experimenten. Op een aantal scholen wordt ook de TOA betrokken bij de beoordeling. Ook een aparte paragraaf in een verslag als onderdeel van de voorbereiding van experimenten kan als examinering dienen. Tijdens schriftelijke toetsen kunnen vragen worden gesteld over omstandigheden die zich tijdens de uitvoering van een proef zouden kunnen voordoen.

In het schoolexamen en centraal examen wordt A3.1 *Risico inventarisatie en veilig werken* geëxamineerd in combinatie met de vakinhoudelijke domeinen, dus niet als kennis van de risico's en veiligheid op zich.

### **A3.2 Vaktaal**

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

Specificatie (overgenomen uit de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde)

De kandidaat kan

1. Het symbool geven van de volgende elementen als de naam is gegeven en omgekeerd:
  - waterstof, koolstof, stikstof, zuurstof, fluor, natrium, magnesium, aluminium, fosfor, zwavel, chloor, kalium, calcium, ijzer, nikkel, koper, zink, broom, zilver, jood, barium, platina, goud, lood
2. Aangeven of het desbetreffende element een metaal is of een niet metaal:
  - waterstof, koolstof, stikstof, zuurstof, fluor, natrium, magnesium, aluminium, fosfor, zwavel, chloor, kalium, calcium, ijzer, nikkel, koper, zink, broom, zilver, jood, barium, platina, goud, lood
3. De formule geven van de volgende stoffen als de naam is gegeven en omgekeerd:
  - ammoniak, azijnzuur, broom, chloor, ethanol, fluor, glucose, glycerol, jood, koolstofdioxide, koolstofmono-oxide, stikstofdioxide, stikstofmono-oxide, ozon, stikstof, water, waterstof, zuurstof, zwaveldioxide, zwaveltrioxide
4. Namen en formules geven en interpreteren van zouten die zijn samengesteld uit de volgende ionen:
  - $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$
  - $\text{Br}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$
  - de notatie (I), (II), (III), enzovoort bij metaalionen.
5. Namen van de volgende zuren geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
  - HCl



- $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $\text{HNO}_3$
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 / \text{'H}_2\text{CO}_3\text{'}$
  - $\text{H}_3\text{PO}_4$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$
6. Namen van de volgende basen geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
    - $\text{NH}_3$
    - $\text{OH}^-$
    - $\text{CO}_3^{2-}$
    - $\text{O}^{2-}$
    - $\text{HCO}_3^-$
  7. Aangeven dat stoffen naast systematische namen ook triviale namen kunnen hebben
  8. De aanduidingen mono, di, tri, tetra en poly bij koolstofverbindingen hanteren:
    - sachariden
    - peptiden.
  9. De volgende toestandsaanduidingen gebruiken:
    - (s)
    - (l)
    - (g)
    - (aq)
  10. Faseovergangen weergeven met behulp van toestandsaanduidingen.
  11. De volgende aanduidingen voor soorten mengsels hanteren:
    - oplossing: onverzadigd, verzadigd
    - suspensie
    - emulsie
    - legering, alliage
  12. De volgende begrippen hanteren:
    - atoommassa
    - molecuulmassa
    - ionmassa
    - chemische hoeveelheid stof: eenheid mol
    - molaire massa
    - volumepercentage in mengsels
    - massapercentage in mengsels en verbindingen
    - concentratie
    - molariteit in  $\text{mol L}^{-1}$
    - verdunningsfactor
    - pH en pOH
    - molverhouding bij reacties
    - massaverhouding bij reacties
    - overmaat
    - ondermaat
  13. Enkele behoudsprincipes formuleren:
    - energiebehoud
    - elementbehoud
    - elementkringloop
    - stofkringloop
  14. Een chemisch proces weergeven met een reactievergelijking met toestandsaanduidingen
  15. Homogene en heterogene mengsels herkennen

16. 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

### **Toelichting**

In A3.2 Vaktaal is de zogenoemde communale kennis opgenomen uit de syllabus voor het examenprogramma scheikunde 2007. Een aantal onderdelen van de specificatie komen voort uit de kerndoelen voor de voormalige basisvorming. Een aanzienlijk aantal van deze eindtermen wordt veelal aangeboden in het scheikundeprogramma voor het derde leerjaar. Zie hierover ook paragraaf 6.1 Doorlopende leerlijnen van onderbouw naar tweede fase.

Het gaat bij deze eindterm dus om de specifieke vaktaal van chemici. In de programma's van 2007 is de vaktaal gespecificeerd bij een aantal verschillende subdomeinen en een deel daarvan opgenomen als bijlage bij het examenprogramma met de zogenoemde communale kennis. Deze eindterm beoogt deze versnippering weg te werken.

Bij deze eindterm is aan te bevelen om zich op de hoogte te stellen van de bij het centraal examen toegestane informatieboeken, want de vaardigheid om daar bepaalde informatie in te kunnen vinden hoeft in een examenprogramma niet apart te worden opgenomen als vaardigheid in vaktaal.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Met betrekking tot het onderwijs in deze eindterm is aan te bevelen om in nauw overleg met de docenten in de onderbouw af te bakenen tot welke diepgang een aantal onderdelen van deze eindterm in de onderbouw aan bod komen. Voorkomen moet worden dat in de tweede fase 'alles nog een keer wordt overgedaan'. Leerlingen mogen in de tweede fase aangesproken worden op aanwezige voorkennis uit de onderbouw. En ook op het nemen van verantwoordelijkheid voor het oprispen daarvan en het zelfstandig wegwerken van eventuele hiaten uit de onderbouw.

Daarmee wordt vanuit het perspectief van de docent en de vaksectie benadrukt dat er sprake is van een doorlopende leerlijn. Bij aanvang van nieuwe modules is daarnaast altijd wel een inventarisatie van de benodigde startkennis gewenst.

In het onderwijs in de tweede fase kunnen de nog niet verworven onderdelen van deze eindterm worden gekoppeld aan vakinhoud uit alle voor het schoolexamen aangewezen subdomeinen uit de domeinen B t.m. G. Als de school ervoor kiest om een deel van het programma voor het centraal examen ook in het schoolexamen te examineren kan deze eindterm ook aan subdomeinen voor het centraal examen worden gekoppeld. In het schoolexamen kan dan de nadruk gelegd worden op die aspecten van deze eindterm, die in een centraal schriftelijk examen niet te toetsen zijn.

In het schoolexamen kan deze eindterm deel uitmaken van:

- schriftelijke toetsen
- practica en practicumverslagen
- onderzoeks- en ontwerp opdrachten

*In het schoolexamen en centraal examen wordt vaktaal geëxamineerd in combinatie met de vakinhoudelijke domeinen, dus niet als kennis van de vaktaal op zich.*

## **Domein B    Onderzoeksmethoden en –technieken**

### **Subdomein B1 Stoffen aantonen**

*De leerling kan in eigen experimenteel onderzoek met behulp van reacties de aanwezigheid van bepaalde stoffen aantonen.*

#### **Toelichting**

Het gaat bij deze eindterm uitdrukkelijk om het zelf onderzoek doen naar de aanwezigheid van bepaalde stoffen. Leerlingen kunnen bij een gegeven probleemstelling, eventueel na literatuuronderzoek, de juiste aantoningsreactie selecteren. Ze kunnen, bijvoorbeeld in een werkplan, aangeven welke reagentia daarvoor nodig zijn, hoe ze de reagentia moeten toepassen en op welke wijze ze de waarneembare resultaten moeten interpreteren.

Voorbeelden van aantoningsreacties zijn:

- Aanwezigheid van bepaalde ionen aantonen via een neerslagreactie en met behulp van de oplosbaarheidstabel (het praktische deel van B5 eindterm 5 in contexten die aansluiten bij o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E1 Monitoringsonderzoek).
- Aanwezigheid van een zuur of base met behulp van een zuur-base indicator of pH- meter (B5 eindterm 3 en 4 in contexten die aansluiten bij o.a. subdomein D1 Grootschalige productie van stoffen en subdomein E4 Stoffen in het lichaam).
- Aanwezigheid van glucose, eiwit, vet en zetmeel met behulp van indicatoren, overeenkomstig de laboratorium- en huisartsenpraktijk (B5 eindterm 2 in contexten o.a. uit subdomein E4 Stoffen in het lichaam).
- Aanwezigheid van zuurstof, waterstof, water, koolstofdioxide, zwaveldioxide (subdomein B5 eindterm 2 in contexten uit o.a. subdomein E1 Monitoringsonderzoek, subdomein G1 Duurzaam produceren, subdomein G2 Ketenganalyse).

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

*De school kan ervoor kiezen om dit subdomein in het schoolexamen te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B5 Data verzamelen en verwerken, C5 Typen reacties, D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden, D5 Industriële processen, E4 Stoffen in het lichaam, G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen en G4 Koolstofvrije energiebronnen.*

Handelingspraktijken waarin deze aantoningsreacties kunnen worden ingebed zijn o.a.:

- Routinematig kwalitatief wateronderzoek
- Routinematig kwalitatief onderzoek in medische sfeer
- Routinematig kwalitatief onderzoek bij forensisch onderzoek

Examinering in het schoolexamen kan in de vorm van:

- Praktische opdrachten, waarin leerlingen na literatuuronderzoek ook nog onbekende aantoningsreacties kunnen selecteren en toepassen.
- Schriftelijke toetsen, waarbij in de context van een probleemstelling gevraagd wordt bijvoorbeeld te beschrijven met welke aantoningsreactie deze probleemstelling kan worden opgehelderd. Ook vragen over de typische waarnemingen bij een aantoningsreactie passen hier bij. Daarnaast kan gevraagd worden om in de opgave gegeven waarnemingen te interpreteren. De nadruk ligt nadrukkelijk op het kunnen hanteren van de aantoningsreacties, niet op het produceren of interpreteren van de reactievergelijkingen hiervan.

### **Subdomein B2 Standaardbepalingen**

*De leerling kan in eigen experimenteel onderzoek enkele standaardbepalingen voor het bepalen van de aanwezige hoeveelheid van een stof in een monster volgens standaardvoorschrift toepassen en conclusies trekken uit resultaten van standaardbepalingen uit de beroepsomgeving.*

#### **Toelichting**

Leerlingen kunnen enkele eenvoudige, voor de chemie representatieve kwantitatieve methoden in eigen onderzoek toepassen. Daarnaast kunnen ze onderzoeksresultaten analyseren en evalueren uit standaardbepalingen uit het beroepssegment.

Bij het zelf uitvoeren van enkele standaard kwantitatieve bepalingen laten leerlingen zien dat ze begrijpen welke reacties daaraan ten grondslag liggen, welke reagentia daarvoor nodig zijn, welke handelingsvolgorde moet worden toegepast, op welke wijze en hoe nauwkeurig ze in hun onderzoek kunnen meten en hoe ze uit de metingen de gevraagde gegevens kunnen berekenen.

Voorbeelden van kwantitatieve bepalingen voor eigen onderzoek zijn:

- Gravimetrische bepaling van de gevormde hoeveelheid neerslag na het verwijderen van bepaalde ionen uit een oplossing met een geschikt reagens (het praktische deel van subdomein B5 eindterm 10 in contexten die aansluiten bij o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E1 Monitoringsonderzoek of G1 Duurzaam produceren en G2 Ketenanalyse).
- Titrimetrisch onderzoek voor het bepalen van de molariteit van een zuur of base (het praktische deel van subdomein B5 eindterm 7, 8 en 9 in contexten uit o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E1 Monitoringsonderzoek, E4 Stoffen in het lichaam, G1 Duurzaam produceren en G2 Ketenanalyse).
- Colorimetrisch onderzoek voor het bepalen van het gehalte van een bepaalde stof in een oplossing (het praktische deel van subdomein B5 eindterm 10 in contexten uit o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E1 Monitoringsonderzoek).
- PH metingen aan oplossingen na verdunning, al of niet met bufferwerking (het praktische deel van subdomein B5 eindterm 8 in contexten uit o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E1 Monitoringsonderzoek, E4 Stoffen in het lichaam).
- Met behulp van standaardsticks meten van gehalte aan bijvoorbeeld nitraat- of chloride-ionen in oplossingen (het praktische deel van het praktische deel van subdomein E1 Monitoringsonderzoek, E4 Stoffen in het lichaam of G1 Duurzaam produceren).
- Nitraat, chloride (nieuw).

Voorbeelden van berekeningen uit standaardbepalingen, uit eigen onderzoek of uit meetresultaten uit handelingspraktijken in het beroepssegment zijn:

- Meetwaarden van een (automatische) zuur-base titratie herleiden tot een conclusie (subdomein B5 eindterm 10 in contexten uit de domeinen D t.m. F).
- Meetwaarden van een pH herleiden tot de molariteit van een zuur of base (subdomein B5 eindterm 10 in contexten uit de domeinen B t.m. F).
- Meetresultaten herleiden tot een massapercentage, massaverhouding bij reacties, gehalten in mengsels, molariteit in mol/L (Subdomein A3.2 Vakvaardigheden in contexten uit de domeinen D t.m.F).

Bij berekeningen kan de nadruk gelegd worden op het interpreteren van resultaten uit routinematig onderzoek van derden, dus niet op eigen onderzoek.

Contexten waarin deze standaardbepalingen kunnen worden ingebed zijn bijvoorbeeld:

- Routinematig kwantitatief water-, bodem- en luchtonderzoek voor monitoring en controle.
- Routinematig kwantitatief onderzoek in medische sfeer.
- Routinematig onderzoek in voedingssector.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De school kan ervoor kiezen om dit subdomein in het schoolexamen te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B5 *Data verzamelen en verwerken*, C5 *Typen reacties*, D4 *Scheidings- en zuiveringsmethoden*, D5 *Industriële processen*, E4 *Stoffen in het lichaam*, G3 *Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen* en G4 *Koolstofvrije energiebronnen*.

Het zelf kunnen uitvoeren van kwantitatieve bepalingen sluit het beste aan bij examinering in de vorm van praktische opdrachten of in samenwerkingsprojecten met het vervolgonderwijs.

In schriftelijke toetsen kan de nadruk worden gelegd op het verwerken en evalueren van meetresultaten van onderzoek van anderen. Hierbij kan ook het accent gelegd worden op het op de juiste wijze presenteren van metingen (grafieken maken en analyseren). Gegevens uit het beroepssegment kunnen worden ontleend aan medisch of voedingsonderzoek. Eventueel kunnen die kort voor de toets aan leerlingen ter hand worden gesteld. Bij de schriftelijke toetsen kan in de probleemstellingen met name het begrijpen en verwerken van gegevens van anderen worden getoetst en minder nadruk worden gelegd op het zelf produceren van kennis en het doen van voorspellingen. Bij de evaluatie van onderzoeksresultaten kan ook het maatschappelijk en economisch perspectief betrokken worden.

### **Subdomein B3 Standaard methoden en -technieken**

*De leerling kan de toepassing van enkele standaard onderzoeksmethoden en -technieken in eigen experimenteel onderzoek vergelijken met de huidige beroepspraktijk.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein ligt de nadruk op het leggen van verbanden tussen methoden en technieken voor eigen onderzoek in de schoolomgeving en de beroepspraktijk. Leerlingen maken kennis met enkele standaard methoden en technieken in de beroepsomgeving. Ze gaan na welke scheikundige concepten aan de basis van de gebruikte methoden/technieken staan. Zo leren ze dat ze dat ze bij kennismaking met nieuwe methoden en technieken op basis van hun eigen kennis inzicht kunnen krijgen in het werkingsprincipe. Tevens geeft dit subdomein aan dat subdomein B2 Standaardbepalingen een opstap en voorbereiding vormt voor een vervolgopleiding.

Leerlingen gaan na of/hoe in de beroepsomgeving gebruik wordt gemaakt van varianten van de door hen op school geleerde onderzoeksmethoden en technieken. Dit houdt voor een aantal technieken in dat ze kennismaken met geautomatiseerde bepalingmethoden.

Ze leren van enkele veelgebruikte methoden/technieken de overeenkomsten en verschillen tussen bepalingen op school en in de beroepswereld beschrijven. Tevens ervaren leerlingen dat in de beroepsomgeving deels met soortgelijk maar deels ook met heel ander glaswerk en hulpgereedschap wordt gewerkt. Ze kunnen daarbij aangeven dat deze verschillen kunnen voortkomen uit o.a.:

- De vereiste dat in de beroepsomgeving resultaten met een grotere nauwkeurigheid moeten worden geproduceerd.
- Het effect van bepalingen aan kleine monsters.
- Het automatiseren van bepalingen.
- Efficiënte bedrijfsvoering in laboratoria.

Voorbeelden van dergelijke standaardmethoden en – technieken zijn:

- Spectroscopie (in contexten uit o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E1 Monitoringsonderzoek, E4 Stoffen in het lichaam en G1 Duurzaam produceren).
- pH bepaling (in contexten uit de domeinen D t.m. F).
- Automatische titraties (in contexten uit de domeinen D t.m. F).
- HPLC ( in contexten uit o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren en E1 Monitoringsonderzoek).

Het gaat bij dit subdomein niet om het zelfstandig doen van onderzoek met beroepsmatige methoden/technieken, maar meer om 'meekijken' en herkennen van de overeenkomsten en verschillen in de uitvoering met uitvoering in de schoolsituatie.

Handelingspraktijken waarin leerlingen kunnen kennismaken met standaardmethoden en – technieken zijn bijvoorbeeld:

- Routinematig kwantitatief water-, bodem- en luchtonderzoek voor monitoring en controle.
- Routinematig kwantitatief onderzoek in medische sfeer.
- Routinematig onderzoek in voedingssector en consumentenproducten.
- Onderzoek aan universiteiten en overheidsinstellingen naar aanleiding van maatschappelijke of economische vraagstellingen.
- Onderzoek aan medicijnen in specifieke toedieningsvormen (tabletten).

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Examinering van dit subdomein is gebaat bij vormgeving als een praktische opdracht en kan worden gedaan in een samenwerkingsproject met het vervolgonderwijs. Hierbij kan aandacht worden besteed aan het verschil in presentatie van onderzoeksresultaten tussen handmatige en geautomatiseerde bepalingen.

Beschouwingen over haalbare meetnauwkeurigheid zijn bij dit subdomein ook op zijn plaats. Het herkennen van de maatschappelijke en economische relevantie van het verrichte monitoringsonderzoek in de beroepsomgeving kan ook onder dit subdomein vallen.

In schriftelijke toetsen kan de nadruk worden gelegd op het analyseren van informatie over onbekende methoden/technieken. De nadruk ligt op het omgaan met nieuwe vakgerichte informatie. Overwogen kan worden om leerlingen vooraf relevante informatie ter beschikking te stellen.

### ***Subdomein B4 Digitale modellen***

*De leerling kan digitale modellen toepassen bij het verzamelen, verwerken en interpreteren van onderzoeksgegevens van standaard onderzoeksmethoden en – technieken voor kwalitatief en kwantitatief onderzoek.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het specifiek om de bijdrage van digitale modellen aan standaardonderzoek. Daarbij kan de nadruk gelegd worden op het gebruik van simulatieprogramma's zoals Coach. Leerlingen doen ervaring op met computermodellen voor moleculen in 2D en 3D. Ze herkennen aan de hand van

voorbeelden dat computermodellen overzicht en inzicht geven in de bouw en werking van macromoleculen.

Bij dit subdomein ligt de nadruk op visualisaties en het modelleren van processen, minder op het produceren van een wiskundig model.

Koppeling van dit subdomein aan probleemstellingen die aansluiten bij domein C in contexten uit de domeinen D t.m. F is goed mogelijk. Enkele suggesties daarvoor zijn:

- Onderzoek naar microstructuren, met name kenmerkende structuren in koolstofverbindingen, structuurisomeren en kristalroosters (subdomein C2 Microstructuren).
- Onderzoek naar de relatie tussen de microstructuur en eigenschappen, bijvoorbeeld de bouwstenen van een stof (atomen, ionen, moleculen, macromoleculen, vezels), de elektrische geleidbaarheid van stoffen en oplossingen, de vorming van waterstofbruggen (subdomein C3 Relatie microstructuur en eigenschappen).
- Visualisatie van het vormen en verbreken van bindingen bij reacties bij het oplossen, indampen, stollen, smelten, condenseren en verdampen van stoffen en de werking van zeep en detergents (subdomein C4 Bindingen vormen en verbreken).
- Onderzoek naar reactietypen o.a. zuur-basereacties, redoxreacties en polymerisaties (Subdomein C5 Reactietypen).
- Simulaties van het botsende deeltjesmodel of evenwichtsreacties voor het onderzoeken van de reactiesnelheid (subdomein C6 *Reactiesnelheid en evenwichten*).

Handelingspraktijken voor het inbedden van dit subdomein zijn o.a.

- Productie van stoffen in de huidige chemische industrie (farma, polymeren, voeding, verzorging).
- Kennisontwikkeling m.b.t. biochemie, biotechnologie, nanotechnologie.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Het onderwijs en de examinering is sterk afhankelijk van de beschikbare ICT middelen op school en in de bereikbare beroepsomgeving. Toetsing kan in de vorm van praktische opdrachten of in een samenwerkingsproject met het vervolgonderwijs. Beschouwingen over het milieueffect door het verminderde gebruik van stoffen voor onderzoek kunnen in de examinering worden opgenomen.

In de nog te verschijnen module "Molecular Modelling" van het docentenhandboek Nieuwe Scheikunde is geïnventariseerd welke software gratis of tegen een kleine vergoeding voor scholen beschikbaar is. In deze module is ook aangegeven bij welke subdomeinen en voor welke doeleinden deze software kan worden ingezet. Zie [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) onder Actueel of Publicaties.

Dit subdomein leent zich moeilijk voor schriftelijke toetsing. Wel is computertoetsing mogelijk, waarbij leerlingen conclusies moeten trekken uit bijvoorbeeld computeranimaties en molecuulmodellen.

### **Subdomein B5 Data verzamelen en verwerken**

De kandidaat kan voor eenvoudige probleemstellingen een werkplan opstellen en resultaten van bepalingen voor kwalitatief en kwantitatief onderzoek verwerken en interpreteren.

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

## **Domein C    Structuren en reacties**

### ***Subdomein C1 Reactiesnelheid bepalen***

*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'.*

### **Toelichting**

Leerlingen doen experimenteel onderzoek naar factoren die van invloed zijn op de reactiesnelheid. Ze kunnen aan de hand van het botsende deeltjes model de resultaten verklaren. Deze eindterm borgt het eigen experimenteel onderzoek aan theoretische modellen voor het verloop van reacties. Van belang is dat leerlingen 'op de stoel van de onderzoeker' plaatsnemen en niet slechts in de vorm van illustratief practicum aantonen dat de het botsende deeltjesmodel een aannemelijke theorie is voor het verklaren van de reactiesnelheid. Het gaat erom dat ze het door hen uitgevoerde onderzoek zelfstandig leren ontwerpen, uitvoeren en evalueren. Met name aan contexten, die aansluiten op domein D Chemie van het leven en domein G Duurzame ontwikkeling kunnen representatieve probleemstellingen worden ontleend. Dit illustreert voor leerlingen tevens het belang van onderzoek ter ondersteuning van maatschappelijke toepassingen van het vakgebied chemie. Bij dit subdomein ligt de nadruk op het toepassen van modellen voor het begrijpen van chemische processen voor grootschalige productie en in het menselijk lichaam. In het Duits wordt dit aangeduid met 'nachvollziehen', de redenering kunnen volgen, begrijpen en toepassen in nieuwe probleemstellingen. Het gaat bij dit subdomein niet om het produceren van kennis over en het rekenen aan reactiesnelheden.

Contexten waarop dit subdomein kan aansluiten houden verband met o.a.:

- Productie van stoffen in de chemische industrie aan de hand van actuele voorbeelden (subdomein D1 Grootschalige productie van stoffen).
- Processen in de levende natuur en voedingsindustrie (subdomein E3 Industriële productie van stoffen en E4 Stoffen in het lichaam).

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein is gebaat bij examinering in de vorm van een onderzoeksopdracht.

### ***Subdomein C2 Microstructuren***

*De kandidaat kan de samenstelling van atomen, ionen en moleculen beschrijven en in moleculen van bepaalde stoffen kenmerkende aspecten herkennen.*

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

### ***Subdomein C3 Relatie microstructuur en eigenschappen***

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van microstructuren enkele structuurkenmerken herkennen en beredeneren welke eigenschappen daarmee samenhangen.



**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Subdomein C4 Bindingen vormen en verbreken**

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van reacties op microniveau aangeven welke bindingen worden gevormd en verbroken.

**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Subdomein C5 Typen reacties**

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

**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Subdomein C6 Reactiesnelheid en evenwichten**

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

**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Domein D Synthesen*****Subdomein D1 Grootschalige productie van stoffen***

*De leerling kan het productieproces van enkele maatschappelijk of economisch relevante stoffen uit de eigen omgeving toelichten en daarbij moleculaire kennis toepassen.*

**Toelichting**

Bij deze subdomein gaat het erom dat leerlingen zich min of meer zelfstandig verdiepen in het productieproces van stoffen, die maatschappelijk of economisch van grote betekenis zijn.

Leerlingen kunnen uit gegevens in vakbladen of publicaties het productieproces analyseren en schematisch weergeven. Ze kunnen op moleculair niveau weergeven welke stoffen met elkaar reageren en welke oplosmiddelen hierbij een rol spelen. Daarnaast kunnen ze de invloed van de aanwezige reactieomstandigheden (temperatuur, druk enz.) op de reactiesnelheid en het rendement van de reactie toelichten. Van belang is dat leerlingen kennismaken met eigentijdse, economisch relevante productieprocessen uit de chemische en voedingsindustrie. Aan te bevelen is om voorbeelden hiervan waar mogelijk in bedrijven in de lokale omgeving te zoeken.

Bij dit subdomein is aansluiting mogelijk met een aantal voor het centraal examen aangewezen subdomeinen o.a. met:

- Het weergeven van het proces in een blokschema (subdomein D5 Industriële processen).
- Het rendement (subdomein D6 Rendement).
- De rol van katalysator (subdomein C6 Reactiesnelheid en evenwichten).
- De theoretische verhouding van grondstoffen (subdomein D6 *Rendement*).

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein leent zich bij uitstek voor samenwerking met bedrijven in de regio en projectactiviteiten. Waar dit niet mogelijk is kan communicatie via internet en een digitaal bedrijfsbezoek een alternatief zijn. Dit subdomein beoogt het zichtbaar maken van de relatie tussen de scheikundekennis van school en het huidige en toekomstige beroepssegment. Het gaat uitdrukkelijk niet om productieprocessen die van belang zijn geweest voor de historie van de chemische industrie, tenzij deze lokaal nog relevant zijn. Bedrijfsbezoeken kunnen aanleiding zijn expliciet aandacht te geven aan aspecten van communicatie over chemie. Zie hiervoor o.a. het competentieveld Communiceren in paragraaf 9.3 en de module Communiceren over chemie van het docentenhandboek Nieuwe Scheikunde ([www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) onder Publicaties).

Voor het schoolexamen kan gedacht worden aan praktische opdrachten of vakoverstijgende projecten, al dan niet samen met NLT of biologie/natuurkunde. Dit subdomein leent zich uitstekend voor het koppelen aan de voormalige ANW eindtermen in subdomein A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden.

In schriftelijke toetsen kunnen eventueel aan de hand van eerder verstrekt bronnenmateriaal vragen over bepaalde grootschalige industriële productieprocessen worden opgenomen, al of niet met bewerkt bronnenmateriaal. Ook vragen over het herleiden van het beschreven proces naar het moleculaire niveau zijn in schriftelijke toetsen op hun plaats.

Bij de toetsing per computer kunnen ook vragen worden gesteld over digitale gesimuleerde productieprocessen, filmopnamen en animaties op moleculair niveau. Er moet bij dit subdomein wel voor worden gewaakt dat niet dubbel of driedubbel wordt geëxamineerd. Een grondige verdieping in een of twee processen in de vorm van een praktische opdracht heeft de voorkeur boven van veel processen een paar weetjes uit voorbeelden van de lessen.

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

*De kandidaat kan enkele veel voorkomende scheidings- en zuiveringstechnieken op laboratoriumschaal toepassen.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het erom dat leerlingen op basis van gegevens over de bij een chemisch proces betrokken stoffen en reacties een beargumenteerde keuze voor een scheidings- en zuiveringsmethode kunnen doen. Deze argumentatie is tweeledig:

1. Op moleculair niveau, waarbij leerlingen met behulp van kenmerkende eigenschappen van de stoffen en reacties beredeneren en verklaren waarom de gebruikte scheidingsmethode in de gegeven situatie werkt.
2. In chemisch-technologisch perspectief, waarbij ze kunnen beredeneren hoe de scheidingsmethode in de context van het gegeven probleemstelling kan worden uitgevoerd.

Dit subdomein beperkt zich niet enkel tot het praktisch uitvoeren, maar beoogt de praktische toepassing van scheidings- en zuiveringsmethoden 'met verstand van zaken'. Leerlingen kunnen dus ook de relatie leggen met de microstructuren, die de voor de scheiding of zuivering relevante eigenschappen van stoffen toelichten. Het gaat om het verband tussen het moleculaire en technologische denken. Hierbij kan worden aangesloten bij subdomein D4 *Scheidings- en zuiveringsmethoden*, dat is aangewezen voor het centraal examen.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Bij dit subdomein valt aan te bevelen om goed af te stemmen op de voorkennis van leerlingen uit de onderbouw. Voorkomen moet worden dat in de tweede fase 'alles nog een keer wordt overgedaan'. Van belang is dat leerlingen zich kunnen verdiepen in de toepassing van scheidingsmethoden en –technieken bij eigentijdse, economisch relevante productieprocessen uit de chemische en voedingsindustrie. Aan te bevelen is om voorbeelden hiervan bij voorkeur in bedrijven in de lokale omgeving te zoeken. Leerlingen moeten vervolgens in staat zijn om deze grootschalig toegepaste scheidings- en zuiveringsmethoden te downscalen in een binnen de schoolomgeving uitvoerbaar experiment en dit gebruiken in een overeenkomstige probleemstelling.

Dit subdomein leent zich bij uitstek voor samenwerking met bedrijven in de regio en projectactiviteiten. Waar dit niet mogelijk is kan communicatie via internet, een digitaal bedrijfsbezoek of een bedrijfsfilm een alternatief zijn.

Voor het schoolexamen biedt dit subdomein goede mogelijkheden voor praktische opdrachten, waarbij leerlingen zich tevens kunnen oriënteren op het vervolgonderwijs. Daarin is rechtstreeks contact tussen leerlingen en het vervolgonderwijs en/of bedrijven in de omgeving onvervangbaar. Authentieke informatie van een bedrijf over het proces en de wijze van uitvoering vormt een uitdaging voor leerlingen maar weerspiegelt tevens de realiteit van het beroepsbeeld. Voorbeelden kunnen ook worden ontleend aan de opleiding of beroepspraktijk van procesoperators.

In schriftelijke toetsen kunnen vragen over de toepasbaarheid van scheidingsmethoden bij een specifiek productieproces worden gesteld, al of niet met bewerkt of vooraf verstrekt bronnenmateriaal.

Bij de toetsing per computer kunnen vragen worden gesteld naar aanleiding van filmopnamen of animaties van het scheidings- en zuiveringsproces. Dit subdomein biedt een goede mogelijkheid voor groepsopdrachten, waarna leerlingen hun resultaten aan 'peers' (in de klas) of leken (ouders) kunnen presenteren. Zie hiervoor o.a. het competentieveld Communiceren in paragraaf 9.3 en de module Communiceren over chemie van het docentenhandboek Nieuwe Scheikunde ([www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) onder *Publicaties*).

### **Subdomein D3 Synthese volgens voorschrift**

*De leerling kan een eenvoudige synthese volgens voorschrift op laboratoriumschaal uitvoeren, passende scheidingstechnieken toepassen en voorstellen doen voor verbetering van het rendement.*

### **Toelichting**

Leerlingen voeren zelf een of meerdere eenvoudige syntheses volgens voorschrift op laboratoriumschaal uit. Het gaat daarbij niet om de illustratieve kwalitatieve synthese (microschaal), maar om de bijzondere omstandigheid dat een synthese op laboratoriumschaal specifieke eisen stelt aan de wijze van uitvoering.

Het is de bedoeling dat de gekozen synthese relatief eenvoudig is en uit een beperkt aantal reactiestappen bestaat. Ook moet de stof met voor scholen gebruikelijke methoden uit het reactiemengsel te verwijderen zijn. Het is ook niet de bedoeling dat ze de stof na het verwijderen uit het reactiemengsel nog aan een aantal zuiveringsstappen moeten onderwerpen. De gekozen synthese moet wel representatief zijn voor de beroepspraktijk, dat wil zeggen, dat de stof daadwerkelijk op industriële schaal wordt geproduceerd of het voorstelbaar is dat dit op termijn zal gebeuren.

Het is uitdrukkelijk de bedoeling dat leerlingen zelf uit bronnenonderzoek een werkvoorschrift opstellen, de wijze van uitvoering op laboratoriumschaal zelf beredeneren, noodzakelijke aanpassingen van het voorschrift voor de schaalgrootte ontwerpen, de uitvoering plannen, uitvoeren, opruimen, vastleggen in een verslag en evalueren.

Het is niet de bedoeling om de synthese te beperken tot het produceren van een slecht oplosbaar zout door een neerslagreactie, tenzij dit een zout is buiten de context van de gebruikelijke schoolscheikunde. Noch is het de bedoeling dat het werkvoorschrift kant-en-klaar beschikbaar is in de vorm van een illustratief practicum.

Ze moeten de optimale hoeveelheden van de beginstoffen bepalen en een schatting kunnen geven van de te verwachten opbrengst. Ook moeten ze beredeneren welke scheidings- of zuiveringsmethode moet worden toegepast om de te synthetiseren stof uit het reactiemengsel te verwijderen. Na afloop moeten ze het rendement kunnen berekenen als percentage van de theoretische opbrengst.

De aanleiding voor de synthese op laboratoriumschaal kan driedelig zijn:

1. Voor onderzoeksdoeleinden als voorbereiding op opschaling en industriële toepassing.
2. Als kennismaking met activiteiten uit de beroepssector.
3. Als leerdoel om door het zelf uitvoeren van een synthese naast de theoretische vakkennis en vakinzichten een aanvullend begrip van chemische syntheses te verkrijgen.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Voor de uitvoering van deze synthese kan de samenwerking met een leerlingenwerkplaats van een vervolgopleiding worden gezocht.

Handelingspraktijken voor dit subdomein kunnen tevens aansluiten op de domeinen E, F of G, bijvoorbeeld:

- Productie van biogas voor onderzoeksdoeleinden als model voor biogasreactoren op agrarische bedrijven of afvalwaterzuiveringsinstallaties.
- Productie van aspirine of paracetamol.
- Productie van bio-ethanol.
- Productie van geleidende polymeren.

Vanwege het experimentele karakter van deze eindterm is een praktische opdracht de meest aangewezen vorm van examinering. Bij de beoordeling dient niet alleen het resultaat en het verslag te worden betrokken, maar het voorbereidende literatuuronderzoek en de eventuele aanpassingen van het voorschrift. Ook de organisatie vooraf en de experimentele vaardigheid tijdens de uitvoering. Dit maakt het mogelijk dat de TOA een bijdrage aan de beoordeling levert.

### **Subdomein D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden**

De kandidaat kan van enkele veelgebruikte scheidings- en zuiveringsmethoden in de chemische industrie op microniveau en chemisch-technologisch niveau beredeneren

en verklaren waarom bij de productie van een bepaalde stof deze methode wordt toegepast.

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

#### **Subdomein D5 Industriële processen**

*De kandidaat kan de verschillende stadia van een industrieel proces benoemen en in een blokschema weergeven.*

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

#### **Subdomein D6 Rendement**

De kandidaat kan uit processchema's en informatie op microniveau over een chemisch productieproces de theoretische opbrengst en het rendement berekenen en mogelijkheden voor het verbeteren van het rendement aangeven.

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

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

#### **Subdomein E1 Monitoringsonderzoek**

*De leerling kan enkele kwalitatieve en kwantitatieve standaardmethoden beschrijven voor monitoring van de hoeveelheid risicovolle stoffen in voedsel, water en de atmosfeer en meetgegevens over de kwaliteit van voedsel, water en de atmosfeer interpreteren.*

#### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het met name om het kunnen weergeven van het werkingsprincipe en de standaardprocedures van enkele veelgebruikte methoden voor het monitoren van de hoeveelheden risicovolle stoffen in voedsel, water en de atmosfeer. Hierbij wordt een directe relatie gelegd met de beroepspraktijk van organisaties als RIVM, VWA enz. Na het zich verdiepen in enkele onderzoeksmethoden kunnen leerlingen niet alleen de kwalitatieve, maar ook de kwantitatieve gegevens toelichten en verklaren op grond van hun vakkennis over microstructuren en vakinzicht over typen reacties. Dit subdomein kan worden gekoppeld aan domein G Duurzame ontwikkeling.

Het is niet de bedoeling dat leerlingen een overzichtsbeeld wordt aangereikt van de reeks schadelijke stoffen, waar de Nederlandse overheid volgens standaardprocedures monitoringsonderzoek naar doet. Het gaat vooral om de actieve verdieping in de beroepspraktijk van werkenden in deze sector, het 'meekijken' bij het werk. Dit maakt dit subdomein geschikt voor een structurele koppeling van scholen aan instellingen waar zulk onderzoek standaard wordt uitgevoerd, zoals rioolwater- en drinkwaterzuiveringsinstallaties, de VWA, luchtkwaliteit in openbare gebouwen enz. Ook probleemsituaties in de lokale omgeving kunnen aanleiding geven tot door

leerlingen zelf uitgevoerd kwaliteitsonderzoek. Deze probleemsituaties kunnen ook in opdracht van derden worden onderzocht.

Bij dit subdomein gaat het om het verwerken en interpreteren van meetgegevens over de kwaliteit van water, lucht en voedsel. Daarbij speelt de nauwkeurigheid van de meetresultaten en de gestelde norm een belangrijke rol. Leerlingen leren chemische informatie selecteren in informatiebronnen met publieksinformatie over de wettelijk gestelde normen. Ze leren hun interpretaties op een objectieve wijze te onderbouwen en voorstellen doen voor het vergroten van de betrouwbaarheid van de verkregen gegevens. Bij dit subdomein hoort ook het kritisch reflecteren op conclusies van anderen op basis van meetgegevens, bijvoorbeeld naar aanleiding van berichten in de media. Bij het verwerken en interpreteren van de meetgegevens kunnen ze gebruik maken van computerprogramma's.

Bij dit subdomein gaat het erom dat leerlingen enkele malen een reeks meetgegevens op een wetenschappelijke manier verwerken, zodat ze ook onderbouwd uitspraken kunnen doen over de betrouwbaarheid.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Scholen worden uitdrukkelijk aangemoedigd om aansluitingsmogelijkheden bij instellingen in de omgeving actief te benutten. Leerlingen kunnen ook hun contacten in de familie of sociale omgeving benutten als toegang tot een instelling. Ook kan een school met een actief oud-leerlingenbeleid deze contacten aanwenden.

Als werkvorm kan gedacht worden aan een reportage van een 'dag mee naar het werk van een kwaliteitsmedewerker' met de daarbij behorende vakinhoudelijke beschrijving van de aldaar aanwezige onderzoeksmethoden. Een andere insteek kan zijn om een vanuit een of meerdere probleemsituaties leerlingen te laten onderzoeken met welke methoden het kwaliteitsonderzoek moet worden uitgevoerd, welke onderzoeken op school kunnen worden gedaan en voor welke gebruik moet worden gemaakt van een scholierenlab op een instelling voor vervolgonderwijs.

### **Subdomein E2 Preventie**

*De leerling kan zowel in eigen onderzoek als in toepassingen van de chemie het risico van stoffen en reacties voor de lucht-, en waterkwaliteit analyseren en daaruit afleiden welke maatregelen moeten worden getroffen bij het werken met deze stoffen.*

### **Toelichting**

Het gaat er bij dit subdomein om dat leerlingen hun weg leren vinden in informatiesystemen over het risico van stoffen en begrippen die daarin voorkomen kunnen hanteren. Belangrijk daarbij is dat ze onderscheid maken tussen incidentele en chronische blootstelling aan risicovolle stoffen. Met name het inzicht dat niet de stof maar de dosis het risico vormt, moet aan de orde komen, bijvoorbeeld op basis van de uitspraak van Paracelsus 'Alles is giftig, niets is giftig'. Verder moet de hele keten van het gebruik in de analyse worden meegenomen.

Bij het werken met stoffen gaat het om vijf soorten maatregelen:

1. Ter bescherming van de werkenden in de directe werkomgeving.
2. Ter bescherming van de directe omgeving (omwonenden) van de locatie waar met deze stoffen wordt gewerkt.
3. Ter bescherming van de lucht- en waterkwaliteit in de omgeving van de locatie waar met deze stoffen wordt gewerkt.
4. Maatregelen voor een veilig transport van deze stoffen.
5. Maatregelen voor een veilige verwijdering van deze stoffen.

Met dit subdomein kan worden aangesloten bij domein B *Onderzoeksmethoden en – technieken*, subdomein D1 *Grootschalige productie van stoffen* en domein G *Duurzame ontwikkeling*.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Het is aan te bevelen om dit subdomein te integreren in een praktische onderzoeksopdracht. Ook meer specifieke praktische opdrachten kunnen hiervoor ontwikkeld worden bijvoorbeeld:

- Het gebruik van stoffen in school.
- Het omgaan met stoffen in een bedrijf of onderzoeksinstelling in de omgeving.
- Berichten in de media over problemen in bedrijven, bijvoorbeeld een niet toegestane uitstoot of lozing, een brand, een ongeluk tijdens het transport enz.

Bij dit subdomein kan worden ingespeeld op authentieke situaties uit de lokale omgeving of actualiteit.

### **Subdomein E3 Industriële productie van stoffen**

*De kandidaat kan moleculaire kennis over stofwisselingsreacties in levende organismen toepassen bij de industriële productie van stoffen voor maatschappelijke doeleinden.*

### **Toelichting**

Bij deze subdomein gaat het erom dat leerlingen zich min of meer zelfstandig verdiepen in biotechnologische productieprocessen van stoffen, die maatschappelijk of economisch van grote betekenis zijn.

Ze kunnen uit gegevens in vakbladen of publiekpublicaties het productieproces analyseren en schematisch weergeven. Ze kunnen modelmatig weergeven welke stoffen bij het proces een rol spelen en welke organismen het proces mogelijk maken. Daarnaast kunnen ze de invloed van de aanwezige reactieomstandigheden (temperatuur, concentratie enz) op het biotechnologische proces toelichten. Van belang is dat leerlingen kennismaken met eigentijdse, economisch relevante biotechnologische processen uit de chemische en voedingsindustrie. Aan te bevelen is om voorbeelden hiervan waar mogelijk in bedrijven in de lokale omgeving te zoeken.

Bij dit subdomein is aansluiting mogelijk met een aantal voor het centraal examen aangewezen subdomeinen o.a. met:

- Het weergeven van het proces in een blokschema (subdomein D5 Industriële processen).
- Het rendement (subdomein D6 Rendement).
- De rol van katalysator (subdomein C6 Reactiesnelheid en evenwichten).
- De theoretische verhouding van grondstoffen (subdomein D6 Rendement).

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein leent zich bij uitstek voor samenwerking met bedrijven in de regio en projectactiviteiten. Waar dit niet mogelijk is kan communicatie via internet en een digitaal bedrijfsbezoek een alternatief zijn. Dit subdomein beoogt het zichtbaar maken van de relatie tussen de scheikundekennis van school en het huidige en toekomstige beroepssegment. Het gaat uitdrukkelijk niet om biotechnologische processen die van belang zijn geweest voor de historie van de chemische industrie, tenzij deze lokaal nog relevant zijn.

Voor het schoolexamen kan gedacht worden aan praktische opdrachten of vakoverstijgende projecten, al dan niet samen met NLT of biologie/natuurkunde. Dit subdomein leent zich uitstekend voor het koppelen aan de voormalige ANW

eindtermen in subdomein A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden.

In schriftelijke toetsen kunnen eventueel aan de hand van eerder verstrekt bronnenmateriaal vragen over bepaalde biotechnologische productieprocessen worden opgenomen, al of niet met bewerkt bronnenmateriaal. Ook vragen over het herleiden van het beschreven proces naar het moleculaire niveau zijn in schriftelijke toetsen op hun plaats.

Bij de toetsing per computer kunnen ook vragen worden gesteld over digitale gesimuleerde productieprocessen, filmopnamen en animaties op moleculair niveau. Er moet bij dit subdomein wel voor worden gewaakt dat niet dubbel of driedubbel wordt geëxamineerd. Een grondige verdieping in een of twee processen in de vorm van een praktische opdracht heeft de voorkeur boven van veel processen een paar weetjes uit voorbeelden van de lessen.

#### **Subdomein E4 Stoffen in het lichaam**

De kandidaat kan van stofwisselingsprocessen in het menselijk lichaam de reacties op moleculair niveau weergeven en met moleculaire kennis het transport van stoffen in het lichaam toelichten.

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

Domein F Materialen

#### **Subdomein F1 Materiaalanalyse**

*De leerling kan het gebruik van innovatieve materialen voor maatschappelijke doeleinden analyseren en daarbij verband leggen tussen functies en materiaaleigenschappen.*

#### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het erom dat leerlingen vanuit de beoogde of feitelijke functie van een materiaal leren analyseren, welke de fysische en chemische eigenschappen van dit materiaal moeten zijn. Vervolgens moeten ze deze eigenschappen in verband kunnen brengen met de materiaaleigenschappen.

Het gaat erom dat ze van enkele innovatieve materialen voor maatschappelijke toepassingen eerst beschrijven welke functies een bepaald materiaal in een bepaald product heeft. Op basis van deze functies analyseren ze welke vormkenmerken dat bepaalde materiaal heeft. Deze vormkenmerken brengen ze in verband met fysische en chemische eigenschappen van dat materiaal. Deze denkstrategie kan ook in omgekeerde volgorde worden doorlopen: van materiaaleigenschappen naar functies die daarmee verband houden.

Bij geleidende polymeren is een functie o.a. het geleiden van elektriciteit. Een bijbehorend vormkenmerk is dat het materiaal in vezels moet kunnen worden geproduceerd. Voor het vormen van vezels moet een materiaal tijdens de productie plastisch zijn. Dit houdt in dat het polymeer tot de thermoplasten moet behoren. Omgekeerd kan van geleidende polymeren geconstateerd worden dat dit materiaal niet aangetast wordt door water en lucht. Deze materiaaleigenschap maakt geleidende polymeren geschikt voor weefsels, de gewassen moeten kunnen worden.

Het gaat er bij dit subdomein niet om dat leerlingen zich door middel van lessen van de docent een overzichtsbeeld vormen van eigenschappen van innovatieve materialen uit het afgelopen decennium.



Leerlingen maken voor dit subdomein actief gebruik van publieksinformatie van onderzoeksinstellingen in de media.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein biedt leerlingen de ruimte voor een eigen keuze van materialen vanuit hun interesse en profiel. Daardoor kan het werken aan dit subdomein ook een bijdrage leveren aan de oriëntatie op de toekomstige studie of beroep. Of juist verbredend werken als NG leerlingen zich verdiepen in 'high tech' materialen voor bijvoorbeeld ICT toepassingen en NT leerlingen in 'nanobots' voor farmacologische of therapeutische toepassingen.

Aan te bevelen is om de gekozen materialen per jaar en eventueel per leerling te wisselen. Op die manier kan door een sectie een reeks van inspirerende voorbeelden worden opgebouwd. Voor docenten heeft dat het voordeel dat onderzoek naar plagiaat minder noodzakelijk wordt. Bovendien draagt afwisseling bij aan het werkplezier. Het is boeiend om te constateren dat leerlingen via een sport of hobby kennis hebben genomen van zeer innovatieve materialen.

Voor de examinering is aan te bevelen om dit in de vorm van een zelfstandige praktische opdracht, liefst in groepsverband, te laten uitvoeren. De mogelijkheid om de betreffende experts een bijdrage te laten leveren aan de beoordeling van het leerlingenwerk of de presentatie daarvan kan worden overwogen. Datzelfde geldt als de school kiest voor een presentatie aan leken, bijvoorbeeld in de vorm van openbare lessen voor ouders en belangstellenden in de schoolomgeving.

### **Subdomein F2 Innovatie van materialen**

*De leerling kan toelichten hoe materialen worden verbeterd en nieuwe materialen voor maatschappelijke toepassingen worden ontworpen en daarin aanduiden welke innovatie heeft plaatsgevonden.*

#### **Toelichting**

Leerlingen ervaren binnen het kader van de uitvoering van een technisch ontwerp, dat materialen en materiaalontwikkeling een cruciale rol spelen in alle fasen van het ontwerpproces van nieuwe producten voor maatschappelijke problemen. Ze kunnen bij de verschillende ontwerpfasen de daaruit voortvloeiende onderzoeksvragen formuleren. Ze ervaren dat deze onderzoeksvragen aanleiding geven tot het ontwikkelen van nieuwe kennis.

Ook bij dit subdomein gaat het om het denken vanuit de functie van materialen, maar dan gekoppeld aan de ontwerpcyclus. De verschillende fasen van de ontwerpcyclus geven aanleiding tot vragen naar fysisch-chemische eigenschappen in bestaande of de te ontwerpen materialen. Bijvoorbeeld van kunststoffen, die in verbeterde versie recyclebaar moeten worden of de toepassing van polymeren in plaats van betonijzer als wapening in betonvloeren.

Bij de analyse van het ontwerpprobleem gaat het om o.a. de vraag naar kenmerken van bestaande materialen. Bij het opstellen van de ideeëntabel met alternatieve uitwerkingen voor het programma van eisen en de daaruit voortvloeiende functies van materialen gaat het om het selecteren van materialen, die aan deze eisen voldoen. Bij het ontwikkelen van het prototype kan het gaan om materialen, die aan een unieke, nieuwe combinatie van eigenschappen moeten voldoen en waarvoor een passend nieuw materiaal moet worden ontworpen. In de testfase gaat het om het testen of dit materiaal in het prototype aan de geëiste eigenschappen uit het programma van eisen voldoet. Bij evaluatie van de testresultaten kunnen verbetervoorstellen worden gedaan, die weer tot aanpassing van de materialen kunnen leiden.

De gekozen ontwerpproblemen, die aanleiding geven tot innovatie van materialen, kunnen voortkomen uit:

- Het maatschappelijk leven.
- De medische sfeer.
- De sfeer van consumentenproducten.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein kan deel uitmaken van een ontwerpopdracht als praktische opdracht. Dit in de vorm van een groepsopdracht, die ook interdisciplinair kan worden uitgevoerd. Dan kan overwogen worden of de beoordeling ook deel kan uitmaken van het PTA van biologie, natuurkunde of NLT.

### **Subdomein F3 Spin off**

De leerling kan aangeven dat innovatieve materialen kunnen worden toegepast voor andere doeleinden dan waarvoor ze oorspronkelijk zijn ontworpen.

### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaan leerlingen aan de hand van voorbeelden na dat innovatieve materialen ook buiten het oorspronkelijke toepassingsgebied tot innovatie kunnen leiden. Daarbij passen ze zowel het functie-vorm denken als de strategie voor technisch ontwerpen toe bij het verkrijgen van inzicht in en/of het genereren van mogelijke nieuwe toepassingen. Door middel van dit subdomein maken leerlingen tevens kennis met de vocabulaire van nieuwe begrippen voor innovatieve materialen en ondernemend denken. Dit subdomein kan goed worden gekoppeld aan de ANW-eindterm Toepassing van kennis van subdomein A2 *Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden*.

Passende handelingspraktijken voor dit subdomein kunnen zijn:

- Spin off van ruimtevaarttechnologie o.a. naar sportmaterialen.
- Spin off van materialen en stoffen voor therapeutische doeleinden.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het onderwijs kan ervoor gekozen worden om dit reflectief of proactief uit te werken. Bij de reflectieve uitwerking kan bijvoorbeeld de toepassing van nieuwe materialen voor ruimtevaartdoeleinden in consumentenproducten worden geanalyseerd en geëvalueerd. Bij de proactieve aanpak gaan leerlingen uit van een innovatief materiaal, waarvoor ze in een creatief proces, bijvoorbeeld analoog aan de strategie van technisch ontwerpen, nieuwe mogelijke toepassingen genereren. Ook kan onderzoek worden gedaan naar de toepassing van bepaalde medicijnen voor andere aandoeningen dan waarvoor deze medicijnen zijn ontwikkeld en getest.

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

De kandidaat kan kennis op microniveau toepassen voor het verklaren van de eigenschappen en functies van materialen voor maatschappelijke doeleinden.

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

## **Domein G Duurzame ontwikkeling**

### ***Subdomein G1 Duurzaam produceren***

*De leerling kan een duurzaamheids-analyse opstellen van een grootschalig productieproces in de chemische industrie en daarbij de wisselwerking tussen ecologische, economische en sociale aspecten toelichten.*

#### **Toelichting**

Bij dit subdomein analyseren leerlingen de stappen van een grootschalig productieproces van een stof of materiaal in de chemische industrie inclusief de toe- en afvoer van hulpstoffen en afvalstoffen en het gebruik van energie. Ze gebruiken bij de duurzaamheids-analyse kwalitatieve of semi-kwantitatieve evaluatie-instrumenten, die ook binnen de sector zelf worden gebruikt. Enkele daarvan zijn in bewerkte vorm voor het voortgezet onderwijs als 'Ecotools' gepubliceerd op [www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl). De duurzaamheids-analyse beperkt zich tot de productieomgeving.

Leerlingen richten de aandacht op bedrijven, die afnemers zijn van de door de chemische industrie geproduceerde grondstoffen en materialen. Te denken valt aan producenten van kleurstoffen, geurstoffen, smaakstoffen, kunststoffen, verzorgingsproducten, printerinkt, synthetisch textiel, automobielenindustrie, coatings, lakken en verven enz.

Het gaat om de wisselwerking tussen de ecologische, economische en sociale aspecten van de bedrijfsvoering. Ten aanzien van het gebruik van de stoffen zijn er qua bedrijfsvoering overwegingen over de noodzakelijke kwaliteit, transport van grondstoffen en producten, verpakkingswijze, houdbaarheid, de vestigingsplaats, verschillen in milieuwetgeving in verschillende landen, beschikbaarheid en scholingsgraad werknemers enz.

Ze leren economische en sociale dilemma's identificeren en benoemen, die samenhangen met de ecologische effecten van het gebruik van stoffen op industriële schaal en mogelijkheden op te sporen van maatregelen die een positief effect hebben op minstens twee aspecten van duurzaam ondernemen.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Leerlingen maken bij voorkeur gebruik van authentiek bronnenmateriaal voor publieksvoorlichting en bronnenmateriaal uit de beroepssector voor de chemische aspecten van het productieproces van het betreffende artikel.

Als voorbeelden van bedrijven kan een keus gemaakt worden uit bedrijven in de lokale omgeving of elders in Nederland. Dat hoeven geen grote bedrijven te zijn, juist in het MKB en bij startende ondernemers zijn aantrekkelijke voorbeelden voorhanden.

Een bedrijfsbezoek bijvoorbeeld op een open dag van een bedrijf of van de branche kan deel uitmaken van de activiteiten voor dit subdomein. Een eigen bedrijfsbezoek organiseren voor en door leerlingen is ook een mogelijkheid.

Voor dit subdomein is een praktische opdracht het meest passend, eventueel als onderdeel van een ontwerp- of onderzoeksopdracht.

### ***Subdomein G2 Ketenganalyse***

*De leerling kan van enkele veelgebruikte producten uit de chemische industrie de gehele keten van ontwerp, grootschalige productie, gebruik en afvalverwijdering analyseren en daarin mogelijke verbeterpunten aangeven in het belang van duurzame ontwikkeling.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein analyseren leerlingen vanuit hun rol als consument de gehele keten van ontwerp tot en met verwijdering (‘cradle-to-grave’ of zelfs ‘cradle-to-cradle’). Ze reflecteren op het effect van de opeenvolgende productie- en gebruiksfases in het perspectief van duurzame ontwikkeling. Hierbij richten ze zich op het signaleren van mogelijke verbeteringen die het negatieve milieueffect daadwerkelijk verminderen. Bij dit subdomein betrekken leerlingen naast natuurwetenschappelijke ook economische, sociale en ethische aspecten. Voor de ketenbenadering kunnen ze gebruik maken van beoordelingsinstrumenten, die door de overheid en milieuorganisaties worden gebruikt. Enkele daarvan zijn in bewerkte vorm voor het voortgezet onderwijs als ‘Ecotools’ gepubliceerd op [www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl). In de ketenanalyse dienen niet alleen lokale, maar ook mondiale aspecten betrokken te worden.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein kan worden aangeboden en geëxamineerd als relatief zelfstandige praktische opdracht. De beschrijving van het productieproces, de wijze van uitvoering van de duurzaamheids-analyse en de presentatie van de conclusies kan in de beoordeling worden betrokken. Hierbij kan eventueel medebeoordeling door een ter zake deskundige plaatsvinden.

### **Subdomein G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen**

De kandidaat kan moleculaire kennis toepassen bij de beschrijving van de energieproductie uit koolstofhoudende energiebronnen en het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen en de luchtkwaliteit toelichten.

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

### **Subdomein G4 Koolstofvrije energiebronnen**

De kandidaat kan de energieproductie uit enkele koolstofvrije energiebronnen op micro- en macroniveau beschrijven en het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht- en waterkwaliteit aangeven.

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

## **4.5 Toelichting op de subdomeinen vwo**

### **Domein A Vaardigheden**

Domein A is grotendeels gelijklopend voor havo en vwo. Zie voor de toelichting op de eindtermen van subdomein A1 en A2 de toelichting in paragraaf 4.3. Subdomein A3 wordt hieronder toegelicht omdat in de werkversie syllabus de specificatie voor vwo uitgebreider is dan voor havo. Vanzelfsprekend kan in het onderwijs het verschil tussen havo en vwo m.b.t. de subdomeinen A1 en A2 verder uitgewerkt worden.

### **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.*

#### **Toelichting**

De specificatie van deze eindterm is voor havo en voor vwo gelijklopend. Deze eindterm wordt zowel in het centraal examen als in het schoolexamen geëxamineerd. De toelichting voor havo is tevens van toepassing op vwo.

De aard van de experimenten op vwo brengt echter een diepgaander uitwerking van deze eindterm met zich mee. Dat betreft zowel de gebruikte chemicaliën, als het gebruikte glaswerk en meetapparatuur. Het zoeken van bruikbaarere alternatieven voor bepaalde stoffen ter vervanging van voor het schoollaboratorium ongeschikte stoffen kan zeker tot deze eindterm gerekend worden. Dat geldt ook eventuele aanpassingen voor de uitvoering van het voorgenomen experiment.

Bij het raadplegen van veiligheidsinformatie mag op vwo zeker verwacht worden dat leerlingen (met mate) ook met Engelstalige bronnen kunnen werken.

Bij het uitvoeren van berekeningen over toelaatbare concentraties mogen ook meer complexe casussen aan vwo-leerlingen worden voorgelegd. Daarbij mag onderscheid worden gemaakt tussen de tijdgewogen gemiddelde MAC-waarden en de plafond-MAC waarden. Daarbij kunnen leerlingen tevens ervaring opdoen met het rekenen in ppm en ppb.

Bij het verwerken van informatie over ADI-waarden dient zeker ook aandacht te worden besteed aan de relatie tussen de ADI-waarde en het lichaamsgewicht, o.a. in verband met kinderen en hoogbejaarden.

Van vwo leerlingen mag verwacht worden dat ze zich bij een aantal stoffen verder verdiepen in de toxische aspecten en daarbij onderscheid maken tussen acute en chronische toxiciteit, dermale en orale toxiciteit en informatie over LD50 leren verwerken. Bij chronische toxiciteit zou zeker het lange termijn effect aan de orde kunnen komen. Daarbij kan ook onderscheid worden gemaakt tussen de carcinogene, mutagene, teratogene en allergische effecten. De complexe procedures voor het wetenschappelijk vaststellen van het chronisch toxische effect van een bepaalde stof kunnen aan de hand van een casus aan leerlingen worden verhelderd. Te denken valt aan bijvoorbeeld softenon, ontbladeringsmiddelen en insecticiden, asbest, organische oplosmiddelen van verf enz.

Naast aandacht voor de toxiciteit van één bepaalde stof zou ook het cumulatieve effect van toxische stoffen belicht moeten worden.

Op vwo mag ook een duidelijke kennis worden gevraagd over de gebruikelijke richtlijnen voor het verwerken van afval bij chemische experimenten op school, dus niet alleen het volgens de richtlijnen verwerken van afval, maar ook kennis over de richtlijnen zelf. Ook mag gevraagd worden dat vwo-leerlingen enige kennis nemen van de wettelijk voorgeschreven richtlijnen o.a. de Reach- verplichtingen.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Omdat in het eerste jaar van de universitaire bètastudie het veilig werken grote aandacht krijgt is een rechtstreeks contact tussen studenten en scholieren zeer instructief voor het belang dat aan veilig werken moet worden toegekend.

Bij een bezoek aan het lab van een universiteit of bedrijf kunnen de veiligheidsrichtlijnen in de beroepsmatige werkomgeving worden vergeleken met de richtlijnen op school.

Aansluiten bij aspecten van veiligheid die in de onderbouw aan de orde zijn geweest, is in het begin van de vwo-leerlijn aan de orde. Bij voorbeeld door naar opgebouwde kennis en ervaringen van leerlingen te vragen.

### **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 formule 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:
  - $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{4+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$
  - $\text{Br}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{O}_2^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
  - de notatie (I), (II), (III), enzovoort bij metaalionen
5. De namen van de volgende zuren geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
  - HCl
  - $\text{H}_2\text{S}$
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - $\text{HNO}_3$
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  / ' $\text{H}_2\text{CO}_3$ '
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$  / ' $\text{H}_2\text{SO}_3$ '
  - $\text{H}_3\text{PO}_4$
  - $\text{HCOOH}$
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$
6. De namen van de volgende basen geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
  - $\text{NH}_3$
  - $\text{OH}^-$

- CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>
  - O<sub>2</sub><sup>2-</sup>
  - PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>
  - S<sub>2</sub><sup>2-</sup>
  - SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>
7. De namen van de volgende amfolyten geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
    - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
    - HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>
    - H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>
    - HS<sup>-</sup>
  8. Aangeven dat stoffen naast systematische namen ook triviale namen kunnen hebben.
  9. De aanduidingen mono, di, tri, tetra en poly bij koolstofverbindingen hanteren:
    - 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

### **Toelichting**

De specificatie van domein A3.2 Vaktaal is bij vwo omvangrijker dan bij havo en deels anders genummerd. Daarom is de specificatie van A3.2 Vaktaal voor vwo hieronder in zijn geheel overgenomen uit de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde. Zie verder de toelichting voor havo op pagina ....

Van vwo-leerlingen wordt meer vaktaal verwacht t.a.v.:

- Het aantal symbolen en namen van elementen.
- Formules en namen van stoffen.
- Ionen.
- Namen en formules van zuren en basen.
- Mengsels.
- Begrippen.

Alleen bij vwo wordt in de vaktaal opgenomen:

- Namen en formules van amfolyten.

Met betrekking tot het onderwijs in deze eindterm is aan te bevelen om in nauw overleg met de docenten in de onderbouw af te bakenen tot welke diepgang een aantal onderdelen van deze eindterm in de onderbouw aan bod komen. Vwo-leerlingen kunnen al een aanzienlijk deel van de vaktaal in de onderbouw verwerven. Zie hiervoor ook paragraaf 6.1 over afstemming met scheikunde in het derde leerjaar.

Van vwo-leerlingen mag ook gevraagd worden dat ze zich inspannen om zich bepaalde feitenkennis eigen te maken, zodat ze die in de tweede fase in relevante situaties vlot kunnen reproduceren. Het is niet voldoende dat leerlingen begrijpen hoe het moet en ingewikkelde procedures bedenken om via een tabellenboek de vaktaal ergens te vinden.

Met name vwo-leerlingen mogen in de tweede fase uitdrukkelijk worden aangesproken worden op aanwezige voorkennis uit de onderbouw. Dat houdt ook in dat van hen verantwoordelijkheid wordt verwacht voor het opfrissen daarvan en het zelfstandig gewerken van eventuele hiaten uit de onderbouw.

In het schoolexamen en centraal examen wordt vaktaal geëxamineerd in combinatie met de vakinhoudelijke domeinen, dus niet als kennis van de vaktaal op zich.

## **Domein B Analysemethoden en -technieken**

### **Subdomein B1 Kwalitatieve analyse**

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

### **Toelichting**

In dit subdomein gaat het erom dat leerlingen zelf onderzoek doen naar de aanwezigheid van bepaalde stoffen. Leerlingen kunnen bij een gegeven



probleemstelling, eventueel na literatuuronderzoek, de juiste analysemethode selecteren. Ze kunnen, bijvoorbeeld in een werkplan, aangeven welke reagentia daarvoor nodig zijn, hoe ze de reagentia moeten toepassen en op welke wijze ze de waarneembare resultaten moeten interpreteren. Ze kunnen de voor de oplossing van het probleem noodzakelijke analysemethode toelichten, een geschikte keuze uit de methoden maken, de proeven uitvoeren en hun eigen onderzoek kritisch beoordelen. Van vwo leerlingen mag verwacht worden dat ze deze analysemethode niet als een 'black box' hanteren maar er voor zover mogelijk ook relevante reactievergelijkingen van kunnen interpreteren. Bij het doen van kwalitatief onderzoek kan ook gebruik worden gemaakt van instrumenten.

Bij de analyse kan gebruik worden gemaakt van aantoningsreacties o.a. :

- Aanwezigheid van bepaalde ionen aantonen via een neerslagreactie en met behulp van de oplosbaarheidstabel (het praktische deel van B5 eindterm 5 in contexten die aansluiten bij o.a. subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E1 Kwaliteitscontrole).
- Aanwezigheid van een zuur of base met behulp van een zuur-base indicator of pH- meter (B5 eindterm 3 en 4 in contexten die aansluiten bij o.a. subdomein D1 Industriële chemische processen en subdomein E4 Chemische processen in het lichaam).
- Aanwezigheid van glucose, eiwit, vet en zetmeel met behulp van indicatoren, overeenkomstig de laboratorium- en huisartsenpraktijk (B5 eindterm 2 in contexten o.a. uit subdomein E4 Chemische processen in het lichaam).
- Aanwezigheid van zuurstof, waterstof, water, koolstofdioxide, zwaveldioxide (subdomein B5 eindterm 2 in contexten uit o.a. subdomein E1 Kwaliteitscontrole, subdomein G1 *Duurzaamheidsanalyse*, subdomein G2 *Integraal ketenbeheer*).

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De school kan ervoor kiezen om dit subdomein in het schoolexamen te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B5 *Onderzoek*, C6 *Typen reacties*, D4 *Scheidings- en zuiveringstechnologie*, D5 *Procestechnologie*, E4 *Chemische processen in het lichaam*, G4 *Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen* en G5 *Energie uit koolstofvrije bronnen*.

Contexten waarin probleemstellingen m.b.t. kwalitatieve analyse kunnen worden ontleend zijn o.a. :

- Kwalitatieve medische analyse (toxicologie).
- Kwalitatieve analyse in voedingsindustrie.
- Kwalitatief milieuhygiënisch onderzoek (grondwater, luchtverontreiniging).

Examinering in het schoolexamen kan in de vorm van:

- Praktische opdrachten, waarin leerlingen na literatuuronderzoek ook nog onbekende analysemethoden en aantoningsreacties kunnen selecteren en toepassen.
- Schriftelijke toetsen, waarbij in de context van een probleemstelling gevraagd wordt bijvoorbeeld te beschrijven met welke analysemethode deze probleemstelling kan worden opgehelderd. Ook vragen over de typische waarnemingen bij een aantoningsreactie passen hier bij. Daarnaast kan gevraagd worden om in de opgave gegeven waarnemingen te interpreteren.

### **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.*

## Toelichting

In dit subdomein gaat het erom dat leerlingen zelf enkele eenvoudige maar voor de chemie representatieve kwantitatieve methoden kunnen toepassen in eigen onderzoek. Daarnaast gaat het om het kunnen verwerken van gegevens van kwantitatieve bepalingen uit het beroepssegment. Een belangrijk aspect is ook het evalueren van onderzoeksresultaten en het trekken van conclusies, zowel uit eigen onderzoek als uit beschrijvingen van onderzoek van anderen.

Leerlingen leren zelf eenvoudige kwantitatieve onderzoeksopdrachten uitvoeren. De leerlingen kiezen hiervoor zelf, eventueel na het raadplegen van bronnen, een geschikte methode.

Ze kunnen een keuze maken uit de op school aanwezige stoffen, oplossingen en instrumenten en stellen een werkplan op. Hierin laten ze ook zien dat ze in staat zijn om de beschreven methode aan te passen aan de mogelijkheden op school of elders. Leerlingen kunnen bij het uitgevoerde onderzoek beschrijven welke reacties hebben plaatsgevonden. De documentatie van de onderzoeksresultaten tijdens het onderzoek en voor de eindrapportage dient adequaat te zijn. Van leerlingen mag verwacht worden dat ze eenvoudige berekeningen aan hun onderzoeksresultaten kunnen uitvoeren. Het kritisch beoordelen van de resultaten, de betrouwbaarheid en de gekozen onderzoeksmethode vormt een integraal onderdeel van dit subdomein.

Leerlingen kunnen bij standaard kwantitatieve bepalingen ook instrumenten gebruiken. Dit houdt in dat ze kunnen weergeven welke handelingsvolgorde moet worden doorlopen, op welke wijze en hoe nauwkeurig ze kunnen meten en hoe ze uit de metingen de gevraagde gegevens kunnen berekenen. Voorbeelden van kwantitatieve bepalingen voor eigen onderzoek zijn:

- Gravimetrische bepaling bijvoorbeeld na het verwijderen van bepaalde ionen uit een oplossing via een neerslagreactie (het praktische deel van subdomein B5 eindterm 10 in contexten uit bijvoorbeeld D2 Stoffen scheiden en zuiveren en E1 Kwaliteitscontrole).
- Titrimetrisch onderzoek voor het bepalen van de molariteit van een zuur of base (het praktische deel van subdomein B5 eindterm 10 in contexten uit bijvoorbeeld E4 Chemische processen in het lichaam en E1 Kwaliteitscontrole).
- Colorimetrisch onderzoek voor het bepalen van het gehalte van een bepaalde stof in een oplossing (idem).
- PH metingen aan oplossingen na verdunning (bufferwerking) (idem).
- Met behulp van sticks of spectroscopische technieken meten van gehalte aan ionen in oplossingen (nitraat, chloride) (idem).

Voorbeelden van berekeningen uit veelgebruikte bepalingen zijn:

- Meetwaarden van een (automatische) zuur-base titratie herleiden tot een conclusie (in contexten die voortkomen uit bijvoorbeeld E1 Kwaliteitscontrole).
- Meetwaarden van een pH herleiden tot de molariteit van een zuur of base (in contexten uit de domeinen D t.m. F).
- Meetresultaten herleiden tot een massapercentage, massaverhouding bij reacties, gehaltes in mengsels, molariteit in mol/L (in contexten die voortkomen uit domein D, E, F en G gekoppeld aan ervaring opdoen in het toepassen van vaktaal).

Voorbeelden van interpretatie van onderzoeksresultaten van beroepsmatig kwantitatief onderzoek:

- Papier- en dunnelaag chromatogrammen voor het bepalen van de hoeveelheid van een stof uit het piekoppervlak, in combinatie met het piekoppervlak van een standaard.

- Massaspectra voor het bepalen van de hoeveelheid van een stof uit het piekoppervlak, in combinatie met het piekoppervlak van een standaard.
- Polarimetrische bepalingen van de optische activiteit, met name in contexten uit domein E.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De school kan ervoor kiezen om dit subdomein in het schoolexamen te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B5 *Onderzoek*, C6 *Typen reacties*, D4 *Scheidings- en zuiveringstechnologie*, D5 *Procestechnologie*, E4 *Chemische processen in het lichaam*, G4 *Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen* en G5 *Energie uit koolstofvrije bronnen*.

Contexten voor probleemstellingen die met behulp van kwantitatieve analyse kunnen worden aangepakt zijn bijvoorbeeld:

- Kwantitatief medisch onderzoek (toxicologie, concentratie geneesmiddelen, spreiding geneesmiddelen over lichaam).
- Kwantitatief milieuhygiënisch onderzoek (gehalte stoffen in lucht, bodem en oppervlaktewater).
- Kwantitatief onderzoek in voedingsmiddelen (bepaling concentratie weekmakers in vloeistoffen in plastic flessen).
- Kwantitatief onderzoek in industrie (bepaling rendement proces a.h.v. concentratie).

Examinering in het schoolexamen kan in de vorm van:

- Praktische opdrachten, waarin leerlingen na literatuuronderzoek ook nog onbekende analysemethoden en aantonningsreacties kunnen selecteren en toepassen.
- Schriftelijke toetsen, waarbij in de context van een probleemstelling gevraagd wordt bijvoorbeeld te beschrijven met welke analysemethode deze probleemstelling kan worden opgehelderd. Ook vragen over de typische waarnemingen bij een aantonningsreactie passen hier bij. Daarnaast kan gevraagd worden om in de opgave gegeven waarnemingen te interpreteren.
- Samenwerkingsprojecten met het vervolgonderwijs met name bij spectroscopische technieken.

### **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.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het om het leggen van verbanden tussen methoden en technieken die leerlingen in school toepassen bij eigen onderzoek en het gebruik van overeenkomstige methoden en technieken in de beroepspraktijk. O.a. bij handelingspraktijken voor monitoringsonderzoek van de lucht- en water- en voedselkwaliteit en medisch laboratoriumonderzoek. Leerlingen breiden daardoor hun kennis over chemische onderzoeksmethoden en -technieken uit.

Het gaat om het verwerven van globale kennis van de gebruikswijze en toepassingen in de context van enkele onderzoekstechnieken in de wetenschappelijke beroepspraktijk. Dit houdt ook in dat ze kunnen aangeven bij welk soort probleemstellingen deze technieken kunnen worden toegepast.

Leerlingen herkennen van enkele technieken in de beroepsomgeving welke scheikundige concepten aan de basis van die techniek staan. Zo leren ze dat ze bij kennismaking met nieuwe methoden en technieken op basis van hun eigen kennis zelf inzicht kunnen verwerven in het werkingsprincipe.

Leerlingen gaan na of de door hen op school uitgevoerde onderzoeksmethoden of technieken ook in de beroepsomgeving worden gebruikt en hoe deze eventueel zijn geautomatiseerd. Ze maken in de beroepsomgeving kennis met varianten van op school gebruikte methoden/technieken. De nadruk ligt zeker op het verkennen van meer geavanceerde methoden, die leerlingen uiteraard niet ten volle hoeven te kunnen begrijpen, maar waarvan ze het werkingsprincipe en de daarin toegepaste theorie moeten kunnen plaatsen binnen het geheel van kennis die ze opgebouwd hebben. De vergelijking van de op school toegepaste methoden met het beroepsmatige gebruik leidt tot conclusies over de ontwikkeling van enkele in de beroepswereld veelgebruikte methoden/technieken. Leerlingen kunnen o.a. aangeven hoe de noodzaak om in de beroepsomgeving resultaten met een grotere nauwkeurigheid te kunnen produceren, of om aan kleinere monsters bepalingen te kunnen doen, tot verdere ontwikkeling van deze methoden heeft geleid.

Voorbeelden van onderzoekstechnieken zijn:

- Spectroscopie ( eventueel in aansluiting op subdomein B 5 eindterm 10, D4 eindterm 1 en 2, E1, E2, E3 en G1 en G2)).
- Automatische titraties (idem).
- HPLC (idem).
- Elektroforese (idem).

Van leerlingen wordt gevraagd dat ze o.a.:

- Overeenkomsten en verschillen kunnen aangeven tussen bijvoorbeeld HPLC en gaschromatografie.
- Voorbeelden kunnen noemen van toepassingen van HPLC in bijvoorbeeld medisch of wetenschappelijk onderzoek.

Het gaat bij dit subdomein niet zozeer om het zelfstandig kunnen doen van onderzoek met deze beroepsmatige methoden/technieken, maar meer om 'meekijken' en begrijpen van de hoofdlijnen in de uitvoering van het onderzoek in de beroepsomgeving.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school kan ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B5 *Onderzoek*, D4 *Scheidings- en zuiveringstechnologie*, D5 *Procestechnologie*, E4 *Chemische processen in het lichaam*.

Bij de keuze voor beroepsmatige contexten kan de nadruk gelegd worden op meer geavanceerde methoden uit de life sciences. Maar ook de onderzoekstechnologie zelf kan onder de loep worden genomen.

Contexten bij dit subdomein zijn bijvoorbeeld:

- Kwantitatief water-, bodem- en luchtonderzoek voor monitoringsdoeleinden en als onderdeel van onderzoeksprojecten (subdomein E1 en E2).
- Kwantitatief onderzoek in medische sfeer (subdomein E2, E3 en E4).
- Wetenschappelijk onderzoek naar nieuwe onderzoeksinstrumenten (subdomein B4).

- Vergelijkingen van bepalingen die gebruikt worden in forensisch onderzoek (subdomein B2).
- Het ontwikkelen van onderzoeksmethoden voor samenstelling van homeopathische geneesmiddelen (subdomein E1 en E2).
- Kwantitatief onderzoek in voedingssector en consumentenproducten (subdomein E1).
- Onderzoek aan universiteiten en overheidsinstellingen naar aanleiding van maatschappelijke of economische vraagstellingen (domein F en G).
- Onderzoek aan medicijnen in specifieke toedieningsvormen (domein E).
- Door de school verworven onderzoeksprojecten in opdracht van instellingen of belangengroepen uit de lokale omgeving, eventueel in samenwerking met instellingen voor het vervolgonderwijs met leerlingen in de rol van medewerkers van een chemisch adviesbureau.

Examinering in het schoolexamen kan in de vorm van een praktische opdracht of in een samenwerkingsproject met het vervolgonderwijs. Het bezoeken van een open dag van een bedrijfslaboratorium (ziekenhuis b.v.) kan worden gekoppeld aan een literatuuronderzoek over de ontwikkeling van de daar toegepaste onderzoeksmethoden en –technieken.

Hierbij kan ook aandacht worden besteed aan het verschil in presentatie van onderzoeksresultaten tussen handmatige en geautomatiseerde bepalingen. Beschouwingen over aanpassingen van de methode/techniek in verband met de noodzakelijke meetnauwkeurigheid of gebruikte monsterhoeveelheden zijn hier ook op zijn plaats.

Het benoemen en beargumenteren van de maatschappelijke en economische relevantie van het verrichte monitoringsonderzoek in de beroepsomgeving kan ook deel uitmaken van dit subdomein.

In schriftelijke toetsen kan de nadruk worden gelegd op het analyseren van informatie over onbekende methoden/technieken, het herleiden van het werkingsprincipe en het toelichten van geconstateerde technische of methodologische ontwikkelingen. De nadruk ligt op het toetsen van de vaardigheid in het omgaan met nieuwe vakgerichte informatie. Deze informatie kan eventueel enkele weken voor de toets aan leerlingen worden verstrekt.

#### ***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.*

#### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het specifiek om de bijdrage van virtuele visualisatietechnieken en computertechnologie aan de ontwikkeling van nieuwe chemische kennis. Die kennisontwikkeling kan gericht zijn op wetenschappelijk onderzoek, productinnovatie of bijvoorbeeld het ontwikkelen van nieuwe toepassingen voor o.a. de gezondheidszorg of consumentenmarkt.

Leerlingen leren aan de hand van contexten uit de beroepspraktijk van wetenschappelijk onderzoek en R&D instellingen enkele mogelijkheden en beperkingen van molecular modelling als virtuele onderzoekstool herkennen. Zelf doen ze ervaring op met verschillende typen computermodellen voor moleculen in 2D en 3D.

Ze verwerven aan de hand van voorbeelden het inzicht dat voor onderzoek naar de bouw en werking van macromoleculen computermodellering een onmisbare onderzoekstool is. Ze kunnen kennismaken met animaties van biochemische processen in de levende natuur en de interpretatie daarvan.

Aan de hand van contexten kunnen ze concluderen dat productinnovatie en onderzoek naar nieuwe toepassingen als spin off versneld kunnen plaatsvinden door de bijdrage van 'datamining'. Zo mogelijk doen ze zelf enige ervaring op met het doorzoeken van gedigitaliseerde wetenschappelijke standaardwerken in het kader van literatuuronderzoek, bijvoorbeeld bij een vraagstelling omtrent het opschalen of optimaliseren van een proces op laboratoriumschaal.

In dit subdomein kan de nadruk gelegd worden op medicijnontwikkeling, polymeren en nanomaterialen.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. *C3 Microstructuren*, *D6 Processen optimaliseren*, *E4 Chemische processen in het lichaam*.

In de nog te verschijnen module "Molecular Modelling" van het docentenhandboek Nieuwe Scheikunde is geïnventariseerd welke software gratis of tegen een kleine vergoeding voor scholen beschikbaar is. In deze module is ook aangegeven bij welke subdomeinen en voor welke doeleinden deze software kan worden ingezet. Zie [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) onder Actueel of Publicaties.

De op school beschikbare ICT middelen en de mogelijkheid deel te nemen aan een samenwerkingsproject met een universiteit bepalen in sterke mate op welke wijze dit subdomein kan worden geëxamineerd.

Dit kan in de vorm van

- Praktische opdracht met eventueel digitaal literatuuronderzoek.
- Een samenwerkingsproject met het vervolgonderwijs.
- Schriftelijke toets met computergebruik, met vragen waarin leerlingen conclusies trekken uit computeranimaties en molecuulmodellen.

### **Subdomein B5 Onderzoek**

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

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

## **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.*

### **Toelichting**

Leerlingen doen experimenteel onderzoek naar factoren die van invloed zijn op de reactiesnelheid. Ze kunnen aan de hand van het botsende deeltjes model de resultaten verklaren. Dit subdomein borgt het eigen experimenteel onderzoek aan theoretische modellen voor het verloop van reacties.

Van belang is dat leerlingen 'op de stoel van de onderzoeker' plaatsnemen en niet slechts in de vorm van illustratief practicum aantonen dat de het botsende deeltjesmodel een aannemelijke theorie is voor het verklaren van de reactiesnelheid. Het gaat erom dat ze het door hen uitgevoerde onderzoek zelfstandig ontwerpen, uitvoeren en evalueren. Met name aan contexten, die aansluiten op domein D *Chemie van het leven* en domein G *Duurzame ontwikkeling* kunnen representatieve probleemstellingen worden ontleend. Dit illustreert voor leerlingen tevens het belang van onderzoek ter ondersteuning van maatschappelijke toepassingen van het vakgebied chemie. Bij dit subdomein ligt de nadruk op het toepassen van modellen voor het begrijpen van chemische processen voor grootschalige productie en in het menselijk lichaam. In het Duits wordt dit aangeduid met 'nachvollziehen', de redenering kunnen volgen, begrijpen en toepassen in nieuwe probleemstellingen. Het gaat bij dit subdomein niet om het produceren van kennis over en het rekenen aan reactiesnelheden.

Contexten waarop dit subdomein kan aansluiten houden verband met o.a.:

- Productie van stoffen in de chemische industrie aan de hand van actuele voorbeelden (subdomein D1 Industriële chemische processen).
- Processen in de levende natuur en voedingsindustrie (subdomein E3 Biotechnologie en E4 Chemische processen in het lichaam).

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein is gebaat bij examinering in de vorm van een onderzoeksopdracht.

#### ***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.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein verdiepen leerlingen zich in een of enkele gebruikte onderzoekstechnieken bij structuuronderzoek van stoffen en materialen. Het is de bedoeling dat de leerling inzicht krijgt in de wijze waarop in de wetenschap onderzoek wordt gedaan naar moleculaire structuren. Verleidelijk is om hiervoor uit te wijken naar historisch onderzoek, bijvoorbeeld naar de structuur van de alfahelix door Pauling of de structuur van DNA door Watson en Crick, maar het is niet de bedoeling dat hier teveel aandacht naar uitgaat. Dergelijke mijlpalen komen namelijk ook bij ANW en biologie aan bod. Interessanter is het om aan te sluiten bij de huidige ontwikkelingen bijvoorbeeld structuuronderzoek naar nanostructuren. De leerling moet in grote lijnen kunnen aangeven hoe in wetenschappelijk onderzoek technieken als diffractie (röntgen, neutronen, electronen) en (multidimensionale) NMR worden gebruikt in bijvoorbeeld de kristallografie. Het is niet de bedoeling dat de leerling meetgegevens van dergelijke technieken kan interpreteren of hier berekeningen mee kan uitvoeren. Het is wel de bedoeling dat de leerling kan vertellen welke soort informatie met dergelijke technieken verkregen kan worden.

De schaalgrootte van de structuren kan variëren van vezelstructuren, supramoleculen en nanostructuren tot atomaire schaal. Leerlingen kunnen gebruik maken van zowel

publieksinformatie uit de media als van informatiebronnen uit de vakgemeenschap. Dat hoeft zich niet te beperken tot schriftelijke bronnen. Juist de taak om een onderzoekstechniek te moeten beschrijven doet een beroep op het organisatievermogen en de zelfstandigheid van leerlingen om een weg te zoeken naar relevante bronnen en mogelijkheden voor laboratoriumbezoek of contact met onderzoekers actief te gebruiken.

Bij het beschrijven van een onderzoekstechniek leggen ze verband tussen de gebruikte onderzoekstechniek en de eigenschappen van de onderzochte stof. Randvoorwaarden zoals bijvoorbeeld de eisen aan zuiverheid kunnen hierbij ook aan de orde komen.

Een belangrijk aspect is de betrouwbaarheid van de verkregen resultaten en de mogelijkheid van artefacten. Ook de wetenschappelijke en maatschappelijke impact van structuuronderzoek aan stoffen kan aan de orde komen.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. *C3 Microstructuren*, *C4 Relatie structuur en eigenschappen*. In het programma voor het schoolexamen kan ook worden aangesloten bij *F1 Materiaalanalyse* of *F2 Ontwerpstrategie*.

Dit subdomein biedt scholen de mogelijkheid om in het onderwijs zowel profielversterkend als profielverbredend te werken. Het leerwerk voor dit subdomein kan deel uitmaken van de oriëntatie op een bètatechniekstudie.

Contexten voor dit subdomein zijn o.a.

- Wetenschappelijke vraagstellingen over de bouw van en werking van macromoleculen en materialen (gezondheid, voeding, nanotechnologie).
- Wetenschappelijk onderzoek in de materiaalkunde (voor het verklaren van eigenschappen van bijvoorbeeld klei of ijzer).
- Onderzoek naar structuur eiwitten.

Voor het examineren van dit subdomein kan een leerling o.a.:

- Onderzoek doen naar hoe wetenschappelijk onderzoek aan materialen wordt aangepakt en hier een verslag over schrijven.
- In een schriftelijke toets kan in een opgave gevraagd worden naar manieren waarop informatie over de kristalroosters van een bepaalde stof verkregen kan worden. Hierbij kan de leerling gevraagd worden naar aanleiding van een fragment uit een wetenschappelijk artikel toe te lichten wat precies wordt bedoeld met bijvoorbeeld röntgendiffractie en hoe deze techniek werkt.

Bij dit subdomein kan in het schoolexamen nadrukkelijk meer aandacht worden besteed aan de verslaglegging en presentatie. Dit hoeft niet altijd in de vorm van een schriftelijk verslag. Juist bij dit subdomein is een wetenschappelijke poster of mondelinge presentatie voor een lekenpubliek of 'peers' een passende vorm. Bij de beoordeling kan eventueel onderscheid gemaakt worden tussen NG- en NT-leerlingen, omdat fysische aspecten een belangrijk deel uitmaken van de gebruikte onderzoekstechniek. De school kan ook kiezen voor een vakoverstijgende praktische opdracht voor scheikunde&biologie of scheikunde&natuurkunde.

### **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.



**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Subdomein C4 Relatie structuur en eigenschappen**

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

**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Subdomein C5 Bindingen**

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

**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Subdomein C6 Typen reacties**

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

**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**Subdomein C7 Reactiesnelheid en evenwichten**

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

**Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

**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.*

**Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het erom dat leerlingen zich min of meer zelfstandig verdiepen in het productieproces van nieuwe of innovatieve stoffen, die maatschappelijk of economisch van grote betekenis zijn of kunnen worden.

Leerlingen kunnen uit gegevens in vakbladen of publiekspublicaties het productieproces analyseren en schematisch weergeven. Ze kunnen op moleculair niveau weergeven welke stoffen met elkaar reageren en welke oplosmiddelen hierbij eventueel een rol spelen. Daarnaast kunnen ze de reactieomstandigheden (temperatuur, druk enz) op deeltjesniveau toelichten.

Het gaat hierbij niet alleen om syntheses uit de chemische industrie maar ook om het synthetiseren van stoffen met behulp van biotechnologie.

Leerlingen kunnen in hun bronnenonderzoek zowel ingaan op het opschalen van een synthese op laboratoriumschaal naar industriële productie als op het downscalen van een industriële synthese voor onderzoeksdoeleinden.

Het gaat bij dit subdomein om het zichtbaar maken van de relatie tussen de scheikundekennis van school en de toepassing van wetenschappelijk onderzoek in de internationale chemische industrie of startende bedrijven. Het gaat niet om productieprocessen die van belang zijn geweest voor de historie van de chemische industrie, tenzij deze lokaal nog relevant zijn.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. *C6 Typen reacties*, *D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie*, *D5 Procestechnologie*, *D6 Processen optimaliseren* en *F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen*.

Als contexten kan worden gekozen voor o.a.

- Veelbelovende nieuwe materialen (stoffen voor consumentenmarkt, medicijnontwikkeling).
- Lichaamsprocessen en productie van innovatieve voedingsmiddelen.
- Startende bedrijven als spin off van wetenschappelijk onderzoek.
- Van belang is dat leerlingen kennismaken met eigentijdse, economisch relevante productieprocessen uit de internationale chemische en voedingsindustrie.

Examinering in het schoolexamen kan plaatsvinden in de vorm van:

- Praktische opdrachten.
- Vakoverstijgende projecten, al dan niet samen met NLT of biologie/natuurkunde.
- Schriftelijke toetsen bijvoorbeeld met vragen over upscaling en downscaling, al of niet met bewerkt of vooraf vertrekt bronnenmateriaal. Ook vragen over het herleiden van het beschreven proces naar het moleculaire niveau zijn in schriftelijke toetsen op hun plaats.
- Toetsing per computer met vragen over digitale gesimuleerde productieprocessen, filmopnamen en animaties van processen op moleculair niveau.
- Er moet wel voor worden gewaakt dat niet dubbel of driedubbel wordt geëxamineerd, liever een grondige verdieping in een of twee processen in de vorm van een praktische opdracht, dan van veel processen een paar weetjes uit voorbeelden van de lessen.

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

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

### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het erom dat leerlingen op basis van gegevens over de bij het productieproces betrokken stoffen en reacties kunnen verklaren waarom de toegepaste scheidingstechniek hier effectief is. Deze toelichting is deels op moleculair niveau, waarbij leerlingen met behulp van kenmerkende eigenschappen van de stoffen en reacties beredeneren en verklaren waarom de gebruikte scheidingsmethode in de gegeven situatie werkt. De toelichting is tevens op chemisch-technologisch niveau,

waarbij leerlingen kunnen beredeneren hoe de scheidingstechniek in de context van het gegeven productieproces wordt uitgevoerd.

Bij de productieprocessen kan niet alleen worden gekeken naar syntheses uit de chemische industrie maar ook om naar het synthetiseren van stoffen met behulp van biotechnologie.

Dit subdomein biedt de mogelijkheid om van leerlingen te verlangen om ze vanuit de context van het gegeven productieproces de relatie leggen met de achterliggende concepten over de bouw en microstructuur van stoffen. Dit kan het beginpunt zijn van een chemisch logische redenering om tot een verklaring voor de keuze van de scheidingstechniek te komen.

Daarnaast verdiepen leerlingen zich in de praktische gang van zaken bij de toepassing van die scheidingstechniek in het productieproces.

Het gaat in dit subdomein om het kunnen verklaren van de keus voor de gebruikte scheidingstechnieken met behulp van kennis over de eigenschappen van stoffen en kenmerken van reacties. Daarbij is het van belang dat het moleculaire en technologische denken wordt gekoppeld.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school kan ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B 5 *Onderzoek*, D4 *Scheidings- en zuiveringstechnologie*, D5 *Procestechnologie* en D6 *Processen optimaliseren*. Ook kan worden aangesloten op G1 *Duurzaamheidsanalyse* en G 2 *Integraal ketenbeheer*.

Dit subdomein biedt leerlingen gelegenheid zich te verdiepen in eigentijdse, economisch relevante productieprocessen uit de chemische en voedingsindustrie. Dit subdomein leent zich uitstekend voor projectactiviteiten zoals bijvoorbeeld van Jet-Net. Waar dit niet mogelijk is kan communicatie via internet, een digitaal bedrijfsbezoek of een bedrijfsfilm een alternatief zijn.

Voorbeelden van contexten zijn o.a.

- Bedrijfsmatige contexten uit het productenassortiment van multinationals (nieuwe stoffen voor consumentenmarkt, medicijnontwikkeling).
- Processen in het lichaam en productie van voedingsmiddelen.

Examinering kan worden aangeboden in de vorm van:

- Praktische opdrachten, liefst aan de hand van authentieke informatie van het bedrijf over het proces en de wijze van uitvoering. Engelstalige bronnen kunnen aanleiding geven tot een gemeenschappelijke beoordeling voor Engels en scheikunde.
- Schriftelijke toetsen met vragen over de toepasbaarheid van scheidingstechnieken bij een gegeven productieproces, al of niet met bewerkt of vooraf ter hand gesteld bronnenmateriaal. Ook vragen over het interpreteren van schematische weergaven van productieprocessen zijn in schriftelijke toetsen op hun plaats.
- Computertoetsen met vragen naar aanleiding van filmopnamen of animaties van het productieproces.

Dit subdomein biedt een goede mogelijkheid voor groepsopdrachten, waarna leerlingen hun resultaten aan 'peers' (in de klas) of leken (ouders of jongerejaars) presenteren. Maar ook de presentatie aan een expert, in de vorm van medebeoordeling door medewerkers van een productiebedrijf, kan overwogen worden. Het contactennetwerk van oud-leerlingen en ouders rondom de school kan daarvoor worden ingezet, evenals de KNCV als vakvereniging van chemici.

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

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

#### **Toelichting**

Dit subdomein legt de nadruk op het door leerlingen zelf uitvoeren van een of meerdere syntheses op laboratoriumschaal. Het gaat daarbij niet om de kwalitatieve synthese (microschaal), maar om de bijzondere omstandigheid dat een synthese op laboratoriumschaal specifieke eisen stelt aan de wijze van uitvoering. Het is uitdrukkelijk de bedoeling dat leerlingen zelf uit literatuuronderzoek een werkvoorschrift opstellen, de wijze van uitvoering op laboratoriumschaal zelf beredeneren, plannen, uitvoeren, opruimen, vastleggen in een verslag en evalueren.

Leerlingen moeten beredeneren of er voor het voorschrift voor de synthese op laboratoriumschaal specifieke aanpassingen nodig zijn en zo nodig de syntheseroute zelf herontwerpen. Ze moeten de optimale hoeveelheden van de beginstoffen bepalen en de hoeveelheid van het gewenste reactieproduct. Ook moeten ze een methode selecteren om de te synthetiseren stof uit het reactiemengsel te verwijderen. Voor de evaluatie is ook nodig dat ze het rendement berekenen als percentage van de theoretische opbrengst.

Van leerlingen wordt tevens een reflectie verwacht op het verloop van de synthese en de verkregen rendement. Op basis hiervan doen leerlingen voorstellen voor het verbeteren van het rendement op laboratoriumschaal. Ook doen ze voorstellen voor de afvalreductie, afvalverwijdering en beperking van het energieverbruik.

De aanleiding voor de synthese op laboratoriumschaal kan driedelig zijn:

- Voor onderzoeksdoeleinden als voorbereiding op opschaling en industriële toepassing.
- Als kennismaking met activiteiten uit de beroepssector.
- Als leerdoel om door het zelf uitvoeren van een synthese naast de theoretische vakkennis en vakinzichten een aanvullend begrip van chemische syntheses te verkrijgen.

Het is de bedoeling dat de gekozen synthese relatief eenvoudig is en uit een beperkt aantal reactiestappen bestaat. Ook moet de verkregen stof met voor scholen gebruikelijke methoden uit het reactiemengsel te verwijderen zijn. Het is ook niet de bedoeling dat ze de stof na het verwijderen uit het reactiemengsel nog aan een aantal zuiveringsstappen moeten onderwerpen. De gekozen synthese moet wel representatief zijn voor de beroepspraktijk, dat wil zeggen, dat de stof daadwerkelijk op industriële schaal wordt geproduceerd of het voorstelbaar is dat dat op termijn zal gebeuren.

#### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school kan ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. D4 *Scheidings- en zuiveringstechnologie*, D5 *Procestechnologie* en D6 *Processen optimaliseren*.

Het is niet de bedoeling om de synthese te beperken tot het produceren van een slecht oplosbaar zout door een neerslagreactie, tenzij dit een zout is buiten de context van de gebruikelijke schoolscheikunde. Noch is het de bedoeling dat het werkvoorschrift kant en klaar beschikbaar is in de vorm van een illustratief practicum.

Suggesties voor syntheses zijn o.a.

- Productie van bioethanol of biodiesel.
- Productie van geleidende polymeren.

Voor de uitvoering van deze synthese kan de samenwerking met een leerlingenwerkplaats van een vervolgopleiding worden gezocht.

Gezien de aard van dit subdomein sluit examinering in de vorm van een praktische opdracht het beste aan. In de beoordeling zou dan niet alleen het resultaat en het verslag worden betrokken, maar ook de organisatie vooraf en de getoonde experimentele vaardigheid tijdens de uitvoering. Hierbij kan de TOA een bijdrage aan de beoordeling leveren.

#### **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.

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

#### **Subdomein D5 Procestechnologie**

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

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

#### **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.

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

### **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.*

#### **Toelichting**

Leerlingen kunnen het werkingsprincipe en de standaardprocedure van enkele representatieve onderzoeksmethoden voor de chemische kwaliteit van lucht, water en/of voedsel weergeven. Hierbij wordt een directe relatie gelegd met de beroepspraktijk van organisaties als RIVM, VWA enz. Ook verdiepen leerlingen zich in enkele onderzoeksmethoden, waarin ze niet alleen de kwalitatieve, maar ook de

kwantitatieve gegevens kunnen toelichten en verklaren op grond van hun vakkennis en vakinzicht.

Tevens gaat het bij dit subdomein om het verwerken en evalueren van onderzoeksgegevens over de kwaliteit van water, lucht en voedsel. Deze verwerking en evaluatie kan plaatsvinden met zelf verkregen onderzoeksresultaten maar ook met gegevens uit de beroepspraktijk.

Daarbij speelt de nauwkeurigheid van de meetresultaten en de gestelde norm een belangrijke rol. Leerlingen leren chemische informatie selecteren in informatiebronnen met publieksinformatie over de wettelijk gestelde normen. Ze leren hun interpretaties op een objectieve wijze te onderbouwen en voorstellen doen voor het vergroten van de betrouwbaarheid van de verkregen gegevens. Bij dit subdomein hoort ook het kritisch reflecteren op conclusies van anderen op basis van meetgegevens, bijvoorbeeld naar aanleiding van berichten in de media. Bij het verwerken en interpreteren van de meetgegevens kunnen ze gebruik maken van computerprogramma's. Dit subdomein is geïnspireerd door de Engelse opdrachten voor data-analyse als onderdeel van het examen scheikunde.

Het is niet de bedoeling dat leerlingen een overzichtsbeeld wordt aangereikt van de reeks schadelijke stoffen, waar de Nederlandse overheid volgens standaardprocedures monitorend onderzoek naar doet. Het gaat juist om de actieve verdieping in de beroepspraktijk van werkenden in deze sector, het 'meekijken' bij het werk. Dit maakt deze eindterm geschikt voor een structurele koppeling van scholen aan instellingen waar zulk onderzoek standaard wordt uitgevoerd, zoals rioolwater en drinkwaterzuiveringsinstallaties, de VWA, luchtkwaliteit in openbare gebouwen enz.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school kan ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. *B5 Onderzoek*, *C4 Relatie structuren en eigenschappen* en *G 4 Innovatieve energieproductie* uit koolstofhoudende bronnen. Ook kan dit subdomein worden gekoppeld aan de subdomeinen uit het schoolexamen *B2 Kwantitatieve analyse*, *D1 Industriële chemische processen*, *G1 Duurzaamheidsanalyse* en *G2 Integraal ketenbeheer*.

Contexten bij dit subdomein kunnen zijn:

- De beroepspraktijk van landelijke instellingen voor onderzoek van de lucht-, water- en voedselkwaliteit.
- Probleemsituaties in de lokale omgeving waar leerlingen zelf kwaliteitsonderzoek aan doen. Deze probleemsituaties kunnen ook in opdracht van derden worden onderzocht.
- Berichten in de krant over perioden (nieuwjaarsnacht) of locaties (naast een drukke snelweg, omgeving vuilverbrandingsinstallatie) met een slechtere luchtkwaliteit.
- Gegevens en situaties uit de beroepspraktijk van kwaliteitsonderzoekers.
- Situaties van belanghebbenden bij de resultaten van kwaliteitsonderzoek (restauranthouder, ondernemer, consument).

Aan te bevelen is om leerlingen enkele malen een reeks meetgegevens op een wetenschappelijke manier te laten verwerken, zodat ze ook beter onderbouwd uitspraken kunnen doen over de betrouwbaarheid.

Niet alle scholen hebben relaties met instellingen die kwaliteitsonderzoek verrichten. Is dat het geval, dan is het zaak eerst contacten te leggen en hiervoor een netwerk op te bouwen. Leerlingen kunnen hun contacten in de familie of sociale omgeving benutten

als toegang tot een dergelijke instelling. Ook kan een school met een actief oud-leerlingenbeleid deze contacten aanwenden.

Als werkvorm in de beginfase kan ook gedacht worden aan een reportage van een 'dag mee naar het werk van een kwaliteitsmedewerker' met de daarbij behorende vakinhoudelijke beschrijving van de onderzoeksmethoden. Een andere insteek kan zijn om vanuit een of meerdere probleemsituaties leerlingen te laten onderzoeken met welke methoden het kwaliteitsonderzoek moet worden uitgevoerd, welke onderzoeken op school kunnen worden gedaan en voor welke gebruik moet worden gemaakt van een scholierenlab op een instelling voor vervolgonderwijs.

Voor de examinering van dit subdomein kan worden gedacht aan een praktische opdracht of project, bij voorkeur in aansluiting op authentieke situaties uit de lokale omgeving of actualiteit, al of niet in aansluiting op een zelf verricht onderzoek. In een schriftelijke toets kan de nadruk worden gelegd op de data-analyse en dataverwerking. Dit kan eventueel als een 'open boek'-toets plaatsvinden. Het gaat immers om het verwerken van gegevens volgens vaste procedures, niet om het kunnen reproduceren van die procedures.

### **Subdomein E2 Risico analyse**

*De kandidaat kan het 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.*

#### **Toelichting**

Het gaat er bij dit subdomein om dat leerlingen hun weg leren vinden in informatiesystemen over het risico van stoffen en begrippen die daarin voorkomen kunnen hanteren. Belangrijk daarbij is dat ze onderscheid maken tussen incidentele en chronische blootstelling aan risicovolle stoffen. Met name het inzicht dat niet de stof maar de dosis het risico vormt, moet aan de orde komen, bijvoorbeeld op basis van de uitspraak van Paracelsus 'Alles is giftig, niets is giftig'. Verder moet de hele keten van het gebruik van een bepaalde stof in de risicoanalyse worden meegenomen. Bij dit subdomein behoren ook berekeningen aan toelaatbare concentraties van stoffen. Daarbij moet onderscheid gemaakt worden tussen LD50 waarden (oraal en dermaal), LC50 waarde (inhalatie) en de PEL (Permissible Exposure Limit). Bij het raadplegen van bronnen wordt van leerlingen verwacht dat ze begrippen herkennen en gebruiken die met toxiciteit samenhangen o.a. acute en chronische toxiciteit, mutageniteit, teratogeniteit en carcinogeniteit.

De risicoanalyse beperkt zich niet tot één stof, ook het cumulatief effect zou aan de orde moeten komen.

Leerlingen kunnen onderscheiden dat bij het werken met stoffen vijf soorten maatregelen kunnen worden getroffen:

1. Ter bescherming van de werkenden in de directe werkomgeving.
2. Ter bescherming van de directe omgeving (omwonenden) van de lokatie waar met deze stoffen wordt gewerkt.
3. Ter bescherming van de lucht- en waterkwaliteit in de omgeving van de lokatie waar met deze stoffen wordt gewerkt.
4. Maatregelen voor een veilig transport van deze stoffen.
5. Maatregelen voor een veilige verwijdering van deze stoffen.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B5 *Onderzoek*, D4 *Scheidings- en zuiveringstechnologie*, G4 *Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen*. Voor het programma voor het schoolexamen kan dit subdomein worden gekoppeld aan B1 *Kwalitatieve analyse*, B2 *Kwantitatieve analyse*, D1 *Industriële chemische processen*, D2 *Stoffen scheiden en zuiveren*, E1 *Kwaliteitscontrole*, E2 *Risicoanalyse*, G1 *Duurzaamheidsanalyse* en G2 *Integraal ketenbeheer*.

Contexten voor het onderwijs kunnen zijn:

- Het gebruik van stoffen in school.
- Het omgaan met stoffen in een bedrijf of onderzoeksinstelling in de omgeving.
- Berichten in de media over problemen in bedrijven, bijvoorbeeld een niet toegestane uitstoot of lozing, een brand, een ongeluk tijdens het transport enz.

Dit subdomein biedt de school gelegenheid om de richtlijnen voor het verwerken van afval van chemische experimenten op school onder de aandacht van leerlingen te brengen. Ook kan de aandacht worden gevestigd op de wettelijke richtlijnen voor het omgaan met stoffen in de beroepsomgeving. Daarbij kan ook de gang van zaken bij het vaststellen van de wettelijke richtlijnen in het omgaan met gevaarlijke stoffen aan de orde komen, zowel op nationaal als internationaal niveau.

Examinering kan plaatsvinden in de vorm van praktische opdrachten, al of niet geïntegreerd in experimentele onderzoeksopdrachten van leerlingen. In schriftelijke toetsen kunnen probleemstellingen worden aangeboden, waaraan leerlingen door middel van berekeningen tot conclusies moeten komen. De probleemstelling kan eventueel, bij wijze van voorbereiding voor de toets, aan leerlingen beschikbaar worden gesteld.

### **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.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein verdiepen leerlingen zich in enkele toepassingen van kennis van macromoleculen en biotechnologische technieken bij de ontwikkeling van medicijnen of alternatieven voor grondstoffen uit fossiele brandstoffen. Ze kunnen nagaan of en hoe bioinformatica heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van de toegepaste macromoleculaire kennis.

Ze verkennen bij de industriële productie van stoffen de gebruikte synthesesstrategie en verwerven aan de hand van het voorbeeld inzicht in het werkingsprincipe van de combinatorische chemie. Leerlingen gebruiken passende modellen en visualisaties om de productieprocessen te beschrijven en toe te lichten. Ze kunnen de bijdrage van genomics aan de industriële productie van medicijnen of alternatieven voor grondstoffen uit fossiele brandstoffen toelichten.

Van belang is dat niet alleen de wetenschappelijke kant aan bod komt, maar tevens ook de rol van de overheid bij het definiëren van onderzoeksprogramma's en de regelgeving over het gebruik van biologische technieken en de beroepsethiek binnen de beroepsgemeenschap.



### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. B5 *Onderzoek*, D6 *Processen optimaliseren*, E4 *Chemische processen in het lichaam*, en G4 *Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen*. Voor het programma voor het schoolexamen kan dit subdomein worden gekoppeld aan B4 *Molecular modelling*, D1 *Industriële chemische processen*, E1 *Kwaliteitscontrole*, E2 *Risicoanalyse*, G1 *Duurzaamheidsanalyse* en G2 *Integraal ketenbeheer*.

Bij dit subdomein kunnen leerlingen inhaken op de onderzoeksthema's van universiteiten en kennisinstellingen en kunnen ze gebruikmaken van zowel publieksinformatie als vakgebonden bronnen. Handelingspraktijken daarvoor zijn o.a.:

- De productie van nieuwe medicijnen.
- Onderzoeksprogramma's van TNO en NWO.

Dit subdomein biedt scholen de mogelijkheid om te kiezen voor een profielverbredende of profielverdiepende uitwerking. Daarin kan van leerlingen nadrukkelijk gevraagd worden om kennis en concepten uit het verplichte profielvak biologie of natuurkunde toe te passen in hun beschrijving van de toegepaste moleculaire kennis of techniek. Voor biologie kan dan de nadruk liggen op de DNA-technologie. Voor natuurkunde kan aandacht worden besteed aan molecular modelling en automatisering van processen. Aan te bevelen valt om leerlingen bij dit subdomein de ruimte te geven om (na een voorselectie) een eigen keuze voor een context te kiezen.

Dit subdomein biedt leerlingen tevens mogelijkheden om zich te oriënteren op een vervolgstudie in deze richting.

Examinering kan plaats vinden in de vorm van praktische opdrachten. Deze kunnen worden afgesloten met een presentatie aan 'peers' of lekenpubliek. Als leerlingen een aantal verschillende contexten hebben gekozen kan ook worden gedacht aan afsluiting in de vorm van openbare lessen voor publiek uit de schoolomgeving.

### **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.

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie van dit subdomein de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

## **Domein F    Materiaalinnovatie**

### **Subdomein F1 Materiaalanalyse**

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

### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaat het erom dat leerlingen vanuit de beoogde of feitelijke functie van een materiaal leren analyseren, welke de fysische en chemische eigenschappen van dit materiaal moeten zijn. Aspecten daarvan kunnen o.a. zijn de hechting, de

optische en/of elektrische eigenschappen, de temperatuurbestendigheid, de druk- en treksterkte, dichtheid, vezelstructuur, grensvlakverschijnselen, elasticiteit. Vervolgens leggen ze de link tussen deze eigenschappen en de moleculaire en supramoleculaire structuur. Het gaat erom dat leerlingen van enkele innovatieve materialen voor maatschappelijke toepassingen de functie-vorm analyse uitvoeren. Zie hiervoor ook de toelichting bij subdomein F1 bij havo.

Het gaat er bij dit subdomein niet om dat leerlingen zich door middel van lessen van de docent een overzichtsbeeld vormen van eigenschappen en kenmerken van innovatieve materialen uit het afgelopen decennium.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

In het schoolexamen kan de school kan ervoor kiezen om dit subdomein te koppelen aan subdomeinen voor het centraal examen, o.a. C3 Microstructuren en C4 Relatie structuur en eigenschappen.

Door leerlingen de ruimte te geven voor een eigen keuze vanuit hun interesse en profiel kan het werken aan dit subdomein een bijdrage leveren aan de oriëntatie op de toekomstige studie of beroep. Tegelijkertijd kan het juist profielverbredend werken als NG leerlingen zich gaan verdiepen in high tech materialen voor bijvoorbeeld ICT toepassingen en NT leerlingen in bijvoorbeeld nanobots voor farmacologische of therapeutische toepassingen.

Leerlingen maken voor dit subdomein actief gebruik van publieksinformatie van onderzoeksinstellingen in de media en kunnen, als dat tot de eisen van de school behoort, ook publicaties in de beroepsmedia daarbij betrekken. Contact tussen de school en de onderzoeksgroep hoeft niet vermeden te worden, tenzij het contact uit niet meer dan het vragen naar informatie bestaat.

Voor dit subdomein is een praktische opdracht de aangewezen vorm, omdat de gekozen materialen per jaar en zelfs per leerling kunnen wisselen. De mogelijkheid om de betreffende experts een bijdrage te laten leveren aan de beoordeling van het leerlingenwerk of de presentatie daarvan kan worden overwogen. Datzelfde geldt als de school kiest voor een presentatie aan leken, bijvoorbeeld in de vorm van openbare lessen voor ouders en belangstellenden in de schoolomgeving.

### **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.*

### **Toelichting**

Dit subdomein kan worden gekoppeld aan de volgende domeinen voor het schoolexamen: B4 *Molecular modelling*, E3 *Biotechnologie* en F3 *Spin off*.

Leerlingen herkennen bij het uitvoeren van een technisch ontwerp, dat materialen en materiaalontwikkeling een cruciale rol spelen in alle fasen van het ontwerpproces van nieuwe producten voor maatschappelijke problemen. Ze kunnen bij de verschillende ontwerpfasen de daaruit voortvloeiende onderzoeksvragen formuleren. Ze constateren dat deze onderzoeksvragen aanleiding geven tot het ontwikkelen van nieuwe kennis.

Ook bij dit subdomein gaat het om het functie-vorm-denken, maar dan gekoppeld aan de ontwerpcyclus. Zie hiervoor [www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl) en de toelichting bij subdomein F2 bij havo.

De verschillende fasen van de ontwerpcyclus geven aanleiding tot vragen naar fysisch-chemische eigenschappen in bestaande of de te ontwerpen materialen. Bij de analyse van het ontwerpprobleem gaat het om o.a. de vraag naar kenmerken van bestaande materialen. Bij het opstellen van de ideeëntabel met alternatieve uitwerkingen voor het programma van eisen en de daaruit voortvloeiende functies van materialen gaat het om het selecteren van materialen, die aan deze eisen voldoen. Bij het ontwikkelen van het prototype kan het gaan om materialen, die aan een unieke, nieuwe combinatie van eigenschappen moeten voldoen en waarvoor een passend nieuw materiaal moet worden ontworpen. In de testfase gaat het om het testen of dit materiaal in het prototype aan de geëiste eigenschappen uit het programma van eisen voldoet. Bij evaluatie van de testresultaten kunnen verbetervoorstellen worden gedaan, die weer tot aanpassing van de materialen kunnen leiden.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De gekozen ontwerpproblemen, die aanleiding geven tot innovatie van materialen, kunnen voortkomen uit:

- Het maatschappelijk leven.
- De medische sector.
- De productontwikkeling o.a. van consumentenproducten.

Materialen kunnen o.a. zijn:

- Hybride materialen.
- Geleidende polymeren.
- Biomaterialen.
- Nanomaterialen.
- Materialen met specifieke oppervlakte-eigenschappen zoals het lotuseffect.
- Smart materials.
- Zelfherstellende materialen.
- Zelfassemblerende materialen.

Examinering kan plaatsvinden in de vorm van een opdracht voor een technisch ontwerp of als praktische opdracht. Dergelijke opdrachten bij voorkeur als een groepsopdracht, die ook interdisciplinair kan worden uitgevoerd en beoordeeld. Als hiervoor wordt gekozen, valt aan te bevelen om dit ook op te nemen in het PTA van biologie, natuurkunde of NLT. Zie ook de beoordelingsmodellen op [www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl).

### ***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.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein gaan leerlingen aan de hand van voorbeelden na dat innovatieve processen en materialen ook buiten het oorspronkelijke toepassingsgebied tot innovatie kunnen leiden. Daarbij passen ze zowel het functie-vorm denken als de strategie voor technisch ontwerpen toe bij het verkrijgen van inzicht in en/of het genereren van mogelijke nieuwe toepassingen.

Door middel van dit subdomein maken leerlingen tevens kennis met de vocabulaire van nieuwe begrippen voor innovatieve materialen en ondernemend denken. De gang

van zaken rond octrooien en licenties kan daarom zeker in dit subdomein worden belicht. Het economische belang van spin off kan ook nadrukkelijk aan de orde worden gesteld.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

Dit subdomein kan gekoppeld worden aan de volgende subdomeinen voor het programma voor het schoolexamen: B4 *Molecular modelling*, E3 *Biotechnologie*, F1 *Materiaalanalyse*, F2 *Ontwerpstrategie*, G1 *Duurzaamheidsanalyse* en G3 *Duurzaam ondernemen*.

Mogelijke contexten voor dit subdomein zijn:

- Toepassingen voor high tech materialen uit research in de consumentensector.
- Toepassingen van materialen voor therapeutische doeleinden in producten voor de consumentenmarkt.

Met name smart materials, zelfherstellende materialen en geheugenmetaal kunnen een aangrijpingspunt vormen voor oriëntatie op de mogelijke spin off.

In het onderwijs kan ervoor gekozen worden om dit subdomein reflectief of proactief uit te werken. Bij de reflectieve uitwerking kan bijvoorbeeld de toepassing van nieuwe materialen voor ruimtevaartdoeleinden in consumentenproducten worden geanalyseerd en geëvalueerd. Bij de proactieve aanpak gaan leerlingen uit van een innovatief materiaal, waarvoor ze in een creatief proces, bijvoorbeeld analoog aan de strategie van technisch ontwerpen, nieuwe toepassingen generen.

Voor dit subdomein is een praktische opdracht de meest passende examenvorm, eventueel als onderdeel van een ontwerp- of onderzoeksopdracht. Dit bij voorkeur als groepsopdracht, die ook interdisciplinair kan worden uitgevoerd en beoordeeld. Als dit onderdeel uitmaakt van het PTA van biologie, natuurkunde of NLT.

### **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.

### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen.

## **Domein G Duurzame ontwikkeling**

### **Subdomein G1 Duurzaamheidsanalyse**

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

### **Toelichting**

Bij dit subdomein analyseren leerlingen de stappen van een grootschalig productieproces van een stof of materiaal in de chemische industrie inclusief de toe- en afvoer van hulpstoffen en afvalstoffen en het gebruik van energie. Ze gebruiken bij de duurzaamheidsanalyse kwalitatieve of semi-kwantitatieve evaluatie instrumenten, die ook binnen de sector zelf worden gebruikt. Enkele daarvan zijn in bewerkte vorm voor

het voortgezet onderwijs als 'Ecotools' gepubliceerd op [www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl). De duurzaamheidsanalyse richt zich op de productieomgeving.

Het gaat er bij dit subdomein om dat leerlingen inzicht krijgen in de dilemma's, overwegingen en inspanningen van het bedrijf m.b.t. duurzame productie van stoffen of materialen. Het gaat bij dit subdomein om een objectieve benadering van het productieproces en het bedrijf, het ontwikkelen van vocabulaire om duurzaamheidsaspecten te identificeren en benoemen en het verkrijgen van inzicht in de dilemma's, overwegingen en inspanningen van het bedrijf m.b.t. duurzame productie van stoffen of materialen. Leerlingen kunnen zich een aantal van de volgende begrippen eigen maken: Materie-Energie-Toxiciteits matrix (MET-matrix), de 4R strategie, de ecologische voetafdruk, levenscyclusanalyse (LCA), recycling, kringloopsluiting, emissiereductie, ketenbeheer, 'design to disassembly', 'cradle-to-grave' en 'cradle-to-cradle'.

In de duurzaamheidsanalyse worden ook mondiale aspecten betrokken o.a. m.b.t. de winning van grondstoffen.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De school kan ervoor kiezen om in het schoolexamen dit subdomein te koppelen aan een of meer subdomeinen voor het centraal examen. Mogelijkheden daarvoor zijn B5 *Onderzoek*, D4 *Scheidings- en zuiveringstechnologie*, D5 *Procestechologie*, D6 *Processen optimaliseren*, F4 *Moleculaire basis van innovatieve materialen* en G3 *Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen*.

Dit subdomein kan gekoppeld worden aan de volgende subdomeinen voor het programma voor het schoolexamen: D1 *Industriële processen*, D2 *Stoffen scheiden en zuiveren*, E2 *Risicoanalyse* en E3 *Biotechnologie*.

Als voorbeelden van bedrijven kan een keus gemaakt worden uit bedrijven in de lokale omgeving of elders in Nederland. Dat hoeven geen grote bedrijven te zijn, juist in het MKB en bij startende ondernemers zijn aantrekkelijke voorbeelden voorhanden. Veelal kan gebruik worden gemaakt van contacten via ouders, familie en oud-leerlingen van de school.

Leerlingen maken gebruik van authentiek bronnenmateriaal voor publieksvoorlichting en bronnenmateriaal uit de beroepssector voor de chemische aspecten van het proces en de productiewijze. Een bedrijfsbezoek bijvoorbeeld op een open dag kan deel uitmaken van de leeractiviteiten voor dit subdomein.

Voor de examinering van dit subdomein wordt de vorm van een praktische opdracht aanbevolen. Zowel de beschrijving van het productieproces, de wijze van uitvoering van de duurzaamheidsanalyse en de presentatie van de conclusies kan in de beoordeling worden betrokken. Hierbij kan eventueel medebeoordeling door een deskundige van het bedrijf plaatsvinden.

### **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.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein analyseren leerlingen vanuit het consumentenperspectief de gehele keten van ontwerp tot en met afbouw en verwijdering van het chemisch productieproces. Ze reflecteren op het effect van de opeenvolgende fasen in de keten

op duurzame ontwikkeling en signaleren ze welke mogelijke verbeteringen het negatieve effect daadwerkelijk verminderen. Hierbij betrekken ze naast natuurwetenschappelijke ook economische, sociale en ethische aspecten. Voor de ketenbenadering kunnen leerlingen gebruik maken van beoordelingsinstrumenten, die door de overheid en milieuorganisaties worden gebruikt. Enkele daarvan zijn in bewerkte vorm voor het voortgezet onderwijs als ecotools gepubliceerd op [www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl). Leerlingen maken zich enkele van de volgende begrippen eigen: Quick scan, eindgebruik, product-dienstcombinaties, consumentengedrag, levenscyclusanalyse, eco efficiëntie, duurzame consumptie, duurzaam ontwerpen, afwenteling, atomeconomie, kringloopsluiting, bioconversie.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De school kan ervoor kiezen om in het schoolexamen dit subdomein te koppelen aan een of meer subdomeinen voor het centraal examen. Mogelijkheden daarvoor zijn *D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie*, *D5 Procestechnologie*, *D6 Processen optimaliseren*, *F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen* en *G3 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen*.

Dit subdomein kan gekoppeld worden aan de volgende subdomeinen voor het programma voor het schoolexamen: *D1 Industriële processen*, *D2 Stoffen scheiden en zuiveren*, *E2 Risicoanalyse* en *E3 Biotechnologie* en *G1 Duurzaamheidsanalyse*.

Voorbeelden van processen kunnen zijn:

- Ontwikkeling van high tech materialen.
- Ontwikkeling van medicijnen, met name generieke geneesmiddelen.
- Kunststoffen.
- Innovatieve bouwmaterialen.
- Zonnecellen.

Leerlingen maken gebruik van authentiek bronnenmateriaal voor publieksvoorlichting en bronnenmateriaal uit de beroepssector voor de chemische processen. Een bedrijfsbezoek bijvoorbeeld op een open dag kan deel uitmaken van de leeractiviteiten voor dit subdomein.

Examinering bij voorkeur in een praktische opdracht, waarvan de beschrijving van de gehele keten, de wijze van uitvoering van de duurzaamheidsanalyse en de relevantie van de gesignaleerde verbeterpunten in de beoordeling worden betrokken. Hierbij kan eventueel medebeoordeling plaatsvinden door een deskundige van een milieuorganisatie of consumentenorganisatie of betrokkene bij de productie, distributie of verkoop van het product. Scholen wordt aangeraden om leerlingen de ruimte te bieden om die producten en processen te kiezen die voor betekenisvol leren in de schoolomgeving het meest passend zijn.

### **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.*

### **Toelichting**

Bij dit subdomein richten leerlingen de aandacht op bedrijven, die afnemers zijn van de door de chemische industrie geproduceerde stoffen en materialen. Te denken valt aan producenten van kleurstoffen, geurstoffen, smaakstoffen, kunststoffen, verzorgingsproducten, printerinkt, synthetisch textiel, automobieliindustrie, coatings, lakken en verven enz.

Het gaat om de wisselwerking tussen de ecologische, economische en sociale aspecten van de bedrijfsvoering. Ten aanzien van het gebruik van de stoffen zijn er qua bedrijfsvoering overwegingen over de noodzakelijke kwaliteit, transport van grondstoffen en producten, verpakkingswijze, houdbaarheid, de vestigingsplaats, verschillen in milieuwetgeving in verschillende landen, beschikbaarheid en scholingsgraad werknemers enz.

Leerlingen leren economische en sociale dilemma's identificeren en benoemen, die samenhangen met de ecologische effecten van het gebruik van stoffen op industriële schaal en mogelijkheden op te sporen van maatregelen die een positief effect hebben op minstens twee aspecten van duurzaam ondernemen. Belangrijke begrippen zijn o.a. De triple P benadering, ketenbeheer en afwenteling.

### **Suggesties voor onderwijs en examinering**

De school kan ervoor kiezen om in het schoolexamen dit subdomein te koppelen aan een of meer subdomeinen voor het centraal examen. *D5 Procestechnologie, D6 Processen optimaliseren, F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen, G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen en G5 Energie uit koolstofvrije stoffen.*

Dit subdomein kan gekoppeld worden aan de volgende subdomeinen voor het programma voor het schoolexamen: *D1 Industriële processen, D2 Stoffen scheiden en zuiveren, E2 Risicoanalyse en E3 Biotechnologie, G1 Duurzaamheidsanalyse en G2 Ketenbenadering.*

Leerlingen maken gebruik van authentiek bronnenmateriaal voor publieksvoorlichting en bronnenmateriaal uit de beroepssector voor de chemische processen. Een bedrijfsbezoek bijvoorbeeld op een open dag kan deel uitmaken van de leeractiviteiten voor dit subdomein.

Examinering bij voorkeur in een praktische opdracht, al of niet in combinatie van meerdere subdomeinen.

### **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.

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.

### **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.

#### **Toelichting**

Dit subdomein is aangewezen voor het centraal examen. Zie voor de specificatie de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde.





# 5. Mogelijkheden voor toetsing weging (PTA)

## 5.1 Inrichting van het PTA

Volgens het examenbesluit havo/vwo dient het PTA jaarlijks vóór 1 oktober te worden vastgesteld en moet het in elk geval betrekking te hebben op het desbetreffende schooljaar.

In het PTA zijn ten minste de volgende onderdelen opgenomen:

- De onderdelen van het examenprogramma die in het schoolexamen worden getoetst.
- De inhoud van de onderdelen van het schoolexamen.
- De wijze van examinering van de verschillende onderdelen van het schoolexamen.
- De mogelijkheden tot herkansing van de verschillende onderdelen van het schoolexamen.
- De weging van de verschillende onderdelen van het schoolexamen.

In het examenprogramma dat tot 2007 van kracht was, zijn een aantal vormvoorschriften voor het schoolexamen opgenomen. Bij de invoering van de vernieuwde tweede fase vanaf 2007 zijn de keuzemogelijkheden voor scholen voor de vormgeving van het schoolexamen verruimd. Deze verruiming geldt ook voor het examenexperiment Nieuwe Scheikunde.

## 5.2 Overwegingen bij het opstellen van het PTA voor het examenexperiment

Voorafgaand aan het opstellen van het PTA voor het examenexperiment Nieuwe Scheikunde behoort het tot de verantwoordelijkheid van de vaksectie om zich goed te informeren over het formele karakter van het PTA. Tevens is het verstandig om in het kader van het examenexperiment de mogelijkheid open te houden om ondanks het formele karakter van het PTA eventueel tussentijds aanpassingen in het PTA aan te kunnen brengen.

### *Schoolbrede kader*

Het examenexperiment bij het vak scheikunde vindt plaats binnen de algehele kaders die voor het onderwijs in de tweede fase voor het betreffende leerjaar gelden.

Daarin is vastgelegd:

- De verdeling van de 320 slu voor scheikunde bij havo over het vierde en vijfde leerjaar en de de 440 slu voor scheikunde bij vwo over het vierde, vijfde en zesde leerjaar van vwo.
- Het aantal scheikundelessen per periode in de opeenvolgende schooljaren op het rooster.
- Het aantal perioden en eventueel periodisering.
- De mogelijkheid voor keuzewerktijd en studiebegeleidingsuren.
- Lesvrije toetsweken of toetsen gedurende het schooljaar volgens rooster.
- De herkansing van onderdelen van het schoolexamen.

- De voortgangsrapportage en het aantal rapporten.
- Procedures voor bevordering naar het volgend schooljaar.
- De verhouding van de schoolexamenonderdelen tot de afgelegde voortgangstoetsen.
- Vormvoorschriften voor het PTA.

Tevens is het in het belang van de leerlingen gewenst dat binnen de jaarlaag afstemming is over o.a.:

- Spreiding van schriftelijke toetsen en praktische opdrachten over het schooljaar.
- Koppeling met examenonderdelen van andere vakken.
- Het aantal dagen lesuitval door schoolgebonden buitenschoolse activiteiten als werkweken, sporttoernooien, excursies, verlof voor eigen bijscholing, vergaderingen enzovoort.
- Het toetsen van de algemene vaardigheden als taalvaardigheden, informatievaardigheden.
- De organisatie van oriëntatie op studie en beroep en de rol van de vakken daarin.

#### *Bètabrede kader*

In veel scholen hebben de natuurwetenschappelijke secties al afspraken gemaakt over o.a.:

- Het toetsen van domein A Vaardigheden bij de vakken biologie en scheikunde (voor het profiel Natuur & Gezondheid) en scheikunde en natuurkunde (bij het profiel Natuur & Techniek) en met ANW (vwo).
- Afstemming over de aard van de toetsen en praktische opdrachten.
- Afstemming over de weging van schriftelijke toetsen en andere examenonderdelen voor het schoolexamen.
- Afstemming op de inhoud en wijze van toetsing van ANW.
- Eventuele vakoverstijgende onderdelen van het schoolprogramma.
- Het opnemen van voor het centraal examen aangewezen subdomeinen in het schoolexamen, hoeveel en wanneer.
- De invulling van de door de school te bepalen onderdelen van het scheikundeprogramma en de wijze van examinering.
- De voorbereiding op de schoolexamenonderdelen en het centraal examen.

#### *Experimenteel examen Nieuwe Scheikunde*

De gewenste detaillering in de beschrijving van de onderdelen van het PTA is in het algemeen op schoolniveau aangegeven. Voor het PTA van het experimenteel examen Nieuwe Scheikunde kan het wenselijk zijn om een meer algemeen en globaler PTA op te stellen. In het algemeen verdient een korte typering en een globale omschrijving van de vakinhoud de voorkeur boven een gedetailleerde beschrijving. Een te gedetailleerde beschrijving kan door onvoorziene omstandigheden in de loop van het schooljaar leiden tot knelpunten voor leerlingen en docenten en een officiële wijziging van het PTA noodzakelijk maken. Dat is niet het geval bij een meer globale beschrijving.

De vakinhoud voor een schriftelijke toets kan in het PTA bijvoorbeeld globaal beschreven worden als 'door vaksectie te bepalen onderdelen over atoombouw, zouten en onderzoeksmethoden'.

In de studiewijzer kan dan per periode meer gedetailleerd worden uitgewerkt welke pagina's uit de lesmodulen, huiswerkopgaven, beeldmateriaal, aantekeningen en andere bronnen tot de leerstof voor deze toets behoren. Het is zeer aan te bevelen om in elke studiewijzer de clausule

'Wijzigingen voorbehouden' op te nemen, zodat het mogelijk is om gedurende de onderwijsperiode nog wijzigingen in de te examineren stof aan te brengen. Bij een praktische opdracht of onderzoek volstaat de omschrijving 'door vaksectie/docent te bepalen praktische opdracht'.

Als de school kiest voor het opnemen van andere vakonderdelen in het programma voor het experimenteel schoolexamen Nieuwe Scheikunde volstaat het om dat in het PTA globaal te typeren als bijvoorbeeld 'door docent te bepalen thema' of 'actualiteitsopdracht' of 'verbredingsopdracht' of 'verdiepingsopdracht'. Het is niet aan te bevelen om in het PTA specificaties op te nemen als 'door leerling te bepalen thema', ook al is de school of de vaksectie voornemens om leerlingen de ruimte te geven hierin enige eigen keuzes te maken.

Het PTA is een wettelijke regeling en het mag niet zo zijn dat ouders met het PTA in de hand de weg naar de rechter zoeken om wettelijk af te dwingen dat hun zoon of dochter een thema voor een schoolexamenonderdeel kiest dat niet aan de criteria van de vaksectie voldoet.

### **5.3 Weging van de onderdelen van het schoolexamen**

De school mag zelf bepalen hoe de weging is tussen de verschillende onderdelen van het schoolexamen. Voor het experimenteel schoolexamen Nieuwe Scheikunde kan daarbij worden overwogen om af te wijken van de bètabrede of schoolbrede afspraken die daar mogelijk voor gelden. Deze weging moet wel vooraf voor het gehele schooljaar en de gehele schoolexamenperiode worden vastgesteld.

### **5.4 Voorbeeld PTA voor het experimenteel examen havo**

Voor het examenexperiment havo van het cohort 2007/2008 is aan te bevelen om niet eerder dan leerjaar vijf te starten met toetsen van onderdelen van het schoolexamen. In leerjaar 4 is er wel voortgangstoetsing voor het beoordelen van de leerontwikkeling. Bij volgende cohorten in het examenexperiment havo, het cohort 2008/2009 havo kan er ook voor gekozen worden om enkele handelingsdelen in het PTA op te nemen, bijvoorbeeld over onderzoeks- en ontwerpvaardigheden, vaktaal, rekenvaardigheid enz. Als de school kiest voor handelingsdelen, is de regeling daarvoor in het examenexperiment niet anders dan in de tweede fase vanaf 1998.

Hieronder volgt een voorbeeld van een PTA voor een school met een jaarindeling in 4 perioden. De weging tussen schriftelijke toetsen en praktische opdrachten is 60%-40%, te verdelen over drie perioden. Hiervoor is gekozen omdat havo-leerlingen, meer dan vwo-leerlingen, baat hebben bij leerondersteuning van het programma voor het centraal examen door middel van een drietal schriftelijke toetsen over steeds ongeveer een kwart van de stof voor het centraal examen.

In elke periode is een schriftelijke toets en een praktische opdracht in het PTA opgenomen. Het grootste deel van het programma voor het centraal examen maakt ook deel uit van het programma voor het schoolexamen, maar bij de meeste subdomeinen is dat als onderdeel van een praktische opdracht en niet in de vorm van een schriftelijke toets.

Het is van belang om in het PTA zichtbaar te maken op welke wijze de voormalige ANW-eindtermen A2.7 t.m. A 2.9 worden geëxamineerd.

Bij de weging van de verschillende onderdelen ligt de grootste nadruk op de eerste en tweede periode van het vijfde leerjaar. In de derde periode kan er door middel van vermindering van de wegingsfactor op ingespeeld worden dat deze periode voor de examenklassen meestal wat korter is in verband met de herkansing van het schoolexamen. In onderstaand voorbeeld is de laatste periode in het vijfde leerjaar niet ingevuld, deze is bestemd voor examentraining voor het centraal examen.

#### PTA Voorbeeld voor havo

leerjaar	periode	Stof	T/PO	weging
5	1	<b>B1 Stoffen aantonen</b> <b>B2 Standaardbepalingen</b> <b>B3 Standaardmethoden en -technieken</b> <b>E1 Monitoringsonderzoek</b> <b>E2 Preventie</b> <i>A2.1 Onderzoek</i> <i>A 2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden</i> <i>A3.1 Risico inventarisatie en veilig werken</i>	PO	15%
		C2 Microstructuren (deels) C3 Relatie microstructuur en eigenschappen (deels) C5 Typen reacties (deels) <i>A3.2 Vaktaal</i>	T	20%
	2	<b>C1 Reactiesnelheid bepalen</b> <b>D1 Grootschalige productie van stoffen</b> <b>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</b> <b>E3 Industriële productie van stoffen</b> <b>G1 Duurzaam produceren</b> <b>G2 Ketenganalyse</b> <i>A2.8 Toepassing van kennis</i> <i>A2.9 De invloed van natuurwetenschap en techniek</i> <i>A3.2 Vaktaal</i>	PO	15%
		C2 Microstructuren (deels) C3 Relatie microstructuur en eigenschappen (deels) C4 Bindingen vormen en verbreken (deels) C5 Typen reacties(deels) C6 Reactiesnelheid en evenwichten (deels) D6 Rendement G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	T	25%

	3	<b>B4 Digitale modellen</b> <b>D3 Synthese volgens voorschrift</b> <b>F1 Materiaalanalyse</b> <b>F2 Innovatie van materialen</b> <b>F3 Spin off</b> F4 Moleculaire basis van materialen <i>A 2.2 Ontwerpen</i> <i>A2.3 Modelvorming</i> <i>A2.7 Kennisvorming</i>	PO	10%
		C3 Relatie structuur en eigenschappen (deels) C4 Bindingen vormen en verbreken (deels) E1 Kwaliteitscontrole <i>A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden</i>	T	15%

Examinering alleen in het centraal examen:

- B5 Data verzamelen en verwerken
- D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden
- D5 Industriële processen
- E4 Stoffen in het lichaam
- G4 Koolstofvrije energiebronnen.

## 5.5 Voorbeeld PTA voor het experimenteel examen vwo

Voor het examenexperiment vwo is aan te bevelen om niet eerder dan halverwege leerjaar vijf onderdelen van het schoolexamen in toetsvorm(en) af te nemen. In leerjaar 4 is het wel gewenst aandacht te hebben voor voortgangstoetsing en voor het beoordelen van de leerontwikkeling bij leerlingen. In de eerste helft van leerjaar vijf kunnen wel eventueel enkele handelingsdelen in het PTA worden opgenomen, bijvoorbeeld die over onderzoeks- en ontwerpvaardigheden, ontwerpvaardigheden, vaktaal, rekenvaardigheid enz. Als de school kiest voor handelingsdelen, is de regeling daarvoor in het examenexperiment niet anders dan in de tweede fase vanaf 1998. Het is aan te bevelen om alleen handelingsdelen in het PTA op te nemen als dat binnen de school bij meerdere vakken een naar het oordeel van docenten goed verlopend examenonderdeel is.

Hieronder volgt een voorbeeld van een PTA voor een school met een jaarindeling in 4 perioden. De weging tussen schriftelijke toetsen en praktische opdrachten is 50%-50%, te verdelen over vijf perioden.

In elke periode is een schriftelijke toets en een praktische opdracht in het PTA opgenomen. Het grootste deel van het programma voor het centraal examen maakt ook deel uit van het programma voor het schoolexamen, maar bij de meeste subdomeinen is dat als onderdeel van een praktische opdracht en niet in de vorm van een schriftelijke toets.

Bij de weging van de verschillende onderdelen kan eventueel meer nadruk worden gelegd op de tweede helft van het vijfde leerjaar en de eerste periode van het zesde leerjaar. In de tweede periode van het zesde leerjaar kan de wegingsfactor verminderd worden in verband met de afronding van het profielwerkstuk. In de derde periode kan

door middel van vermindering van de weging er op ingespeeld worden dat deze periode voor de examenklassen meestal wat korter is in verband met de herkansing van het schoolexamen. Er valt ook wat te zeggen voor gelijke weging van alle onderdelen, ook al zijn sommige onderdelen meer omvangrijk en/of, in het algemeen minder moeilijk en andere onderdelen minder omvangrijk maar juist wel complex en gebaseerd op meer voorkennis.

In onderstaand voorbeeld is de laatste periode in het zesde leerjaar niet ingevuld. Deze periode is bestemd voor examentraining voor het centraal examen.

#### PTA Voorbeeld voor vwo

leerjaar	periode	Stof	T/PO	weging
5	1	<i>Handelingsdeel A2 Natuurwetenschappelijke en technische vaardigheden</i>		–
	2	<i>Handelingsdeel A3.2 Vaktaal</i>		–
	3	<b>B1 Kwalitatieve analyse</b> <b>B2 Kwantitatieve Analyse</b> <b>B3 Analysemethoden en – technieken in ontwikkeling</b>	PO	10%
		C3 Microstructuren (deels) C6 Typen reacties (deels) <i>A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden</i>	T	10 %
	4	C5 Bindingen (deels) <b>D1 Industriële chemische processen</b> <b>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</b> <b>D3 Synthese volgens voorschrift</b> D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie D6 Processen optimaliseren <b>G2 Integraal ketenbeheer</b> <b>G3 Duurzaam ondernemen</b>	PO	10%
		C2 Microstructuren (deels) C3 Relatie microstructuur en eigenschappen (deels) C5 Typen reacties (deels)	T	10%
6	1	<b>B4 Molecular modelling</b> <b>C1 Reactiesnelheid onderzoeken</b> <b>C2 Structuuronderzoek</b> C7 Reactiesnelheid en evenwichten E4 Chemische processen in het lichaam	PO	10%

		C3 Relatie microstructuur en eigenschappen (deels) C6 Typen reacties (deels) <i>A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden</i>	T	10%
	2	<b>E3 Biotechnologie</b> <b>F1 Materiaalanalyse</b> <b>F2 Ontwerpstrategie</b> <b>F3 Industriële spin off</b>	PO	10%
		C4 Relatie structuur en eigenschappen (deels) C5 Bindingen (deels) F4 Moleculaire basis van innovatieve processen	T	10%
	3	<i>A3.1 Risico inventarisatie en veilig werken</i> <b>E1 Kwaliteitscontrole</b> <b>E2 Risico analyse</b> <b>G1 Duurzaamheidsanalyse</b> G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	PO	10%
		C4 Relatie structuur en eigenschappen (deels) C5 Bindingen (deels) E1 Kwaliteitscontrole <i>A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden</i>	T	10%

Examinering alleen in het centraal examen:

- B5 Onderzoek
- D5 Procestechologie
- G5 Energieproductie uit koolstofvrije bronnen





# 6. Afstemming met andere vakken

## 6.1 Doorlopende leerlijn scheikunde van onderbouw naar tweede fase

De inhoud van het scheikundeonderwijs in havo en vwo is wettelijk vastgelegd in een zeer beperkt aantal regelingen:

1. De kerndoelen van de nieuwe onderbouw.
2. Het examenprogramma voor de tweede fase met de verdeling van het programma voor het centraal examen en schoolexamen.
3. De syllabus voor het centraal examen.
4. De richtlijnen voor de vorm en inhoud van het schoolexamen.

Scholen stellen binnen deze voorschriften zelf het volgende vast:

- De onderwerpen en diepgang in het leerplan voor het leergebied Mens en Natuur of voor de afzonderlijke natuurwetenschappelijke vakken in leerjaar 1 en 2.
- De onderwerpen en diepgang van het scheikundeleerplan (of natuurscheikunde leerplan) in het derde leerjaar.
- Het instapniveau in de tweede fase (kennis en vaardigheden of competentieontwikkeling).
- Het programma voor het schoolexamen.
- De mate van afstemming en samenhang binnen de vakleerplannen natuurkunde, scheikunde, biologie bij vakoverstijgende projecten in de onderbouw.

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde beschrijft wat leerlingen aan het eind van de tweede fase over scheikunde moeten hebben geleerd. Het omvat de gehele leerroute vanaf het eerste leerjaar.

In het examenprogramma is niet vastgelegd wat leerlingen daarvan al in de onderbouw zouden moeten of kunnen leren en wat het gewenste instapniveau in de tweede fase is. Scholen maken dus zelf keuzen over onderwerpen uit het examenprogramma, die in de onderbouw al geheel of gedeeltelijk aan bod komen. Dat is in overeenstemming met de autonomie van scholen.

Wel volgt uit de wetgeving voor de onderbouw de nadrukkelijke opdracht aan scholen zorg te dragen voor een doorlopende leerlijn en aandacht voor de oriëntatie van leerlingen op hun mogelijkheden in hun onderwijsloopbaan.

Daarnaast maken scholen eigen keuzes bij de inrichting van de onderbouw.

Organisatorische overwegingen bij het maken van deze keuzes zijn bijvoorbeeld:

- Aparte havo en vwo-klassen of heterogene havo-vwo-klassen.
- Natuurscheikunde of natuurkunde en scheikunde in het derde leerjaar.
- De beschikbaarheid van praktijklokalen en TOA-ondersteuning.

Ook didactische overwegingen hebben invloed op de keuze voor het programma in het derde leerjaar bijvoorbeeld:

- De balans tussen vakkennis en vaardigheden.
- De keuze voor fenomenologische aspecten van het vak of een vroege introductie van het deeltjesdenken.

Leerplankundige overwegingen bepalen mede het programma voor het derde leerjaar o.a:

- De nadruk op vakverbindende leerlijnen zoals onderzoeken en ontwerpen, wiskundige en rekenvaardigheden en taalvaardigheden.
- De oriëntatie op profielkeuze.
- De versterking aansluiting onder- en bovenbouw.
- De versterking van het bètaonderwijs binnen de school.
- Samenwerkingsprojecten met organisaties buiten school.
- Uitdagende programma's voor getalenteerde leerlingen.
- Nadruk op taalondersteuning voor allochtone leerlingen.
- Engelstalig science-onderwijs in scholen voor tweetalig onderwijs.

Al deze factoren maken duidelijk dat het scheikundeleerplan in de tweede fase een weloverwogen keuze voor de inhoud van het leerplan voor het derde leerjaar noodzakelijk maakt.

Een aantal onderdelen van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde kunnen inderdaad al in het onderbouwprogramma worden opgenomen. Dat houdt vanzelfsprekend ook in dat deze onderwerpen in de tweede fase niet hoeven worden 'overgedaan'. Van leerlingen in de tweede fase mag verwacht worden dat ze, al of niet opdrachtgestuurd, deze kennis en vaardigheden uit het onderbouwprogramma kunnen opfrissen en toepassen in nieuwe probleemstellingen.

Veel leerplannen (en onderwijsmethodes) zijn cyclisch opgebouwd rond een aantal thema's, die in de basisvorming, het derde leerjaar en in de tweede fase beetje bij beetje worden uitgebouwd. Een risico daarvan is dat in plaats van het opfrissen van voorkennis (waarbij de leerlingen actief zijn) de docent keer op keer 'van voor af aan met het onderwerp begint'. Voor leerlingen kan dit demotiverend werken, want bij deze aanpak duurt het lang voor ze hun kennis mogen uitbreiden. De uitdaging is om in alle leerjaren leerlingen die mate van verdieping aan te reiken die ze in die fase kunnen hanteren. Dus liever minder onderwerpen in de onderbouw en derde leerjaar, maar wel met meer diepgang, zeker voor vwo en gymnasium.

Het leerplan van het derde leerjaar kan daarom ook opgezet worden vanuit het examenprogramma. Contexten kunnen worden ontleend aan de themavelden van de subdomeinen D tot en met G, waarbinnen leerlingen zich met een zekere diepgang een aantal concepten uit het domein C eigen maken. Tevens kunnen leerlingen in contexten uit deze themavelden hun vaardigheden m.b.t. de onderzoeksmethoden en –technieken (vwo analysemethoden en – technieken) uitbouwen.

Hieronder geven we een aantal suggesties voor het programma voor het derde leerjaar havo en vwo in het perspectief van doorlopende leerlijnen. In de tabel zijn de onderdelen van het programma voor het schoolexamen cursief aangegeven.

Suggesties doorlopende leerlijn van 3 havo naar 4 havo

Havo	Derde leerjaar
<b>AVaardigheden</b>	
A1 Algemene vaardigheden	<p>Het gericht selecteren van informatie o.a. door het formuleren van informatiezoekvragen</p> <p>Het kritisch beoordelen van informatie o.a. door het verifiëren van informatie bij meerdere bronnen</p> <p>Het verwerken van informatie o.a. door het gebruik van woordvelden en andere strategieën (vak Nederlands)</p> <p>Bij communicatie nadruk op afstemmen op de doelgroep</p> <p>Reflectie op leren als aangrijpingspunt voor de profieloriëntatie en – keuze</p> <p>Aandacht voor studie en beroep voor verband tussen het vakonderwijs op school en de betekenis van het vak in de maatschappij</p>
A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden	<p>Natuurwetenschappelijke onderzoeksvaardigheden en technische ontwerpvaardigheden in een leerlijn vanaf het eerste leerjaar en in samenhang.</p> <p>Modelvorming in samenhang met wiskunde</p> <p>Redeneren en Waarderen en oordelen als kwaliteitsimpuls, zeker voor leerlingen die in de tweede fase geen scheikunde meer hebben.</p> <p>Onderhouden van rekenkundige vaardigheden ( ook uit het primair onderwijs) en toepassingsvaardigheid van wiskundige vaardigheden uit de eerste twee leerjaren.</p> <p>Kennisvorming, toepassing van kennis en invloed van natuurwetenschap en techniek als kwaliteitsimpuls, zeker voor leerlingen die in de tweede fase geen scheikunde meer hebben.</p>
A3 Vakspecifieke vaardigheden	<p>Vrijwel alle eindtermen van A3.1 met name A3.1.1, A3.1.2, A3. 1.3 in eenvoudige berekeningen, A3.1.4, A3.1.5 en A3.1.6.</p> <p>Een gedeelte van de eindtermen van A3.2 <i>Vaktaal</i>, met name A3.2.1., A3.2.2, A3.2.3, een gedeelte van A3.2.5 en A3.2.6, A3.2.7, A3.2.9 en A3.2.10, A3.2.11, een gedeelte van A3.2.12, A3.2.13, A3.2.14, A3.2.15 en A3.2.16</p> <p><i>Nog niet</i></p> <p>Namen en formules van ionen en zouten</p> <p>Rekenen met de mol, molaire massa, molariteit, molverhoudingen, pH en pOH, atoommassa, molecuulmassa en ionmassa</p> <p>Eventueel A3.2.8</p>

<b>B Onderzoeksmethoden en -technieken</b>	
<i>B1 Stoffen aantonen</i>	<i>Werkplan opstellen voor practicum en eigen onderzoek, practicum met een aantal aantoningsreacties en indicatoren (B5.2 en B5.3), toepassen van deze aantoningsreacties in een eigen onderzoek.</i>
<i>B2 Standaardbepalingen</i>	<i>Uitvoeren van eenvoudige gravimetrische bepalingen, gebruik van pH sticks in samenhang met het rekenen aan massapercentages en massaverhoudingen bij reacties</i>
<i>B3 Standaard methoden en – technieken</i>	<i>Kennismaken met instellingen die door standaardonderzoek kwaliteit van lucht, water, voeding monitoren Kennismaken met het automatiseren van onderzoekstechnieken</i>
<i>B4 Digitale modellen</i>	<i>Kennismaken met 3 D modellen in verschillende vormen van (macro) moleculen en animaties van processen</i>
B5 Data verzamelen en verwerken	Enkele eindtermen met name B5.1, B5.2, deels B5.3, B5.10 (gravimetrie)
<b>C Structuren en reacties</b>	
<i>C1 Reactiesnelheid bepalen</i>	<i>Eenvoudige proeven doen over de reactiesnelheid en hieruit de invloed van concentratie, temperatuur en het effect van een katalysator afleiden Eventueel in samenhang met energiediagram en exo- en endotherme reacties.</i>
C2 Microstructuren	Enkele eindtermen o.a. C2.2, C2.3, een gedeelte van C2.4, enkele onderdelen van C2.5 en C2.6
C3 Relatie microstructuur en eigenschappen	Enkele eindtermen o.a. C3.1, deels C3.2, deels C3.5
C4 Bindingen vormen en verbreken	Enkele eindtermen o.a. C4.2, C4.3, deels C4.4, deels C4.5
C5 Typen reacties	Deels C5.1.
C6 Reactiesnelheid en evenwichten	Deels C6.1, deels C6.2, deels C 6.3, deels C6.4
<b>D Synthesen</b>	
<i>D1 Grootschalige productie van stoffen</i>	<i>Kennismaken met voorbeelden van industriële processen en deze in een blokschema weergeven (ook D6) en de praktijk van de chemische industrie</i>
<i>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</i>	<i>Aan de hand van practicum scheidings- en zuiveringsmethoden toepassen. Deze vergelijken met de toepassing in industriële processen. (ook D4 en D5) Samenhang met rendementsberekeningen (D6)</i>
<i>D3 Synthese volgens voorschrift</i>	<i>Een eenvoudige bereiding van een stof volgens een voorschrift op laboratoriumschaal. Samenhang met opschalen en zuiveringsmethoden voor industriële toepassing. Samenhang met afvalreductie en energiereductie op laboratoriumschaal en grootschalig</i>
D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden	D4.1 en D4.2 vrijwel volledig

D5 Industriële processen	D5.1, D5.2 en D5.3 vrijwel volledig
D6 Rendement	Een gedeelte van D6.1, D6.3 en D6.4
<b>E Chemie van het leven</b>	
<i>E1 Monitoringsonderzoek</i>	<i>Kennismaken met voorbeelden uit het werkteerrein van Nederlandse instellingen voor kwaliteitsonderzoek. Informatie van kwaliteitsonderzoek uit publicaties in het publieke domein selecteren en verwerken. De betrouwbaarheid van deze onderzoeksresultaten beoordelen.</i>
<i>E2 Preventie</i>	<i>Informatie over het risico van stoffen selecteren en de relevantie daarvan kritisch beoordelen voor de gegeven probleemstelling (proeven of onderzoek, maatschappelijk) Aan de hand van concrete voorbeelden (interviews, bedrijfsbezoek, gastdocent) inzicht geven in de impact van de nadruk op veilig werken en veilig omgaan met stoffen in de chemische industrie en in onderzoeksinstellingen. En de communicatie van instellingen met het publiek daarover. Kan in samenhang met domein G, G1 en G2.</i>
<i>E3 Industriële productie van stoffen</i>	<i>Aan de hand van practicum of onderzoek kennismaken met biotechnologie (anaërobe gisting) o.a. productie van alcohol en biogas. Kan in samenhang met G3.</i>
<i>E4 Stoffen in het lichaam</i>	<i>E4.1, , E4.4, E4.5 deels E4.3, deels E4.7, deels E4.9</i>
<b>F Materialen</b>	
<i>F1 Materiaalanalyse</i>	<i>Ervaring opdoen met denken in functies van materialen, van opstellingen bijv een destillatieopstelling. Functies van materialen in verband brengen met eigenschappen bijv bij metalen, kunststoffen en voedingsstoffen</i>
<i>F2 Innovatie van materialen</i>	<i>Ontwerpstrategie toepassen gericht op materiaalinnovatie bijvoorbeeld. kunststoffen(sportmaterialen),materiaalcombinaties (lekvrije fietsbanden), ademende regenpakken enz Nadruk op zelf toepassen, niet op het beschrijven van innovatieve materialen</i>
<i>F3 Spin off</i>	<i>Kennismaken met ondernemersstrategie om niet alleen door schaalvergroting maar ook door spin off de investeringskosten in nieuwe medicijnen en materialen terug te verdienen Kan in samenhang met de voormalige ANW-eindtermen en G2.</i>
<i>F4 Moleculaire basis van materialen</i>	<i>De volgende eindtermen deels F4.2, F4.3, F4.4, F4.5, F4.7</i>

<b>G Duurzame ontwikkeling</b>	
G1 Duurzaam produceren	<i>Aan de hand van een voorbeeld de duurzaamheidsaspecten van een grootschalig productieproces belichten bijvoorbeeld van een rwzi, dwzi, avi, composteerbedrijf, biogascentrale, electriciteitscentrale, betoncentrale, bedrijf in eigen omgeving enz. In ondernemersperspectief.</i>
G2 Ketenanalyse	<i>In het perspectief van een veelgebruikt product (haargel, verzorgingsproduct, verf) de verschillende fasen van 'cradle to grave' of 'cradle to cradle' denken benoemen. Samenhang met waarden en oordelen en G3 m.b.t. energieverbruik</i>
G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	G3.1, G3.3, G3.4 Deels G3.2
G4 Koolstofvrije energiebronnen	Deels G4.1, G4.2, G4.3

*Suggesties doorlopende leerlijn van 3 vwo naar 4 vwo*

<b>Vwo</b>	
<b>A Vaardigheden</b>	
A1 Algemene vaardigheden	<p>Het gericht selecteren van informatie o.a. door het formuleren van informatiezoekvragen</p> <p>Het kritisch beoordelen van informatie o.a. door het verifiëren van informatie bij meerdere bronnen</p> <p>Het verwerken van informatie o.a. door het gebruik van woordvelden en andere strategieën (vak Nederlands)</p> <p>Bij communicatie nadruk op afstemmen op de doelgroep</p> <p>Reflectie op leren als aangrijpingspunt voor de profieloriëntatie en – keuze</p> <p>Aandacht voor studie en beroep voor verband tussen het vakonderwijs op school en de betekenis van het vak in de maatschappij</p>
A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden	<p>Natuurwetenschappelijke onderzoeksvaardigheden en technische ontwerpvaardigheden in een leerlijn vanaf het eerste leerjaar en in samenhang.</p> <p>Modelvorming in samenhang met wiskunde</p> <p>Redeneren en Waarden en oordelen als kwaliteitsimpuls, zeker voor leerlingen die in de tweede fase geen scheikunde meer hebben.</p> <p>Onderhouden van rekenkundige vaardigheden ( ook uit het primair onderwijs) en toepassingsvaardigheid van</p>

	<p>wiskundige vaardigheden uit de eerste twee leerjaren.</p> <p>Kennisvorming, toepassing van kennis en invloed van natuurwetenschap en techniek als kwaliteitsimpuls, zeker voor leerlingen die in de tweede fase geen scheikunde meer hebben.</p>
A3 Vakspecifieke vaardigheden	<p>Vrijwel alle eindtermen van A3.1 met name A3.1.1, A3.1.2, A3.1.3 in eenvoudige berekeningen, A3.1.4, A3.1.5 en A3.1.6.</p> <p>Een gedeelte van de eindtermen van A3.2 <i>Vaktaal</i>, met name A3.2.1., A3.2.2, A3.2.3, een gedeelte van A3.2.5 en A3.2.6, A3.2.8, A3.2.10, A3.2.11, A3.2.12, vrijwel geheel A3.2.13, A3.2.14, A3.2.15, A3.2.16 en A3.17</p> <p><i>Nog niet</i></p> <p>Namen en formules van ionen en zouten</p> <p>Rekenen met de mol, molaire massa, molariteit, molverhoudingen, pH en pOH, atoommassa, molecuulmassa en ionmassa</p> <p>Eventueel A3.2.9</p>
<b>B Analysemethoden en - technieken</b>	
B1 Kwalitatieve analyse	<p><i>Werkplan opstellen voor practicum en onderzoek, practicum met een aantal aantonningsreacties en indicatoren (B5.2 en B5.3), toepassen van deze aantonningsreacties in een eigen onderzoek.</i></p>
B2 Kwantitatieve analyse	<p><i>Uitvoeren van eenvoudige gravimetrische bepalingen, gebruik van pH sticks in samenhang met het rekenen aan massapercentages en massaverhoudingen bij reacties</i></p>
B3 Analysemethoden en -technieken in ontwikkeling	<p><i>Kennismaken met instellingen die door standaardonderzoek kwaliteit van lucht, water, voeding monitoren</i></p> <p><i>Kennismaken met het automatiseren van onderzoekstechnieken</i></p>
B4 Molecular modelling	<p><i>Kennismaken met 3 D modellen in verschillende vormen van (macro) moleculen en animaties van processen</i></p>
B5 Onderzoek	<p>Enkele eindtermen met name B5.1, B5.2, deels B5.3, B5.10 (gravimetrie)</p>

<b>C Structuren en reacties</b>	
<i>C1 Reactiesnelheid onderzoeken</i>	<i>Eenvoudige proeven doen over de reactiesnelheid en hieruit de invloed van concentratie, temperatuur en het effect van een katalysator afleiden Eventueel in samenhang met energiediagram en exo- en endotherme reacties.</i>
<i>C2 Structuuronderzoek</i>	
<i>C3 Microstructuren</i>	Deels C3.1, deels C3.2, C3.3, een gedeelte van C3.4, enkele onderdelen van C3.6 en C3.8
<i>C4 Relatie structuren en eigenschappen</i>	Enkele eindtermen o.a. C4.1, deels C4.2, deels C4.6, C4.9 Eventueel C4.3
<i>C5 Bindingen</i>	Enkele eindtermen o.a. C5.2, C5.3, deels C5.4, deels C5.5, deels C5.6
<i>C6 Typen reacties</i>	Deels C6.1
<i>C7 Reactiesnelheid en evenwichten</i>	Deels C7.1, deels C7.2, deels C 7.3, deels C7.7
<b>D Synthesen</b>	
<i>D1 Industriële chemische processen</i>	<i>Kennismaken met voorbeelden van industriële processen en deze in een blokschema weergeven (ook D6) en de praktijk van de chemische industrie</i>
<i>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</i>	<i>Aan de hand van practicum scheidings- en zuiveringsmethoden toepassen. Deze vergelijken met de toepassing in industriële processen. (ook D4 en D5) Samenhang met rendementsberekeningen (D6)</i>
<i>D3 Synthese op laboratoriumschaal</i>	<i>Een eenvoudige bereiding van een stof volgens een voorschrift op laboratoriumschaal. Samenhang met opschalen en zuiveringsmethoden voor industriële toepassing. Samenhang met afvalreductie en energiereductie op laboratoriumschaal en grootschalig</i>
<i>D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie</i>	D4.1 en D4.2 vrijwel volledig
<i>D5 Procestecnologie</i>	D5.1, D5.2 ,D5.3 en D5.4 vrijwel volledig
<i>D6 Processen optimaliseren</i>	Een gedeelte van D6.1, deels D6.2, D6.3, deels D6.4, deels D6.4



<b>E Chemie van het leven</b>	
<i>E1 Kwaliteitscontrole</i>	<i>Kennismaken met voorbeelden uit het werkterrein van Nederlandse instellingen voor kwaliteitsonderzoek. Informatie van kwaliteitsonderzoek uit publicaties in het publieke domein selecteren en verwerken. De betrouwbaarheid van deze onderzoeksresultaten beoordelen.</i>
<i>E2 Risicoanalyse</i>	<i>Informatie over het risico van stoffen selecteren en de relevantie daarvan kritisch beoordelen voor de gegeven probleemstelling (proeven of onderzoek, maatschappelijk) Aan de hand van concrete voorbeelden (interviews, bedrijfsbezoek, gastdocent) inzicht geven in de impact van de nadruk op veilig werken en veilig omgaan met stoffen in de chemische industrie en in onderzoeksinstellingen. En de communicatie van instellingen met het publiek daarover. Kan in samenhang met domein G, G1 en G2.</i>
<i>E3 Biotechnologie</i>	<i>Aan de hand van practicum of onderzoek kennismaken met biotechnologie (anaërobe gisting) o.a. productie van alcohol en biogas. Kan in samenhang met G3.</i>
<i>E4 Chemische processen in het lichaam</i>	<i>E4.1, deels E4.3, E4.4, E4.5 deels E4.8, deels E4.9, E4.13, deels E4.14</i>
<b>F Materiaalinnovatie</b>	
<i>F1 Materiaalanalyse</i>	<i>Ervaring opdoen met denken in functies van materialen, van opstellingen bijv een destillatieopstelling. Functies van materialen in verband brengen met eigenschappen bijv bij metalen, kunststoffen en voedingsstoffen</i>
<i>F2 Ontwerpstrategie</i>	<i>Ontwerpstrategie toepassen gericht op materiaalinnovatie bijvoorbeeld kunststoffen (sportmaterialen), materiaalcombinaties (lekvrije fietsbanden, ademende regenpakken) enz Nadruk op zelf toepassen, niet op het beschrijven van innovatieve materialen</i>
<i>F3 Industriële spin off</i>	<i>Kennismaken met ondernemersstrategie om niet alleen door schaalvergroting maar ook door spin off de investeringskosten in nieuwe medicijnen en materialen terug te verdienen Kan in samenhang met de ANW-eindtermen en G2.</i>

F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen	Deels F4.1, F4.2, deels F4.3, F4.5 en F4.6
<b>G Duurzame ontwikkeling</b>	
G1 Duurzaamheidsanalyse	<i>Aan de hand van een voorbeeld de duurzaamheidsaspecten van een grootschalig productieproces belichten bijvoorbeeld van een rwzi, dwzi, avi, composteerbedrijf, biogascentrale, electriciteitscentrale, betoncentrale, bedrijf in eigen omgeving enz. In ondernemersperspectief.</i>
G2 Integraal ketenbeheer	<i>In het perspectief van een veelgebruikt product haarigel, verzorgingsproduct, verf) de verschillende fasen van 'cradle to grave' of 'cradle to cradle' denken benoemen. Samenhang met waarderen en oordelen en G3 m.b.t. energieverbruik</i>
G3 Duurzaam ondernemen	<i>In samenhang met economie en aardrijkskunde, bedrijfssimulatie</i>
G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	G4.1, deels G4.2, G4.3, G4.4, deels G4.5, G4.7
G5 Energie uit koolstofvrije bronnen	Deels G4.1, deels G4.2, G4.4

## 6.2 Afstemming domein A Vaardigheden

Het domein A Vaardigheden is grotendeels gelijklopend voor Nieuwe Biologie, Nieuwe Natuurkunde en Nieuwe Scheikunde en gedeeltelijk gelijklopend met Nieuwe Wiskunde, NLT en ANW. Dit was ook al gerealiseerd in de examenprogramma's natuurkunde, scheikunde, biologie en ANW die vanaf 1998 in de tweede fase zijn gebruikt.

De nieuwe indeling van domein A beoogt scholen een duidelijker kader te bieden voor onderlinge afstemming van de vaardigheden. Vermeld moet worden dat de vaardigheden een beschrijving zijn van wat in de beroepsgroep als kwalitatief goed onderwijs wordt beschouwd. De vakinhoud van de verschillende vakken vormen altijd de context voor het vaardighedenonderwijs.

Voor het domein A1 Algemene vaardigheden is op schoolniveau tweede fase breed afstemming nodig. In verband met de doorlopende leerlijnen van onder- naar bovenbouw is tevens afstemming nodig met de onderbouw.

Voor domein A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden is binnen de school profielbrede en bètabrede afstemming nodig en tevens bètabrede afstemming met de onderbouw.

Voor domein A3 Vakspecifieke vaardigheden is in verband met de samenhang in de begripsontwikkeling van leerlingen afstemming nodig met de vakken scheikunde, biologie en natuurkunde onderbouw en tweede fase.

Mogelijkheden voor afstemming Vaardigheden

	<b>Vakken in de tweede fase</b>	<b>Vakken in de onderbouw</b>
<b>A1 Algemene vaardigheden</b>		
A1.1 Informatievaardigheden	Nederlands, Engels, ANW, Natuurkunde, Biologie	Nederlands, Engels, Geschiedenis, Aardrijkskunde, Natuurkunde, Scheikunde, Biologie
A1.2 Communiceren	Nederlands, Engels, ANW, Natuurkunde, Biologie	Idem
A 1.3 Reflecteren op leren	LOB, natuurkunde, biologie, wiskunde	Activiteiten voor profieloriëntatie en profielkeuze, scheikunde, natuurkunde, biologie, wiskunde
A1.4 Studie en beroep	LOB, natuurkunde, biologie, wiskunde	Activiteiten voor profieloriëntatie en profielkeuze, scheikunde, natuurkunde, biologie, wiskunde
<b>A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden</b>		
A2.1 Onderzoek	Natuurkunde, biologie, ANW	Natuurkunde, biologie, scheikunde
A2.2 Ontwerpen	Natuurkunde, biologie, ANW	Techniek, natuurkunde, scheikunde
A2.3 Modelvorming	Natuurkunde, biologie, ANW, wiskunde	Natuurkunde, biologie, scheikunde, wiskunde, aardrijkskunde
A2.4 Redeneren	Natuurkunde, biologie, wiskunde, Nederlands	Natuurkunde, biologie, scheikunde, wiskunde, Nederlands
A2.5 Waarderen en oordelen	Biologie, natuurkunde, ANW, Nederlands, maatschappijleer	Biologie, natuurkunde, scheikunde, Nederlands
A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden	Natuurkunde, biologie, wiskunde	Natuurkunde, biologie, scheikunde, wiskunde
* A2.7 Kennisvorming	Natuurkunde, biologie	Natuurkunde, biologie, scheikunde
* A2.8 Toepassing van kennis	Natuurkunde, biologie, maatschappijleer	Natuurkunde, biologie, scheikunde
*A2.9 De invloed van natuurwetenschap en techniek	Natuurkunde, biologie, maatschappijleer	Natuurkunde, biologie, aardrijkskunde, scheikunde

<b>A3 Vakspecifieke vaardigheden</b>		
A3.1 Risico inventarisatie en veilig werken	Natuurkunde, biologie	Natuurkunde, biologie, scheikunde
A3.2 Vaktaal	In verband met samenhang met natuurkunde, biologie	Scheikunde, natuurkunde, biologie

\* Alleen voor havo. Voor vwo maken deze eindtermen deel uit van ANW

### 6.3 Afstemming tussen scheikunde en biologie

Bij het centraal examen biologie volgens het geldende examenprogramma vanaf 2007 kunnen vragen worden gesteld waarbij leerlingen scheikundige begrippen moeten kunnen hanteren die niet in het biologieprogramma zijn gespecificeerd. Deze begrippen zijn in een bijlage bij het examenprogramma biologie opgenomen. Zie hiervoor de handreikingen scheikunde en biologie op [www.slo.nl](http://www.slo.nl).

Leerlingen met biologie als extra vak buiten het N&G of N&T profiel kunnen hun scheikundekennis voor biologie zelfstandig bijspijkeren met behulp van de speciaal daarvoor ontwikkelde module "Chemie voor het leven". Deze is te bestellen bij NVON Ledenservice te Princenbeek onder vermelding van Artikel nr 39, Chemie voor het Leven.

Ook in de werkversie syllabus voor het examenprogramma Nieuwe Biologie is vastgesteld welke scheikundige begrippen deel kunnen uitmaken van het experimentele centraal examen biologie. Zie daarvoor de werkversie syllabus Nieuwe Biologie ([www.cevo.nl](http://www.cevo.nl), werkversies havo/vwo).

Een aantal subdomeinen voor het schoolexamen Nieuwe Scheikunde kunnen aansluiten aan op subdomeinen voor het examen biologie volgens het programma van 2007 en volgens Nieuwe Biologie. Om overlap te voorkomen is hierover afstemming gewenst.

Afstemming Nieuwe Scheikunde havo en biologie (cursief schoolexamen)

<i>B Onderzoeksmethoden en -technieken</i>	<i>scheikunde</i>	<i>Biologie 2007</i>	<i>Nieuwe Biologie</i>
<i>B1 Stoffen aantonen</i>	<i>aantoningsreacties</i>	<i>D3 Stofwisseling van de mens</i>	<i>aantoningsreacties</i>
<i>B2 Standaardbepalingen</i>	<i>Chemische meetmethoden</i>	<i>D3 Stofwisseling van de mens</i>	<i>metabolisme</i>
<i>B4 Digitale modellen</i>			<i>metabolisme</i>
<i>C Structuren en reacties</i>			
<i>C1 Reactiesnelheid bepalen</i>	<i>Reactiesnelheidsbepalingen</i>	<i>D2 Stofwisseling van cellen D3 Stofwisseling van de mens</i>	<i>Metabolisme, enzymwerking</i>
<i>E Chemie van het leven</i>			
<i>E2 Preventie</i>	<i>Monitoring bodem, atmosfeer, voedsel</i>	<i>B1 Organismen in relatie tot elkaar en hun omgeving D1 Energiestromen en kringlopen E1 Dynamiek in ecosystemen</i>	<i>Monitoring bodem, atmosfeer, voedsel</i>
<i>E3 Industriële productie van stoffen</i>	<i>Toxiciteit (chronisch en acuut)</i>	<i>D3 Stofwisseling van de mens</i>	<i>Toxiciteit (chronisch en acuut)</i>
<i>G Duurzame ontwikkeling</i>			
<i>G1 Duurzaam produceren</i>	<i>Samenhang in ecologische, economische en sociale effecten van industriële chemische productieprocessen</i>	<i>B1 Organismen in relatie tot elkaar en hun omgeving D1 Energiestromen en kringlopen E1 Dynamiek in ecosystemen</i>	<i>Samenhang in ecologische, economische en sociale effecten van industriële biologische en chemische productieprocessen</i>
<i>G2 Ketenganalyse</i>	<i>Monitoring kwaliteit lucht, water, voedsel en optimaliseren</i>	<i>D1 Energiestromen en kringlopen E1 Dynamiek in ecosystemen</i>	<i>Ecologische effecten en mogelijkheden biotechnologie</i>

*Afstemming Nieuwe Scheikunde vwo en biologie (cursief schoolexamen)*

<b>B Analysemethoden en - technieken</b>	Nieuwe Scheikunde	Biologie (2007)	Nieuwe Biologie
<i>B1 Kwalitatieve analyse</i>	<i>aantoningsreacties</i>	D2 Metabolisme van planten D3 Metabolisme van de mens D4 Celprocessen	aantoningsreacties
<i>B2 Kwantitatieve analyse</i>	<i>chemische meetmethoden</i>	D2 Metabolisme van planten D3 Metabolisme van de mens D4 Celprocessen	metabolisme
<i>B4 Molecular modelling</i>		D4 Celprocessen D5 Eiwitsynthese en biotechnologie	metabolisme
<b>C Structuren en reacties</b>			
<i>C1 Reactiesnelheid onderzoeken</i>	<i>Reactiesnelheidsbepalingen</i>	D2 Metabolisme van planten D3 Metabolisme van de mens D4 Celprocessen D5 Eiwitsynthese en biotechnologie	Metabolisme, enzymwerking
<b>E Chemie van het leven</b>			
<i>E1 Kwaliteitscontrole</i>	<i>Monitoring bodem, atmosfeer, voedsel</i>	B1 Structuren van ecosystemen D1 Energiestromen en kringlopen E1 Dynamiek in ecosystemen	Monitoring bodem, atmosfeer, voedsel
<i>E2 Risicoanalyse</i>	<i>Toxiciteit (chronisch en acuut)</i>	E5 Bescherming van het interne milieu	Toxiciteit (chronisch en acuut)
<i>E3 Biotechnologie</i>	<i>Biosynthese, biokatalyse</i>	D5 Eiwitsynthese en biotechnologie	Biosynthese, biokatalyse
<b>G Duurzame ontwikkeling</b>			
<i>G1 Duurzaamheidsanalyse</i>	<i>Samenhang in ecologische, economische en sociale effecten van industriële chemische productieprocessen</i>	B1 Structuren van ecosystemen D1 Energiestromen en kringlopen E1 Dynamiek in ecosystemen	Samenhang in ecologische, economische en sociale effecten van industriële biologische en chemische productieprocessen
<i>G2 Integraal ketenbeheer</i>	<i>Monitoring kwaliteit lucht, water, voedsel en optimaliseren</i>	D1 Energiestromen en kringlopen E1 Dynamiek in ecosystemen	Ecologische effecten en mogelijkheden biotechnologie

Voor een goede afstemming van onderwijs en toetsing van subdomeinen voor het schoolexamen biologie en scheikunde, die inhoudelijk in elkaars verlengde liggen en elkaar zelfs kunnen overlappen, is overleg nodig tussen de vaksecties biologie en scheikunde. Hierbij kan gekozen worden voor een inspirerende werkwijze door enkele subdomeinen van de beide vakken in één praktische opdracht of toets aan de orde te stellen en te toetsen, waarvan een gedeelte onderdeel is van het schoolexamen scheikunde en een ander gedeelte onderdeel van het schoolexamen biologie. Ook in het examenexperiment Nieuwe Scheikunde kunnen dergelijke vakverbindende examenonderdelen worden opgenomen. Meer ervaring met dergelijke vormen van onderwijs en examinering kan worden opgedaan in de multipilot, waarin een aantal scholen naast voor Nieuwe Scheikunde ook voor Nieuwe Natuurkunde of Nieuwe Biologie meedoen met het examenexperiment.

Als de school er voor kiest om zelf onderdelen van het programma scheikunde aan te wijzen, is een breed scala aan onderwerpen denkbaar uit het grensgebied tussen

biologie en scheikunde. Hierbij kan dan bijvoorbeeld worden gekozen voor thema's uit de interdisciplinaire biochemie dan wel thema's waarbij de scheikundige en biologische aspecten apart worden uitgewerkt.

Het is aan te bevelen om met de gekozen leermiddelen voor biologie en scheikunde een zodanige volgorde te bepalen, dat bij scheikunde die scheikundige begrippen geïntroduceerd kunnen worden die later in het biologieprogramma ook aan bod komen. Omgekeerd biedt het biologieprogramma contexten, waarop bij scheikunde kan worden aangesloten en voortgebouwd.

## 6.4 Afstemming tussen scheikunde en natuurkunde

Tussen het programma Nieuwe Scheikunde en natuurkunde is geen directe 'afhankelijkheidsrelatie' in de zin dat leerlingen natuurkundige kennis uit het natuurkundeprogramma nodig hebben voor scheikunde.

Na 2007 is voor leerlingen in het profiel Natuur & Gezondheid natuurkunde ook geen verplicht profielvak meer, maar één van de profielkeuzevakken.

Dat neemt niet weg dat leerlingen er baat bij hebben als docenten scheikunde en natuurkunde:

- Voor de natuurkundige begrippen dezelfde definities gebruiken.
- Bij natuurkunde aangeven dat de betreffende begrippen ook bij scheikunde voorkomen.
- Bij scheikunde refereren aan die contexten waarin leerlingen de betreffende begrippen bij natuurkunde kregen aangereikt.

In het programma Nieuwe Scheikunde zijn bij een aantal subdomeinen mogelijkheden voor aansluiting op het programma natuurkunde van de tweede fase vanaf 2007 en Nieuwe Natuurkunde.

Afstemming Nieuwe Scheikunde havo met natuurkunde (cursief SE)

	Scheikunde	Natuurkunde 2007	Nieuwe Natuurkunde
<b>D Synthesen</b>			
<i>D1 Grootschalige productie van stoffen</i>	<i>Productieproces van stoffen</i>	B4 Opwekking en transport van elektrische energie E1 Materie en energie	C2 Energieomzettingen
<b>F Materialen</b>			
<i>F1 Materiaalanalyse</i>	<i>Functies en eigenschappen materialen(fysisch-chemisch)</i>	B1 Elektriciteit	D1 Eigenschappen van materialen H Natuurkunde en technologie

<b>G Duurzame ontwikkeling</b>			
<i>G1 Duurzaam produceren</i>	<i>Samenhang in ecologische, economische en sociale effecten van industriële chemische productieprocessen</i>	D2 Kracht, arbeid en energie	C2 Energieomzettingen
G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	Energieproductie Effect luchtkwaliteit biomassa	B4 Opwekking en transport van elektriciteit	C2 Energieomzettingen
G4 Koolstofvrije energiebronnen	elektriciteit	B1 Elektriciteit	C2 Energieomzettingen G1 Gebruik van elektriciteit

*Afstemming Nieuwe Scheikunde vwo met natuurkunde (cursief SE)*

<b>B Analysemethoden en -technieken</b>	Scheikunde	Natuurkunde 2007	Nieuwe Natuurkunde
<i>B3 Analysemethoden en -technieken in ontwikkeling</i>	<i>Chemische meetmethoden</i>	B3 Elektromagnetisme E3 Electromagnetisch spectrum	E2 Elektromagnetische straling en materie
<b>C Structuren en reacties</b>			
<i>C2 Structuuronderzoek</i>	<i>Microscopische technieken, deeltjes</i>	E1 Trilling en golf	E2 Elektromagnetische straling en materie
<b>D Synthesen</b>			
<i>D1 Industriële chemische processen</i>	<i>Productieproces van stoffen</i>	D1 Gas en vloeistof D2 Thermische processen	C2 Energie en wisselwerking
<b>F Materiaalinnovatie</b>			
<i>F1 Materiaalanalyse</i>	<i>Functies en eigenschappen materialen(fysisch-chemisch)</i>	B1 Elektrische stroom D2 Thermische processen	E1 Eigenschappen van stoffen en materialen H Natuurwetten



<b>G Duurzame ontwikkeling</b>			
G1 <i>Duurzaamheidsanalyse</i>	<i>Samenhang in ecologische, economische en sociale effecten van industriële chemische productieprocessen</i>	C3 Arbeid en energie D2 Thermische processen	C2 Energie en wisselwerking
G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	Energieproductie Effect luchtkwaliteit biomassa	C3 Arbeid en energie	C2 Energie en wisselwerking
G5 Energie uit koolstofvrije bronnen	Elektriciteit	B1 Elektrische stroom	C2 Energie en wisselwerking D1 Elektrische systemen

Als de school er voor kiest om zelf onderdelen van het programma scheikunde aan te wijzen, is een breed scala aan onderwerpen denkbaar uit het grensgebied tussen natuurkunde en scheikunde. Hierbij kan dan bijvoorbeeld worden gekozen voor thema's uit de interdisciplinaire fysische, dan wel biofysische chemie dan wel thema's waarbij de scheikundige en fysische aspecten apart worden uitgewerkt. Interessant zijn ook contexten uit de chemische technologie en duurzaamheidvraagstukken, vooral als daarbij energieomzettingen en rendementsberekeningen en -beschouwingen een rol spelen.

Ook een verdere verkenning van de fysische eigenschappen van o.a. synthetische polymeren biedt mogelijkheden voor afstemming tussen natuurkunde en scheikunde. Te denken valt aan geleidende polymeren, nanomaterialen, kogelwerende materialen enzovoort.

## 6.5 Afstemming tussen scheikunde en wiskunde

De voor scheikunde noodzakelijke rekenkundige en wiskundige vaardigheden zijn opgenomen in de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde. Voor een goed begrip van de pH is aan te bevelen dat leerlingen hebben kennisgemaakt met logaritmen. Ook voor het juist verwerken van meetresultaten in grafieken is wiskundige basiskennis nodig. Met de grafische rekenmachine zijn dergelijke berekeningen geautomatiseerd. Voor het kunnen oplossen van lineaire en tweedegraads vergelijkingen is het voor leerlingen prettig als daarvoor bij wiskunde contexten uit de scheikunde worden gebruikt. Dat geldt ook voor voorbeelden van het oplossen van twee lineaire vergelijkingen met twee onbekenden. Het is ook denkbaar dat de wiskundige verwerking van meetgegevens uit scheikundige experimenten als voorbeeld in de wiskundeles aan bod kan komen. Aansluitend op het subdomein Molecular modelling (havo Digitale modellen) kan worden afgestemd op het subdomein Dynamische modellen van Wiskunde D.

## 6.6 Afstemming tussen scheikunde en NLT

Afstemming tussen Nieuwe Scheikunde en NLT kan plaatsvinden in het programma voor het schoolexamen. Dat kan met name binnen de domeinen E *Chemie van het leven*, F *Materiaalinnovatie (havo *Materialen*)* en G *Duurzame ontwikkeling*. De ontwikkeling van NLT is te volgen via [www.betavak-nlt.nl](http://www.betavak-nlt.nl).

## 6.7 Afstemming tussen scheikunde en ANW op vwo

Het programma Nieuwe Scheikunde voor het schoolexamen biedt ruime mogelijkheden om aan te sluiten op en af te stemmen met ANW. Dat geldt met name de maatschappelijk en natuurwetenschappelijke vraagstukken die samenhangen met de ontwikkeling en productie van nieuwe materialen en de effecten op het milieu daarbij.

<b>B Analysemethoden en -technieken</b>	ANW
<i>B3 Analysemethoden en -technieken in ontwikkeling</i>	B1 Kennisvorming
<i>B4 Molecular modelling</i>	B1 Kennisvorming
<b>C Structuren en reacties</b>	
<i>C2 Structuuronderzoek</i>	B1 Kennisvorming
<b>D Synthesen</b>	
<i>D1 Industriële chemische processen</i>	B2 Toepassing van kennis E2 Productie van materialen
<b>E Chemie van het leven</b>	
<i>E1 Kwaliteitscontrole</i>	B1 Kennisvorming B2 Toepassing van kennis B3 De invloed van natuurwetenschap en techniek D2 Duurzame ontwikkeling
<i>E2 Risicoanalyse</i>	B3 De invloed van natuurwetenschap en techniek
<i>E3 Biotechnologie</i>	B2 Toepassing van kennis B3 De invloed van natuurwetenschap en techniek E2 Productie van materialen
<b>F Materiaalinnovatie</b>	
<i>F1 Materiaalanalyse</i>	B2 Toepassing van kennis E2 Productie van materialen
<i>F2 Ontwerpstrategie</i>	B2 Toepassing van kennis E2 Productie van materialen
<i>F3 Industriële spin off</i>	B3 Invloed van natuurwetenschap en techniek
<b>G Duurzame ontwikkeling</b>	
<i>G1 Duurzaamheidsanalyse</i>	D2 Duurzame ontwikkeling
<i>G2 Integraal ketenbeheer</i>	B3 De invloed van natuurwetenschap en techniek D2 Duurzame ontwikkeling
<i>G3 Duurzaam ondernemen</i>	D2 Duurzame ontwikkeling E2 Productie van materialen

Bij ANW biedt het kerndomein B *Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek* brede mogelijkheden om in te zoomen op actuele en toekomstige ontwikkelingen in de chemie en chemische industrie o.a.:

- Ontwikkeling medicijnen.
- Witte biotechnologie.
- Nanotechnologie.

## 6.8 Afstemming tussen scheikunde en Nederlands

Voor een goede afbakening van de bijdrage van het vak scheikunde aan de taalvaardigheden van de leerling is afstemming met Nederlands wenselijk. Bij Nieuwe Scheikunde ligt ook meer dan bij het programma van 2007 nadruk op het zelf verwerven en verwerken van vakgerichte informatie. Daarbij kunnen goede taalvaardigheden, zowel de actieve als passieve taalbeheersing, het rendement van het scheikundeonderwijs verhogen.

Daarom is het van belang dat:

- Docenten scheikunde weten hoe bij Nederlands leesvaardigheden (intensief en extensief lezen) worden aangeboden en welke begrippen en strategieën daarbij voorkomen.
- Docenten Nederlands weten op welke problemen allochtone leerlingen kunnen stuiten bij het bestuderen van scheikundige vakteksten en het gebruiken van vakgerichte bronnen als vakliteratuur en natuurwetenschappelijk- journalistieke artikelen.
- Docenten zo mogelijk afspraken maken over examinering en beoordeling van de taalvaardigheden en informatievaardigheden in het schoolexamen scheikunde.

Zie voor de afstemming tussen deze beide vakken ook de beschrijving van de competentie (vaardigheid) *Communiceren over chemie* en de daar genoemde voorbeelden in paragraaf 8.3 van deze handreiking. Zie voor meer informatie over *Communiceren over chemie* het onderdeel *Actueel of Publicaties* op [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl).

## 6.9 Afstemming tussen scheikunde en Engels/Duits

Als leerlingen zelfstandig bronnen zoeken en raadplegen komen ze al gauw bij Engelstalige bronnen terecht, zeker als ze op zoek zijn naar animaties, schema's en afbeeldingen. Het is aan te bevelen dat ze bij scheikunde vertrouwd raken met het verwerken van informatie uit goedgeïllustreerde Engelse en Duitse websites. Ook als voorbereiding op het vervolgonderwijs, waarin ze bij de natuurwetenschappelijke vakken deels met Engelstalig studiemateriaal moeten werken.

Voor docenten scheikunde is het wenselijk dat ze zich een goed beeld vormen van het type Engelse en Duitse teksten waaruit vwo-leerlingen in de lessen Engels en Duits informatie moeten kunnen halen en verwerken. Meer daarover in *'Moderne vreemde talen in de profielvakken, een natuurlijke context voor mvt-activiteiten op school'*, een uitgave van SLO.

Uit vernieuwende scheikundeprojecten in Duitsland (Chemie im Kontext) en Groot-Brittannië (twentyfirstcentury science) is volop leerlingenmateriaal beschikbaar dat zo duidelijk is dat het zonder vertaling in het Nederlandse onderwijs kan worden ingezet. Bij Science Across the World is een reeks internationale onderzoeksopdrachten

beschikbaar. Voor veel leerlingen zijn deze direct bruikbaar. Het is dus de vraag of hier geldt: eerst alles vertalen of de brontaal leren gebruiken?

Veel lesmateriaal dat is ontwikkeld voor internationale scholen is via internet wereldwijd beschikbaar. Ook Nederlandse docenten en leerlingen kunnen hiervan gebruik maken.

Het groeiend aantal scholen dat in de onderbouw tweetalig onderwijs aanbiedt en het groeiend aantal scheikundedocenten waar in de onderbouw en het vierde leerjaar Chemistry op het lesrooster staat roept de vraag op naar voortzetting van deze ontwikkeling in het (voor-)examenjaar. Binnen het schoolexamen kunnen een aantal Engelstalige examenonderdelen worden opgenomen. De door de VU aangeboden internationale onderzoeksprojecten voor 5 vwo leerlingen "Cool", "Salty" en "Biofuels" sluiten aan op het examenprogramma Nieuwe Scheikunde en bieden leerlingen een houvast voor (academisch) onderzoek naar een verschijnsel dat nieuw is.

## 6.10 Overige afstemmingsmogelijkheden

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde geeft leerlingen meer inzicht in de huidige praktijk van de chemische industrie, wetenschappelijk onderzoek en R&D dan het scheikundeprogramma van 2007.

Daar kan o.a. LOB (Loopbaan Oriëntatie en Begeleiding) op aansluiten. Zo kunnen leerlingen zich zowel binnen de vakken als in een meer op hun persoonlijke oriëntatie gericht traject een beeld vormen van de carrièreperspectieven na een natuurwetenschappelijke of technische HBO of WO opleiding.

### *Aansluitingsmogelijkheden tussen Nieuwe Scheikunde havo en loopbaanoriëntatie (HBO-niveau)*

<b>B Onderzoeksmethoden en - technieken</b>	scheikunde
<i>B2 Standaardbepalingen</i>	<i>Excursies, meeloopdagen</i>
<i>B3 Standaard methoden en – technieken</i>	<i>Excursies, meeloopdagen, aansluitingsprojecten</i>
<i>B4 Digitale modellen</i>	<i>Aansluitingsprojecten</i>
<b>D Synthesen</b>	
<i>D1 Grootschalige productie van stoffen</i>	<i>Excursies, bedrijfsbezoek, gastdocent</i>
<i>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</i>	<i>Excursies, aansluitingsprojecten</i>
<i>D3 Synthese volgens voorschrift</i>	<i>Aansluitingsprojecten</i>
<b>E Chemie van het leven</b>	
<i>E1 Monitoringsonderzoek</i>	<i>Excursies, publieksinformatie, open dagen</i>
<i>E2 Preventie</i>	<i>Gastdocent, publieksinformatie</i>
<i>E3 Industriële productie van stoffen</i>	<i>Excursies, aansluitingsprojecten HBO en WO, publieksinformatie</i>
<b>F Materialen</b>	
<i>F1 Materiaalanalyse</i>	<i>Aansluitingsprojecten (technische) universiteiten en HBO-instellingen, publieksinformatie TNO en R&amp;D instellingen, gastdocent</i>
<i>F2 Innovatie van materialen</i>	<i>Aansluitingsprojecten (technische) universiteiten en HBO-instellingen,</i>

	<i>meeloopdagen, proefstuderen, gastdocent</i>
<i>F3 Spin off</i>	<i>Publieksinformatie gastdocent</i>
<b>G Duurzame ontwikkeling</b>	
<i>G1 Duurzaam produceren</i>	<i>Publieksinformatie, VNCI, bedrijfsbezoek</i>
<i>G2 Ketenganalyse</i>	<i>Bedrijfsbezoek, publieksinformatie</i>

Aansluitingsmogelijkheden tussen Nieuwe Scheikunde vwo en loopbaanoriëntatie (op WO en HBO-niveau).

#### **B Analysemethoden en -technieken**

<i>B2 Kwantitatieve analyse</i>	<i>Aansluitingsprojecten HBO en WO</i>
<i>B3 Analysemethoden en -technieken in ontwikkeling</i>	<i>Excursie naar laboratoria</i>
<i>B4 Molecular modelling</i>	<i>Aansluitingsprojecten HBO en WO</i>

#### **C Structuren en reacties**

<i>C2 Structuuronderzoek</i>	<i>Aansluitingsprojecten HBO en WO, R&amp;D, TNO</i>
------------------------------	--

#### **D Synthesen**

<i>D1 Industriële chemische processen</i>	<i>Excursies, bedrijfsbezoek, gastdocent</i>
---	--

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

<i>E1 Kwaliteitscontrole</i>	<i>Excursies, publieksinformatie, open dagen</i>
<i>E2 Risicoanalyse</i>	<i>Gastdocent, publieksinformatie</i>
<i>E3 Biotechnologie</i>	<i>Excursies, aansluitingsprojecten HBO en WO, publieksinformatie</i>

#### **F Materiaalinnovatie**

<i>F1 Materiaalanalyse</i>	<i>Aansluitingsprojecten (technische) universiteiten en HBO-instellingen, publieksinformatie TNO en R&amp;D instellingen, gastdocent</i>
<i>F2 Ontwerpstrategie</i>	<i>Aansluitingsprojecten (technische) universiteiten en HBO-instellingen, meeloopdagen, proefstuderen, gastdocent</i>
<i>F3 Industriële spin off</i>	<i>Publieksinformatie gastdocent</i>

#### **G Duurzame ontwikkeling**

<i>G1 Duurzaamheidsanalyse</i>	<i>Publieksinformatie, VNCI, bedrijfsbezoek</i>
<i>G2 Integraal ketenbeheer</i>	<i>Bedrijfsbezoek, publieksinformatie</i>
<i>G3 Duurzaam ondernemen</i>	<i>Bedrijfsbezoek, publieksinformatie</i>

De door universiteiten en HBO-instellingen aangeboden aansluitprojecten kunnen docenten ondersteunen bij het onderwijs in die subdomeinen, waar de school niet de benodigde onderzoekapparatuur voor heeft.

Via [www.feelthechemistry.nl](http://www.feelthechemistry.nl), een speciaal voor loopbaanoriëntatie in de chemie ontwikkelde website van Communicatie Centrum Chemie kunnen leerlingen zich oriënteren op het vervolgonderwijs in HBO en WO en de beroepsmogelijkheden. Meeloopdagen, bedrijfsbezoeken en projecten die in instellingen voor het vervolgonderwijs worden uitgevoerd kunnen ook deel uitmaken van het scheikundeprogramma.

Het profielwerkstuk geeft veelal aanleiding tot afstemming met een of meer profielvakken.



# 7. Samenhang

## 7.1 Samenhang binnen het examenprogramma Nieuwe Scheikunde

### *Aard van de domeinen*

Een examenprogramma is een opsomming van domeinen en subdomeinen waarin de onderlinge samenhang wel impliciet, maar niet expliciet is uitgewerkt. In het ontwerp van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde is de ordening van domeinen zodanig aangebracht dat in het onderwijs en de toetsing samenhang tussen de verschillende domeinen kan worden aangebracht en versterkt.

Domein A Vaardigheden beschrijft vaardigheden, die kunnen worden gezien als kenmerken van kwalitatief goed vakonderwijs. De inhoud van dat vakonderwijs wordt door de overige domeinen en subdomeinen gedefinieerd. Domein A komt daarom altijd in samenhang met de overige domeinen aan bod.

Domein B Analysemethoden en – technieken ( havo Onderzoeksmethoden en – technieken) geeft een beschrijving van chemische vakmethoden en – technieken voor toepassing en ontwikkeling van chemiekennis. De subdomeinen voor het schoolexamen hangen nauw samen met algemene en vakvaardigheden uit domein A en een aantal subdomeinen uit de domeinen C t.m. G.

Domein C Structuren en reacties is een uitwerking van de centrale concepten van de scheikunde, de vakkennis en vakinzichten die de basis vormen voor de maatschappelijke, wetenschappelijke en eigen experimentele toepassingen. Dit domein hangt enerzijds samen met domein B en anderzijds met de domeinen D t.m.F. De domeinen D t.m. F beschrijven vier belangrijke toepassingssectoren van de scheikunde op basis van vakkennis en vakinzichten uit domein C in samenhang met domein A en/of B. Binnen deze domeinen is tevens samenhang die voorkomt uit het perspectief op de toepassingssector. Het perspectief van duurzame ontwikkeling (G1 en G2) hangt bijvoorbeeld samen met industriële productie (D1) en de kwaliteitscontrole van lucht, water en bodem (E1)

### *Mogelijkheden voor samenhang van domein A met overige domeinen*

Eindtermen van domein A worden bij examinering in het centraal examen en het schoolexamen gekoppeld aan vakinhoudelijke subdomeinen. Het examenprogramma geeft verder geen richting aan de wijze waarop die koppeling plaatsvindt. Aangezien domein A m.u.v. subdomein A3 Vakvaardigheden gelijklopend is voor Nieuwe Biologie, Nieuwe Natuurkunde, Nieuwe Scheikunde, NLT en waar mogelijk ook voor Nieuwe Wiskunde en wiskunde D is het noodzakelijk om de examinering van de vaardigheden evenwichtig te spreiden over enerzijds de domeinen van het betreffende examenprogramma en anderzijds de verplichte profielvakken en profielkeuzevakken in het NG en NT profiel.

Hieronder geven we een suggestie voor de koppeling van de eindtermen uit domein A Vaardigheden met de overige subdomeinen in het onderwijs en de toetsing. De suggesties komen voort uit de formulering van de globale subdomeinen.

Samenhang domein A met de overige domeinen havo

	A1.1	A1.2	A1.3	A1.4	A2.1	A2.2	A2.3	A2.4	A2.5	A2.6	A2.7	A2.8	A2.9	A3.1	A3.2
B1		x			x						x			x	x
B2		x		x	x					x	x	x		x	
B3	x			x							x				
B4							x								
B5	x	x			x			x		x					x
C1				x	x		x			x				x	x
C2	x						x								x
C3							x	x							x
C4							x								x
C5		x									x				x
C6															x
D1	x			x								x	x		
D2			x		x									x	
D3		x			x	x			x	x				x	
D4	x							x			x				x
D5	x														x
D6										x					
E1	x			x				x		x		x		x	
E2	x				x				x	x		x	x	x	
E3		x	x										x	x	
E4											x				x
F1	x					x		x				x		x	
F2		x	x	x		x	x				x	x			
F3		x				x							x		
F4												x			x
G1	x			x				x	x			x	x		
G2	x							x	x			x	x	x	
G3												x	x		x
G4										x		x	x		x



Samenhang domein A met de overige domeinen vwo

	A1.1	A1.2	A1.3	A1.4	A2.1	A2.2	A2.3	A2.4	A2.5	A2.6	A3.1	A3.2
<b>B1</b>		x			x						x	x
<b>B2</b>		x		x	x					x	x	
<b>B3</b>	x			x								
<b>B4</b>							x					
<b>B5</b>	x	x			x			x		x		x
<b>C1</b>				x	x		x			x	x	x
<b>C2</b>	x			x	x		x					x
<b>C3</b>	x				x							x
<b>C4</b>					x			x				x
<b>C5</b>					x							x
<b>C6</b>		x										x
<b>C7</b>												x
<b>D1</b>	x			x								
<b>D2</b>			x		x						x	
<b>D3</b>		x			x	x			x	x	x	
<b>D4</b>	x							x				x
<b>D5</b>	x											x
<b>D6</b>										x		
<b>E1</b>	x			x				x		x	x	
<b>E2</b>	x				x				x	x	x	
<b>E3</b>		x	x								x	
<b>E4</b>												x
<b>F1</b>	x					x		x			x	
<b>F2</b>		x	x	x		x	x					
<b>F3</b>		x				x						
<b>F4</b>												x
<b>G1</b>	x			x				x	x			
<b>G2</b>	x							x	x		x	
<b>G3</b>	x								x		x	
<b>G4</b>												x
<b>G5</b>										x		x

*Mogelijkheden voor domein B in samenhang met de domeinen C t.m. F*

Domein B beschrijft methoden en technieken die worden toegepast bij het verifiëren van de twee centrale concepten van de scheikunde en het monitoren van chemische processen en de kwaliteit van stoffen, de lucht, het water en de bodem. Daaruit vloeit voort dat een aantal subdomeinen van domein B samenhangen met subdomeinen uit de domeinen C t.m. F. Zie hiervoor onderstaand overzicht.

vwo						havo					
	B1	B2	B3	B4	B5		B1	B2	B3	B4	B5
C1		x	x		x	C1		x	x		x
C2			x	x		C2				x	
C3				x		C3					
C4						C4				x	
C5				x		C5	x			x	
C6	x			x		C6					x
C7					x						
D1			x			D1			x		
D2			x		x	D2			x		x
D3	x	x	x		x	D3	x	x	x		x
D4			x	x	x	D4			x	x	x
D5						D5					
D6			x			D6			x		
E1	x	x		x	x	E1	x	x		x	x
E2			x	x	x	E2			x	x	x
E3			x		x	E3			x		x
E4	x					E4	x				
F1						F1					
F2			x	x		F2			x	x	
F3						F3					
F4			x			F4			x		
G1				x		G1				x	
G2				x		G2				x	
G3						G3					
G4	x	x	x		x	G4					
G5			x		x						

*Mogelijkheden voor domein C in samenhang met de domeinen D t.m. F*

Bij het vernieuwen van het scheikundeprogramma is als uitgangspunt gekozen voor onderwijs en toetsing in een wisselwerking tussen contexten en concepten. Domein C beschrijft de concepten. Contexten komen voort uit de vier toepassingssectoren in de domeinen D t.m. F. Zie hiervoor onderstaand overzicht. Contexten kunnen eveneens voortkomen uit domein B, de samenhang van domein B en C is in bovenstaand overzicht weergegeven.

vwo								havo							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7		C1	C2	C3	C4	C5	C6	
D1	x		x	x	x	x	x	D1	x	x	x	x	x	x	
D2	x		x	x	x	x	x	D2	x	x	x	x	x	x	
D3					x	x		D3				x	x		
D4			x		x			D4		x		x			
D5			x					D5		x					
D6	x			x	x	x	x	D6	x		x	x	x	x	
E1				x		x		E1			x		x		
E2	x			x		x	x	E2	x		x		x	x	
E3		x	x	x				E3		x	x				
E4	x		x	x	x	x	x	E4	x	x	x	x	x	x	
F1			x	x	x	x		F1		x	x	x	x		
F2		x	x	x				F2		x	x				
F3								F3							
F4	x	x	x	x	x	x	x	F4	x	x	x	x	x	x	
G1						x		G1					x		
G2						x		G2					x		
G3						x		G3		x	x	x	x		
G4			x	x	x	x		G4	x	x	x	x	x	x	
G5	x		x	x	x	x	x								

Mogelijkheden voor onderlinge samenhang tussen de domeinen D t.m. F vwo

	D1	D2	D3	D4	D5	D6		E1	E2	E3	E4		F1	F2	F3	F4	
E1	x	x		x		x											
E2	x	x	x	x													
E3	x	x		x	x	x											
E4																	
F1									x	x	x						
F2								x	x	x	x						
F3	x	x		x	x			x									
F4						x			x								
G1	x	x		x	x	x		x	x							x	
G2	x	x		x	x	x		x	x	x						x	
G3	x	x		x	x	x		x		x						x	
G4	x				x	x		x	x	x	x		x			x	
G5	x				x	x		x	x								

## 7.2 Samenhang met Nieuwe Biologie en Nieuwe Natuurkunde

Omdat scheikunde enerzijds aansluit op biologie en anderzijds op natuurkunde is bij het ontwerp van het examenprogramma expliciet rekening gehouden met scheikundige eindtermen gericht op disciplinaire verdieping die aan kunnen sluiten bij eindtermen in het biologie- of natuurkundeprogramma.

Op basis van ervaring met de implementatie van projecten waarin samenhang tussen vakken een van de ontwerpcriteria was wordt duidelijk, dat de ambitie niet te hoog moet liggen.

Dit is de conclusie uit de evaluatie van o.a. het gebruik van de ontwerp opdrachten Technologie&Samenleving en Ontwerpen voor Duurzaamheid

([www.techniek12plus.nl](http://www.techniek12plus.nl)), de implementatie van de speciaal ontwikkelde modulen binnen het SLO project Samenhang in profielen ([www.samenhangindetweedefase.nl](http://www.samenhangindetweedefase.nl)) en de ervaringen met samenhangend natuurwetenschappelijk onderwijs in de onderbouw (schoolcurricula).

Het is een goed beginpunt om onderwijs in samenhang op te zetten vanuit twee profielvakken, gedragen door docenten die zich daarvoor in willen zetten. Vervolgens kunnen docenten met vakken die aansluiten aanhaken en de samenhang verbreden. Samenhang zit IN de docent, wie ervoor open staat signaleert kansen voor samenhang in programma's en knelpunten bij leerlingen door het ontbreken van samenhang. Samenhang vergt een goede kennis van de onderwijsprogramma's en leermiddelen van de andere vakken profielvakken en een helder beeld van hoe leerlingen leren. Het is aan de docent om door middel van leeractiviteiten de samenhang voor leerlingen zichtbaar te maken en uit te bouwen. Samenhang is dus meer te zien als proces dan als product. Eerst in het handelen van de docent die dit vervolgens bij de leerling bewerkstelligt en de leermiddelen daartoe aanpast.

De gewenste opbrengst is dat leerlingen kennis en vaardigheden uit natuurkunde bijvoorbeeld ook aan kunnen wenden bij scheikunde of biologie. Of denkpatronen in de ordening van disciplinaire kennis van biologie leren transformeren naar bijvoorbeeld scheikunde. Of door het oog van de natuurkundige en de scheikundige leren kijken bij dezelfde probleemstelling.

Contexten als bindende factor voor samenhang kunnen gekunsteld overkomen. Het gevaar is dat het teveel lateraal wordt uitgewerkt en leerlingen ontevreden achterblijven, want ze zijn erop gericht zich disciplinair te verdiepen. Dit is een duidelijke leerervaring uit de evaluatie van de waardering van leerlingen uit de N-profielen voor ANW.

Het is de kunst om voor het onderwijs een zodanige probleemstelling te kiezen dat onafwendbaar is dat voor het oplossen van die probleemstelling disciplinaire verdieping in twee vakken noodzakelijk is. Bijvoorbeeld bij transportprocessen in het lichaam is het onafwendbaar dat geschakeld wordt tussen organismaal niveau (biologie) en deeltjesniveau (scheikunde). Vervolgens kan de samenhang worden geïdentificeerd en benoemd.

### 7.3 Randvoorwaarden voor het versterken van samenhang

Hoewel docenten cruciaal zijn voor onderwijs en toetsing in samenhang zijn er een aantal randvoorwaarden die onderwijs en toetsing in samenhang kunnen ondersteunen en versterken.

Te denken valt aan:

1. Examenprogramma's waarin kansen voor vakinhoudelijke samenhang duidelijk zijn geïdentificeerd (eindtermen die aansluiten op eindtermen van een ander vak).
2. Gedetailleerde beschrijving van de specificatie voor het centraal examen zodat voor niet vakdeskundigen eenduidig zichtbaar is wat leerlingen wel en wat niet moeten kennen en kunnen bij de andere vakken.
3. Zorgvuldige screening op congruentie in de vocabulaire van vakverbindende begrippen (energie, elektron, proton, DNA, stoffen (scheikunde), materialen, materie (natuurkunde) in de programma's, zeker voor die eindtermen die overlappen.
4. Voorbeelden van probleemstellingen waarin meervoudige disciplinaire verdieping onafwendbaar is. Het is voldoende deze in grote lijnen uit te werken (blauwdruk), waarna docenten deze binnen de randvoorwaarden van de school in meer of mindere mate in samenhang verder aankleden gericht op het beoogde leertraject van de leerlingen. Dit is ALTIJD maatwerk.
5. Kiezen voor versterken van samenhang op het niveau van overkoepelende begrippen (energie, evenwicht, deeltjesmodellen) die binnen de discipline een relatie hebben met een aanzienlijk netwerk aansluitende vakbegrippen (het fundament van de disciplines vervlechten).
6. Voorbeelden van toetsinstrumenten voor de leeropbrengst van de leerlingen. Dit scherpt de discussie tussen docenten aan en voorkomt dat de disciplinaire verdieping onvoldoende gewicht krijgt.
7. Het spreekt vanzelf dat de samenhang van vakinhoud en vaardigheden zowel binnen het vak als profielbreed wordt afgestemd.

Kansrijke samenhangprojecten voor Nieuwe Scheikunde met ander vakken sluiten aan op vakinhoud die bij voorkeur sterk profiel- en disciplinair gekleurd is.:

- Biologie en Scheikunde.
- Natuurkunde en Scheikunde.

In de uitwerking lijkt het verstandig om te kiezen voor nadruk op een van de volgende natuurwetenschappelijke vaardigheden als verbindende factor, waarbij docenten zich gemakkelijk een beeld van de leeractiviteiten kunnen vormen:

- Onderzoeken.
- Ontwerpen.
- Modelleren (dat kan ook mathematiseren zijn).

Samenhangprojecten over eindtermen in het programma voor het CE roepen de vraag op in hoeverre samenhang ook in het centraal examen gestalte zou kunnen krijgen. Gekozen kan worden voor vakinhoud in het CE van het ene profielvak in samenhang met vakinhoud in het SE van een ander profielvak.

Goed uitvoerbaar zijn kleinschalige, met scholen ontwikkelde samenhangprojecten van vakinhoud uit twee vakken in het programma voor het schoolexamen. Dat sluit aan op schoolontwikkeling en levert in de vorm van 'good practices' ook een bijdrage aan vakontwikkeling in meer samenhang. Als leerschool voor een brede ontwikkeling van onderwijs in samenhang zijn dergelijke samenhangprojecten heel waardevol. Uit de evaluatie van de voorbereiding, opstart en uitvoeringsfase van een dergelijk project kunnen een reeks do's en don't's voor samenhangprojecten ontsloten worden.

#### *Voorbeelden*

Het is niet nodig om te wachten op speciaal ontwikkelde samenhangprojecten. Bij de ontwikkelde lesmodulen voor Nieuwe Scheikunde zijn een aantal modulen die goed uitgebouwd kunnen worden gericht op het versterken van de samenhang met biologie of natuurkunde. Bij de meeste ontwikkelteams voor Nieuwe Scheikunde ontstond tijdens het ontwikkeltraject vanzelf de behoefte aan meer samenhang met biologie of natuurkunde.

Vanaf 2000 zijn daarnaast modulen in overige projecten ontwikkeld, die na redactie ook aansluiten op de subdomeinen voor Nieuwe Scheikunde. Zie hiervoor o.a. de handreiking voor het schoolexamen scheikunde 2007 en de handreikingen Nieuwe Biologie en Nieuwe Natuurkunde

# 8. Onderdelen naar keuze van de school

## 8.1 Ruimte in het programma

Een belangrijk doel van de globale formulering van subdomeinen is het scheppen van ruimte in het programma voor het schoolexamen. De school bepaalt zelf hoe omvangrijk en tot welke diepgang subdomeinen in het schoolexamen worden geëxamineerd. Tevens kan de school ervoor kiezen om eigen vakonderdelen aan het programma voor het schoolexamen toe te voegen. In de vormvoorschriften voor het schoolexamen is daarover ook de clause opgenomen 'Indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: andere vakonderdelen, die per kandidaat kunnen verschillen'. Voor de keuzeonderdelen heeft de school een aantal opties, die in de volgende paragrafen kort worden uitgewerkt. Een bijzonder aspect is dat de onderdelen naar keuze van de school niet voor alle leerlingen hetzelfde hoeven zijn. Dat schept ruimte om binnen de keuzeonderdelen ook de samenhang met de andere profielvakken te versterken en dat kan per leerling verschillen.

vwo

Het examenprogramma scheikunde is gebaseerd op 400 slu, maar voor scheikunde in de tweede fase na 2007 is 440 slu beschikbaar. Dan is dus 40 slu niet ingevuld – dat is de ruimte voor o.a. practicum. Binnen het programma voor het schoolexamen kan gekozen worden voor meer nadruk op de subdomeinen voor het schoolexamen, maar ook voor het scheppen van ruimte voor onderdelen naar eigen keuze. Deze onderdelen vallen onder het schoolexamen.

havo

De studielast van het scheikundeprogramma in havo beslaat in totaal 320 uur. Hiervan is ca. 40 slu bestemd voor ANW. Door het aanwijzen van een deel van het programma voor het centraal examen en een ander deel voor het schoolexamen ontstaat ruimte voor door de school te kiezen vakonderdelen. Deze onderdelen vallen onder het schoolexamen.

## 8.2 Practicum, eigen onderzoek, ontwerp en modelleren

Uit de probleemanalyse van de verkenningscommissie in 2002 en de vele veldadviesbijeenkomsten met docenten vanaf 2003 is duidelijk naar voren gekomen dat het practicum een prominente rol in het scheikundeonderwijs dient te spelen. Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde biedt daarvoor ruime mogelijkheden.

*Practicum*

Het practicum kan in het onderwijs meerdere functies hebben:

1. Voorbereiding op het aanleren van concepten.
2. Middel tot het aanleren van concepten.
3. Afleiden van concepten uit experimenten.
4. Verificatie van de concepten.
5. Oefening in het kunnen toepassen van de concepten en vakbegrippen.
6. Examinering.

Deze vormen van practicum kenmerken zich door een nogal gesloten karakter, met duidelijke handelingsinstructies en een beperkt aantal uitwerkingsrichtingen. Een aantal subdomeinen in het havo programma hebben een zodanig afgebakende formulering, dat ze aansluiten op een meer gesloten vorm van practicum. Bovendien geven dergelijke practica leerlingen de mogelijkheid om ervaring op te doen met enkele standaardmethoden en –technieken die in het vakgebied worden gebruikt o.a. voor monitoringsonderzoek.

#### *Eigen onderzoek*

In scheikundeonderwijs gericht op een wisselwerking tussen contexten en concepten krijgt het practicum een duidelijker onderzoeks karakter. Daarmee hangt samen dat de onderzoeksvragen niet zo zeer alleen voortkomen uit het leerplan van de docent, maar mede door leerlingen gegenereerd worden. De docent speelt wel een belangrijke rol bij het structureren en selecteren van de door leerlingen opgeworpen onderzoeksvragen. Aangezien onderzoek altijd teamwork is, gebeurt dit in de klas ook in de vorm van werkgroepen, die in samenspraak met elkaar en de docent keuzes maken over de onderzoeksvragen die ze aan gaan pakken.

De leerlingwerkgroepen stellen zelf een werkplan op, doen bronnenonderzoek, overleggen met de TOA over de noodzakelijke materialen en praktische begeleiding bij de uitvoering, bespreken kritisch de resultaten, trekken conclusies en evalueren alle fasen van het onderzoek en de betrouwbaarheid van de conclusie. Deze werkwijze in het scheikundeonderwijs vormt een belangrijke bijdrage aan een gedegen profielwerkstuk, omdat leerlingen hun basis aan onderzoeks- en ontwerpvaardigheden sterk verbreden.

Voor het beschrijven van de onderzoeksvaardigheden in de vorm van competenties verwijzen we naar het competentieveld *Vakmethoden voor kennisontwikkeling* in paragraaf 8.3.

#### *Technisch ontwerpen*

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde biedt tevens een duidelijk vakinhoudelijk kader voor het verder ontwikkelen van de technische ontwerpvaardigheden. Bij een aantal lesmodulen Nieuwe Scheikunde voor het derde leerjaar wordt hiervoor een basis gelegd. Of, wordt die basis uitgebouwd als technisch ontwerpen in de nieuwe onderbouw binnen de school in het leerplan duidelijk de aandacht heeft gekregen. Vanaf 2002 hebben docenten en leerlingen uit projecten als Techniek 15+ een aantal strategieën uit de beroepspraktijk van technisch ontwerpers aangereikt gekregen, waarmee leerlingen binnen scheikundige contexten:

- Kunnen kennismaken met de fasen van het ontwerpproces.
- Delen van het ontwerpproces zelfstandig kunnen leren uitvoeren.
- Alle fasen van een ontwerp van probleemanalyse tot en met het testen van het prototype en evaluatie van het ontwerpvoorstel zelfstandig kunnen uitvoeren.

Wie als docent eenmaal over de drempel van technisch ontwerpen heen is, raakt enthousiast en gemotiveerd door het enthousiasme, de motivatie, creativiteit en resultaten van de leerlingen. Veelal maken leerlingen al eerder bij ANW kennis met technisch ontwerpen, waardoor binnen de profielvakken de ontwerp opdrachten ook vakinhoudelijk meer diepgang kunnen krijgen. Voor vwo kan hierover worden afgestemd met ANW. Voor havo verdient het aanbeveling om technisch leren ontwerpen binnen het scheikundeprogramma aan te bieden, omdat daardoor zowel de NG als NT-leerlingen zich deze vaardigheden kunnen eigen maken.

Het is aan te bevelen dat leerlingen bij de verplichte natuurwetenschappelijke profielvakken (biologie en scheikunde enerzijds en scheikunde en natuurkunde anderzijds) zoveel ervaring en inzicht in ontwerpen opdoen, dat zij voor een



profielwerkstuk op een gelijkwaardige basis hun keus kunnen maken voor een ontwerp dan wel voor een onderzoek.

#### *Modelleren*

In het examenprogramma Nieuwe Scheikunde is het modelleren als instrument voor kennisontwikkeling duidelijk verankerd, als vaardigheidseindterm én als vakinhoudelijk subdomein binnen het domein B. Bij scheikunde kan daarbij worden gedacht aan wiskundig modelleren (COACH, POWERSIM en andere software) en aan digitale computermodellen. De nog te verschijnen module Molecular Modelling van het docentenhandboek Nieuwe Scheikunde geeft een korte beschrijving van voor het onderwijs beschikbare software en suggesties voor het gebruik bij het examenexperiment Nieuwe Scheikunde. Aangezien het experimentele examen Nieuwe Scheikunde, net als het huidige examen, een examen op papier en niet digitaal zal zijn, zal examinering van deze vaardigheden in het programma voor het schoolexamen moeten worden opgenomen.

### **8.3 Vernieuwende projecten**

Uit de probleemanalyse van de Verkenningcommissie is in 2002 naar voren gekomen dat docenten het oude examenprogramma vanaf 1998 als een keurslijf hebben ervaren en vernieuwende projecten daardoor niet in de scheikundeklassen hebben kunnen landen. Met globale subdomeinen voor het schoolexamen en de mogelijkheid voor door de school te bepalen onderdelen is vanaf 2007 weer ruimte voor deze projecten ontstaan. Het onderwijs voor het examenexperiment Nieuwe Scheikunde is op verzoek van de betreffende scholen uitsluitend gebaseerd op vernieuwende projecten, zoals de ontwikkelde lesmodulen Nieuwe Scheikunde en overige bestaande vernieuwende scheikundeprojecten die aan de beoogde leerontwikkeling worden aangepast.

Voor het examenexperiment Nieuwe Scheikunde wordt uitgegaan van onderwijs in een wisselwerking tussen contexten en concepten in een modulair opgezet leerplan. De leerontwikkeling van concepten en vakbegrippen kan langs meerdere leerlijnen plaatsvinden, zowel bij havo als bij vwo.

Dit is een belangrijke voorwaarde voor onderwijs dat in staat is zichzelf te blijven vernieuwen, zoals de vernieuwingscommissie in 2003 in het visiedocument "Chemie tussen context en concept, ontwerpen voor vernieuwing" heeft voorgesteld. Moderniseren van het onderwijs vindt volgens die visie in de toekomst plaats door het actualiseren van de contexten.

Een belangrijke voorwaarde voor onderwijs dat zich zo kan blijven vernieuwen is een door de vaksectie opgesteld vakleerplan, dat voortdurend geëvalueerd en bijgesteld wordt. Vernieuwen is daarmee een continue proces geworden, dat na de invoering van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde niet meer landelijk aangestuurd wordt, maar gevoed wordt door de schoolontwikkeling en de visie op scheikundeonderwijs van de vaksectie. Vakconferenties, nascholing en intercollegiale uitwisseling vormen een belangrijke inspiratie voor de school- en vakontwikkeling.

In de handreiking voor het schoolexamen bij het examenprogramma 2007 is een overzicht opgenomen van vernieuwende projecten die voorafgaand aan of gelijktijdig met de modulen Nieuwe Scheikunde zijn ontwikkeld. Deze handreiking is te downloaden via [www.slo.nl](http://www.slo.nl).

#### *Modulen Nieuwe Scheikunde*

Meer informatie over de ontwikkelde modulen Nieuwe Scheikunde is beschikbaar via [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl). Deze modulen zijn niet alleen bestemd voor de scholen van het examenexperiment. Ze worden aan belangstellende scholen beschikbaar gesteld voor eventuele opname in het programma voor het schoolexamen binnen het examenprogramma scheikunde vanaf 2007.

In schooljaar 2004-2005 zijn ruim 100 scholen i.s.m. coaches uit het vervolgonderwijs en de projectgroep Nieuwe Scheikunde gestart met het ontwikkelen en in de schoolpraktijk testen en evalueren van modulen Nieuwe Scheikunde voor het derde leerjaar. Een gedeelte van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde kan in het vakleerplan voor het derde leerjaar worden opgenomen, zodat een doorlopende leerlijn van kerndoelen voor de nieuwe onderbouw, het derde leerjaar en de tweede fase gerealiseerd kan worden.

Vanaf 2006 zijn modulen voor de tweede fase ontwikkeld en getest in aansluiting op de werkversie van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde en een door de projectgroep uitgewerkte toelichting van de globale subdomeinen. Diezelfde toelichting heeft als startdocument gediend voor de syllabuscommissie bij het opstellen van een werkversie van de specificatie van het programma voor het centraal examen. In deze handreiking is de toelichting op de subdomeinen voor het programma voor het schoolexamen overgenomen.

#### *Modulen Nieuwe Natuurkunde, Nieuwe Biologie, Nieuwe Wiskunde, Wiskunde D en NLT*

Meer informatie over het examenexperiment en de ontwikkelde modulen Nieuwe Scheikunde is beschikbaar via:

- [www.nibi.nl](http://www.nibi.nl) (zie CVBO)
- [www.nieuwenatuurkunde.nl](http://www.nieuwenatuurkunde.nl)
- [www.betavak-nlt.nl](http://www.betavak-nlt.nl)
- [www.ctwo.nl](http://www.ctwo.nl)

De werkversies handreikingen voor Nieuwe Biologie, Nieuwe Natuurkunde, wiskunde D, NLT en Nieuwe Wiskunde worden gepubliceerd op [www.slo.nl](http://www.slo.nl)

### **8.4 Anticiperen op landelijke invoering van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde**

Na evaluatie van het examenexperiment zal de werkversie van het examenprogramma Nieuwe Scheikunde, de syllabus en de handreiking worden bijgesteld. Landelijke invoering van Nieuwe Scheikunde zal niet eerder plaatsvinden dan vanaf schooljaar 2012. Scholen van het examenexperiment blijven tot de landelijke invoering wel onderwijs aanbieden volgens het examenprogramma Nieuwe Scheikunde en sluiten dit af met een passend centraal examen.

Docenten en teamleiders tweede fase kunnen zich vanaf de start van het examenexperiment actief op de hoogte stellen van de toekomstige inhoudelijke vernieuwingen van het examenprogramma. De regelgeving voor het programma voor het schoolexamen vanaf 2007 geeft scholen ook de ruimte om modulen Nieuwe Scheikunde in het programma voor het schoolexamen op te nemen. Zie voor de verschillen tussen het scheikundeprogramma van 2007 en Nieuwe Scheikunde bijlage 6 en 7.

Als voorbereiding op de landelijke invoering van Nieuwe Scheikunde vanaf 2012 valt te denken aan de volgende manieren om informatie te verwerven:

1. Het op de hoogte blijven van de verdere ontwikkeling van Nieuwe Scheikunde en het examenexperiment via [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) en de nieuwsbrief Nieuwe Scheikunde.
2. Via docentenconferenties en vakbladen en de website de ontwikkelingen volgen en binnen school in het programma voor het schoolexamen toewerken naar een meer geleidelijke invoering.

Om voorafgaand aan de landelijke invoering al ervaring op te doen met onderwijs in een wisselwerking tussen contexten en concepten zijn er de volgende mogelijkheden:

3. Een of meer modules Nieuwe Scheikunde voor het derde leerjaar, eventueel eind tweede leerjaar in het schoolleerplan opnemen.
4. Een of meer geteste modules Nieuwe Scheikunde voor de tweede fase opnemen in het scheikundeprogramma van 2007. Het gebruikte leerboek krijgt daarbij de functie van naslagwerk.
5. In het lesprogramma van de tweede fase schooleigen accenten aanbrengen in de richting van Nieuwe Scheikunde door meer actuele en eigentijdse of toekomstgerichte contexten te gebruiken of schooleigen projecten te kiezen die aansluiten op de vakinhoudelijk vernieuwende domeinen Nieuwe Scheikunde.

In de handreiking voor het schoolexamen 2007 is op verzoek van de docenten van een veldadviesgroep in paragraaf 8.4 van die handreiking een overzicht van beslispunten en acties opgenomen ter voorbereiding op de invoering van het programma van 2007 en de voorbereiding op de invoering van Nieuwe Scheikunde. Na aanpassing van het tijdspad kan dit overzicht ook van nut zijn voor de voorbereiding op de landelijke invoering van Nieuwe Scheikunde.



# 9. Vernieuwing examinering

## 9.1 Centraal examen

Scholen die deelnemen aan het examenexperiment Nieuwe Scheikunde kunnen wel tegelijkertijd deelnemen aan het examenexperiment van een ander vak, maar niet aan de overige examenpilots voor vernieuwing examinering. In de uitwerkingsnotitie Examens Koers VO zijn daarover een aantal voorstellen voor vernieuwing gedaan. Zie voor de volledige tekst van het voorstel

<http://www.minocw.nl/brief2k/2004/doc/59215b.pdf>.

Vanaf 2005/2006 zijn pilots voor flexibele examinering gestart waarin drie volwaardige tijdvakken voor het centraal examen worden opengesteld, te weten in mei, augustus en januari. In deze pilots krijgen leerlingen het recht om drie keer per jaar in één of meer vakken centraal examen af te leggen. Tijdens de pilot (2005-2008) wordt ook onderzocht hoe en of tussentijdse instroom in het hoger onderwijs mogelijk is. Ook is in de uitwerkingsnotitie voorgesteld om het mogelijk te maken dat leerlingen in het voorlaatste jaar een centraal examen afleggen. Leerlingen kunnen dan, binnen het aanbod van de school, één of meer vakken in het voorlaatste jaar afsluiten met een centraal examen.

Een derde voorstel is het mogelijk maken dat havo leerlingen in een of meer vakken op vwo-niveau examen doen. In het kader van de aanpassingen van de tweede fase per 2007 is de wet op het voortgezet onderwijs gewijzigd. In deze wet is geregeld dat havo leerlingen op vwo niveau examen mogen doen, nu niet alleen in het vrije deel, maar ook in het gemeenschappelijk en het profieldeel. Het diploma blijft echter een havo-diploma.

Voor natuurkunde 1,2 en biologie lopen experimenten met complex-examens (centraal examen per computer). Meer informatie hierover vindt u op <http://www.citogroep.nl/vo/ce/compex/> en [www.cevo.nl](http://www.cevo.nl). In de voorbereidingsfase van het examenexperiment Nieuwe Scheikunde is geconstateerd dat het niet verstandig is om zowel de nieuwe vakinhoud (Nieuwe Scheikunde) als de examenvorm (digitaal) in één experiment aan de schoolpraktijk te toetsen.

In de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde worden voorbeeldopgaven opgenomen, die zullen illustreren op welke wijze de vraagstelling in het experimentele centraal examen kan veranderen.

## 9.2 Schoolexamen

De regelgeving voor het schoolexamen geeft scholen de ruimte om in het schoolexamen een aantal stappen te zetten in de richting van vernieuwing van de examinering. Binnen het schoolexamen kunnen ook examenvormen worden opgenomen waarmee op een gevarieerde manier de leerontwikkeling van leerlingen in een wisselwerking van contexten en concepten kan worden beoordeeld.

Een bijzonder aspect van de regelgeving vanaf 2007 is dat in het programma voor het schoolexamen onderdelen kunnen voorkomen, die per leerling mogen verschillen. Met andere woorden, het PTA is niet langer uniformerend. Dat schept ruimte om binnen de profielen N&G en N&T te kiezen voor ofwel profielverdiepende examenonderdelen ofwel profielverbredende onderdelen.

Voor vernieuwing van de schoolexamens mogen we ook veel verwachten van interactie van de netwerkscholen Nieuwe Scheikunde met universiteiten en hogescholen. Scholen die nog niet ingestapt zijn kunnen dit proces volgen en zich ook binnen het 'klassieke' programma vanaf 2007 laten inspireren tot meer gevarieerde examenvormen.

Daarbij valt te denken aan:

- Openboek toetsen.
- Groepstoetsen.
- Schriftelijke toets met bronnenmateriaal dat een week voor de toets aan leerlingen wordt uitgereikt.
- Modules gevolgd en getoetst binnen het vervolgonderwijs.
- Praktijktoetsen o.a. van een stage.
- Practicumtoetsen.
- Nationale Scheikunde Olympiade.
- Internationaal Baccalaureaat.
- Digitale toetsen, eventueel met meerdere afnamemomenten per jaar.

Tijdens een themabijeenkomst van de vernieuwingscommissie scheikunde met docenten over vernieuwing van examinering kan worden geconcludeerd dat vaksecties scheikunde een grote behoefte hebben aan ondersteuning bij het vernieuwen van schriftelijke schoolexamens. Deze bestaan nu veelal uit een selectie van vragen uit de toetsenbundel bij de gekozen onderwijsmethode en fragmenten uit opgaven voor het centraal examen.

Het is aan te bevelen om de evaluaties van de centrale examens scheikunde havo/vwo van 2002 en 2003 als informatiebron te gebruiken voor het selecteren en construeren/aanpassen van schriftelijke vragen voor het schoolexamen uit centrale examens. Zie daarvoor <http://www.utwente.nl/elan/> onder Interne publicaties. Het opstellen van een toetsmatrijs met leerstof en variatie van vraagtypen vormt ook een bruikbare strategie voor het schoolexamen. Van groot belang is echter wel dat de toelichting op de subdomeinen voor het schoolexamen voorbeeldmatig en niet bindend is. Het vakleerplan van de school geeft aan tot in welke omvang en diepgang de subdomeinen door leerlingen moeten worden beheerst.

### **9.3 Schoolexamen op basis van competentieontwikkeling**

Scholen kunnen er voor kiezen om het schoolexamen te baseren op competentieontwikkeling van leerlingen.

Voor het voortgezet onderwijs zijn vier competentievelden te onderscheiden:

1. Vakmethoden voor kennisontwikkeling.
2. Vakkennis en vakinzicht.
3. Communiceren.
4. Oordelen en reflecteren.

Bij de toelichting op de subdomeinen voor het schoolexamen is steeds aangegeven welke competentieontwikkeling leerlingen naar aanleiding van de betreffende vakinhoud kunnen doormaken.

Zie voor meer informatie ook de module van het docentenhandboek Nieuwe Scheikunde *Ontwerp van een leerlijn en toetslijn Nieuwe Scheikunde*, te downloaden via [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl).

De hieronder weergegeven matrix met niveautypering is niet voorschrijvend van aard, maar vertrekpunt voor verder discussie en ontwikkeling aan de hand van de schoolpraktijk.

De niveautyperingen van de vier competentievelden worden verder toegelicht met voorbeelden uit het 'klassieke' scheikundeprogramma.

In een intern werkdocument is door de projectgroep voor alle subdomeinen nagegaan welke competentievelden tot welk niveau bij dat subdomein worden ontwikkeld. Met name voor het beschrijven van de aansluiting tussen havo en hbo en vwo en wo blijkt dit een praktisch en handig instrument te zijn. Het vervolgonderwijs wordt immers ook volgens vergelijkbare competentievelden beschreven.

Aan belangstellenden kan dit interne werkdocument beschikbaar worden gesteld.

*Matrix voor competentievelden voor het ontwerpen van een toetslijn Nieuwe Scheikunde*

Niveau	Vakmethoden voor kennisontwikkeling	Communiceren	Vakkennis en vakinzicht	Reflecteren en oordelen
I	eenvoudige onderzoeksmethoden en modellen beschrijven en toepassen in een standaard probleemstelling	standaard informatie in verschillende binnen de vakgemeenschap gebruikelijke vormen herkennen en weergeven.	voorkennis over waarnemingen en chemische begrippen ordenen naar aanleiding van een verschijnsel	aangeven welke chemische kennis en inzichten verband houden met een bewering over een stof, materiaal, proces of toepassing van chemie
II	zelf een standaard onderzoeksmethode of model selecteren en toepassen bij eenvoudige probleemstellingen	selecteren van informatie en verwerven van vakkennis uit vakgerelateerde bronnen en deze schriftelijk en/of mondeling presenteren aan 'peers'	concepten en daaraan gerelateerde vakbegrippen kunnen weergeven en toepassen in standaard probleemstellingen	toepassen van chemische kennis en inzichten bij het analyseren en op een objectieve wijze oordelen over een bewering over een stof, materiaal of productieproces
III	zelf een onderzoeksmethode of model selecteren en toepassen bij een meer complexe, nieuwe probleemstellingen	selecteren van informatie en verwerven van vakkennis uit meerdere zelf te kiezen bronnen en de resultaten presenteren aan anderen	concepten en daaraan gerelateerde vakbegrippen met elkaar in verband brengen en toepassen.	met chemische kennis en inzichten argumenten over de juistheid van een meer complexe bewering onderbouwen of weerleggen De bewering betreft een toepassing van chemie

IV	<p>complexe onderzoeksmethoden en analysemodellen op praktisch en theoretisch niveau beschrijven en toepassen bij hiervoor gebruikelijke probleemstellingen</p>	<p>doelgericht en kritisch informatie uit publieke bronnen beoordelen op relevantie voor de op te lossen probleemstelling, deze gebruiken voor de eigen chemisch logische argumentatie en resultaten presenteren aan een specifieke doelgroep.</p>	<p>toepassen van concepten en vakbegrippen bij het ontwerpen van producten en materialen</p>	<p>de gehele keten van het effect van het gebruik van stoffen en productieprocessen op duurzame ontwikkeling analyseren en hierover onderbouwde uitspraken doen.</p>
V	<p>planmatig en doelmatig complexe onderzoeksmethoden en/of modellen selecteren op basis van eigen vakkennis van kernconcepten en deze toepassen bij nieuwe, complexe probleemstellingen.</p>	<p>complexe informatie, ook op theoretisch niveau, uit vakgerelateerde bronnen selecteren, deze toepassen bij het doen van onderzoek en onderzoeksproces en conclusies presenteren aan vakdeskundigen.</p>	<p>toepassen van concepten en vakbegrippen bij het doen van onderzoek naar meer complexe probleemstellingen</p>	<p>argumenten voor en tegen een bewering vanuit verschillende perspectieven beoordelen en interdisciplinaire besluitvormingsprocessen analyseren</p>

### **Competentieveld Vakmethoden voor kennisontwikkeling**

Een aantal van deze vakmethoden beperken zich niet tot scheikunde, maar gelden net zo zeer voor de andere natuurwetenschappelijke vakken. Leerlingen moeten daarmee zelf in de schoolpraktijk ervaring opdoen. Het gaat om het kunnen hanteren van de opgebouwde vakkennis en inzichten bij nieuwe probleemstellingen. Daarbij maken leerlingen bij het onderzoeken, beschrijven en verklaren van verschijnselen op macro (waarnemings-) en micro (moleculair) niveau gebruik van wiskundige en/of digitale methoden bij het oplossen van deze probleemstellingen.

Tot dit competentieveld behoort:

- Zelfstandig scheikundige experimenten uitvoeren.
- Scheikundige verschijnselen op moleculair niveau beschrijven en verklaren.
- Scheikundige reacties op deeltjesniveau interpreteren.
- Zelf onderzoek doen.
- Wiskunde gebruiken bij voor scheikunde representatieve opgaven.
- Met de computer meten, modellen vormen, simuleren en rekenen.

Als illustratie van de vijf beheersingsniveaus lichten we dit in tabel 3 toe met een voorbeeld van de vakmethode chromatografie.



*Beheersingsniveaus van het competentieveld Vakmethoden voor kennisontwikkeling*

<b>Niveau</b>	<b>Algemene beschrijving</b>	<b>Voorbeeld uit de chromatografie</b>
I	eenvoudige onderzoeksmethoden en modellen beschrijven en toepassen in een standaard probleemstelling	uitvoeren en op waarnemingsniveau beschrijven van de scheiding van kleurstoffen van viltstift met behulp van papierchromatografie.
II	zelf een standaard onderzoeksmethode of model selecteren en toepassen bij eenvoudige probleemstellingen	papierchromatografie selecteren en uitvoeren als passende scheidingsmethode bij de probleemstelling of in een monster chlorofyl a en/of chlorofyl b aanwezig is.
III	zelf een onderzoeksmethode of model selecteren en toepassen bij een meer complexe, nieuwe probleemstellingen	verschillende vormen van chromatografie (dunne laag, papier, kolom) tegen elkaar af kunnen wegen bij een nieuwe probleemstelling over de meest geschikte scheidingsmethode voor de scheiding van anthocyanen (kleurstoffen in bloemen) en deze scheiding uitvoeren.
IV	complexe onderzoeksmethoden en analysemodellen op praktisch en theoretisch niveau beschrijven en toepassen bij hiervoor gebruikelijke probleemstellingen	wijze van uitvoering en de theoretische achtergrond beschrijven van een standaardbepaling met HPLC voor het bepalen van de concentratie PAK in een monster drinkwater.
V	planmatig en doelmatig complexe onderzoeksmethoden en/of modellen selecteren op basis van eigen vakkennis van kernconcepten en deze toepassen bij nieuwe, complexe probleemstellingen.	bij een nieuwe, unieke probleemstelling van forensisch onderzoek op basis van de eigen theoretische kennis gel-elektroforese selecteren en toepassen als onderzoeksmethode voor DNA-sporen en een conclusie trekken over de betrouwbaarheid van de resultaten.

**Competentieveld Communiceren**

Bij communiceren gaat het om zowel de communicatie binnen de vakgemeenschap in de gebruikelijke vaktaal (formules, reactievergelijkingen, molecuulstructuren) als om communicatie over chemie in de publieke maatschappelijke en sociale sector (krantenbericht, tv-reportage, achtergrondartikel in tijdschrift).

Tot dit competentieveld behoren o.a.:

- Het in formules en reactievergelijkingen beschrijven en toelichten van concrete chemische verschijnselen.
- Chemisch logisch argumenteren en onderbouwen van verschijnselen en probleemstellingen.
- Op een adequate wijze passend bij publiek en situatie presenteren van chemische kennis, standpunten en resultaten.
- Chemische verschijnselen, kennis en inzicht in gevarieerde vormen weergeven.
- Vakteksten en grafische weergaven interpreteren en daaruit conclusies trekken.

- f. Doelgericht en kritisch informatie selecteren en koppelen aan eigen kennis en inzicht.

Als illustratie van de vijf beheersingsniveaus volgen in tabel 4 enkele voorbeelden.

*Beheersingsniveaus van het competentieveld Communiceren*

<b>Niveau</b>	<b>Communiceren</b>	<b>Voorbeelden, vooral gericht op presenteren</b>
I	standaard informatie in verschillende binnen de vakgemeenschap gebruikelijke vormen herkennen en weergeven.	bij een standaardproef over het aantonen van bepaalde ionen de formules van de stoffen in het voorschrift herkennen en in het verslag gegevens over de reactie uit een informatiebron verwerken
II	selecteren van informatie en verwerven van vakkennis uit vakgerelateerde bronnen en deze schriftelijk en/of mondeling presenteren aan 'peers'	binnen de structuur van een webquest met gegeven bronnen een eenvoudig literatuuronderzoek doen naar de toepassing van een blusmethode zonder water en de conclusies mondeling presenteren binnen een leerlingenteam.
III	selecteren van informatie en verwerven van vakkennis uit meerdere zelf te kiezen bronnen en de resultaten presenteren aan anderen	een 'state of the art' onderzoek doen naar de toepassing van composieten in een nieuw automodel en de conclusies presenteren voor de klas.
IV	doelgericht en kritisch informatie uit publieke bronnen beoordelen op relevantie voor de op te lossen probleemstelling, deze gebruiken voor de eigen chemisch logische argumentatie en resultaten presenteren aan een specifieke doelgroep.	onderzoek doen naar de betrouwbaarheid van een krantenbericht over het gezondheidsrisico van stank uit bouwmaterialen in een nieuwe school tijdens een hittegolf en de conclusies presenteren in een ingezonden brief aan deze krant.
V	complexe informatie, ook op theoretisch niveau, uit vakgerelateerde bronnen selecteren, deze toepassen bij het doen van onderzoek en onderzoeksproces en conclusies presenteren aan vakdeskundigen.	naar aanleiding van een artikel uit de wetenschapbijlage over de vondst van een methaanvormende bacterie in het Twentekanaal de oorspronkelijke publicatie in het vaktijdschrift en gerelateerde publicaties lezen, een uitspraak doen over de toepasbaarheid van deze vondst bij de bestrijding van het broeikaseffect en een videopresentatie geven voor de betreffende onderzoeksgroep.

**Competentieveld Reflecteren en oordelen**

Het gaat bij scheikunde bij dit competentieveld om reflecteren en oordelen over het gebruik van chemie in zowel maatschappelijke als wetenschappelijke contexten. Bij de reflectie kan het gaan om sociale, economische of ethische aspecten van het gebruik van chemie, of van een combinatie van deze drie aspecten. Betrouwbaarheids- en

duurzaamheidvraagstukken en levensprocessen zijn bij uitstek probleemstellingen voor reflectie op en oordeelsvorming over het gebruik van chemie.

Het is goed om bij de compacte Nederlandse termen 'reflecteren en oordelen' ook de nuances uit het Engels (making judgements, decision making) en Duits (bewerten) in dit begrip mee te nemen.

Tot dit competentieveld behoren o.a.:

- Op een zorgvuldige manier chemische kennis en inzicht gebruiken bij het beschouwen van en oordelen over uitspraken vanuit verschillende perspectieven.
- Reflecteren op en oordelen over het winnen en verwerken van grondstoffen in duurzaamheidperspectief.
- De relevantie en betekenis van toegepaste chemie voor een aantal verschillende maatschappelijke sectoren weergeven.
- Levensverschijnselen verklaren met behulp van chemische kennis en inzicht.
- Gevolgen van technologie en economische ontwikkeling beoordelen in het perspectief van duurzame ontwikkeling.

Als illustratie volgt in tabel 7 een uitwerking over het gebruik en de productie van stoffen .

*Beheersingsniveaus van het competentieveld Reflecteren en oordelen*

<b>Niveau</b>	<b>Reflecteren en oordelen</b>	<b>Voorbeeld over het gebruik en de productie van stoffen</b>
I	aangeven welke chemische kennis en inzichten verband houden met een bewering over een stof, materiaal, proces of toepassing van chemie	beschrijven van de chemische kennis en inzichten achter het verbod op het gebruik van koolzuurhoudende frisdranken als je een beugel draagt.
II	toepassen van chemische kennis en inzichten bij het analyseren en op een objectieve wijze oordelen over een bewering over een stof, materiaal of productieproces	reclame uitspraken over de werking van een stof kritisch beoordelen met gebruik van chemische kennis en inzichten, bijvoorbeeld over appelazijn als hulpmiddel bij het afvallen.
III	met chemische kennis en inzichten argumenten over de juistheid van een meer complexe bewering onderbouwen of weerleggen De bewering betreft een toepassing van chemie	de bewering dat roetfilters nodig zijn voor alle automotoren op benzine of diesel nuanceren en gedeeltelijk weerleggen.
IV	de gehele keten van het effect van het gebruik van stoffen en productieprocessen op duurzame ontwikkeling analyseren en hierover onderbouwde uitspraken doen.	een onderbouwde uitspraak doen over het positieve of negatieve effect op duurzame ontwikkeling van de productie van biodiesel in Nederland.
V	argumenten voor en tegen een bewering vanuit verschillende perspectieven beoordelen en interdisciplinaire besluitvormingsprocessen analyseren	de wettelijke regelgeving voor het gebruik van genetische modificatie bij de productie van medicijnen beoordelen uit natuurwetenschappelijk, economisch en ethisch perspectief en het maatschappelijke besluitvormingsproces dat daaraan vooraf ging analyseren

## 9.4 Kwaliteitszorg schoolexamen

In de huidige lespraktijk wordt bij schoolexamens veel gebruik gemaakt van vragen uit centrale examens van voorgaande jaren. Dit heeft natuurlijk de functie om leerlingen voor te bereiden op het maken van een centraal examen. Voorbereiding op het centraal examen is echter niet de doelstelling van schoolexamens, omdat het programma voor het schoolexamen niet in het centraal examen wordt geëxamineerd. Het schoolexamen biedt uitdrukkelijk ruimte om door middel van andere vormen van toetsing en afsluiting gedifferentieerder dan met schriftelijke toetsen te beoordelen welke kennis en vaardigheden leerlingen hebben verworven en op verschillende niveaus kunnen hanteren. Ook voor het gedeelte van het programma voor het centraal examen, dat in het schoolexamen is opgenomen, kan de school kiezen voor een efficiënt en kort toetstraject als voorbereiding op het centraal examen.

De vormvoorschriften voor het schoolexamen zijn beperkt, waardoor de vraag ontstaat wie de kwaliteit van de schoolexamens bewaakt. Omdat scholen verantwoordelijk zijn voor de schoolexamens en de afname van de centrale examens, hebben zij de plicht ervoor te zorgen dat de kwaliteit van de afname en beoordeling gewaarborgd is. Binnen de VO-raad is een Standaard Kwaliteitsborging Schoolexamens ontwikkeld, die een belangrijke bijdrage aan de kwaliteit van schoolexamens levert. De VO-raad heeft de Standaard ontwikkeld in samenwerking met schoolleiders, bestuurders, ministerie, inspectie, etc. Scholen gaan vanaf 2008 de Standaard invoeren. Na twee jaar volgt een evaluatie.

De vijf belangrijkste punten van de Standaard zijn:

1. De school heeft een visie op schoolexamens.
2. De school hanteert sluitende regels en procedures bij schoolexamens.
3. De school evalueert schoolexamens intern.
4. De school evalueert schoolexamens extern.
5. De school vertaalt evaluatieresultaten naar acties.

De Standaard Kwaliteitsborging Schoolexamens borgt de kwaliteit van de afname en beoordeling. Het maakt een objectieve normering van de examens mogelijk. Daarbij stelt het scholen in staat de schoolexamens transparant en duidelijk te verantwoorden. Op een bijeenkomst voor docenten over de standaard meenden ruim 50 docenten dat een dergelijke standaard de kwaliteit van schoolexamens verbetert.

Docenten hebben behoefte aan kaders voor het beoordelen van de kwaliteit van hun schoolexamens. Docenten van scholen, die deelnemen aan het examenexperiment, zullen binnen school en in netwerkbijeenkomsten veelvuldig moeten toelichten hoe de kwaliteit van de schoolexamens wordt bewaakt.

Als mogelijkheden van kwaliteitsbepaling noemen docenten van een veldadviesgroep over schoolexamens onder andere de volgende elementen:

1. Bewaken van resultaten door:
  - vergelijken van de gemiddelde score van het schoolexamen met andere natuurwetenschappelijke profielvakken;
  - vergelijken van resultaten met die van voorbeeldschoolexamens Nieuwe Scheikunde;
  - vergelijken van de gemiddelde score voor het centraal examen en het schoolexamen, zowel per leerling als de gemiddelde score in een leerjaar;
  - verifiëren of de spreiding tussen de resultaten overeenkomt met het globale beeld dat de docent heeft van de capaciteiten van een klas.

2. Beheren van de diverse aspecten van de beoordeling door:
  - leerlingen te vragen of zij het een eerlijke beoordeling vinden in overeenstemming met de opgegeven leerstof en verwerkingsactiviteiten;
  - leerlingen zelf de beoordeling te laten toetsen aan een beoordelingsmodel en laten oordelen of ze zich daarin kunnen vinden.
3. Bewaken van het niveau van de toetsen door:
  - na te gaan of het schoolexamen consistent is met het geboden onderwijs (leerstof in boek, aantekeningen, opdrachten, practicum, bronnenmateriaal, beeldmateriaal);
  - na te gaan of het schoolexamen aansluit op de schoolvisie op het verschil tussen schoolexamens en centrale examens;
  - na te gaan of het schoolexamen aansluit op de kwaliteitseisen van de sectie voor goed scheikundeonderwijs.

De Commissie Van Koten concludeert in het rapport *Chemie tussen context en concept, ontwerpen voor vernieuwing* dat er instrumenten nodig zijn voor kwaliteitsbepaling en kwaliteitsmeting van schoolexamens. Het rapport vermeldt hierover het volgende:

*'Het is van groot belang dat de kwaliteit van de schoolexamens geborgd is. Daarom moeten instrumenten worden ontwikkeld voor de beoordeling en kwaliteitsverbetering van schoolexamens. Kwaliteitsborging komen ook tegemoet aan de behoefte van docent, schoolleiding, leerling en ouders aan een vorm van extern gelegitimeerde beoordeling. Daarvoor zijn verschillende opties denkbaar. Zo valt te denken aan benchmarking (kwaliteitsbepaling door vergelijking met andere scholen) of intercollegiale consultatie bij de ontwikkeling van schoolexamens.'*

Uit de monitoring en evaluatie van de schoolexamens in het examenexperiment kan te zijner tijd worden geconcludeerd welke examenvormen aansluiten bij de door de school gemaakte keuzes over onderwijs in een wisselwerking tussen contexten en concepten.

Uitdrukkelijk moet worden vermeld dat de ontwikkeling van passende schoolexamens in het examenexperiment niet alleen door intercollegiale consultatie moet worden ondersteund, maar ook andere bij de vernieuwing betrokken groeperingen in een gemeenschappelijk leerproces.

SLO is voornemens in 2009 een project te starten om de inhoudelijke kwaliteitsborging voor schoolexamens nog verder te ondersteunen dan in de handreikingen al het geval is. Nieuwe Scheikunde behoort hierbij tot één van de eerste pilot vakken.



# Bijlage 1 De wisselwerking tussen contexten en concepten

*Verantwoording van de stuurgroep Nieuwe Scheikunde*

## **Uitgangspunten**

De bètavernieuwingscommissies (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 beknodt docenten en leerlingen in het onderwijs en toetsontwikkelaars in het construeren van toetsen.

Omdat de grote vragen van het vakgebied scheikunde in de 21e 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*.

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.

### Onderwijs

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-macroconcept is het secundaire centrale concept van de scheikunde. Bij het micro-macroconcept 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.

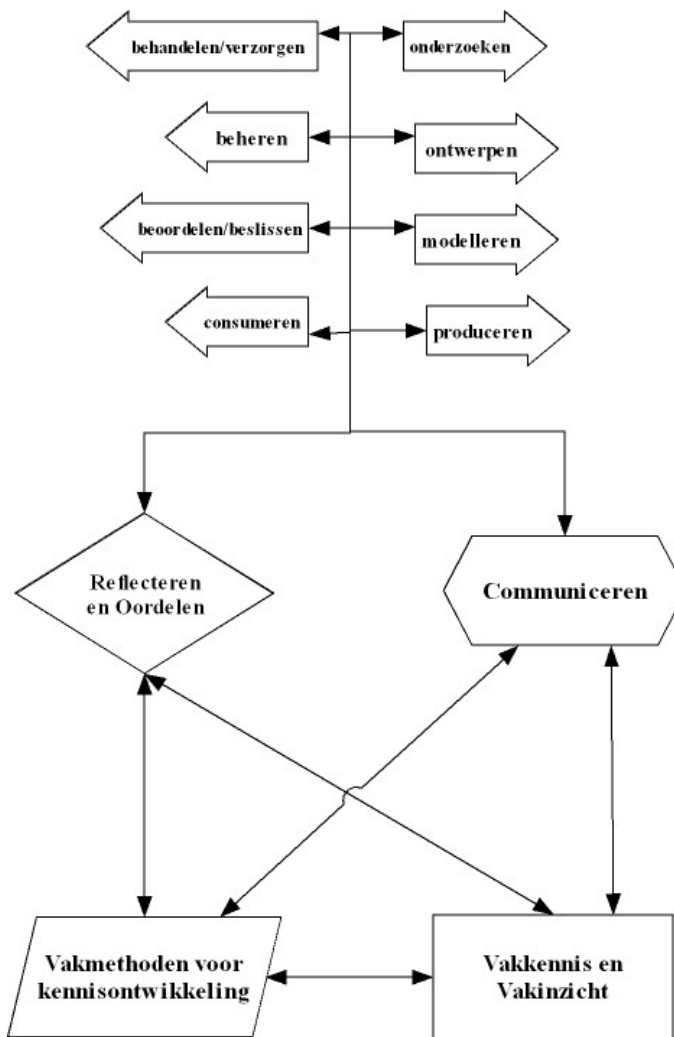
Leerlingen verwerven, verbreden of verdiepen zowel hun vakkennis en vakinzicht als hun repertoire aan vakmethoden voor kennisontwikkeling door middel van deze rollen en activiteiten.

**Rollen en activiteiten**

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.



*Verband tussen activiteit en competentievelden bij Nieuwe Scheikunde*

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 "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 descriptoren', 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 descriptoren. 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. Zie ook hoofdstuk 8 Vernieuwing examinering en de toelichting op de subdomeinen.



# Bijlage 2 Werkversie examenprogramma havo en VWO

## *Terugblik op de ontwikkeling van het examenprogramma*

Het examenprogramma Nieuwe Scheikunde is in de periode 2004-2006 in een interactief proces met docenten en andere deskundigen tot stand gekomen. In 2004, 2005 en 2006 zijn opeenvolgende conceptversies van het examenprogramma in globale formulering tijdens adviesbijeenkomsten voorgelegd aan docenten, vakexperts, didactici, lerarenopleiders, vertegenwoordigers van het vervolgonderwijs en bedrijfsleven. Zie hiervoor ook [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) onder *Bijeenkomsten*. In september 2006 heeft de stuurgroep Nieuwe Scheikunde het examenprogramma in globale formulering aan OCenW opgeleverd. OCenW heeft deze werkversie formeel vastgesteld voor de scholen van het examenexperiment. Het examenprogramma heeft de status van een werkversie gedurende de gehele periode van het examenexperiment. Op basis van de evaluatie van het examenexperiment kan het examenprogramma worden bijgesteld. Na landelijke invoering vanaf waarschijnlijk 2012 geldt het bijgestelde examenprogramma.

Hieronder staan het examenprogramma havo en vwo 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.

## **Werkversie examenprogramma havo**

### **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.

### **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.

### **A2.7 Kennisvorming\***

De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen.

### **A2.8 Toepassing van kennis\***

De kandidaat kan analyseren hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan reflecteren op de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en samenleving.

### **A2.9 De invloed van natuurwetenschap en techniek\***

De kandidaat kan oordelen over de betrouwbaarheid van toegepaste natuurwetenschappelijke kennis en een eigen mening vormen over maatschappelijk-natuurwetenschappelijke vraagstukken.

*\*) De subdomeinen A2.7 t/m A2.9 gelden alleen voor de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde.*

*#) Deze subdomeinen zijn nieuw in vergelijking met het examenprogramma 2007.*

### **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 Onderzoeksmethoden en -technieken**

### **Subdomein B1 Stoffen aantonen**

*De leerling kan in eigen experimenteel onderzoek met behulp van reacties de aanwezigheid van bepaalde stoffen aantonen.*

### **Subdomein B2 Standaardbepalingen**

*De leerling kan in eigen experimenteel onderzoek enkele standaardbepalingen voor het bepalen van de aanwezige hoeveelheid van een stof in een monster volgens standaardvoorschrift toepassen en conclusies trekken uit resultaten van standaardbepalingen uit de beroepsomgeving.*

### **Subdomein B3 Standaard methoden en -technieken**

*De leerling kan de toepassing van enkele standaard onderzoeksmethoden en -technieken in eigen experimenteel onderzoek vergelijken met de huidige beroepspraktijk.*

### **Subdomein B4 Digitale modellen**

*De leerling kan digitale modellen toepassen bij het verzamelen, verwerken en interpreteren van onderzoeksgegevens van standaard onderzoeksmethoden en -technieken voor kwalitatief en kwantitatief onderzoek.*

### **Subdomein B5 Data verzamelen en verwerken**

De kandidaat kan voor eenvoudige probleemstellingen een werkplan opstellen en resultaten van bepalingen voor kwalitatief en kwantitatief onderzoek verwerken en interpreteren.

## **Domein C Structuren en reacties**

### **Subdomein C1 Reactiesnelheid bepalen**

*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 Microstructuren**

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

### **Subdomein C3 Relatie microstructuur en eigenschappen**

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van microstructuren enkele structuurkenmerken herkennen en beredeneren welke eigenschappen daarmee samenhangen.

### **Subdomein C4 Bindingen vormen en verbreken**

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van reacties op microniveau aangeven welke bindingen worden gevormd en verbroken.

### **Subdomein C5 Typen reacties**

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

### **Subdomein C6 Reactiesnelheid en evenwichten**

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

## **Domein D Synthesen**

### ***Subdomein D1 Grootschalige productie van stoffen***

*De leerling kan het productieproces van enkele maatschappelijk of economisch relevante stoffen uit de eigen omgeving toelichten en daarbij moleculaire kennis toepassen.*

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

*De kandidaat kan enkele veel voorkomende scheidings- en zuiveringstechnieken op laboratoriumschaal toepassen.*

### ***Subdomein D3 Synthese volgens voorschrift***

*De leerling kan een eenvoudige synthese volgens voorschrift op laboratoriumschaal uitvoeren, passende scheidingstechnieken toepassen en voorstellen doen voor verbetering van het rendement.*

### **Subdomein D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden**

De kandidaat kan van enkele veelgebruikte scheidings- en zuiveringsmethoden in de chemische industrie op microniveau en chemisch-technologisch niveau beredeneren en verklaren waarom bij de productie van een bepaalde stof deze methode wordt toegepast.

### **Subdomein D5 Industriële processen**

De kandidaat kan de verschillende stadia van een industrieel proces benoemen en in een blokschema weergeven.

### **Subdomein D6 Rendement**

De kandidaat kan uit processchema's en informatie op microniveau over een chemisch productieproces de theoretische opbrengst en het rendement berekenen en mogelijkheden voor het verbeteren van het rendement aangeven.



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

### **Subdomein E1 Monitoringsonderzoek**

*De leerling kan enkele kwalitatieve en kwantitatieve standaardmethoden beschrijven voor monitoring van de hoeveelheid risicovolle stoffen in voedsel, water en de atmosfeer en meetgegevens over de kwaliteit van voedsel, water en de atmosfeer interpreteren.*

### **Subdomein E2 Preventie**

*De leerling kan zowel in eigen onderzoek als in toepassingen van de chemie het risico van stoffen en reacties voor de lucht-, en waterkwaliteit analyseren en daaruit afleiden welke maatregelen moeten worden getroffen bij het werken met deze stoffen.*

### **Subdomein E3 Industriële productie van stoffen**

*De kandidaat kan moleculaire kennis over stofwisselingsreacties in levende organismen toepassen bij de industriële productie van stoffen voor maatschappelijke doeleinden.*

### **Subdomein E4 Stoffen in het lichaam**

*De kandidaat kan van stofwisselingsprocessen in het menselijk lichaam de reacties op moleculair niveau weergeven en met moleculaire kennis het transport van stoffen in het lichaam toelichten.*

## **Domein F Materialen**

### **Subdomein F1 Materiaalanalyse**

*De leerling kan het gebruik van innovatieve materialen voor maatschappelijke doeleinden analyseren en daarbij verband leggen tussen functies en materiaaleigenschappen.*

### **Subdomein F2 Innovatie van materialen**

*De leerling kan toelichten hoe materialen worden verbeterd en nieuwe materialen voor maatschappelijke toepassingen worden ontworpen en daarin aanduiden welke innovatie heeft plaatsgevonden.*

### **Subdomein F3 Spin off**

*De leerling kan aangeven dat innovatieve materialen kunnen worden toegepast voor andere doeleinden dan waarvoor ze oorspronkelijk zijn ontworpen.*

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

*De kandidaat kan kennis op microniveau toepassen voor het verklaren van de eigenschappen en functies van materialen voor maatschappelijke doeleinden.*

## **Domein G Duurzame ontwikkeling**

### **Subdomein G1 Duurzaam produceren**

*De leerling kan een duurzaamheids-analyse opstellen van een grootschalig productieproces in de chemische industrie en daarbij de wisselwerking tussen ecologische, economische en sociale aspecten toelichten.*

### **Subdomein G2 Ketenganalyse**

*De leerling kan van enkele veelgebruikte producten uit de chemische industrie de gehele keten van ontwerp, grootschalige productie, gebruik en afvalverwijdering analyseren en daarin mogelijke verbeterpunten aangeven in het belang van duurzame ontwikkeling.*

### **Subdomein G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen**

De kandidaat kan moleculaire kennis toepassen bij de beschrijving van de energieproductie uit koolstofhoudende energiebronnen en het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen en luchtkwaliteit toelichten.

### **Subdomein G4 Koolstofvrije energiebronnen**

De kandidaat kan de energieproductie uit enkele koolstofvrije energiebronnen op micro- en macroniveau beschrijven en het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht- en waterkwaliteit aangeven.

## **Werkversie examenprogramma vwo**

### **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 kan een verband leggen tussen de praktijk van deze studies en beroepen en de eigen kennis, vaardigheden en belangstelling.

#### **Subdomein A2 Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische 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.

### **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 van 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 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 selecteren en 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 chemisch 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 voedsel, water, lucht en bodem en onderzoeksresultaten verwerken en kritisch evalueren.*

**Subdomein E2 Risico analyse**

*De kandidaat kan het 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 bij 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 duurzaamheidsanalyse opstellen van een industrieel chemisch productieproces in economisch, 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 chemisch-technologisch niveau beschrijven, het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht-, bodem- en waterkwaliteit toelichten en hieraan berekeningen uitvoeren.*

### **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.*

# Bijlage 3 Verschillende programma's havo en vwo in trefwoorden

	Havo	Vwo
<b>B</b>	<b>Onderzoeksmethoden en -technieken</b>	<b>Analysemethoden en -technieken</b>
B1	<i>Aantoningsreacties van stoffen</i>	<i>Enkele kwalitatieve chemische en of instrumentele analysetechnieken</i>
B2	<i>Enkele standaardbepalingen, standaardvoorschrift, standaardbepalingen uit beroepspraktijk</i>	<i>Enkele kwantitatieve chemische en of instrumentele analysetechnieken, wetenschappelijke beroepspraktijk</i>
B3	<i>Vergelijking standaard onderzoeksmethoden op school en in beroepspraktijk</i>	<i>Overeenkomsten en verschillen tussen analysemethoden en -technieken op school en beroepspraktijk en ontwikkeling</i>
B4	<i>Rol computermodelling bij toepassing van kennis</i>	<i>Molecular modelling en datamining t.b.v. ontwikkeling van nieuwe kennis</i>
B5	Aanpak van eenvoudige probleemstellingen en verwerking van onderzoeksgegevens	Verwerking en interpretatie van resultaten van kwalitatief en kwantitatief onderzoek
<b>C</b>	<b>Structuren</b>	<b>Structuren</b>
C1	<i>Experimenteel onderzoek doen naar reactiesnelheid en eenvoudige verklaringen</i>	<i>Experimenteel onderzoek doen naar factoren die de reactiesnelheid bepalen en deze verklaren</i>
C2	Samenstelling van atomen, ionen en moleculen en kenmerken van moleculen	<i>Technologie voor wetenschappelijk onderzoek aan structuren</i>
C3	Microstructuurkenmerken herkennen en hieruit eigenschappen afleiden	Samenstelling atomen, ionen en moleculen en kenmerken van bouwstenen van stoffen
C4	Bindingen maken en breken bij reacties	Structuurkenmerken herkennen en samenhang met eigenschappen
C5	Typen reacties met reactievergelijking	Bindingen maken en breken bij chemische processen
C6	Veranderingen van reactiesnelheid en ligging evenwicht verklaren	Typen reacties met reactievergelijking
C7		Veranderingen van reactiesnelheid en ligging evenwicht verklaren

<b>D</b>	<b>Synthesen</b>	<b>Synthesen</b>
D1	<i>Productieproces van enkele stoffen weergeven met moleculaire kennis</i>	<i>Industrieel productieproces van stoffen weergeven met moleculaire en chemisch-technologische kennis</i>
D2	<i>Eenvoudige scheidings- en zuiveringstechnieken op laboratoriumschaal uitvoeren</i>	<i>Scheidings- en zuiveringstechnieken op laboratoriumschaal toepassen en opschalen naar industrieel gebruik</i>
D3	<i>Eenvoudige synthese volgens standaardvoorschrift op laboratoriumschaal</i>	<i>Synthese op laboratoriumschaal na literatuuronderzoek</i>
D4	Toepassing van bepaalde scheidingsmethoden in industrie verklaren	Toepassing van technologie bij chemisch-industriële processen verklaren
D5	Stadia en blokschema van industrieel proces weergeven	Processchema's van chemisch-industrieel proces opstellen en interpreteren
D6	Rendementsberekeningen en verbetering rendement	Rendementsberekeningen en optimaliseren rendement
<b>E</b>	<b>Chemie van het leven</b>	<b>Chemie van het leven</b>
E1	<i>Monitoring risicovolle stoffen en interpretatie kwaliteitsbepalingen van voedsel, water en atmosfeer</i>	<i>Kwaliteitsonderzoek van voedsel, water, lucht en bodem en kritische evaluatie van onderzoeksresultaten</i>
E2	<i>Eenvoudige risicoanalyse van stoffen voor lucht en water en veilig werken met deze stoffen</i>	<i>Uitgebreide risicoanalyse van stoffen en maatregelen voor het veilige gebruik van deze stoffen</i>
E3	<i>Moleculaire kennis toepassen voor biotechnologische productie van stoffen</i>	<i>Rol biotechnologie bij ontwikkeling en productie van nieuwe stoffen en ethische reflectie</i>
E4	Menselijke stofwisseling op moleculair niveau	Chemische processen in levende organismen op moleculair niveau
<b>F</b>	<b>Materialen</b>	<b>Materiaalinnovatie</b>
F1	<i>Analyse functie en materiaaleigenschappen van innovatieve materialen uit bronnen</i>	<i>Analyse functie, materiaaleigenschappen en toegepaste moleculaire kennis van innovatieve materialen uit eigen onderzoek</i>
F2	<i>Verbetering en innovatie van materialen beschrijven</i>	<i>Ontwerpstrategie toelichten en relatie met fysisch-chemisch onderzoek</i>
F3	<i>Voorbeelden van spin off beschrijven</i>	<i>Ontwikkeling van industriële spin off (toepassingen en markten) beschrijven</i>
F4	Met kennis op microniveau eigenschappen en functies van materialen verklaren	Met kennis op microniveau kenmerken en functies van innovatieve materialen verklaren



<b>G</b>	<b>Duurzame ontwikkeling</b>	<b>Duurzame ontwikkeling</b>
G1	Duurzaamheidsanalyse van grootschalig productieproces	Duurzaamheidsanalyse van industrieel chemisch proces en verbeterpunten in lokaal en mondiaal perspectief
G2	Keten van veelgebruikte chemische producten analyseren met verbeterpunten	Integraal ketenbeheer toelichten en koppelen aan milieueffect van processen
G3	Beschrijving energieproductie uit koolstofhoudende bronnen met moleculaire kennis en enkele milieueffecten	Bedrijfsbeleid t.a.v. duurzame ontwikkeling bij verwerking van stoffen in industriële processen analyseren
G4	Beschrijving energieproductie uit koolstofvrije bronnen op micro en macroniveau en enkele milieueffecten	Beschrijving en berekeningen energieproductie uit koolstofhoudende bronnen met moleculaire en chemisch-technologische kennis en milieueffecten
G5		Beschrijving en berekeningen energieproductie uit koolstofvrije bronnen op micro en macroniveau en milieueffecten



# Bijlage 4 Werkversie syllabus centraal examen Nieuwe Scheikunde

In een werkversie syllabus van CEVO wordt het programma voor het experimentele centraal examen Nieuwe Scheikunde gespecificeerd. Dit ter ondersteuning van scholen bij hun onderwijs en examenvoorbereiding.

In de werkversie syllabus komen o.a. de volgende zaken aan de orde.

- De verantwoording en totstandkoming van de werkversies van het globale examenprogramma en de specificatie.
- De verdeling van de stof over het centraal examen en het schoolexamen.
- Specificatie van de subdomeinen voor het centraal examen.
- Vakoverstijgende kennis.
- Voorbeeldopgaven ( worden in 2008 toegevoegd).
- Een toelichting op de wisselwerking tussen contexten en concepten.
- Een toelichting op de specificatie o.a. voor de schrijfwijze van structuurformules en reactievergelijkingen.

De werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde is te downloaden op [www.cevo.nl](http://www.cevo.nl) onder syllabi havo/vwo werkversies.



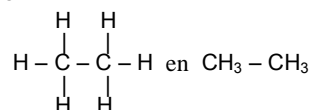
# Bijlage 5 Toelichting op de specificatie voor het centraal examen

Onderstaande toelichting is overgenomen uit de werkversie syllabus Nieuwe Scheikunde

## Structuurformules

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

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:  
$$\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} \text{ of } \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}.$$
- 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:  
$$\text{Ba}^{2+} + 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{BaSO}_4 \text{ of } \text{Ba}^{2+} + 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O} + \text{BaSO}_4$$
  
of als  
$$\text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{BaSO}_4 \text{ of } \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{BaSO}_4$$
  
of als  
$$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \text{ en } \text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} \text{ of } \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}.$$
- 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

Ten aanzien van reken- en significantiefouten gelden onderstaande regels.

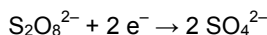
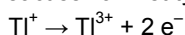
- Als in een berekening één of meer rekenfouten zijn gemaakt, wordt per vraag één scorepunt afgetrokken.
- Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.
- Als in de uitkomst van een berekening geen eenheid is vermeld of als de 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  $[H^+]$  (of  $[H_3O^+]$ ), 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  $[H^+]$  (of  $[H_3O^+]$ ) 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  $pH = 4,5$  een  $[H^+] = 3,16 \cdot 10^{-5}$  wordt berekend of  
uit het gegeven  $[H^+] = 3,16 \cdot 10^{-5}$  een  $pH = 4,5$  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

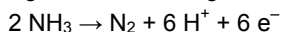
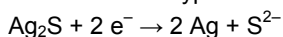
Eindexamenkandidaten moeten in sommige gevallen zelf vergelijkingen van halfreacties kunnen opstellen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten halfreacties.

Halfreacties van het type:



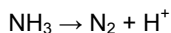
Vragen waarin vergelijkingen van dit soort halfreacties moeten worden opgesteld, kunnen zonder meer worden gesteld.

Halfreacties van het type



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

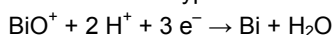
„Hieronder staat de onvolledige vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van ammoniak tot stikstof:



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



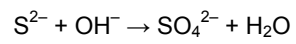
Vragen waarin vergelijkingen van dit soort halfreacties moeten worden opgesteld, gaan eveneens vergezeld van extra informatie, bijvoorbeeld:

„In de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van  $BiO^+$  tot Bi komen, behalve  $BiO^+$  en Bi en elektronen, ook  $H_2O$  en  $H^+$  voor.

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

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."



# Bijlage 6 Vergelijking programma havo 2007 met Nieuwe Scheikunde

## Inleiding

In de examenprogramma's 2007 is de eindtermnummering van de programma's van 1998 gehandhaafd.

Voor de vergelijking zijn de subdomeinen en eindtermen per subdomein voor het centraal examen weergegeven, zowel voor de huidige programma's als voor Nieuwe Scheikunde. Cursief is steeds aangegeven welke eindtermen vanaf 2007 (niet-bindend) in het programma voor het schoolexamen kunnen voorkomen.

De doorgestreepte (en gearceerde) eindtermen uit het programma van 1998 zijn vanaf 2007 vervallen.

Vervolgens is per eindterm uit het programma van 1998 geanalyseerd welke eindterm in gewijzigde formulering in de werkversie syllabus voor het centraal examen Nieuwe Scheikunde voorkomt, dan wel vervallen is. Een aantal eindtermen zouden als context kunnen worden gebruikt, maar aangezien bij Nieuwe Scheikunde de nadruk gelegd wordt op eigentijdse en toekomstgerichte contexten zijn deze eindtermen als vervallen beschouwd.

In de werkversie specificatie Nieuwe Scheikunde is de zogenoemde communale kennis geïntegreerd. Ook hiervan zijn een aantal termen bij Nieuwe Scheikunde vervallen.

De aantallen aangepaste eindtermen uit het programma 1998 en aantallen nieuwe eindtermen per subdomein Nieuwe Scheikunde zijn in totaaloverzichten weergegeven. Dit met en zonder integratie van de communale kennis.

Vergelijking subdomeinen 2007 met Nieuwe Scheikunde Havo

Scheikunde 2007	c.e.	s.e.	Ver vallen	Nieuwe Scheikunde	c.e.	s.e.
<b>A1 Vaardigheden</b>				<b>A Vaardigheden</b>		
A1.1 Taalvaardigheden	1-8	1-8		A1 Algemene vaardigheden	A1.1 - A1-4	A1.1 - A1-4
A1.2 Reken- /wiskundige vaardigheden	9-14	9-14		A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden	A2.1- A2.9	A2.1- A2.9
A1.3 Informatievaardigheden	15-22	15- 22		A3 Vakspecifieke vaardigheden	A3.2 1 t.m. A3.2 11	A3.1- A3.2
A1.4 Technisch- instrumentele vaardigheden	23-27	23- 27				
A1.4 Ontwerpvaardigheden	28-34	28- 34				
A1.6 Onderzoeksvaardig- heden	35-43	35- 43				
A1.7 Maatschappij, studie en beroep	44-47	44- 47				
<b>A2 Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek</b>						
<i>A2.1 Kennisvorming</i>		ANW 1-4				
<i>A2.2 Toepassing van kennis</i>		ANW 5,6				
<i>A2.3 De invloed van natuurwetenschap en techniek</i>		ANW 7-10				
<b>B Stoffen en materialen 1, anorganisch</b>				<b>B Onderzoeksmethoden en -technieken</b>		
B1 Toepassingen			1,2	<i>B1 Stoffen aantonen</i>		B1
B2 Reacties van anorganische stoffen	3			<i>B2 Standaardbepalingen</i>		B2
B3 Atoombouw en periodiek systeem	4-6			<i>B3 Standaard methoden en -technieken</i>		B3
B4 Bindingstypen en eigenschappen	7-11			<i>B4 Digitale modellen</i>		B4
<i>B5 Namen en formules</i>		12, 13		B5 Data verzamelen en verwerken	B5.1 t.m. B5.9	

<b>C Stoffen en materialen 2, organisch</b>				<b>C Structuren en reacties</b>		
C1 Toepassingen van synthetische polymeren			14-16	<i>C1 Reactiesnelheid bepalen</i>		C1
<i>C2 Toepassingen van koolstofverbindingen</i>		17-23		C2 Microstructuren	C2.1 t.m. C2.6	
C3 Reacties van koolstofverbindingen	24-31			C3 Relatie microstructuur en eigenschappen	C3.1 t.m. C3.9	
C4 Structuren van koolstofverbindingen	32-40, 42		41,43	C4 Bindingen vormen en verbreken	C4.1 t.m. C4.7	
				C5 Typen reacties	C5.1 t.m. C5.3	
				C6 Reactiesnelheid en evenwichten	C6.1 t.m. C6.7	
<b>D Stoffen en materialen 3, biochemisch</b>				<b>D Synthesen</b>		
<i>D1 Industriële toepassingen</i>		44,45		<i>D1 Grootschalige productie van stoffen</i>		D1
D2 Stofwisseling	46-52, 56			<i>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</i>		D2
D3 Structuren van biochemische stoffen			53-55	<i>D3 Synthese volgens voorschrift</i>		D3
				D4 Scheidings- en zuiveringsmethoden	D4.1 t.m. D4.2	
				D5 Industriële processen	D5.1 t.m. D5.4	
				D6 Rendement	D6.1 t.m. D6.4	
<b>E Sturen van reacties</b>				<b>E Chemie van het leven</b>		
E1 Toepassingen	57-60, 62		61	<i>E1 Monitoringsonderzoek</i>		E1
<i>E2 Effecten tijdens het verloop van reacties</i>		63-65	67	<i>E2 Preventie</i>		E2
E3 Reactiesnelheid en evenwichten	66, 68 <sup>#</sup> , 69 <sup>#</sup>		70,71	<i>E3 Industriële productie van stoffen</i>		E3
E4 Rekenen aan reacties	72-74			E4 Stoffen in het lichaam	E4.1 t.m. E4.8	
<b>F Chemische industrie</b>				<b>F Materialen</b>		
<i>F1 Het maken van stoffen</i>		75-78		<i>F1 Materiaalanalyse</i>		F1
<i>F2 Het scheiden en zuiveren van stoffen</i>		79-81		<i>F2 Innovatie van materialen</i>		F2
F3 Procesindustrie	83,84		82	<i>F3 Spin off</i>		F3
				F4 Moleculaire basis van materialen	F4.1 t.m.F4.7	

<b>G Zuren en basen</b>				<b>G Duurzame ontwikkeling</b>		
G1 Toepassingen			85,86	G1 Duurzaam produceren		G1
G2 Onderzoek		87,88		G2 Ketenganalyse		G2
G3 Namen, formules en reacties	89 <sup>#</sup> -95 <sup>#</sup>			G3 Energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	G3.1 t.m. G3.2	
G4 Berekeningen	97-99		96	G4 Koolstofvrije energiebronnen	G4.1 t.m. G4.3	
<b>H Reacties en stroom</b>						
H1 Toepassingen			100-105			
H2 Redox als proces	106,107					
H3 Reacties	108-111					

*Vergelijking eindtermen havo 2007 met Nieuwe Scheikunde*

Subdomein 2007	Eindtermnummer in programma 1998* Vervallen in 2007 <i>Cursief</i> <i>Schoolexamen</i>	Nieuwe Scheikunde overgenomen	Nieuwe Scheikunde aangepast	Vervallen bij Nieuwe Scheikunde
<b>B Stoffen en materialen, anorganisch</b>				
B1	1			Context F1
	2			Context F1
B2	3		B5.5	
B3	4		C3.4	
	5		C3.3	
	6		C 2.1	
B4	7		C3.5	
	8		C4.1	
	9		C3. 7	
	10		C3.5 / C3.6	
	11		C3.8	
B5	12 + communale kennis		A3.2.3	
	13+ communale kennis		A3.2.4	

<b>C Stoffen en materialen 2, organisch</b>				
C1	14			Context F1
	15			Context F1
	16			Context G1 en G2
C2	17			Context G3
	18			Context G1 en G2
	19			Vervallen
	20			Context G3
	21			Context G1
	22		G3.4	
	23		C5.1/ G3.4	
C3	24		C5.1	
	25		C5.1	
	26			Context C5.1
	27		C3.11	
	28		C4.4	
	29		C3.11	
	30			Context C3.11
	31		F 4.2	
C4	32			Vervallen
	33		C2.2	
	34	C2.3		
	35			Vervallen
	36		C2.4	
	37		E4.6	
	38			Vervallen
	39		C 2.5	
	40			Vervallen
	41			Vervallen
	42		A3.2.7	
	43			Vervallen
<b>D Stoffen en materialen 3, biochemisch</b>				
D1	44			Context C5.1
	45			Context G3.3
D2	46			Vervallen
	47			Vervallen
	48		E 4.4	
	49		E 4.6	
	50		C 2.4/ E 4.5	
	51		E 4.5/ E4.6	
	52			Context G2
D3	53		A 3.2.8	
	54		A 3.2.3	
	55			Vervallen
	56			Vervallen

<b>E Sturen van reacties</b>				
E1	57		C4.5	
	58		A 3.2.14 / C4.5	
	59		D 6.3	
	60			Vervallen
	61			Context C6.3
	62		E 4.1	
E2	63		A 3.1.4	
	64		C 4.2	
	65		C 6.1	
	66		C 6.1	
	67			Vervallen
E3	68		C 6.2	
	69		C 6.3	
	70			Vervallen
	71			Vervallen
E4	72		A 3.2.12	
	73		A 3.2.12	
	74		A 3.2.12, D6.3	
<b>F Chemische industrie</b>				
F1	75		D 6.2	
	76		C6.4	
	77			Context G2
	78			Context G1
F2	79		D 6.1	
	80		D 4.1	
	81			Context G2
F3	82			Context D1
	83			Context D1
	84	D 5.2		
<b>G Zuren en basen</b>				
G1	85		B 5.8/E 4.2	
	86		G 3.4	
G2	87		B 5.3	
	88		C 5.1	
G3	89		A 3.2.5	
	90		A 3.2.6	
	91			Context A3.2.7
	92		C 3.9	
	93		C 5.2	
	94		C 5.2	
	95		B 5.8	
G4	96			vervallen
	97		B 5.7	
	98			vervallen
	99		B 5.10	

<b>H reacties en stroom</b>				
H1	100			Context G4.1
	101		F 4.5	
	102			Context D1
	103			Context D1
	104			Vervallen
	105			Vervallen
H2	106		G 4.1	
	107		F 4.6	
H3	108			Vervallen
	109		C 5.3	
	110		G 4.1	
	111		F4.6	
Totaal	25 eindtermen in 2007 voor CE vervallen	2 eindterm ongewijzigd overgenomen	65 eindtermen aangepast (aangescherpt, ingeperkt, samengevoegd of uitgebreid)	44 eindtermen vervallen*

\* *Nieuwe Scheikunde beoogt contexten uit het examenprogramma van 1998 te vervangen door eigentijdse contexten, daarom zijn deze eindtermen als vervallen beschouwd*

*Vergelijking communale kennis 2007 en Nieuwe Scheikunde havo*

<b>Communale kennis 2007</b>	<b>Nieuwe Scheikunde havo</b>	
<b>Zuivere stoffen en mengsels</b>	<b>Nieuwe Scheikunde aangepast</b>	
1		Vervallen
2		Vervallen
3		Vervallen
4	A 3.2.11	
5	D 4.1/D 4.2	
<b>Elementen en verbindingen</b>		
6		Vervallen
7	A 3.2.1, A 3.2.2.	
8 (ook eindterm 12)	A 3.2.3	
9 (ook eindterm 13)	A 3.2.4	
10	A 3.2.9	
<b>Reacties</b>		
11	A 3.2.13	
12	C 5.1	
13	A 3.2.16/ C 5.1	
14	C 4.2	
15	B 5.2	
<b>Totaal wijzigingen bij Nieuwe Scheikunde</b>	<b>11 termen aangepast</b>	<b>4 termen vervallen</b>

Vergelijking totalen eindtermen Nieuwe Scheikunde havo met havo 1998  
(met ingevoegde communale kennis)

Subdomein voor CE Nieuwe Scheikunde	Totaal aantal eindtermen per subdomein Nieuwe Scheikunde	Aangepaste eindtermen uit scheikunde 1998 inclusief communale kennis	Nieuwe eindtermen
A3.1	6	1	5
A 3.2	16	8 + 6 comm	2
B5	10	5 + 1 comm	5
C2	6	5	1
C3	11	8	3
C4	6	4	1
C5	3	3	1
C6	5	3	2
D4	2	1 + 1 comm	2
D5	3	1	2
D6	4	4	-
E4	8	5	3
F4	7	3	2
G3	4	1	3
G4	4	1	3
	<b>95 eindtermen</b>	<b>61 aangepaste eindtermen</b>	<b>34 nieuwe eindtermen</b>

Vergelijking totalen eindtermen Nieuwe Scheikunde havo met havo 1998  
(zonder ingevoegde communale kennis)

Subdomein voor CE Nieuwe Scheikunde	Totaal aantal eindtermen per subdomein Nieuwe Scheikunde	Aangepaste eindtermen uit scheikunde 1998	Nieuwe eindtermen
A3.1	6	1	5
A 3.2	16	8	8
B5	10	5	5
C2	6	5	1
C3	11	8	3
C4	6	4	1
C5	3	3	1
C6	5	3	2
D4	2	1	2
D5	3	1	2
D6	4	4	-
E4	8	5	3
F4	7	3	2
G3	4	1	3
G4	4	1	3
	<b>95 eindtermen</b>	<b>53 aangepaste eindtermen</b>	<b>42 nieuwe eindtermen</b>



# Bijlage 7 Vergelijking programma vwo 2007 met Nieuwe Scheikunde

Vergelijking subdomeinen scheikunde 2007 met Nieuwe Scheikunde Vwo

Scheikunde 2007	c.e.	s.e.	Ver vallen	Nieuwe Scheikunde	c.e	s.e
<b>A Vaardigheden</b>				<b>A Vaardigheden</b>		
A1 Taalvaardigheden	1-8	1-8		A1 Algemene vaardigheden	A1.1 - A1-4	A1.1 - A1-4
A2 Reken-/wiskundige vaardigheden	9-14	9-14		A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden	A2.1- A2.6	A2.1- A2.6
A3 Informatievaardigheden	15-22	15-22		A3 Vakspecifieke vaardigheden	A3. 1 t.m. A3.2 17	A3.1- A3.2
A4 Technisch-instrumentele vaardigheden	23-27	23-27				
A5 Ontwerpvaardigheden	28-34	28-34				
A6 Onderzoeksvaardigheden	35-43	35-43				
A7 Maatschappij, studie en beroep	44-47	44-47				
<b>B Stoffen, structuur en binding</b>				<b>B Analysemethoden en - technieken</b>		
B1 Toepassingen			1-4	<i>B1 Kwalitatieve analyse</i>		<i>B1</i>
B2 Processen/reacties	5,6			<i>B2 Kwantitatieve analyse</i>		<i>B2</i>
B3 Atoombouw en periodiek systeem		7-9	10, 11	<i>B3 Analysemethoden en – technieken in ontwikkeling</i>		<i>B3</i>
B4 Bindingstypen en eigenschappen	12-20		21–25	<i>B4 Molecular modelling</i>		<i>B4</i>
B5 Namen en formules		26,27		B5 Onderzoek	B5.1 t.m. B5.10	

<b>C Koolstofchemie</b>					<b>C Structuren en reacties</b>	
C1 Toepassingen van synthetische polymeren		28,29, 31	30, 32	<i>C1 Reactiesnelheid onderzoeken</i>		C1
C2 Andere toepassingen van koolstofverbindingen		33-40		<i>C2 Structuuronderzoek</i>		C2
C3 Reacties van koolstofverbindingen	41-50			C3 Microstructuren	C3.1 t.m. C3.8	
C4 Structuren van koolstofverbindingen	51-68		69 – 71	C4 Relatie structuren en eigenschappen	C4.1 t.m. C4.12	
				C5 Bindingen	C5.1 t.m. C5.7	
				C6 Typen reacties	CC6.1 t.m. C6.3	
				C7 Reactiesnelheid en evenwichten	C7.1 t.m. C7.8	
<b>D Biochemie</b>					<b>D Synthesen</b>	
D1 Industriële toepassingen van biopolymeren			72-74	<i>D1 Industriële chemische processen</i>		D1
D2 Stofwisseling	75-81		82	<i>D2 Stoffen scheiden en zuiveren</i>		D2
D3 Structuren van biochemische stoffen	83-90, 92		91, 93	<i>D3 Synthese op laboratoriumschaal</i>		D3
				D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie	D4.1 t.m. D4.2	
				D5 Procestechnologie	D5.1 t.m. D5.5	
				D6 Processen optimaliseren	D6.1 t.m. D6.5	
<b>E Kenmerken van reacties</b>					<b>E Chemie van het leven</b>	
E1 Toepassingen	94-99, 102-105		100, 101	<i>E1 Kwaliteitscontrole</i>		E1
E2 Energetische effecten			106,108, 109	<i>E2 Risicoanalyse</i>		E2
E3 Reactiesnelheid	107, 110-114		115 – 117	<i>E3 Biotechnologie</i>		E3
E4 Evenwichten	118-123		124	E4 Chemische processen in het lichaam	E4.1 t.m. E 4.14	
E5 Rekenen aan reacties	125-128					
<b>F Chemische techniek</b>					<b>F Materiaalinnovatie</b>	
F1 Het maken van stoffen		129-132	133	<i>F1 Materiaalanalyse</i>		F1
F2 Het scheiden en zuiveren van stoffen		134-138		<i>F2 Ontwerpstrategie</i>		F2
F3 Stoffen aantonen	139-141			<i>F3 Industriële spin off</i>		F3
F4 Analysetechnieken	142-145			F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen	F4.1 t.m.F4.6	
F5 Procesindustrie	146-151					
F6 Bulkproducten			152,153			

<b>G Zuren en basen</b>			<b>G Duurzame ontwikkeling</b>		
G1 Toepassingen		154-156		G1 Duurzaamheidsanalyse	G1
G2 Onderzoek		157-161	162	G2 Integraal ketenbeheer	G2
G3 Kenmerken, reacties en de Brønsted-theorie	163-170 172-174		171	G3 Duurzaam ondernemen	G3
G4 Berekeningen	175-178			G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen	G4.1 t.m.G4.7
G5 Namen en formules		179-181		G5 Energie uit koolstofvrije bronnen	G5.1 t.m. G5.4
<b>H Redox</b>					
H1 Toepassingen		183-186	182, 187		
H2 Redox als proces		188-190			
H3 Redoxreacties	191-198, 201,202		199 – 200		

Vergelijking eindtermen vwo 2007 met Nieuwe Scheikunde

Subdomein 2007	Eindtermnummer in programma 1998* Vervallen in 2007 <i>Cursief Schoolexamen</i>	Nieuwe Scheikunde overgenomen	Nieuwe Scheikunde aangepast	Vervallen bij Nieuwe Scheikunde
<b>B Stoffen, structuur en binding</b>				
B1	1			Context F1
	2			Vervallen
	3			Vervallen
	4			Vervallen
B2	5		B5.5	
	6		C4.8	
B3	7		C4.3	
	8		C4.4	
	9		C3.1	
	10			Vervallen
	11			Vervallen
B4	12		C4.2	
	13		C5.1	
	14		C4.8	
	15		C3.2	
	16		C4.7	
	17			Vervallen
	18		C4.9	

	19		C3.5	
	20			Vervallen
	21			Vervallen
	22			Vervallen
	23			Context voor F1
	24			Vervallen
	25			Vervallen
B5	26		A3.2.3	
	27		A3.2.4	
<b>C Koolstofchemie</b>				
C1	28			Context voor F1
	29			Context voor F1
	30			Context voor F1
	31			Context voor F4.1
	32			Context voor G2
C2	33			Vervallen
	34			Context voor G2
	35			Context voor G2 en G3
	36		G4.4	
	37		C6.1, G4.4	
	38			Vervallen
	39			Context voor G2 en G3
	40		G4.1	
C3	41		C6.1	
	42		B5.2	
	43			Vervallen
	44			Vervallen
	45		C4.12	
	46		C5.4	
	47		C6.1	
	48		C6.1	
	49			Context voor C6.1
	50		F4.2	
C4	51			Vervallen
	52		C3.3	
	53		C3.7	
	54			Vervallen
	55		C 3.6	
	56			Vervallen
	57			Vervallen
	58		C3.8	
	59		C3.8	
	60			Vervallen
	61			Vervallen
	62		A 3.2.8	
	63			Vervallen

	64			Context voor C6.1
	65		C3.4	
	66			Vervallen
	67			Vervallen
	68			Vervallen
	69		B 5.10	
	70			Vervallen
	71			Vervallen
<b>D Biochemie</b>				
D1	72			Context voor C6.1
	73			Context voor C6.1
	74			Context voor G4.3
D2	75			Vervallen
	76			Vervallen
	77		E4.1	
	78		E4.3	
	79		E4.6	
	80		E4.9	
	81			Vervallen
	82			Context voor G1 en G2
D3	83			Vervallen
	84		E4.7	
	85		E4.8	
	86			Vervallen
	87		E4.11	
	88		A3.2.9	
	89		A3.2.3	
	90			Vervallen
	91			Vervallen
	92		B 5.2	
	93			Vervallen
<b>E Kenmerken van reacties</b>				
E1	94		D6.3	
	95			Context voor D1
	96			Context voor D1
	97		A3.1.4	
	98			Vervallen
	99			Vervallen
	100			Vervallen
	101			Context voor G2 en G3
	102		C6.1	
	103		C5.5	
	104			Context voor

				C6.1
	105			Context voor C6.1
E2	106			Vervallen
	107		C5.6	
	108		G4.6	
	109		G4.6	
E3	110		C7.1	
	111		C7.1	
	112		C7.1	
	113		C7.7	
	114			Context voor C1
	115			Context voor C1
	116			Vervallen
	117			Vervallen
E4	118		C7.2	
	119		C 7.3	
	120			Vervallen
	121		C7.5	
	122		C7.4	
	123		C7.6	
	124			Vervallen
E5	125		A3.2.13	
	126		A 3.2.13	
	127		A3.2.13	
	128		A3.2.13	
<b>F Chemische techniek</b>				
F1	129		D6.2	
	130			Context voor D1
	131			Context voor G2 en G3
	132			Context voor G2 en G3
	133			Context voor G3
F2	134		D6.1	
	135		D4.1	
	136			Context voor D2
	137			Context voor D2
	138			Context voor D2
F3	139			Vervallen
	140			Vervallen
	141		B5.7	
F4	142			Vervallen
	143			Vervallen
	144		B5.10	
	145			Vervallen
F5	146			Context voor D1
	147		D 5.2	
	148		D5.2	

	149		D5.3	
	150		D5.4	
	151		D 6.3	
F6	152			Context voor D1
	153			Context voor G2 en G3
<b>G Zuren en basen</b>				
G1	154			Vervallen
	155		G4.4	
	156		E 4.8	
G2	157		B5.3	
	158		B5.3	
	159			Context voor B10 en C 6.1
	160			Context voor B2
	161			Context voor B2
	162			Vervallen
G3	163		C 4.11	
	164		C6.2	
	165		C6.2	
	166		C6.2	
	167		C4.10	
	168			Context voor C4.10
	169		C7.4	
	170			Vervallen
	171			Context voor C6.1
	172		B 5.9	
	173		B 5.9	
	174			Context voor E.4.2
G4	175		B 5.8	
	176			Vervallen
	177			Vervallen
	178		B 5.10	
G5	179			Context voor A 3.2.8
	180		A3.2.5	
	181		A 3.2.6	
<b>H Redox</b>				
H1	182		G 5.2	
	183			Context voor D1
	184			Context voor F1
	185			Context voor F4.4
	186			Context voor F4.3 en G2
	187			Context voor D1
H2	188		G 5.1	

	189			Vervallen
	190		F4.4	
H3	191		C 4.10	
	192			Vervallen
	193			Vervallen
	194		C6.3	
	195		C6.3	
	196		G 5.2	
	197		C6.1	
	198			Vervallen
	199			Vervallen
	200		F4.4	
	201		F4.5	
	202		B5.2	
	202 eindtermen uit 1998 waarvan 40 vervallen in 2007	0 eindtermen ongewijzigd overgenomen	99 eindtermen aangepast uit programma van 1998	103 eindtermen vervallen

*Vergelijking communale kennis 2007 en Nieuwe Scheikunde vwo*

Communale kennis 2007	Nieuwe Scheikunde vwo	
<b>Zuivere stoffen en mengsels</b>		
1		Vervallen
2		Vervallen
3		Vervallen
4	A 3.2.12	
5	D 4.1/D4.2	
<b>Elementen en verbindingen</b>		
6		Vervallen
7	A 3.2.1	
8	A 3.2.3	
9	A 3.2.4	
10	A 3.2.10	
<b>Atoombouw</b>		
11	C3.1	
<b>Reacties</b>		
12	A 3.2.14	
13	C 6.1	
14	C 6.1	
15		Vervallen
16	C 5.2	
<b>Zuren en basen</b>		
17		Context voor A 3.2.8
18		Context voor A 3.2.8
<b>Totaal 18 termen</b>	<b>11 termen aangepast voor Nieuwe Scheikunde</b>	<b>7 termen vervallen</b>



Vergelijking totalen eindtermen Nieuwe Scheikunde vwo met vwo 1998  
(met ingevoegde communale kennis)

Subdomein voor CE Nieuwe Scheikunde	Totaal aantal eindtermen per subdomein Nieuwe Scheikunde	Aangepaste eindtermen uit scheikunde 1998 inclusief communale kennis	Nieuwe eindtermen
A3.1	6	1	5
A 3.2	17	7 + 4 communaal	6
B5	10	7	3
C3	8	8	-
C4	12	10	2
C5	7	4 + 1 communaal	2
C6	3	3	-
C7	8	7	1
D4	2	1 + 1 communaal	-
D5	4	3	1
D6	5	3	2
E4	14	7	7
F4	6	3	3
G4	7	2	5
G5	4	2	2
	<b>113 eindtermen</b>	<b>74 aangepaste eindtermen</b>	<b>39 nieuwe eindtermen</b>

Vergelijking totalen eindtermen Nieuwe Scheikunde vwo met vwo 1998  
(zonder ingevoegde communale kennis)

Subdomein voor CE Nieuwe Scheikunde	Totaal aantal eindtermen per subdomein Nieuwe Scheikunde	Aangepaste eindtermen uit scheikunde 1998	Nieuwe eindtermen
A3.1	6	1	5
A 3.2	17	7	10
B5	10	7	3
C3	8	8	-
C4	12	10	2
C5	7	4	3
C6	3	3	-
C7	8	7	1
D4	2	1	1
D5	4	3	1
D6	5	3	2
E4	14	7	7
F4	6	3	3
G4	7	2	5
G5	4	2	2
	<b>113 eindtermen</b>	<b>68 aangepaste eindtermen</b>	<b>45 nieuwe eindtermen</b>



# Bijlage 8 Literatuuropgave

Bouwen aan Scheikunde, Verkenningcommissie Scheikunde, 2002, SLO  
Chemie tussen context en concept, ontwerpen voor vernieuwing, H.P.W. Driessen en H.A. Meinema, 2003, SLO  
Handreiking schoolexamen scheikunde 2007, Heleen Driessen, 2005, SLO  
Leerlijn en Toetslijn Nieuwe Scheikunde, Stuurgroep Nieuwe Scheikunde i.s.m. WCDN  
Concept Syllabus scheikunde vwo (programma vanaf 2007), CEVO  
Syllabus scheikunde havo (programma vanaf 2007) CEVO

[www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) (publicaties over Nieuwe Scheikunde, lesmodulen)

[www.examenexperiment.nl](http://www.examenexperiment.nl) (examenexperiment scheikunde)

[www.bètapilots.nl](http://www.bètapilots.nl) (multipilots)

[www.slo.nl](http://www.slo.nl) (examenprogramma's 2007 en handreikingen, ook van NLT, wiskunde D, Nieuwe Biologie en Nieuwe Natuurkunde)

[www.cevo.nl](http://www.cevo.nl) (syllabi, concept-syllabi en werkversies syllabi Nieuwe Scheikunde, Nieuwe Biologie en Nieuwe Natuurkunde)



