

# STUDIEGIDS 2022-2023

LEERAAR SCHEIKUNDE

MASTER



## Inhoud

Inleiding.....	2
Algemene informatie opleiding scheikunde.....	3
Examenprogramma's .....	4
Didactisch handelen .....	5
Pedagogische vraagstukken .....	7
Vakdidactisch handelen.....	9
Modellen en modelleren .....	10
Scientific citizenship .....	13
Reactiviteit 1.....	15
Reactiviteit 2.....	17
Science, technology, engineering, mathematics (STEM).....	19
Materialen .....	21
Vakdidactisch ontwerponderzoek .....	23
Lerende professional .....	26
Life sciences .....	28
Complexe systemen .....	30
Chemisch onderzoek.....	32
Verdiepingsruimte .....	34

## Inleiding

Welkom bij Fontys Lerarenopleiding Tilburg (FLOT)! Leraar zijn is een prachtig beroep. FLOT wil de best denkbare leraren opleiden vanuit het besef dat de leraar het verschil kan maken voor elke leerling.

In deze studiegids vind je informatie over alle onderwijseenheden uit het programma.

Algemene informatie over studeren bij FLOT kun je vinden op onze website. Raadpleeg daarnaast regelmatig de actuele informatie op de [portal](#). Hier is onder andere rooster, uitgewerkte informatie bij de onderwijseenheden en overige informatie over de opleiding te vinden. Naast de studiegids en de portal kun je voor vragen of informatie natuurlijk ook terecht bij de studieloopbaanbegeleider, andere opleiders en studiegenoten.

De formele regels die van toepassing zijn op jouw opleiding zijn vastgelegd in de [Onderwijs- en Examenregeling \(OER\)](#). De OER is onderdeel van het studentenstatuut, waar je meer kunt lezen over je rechten en plichten als student van Fontys. Het studentenstatuut vind je op [deze pagina](#).

We wensen je een plezierige en succesvolle studietijd toe.

Namens het gehele team van FLOT,



Elize van Lwijk  
Teamleider Onderwijs Logistiek  
Fontys Lerarenopleiding Tilburg

# Algemene informatie opleiding scheikunde

## Focus masterlerarenopleiding Scheikunde

De masterlerarenopleiding Scheikunde richt zich op het opleiden van eerstegraads docenten met een onderbouwde visie op scheikunde-onderwijs en onderwijs in het algemeen. Eerstegraads docenten die met een kritisch-reflectieve en onderzoeksmatige benadering vraagstukken in de eigen beroepspraktijk kunnen oppakken. Daardoor zijn zij in staat hun taak te vervullen als docent in het eerstegraads werkveld en een bijdrage te leveren aan de schoolorganisatie als geheel.

Concreet betekent dit dat de afgestudeerde eerstegraads docent zowel expert is op vakinhoudelijk en vakdidactisch gebied en daarnaast als kritische, onderzoekende professional een bijdrage levert aan innovatie en de ontwikkeling van onderwijs.

## De opbouw van het curriculum

Het curriculum bestaat uit drie leerlijnen, deze worden hieronder kort beschreven. Bij de omschrijving van de modules wordt aangegeven van welke leerlijn ze deel uit maken. In het curriculum ligt de nadruk op:

- Het gericht vormgeven van **jouw professionele ontwikkeling**, die van je **collega's** en de **school** waarbinnen plaats is voor actiegericht, evidence based onderzoek op vakdidactisch, didactisch en pedagogisch gebied én het vormgeven van ontwikkeling en/of innovatie op jouw werkplek. (35 ECTS)
- **Vakspecialisme**, het versterken, verdiepen en verbreden van jouw theoretische en praktische kennis en vaardigheden zowel op vakinhoudelijk als vakdidactisch gebied. (35 ECTS)
- Het verwerven van kennis op nieuwe aan de chemie gerelateerde gebieden door **verder te kijken** (20 ECTS). Hieronder valt het vormgeven van vakoverstijgend onderwijs (STEM) op het gebied van duurzaamheid maar ook onderwijs op het gebied van wetenschappelijke geletterdheid (scientific citizenship) waarbinnen het ontwikkelen van een vragende houding bij leerlingen centraal staat. Daarnaast biedt deze band verder kijken de diepte in (complexe systemen) en de vrijheid om te kiezen en vorm te geven wat je nog wil leren. (verdiepingsmodule)

Het curriculum speelt vakinhoudelijk in op ontwikkelingen in de actuele beroepspraktijk en op innovaties vanuit het vakgebied. Zo komen onder andere ontwikkelingen op het gebied van analysetechnieken, materialen, duurzaamheid en biotechnologie aan de orde. Daarnaast maken we direct kennis met de actuele beroepspraktijk door **gastlessen** en **excursies** en in het tweede leerjaar ga je zelf aan de slag met een vraagstuk uit de beroepspraktijk door het lopen van een korte stage bij een chemisch bedrijf/instelling. Daar waar mogelijk is er een sterke koppeling tussen de masteropleiding en de beroepspraktijk van het voortgezet onderwijs. Je verdiept je in ontwikkelingen die plaatsvinden in de beroepspraktijk. Zo wordt er aandacht besteed aan structuur-eigenschap redeneren, karakteristieke denk- en werkwijzen, modelleren en verschillende vormen van interdisciplinair onderwijs. Tijdens de opleiding leren we van en met elkaar door elkaar regelmatig van peer feedback te voorzien en ontwikkelde producten te presenteren tijdens **inspiratiesessies**. Door de wisselwerking tussen opleiding en beroepspraktijk ontwikkel je producten die direct ingezet kunnen worden in de eigen beroepspraktijk en/of ontstaan op basis van een vraag uit jouw eigen beroepspraktijk. Ook zijn er excursies naar scholen en/of gastlessen van sprekers uit het werkveld.

# Examenprogramma's

## Scheikunde Master CH2022

Omschrijving activiteit	Vakcode	SBU	EC's
Didactisch Handelen	GENMF200	140	5
Pedagogische Vraagstukken	GENMF201	140	5
Vakdidactisch Handelen	SKMF200	140	5
Modelleren en Modelleren	SKMF201	140	5
Reactiviteit I	SKMF203	140	5
Materialen	SKMF205	140	5
Reactiviteit II	SKMF204	140	5
Scientific Citizenship	SKMF202	140	5
STEM	GENMF204	140	5
Vakdidactisch Ontwerp Onderzoek	GENMF202	280	10
Lerende Professional	GENMF203	280	10
Life Sciences	SKMF210	140	5
Chemisch Onderzoek	SKMF208	280	10
Complexe Systemen	SKMF207	140	5
Verdiepingsruimte	SKMF211	140	5

## Aanbod onderwijs studiejaar 2022-2023

COHORT 2022		COHORT 2023	
P1	Vakd. Handelen/ Did. Handelen / Ped. Vraagstukken	P1	Vakd. Ontwerp Onderzoek/ Lerende Professional
	Modellen en Modelleren		Life Sciences
	Scientific Citizenship		Complexe Systemen
P2	Vakd. Handelen/ Did. Handelen / Ped. Vraagstukken	P2	Vakd. Ontwerp Onderzoek/ Lerende Professional
	Reactiviteit I		Life Sciences
	Scientific Citizenship		Complexe Systemen
P3	Vakd. Handelen/ Did. Handelen / Ped. Vraagstukken	P3	Vakd. Ontwerp Onderzoek/ Lerende Professional
	Materialen		Chemisch Onderzoek
	STEM		Verdiepingsmodule
P4	Vakd. Handelen/ Did. Handelen / Ped. Vraagstukken	P4	Vakd. Ontwerp Onderzoek/ Lerende Professional
	Reactiviteit II		Chemisch Onderzoek
	STEM		Verdiepingsmodule

NB: Aan periodisering kunnen geen rechten worden ontleend.

# Didactisch handelen

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Didactisch handelen
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst 1

*De student laat in zijn didactisch handelen zien dat hij op een onderbouwde manier onderwijs ontwikkelt en verzorgt voor leerlingen in het eerste graadsgebied. De student stimuleert het cognitief leren van leerlingen op gebied van analyseren, evalueren, creëren en begeleidt dit proces door het geven van effectieve feedback.*

### Toelichting

Voor *cognitief leren* gebruiken we de definitie van Anderson & Krathwohl (2001) waarin zes niveaus van cognitief leren zijn beschreven, namelijk: onthouden, begrijpen, toepassen, analyseren, evalueren en creëren. Een geschikte didactische aanpak van cognitief leren voor leerlingen in mbo-4 en havo als voorbereiding op het leren in het hoger beroepsonderwijs kan verschillen van een geschikte didactische aanpak voor de vwo-leerling als voorbereiding op het wetenschappelijke onderwijs.

Voor *effectieve feedback* gebruiken we de definitie van Hattie en Timperly (2000) waarin voor effectieve feedback drie vragen worden gebruikt: (1) waar ga ik naartoe ("feed up"), (2) hoe sta ik er voor ("feedback"), wat is mijn volgende stap ("feed forward"). Verder onderscheiden Hattie en Timperly feedback op taak, proces, zelfsturing en persoon.

### Leeruitkomst 2

*De student creëert een stimulerend leerklimaat voor zijn leerlingen waarin aandacht is voor differentiatie en waarin hij inspeelt op het nemen van verantwoordelijkheid voor het leren door de leerling.*

### Toelichting

Een *stimulerend leerklimaat* is een leerklimaat waarin elke leerling op zijn/haar niveau wordt uitgedaagd om zich te ontwikkelen. De leraar zorgt ervoor dat de leerlingen gewaardeerd worden door elkaar en de omgeving, daagt leerlingen uit om verantwoordelijkheid te nemen en laat leerlingen initiatieven nemen en zelfstandig werken (Van Hout-Wolters, Simons, & Volet, 2000).

Een *stimulerend leerklimaat* betekent dat de student in staat is leerlingen onderwijs te bieden dat hen past (gevarieerd en gericht op differentiatie). Hierbij houdt de student onder andere rekening met de verschillen die (kunnen) bestaan tussen leerlingen op havo- en vwo-niveau. De student laat vormen van differentiatie zien aangepast aan de doelgroep waarvoor het onderwijs is bedoeld. Hierbij kan gedacht worden aan differentiatie op basis van leren in coöperatieve groepen, leren in klassenverband, beheersingsleren. Een grotere verantwoordelijkheid van de leerlingen voor het leren betekent een groter beroep op hun zelfstandigheid en hun metacognitieve vaardigheden. De student toont aan op welke wijze hij dat bewerkstelligt.

## Toetsvorm en toelichting

De onderwijseenheid Didactisch handelen wordt getoetst met *een portfolio-assessment* (zonder criteriumgericht interview). Het portfolio- assessment geeft de mogelijkheid om de onderwijseenheid te beoordelen op basis van informatie uit meerdere bronnen.

### Twee fasen:

#### 1. Ontvankelijkheidstoetsing door de beoordelaar

De beoordelaar beoordeelt aan de hand van ontvankelijkheidscriteria of de bewijzen in het portfolio van voldoende kwaliteit zijn om het assessment uit te voeren.

2. De beoordeling door de beoordelaar bestaat uit het:
- vaststellen of de leeruitkomsten zijn gerealiseerd;
  - geven van ontwikkelingsgerichte feedback;
  - vastleggen van bevindingen en eindoordeel.

### **Toelichting programma**

We vragen binnen onderwijseenheid *Didactisch handelen* van de student een ontwikkelingsgerichte houding. Onderwijseenheid *Didactisch handelen* is direct gelinkt aan de onderwijspraktijk. De student gaat aan de slag gaan met eigen activiteiten passend binnen de onderwijscontext waarin hij/zij werkzaam is of stage loopt en werkt aan de leeruitkomsten. Daarnaast biedt de opleiding bijeenkomsten aan. De onderwijseenheid is erop gericht dat de student zijn didactisch handelen verder weet te ontwikkelen. Hij is in staat zelf onderwijs en onderwijsmateriaal te ontwikkelen en het ontwikkelde onderwijs te onderbouwen op basis van reflectie en relevante bronnen (zoals praktijkgerichte en wetenschappelijke literatuur). Hij is in staat zich zowel vakinhoudelijk als vakdidactisch te verdiepen en zich nieuwe vaardigheden eigen te maken. De leraar vho is bereid om samen met anderen kennis en ervaringen te delen en praktijkgerichte kennis te creëren.

De student werkt aan de leeruitkomsten door in het werkveld aan de slag te gaan. Om zich in de praktijk te kunnen ontwikkelen, is het nodig dat de student zich, op eigen initiatief, laat coachen door begeleiders op de werkplek. Denk aan tussentijdse evaluaties n.a.v. observaties van uitvoering van leersituaties en coachgesprekken door de werkplekbegeleider, schoolopleider, instituutsopleider, en/of teamleider. Het is voor de betrokkenen van belang om hierbij de leeruitkomsten en de toetscriteria voor ogen te houden.

Bij het werken aan de leeruitkomsten wordt een onderzoekende aanpak geadviseerd die bestaat uit de volgende stappen: oriënteren en richten, analyseren, ontwikkelen, uitvoeren en evalueren. Aan deze stappen zijn ook de toetscriteria verbonden zodat de student zijn leeropbrengsten en bewijzen kan opnemen in het portfolio wat wordt beoordeeld.

Informatie over het programma en de bijeenkomsten wordt door de opleiding verstrekt.

### **Literatuur en leermiddelen**

Diverse opleidingen werken met leerwerktaken. Vraag deze op bij de toegewezen begeleider. De opleiding adviseert over de literatuur en leermiddelen bij deze onderwijseenheid.

# Pedagogische vraagstukken

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Pedagogische vraagstukken
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk

## Leeruitkomsten en toelichting

### **Leeruitkomst 1**

*De student verdiept zich in een pedagogisch vraagstuk dat zich voordoet in de school, om bij te dragen aan de ontwikkeling van het onderwijsklimaat. Op basis van pedagogische literatuur onderbouwt hij een aantal handelingsopties, maakt daaruit een beredeneerde keuze, probeert die uit in de schoolpraktijk en deelt opbrengsten met betrokkenen.*

### **Toelichting**

Pedagogische vraagstukken komen voort uit de verantwoordelijkheid die de student en zijn school hebben voor de ontplooiing van leerlingen tot zelfstandige, kritische en verantwoordelijke volwassenen die bereid én competent zijn om mee te werken aan het functioneren van een democratische samenleving. Het pedagogische vraagstuk waarmee de masterstudent in het kader van deze onderwijseenheid aan het werk gaat, heeft betrekking op een complex probleem waaraan meerdere aspecten verbonden zijn, zoals bijvoorbeeld hoe om te gaan met diversiteit. Hierbij wordt dit complexe probleem vanuit meerdere perspectieven en op meerdere niveaus (bijvoorbeeld (inter)nationaal, regionaal, school, leerling) bekeken.

Uitgangspunt is het verder ontwikkelen van de pedagogische inzichten en het pedagogisch handelen van de student. De student start vanuit een idee, knelpunt of verdiepingsvraag over een pedagogisch vraagstuk dat zich voordoet in de school. De student verzamelt gegevens, analyseert deze en evalueert daarmee het vraagstuk. Op basis van de analyse en literatuur ontwikkelt de student het handelen ten aanzien van het vraagstuk.

De student deelt bevindingen met betrokkenen, zoals leerlingen, collega's of de schoolopleiding. En draagt, door middel van het gesprek hierover, bij aan het onderwijsklimaat en pedagogisch handelen op de school.

De student ontwikkelt zijn pedagogische visie parallel aan het ontwikkelen van pedagogische inzichten en pedagogisch handelen. Hij betreft daarbij ook de visie van de school op dit gebied.

### **Leeruitkomst 2**

*De student hanteert kwalitatieve en/of kwantitatieve methoden om systematisch valide en betrouwbare gegevens over pedagogisch handelen in onderwijssituaties te verzamelen, en op een passende manier te analyseren en te interpreteren.*

### **Toelichting**

Deze leeruitkomst is een inleidende leeruitkomst, bedoeld om studenten te laten kennismaken met methoden om op masterniveau onderzoek te doen ten behoeve van de onderwijspraktijk. De student gebruikt (delen van) een onderzoekscyclus (1. Oriënteren en richten 2 Onderzoeken 3 Analyseren 4 Evalueren 5 Rapporteren en Presenteren). Er is een veelheid aan mogelijkheden om volgens deze cyclus onderzoek te doen naar de pedagogische praktijk, variërend van kwalitatief onderzoek tot een fenomenologische of ontwerpgerichte aanpak. De student verantwoordt de keuzes die hij maakt. Hij hanteert verschillende methodes om data te verzamelen.



## Toetsvorm en toelichting

De onderwijseenheid Pedagogische vraagstukken wordt getoetst met een *portfolio-assessment* zonder criteriumgericht interview (CGI).

Bij de beoordeling worden twee fasen onderscheiden:

1. Bij de **ontvankelijkheidstoetsing** wordt door de beoordelaar nagegaan of het portfolio voldoet aan de gestelde ontvankelijkheidscriteria. De ontvankelijkheidscriteria hebben betrekking op taalgebruik, APA-regels en de authenticiteit van de bewijzen.
2. De **beoordeling** door de beoordelaar bestaat uit het vaststellen in hoeverre de leeruitkomsten zijn gerealiseerd. Daarnaast wordt er ontwikkelingsgerichte feedback gegeven met als doel de student handvatten te geven voor de vormgeving en uitvoering van de andere generieke leeruitkomsten.

De producten die samen het portfolio vormen, worden formatief én summatief ingezet. De producten uit het portfolio worden gerelateerd aan de leeruitkomsten en worden zo gebruikt om de leeruitkomsten aan te tonen. Belangrijk is dus dat de student aangeeft aan welke leeruitkomst(en) een product verbonden is en dat er een onderbouwing is, bijvoorbeeld in de vorm van een reflectie, voor de wijze waarop het product de beheersing van de leeruitkomst(en) laat zien.

## Toelichting programma

De student werkt aan een pedagogisch vraagstuk dat relevant is voor zijn onderwijscontext. Een voorbeeld van een complex pedagogisch vraagstuk zou kunnen zijn: "Hoe kan er binnen het curriculum naast aandacht voor kwalificatie ook aandacht gegeven worden aan de ontwikkeling van socialisatie en persoonsvorming?" Onder een complex pedagogisch vraagstuk als dit vallen meerder thema's zoals bijvoorbeeld: diversiteit, motivatie, socialisatie, persoonsvorming, bespreken van gevoelige onderwerpen etc. De student koppelt bij het werken aan de onderwijseenheid Pedagogische vraagstukken de theorie aan de eigen praktijk. Hierbij wordt de cyclus, zoals omschreven bij leeruitkomst 2, geheel of gedeeltelijk doorlopen. De onderwijseenheid Pedagogische vraagstukken past in de onderzoeksleerlijn van de masteropleidingen. Het is een voorbereiding op de onderwijseenheid vakdidactisch ontwerp onderzoek. Specifieke informatie over het programma en de bijeenkomsten wordt door de opleiding verstrekt.

## Literatuur en leermiddelen

Afhankelijk van de gekozen thema's stelt de student een eigen literatuurlijst samen. De opleiding adviseert voorafgaand en gedurende het onderzoek over de literatuur en leermiddelen.

# Vakdidactisch handelen

## Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Vakdidactisch handelen
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1; periode 1 t/m 4

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst

De student laat in zijn vakdidactisch handelen zien hoe het onderwijs en toetsing die hij ontwerpt c.q. verzorgt voortkomt uit zijn, mede op de literatuur gebaseerde, vakdidactische visie. Daarbij verantwoordt hoe zijn onderwijs zich verhoudt tot het onderwijsconcept van de school en de actualiteit en ontwikkeling in het bèta-onderwijs.

### Toelichting

Binnen deze module is er aandacht voor het onderbouwen en ontwikkelen van het vakdidactisch handelen van de student door korte ontwerpcycli. Binnen deze cycli is aandacht voor het verkennen van het thema op basis van literatuur en praktijkbronnen, het formuleren van ontwerpeisen, het vormgeven van het ontwerp, het verzamelen van data met betrekking tot evaluatie en het reflecteren op dit proces. Vaak zijn deze stappen iteratief en soms krijgen ook bepaalde aspecten uit de ontwerpcyclus meer of enkel de aandacht. Bij het ontwerpen van dit onderwijs wordt er aandacht besteed aan de trends/ontwikkelingen op internationaal/ nationaal en/of schoolniveau met betrekking tot bèta-onderwijs. Hiermee dekt deze module de in subdomein 9.1 (Assessment en toetsing van het schoolvak scheikunde) en 9.2 (Visie op en ontwikkeling van het schoolvak scheikunde) van de kennisbasis genoemde kennis, vaardigheden en competenties

### Toetsvorm en toelichting

Portfolio-assessment.

Het portfolio zal bestaan uit verschillende beroepsproducten, onderbouwingen van ontwerpen, uitdiepingen van diverse thema's op basis van literatuur en/of praktijkbronnen en reflecties waarin deze (praktijk)bronnen naast de ervaring een belangrijke plaats innemen.

### Toelichting programma

Vakdidactisch handelen wordt samen met pedagogische vraagstukken en didactisch handelen geïntegreerd aangeboden. Een student werkt immers niet enkel aan pedagogisch, didactisch of vakdidactisch handelen maar vaak aan een combinatie van competenties. Deze drie modules vormen gezamenlijk het eerste jaar van de leerlijn *vormgeven aan professionele ontwikkeling*. Binnen deze eerste leerlijn staat gericht vormgeven aan eigen professionele ontwikkeling en die van de omgeving (organisatie, team, sectie enz.) centraal. Er wordt gewerkt in 'Learning Design Studios' waarin studenten door het gebruik van diverse werkvormen leren kritisch te kijken naar eigen handelen, kennis, vaardigheden en competenties, maar ook naar de kennis, vaardigheden en het handelen van de organisatie, het team of de sectie. Sommige thema's zullen door alle studenten verkend worden terwijl andere thema's individueel verkend worden.

### Literatuur en leermiddelen

Afhankelijk van het gekozen thema's stelt de student een eigen literatuurlijst samen. Deze bronnen zullen aangevuld worden met diverse door de docent aangereikte bronnen.

# Modellen en modelleren

## Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Modellen en modelleren
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1; periode 1

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst 1

De student analyseert de ontwikkeling van natuurwetenschappelijke modellen en laat zien dat hij de belangrijke ontwikkelingen en conventies kan toepassen in modelontwikkeling voor het atoommodel in het bijzonder.

### Leeruitkomst 2

De student interpreteert en construeert quantumchemische modellen zoals orbitaal correlatiediagrammen, grafische weergaven van de valence bond theorie (eventueel aangevuld met de hybridisatietheorie) en de kristalveldtheorie voor eenvoudige organische en anorganische deeltjes en transitietaal complexen. De student past de modellen toe om eigenschappen van deeltjes te voorspellen.

### Toelichting

Binnen de (natuur)wetenschappen neemt het modellen en modelleren een belangrijke plaats in. Dit zien we niet alleen wanneer we naar de ontwikkeling van de chemie in het verleden kijken maar ook wanneer we kijken naar hoe de chemie zich nu ontwikkelt. Bijvoorbeeld bij het voorspellen van de werking van medicijnen of het berekenen van effecten van bepaalde (milieu-)maatregelen wordt gewerkt met modellen. Werken met modellen is binnen de bèta-vakken dan ook een belangrijke vaardigheid. Begrip over wat een model is, hoe dit zich ontwikkelt, hoe je van een reëel probleem een abstracte weergave kunt maken en wat de grenzen en mogelijkheden zijn van het werken met een model zijn belangrijke vaardigheden om natuurwetenschappelijke kennis verder te ontwikkelen.

Vaak zijn de zaken waarover gesproken wordt niet (met het oog) zichtbaar. Een wetenschapper werkt met modellen en stelt op basis van deze modellen hypothesen op en ontwerpt experimenten om zijn model te toetsen en het vervolgens eventueel aan te passen.

Binnen de scheikunde spelen modellen (waaronder ook schematische weergaven, theorieën en formules vallen) op diverse gebieden een belangrijke rol, bijvoorbeeld het botsende deeltjes model en blokschema's. De bekendste en belangrijkste modellen binnen de scheikunde worden echter gebruikt om het gedrag van de belangrijkste bouwstenen in de scheikunde te begrijpen, te verklaren en te voorspellen: atoommodellen en modellen die gebruikt worden om de bouw en binding van moleculen te beschrijven. Binnen het vak modellen en modelleren zoomen we in op de ontwikkeling van het atoommodel en de daarbij horende conventies. Onder deze conventies vallen de elektronenconfiguratie, edelgasconfiguratie en de Schrödinger vergelijking. De rol van wetenschappelijke experimenten die modellen verworpen en/of aan de basis stonden van nieuwe modellen spelen binnen dit vak een belangrijke rol. Diepgaand begrip hiervan is dan ook van belang, simulaties (applets of apps of andere manieren van simuleren zijn hierbij een middel.

Wanneer we het atoom en de bouw van het atoom diepgaand verkend hebben schuiven we op naar de modellen/ theorieën die een belangrijke rol schrijven bij het beschrijven van een molecuul en de binding tussen atomen. Behandelde modellen/ theorieën zijn: orbitaal correlatiediagrammen, grafische weergaven van de valence bond theorie, de hybridisatietheorie en de kristalveldtheorie.

Na het behalen van deze module ben je in staat deze modellen te interpreteren en construeren voor eenvoudige organische en anorganische deeltjes en transitietaalcomplexen. Onder eenvoudige organische en anorganische deeltjes verstaan we deeltjes die beschreven zijn in domein 4.3 van de kennisbasis, dit zijn allen tweeatomige deeltjes (homonucleair of heteronucleair), deeltjes met een centraal atoom of (delen van) deeltjes met een kenmerkende structuur zoals geconjugeerde systemen of (poly)aromatische systemen. De geconstrueerde modellen of door een ander geconstrueerde modellen kun je bovendien gebruiken om eigenschappen van deeltjes te voorspellen. Voorbeelden van eigenschappen waaraan je kunt denken is para- en diamagnetisme, bindingslengte, reactiviteit (in het kader van aromaticiteit) en kleur (in het kader van de kristalveldtheorie). Binnen het tweede deel van de

module is er ook aandacht voor de verschillen tussen deze weergaven, welke weergave afhankelijk van de situatie het meest passend kan zijn en het leren omgaan met het gebruiken van meerdere verschillende soorten constructies van modellen naast elkaar.

Hiermee dekt deze module domein 4 Atoom- en Molecuulbouw en Chemische Binding van de eerstegraads kennisbasis van de Lerarenopleiding Scheikunde.

In de module wordt niet enkel aandacht besteedt aan vakinhoudelijke aspecten maar ook aan vakdidactische aspecten. Hierbij wordt aandacht besteedt aan de rol van het modelleren binnen de ontwikkeling van de chemie en worden ook mogelijkheden verkend om modelleren een plaats te geven in het VO curriculum van de bovenbouw. Welke vaardigheden en kennis heeft een bovenbouw leerling nodig mbt het modellen denken en welke type onderwijsactiviteiten kunnen deze leerling helpen bij het ontwikkelen van deze vaardigheden. Hiermee dekt deze module de in subdomein 8.3 modelleren en programmeren en domein 10 Wetenschappelijke grondslagen, ontwikkelingen en onderzoek beschreven begrippen en vaardigheden.

## Inhoud

- Kwantumtheorie  
Historie van het atoommodel (Dalton, Thomson, Rutherford, etc), oude kwantumtheorie (Planck-kwantisatie, golf-/deeltje dualiteit, foto-elektrisch effect, Bohr-atoom, de Broglie-relatie, onzekerheidsprincipe van Heisenberg), moderne kwantumtheorie (Schrödingervergelijking, Born-interpretatie), deeltje-in-een 1,2,3 D doos, gekwantiseerde vibratie, de kwantummechanische verklaring van atoom- en molecuulspectra
- Atoomstructuur  
H-achtige atomen (orbitalen, kwantumgetallen, energieën, overgangen), meer-elektron atomen (orbital-benadering Hartree, Aufbau-principe, elektronenconfiguraties), foto-elektronspectroscopie atomeigenschappen en periodiek systeem.
- Molecuulstructuur  
Molecular orbitaal theorie ( $H_2$ -molecuul,  $H_2^+$  -ion), Linear Combination of Atomic Orbital LCAO model (homonucleaire en heteronucleaire twee-atomige moleculen); Valence bond model ( $H_2$ -molecuul, twee- en meeratomige moleculen); geconjugeerde systemen, aromaticiteit, polyatomige moleculen.
- Overgangsmetalen en coördinatiecomplexen (geen onderdeel van de kennisbasis)  
Binding in eenvoudige moleculen met overgangsmetalen, coördinatiechemie, structuur coördinatiecomplexen, kristalveldtheorie, optische eigenschappen en spectrochemische reeks

## Toetsvorm en toelichting

Kennistoets met open vragen

Binnen deze module staan modellen, hun ontstaan, kaders en gebruik centraal. Hierdoor verdiept de student zich in het modellen denken en maakt zich het steeds verder eigen. Middels een toets laat de student zien deze verworven kennis en vaardigheden kunnen toe te passen in diverse contexten.

## Toelichting programma

Deze module is de eerste in de leerlijn die valt binnen het *vakspecialisme* en daarmee inzet op *theoretische en praktische verdieping en verbreding*. Binnen deze leerlijn is niet echt sprake van een vaste volgorde hoewel de module modellen en modelleren veel kennis en vaardigheden behandelt die de basis zijn voor de andere vakke in deze leerlijn. Binnen de vakken in deze leerlijn worden praktische activiteiten geïntegreerd. Zo ontwikkelt de student door de praktische activiteiten binnen deze module de vaardigheid van het modelleren tbv van het ontwikkelen van bijvoorbeeld simulatiepractica. Bij dit modelleren kan gewerkt worden met diverse software of online programma's zoals bijvoorbeeld MathLab, Arduino, [www.insightmaker.com](http://www.insightmaker.com) en/of IP Coach.

Onderwijs zal vormgegeven worden in een interactief hoor-/ werkcollege waarin diverse activiteiten die de verwerving van de leeruitkomsten bevorderen plaats hebben. Om ruimte te creëren om actief met de lesstof aan de slag te zijn wordt gebruik gemaakt van bijvoorbeeld vraaggestuurd onderwijs of Flipping the Classroom.

## Literatuur en leermiddelen

- Oxtoby, D.W., Gilles, H.P. & Campion, A. (2015). Principles of Modern Chemistry International student edition (8e druk), Boston: Cengage Learning, Inc. ISBN: 9781305079113
- Overig lesmateriaal wordt via de digitale leeromgeving beschikbaar gesteld.

# Scientific citizenship

## Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Scientific citizenship
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1; periode 1 + 2

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst 1

De student plaatst de chemische leerstof in een historische context. Daarnaast schenkt deze aandacht aan doorbraken en trends in de moderne chemie aan de hand van actuele berichtgeving in de media. De student is op de hoogte van de kenmerkende eigenschappen van het wetenschappelijk denken en redeneren, en de redenen waarom wetenschappelijke kennis als objectief mag worden beschouwd. Hierbij wordt filosofie en geschiedenis van de chemie als reflectiemateriaal gebruikt.

### Leeruitkomst 2

De student ontwerpt onderwijs waardoor leerlingen zich bewust worden van de rol van wetenschap in de samenleving en hun verantwoordelijkheid daarin. Hierbij wordt filosofie en geschiedenis van de chemie als didactische instrument en reflectiemateriaal ingezet. Daarbij laat de student zien dat hij zich bewust is van de ethische aspecten van wetenschappelijk onderzoek en de maatschappelijke toepassingen daarvan.

### Toelichting van de leeruitkomsten

Deze module legt de focus op het ontwikkelen van een bredere blik op het scheikundig vakgebied vanuit onder andere een maatschappelijk, historisch, filosofisch en ethisch perspectief. De kern van de module draait om het doorgronden van de aard van wetenschap aan de hand van geschiedenis van de chemie. Wetenschappelijke kennis wordt voortdurend aangevuld en opnieuw beoordeeld in het licht van nieuwe opbrengsten van onderzoek en daarbij horende nieuwe inzichten. Deze kennis ontwikkelt zich in een wereldwijde gemeenschap waarin wetenschappers samenwerken (sociale context). Dat maakt dat de wetenschap als een sociaal waardevol kennissysteem kan worden gezien.

De student concretiseert zijn inzicht in de aard van de wetenschap door zelf hedendaagse voorbeelden van chemische doorbraken te onderzoeken, waaruit blijkt hoe kennisontwikkeling in de moderne chemie plaatsvindt. Hierbij heeft de student oog voor de maatschappelijke context waarin deze kennisontwikkeling tot stand komt en ethische vraagstukken die hieruit voortvloeien

De student toont inzichten uit deze module aan door een beroepsproduct aan te leveren. Voor dit beroepsproduct ontwerpt de student onderwijs waarmee leerlingen zich bewust worden van de wisselwerking tussen wetenschap en samenleving en de ethische vraagstukken die hierbij spelen. In het onderwijs worden daartoe dilemma's besproken uit de (recente) geschiedenis of nabije toekomst waarbij leerlingen deze dilemma's vanuit meerdere perspectieven leren beschouwen. Bij het ontwerpen maakt de student gebruik van didactische werkvormen uit de wetenschapsfilosofie. Hiermee dekt deze module de in de kennisbasis beschreven subdomein 9.3 het leren van de scheikunde en subdomein 10

Wetenschappelijke grondslagen, ontwikkelingen en onderzoek daarnaast wordt er ook nog aandacht besteedt aan niet in de kennisbasis opgenomen filosofische en ethische aspecten van de chemie.

## Inhoud

- Ontwikkeling van de chemie: De historische ontwikkeling van alchemie tot moderne chemie en chemische technologie; de actuele ontwikkelingen van de moderne chemie en chemische technologie, inclusief de wijze waarop het wetenschappelijk onderzoek plaatsvindt.
- Wetenschapsfilosofische begrippen en opvattingen: Er wordt in ieder geval aandacht besteedt aan: Objectivisme, subjectivisme, empirisme, rationalisme, positivisme, relationisme, falsificationisme en reduceerbaarheid. Ook enkele met deze opvattingen te associëren namen, zoals: Socrates, Plato en Aristoteles, Popper en Kuhn. Daarnaast kun je denken aan inductie, deductie en drogredenen.
- Didactiek in relatie tot socialisatie en subjectificatie: Via de benadering van Socio Scientific Inquiry Based Learning wordt ingegaan op de didactiek om maatschappelijke en persoonlijke vraagstukken in het scheikundeonderwijs te integreren en te relateren aan ethische aspecten in de chemie.

## Toetsvorm en toelichting

### Beroepsproduct

In het ontwikkelde beroepsproduct laten studenten zien hoe ze in hun onderwijs aandacht hebben voor het ontwikkelen van een vragende houding van hun leerlingen ter bevordering van hun wetenschappelijke geletterdheid.

## Toelichting programma

Deze module maakt deel uit van de leerlijn *verder kijken* en hangt daarnaast ook nauw samen met de module Modellen en Modelleren die ook in periode 1 wordt verzorgd. Gedurende twee perioden zal er in een interactief hoor- en werkcollege ingezoomd worden op verschillende wetenschappelijke ontwikkelingen in het heden en verleden en wordt geoefend met werkvormen die de activerende werkhouding van leerlingen bevorderen door deze zelf te ervaren.

## Literatuur en leermiddelen

- H. Deuss (2017). *Filosofie van de Chemie* (Fontys dictaat). Update van dit dictaat komt via de digitale leeromgeving voor de start van het college online.
- Overig lesmateriaal wordt via de digitale leeromgeving beschikbaar gesteld.

# Reactiviteit 1

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Reactiviteit 1
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1; periode 2

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst

De student past het concept reactiviteit toe om onder gegeven omstandigheden reactieproducten en reactiemechanismen te voorspellen, reactiemechanismen te construeren en om syntheseroutes te ontwerpen.

### Toelichting

In de afgelopen veertig jaar zijn reactiemechanismen de verklarende basis van de organische chemie geworden. Maar een reactiemechanisme is niet zomaar opgesteld, hieraan liggen belangrijke concepten binnen de reactiviteit aan ten grondslag zoals nucleofiliciteit, elektrofiel, reactief, stabiel, resonantie of mesomerie, reactiekinetiek, oplosmiddeleffecten, richtinggevend effecten etc. Binnen het vak reactiviteit stellen we deze concepten centraal en gaan we op basis van deze concepten reactiemechanismen voorspellen, construeren en syntheseroutes ontwerpen. Naast reactietypen en condities is er binnen het vwo scheikunde programma en MBO en HBO chemieopleidingen ook aandacht voor de tekenen van reactiemechanismen, daarom is het van groot belang dat de scheikunde docent deze concepten goed beheerst en kan toepassen bij het voorspellen en construeren van reactiemechanismen en de constructie van syntheseroutes om zo zijn leerlingen mee te nemen in de ontwikkeling van de organische chemie. De naamgeving, reacties en reactiecondities en mechanismen die hierbij aan bod zijn gekomen worden beschreven in de kennisbasis domein 7 (Organische Chemie en Polymeerchemie) subdomein 7.1, 7.2 en 7.3. Deze reactiemechanismen en reactiecondities worden aangevuld met niet beschreven reacties en hun mechanismen ten behoeve van het vak materialen waarin onder andere de polymeren centraal staan.

### Inhoud

- Naamgeving  
systematische namen, IUPAC regels voor naamgeving, triviale namen (zoals de alkyhalogenides, aromaten, ethers/sulfiden, alkanolen/thiolen, carbonylverbindingen, alkaanzuren, esters, amiden)
- Reacties en reactiecondities:  
(Aromatische) substitutiereacties, eliminatiereacties, additiereacties, herschikkingen, hydrogenering, oxidaties, reducties en condensatiereacties met bijbehorende reactiecondities. (zoals aan: alkyhalogenides, aromaten, ethers, alkanolen, alkaanthiolen, alkaanzuurderivaten) aangevuld met andere reacties en reactiecondities die geen deel uit maken van de kennisbasis.
- Reactiemechanismen  
Reactiemechanisme van nucleofiele substituties  $SN_1$  /  $SN_2$ , eliminaties E1/E2/E1cB (alkylhalogenides), reactiemechanisme van nucleofiele substituties (zoals ethers, epoxiden, alkanolen), reactiemechanisme van elektrofiel/nucleofiel aromatische substituties (richtend effect substituenten, Friedel Crafts-acylering en -alkylering) aangevuld met andere reactiemechanismen die geen deel uit maken van de kennisbasis.

## Toetsvorm en toelichting

Open boek toets

Binnen deze module staat denken in termen van reactiviteit centraal, door verschillende reactiemechanismen hun condities en de substraten te bestuderen verdiept de student zich in de denkwijze reactiviteit en stabiliteit en maakt zich deze verder eigen om zo ook syntheseroutes op te



stellen. Middels een toets laat de student zien deze verworven kennis, principes en vaardigheden toe te kunnen passen, ook op andere onbekende contexten.

### **Toelichting programma**

Deze module is de tweede in de leerlijn die valt binnen het *vakspecialisme* en daarmee inzet op *theoretische en praktische verdieping en verbreding*. Binnen deze leerlijn is niet echt sprake van een vaste volgorde hoewel de module reactiviteit 1 wel reacties, reactiecondities en reactiemechanismen behandelt die terug komen binnen de module Materialen. Binnen de vakken in deze leerlijn worden praktische activiteiten geïntegreerd. Zo ontwikkelt de student door de praktische activiteiten gevoel voor de reactiecondities en reactiekinetiek van bepaalde behandelde reactietypen.

Onderwijs zal vormgegeven worden in een interactief hoor-/ werkcollege waarin diverse activiteiten die de verwerving van de leeruitkomsten bevorderen plaats hebben. Om ruimte te creëren om actief met de lesstof aan de slag te zijn wordt gebruik gemaakt van bijvoorbeeld vraaggestuurd onderwijs of Flipping the Classroom.

### **Literatuur en leermiddelen**

- McMurry, J. (2019). Organic Chemistry, International Student Edition (9e druk). Boston: Cengage Learning, Inc. ISBN: 9781 3050 80485
- Overige materialen en artikelen worden via de digitale leeromgeving beschikbaar gesteld

## Reactiviteit 2

### Algemeen

Naam onderwijseenheid	Reactiviteit 2
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1; periode 4

### Leeruitkomsten en toelichting

#### Leeruitkomst

De student past het concept reactiviteit toe om het verloop van voornamelijk anorganische evenwichtsreacties in waterig milieu te onderbouwen en te voorspellen.

#### Toelichting

In deze module staat het concept reactiviteit binnen anorganische evenwichtsreacties centraal. Belangrijke concepten die een rol spelen bij de reactiviteit van evenwichtsreactie in het algemeen worden diepgaand behandeld zoals de thermodynamische concepten Gibbs Vrije Energie, Energie en Enthalpie van chemische reacties, de evenwichtsvoorwaarde en de relatie tussen evenwichtsconstante en de Gibbs Vrije energie. Op basis van deze concepten leren studenten het verloop van verschillende typen anorganische evenwichtsreacties voorspellen. De typen reacties die hierbij aan bod komen zijn zuur-base reacties, redoxreacties en complexvormingsreacties van zouten. Op elk van deze type reacties wordt vervolgens nader onder de loep genomen om specifieke aan dat reactietype aan reactiviteit gerelateerde concepten te behandelen. Hiermee dekt deze module de in de kennisbasis in subdomein 6.2 Chemisch Evenwicht en in domein 2 Anorganische Chemie (subdomein 2.2 tot en met 2.4) kennis en vaardigheden.

#### Inhoud

- Chemisch Evenwicht: Empirische en thermodynamische evenwichtsconstante, reactiequotiënt (concentratiebreuk), relatie tussen vrije energie en gasdruk, evenwichtsconstante en reactiequotiënt, evenwichtsberekeningen en verschuivingen, kinetische en thermodynamische stabiliteit, principe van Le Châtelier, Van 't Hoff- vergelijking.
- Zuur-base: Diverse zuur-base theorieën, verdelingsdiagram meerwaardige zuren, oplosmiddel levelling, pH in niet-waterige oplossingen (kwalitatief), structuur en reactiviteit/sterkte, vrije energie en  $K_z$ , trends in het periodiek systeem, omslagtraject indicator, verwaarlozingsregel, pH-berekeningen aan titratiecurven zo nodig met massa- en ladingsbalans (waaronder van zwakke zuren/basen, meerwaardige zwakke zuren/basen, buffers, amfolyten).
- Redoxreacties en electrochemie: Disproportionering, complexering, oplosbaarheidsproduct en standaard celpotentiaal, elektrochemische diagrammen. Vrije energie, evenwichtsconstante en celpotentiaal, thermodynamische cyclus, elektrische arbeid, wet van Nernst, elektrochemische cellen, celnotatie, moderne batterijen, brandstofcellen, wet van Faraday, elektroden, elektrometallurgie.
- Oplosbaarheid van zouten: Oplosbaarheidsproduct, verwaarlozingsregel, gemeenschappelijk ion-effect, invloed pH, selectieve precipitatie, complexvorming.

### Toetsvorm en toelichting

Kennistoets met open vragen

Binnen deze module staat denken in termen van reactiviteit centraal, dit maal binnen de anorganische chemie. Door evenwichtsreacties onder de loep te nemen, verdiept de student zich in de denkwijze reactiviteit en stabiliteit en maakt zich deze verder eigen. Middels een toets laat de student zien deze verworven kennis, principes en vaardigheden kunnen toe te passen op een andere ook onbekende contexten.

## **Toelichting programma**

Deze module is de vierde in de leerlijn die valt binnen het *vakspecialisme* en daarmee inzet op *theoretische en praktische verdieping en verbreding*. Binnen deze leerlijn is niet echt sprake van een vaste volgorde hoewel de module reactiviteit 2 wel concepten en reacties behandelt die terug komen binnen de module Complexe systemen en daar verder verdiept worden. Binnen de vakken in deze leerlijn worden praktische activiteiten geïntegreerd. Zo krijgt de student door de praktische activiteiten een beter begrip van factoren die van invloed zijn op het verloop van een titratiecurve en de vorming van complexe ionen.

Onderwijs zal vormgegeven worden in een interactief hoor-/ werkcollege waarin diverse activiteiten die de verwerving van de leeruitkomsten bevorderen plaats hebben. Om ruimte te creëren om actief met de lesstof aan de slag te zijn wordt gebruik gemaakt van bijvoorbeeld vraaggestuurd onderwijs of Flipping the Classroom.

## **Literatuur en leermiddelen**

- Oxtoby, D.W., Gilles, H.P. & Campion, A. (2015). Principles of Modern Chemistry International student edition (8e druk), Boston: Cengage Learning, Inc. ISBN: 9781305079113
- Overig lesmateriaal wordt via de digitale leeromgeving beschikbaar gesteld.

# Science, technology, engineering, mathematics (STEM)

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Science, technology, engineering, mathematics (STEM)
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	GENMF204
Studiejaar + periode	140 SBU/ 5 EC Masteropleiding jaar 1; periode 3 + 4

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst 1

De student creëert, in een multidisciplinaire samenwerking, één of meer vakinhoudelijke producten op masterniveau, als aanzet tot het oplossen van een multidisciplinair duurzaamheidsvraagstuk.

### Leeruitkomst 2

De student ontwerpt op basis van een multidisciplinair duurzaamheidsvraagstuk projectmatig samen met collega-docenten van een ander vak / andere vakken vakoverstijgend onderwijs voor het eerstegraads gebied.

### Leeruitkomst 3

De student reflecteert op de ervaringen die zijn opgedaan binnen deze multidisciplinaire en projectmatige samenwerking. Hierbij maakt de student gebruik van relevante (aangereikte) vakdidactische literatuur en betreft de student bestaande vakoverstijgende initiatieven in het onderwijs.

## Toetsvorm en toelichting

Dossier met hierin opgenomen:

- de vakinhoudelijke producten die op een duurzame vraagstuk ingaan (zie leeruitkomst 1)
- het vakoverstijgend onderwijs voor het eerstegraads gebied (zie leeruitkomst 2)
- de reflectie (zie leeruitkomst 3)

Het dossier wordt beoordeeld aan de hand van een rubric, waaruit een cijfer volgt.

## Toelichting programma

Binnen de eenheid van leeruitkomsten STEM worden vier elementen behandeld:

1. Vakinhoud: Rondom een multidisciplinair duurzaamheidsvraagstuk verdiepen studenten zich middels een literatuuronderzoek in vakinhoud die het VWO-niveau ontstijgt. Bij dit product wordt het niveau, de correctheid en de aanpak beoordeeld.
2. Vakdidactisch product: Studenten ontwerpen gezamenlijk multidisciplinair onderwijs. Bij dit product wordt de kwaliteit van het materiaal, de didactische verantwoording beoordeeld.
3. Projectmatige samenwerking: Het proces en de methode van de samenwerking wordt beoordeeld.
4. Reflectie: De student beschouwt eigen handelen en denkbeelden rondom multidisciplinair werken en multidisciplinair onderwijs.

randvoorwaarden die hierbij van toepassing zijn:

- tenminste 3 vakken die samenwerken
- duurzaamheidsvraagstuk
- aanpak op master niveau
- voldoen aan de drie leeruitkomsten
- ontwerp voor het 1e graads gebied
- een externe opdrachtgever

## **Literatuur en leermiddelen**

- Lesmateriaal wordt via de digitale leeromgeving beschikbaar gesteld.

# Materialen

## Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Materialen
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 1; periode 3

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst 1

De student leidt stoffeigenschappen (macroniveau) af uit de combinatie van moleculaire eigenschappen (microniveau) en hun stapeling en textuur (mesoniveau).

### Leeruitkomst 2

De student ontwerpt actueel en relevant onderwijs op basis van wetenschappelijke literatuur op het gebied van de materiaalkunde.

### Toelichting

Innovaties op het gebied van de materiaalkunde zijn de laatste decennia groot er worden steeds diversere en slimmere materialen gemaakt. Bij het maken van materialen is het van groot belang hoe de verschillende bestanddelen (componenten) van het materiaal interactie hebben met elkaar deze interacties op micro en meso niveau bepalen namelijk de stoffeigenschappen op macroniveau. Door het behandelen van wetenschappelijke artikelen verkennen studenten de wereld van de materiaalkunde en maken zich de concepten, kennis en vaardigheden eigen van Subdomein 2.1 Structuur (Anorganische Chemie) en Subdomein 7.4 Polymeerchemie (Organische Chemie en Polymeerchemie). Deze module behelst echter niet enkel een vakinhoudelijke verdieping van de materie maar ook een vakdidactische vertaalslag waarin de student leert structuur-eigenschap redeneren aan leerlingen over te brengen en dit vorm te geven in zijn onderwijs. Om deze laatste te onderbouwen en verdiepen wordt ook vakdidactische literatuur behandeld Bij het behandelen van de artikelen wordt geoefend met de mogelijkheden van het behandelen van deze innovaties op het gebied van de chemie in de klas met een tweeledig doel:

- 1) het informeren en enthousiasmeren van leerlingen middels chemische innovaties
- 2) het verdiepen van het structuur-eigenschap redeneren bij leerlingen

### Inhoud

- Structuur (Anorganische Chemie): Kristalstructuur van zouten en legeringen (zoals eenheidscel, projectie, bolstapelingen omringingsgetal, holtent), polymorfie, roosterenthalpie, Born-Haber cyclus, Born-Mayer, trends in het periodiek systeem, (thermische) stabiliteit, oplosbaarheid, defecten, bandentheorie.
- Polymeerchemie: Diverse polymerisatiereacties (exemplarisch stapgroeipolymerisatie (condensatiereactie, Michael-additie) en ketengroeipolymerisatie (radicalair, anionisch, kationisch, coördinatiechemie); diverse polymerisatietechnieken (exemplarisch bulk, oplossing, emulsie, suspensie, grensvlak); copolymeren, vertakte polymeren, polymere netwerken, vernetting (crosslinking), stereochemie, tacticiteit, biologisch afbreekbare polymeren, biopolymeren, fysische eigenschappen, supramoleculaire polymeren, additieven waaronder weekmakers.

## Toetsvorm en toelichting

### Beroepsproduct

Na het gemeenschappelijk behandelen van diverse wetenschappelijke artikelen zoekt de student een "eigen" wetenschappelijk artikel, verdiept zich in de materie van dit artikel en ontwerpt op basis van dit artikel actueel en relevant onderwijs voor leerlingen in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs. Dit beroepsproduct wordt beoordeeld met behulp van een rubric.

## Toelichting programma

Deze module is de derde in de leerlijn die valt binnen het *vakspecialisme* en daarmee inzet op *theoretische en praktische verdieping en verbreding*. Binnen de vakken in deze leerlijn worden praktische activiteiten geïntegreerd zo zal er specifiek aandacht besteedt worden aan de mogelijkheden van een praktische vertaalslag van het wetenschappelijke artikel naar de klas.

Onderwijs zal vormgegeven worden door iedere bijeenkomst een bepaald wetenschappelijk artikel te behandelen. Hierbij komen iedere keer twee componenten aan bod:

- Vakinhoudelijke verdieping
- Vakdidactische vertaling

Door het oefenen van deze vaardigheden kan de student aan het einde van de cursus zelf een geschikt wetenschappelijk artikel op het gebied van de materiaalkunde zoeken, selecteren zich inhoudelijk verdiepen en vertalen naar relevant en actueel onderwijsmateriaal.

## Literatuur en leermiddelen

De docent draagt diverse, wetenschappelijke artikelen op het gebied van de materiaalkunde aan om zo zorg te dragen voor het behandelen van de inhoud van de kennis en vaardigheden zoals deze zijn beschreven in de kennisbasis, deze wordt aangevuld met literatuur van de student afhankelijk van het gekozen wetenschappelijke artikel.

# Vakdidactisch ontwerponderzoek

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Vakdidactisch ontwerponderzoek
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	280 SBU/ 10 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk

## Inleiding

In het vakdidactisch ontwerponderzoek werkt de student aan de ontwikkeling van onderzoekend vermogen en aan zijn vakdidactische bekwaamheid. De student toont deze vaardigheden aan op het eindniveau van de opleiding (masterniveau).

Voor meer details wordt verwezen naar Canvas met onderwijsmateriaal bij deze onderwijseenheid.

## Leeruitkomsten en toelichting

Voor het vakdidactisch ontwerponderzoek gelden de volgende twee leeruitkomsten (LUKs):

### LUK 1:

*De student ontwerpt (delen van) onderwijsleertraject(en) voor leerlingen in het eerstegraads gebied. De student laat zien hoe dit/deze onderwijsleertraject(en) samenhangt/samenhangen met het onderwijs in andere jaarlagen en vakgebieden. De student onderbouwt zijn didactische keuzes en verhoudt zich hierbij tot nationale en internationale actuele ontwikkelingen in het onderwijs binnen zijn vakgebied en het onderwijs in zijn school. De student legt uit wat de implicaties zijn van het ontworpen onderwijs voor formatieve/summatieve toetsing. De student voert het ontworpen onderwijs uit, evalueert het leerproces en de leeropbrengsten en bespreekt deze in relatie tot de ontwerpkeuzes en actuele en wetenschappelijke internationale bronnen.*

### LUK 2:

*De student past een onderzoekscyclus toe om een verlegenheidssituatie uit de eigen beroepspraktijk te onderzoeken. De kwaliteit van de gekozen aanpak, en de relevantie en impact van het onderzoek zijn in lijn met de Kennisbasis Generiek Eerstegraads lerarenopleidingen.*

## Toelichting

In de toelichting verduidelijken we een aantal termen.

### Eerstegraads gebied

Bovenbouw havo/vwo, mbo (niveau 4) en het hbo vallen onder het eerstegraadsgebied. Niet alle relevante bekwaamheden kunnen op mbo-niveau 4 voor alle opleidingen worden aangetoond. Opleidingen kunnen daarom aanvullende eisen stellen waar het gaat om de toelaatbaarheid van mbo niveau 4.

### Vakdidactisch

Vakdidactiek kan betrekking hebben op curriculumniveau en op het niveau van de lespraktijk. In dit vakdidactisch ontwerponderzoek staat de vakdidactiek op het niveau van de lespraktijk voorop. Bij het niveau van de lespraktijk gaat het om "het op grond van een heldere expliciete onderwijsvisie ontwerpen, uitvoeren en evalueren [...] van vakspecifieke onderwijsleerprocessen en om het bijstellen van deze processen op basis van de bevindingen". Van belang zijn dan bijvoorbeeld: domeinspecifieke leerdoelen; samenhang met leerlijnen; vakdidactische uitgangspunten (zoals onderzoekend leren of ontwerpended leren); werkvormen; ontwikkeling van gewenste kennis, begrip en vaardigheden; toetsing. Vakdidactiek op curriculumniveau kan een rol spelen als het onderwerp van het onderzoek aansluit bij ontwikkelingen in een vakgebied of in het onderwijs (bijvoorbeeld in de vorm van een vakoverstijgend project). Vakoverstijgend onderwijs en onderwijskundige aspecten, zoals motivatie, feedback, internationalisering of aandacht voor specifieke groepen leerlingen kunnen een rol spelen in het onderzoek, zolang het ontwerponderzoek hoofdzakelijk is gericht op het leren van leerlingen in het onderzochte schoolvak.



## Ontwerponderzoek

Ontwerponderzoek in het onderwijs kenmerkt zich door het systematisch ontwerpen en vervolgens onderzoeken van onderwijs. Uitgangspunten voor het ontwerp zijn de onderwijspraktijk en wetenschappelijke literatuur. In dit vakdidactisch ontwerponderzoek is het doel het verbeteren of vernieuwen van de onderwijspraktijk van de studenten in de context van hun vakdomein en schoolorganisatie. De reikwijdte van het onderzoek gaat verder dan de praktijk van de deelnemers: ook geïnformeerde vakgenoten dienen ervan te kunnen leren, al zal een vertaling nodig zijn naar hun eigen context.

## Onderzoekscyclus

Ontwerponderzoek is een cyclisch proces dat ruwweg bestaat uit drie fasen: een voorbereidings- en ontwerpfasen, een experiment in de onderwijspraktijk en een analysefase (retrospectief, dus na afloop van het experiment). De resultaten van de analysefase kunnen gebruikt worden om het ontwerp te verbeteren als begin van een nieuwe cyclus. Er bestaan diverse modellen (aanpakken) om de fasen vorm te geven. In dit vakdidactisch ontwerponderzoek gaan we er vanuit dat een student, in overleg met de opleiding, één van de volgende modellen kiest:

1. Lesson study (door een groep studenten)
2. Design as Research (DARE: individueel of door een groep studenten)
3. Individueel ontwerponderzoek

Model 1 en 2 zijn gekozen omdat ze naar verwachting goed aansluiten bij de praktische kennis en ervaring van de masterstudenten. Model 3 is vooral gekozen om studenten tegemoet te komen voor wie een keuze voor model 1 of 2 wegens het studieprogramma niet past. Het kan zijn dat een opleidingen slechts één van de modellen 1 of 2 ondersteunt.

## Onderwijsleertraject

Het doel van ontwerponderzoek in het onderwijs is om meer te weten te komen over leren van leerlingen, en de middelen die daartoe kunnen worden ingezet. Het leren van leerlingen gebeurt in opeenvolgende en samenhangende leeractiviteiten (onderwijsleertrajecten) met als doel leerlingen bepaalde kennis en/of vaardigheden (leerdoelen) bij te brengen. De minimale omvang van een onderwijsleertraject is afhankelijk van de vorm van het ontwerponderzoek en de vraag die aan het project ten grondslag ligt. Zo ligt bij een Lesson study de onderzoeks- en ontwerpfocus op één les die, met aanpassingen, meerdere malen kan worden uitgevoerd. Deze les maakt gewoonlijk deel uit van een onderwijsleertraject dat meerdere lessen in beslag neemt, waarvan het zinvol kan zijn deze in het ontwerp te betrekken.

## Masterniveau

Een beschrijving van masterniveau is vastgelegd in niveau 7 van European Qualifications Framework (EQF) / Nederlands Kwalificatieraamwerk (NLQF). De kenmerken hiervan, voor zover van belang, zijn in de beoordelingsrubric vertaald naar de context van het vakdidactisch ontwerponderzoek. Hierbij is gebruik gemaakt van de generieke kennisbasis van de HBO master lerarenopleidingen.

Een belangrijk punt is de praktijkgerichtheid van het vakdidactisch ontwerponderzoek. Het onderzoek is bedoeld om "om bij te dragen tot professionele kennis en manieren van werken" (EQF). Informeel omschrijven we dit als: "geïnformeerde vakgenoten dienen ervan te kunnen leren".

## Toetsvorm en toelichting

Het vakdidactisch ontwerponderzoek wordt getoetst aan de hand van een portfolio en mondelinge communicatie. De beoordeling vindt plaats aan de hand van een rubric.

De eisen die aan de verslaglegging en de mondelinge communicatie gesteld worden, en de manier waarop de kwaliteit van het werk wordt beoordeeld staan beschreven in het onderwijsmateriaal bij deze onderwijseenheid.

## Samenwerking

Studenten die hun ontwerponderzoek uitvoeren als Lesson study, en studenten die het DARE model volgen, werken tijdens het onderzoek samen met andere studenten. Daarnaast zijn er altijd onderdelen die studenten individueel uitvoeren. Details over de eisen die aan de gezamenlijke en individuele gesteld worden staan beschreven in de beoordelingsrubric. De beoordeling van het ontwerponderzoek gebeurt voor elke student individueel, op basis van de beoordelingsrubric.

### **Toelichting programma**

Informatie over de uitvoering van deze onderwijseenheid wordt door elke opleiding afzonderlijk gegeven.

### **Literatuur en leermiddelen**

De opleiding adviseert over de literatuur en leermiddelen bij deze onderwijseenheid.

# Lerende professional

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Lerende Professional
SBU (Studiebelastinguren)/ EC's	280 SBU/ 10 EC
Studiejaar + periode	Opleidingsafhankelijk, er worden opleidingsoverstijgende bijeenkomsten georganiseerd

## Leeruitkomsten en toelichting

### *Leeruitkomst 1:*

*De student geeft samen met collega's systematisch en concreet uitvoering aan een domein- of schoolbrede ontwikkeling en gebruikt hierbij inzichten uit (inter)nationale netwerken.*

### *Leeruitkomst 2:*

*De student geeft zelfstandig en gericht vorm aan zijn eigen professionele ontwikkeling en die van zijn collega's ten dienste van de schoolontwikkeling.*

### *Toelichting op de leeruitkomsten*

Binnen de onderwijseenheid 'De Lerende Professional' geeft de student uitvoering aan een domeinbrede of schoolbrede ontwikkeling samen met collega's op de eigen werkplek. Onder een domeinbrede of schoolbrede ontwikkeling verstaan we een ontwikkeling binnen een school die de eigen vaksectie overstijgt. Onder domeinen binnen een school verstaan wij in de school aanwezige samenwerkingsverbanden die de eigen vakgroep overstijgen, bijvoorbeeld het leergebied 'Mens en Maatschappij', bovenbouw havo, de beta-secties of het kernteam/ mentorenteam van een jaarlaag. Het vormgeven van deze ontwikkeling doe je niet onvoorbereid. Studenten maken gebruik van de kennis, het vermogen tot kritisch denken en de onderzoekende houding die ze tijdens hun studie en als gevolg van hun werkervaring hebben ontwikkeld. Deze vaardigheden en kennis helpen hen om een vernieuwing en de implementatie daarvan kritisch te bevragen (bijvoorbeeld ten aanzien van de leertheoretische, morele, en politieke aannamen en de effectiviteit; Kelchtermans, 2018). Het beantwoorden van die vragen vereist een reflectieve en onderzoekende houding die vertrekt vanuit concrete praktijken en hoe die feitelijk functioneren.

De leraar who staat midden in de maatschappij, via de leerlingen, maar ook door het contact met ouders en anderen die voor de ontwikkeling van een leerling belangrijk zijn. Dat zijn bijvoorbeeld deskundigen binnen en buiten de school, samenwerkingspartners van de school en mensen in het bedrijfsleven zoals praktijkopleiders. De leraar who is er zich van bewust dat hij samen met zijn vakcollega's, nationaal en internationaal, een professionele gemeenschap vormt, waarin wordt samengewerkt, geleerd en ontwikkeld. Bij het vormgeven van de ontwikkeling zoals beschreven in de leeruitkomst maakt de student gebruik van de kennis die voortkomt uit deze netwerken (denk aan: praktijkgerichte en wetenschappelijke literatuur).

Om de leeruitkomsten aan te tonen geeft de student samen met collega's vorm aan een onderwijsinnovatie. Onder een onderwijsinnovatie verstaan we het veranderen van het onderwijs met als doel de leerresultaten van de leerlingen te verhogen (Hopkins, 2001; Verdegaal, 2014). De onderwijsinnovatie komt voort uit een vraag of behoefte tot verandering die bestaat binnen een groep collega's en/of binnen de school. Voorbeelden van mogelijke onderwerpen worden ter inspiratie weergegeven in de handleiding van de module. In het kader van deze onderwijseenheid kan de student zelf het initiatief nemen tot de innovatie, maar ook aansluiten bij een innovatieproces dat binnen de school al bestaat.

Studenten werken systematisch aan het vormgeven van deze onderwijsvernieuwing of ontwikkeling. Dit sluit aan bij het in NLQF niveau 7 beschreven niveau van het toepassen kennis en probleemoplossende vaardigheden.

Het vormgeven van een school- of domeinbrede ontwikkeling of vernieuwing is een voorbeeld van professionele ontwikkeling. Van een masterstudent wordt verwacht dat hij zijn professionele ontwikkeling en die van collega's zelfstandig en gericht vorm kan geven. Om inzicht te krijgen in professionele ontwikkeling wordt gebruik gemaakt van modellen van professionele groei (bijvoorbeeld Clarke & Hollingsworth, 2002) en modellen die inzoomen op de ontwikkeling van de school (bijvoorbeeld Creemers, Slegers, 2003 en Senge, 2001).

## **Toetsvorm en toelichting**

De toetsvorm is een portfolio-assessment met criterium gericht interview. Het is een geïntegreerd beoordelingsmoment waarin op basis van bewijsmateriaal in het portfolio en een gestructureerd gesprek wordt vastgesteld in hoeverre de student de leeruitkomsten beheerst.

## **Toelichting programma**

Van en met elkaar leren is één van de didactische uitgangspunten van de masterlerarenopleidingen binnen FLOT. Studenten leren door de rijkheid en diversiteit van de verschillende werkplekken, ze leren elkaar kritisch bevragen en ontwikkelen zich breed doordat ze ook meekrijgen waar hun medestudenten mee bezig zijn. De masterstudent werkt gedurende het leertraject van deze onderwijseenheid op het instituut samen met andere studenten in interdisciplinaire leergroepen en werkt op zijn werkplek samen met zijn collega's in een zgn. professionele leergemeenschap.

Binnen de onderwijseenheid 'Lerende Professional' is een PLG een procesinstrument om de cultuur van het onderwijssysteem (in de breedste zin van het woord) te veranderen, waarbij alle betrokkenen samenwerken en leren om een gemeenschappelijk doel te bereiken: het verbeteren van de motivatie en de leerprestaties van de leerlingen. Hierbij kun je denken aan het gezamenlijk lezen en bespreken van artikelen en het uitnodigen van sprekers.

Daarnaast gaan studenten bij FLOT met elkaar in gesprek in de leergroepen. Ze wisselen uit, ontvangen feedback en horen hoe er met het gekozen thema binnen andere scholen om wordt gegaan. Daarnaast kunnen ze casuïstiek inbrengen m.b.t. hun gekozen innovatie/verdieping om er samen over kunnen sparren. Door verschillende intervisiemethodes toe te passen leren ze hiermee werken en gaan ze concreet aan de slag met de ingebrachte casuïstiek. Regelmatig zullen collega's vanuit het werkveld betrokken zijn.

## **Literatuur en leermiddelen**

Afhankelijk van het gekozen thema stelt de student een eigen literatuurlijst samen. Deze bronnen zullen aangevuld worden met diverse door de docent aangereikte bronnen op het gebied van professionele identiteit, innoveren in teams, communiceren binnen innovaties en projectmatig werken.

# Life sciences

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Life sciences
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2; periode 1 + 2

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst

De student beheerst en past kennis van, en inzicht in kwantitatieve en kwalitatieve (bio)chemische analysetechnieken toe bij het oplossen van vraagstukken gerelateerd aan complexe systemen binnen gezondheid en voeding, gebruikmakend van concepten uit analytische chemie en biochemie.

### Toelichting

De module omvat zowel theorie als practica in het aanbod. De student toont zich bekwaam door onderstaande vier opdrachten te verwerken waarmee de leeruitkomst wordt aangetoond. Deze opdrachten worden in de colleges ingeleid en waar nodig ook geoefend met behulp van voorbeelden.

1. De student maakt een presentatie voor medestudenten waarin wordt aangetoond dat deze **kan redeneren in complexe systemen**. Door integreren van andere kennisgebieden van de chemie zoals evenwichten en kinetiek waardoor complexiteit van **biochemische** systemen tot uiting komt.
2. De student kiest een actueel artikel en gaat op basis daarvan:
  - a) **decontextualiseren** voor wat betreft de daarin gebruikte (instrumentele) technieken.
  - b) **recontextualiseren** in vorm van een onderbouwd voorstel voor vervolgonderzoek met behulp van instrumentele technieken (alleen theoretische exercitie).
3. De student maakt een beknopt verslag van enkele in het aanbod uitgevoerde experimenten (mogelijke experimenten zijn: GC-ademanalyse, spectruminterpretatie (theorie, H/D uitwisselingsexperiment), HPLC, SDS-PAGE, PCR); de vorm van het verslag is open in overleg met de docent. Denk hierbij aan: rapportage/filmpje/afbeelding van stappen en uitleg. **Beheersen van vaardigheid en theoretisch begrip van de instrumentele technieken**.
4. De student ontwerpt een biochemische **VWO-eindexamenopdracht** inclusief correctiemodel en toont daarmee aan de stof op **VWO-niveau** te beheersen.

Hiermee dekt deze module de in de kennisbasis beschreven domeinen 1 Analytische Chemie en 3 Life Sciences (muv enzymkinetiek) en subdomein 8.1 Synthetiseren en Meten

### Inhoud

- Algemene begrippen: Wisselwerking EM-straling en materie (zoals breking en brekingsindex, reflectie, verstrooiing, polarisatie, foto-elektrisch effect), spectra, emissie/absorptie bij atomen en moleculen, elektronen-, vibratie- en rotatieniveaus.
- Atoomspectrometrie Theoretische achtergronden van algemene vormen van atoomspectrometrie zoals AAS, AES en ICP.
- Molecuulspectrometrie en structuuropheldering:
  - UV/VIS: theoretische achtergronden, kwantitatieve analyse en toepassingen;
  - IR: theoretische achtergronden (waaronder mechanische en kwantummechanische modellen), toepassingen en kwalitatieve analyse (organische verbindingen).
  - NMR: theoretische achtergronden (waaronder kwantum- en klassieke model en kwalitatieve analyse met behulp van <sup>1</sup>H NMR-spectra).
  - MS: aard moleculaire massaspectra, ionenbronnen (elektronen-impact en chemisch) met bijbehorende spectra, identificatie van zuivere stoffen.

- **Chromatografie:** Theoretische grondslagen bij gaschromatografie en vloeistofchromatografie (zoals verdelingsconstante en retentie-factor, kolomefficiency en deeltjesgrootte\_bij HPLC, kwantitatieve analyse, interne standaard methode).
- **Eiwitten:** Ontwikkeling biochemie, zuiveringstechnieken eiwitten, Edman-degradatie, immunologische technieken, peptidesynthese (solid phase methoden), karakteriseren en identificeren, structuuropheldering
- **RNA, DNA en nucleïnezuren:** DNA-replicatie, genexpressie/genetische code, in vitro DNA-synthese, elektroforese, relatie tussen structuur en eigenschappen.
- **Proteomics en Genomics:** Biotechnologie, DNA-technieken (exemplarisch cloneren, Southern/Northern blot, PCR, Micro arraytechniek, CRISPR-Cas), eiwitdetectie (exemplarisch ELISA, PAGE/ Western Blot, Immunohistochemie, 2D-elektroforese), –selectie en –modificatie (exemplarisch, methylering, fosforylering, resistentie, markers).
- **Synthetiseren en Meten:** Praktische aspecten van enkele analysetechnieken (exemplarisch): titrimetrische bepaling (zoals pH, redox, geleidbaarheid, Karl-Fischer), spectrofotometrische bepaling (AAS/VES, UV/VIS, IR), chromatografische bepaling (HPLC, GC), gebruik datalogger.

### Toetsvorm en toelichting

Portfolio, beoordeeld met behulp van een single point rubric; OA, VA, GA.  
Het portfolio bestaat uit de opbrengsten van de beschreven opdrachten.

### Toelichting programma

Deze module is de vijfde in de leerlijn die valt binnen het *vakspecialisme* en daarmee inzet op *theoretische en praktische verdieping en verbreding*. Binnen deze module wordt de theoretische en praktische verdieping en verbreding vormgegeven middels het uitvoeren van een onderzoeksopdracht. Op deze manier doet de student ook onderzoeksvaardigheden op zoals beschreven in de kennisbasis domein 8.1. Deze vaardigheden zijn belangrijk bij het begeleiden van leerlingen in de bovenbouw van havo of vwo bij een eigen onderzoek of profielwerkstuk

### Literatuur en leermiddelen

- Alberts, B., Bray, D., Hopkins K., Roberts K., Johnson A. D. (2019), Essential Cell Biology (5e druk). ISBN: 9780393680393
- Overig lesmateriaal wordt via de digitale leeromgeving beschikbaar gesteld.

# Complexe systemen

## Algemeen

Naam onderwijseenheid	Complexe systemen
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2; periode 1 + 2

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst

De student construeert mathematische modellen van (bio)chemische systemen (zoals thermodynamische en kinetische systemen en balansen), analyseert deze en voert hier berekeningen aan uit.

### Toelichting

De student bestudeert vakinhoudelijke literatuur waarbij het doorgronden van chemische systemen centraal staat. Het omgaan met complexe systemen wordt geïntroduceerd door systemen te analyseren uit de chemische industrie, de thermodynamica en kinetiek.

Studenten leren vervolgens om de mathematische vaardigheden die zij zich eigen maken toe te passen op nieuwe complexe systemen in aanverwante en andere vakgebieden. De vaardigheden die de student zich eigen maakt gaan over het opstellen van diverse balansen en gebruik maken van thermodynamische en kinetische modellen om het gedrag van het systeem te voorspellen (systeemdenken). Hierbij speelt het verbinden en integreren van diverse chemische concepten en vaardigheden een rol.

Als afsluiting volgt een casustoets, waarbij de studenten diverse informatie over een chemisch systeem ontvangen, en met behulp van de geleerde mathematische vaardigheden hier een analyse over maken en voorspellingen kunnen doen. Het niveau van deze kennis en vaardigheden is beschreven in de kennisbasis domein 5 Chemische Technologie en 6 Fysische Chemie

### Inhoud

- Eiwitten: enzymkinetiek
- Massa en energiebalansen: Blokschema, begrippen (zoals recycle, spui, conversie), massabalansen, energiebalansen.
- Industriële scheidingsmethoden: Destillatie/rectificatie, extractie, absorptie, adsorptie, kristalliseren, chromatografie, ionenwisseling, (micro-ultra) filtratie.
- Procesontwerp: Groene chemie en duurzaamheid, PFD en P&ID-diagrammen; batch proces, continue proces, bulkchemie, fijnchemie, batchreactor, Plug Flow reactor, CSTR, microreactor, feedback, feed forward, regelkring, setpoint, proces.
- Thermodynamica: Eerste hoofdwet, warmtecapaciteit ( $c_p$ ,  $c_v$ ), enthalpie, entropie (statistische interpretatie), reversibele processen ideale gassen (isotherme expansie/ compressie, adiabatiese expansie/compressie), tweede hoofdwet, Carnotcyclus, irreversibele processen, Clausius-ongelijkheid, derde hoofdwet, spontaniteit, thermochemie (zoals berekeningen, wet van Hess), relatie temperatuur en  $\Delta G$ .
- Reactiekinetiek: Reactiesnelheid, (geïntegreerde) snelheidswetten, reactieorde (eerste, tweede en gebroken), verband tussen reactiemechanismen, reactie-snelheid en reactieorde, steady state benadering, effect temperatuur, reactiedynamiek.
- Katalyse:
  - Algemeen: algemene begrippen, katalyse en duurzame chemie, parameters voor milieueffecten en efficiency, katalytische cycli vs. Stoichiometrische reacties, energiewinst en milieu; homogene katalyse, heterogene katalyse.
  - Heterogene katalyse: Langmuir-Hinshelwood, actieve site, modelsystemen, promotors, modifiers, vergiften, toepassingen.

## **Toetsvorm en toelichting**

Kennistoets met open vragen

Binnen deze module staan verschillende complexe systemen centraal, hierdoor verdiept de student zich in verschillende systemen en maakt zich het systeemdenken steeds verder eigen. Middels een toets laat de student zien deze verworven kennis en vaardigheden kunnen toe te passen op een andere systemen (casussen)

## **Toelichting programma**

Deze module maakt deel uit van de leerlijn *verder kijken* waarbij verder kijken de diepte in centraal staat. . Gedurende twee perioden zal er in een interactief hoor- en werkcollege ingezoomd worden op verschillende systemen en daarmee de denkwijze systeemdenken centraal staan.

## **Literatuur en leermiddelen**

- Oxtoby, D.W., Gilles, H.P. & Campion, A. (2015). Principles of Modern Chemistry International student edition (8e druk), Boston: Cengage Learning, Inc. ISBN: 9781305079113
- Overig lesmateriaal wordt via de digitale leeromgeving beschikbaar gesteld.



# Chemisch onderzoek

## Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Chemisch onderzoek
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	280 SBU/ 10 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2; periode 3 + 4

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst 1

De student voert onderzoek uit binnen het chemisch werkveld en presenteert de verworven inzichten ten aanzien van de resultaten op passende wijze aan vakexperts.

### Leeruitkomst 2

De student ontwerpt onderwijs waarin hij laat zien hoe de context van het uitgevoerde onderzoek gekoppeld wordt aan bestaande chemische concepten binnen het eerstegraads gebied waardoor leerlingen een beter beeld krijgen van mogelijke beroepen of vervolgstudies met een chemische component.

### Toelichting

De student legt binnen deze module contact met een chemisch bedrijf of instelling en haalt hier een praktische onderzoeksopdracht op. Vervolgens voert de student deze onderzoeksopdracht op locatie (bij bedrijf of instelling) uit en geeft hiervan aan zijn medestudenten (en vertegenwoordigers van het bedrijf en/of de instelling) een presentatie over de verworven en inzichten ten aanzien van de resultaten. In deze presentatie is ook aandacht voor hoe deze ervaring het onderwijs van zijn leerlingen kan verrijken mbt. het informeren en stimuleren voor vervolgstudies en beroepen met een chemische component. Hiermee dekt deze module subdomein 8.1 Meten en Synthetiseren en subdomein 8.2 Onderzoek van de kennisbasis

### Inhoud

- Synthetiseren en Meten: Praktische aspecten van enkele analysetechnieken (exemplarisch): titrimetrische bepaling (zoals pH, redox, geleidbaarheid, Karl-Fischer), spectrofotometrische bepaling (AAS/VES, UV/VIS, IR), chromatografische bepaling (HPLC, GC), gebruik datalogger.
- Onderzoek: Het uitvoeren van een chemisch onderzoek aan de hand van een (zelfgekozen) contextrijk onderwerp.

### Toetsvorm en toelichting

Performance-assessment (presentatie), met ontvankelijkheidscriteria dat er onderliggende onderbouwing/diepgang is met bewijs in een portfolio. Deze wordt beoordeeld op basis van een rubric in overleg met de begeleider vanuit het chemisch bedrijf/ instelling

### Toelichting programma

Deze module is de zesde in de leerlijn die valt binnen het *vakspecialisme* en daarmee inzet op *theoretische en praktische verdieping en verbreding*. Binnen deze module wordt de theoretische en praktische verdieping en verbreding vormgegeven middels het uitvoeren van een onderzoeksopdracht voor en bij een externe instantie. Op deze manier doet de student ook onderzoeksvaardigheden op zoals beschreven in de kennisbasis domein 8.1 en 8.2. Deze vaardigheden zijn belangrijk bij het begeleiden van leerlingen in de bovenbouw van havo of vwo bij een eigen onderzoek of profielwerkstuk.

## **Literatuur en leermiddelen**

- Frits Harinck (2007), *Basisprincipes praktijkonderzoek*, Garant
- Wetenschappelijke literatuur door de student zelf te kiezen.
- Aanvullend materiaal wordt digitaal beschikbaar gesteld via de digitale leeromgeving.

# Verdiepingsruimte

## Algemeen

Naam onderwijsseenheid	Verdiepingsruimte
SBU (Studiebelastinguren) / EC's	140 SBU/ 5 EC
Studiejaar + periode	Masteropleiding jaar 2; periode 3 + 4

## Leeruitkomsten en toelichting

### Leeruitkomst

De student verwerft nieuwe aan de chemie gerelateerde kennis en extracurriculaire inzichten en presenteert in een essay aan vakexperts de verworven inzichten en verantwoordt hoe deze inzichten de kwaliteit van zijn onderwijs verbeteren en bijdragen aan zijn ontwikkeling als docent in het eerstegraads gebied.

### Toelichting

Een leven lang leren is het credo van het onderwijs tegenwoordig, maar hoe geef je dat leven lang leren op het gebied van vakinhoud en vakdidactiek vorm? Deze module staat in het teken van deze vraag. Door studenten de vrijheid te geven na te denken over wat ze nog willen leren naast het reeds behandelde curriculum en hoe ze dat willen doen, geven we vorm aan het ontwikkelen van gerichte voortgezette professionalisering op vakinhoudelijk gebied. De student schrijft een plan waarin hij beschrijft wat hij wil leren en hoe hij dit aan wil pakken en legt dit voor aan zijn begeleider. Na goedkeuring van dit plan voert hij het uit en beschrijft in een essay hoe deze inzichten bijdragen aan zijn onderwijs en zijn ontwikkeling als docent in het eerstegraads gebied.

### Toetsvorm en toelichting

Essay

De student beschrijft het plan voor zijn vakinhoudelijke verdieping, de uitvoering ervan en de resultaten voor zijn lespraktijk en wordt beoordeeld met behulp van een rubric.

### Toelichting programma

Deze module maakt deel uit van de leerlijn *verder kijken* waarbij verder kijken naar wat je nog wil leren in centraal staat. Gedurende twee perioden krijgt de student de ruimte om zijn eigen vakinhoudelijke ontwikkeling zelfstandig verder vorm te geven. Het verloop van dit proces en de opbrengst hiervan voor zijn onderwijs en zijn ontwikkeling als docent in het eerstegraads gebied worden geëxpliciteerd.

### Literatuur en leermiddelen

Afhankelijk van de keuze van de student. Op de digitale leeromgeving wordt meer informatie gegeven over eventuele mogelijkheden en in SLB gesprekken worden met de student de mogelijkheden verder verkend.