



College voor Toetsen en Examen

# SCHEIKUNDE VWO

## SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2017

2-versie juni 2015

Centrale examens VO

### Samenstelling syllabuscommissie:

Cris Bertona	-	voorzitter
Emiel de Kleijn	-	secretaris (SLO)
Dick Hennink	-	Cito
Jan Apotheker	-	vakvernieuwingscommissie
Huib van Drooge	-	NVON (docent)
Martin Waals	-	CvTE-vaksectie (docent)
Roel van Daalen	-	docent pilotschool
Coen Klein Douwel	-	docent pilotschool
Jan van Lune	-	docent

© 2015 College voor Toetsen en Examen, Utrecht

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

## Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Scheikunde in de tweede fase	6
1.2 Het centraal examen scheikunde	6
1.3 Totstandkoming syllabus	6
1.4 Domeinindeling en CE-toekenning	7
<b>2 Specificaties van de globale eindtermen van het CE</b>	<b>8</b>
2.1 Toelichting op de specificaties	8
2.1.1 Bekend veronderstelde vakbegrippen	8
2.1.2 Beheersingsniveaus	8
2.1.3 Schrijfwijze van formules	10
2.2 Specificaties	10
<b>Bijlage 1. Examenprogramma</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 2. Schrijfwijze formules</b>	<b>40</b>

## Voorwoord

De minister heeft de examenprogramma's op hoofdlijnen vastgesteld. In het examenprogramma zijn de exameneenheden aangewezen waarover het centraal examen (CE) zich uitstrekt: het CE-deel van het examenprogramma. Het examenprogramma geldt tot nader order.

Het College voor Toetsen en Examens (CvTE) geeft in een syllabus, die in beginsel jaarlijks verschijnt, een toelichting op het CE-deel van het examenprogramma. Behalve een beschrijving van de exameneisen voor een centraal examen kan een syllabus verdere informatie over het centraal examen bevatten, bijvoorbeeld over een of meer van de volgende onderwerpen: specificaties van examenstof, begrippenlijsten, bekend veronderstelde onderdelen van domeinen of exameneenheden die verplicht zijn op het schoolexamen, bekend veronderstelde voorkennis uit de onderbouw, bijzondere vormen van examinering (zoals computerexamens), voorbeeldopgaven, toelichting op de vraagstelling, toegestane hulpmiddelen.

Ten aanzien van de syllabus is nog het volgende op te merken. De functie ervan is een leraar in staat te stellen zich een goed beeld te vormen van wat in het centraal examen wel en niet gevraagd kan worden. Naar zijn aard is een syllabus dus niet een volledig gesloten en afgebakende beschrijving van alles wat op een examen zou kunnen voorkomen. Het is mogelijk, al zal dat maar in beperkte mate voorkomen, dat op een CE ook iets aan de orde komt dat niet met zo veel woorden in deze syllabus staat, maar dat naar het algemeen gevoelen in het verlengde daarvan ligt.

Een syllabus is zodoende een hulpmiddel voor degenen die anderen of zichzelf op een centraal examen voorbereiden. Een syllabus kan ook behulpzaam zijn voor de producenten van leermiddelen en voor nascholingsinstanties. De syllabus is niet van belang voor het schoolexamen. Daarvoor zijn door de SLO handreikingen geproduceerd die niet in deze uitgave zijn opgenomen.

Deze syllabus geldt voor het examenjaar 2017. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2018 wordt een nieuwe syllabus vastgesteld.

Het CvTE publiceert uitsluitend digitale versies van de syllabi. Dit gebeurt via Examenblad.nl ([www.examenblad.nl](http://www.examenblad.nl)), de officiële website voor de examens in het voortgezet onderwijs.

Een syllabus kan zo nodig ook tussentijds worden aangepast, bijvoorbeeld als een in de syllabus beschreven situatie feitelijk veranderd is. De aan een centraal examen voorafgaande Septembermededeling is dan het moment waarop dergelijke veranderingen bekendgemaakt worden. Kijkt u voor alle zekerheid jaarlijks in september op Examenblad.nl. In de syllabi 2016 zijn de wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus voor het examenjaar 2015 duidelijk zichtbaar. Inhoudelijke wijzigingen zijn geel gemarkeerd. Er zijn diverse vakken waarbij de syllabus 2015 geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

Voor opmerkingen over syllabi houdt het CvTE zich steeds aanbevolen. U kunt die zenden aan [info@hetcvte.nl](mailto:info@hetcvte.nl) of aan CvTE, Postbus 315, 3500 AH Utrecht.

De voorzitter van het College voor Toetsen en Examens,  
Drs. P.J.J. Hendrikse

## 1 Inleiding

Deze syllabus specificeert de eindtermen van het CE-deel van het nieuwe examenprogramma scheikunde vwo. In dit verband wordt eerst kort de achtergrond van het nieuwe programma beschreven.

### 1.1 Scheikunde in de tweede fase

Het vak scheikunde is een verplicht profielvak in de profielen Natuur en Gezondheid en Natuur en Techniek. In het profiel Natuur en Techniek neemt het een plaats in naast wiskunde B en natuurkunde en één profielkeuzevak te kiezen uit biologie, wiskunde D, informatica en NLT. In het profiel Natuur en Gezondheid neemt het vak scheikunde een plaats in naast wiskunde A (of B) en biologie en één profielkeuzevak te kiezen uit natuurkunde, aardrijkskunde en NLT. In de profielen Economie en Maatschappij en Cultuur en Maatschappij is scheikunde een keuze-examenvak. Het is een school toegestaan om het vak scheikunde (of gedeelten daarvan, bijvoorbeeld in de vorm van modulen) ook in het vrije deel aan te bieden.

De omvang van het vak scheikunde is voor vwo 440 SLU. Hiervan beslaat het in deze syllabus gespecificeerde CE-deel ongeveer 60%.

### 1.2 Het centraal examen scheikunde

De zitting en de zittingsduur van het centraal examen worden gepubliceerd op [www.examenblad.nl](http://www.examenblad.nl). Ook wordt daar dan een lijst gepubliceerd met hulpmiddelen die bij het examen zijn toegestaan.

In 2013 is bij de definitieve syllabus een voorbeeldexamen gepubliceerd. Daarnaast kunnen de pilotexamens een goed beeld geven van de te verwachten centrale examens vanaf 2016. Pilotexamens zijn de examens die op de pilotscholen van het nieuwe scheikundeprogramma in de jaren 2010-2015 zijn/worden afgenomen. Deze examens zijn geconstrueerd aan de hand van de werkversies van de syllabus bij het experimentele examenprogramma scheikunde.

De pilotexamens van de laatste drie jaar zijn te vinden op [www.cito.nl](http://www.cito.nl) via Examenkandidaten – Centrale Examens – Schriftelijke examens havo/vwo (oudere pilotexamens zijn bijvoorbeeld te vinden op de website van de NVON).

– De pilotexamens en de werkversies van de syllabus (die ten grondslag liggen aan de pilotexamens) zijn te vinden op [www.hetcvte.nl](http://www.hetcvte.nl) via Onderwerpen – Centrale examens VO – Vakvernieuwingen – Scheikunde havo/vwo.

### 1.3 Totstandkoming syllabus

In het kader van de vernieuwing van het onderwijs in de vijf bètavakken heeft het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap in het voorjaar van 2004 de Stuurgroep Nieuwe Scheikunde ingesteld. Deze Stuurgroep had de opdracht een examenprogramma te ontwerpen en te toetsen in een innovatietraject.

In 2007 is door deze commissie een concept vernieuwd examenprogramma scheikunde geformuleerd. Bij dit concept-examenprogramma is door een breed samengestelde syllabuscommissie scheikunde een werkversie van een syllabus ontwikkeld. De eerste concepten van het examenprogramma, de syllabus en centrale examens zijn in de periode 2008-2010 getest in een pilot. De uitkomsten van de pilot hebben geleid tot herzieningen van het examenprogramma en de syllabus.

Middels een landelijke veldraadpleging is de mening van scheikundedocenten en andere betrokkenen over de nieuwe syllabus gepeild. De resultaten van deze veldraadpleging zijn door de syllabuscommissie gewogen en in deze syllabus verwerkt.

De voorliggende syllabus hoort bij het nieuwe scheikundeprogramma, waarvan het eerste landelijke examen zal plaatsvinden in 2016.

De syllabus voor scheikunde is afgestemd met die voor natuurkunde en biologie voor wat betreft de inhoudsopgave en de specificaties van het A-domein. Verder zijn er afspraken gemaakt tussen de syllabuscommissies biologie, natuurkunde en scheikunde ten aanzien van de omgang met voorkennis, contexten, wendbaarheid en beheersingsniveaus.

#### 1.4 Domeinindeling en CE-toekenning

Het examenprogramma staat in bijlage 1. Het betreft hier het programma met globale eindtermen, waarvan het CE-deel in hoofdstuk 2 van deze syllabus nader wordt gespecificeerd.

In de onderstaande tabel staat vermeld welke domeinen en subdomeinen op het centraal examen geëxamineerd zullen worden:

Domein	Subdomein	in CE	moet in SE	mag in SE	
A	Vaardigheden				
B	Stoffen en materialen in de chemie	B1	Deeltjesmodellen	X	X
		B2	Eigenschappen en modellen	X	X
		B3	Bindingen en eigenschappen	X	X
		B4	Bindingen, structuren en eigenschappen	X	X
C	Chemische processen en behoudswetten	C1	Chemische processen	X	X
		C2	Chemisch rekenen	X	X
		C3	Behoudswetten en kringlopen	X	X
		C4	Reactiekinetiek	X	X
		C5	Chemisch evenwicht	X	X
		C6	Energieberekeningen	X	X
		C7	Classificatie van reacties		X
		C8	Technologische aspecten		X
		C9	Kwaliteit van energie		X
		C10	Activeringsenergie		X
D	Ontwikkelen van chemische kennis	D1	Chemische vakmethodes	X	X
		D2	Veiligheid		X
		D3	Chemische synthese	X	X
		D4	Moleculaire modellering		X
E	Innovatie en chemisch onderzoek	E1	Chemisch onderzoek	X	X
		E2	Selectiviteit en specificiteit	X	X
		E3	Duurzaamheid		X
		E4	Nieuwe materialen		X
		E5	Onderzoek en ontwerp		X
F	Industriële (chemische) processen	F1	Industriële processen	X	X
		F2	Groene chemie	X	X
		F3	Energieomzettingen	X	X
		F4	Risico en veiligheid		X
		F5	Duurzame productieprocessen		X
G	Maatschappij, chemie en technologie	G1	Chemie van het leven	X	X
		G2	Milieu-effectrapportage	X	X
		G3	Energie en industrie	X	X
		G4	Milieueisen		X
		G5	Bedrijfsprocessen		X

## 2 Specificaties van de globale eindtermen van het CE

### 2.1 Toelichting op de specificaties

#### 2.1.1 Bekend veronderstelde vakbegrippen

In de syllabus is in domein A10 een overzicht van vakbegrippen opgenomen die bij het centraal examen bekend verondersteld worden, maar die niet voorkomen in de specificaties van de domeinen B tot en met G. Hierbij gaat het om de volgende soorten vakbegrippen:

- vakbegrippen uit de onderbouw van het eigen vak
- vakbegrippen uit de SE-stof van het eigen vak
- vakbegrippen uit andere vakken<sup>1</sup>

De toetsing van de in A10 omschreven vakbegrippen vormen geen doel op zichzelf in het centraal examen. Deze vakbegrippen kunnen echter wel een onderdeel vormen van vragen over de voor het CE gespecificeerde subdomeinen. Een dergelijk vakbegrip kan dus in het centraal examen voorkomen zonder uitleg over de betekenis van dit begrip. Het vakbegrip zelf zal echter niet worden bevraagd. De bedoelde vakbegrippen maken geen deel uit van de onderwijstijd (60% van de totale studielast) die voor het CE-deel beschikbaar is.

#### 2.1.2 Beheersingsniveaus

Om het vereiste beheersingsniveau aan te geven, is gebruik gemaakt van de indeling in 'cognitive domains', die gebaseerd is op de PISA 'scientific competencies'<sup>2</sup> (pagina 137 e.v.) en opgesteld is door en gehanteerd binnen het internationale TIMSS onderzoek (Trends in Mathematics and Science Studies). Binnen dit onderzoek worden drie niveaus onderscheiden, gebaseerd op wat kandidaten moeten weten en doen.

In de specificaties wordt, om het beheersingsniveau aan te duiden, gebruik gemaakt van handelingswerkwoorden. Het handelingswerkwoord geeft de relatieve moeilijkheid van een bijbehorende leerlingactiviteit aan.

In de tabel op de volgende bladzijde is aangegeven hoe de gebruikte handelingswerkwoorden corresponderen met het vereiste beheersingsniveau. De eerste kolom geeft de indeling volgens TIMSS. De tweede en derde kolom geven een onderverdeling aan in subniveaus zoals gebruikt bij de voorbeeldleerlijnen scheikunde.<sup>3</sup>

Wanneer bij een specificatie een handelingswerkwoord behorend bij een bepaald (sub)niveau is gebruikt, wordt van de kandidaat beheersing op dat (sub)niveau verondersteld.

Het is daarbij van belang op te merken dat een hoger (sub)niveau altijd een lager (sub)niveau omvat. Toetsing op het centraal examen vindt dus plaats op het betreffende (sub)niveau of op een lager (sub)niveau.

<sup>1</sup> Leerlingen die geen biologie en/of natuurkunde volgen, missen bepaalde kennis van deze vakken die bekend verondersteld wordt bij het volgen van het scheikundeprogramma in de tweede fase. De docent kan, indien nodig, de leerling de benodigde kennis aanreiken.

<sup>2</sup> PISA 2009 Assessment Framework – Key competencies in reading, mathematics and science. OECD 2009.

<sup>3</sup> Driessen, H.P.W., Dijk, P. van, en Seller, F.J. (2006) Ontwerp van een leerlijn en toetslijn nieuwe scheikunde. SLO. Stichting Leerplanontwikkeling, Enschede.

Dus over specificaties op subniveau 4 kunnen ook kennisvragen (subniveau 1) of toepassingsvragen (subniveau 2 en 3) worden gesteld.

Gebruikte handelingswerkwoorden in de examenprogramma's scheikunde

TIMSS Beheersingsniveau	Subniveau	Gebruik van chemische kennis	Handelingswerkwoorden
TIMSS I Weten	1	In chemische verschijnselen en bij waarnemingen chemische vakbegrippen benoemen en herkennen en in deze situatie toelichten.	<b>Benoemen</b> <b>Herkennen</b> <b>Toelichten</b>
	2	Concepten en daaraan gerelateerde vakbegrippen kunnen gebruiken en beschrijven in een standaardprobleemstelling.	<b>Berekenen (eenvoudig)</b> <b>Beschrijven</b> <b>Aangeven</b> <b>Gebruiken</b> <b>Classificeren</b> <b>Hanteren</b>
TIMSS II Toepassen	3	Concepten en daaraan gerelateerde vakbegrippen met elkaar in verband brengen en daarmee een sluitende redenering geven.	<b>Verklaren</b> <b>Relateren aan</b> <b>Verbanden leggen tussen</b> <b>Berekenen (meer variabelen)</b> <b>Redeneren over/met behulp van</b>
	4	Analyseren met behulp van concepten en vakbegrippen bij een ontwerp van een product en voorstellen formuleren bij het maken van een aanpassing of een verbetering van een proces of een product.	<b>Analyseren</b> <b>Berekenen (complex)</b> <b>Conclusies trekken</b> <b>Voorstellen formuleren</b>
TIMSS III Redeneren	5	Toepassen van concepten en vakbegrippen bij het doen van onderzoek in complexe probleemstellingen en resultaten kritisch beoordelen en effecten van verbetervoorstellen beoordelen.	<b>Voorspellingen doen</b> <b>Beoordelen</b> <b>Beargumenteren</b>

### 2.1.3

*Schrijfwijze van formules*

In bijlage 2 zijn een aantal regels opgenomen voor de notatie van bepaalde formules.

### 2.2

#### Specificaties

##### Domein A. Vaardigheden

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4: Algemene vaardigheden — profieloverstijgend niveau

Subdomeinen A5 t/m A9: Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden bèta profielniveau

Subdomeinen A10 t/m A15: Chemische vakvaardigheden

De eerste categorie met algemene profieloverstijgende vaardigheden worden in deze syllabus niet verder gespecificeerd. De specificaties van de subdomeinen A5 t/m A9 zijn afgestemd met de syllabuscommissies natuurkunde en biologie.

Voor een aantal vaardigheden (A5 t/m A9) geldt dat de vaardigheid gedeeltelijk bestaat uit onderdelen die niet op het centraal examen getoetst zullen worden. Omwille van de volledigheid van de specificatie van de betreffende eindterm, zijn deze onderdelen wel in de specificatie opgenomen, maar *cursief en grijs* afgedrukt. *De betreffende specificaties gelden dus niet voor het centraal examen.*

##### Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken

###### Eindterm

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

##### Subdomein A2. Communiceren

###### Eindterm

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

##### Subdomein A3. Reflecteren op leren

###### Eindterm

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

##### Subdomein A4. Studie en beroep

###### Eindterm

*De kandidaat kan aangeven op welke wijze natuurwetenschappelijke kennis in studie en beroep wordt gebruikt en kan mede op basis daarvan zijn belangstelling voor studies en beroepen onder woorden brengen.*

##### Subdomein A5. Onderzoeken

###### Eindterm

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

De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

#### **Specificatie**

De kandidaat kan, gebruik makend van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden:

1. een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren;
2. een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
3. verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4. zondig een hypothese opstellen bij een onderzoeksvraag en verwachtingen formuleren;
5. een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
6. voor de beantwoording van een onderzoeksvraag relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen;
7. meetgegevens verwerken en presenteren op een wijze die helpt bij de beantwoording van een onderzoeksvraag;
8. op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvra(a)g(en) van het onderzoek;
9. de uitvoering van een onderzoek en de conclusies evalueren, gebruik makend van de begrippen nauwkeurigheid, validiteit en betrouwbaarheid;
10. een natuurwetenschappelijk onderzoek op geschikte manieren presenteren.

#### **Subdomein A6. Ontwerpen**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

##### **Specificatie**

De kandidaat kan gebruik makend van relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen:

1. een technisch-ontwerpprobleem analyseren en beschrijven;
2. voor een ontwerp een programma van eisen en wensen opstellen;
3. verbanden leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en taken en eigenschappen van een ontwerp;
4. verschillende (deel)uitwerkingen geven voor taken en eigenschappen van een ontwerp;
5. een beargumenteerd ontwerpvoorstel doen voor een ontwerp, rekening houdend met het programma van eisen, prioriteiten en randvoorwaarden;
6. een prototype van een ontwerp bouwen;
7. een ontwerpproces en -product testen en evalueren, rekening houdend met het programma van eisen;
8. voorstellen doen voor verbetering van een ontwerp;
9. een ontwerpproces en -product op geschikte manieren presenteren.

#### **Subdomein A7. Modelvorming**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

##### **Specificatie**

De kandidaat kan:

1. relevante grootheden en relaties in een probleemsituatie identificeren en selecteren;
2. door het doen van aannamen en het maken van vereenvoudigingen een natuurwetenschappelijk probleem inperken tot een onderzoekbare vraagstelling;
3. bij een natuurwetenschappelijk probleem een model selecteren dat geschikt is om het probleem te bestuderen;
4. een beargumenteerde schatting maken voor parameterwaarden van een model op basis van gegevens;
5. toetsbare verwachtingen formuleren over het gedrag van een model;
6. een model evalueren op basis van uitkomsten, verwachtingen en (meet)gegevens;
7. een modelstudie op geschikte manieren presenteren.

#### **Subdomein A8. Natuurwetenschappelijk instrumentarium**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en -bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

##### **Specificatie**

De kandidaat kan:

1. informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen *mede met behulp van ICT*:
  - gegevens halen uit grafieken, tabellen, tekeningen, simulaties, schema's en diagrammen;
  - grootheden, eenheden, symbolen, formules en gegevens opzoeken in geschikte tabellen;
2. informatie, gegevens en meetresultaten analyseren, weergeven en structureren in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen *mede met behulp van ICT*;
3. uitleggen wat bedoeld wordt met de significantie van meetwaarden en uitkomsten van berekeningen weergeven in het juiste aantal significante cijfers:
  - bij het optellen en aftrekken van meetwaarden wordt de uitkomst gegeven met evenveel decimalen als de gegeven meetwaarde met het kleinste aantal decimalen;
  - bij het delen en vermenigvuldigen wordt de uitkomst gegeven in evenveel significante cijfers als de gegeven meetwaarde met het kleinste aantal significante cijfers;

- gehele getallen die verkregen zijn door discrete objecten te tellen, vallen niet onder de regels van significante cijfers. Dit geldt ook voor wiskundige constanten en geldbedragen;
  - bij het nemen van de logaritme van een meetwaarde, krijgt het antwoord evenveel decimalen als de meetwaarde significante cijfers heeft.
4. *aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten.*
5. *omgaan met materialen en instrumenten, zonder daarbij schade te berokkenen aan mensen, dieren en milieu.*
6. een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen:
- basisrekenvaardigheden uitvoeren:
    - een (grafische) rekenmachine gebruiken;
    - rekenen met verhoudingen, procenten, machten, wortels;
    - gewogen gemiddelde berekenen.
  - berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en relaties en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren.
  - wiskundige technieken toepassen:
    - omwerken van eenvoudige wiskundige betrekkingen;
    - oplossen van lineaire en tweedegraadsvergelijkingen;
    - rekenen met evenredigheden (recht en omgekeerd);
    - berekeningen maken met logaritmen met grondtal 10;
    - twee lineaire vergelijkingen met twee onbekenden oplossen.
  - afgeleide eenheden herleiden tot eenheden van het SI met behulp van omzettingstabellen.
  - uitkomsten schatten en beoordelen.

#### Subdomein A9. Waarderen en oordelen

##### Eindterm

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

##### Specificatie

De kandidaat kan:

1. een beargumenteerd oordeel geven over een situatie waarin natuurwetenschappelijke kennis een belangrijke rol speelt, dan wel een beargumenteerde keuze maken tussen alternatieven bij vraagstukken van natuurwetenschappelijke aard;
2. een onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen;
3. feiten met bronnen verantwoorden;
4. de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor de beantwoording van het betreffende vraagstuk.

#### Subdomein A10: Toepassen van chemische concepten

##### Eindterm

De kandidaat kan chemische concepten en in de chemie gebruikte fysische en biologische concepten herkennen en met elkaar in verband brengen.

##### Specificatie<sup>4</sup>:

1. De kandidaat kan de volgende chemische vakbegrippen herkennen en gebruiken:
  - aggregatietoestand / fase;
    - toestandsaanduidingen (s), (l), (g) en (aq)
  - alcoholen;
  - ammonia;
  - atomaire massa eenheid (u);
  - broeikaseffect;
  - carbonzuren;
  - coëfficiënt;
  - destillaat;
  - **explosie**;
  - extractiemiddel;
  - fase-overgang;
  - filtraat;
  - index;
  - indicator;
  - loopvloeistof;
  - molariteit / molair (M);
  - natronloog;
  - ontbrandingstemperatuur;
  - ontledingsreactie: elektrolyse, fotolyse en thermolyse;
  - onvolledige verbranding;
  - oplosmiddel;
  - reagens;
  - residu;
  - titratie;
  - triviale naam;
  - ijklijn;
  - zoutzuur.
2. De kandidaat kan de volgende biologische vakbegrippen herkennen en gebruiken:
  - ademhaling;
  - bloed;
  - cel;
  - celmembraan;
  - chromosomen;
  - ecosysteem;
  - erfelijkheid;
  - organisme;

<sup>4</sup> Zie Toelichting op de specificaties paragraaf 2.1.1.

- spijsvertering;
  - transport.
3. De kandidaat kan de volgende natuurkundige vakbegrippen herkennen en gebruiken:
- druk;
  - energie;
  - kracht;
  - licht;
  - massa;
  - radioactiviteit;
  - spanning;
  - straling;
  - stroomsterkte;
  - temperatuur;
  - warmte.

#### **Subdomein A11: Redeneren in termen van context-concept**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan in leefwereld-, beroeps- en wetenschapscontexten chemische concepten herkennen en gebruiken en kan op basis daarvan voorspellingen doen, berekeningen en schattingen maken en daarbij een argumentatie geven.

#### **Subdomein A12: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan macroscopische eigenschappen in relatie brengen met structuren op meso- en (sub)microniveau, en daarin aspecten van schaal herkennen en kan omgekeerd vanuit structuren voorspellingen doen over die macroscopische eigenschappen.

##### **Specificatie:**

De kandidaat kan de volgende begrippen herkennen en gebruiken:

- microstructuur / microniveau: atomen, moleculen, ionen;
- mesostructuur / mesoniveau<sup>5</sup>: structuurniveau gevormd door een aantal groepen / gegroepeerde deeltjes uit het microniveau;
- macrostructuur / macroniveau: op niveau van stoffen en materialen (stof-/materiaaleigenschappen).

#### **Subdomein A13: Redeneren over systemen, verandering en energie**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan chemische processen beschrijven in termen van systemen met kennis van stoffen, deeltjes, reactiviteit en energie.

<sup>5</sup> Stof- en/of materiaaleigenschappen (macroniveau) kunnen niet altijd rechtstreeks verklaard en/of beschreven worden met behulp van kenmerken van de deeltjes op atomair, ionair of moleculair niveau (microniveau). Ook de manier waarop de deeltjes uit dit microniveau geordend zijn tot grotere structuren (bijvoorbeeld: vezels bij polymeren, kristalstructuren bij metalen) kan een rol spelen bij de verklaring/beschrijving van stof- en/of materiaaleigenschappen. Dit structuurniveau wordt mesostructuur of mesoniveau genoemd.

#### **Subdomein A14: Redeneren in termen van duurzaamheid**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan in maatschappelijke, beroeps- en wetenschapscontexten aspecten van duurzaamheid aangeven en beschrijven, daarmee samenhangende problemen analyseren en voorstellen formuleren voor een mogelijke oplossing daarvan.

##### **Specificatie**

- De kandidaat kan de rol van levenscycli van stoffen, materialen en producten aangeven in termen van duurzaamheid;
- De kandidaat kan met behulp van kennis over levenscycli van stoffen, materialen en producten voorstellen formuleren voor een keuze tussen alternatieven bij gebruik van stoffen, materialen in industriële processen;
- De kandidaat kan in de context van duurzaamheid de maatschappelijke betekenis van de chemie benoemen;
- De kandidaat kan de wereldvraagstukken: wereldvoedselvoorziening, duurzame energievoorziening, (drink)watervoorziening, beschikbaarheid van grondstoffen, opwarming van de aarde en vervuiling van de aarde relateren aan chemische concepten.

#### **Subdomein A15: Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan analyseren op welke wijze natuurwetenschappelijke, technologische en chemische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

##### **Specificatie**

- De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen (**Kennisvorming**).
- De kandidaat kan beschrijven hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan aangeven hoe de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en samenleving is (**Toepassen van kennis**).
- De kandidaat kan conclusies trekken met betrekking tot natuurwetenschappelijke vraagstukken en deze relateren aan de betrouwbaarheid van natuurwetenschappelijke kennis (**De invloed van natuurwetenschap en techniek**).

#### **Domein B: Stoffen en materialen in de chemie**

##### **Subdomein B1: Deeltjesmodellen**

##### **Eindterm**

De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

##### **Specificatie**

1. De kandidaat kan met behulp van een atoommodel van kern en elektronen de bouw van atomen, radicalen en ionen beschrijven en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
  - bouw van de kern:
    - protonen, neutronen;
    - massagetal, atoomnummer;



- isotopen.
  - structuur elektronenwolk:
    - opgebouwd uit verschillende schillen (K, L, M, ...);
    - het maximale aantal elektronen in de K-, L- en M-schil;
  - lading en massa van elektronen, protonen en neutronen.
2. De kandidaat kan de opbouw van het periodiek systeem beschrijven, en daarbij:
- het verband aangeven tussen atoomnummer en plaats in het periodiek systeem;
  - het verloop van eigenschappen van elementen in een groep beschrijven;
  - verdeling metalen en niet-metalen globaal aangeven;
  - de plaats van halogenen en edelgassen aangeven.
3. De kandidaat kan de opbouw van het periodiek systeem gebruiken om de structuur van de elektronenwolk te beschrijven en kan:
- aangeven hoe eigenschappen van groepen samenhangen met de structuur van de elektronenwolk;
  - aangeven hoe de valentie van de atoomsoort samenhangt met de structuur van de elektronenwolk:
    - elektrovalentie;
    - covalentie;
    - oktetregel;
    - valentie-elektronen.
4. De kandidaat kan het symbool gebruiken van de volgende niet-metalen als de naam gegeven is en omgekeerd:
- argon, boor, broom, chloor, fluor, fosfor, helium, jood, koolstof, neon, silicium, stikstof, waterstof, zuurstof, zwavel.
5. De kandidaat kan het symbool gebruiken van de volgende metalen als de naam gegeven is en omgekeerd:
- aluminium, barium, cadmium, calcium, chroom, goud, ijzer, kalium, kobalt, koper, kwik, lithium, lood, mangaan, magnesium, natrium, nikkel, platina, tin, uraan, zilver, zink.
6. De kandidaat kan de (moleculair)formules gebruiken van de volgende stoffen als de naam gegeven is en omgekeerd:
- ammoniak, azijnzuur, fosforzuur, glucose, koolstofdioxide, koolstofmono-oxide, salpeterzuur, stikstofdioxide, stikstofmono-oxide, water, waterstofchloride, waterstofperoxide, zwaveldioxide, zwaveltrioxide, zwavelzuur;
  - de formules van niet-ontleedbare stoffen:
    - niet-metalen;
    - metalen.
  - de eerste 10 alkanen.
7. De kandidaat kan de systematische IUPAC-namen en verhoudingsformules geven en gebruiken van zouten die zijn samengesteld uit de volgende ionen:  
 $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Au}^+$ ,  $\text{Au}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{4+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{U}^{3+}$ ,  $\text{U}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .

8. De kandidaat kan de volgende zuren herkennen:  
 $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  / ' $\text{H}_2\text{CO}_3$ ',  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
9. De kandidaat kan de volgende basen herkennen:  
 $\text{NH}_3$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$
10. De kandidaat kan de verhoudingsformule van een zout geven aan de hand van gegeven ionen en de systematische IUPAC-naam geven en omgekeerd.
11. De kandidaat kan kristalwater herkennen in de gegeven formule van een hydraat (notatie .n  $\text{H}_2\text{O}$ ).
12. De kandidaat kan van een gegeven molecuulformule, formule van (samengestelde) ionen of structuurformule een Lewisstructuur geven:
- mesomerie;
  - mesomere-grensstructuren.
13. De kandidaat kan in een (Lewis)structuurformule de plaats van formele en partiële ladingen aangeven.
14. De kandidaat kan aangeven dat de molecuulformules van verschillende organische verbindingen identiek aan elkaar kunnen zijn:
- structuurisomerie.
15. De kandidaat kan in moleculen van organische verbindingen functionele / karakteristieke groepen herkennen:
- $\text{C}=\text{C}$ ;
  - $\text{C}\equiv\text{C}$ ;
  - OH groep (hydroxyl);
  - $\text{C}=\text{O}$  groep (aldehyde en keton);
  - COOH groep (carboxyl);
  - $\text{NH}_2$  groep (amino);
  - COC groep (ether);
  - COOC groep (ester);
  - CONHC groep (peptide / amide);
  - C-X (X= F, Cl, Br, I).
16. De kandidaat kan met behulp van de structuurformule van koolstofverbindingen met een al dan niet vertakte koolstofketen met maximaal 10 koolstofatomen met hoogstens één functionele / karakteristieke groep de systematische IUPAC-naam aangeven en omgekeerd:
- alkanen;
  - alkenen;
  - alkyne;
  - alkanolen;
  - alkanalen;
  - alkanonen;
  - alkaanzuren;
  - alkaanaminen;
  - halogeenalkanen;
  - cycloalkanen;
  - benzeen en benzeenderivaten;
  - alkoxyalkanen;
  - alkylalkanoaten.

## Subdomein B2: Eigenschappen en modellen

### Eindterm

De kandidaat kan bij beschreven onderzoek aan stoffen en materialen macroscopische eigenschappen verklaren met deeltjesmodellen.

### Specificatie

- De kandidaat kan aangeven wat bedoeld wordt met stoffen en materialen in de chemie en daarmee redeneren en daarbij het volgende begrip gebruiken:
  - stofeigenschappen (op macroniveau).
- De kandidaat kan een verband leggen tussen:
  - een zuivere stof en smeltpunt / kookpunt;
  - een mengsel en smelttraject / kooktraject.
- De kandidaat kan het verschil tussen zuivere stoffen en mengsels beschrijven op microniveau.
- De kandidaat kan het verschil tussen ontleedbare en niet-ontleedbare stoffen beschrijven op microniveau.
- De kandidaat kan op microniveau het verschil tussen een moleculaire stof en een zout beschrijven.
- De kandidaat kan bij redeneringen over mengsels de volgende begrippen gebruiken:
  - oplossing: onverzadigd, verzadigd;
  - suspensie;
  - emulsie, emulgator;
  - legering;
  - homogene en heterogene mengsels.
- De kandidaat kan de bovenstaande items (B2.1 t/m B2.6) relateren aan een beschreven onderzoek.

## Subdomein B3: Bindingen en eigenschappen

### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis over bindingen in en tussen deeltjes eigenschappen van stoffen en materialen verklaren.

### Specificatie

- De kandidaat kan de roosteropbouw beschrijven, waarbij ook gebruik gemaakt wordt van de bindingen tussen de samenstellende deeltjes:
  - metaalrooster;
    - metaalbinding
  - ionrooster;
    - ionbinding;
  - molecuulrooster;
    - vanderwaalsbinding / molecuulbinding
    - dipool-dipool binding
    - waterstofbruggen
  - atoomrooster.
    - atoombinding / covalente binding
- De kandidaat kan in een gegeven voorbeeld toelichten dat ook tussenvormen van de in B3.1 genoemde roosters mogelijk zijn.

- De kandidaat kan een beschrijving geven van:
  - atoombinding / covalente binding;
    - gemeenschappelijk(e) elektronenpa(a)r(en)
  - polaire atoombinding;
    - bindingen van N, O of F met andere atomen, waarbij de gedeeltelijk negatieve lading op respectievelijk N, O of F ligt.
  - ionbinding.
- De kandidaat kan de sterkte van de binding tussen de samenstellende deeltjes van een stof / stoffen in verband brengen met faseovergangen en hechting aan een oppervlak:
  - ionbinding;
  - vanderwaalsbinding / molecuulbinding;
  - waterstofbrug;
  - dipool-dipool binding;
  - metaalbinding.
- De kandidaat kan verschillen in oplosbaarheid / mengbaarheid relateren aan begrippen hydrofoob / hydrofiel.
- De kandidaat kan de termen hydrofoob/hydrofiel in verband brengen met:
  - vanderwaalsbinding, dipool-dipool binding en waterstofbruggen;
  - polair en apolair.
- De kandidaat kan de praktische toepassing van een zout relateren aan de oplosbaarheid van dat zout.

## Subdomein B4: Bindingen, structuren en eigenschappen

### Eindterm

De kandidaat kan op basis van kennis van structuren en de bindingen in en tussen deeltjes eigenschappen van stoffen en materialen verklaren en omgekeerd vanuit de eigenschappen van stoffen of materialen structuren voorspellen.

### Specificatie

- De kandidaat kan een verband leggen tussen de bouw van een stof en
  - elektrisch geleidingsvermogen, en maakt daarbij gebruik van:
    - de aanwezigheid en beweeglijkheid van ladingdragers:
      - elektronen;
      - ionen.
  - vervormbaarheid, en maakt daarbij gebruik van:
    - de roosteropbouw van de stof en roosterfouten;
    - de aanwezigheid van weekmakers in polymeren;
    - de structuur van polymere materialen:
      - thermoplasten;
      - thermoharders.
  - uv-lichtgevoeligheid, en maakt daarbij gebruik van:
    - crosslinks;
    - de aanwezigheid van meervoudige atoombindingen.
  - corrosiegevoeligheid, en maakt daarbij gebruik van:
    - standaard elektrodepotentiaal (edelheid van metalen);
    - de aanwezigheid van een beschermende laag.

- De kandidaat kan voor composieten, polymeren, legeringen en keramische materialen een verband leggen tussen de structuur / ruimtelijke ordening van bouwstenen en de volgende eigenschappen:
  - vervormbaarheid;
  - geleidend vermogen;
  - waterafstotendheid / waterbindend vermogen;
  - corrosiegevoeligheid;
  - uv-lichtgevoeligheid;
  - brandbaarheid;
  - hardheid;
  - broosheid.
- De kandidaat kan met behulp van de Valentie-Schil-Elektronen-Paar-Repulsie-Theorie (VSEPR-theorie) de ruimtelijke bouw van samengestelde ionen en moleculen, of delen daarvan, aangeven:
  - omringingsgetal 2, 3 en 4;
  - 4 omringing: tetraëder, bindingshoek ongeveer 109°;
  - 3 omringing: plat vlak, bindingshoek ongeveer 120°;
  - 2 omringing: lineair, bindingshoek 180°.
- De kandidaat kan uit de ruimtelijke structuur van een molecuul, gebruik makend van de ladingsverdeling binnen het molecuul, concluderen of het deeltje een dipool is.
- De kandidaat kan de ruimtelijke structuur van een molecuul of delen daarvan in verband brengen met eigenschappen van een stof of materiaal:
  - verschil vet en olie;
  - secundaire structuur van eiwitten.

### Domein C: Chemische processen en behoudswetten

#### Subdomein C1: Chemische processen

##### Eindterm

De kandidaat kan chemische reacties en fysische processen beschrijven in termen van reactiviteit en het vormen en verbreken van (chemische) bindingen.

##### Specificatie

- De kandidaat kan beschrijven welke typen bindingen verbroken worden en gevormd worden bij het oplossen in water van:
  - moleculaire stoffen;
  - zouten:
    - ion-dipool binding, hydratatie.
- De kandidaat kan beschrijven welke typen bindingen verbroken worden en gevormd worden bij het oplossen en ioniseren in water van:
  - zuren:
    - oxoniumion;
  - basen.
- De kandidaat kan voor de volgende processen beschrijven welke type bindingen verbroken / gevormd worden:
  - verdampen;
  - condenseren;

- smelten;
  - stollen.
- De kandidaat kan van bovenstaande processen (C1.1 t/m C1.3) een (reactie)vergelijking geven.
  - De kandidaat kan beschrijven welke bindingen verbroken / gevormd worden bij de volgende scheidingsprocessen, en mede aan de hand daarvan aangeven hoe de scheiding tot stand komt:
    - destillatie;
    - adsorptie.
  - De kandidaat kan van de volgende processen een reactievergelijking geven:
    - volledige verbranding van verbindingen van koolstof, waterstof en eventueel zuurstof;
    - processen waarbij beginstoffen en reactieproducten bekend zijn.
  - De kandidaat kan donor / acceptor reacties beschrijven als reacties waarbij een deeltje wordt overgedragen en kan daarbij aangeven welk deeltje de donor en welk de acceptor is:
    - zuur/base reactie, overdracht van protonen;
    - redoxreactie, overdracht van elektronen.
  - De kandidaat kan in de context van batterijen aangeven wat bedoeld wordt met een elektrochemische cel.
  - De kandidaat kan beschrijven wat bedoeld wordt met elektrolyse:
    - opladen van batterijen;
    - productie van waterstof.
  - De kandidaat kan het verschil tussen sterke en zwakke zuren aangeven.
  - De kandidaat kan reacties tussen zuren en basen beschrijven met een reactievergelijking.
  - De kandidaat kan beschrijven wat buffersystemen zijn en kan aangeven hoe deze werken.
  - De kandidaat kan met behulp van de standaardelektrodepotential de relatieve sterkte van een reductor of oxidator aangeven.
  - De kandidaat kan in de context van batterijen / brandstofcellen vergelijkingen van halfreacties opstellen als het redoxkoppel gegeven is.
  - De kandidaat kan een reactievergelijking van een redoxreactie geven met behulp van gegeven halfreacties.
  - De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties aangeven welke bindingen verbroken en gevormd worden, en daarbij zonnig gebruik maken van mesomere grensstructuren:
    - condensatiereacties:
      - ester;
      - peptide/amide.
    - additiereacties aan dubbele binding:
      - C=C ;
      - 1,2 en 1,4-additie.
  - De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties de reactievergelijking geven in structuurformules en Lewisstructuren:

<sup>6</sup> De betreffende halfreacties worden gegeven in de opgave of er wordt verwezen naar (een tabel in) BiNaS.

- condensatiereacties;
  - ester;
  - peptide/amide.
- hydrolysereacties;
- additiereacties;
- substitutiereacties.

18. De kandidaat kan aan de hand van een gegeven reactie een reactie met analoge verbindingen beschrijven.

### Subdomein C2: Chemisch rekenen

#### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische reacties en behoudswetten berekeningen maken over een proces.

#### Specificatie

1. De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken in berekeningen:

- massa;
  - symbool  $m$
  - eenheid kg
- volume;
  - symbool  $V$
  - eenheid  $m^3$
- relatieve molecuulmassa;
  - symbool  $M_r$
- chemische hoeveelheid;
  - symbool  $n(X)$
  - eenheid mol
- molaire massa;
  - symbool  $M(X)$
  - eenheid  $g\ mol^{-1}$
- molair volume;
  - symbool  $V_m$
  - eenheid  $m^3\ mol^{-1}$
- dichtheid;
  - symbool  $\rho$
  - eenheid  $kg\ m^{-3}$
- concentratie;
  - symbool  $c(X)$ ,  $[X]$
  - eenheid  $mol\ L^{-1}$
- massapercentage;
  - eenheid %
- massa-ppm
  - eenheid ppm,  $mg\ kg^{-1}$
- massa-ppb
  - eenheid ppb,  $\mu g\ kg^{-1}$

- volumepercentage;
    - eenheid %
  - zuurgraad.
    - symbool pH
      - $pH = -\log [H^+]$ ;  $pH = -\log [H_3O^+]$
      - $pOH = -\log [OH^-]$
      - $pH + pOH = 14,00$  (bij 298K)
      - $[H^+] = 10^{-pH}$ ;  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$
      - $[OH^-] = 10^{-pOH}$
2. De kandidaat kan de volgende principes gebruiken in berekeningen aan en beschrijvingen van chemische processen:
- massaverhouding;
  - volumeverhouding van gassen bij reacties;
  - overmaat / ondermaat;
  - stoichiometrische verhouding;
  - rendement als fractie of percentage van de theoretische opbrengst.

### Subdomein C3: Behoudswetten en kringlopen

#### Eindterm

De kandidaat kan verbanden leggen tussen behoudswetten en chemische processen, en kan deze verbanden relateren aan kringlopen.

#### Specificatie

1. De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken in redeneringen:

- massabehoud / massabalans;
  - energiebehoud / energiebalans;
  - ladingbehoud / ladingbalans.
2. De kandidaat kan chemische processen relateren aan:
- stofkringloop;
  - elementkringloop;
  - recycling;
  - cradle to cradle.

### Subdomein C4: Reactiekinetiek

#### Eindterm

De kandidaat kan op basis van kennis van reactiekinetiek chemische processen analyseren, onder andere door de concentratie van aanwezige stoffen en deeltjes te berekenen, en kan aangeven welke rol katalyse speelt.

#### Specificatie

1. De kandidaat kan veranderingen in reactiesnelheid verklaren met het botsende deeltjesmodel en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
- verdelingsgraad;
  - concentratie;
  - temperatuur.

- De kandidaat kan veranderingen in reactiesnelheid verklaren met behulp van de volgende begrippen:
  - katalysator;
  - activeringsenergie.
- De kandidaat kan aangeven dat reacties vaak in een aantal stappen verlopen:
  - reactiemechanisme;
  - snelheidsbepalende stap.
- De kandidaat kan met gegevens over een reactie de reactiesnelheid berekenen in  $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$ .
- De kandidaat kan van een gegeven reactiemechanisme een beschrijving geven van de verplaatsing van elektronen / elektronenparen:
  - nucleofiel, elektrofiel;
  - radicalen;
  - mesomere-grensstructuren.

#### Subdomein C5: Chemisch evenwicht

##### Eindterm

De kandidaat kan aangeven of er sprake is van evenwicht, kan berekeningen uitvoeren aan evenwichten, en kan verklaren hoe de ligging van een evenwicht kan worden beïnvloed.

##### Specificatie

- De kandidaat kan bij de beschrijving van chemische processen de volgende begrippen gebruiken:
  - aflopende reactie;
  - omkeerbare reactie;
  - evenwicht.
- De kandidaat kan voor een gegeven evenwicht de evenwichtsvoorwaarde geven en kan berekeningen uitvoeren aan evenwichten:
  - concentratiebreuk;
  - evenwichtsconstante;
  - $K_z$ ,  $K_o$ ,  $K_w$ .
- De kandidaat kan de beïnvloeding van de ligging van het evenwicht verklaren aan de hand van:
  - verandering in de concentratiebreuk;
  - verandering in de evenwichtsconstante.
- De kandidaat kan de invloed van een katalysator op een chemisch proces toelichten:
  - reactiesnelheid;
  - insteltijd van een evenwicht;
  - ligging van een evenwicht.
- De kandidaat kan van een oplossing met bekende concentratie van een zuur of van een base de pH berekenen of omgekeerd uit de pH de concentratie berekenen.
  - sterk zuur;
  - éénwaardig zwak zuur;
  - sterke base;
  - éénwaardige zwakke base.

#### Subdomein C6: Energieberekeningen

##### Eindterm

De kandidaat kan berekeningen maken over energieomzettingen en energie-uitwisseling bij chemische processen en hieruit conclusies trekken en voorstellen formuleren.

##### Specificatie

- De kandidaat kan een energiediagram geven, daarin het energie-effect van een reactie aangeven en daarbij gebruik maken van:
  - overgangstoestand / geactiveerde toestand;
  - invloed van een katalysator.
- De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken en daarbij redeneren over energieomzettingen bij chemische processen:
  - endotherm, exotherm;
  - vormingswarmte;
  - activeringsenergie;
  - energiediagram.
- De kandidaat kan de reactiewarmte van een reactie berekenen met behulp van vormingswarmtes.
- De kandidaat kan rekenen en redeneren met de eerste hoofdwet van de thermodynamica (wet van behoud van energie):
  - omzetten van chemische energie in andere vormen van energie.
    - warmte;
    - elektrische energie.

#### Domein D: Ontwikkelen van chemische kennis

##### Subdomein D1: Chemische vakmethodes

##### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van materialen en stoffen een keuze voor een bepaalde scheidings- en/of analysemethode formuleren en beoordelen.

##### Specificatie

- De kandidaat kan voor scheidingsmethoden toelichten op welk verschil van (stof)eigenschap ze berusten en beargumenteren waarom ze bij een bepaald proces worden gebruikt:
  - filtreren;
  - centrifugeren;
  - destilleren;
  - extraheren / wassen;
  - adsorberen;
  - bezinken;
  - indampen.
- De kandidaat kan toelichten hoe analysemethoden gebruikt worden om na te gaan of en in hoeverre een scheidingsmethode succesvol is geweest.
- De kandidaat kan toelichten op welke verschillen in stoffeïenschappen chromatografie berust.

- De kandidaat kan met behulp van gaschromatografie de aanwezigheid van bepaalde stoffen aangeven met behulp van de retentietijd.
- De kandidaat kan aangeven dat in massaspectra van stoffen kenmerkende patronen voorkomen aan de hand waarvan die stoffen kunnen worden herkend en kan massaspectra analyseren.
- De kandidaat kan uit meetresultaten van kwantitatieve bepalingen de hoeveelheid van een stof in een oplossing of mengsel berekenen of een gegeven berekening toelichten:
  - chromatografie: piekoppervlakte;
  - massaspectrometrie: piekhoogte.

### Subdomein D3: Chemische synthese

#### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis over chemische processen aangeven hoe stoffen worden gesynthetiseerd en daarbij een relatie leggen met relevante reactiemechanismen.

#### Specificatie

- De kandidaat kan een verband leggen tussen de structuurformule van een (co)polymeer en de structuurformule(s) van het/de monome(e)r(en):
  - additiepolymeren;
  - condensatiepolymeren.
- De kandidaat kan de diverse stappen in het reactiemechanisme van een additiepolymerisatie beschrijven:
  - initiatie, propagatie, terminatie.
- De kandidaat kan een verband leggen tussen het reactiemechanisme en:
  - gemiddelde ketenlengte, polymerisatiegraad;
  - crosslinks.

### Domein E: Innovatie en chemisch onderzoek

#### Subdomein E1: Chemisch onderzoek

#### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen in een beschreven onderzoek ten minste in de context van gezondheid, materialen of voedselproductie aangeven hoe die kennis wordt gebruikt.

#### Specificatie

- De kandidaat kan de relatie beschrijven tussen de microstructuur en macroscopische eigenschappen van stoffen/materialen en kan aangeven hoe deze relatie in een beschreven onderzoek gebruikt wordt:
  - beweeglijkheid van ladingsdragers en geleidbaarheid;
  - karakteristieke groepen en reactiviteit;
    - vrij elektronenpaar
    - radicaal
    - meervoudige atoombinding
    - dipool / polaire atoombinding
  - roosters en vervormbaarheid;

- metaalroosters
  - roosterfouten
  - legeringen
  - invloed van de temperatuur
- rooster / structuur van polymeren;
  - weekmakers
  - ketenlengte
  - soorten monome(e)r(en)
  - crosslinks
- kristalstructuur van keramische materialen.
  - ionrooster
  - atoomrooster
- aanwezigheid van meervoudige bindingen en uv-licht gevoeligheid;
- soorten metaal-atomen en corrosiegevoeligheid;
  - gebonden metaaloxide laagje
  - standaard elektrodepotentiaal (edelheid van metalen)
- moleculaire structuur en oplosbaarheid;
  - karakteristieke groepen
  - hydrofiel / hydrofoob
- moleculaire structuur en waterafstotendheid;
  - karakteristieke groepen
- moleculaire structuur en biodegradeerbaarheid van polymeren.
  - karakteristieke groepen

#### Subdomein E2: Selectiviteit en specificiteit

#### Eindterm

De kandidaat kan bij chemische reacties ten minste in de context van voedselproductie, geneesmiddelen of transport van stoffen in het lichaam selectiviteit en specificiteit verklaren, en daarbij, indien van toepassing, kennis van katalyse gebruiken.

#### Specificatie

- De kandidaat kan een verband leggen tussen de bouw van een (organisch) molecuul en de eigenschappen van een stof:
  - stereoisomerie:
    - cis / trans isomerie;
    - spiegelbeeld isomerie:
      - asymmetrisch koolstofatoom.
- De kandidaat kan bij de werking van een enzym als biokatalysator de kinetiek van de reactie tussen enzym en substraat kwalitatief verklaren en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
  - vorming van een enzymsubstraat complex;
  - afplitsing van een product.
- De kandidaat kan de specificiteit en selectiviteit van een enzym beschrijven aan de hand van de ruimtelijke structuur en de functionele groepen:
  - actieve plaats.
    - pH-optimum
    - temperatuuroptimum

4. De kandidaat kan aangeven welke factoren een rol spelen bij het transport van stoffen in het lichaam:
- pH;
  - hydrofoob / hydrofiel;
  - membranen.

## Domein F: Industriële (chemische) processen

### Subdomein F1: Industriële processen

#### Eindterm

De kandidaat kan industriële processen beschrijven in blokschema's, hieraan berekeningen uitvoeren en voorstellen voor aanpassingen formuleren en beoordelen.

#### Specificatie

1. De kandidaat kan met gegevens over een industrieel proces dit proces met een blokschema beschrijven:
  - stofstromen;
  - recirculatie;
  - reactoren;
  - scheidingsinstallaties;
  - warmtewisselaars.
2. De kandidaat kan aan de hand van een blokschema een industrieel proces toelichten:
  - reacties;
  - scheidingsmethodes;
  - energie-effect;
  - energiehuishouding.
3. De kandidaat kan bij de beschrijving van een industrieel proces de volgende begrippen gebruiken:
  - katalyse;
  - continuproces;
  - batchproces;
  - bulkchemie / fijnchemie.

### Subdomein F2: Groene chemie

#### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van procestechnologie en reactiekinetiek, ten minste in de context van voedselproductie of duurzaamheid, "principes van groene chemie" herkennen en relateren aan gerealiseerde, mogelijke en gewenste veranderingen van die processen en eenvoudige berekeningen uitvoeren.

#### Specificatie

1. De kandidaat kan verbanden leggen tussen aspecten van groene chemie die bij het ontwerpen en aanpassen van industriële processen een rol hebben gespeeld:
  - reactieomstandigheden;
  - veiligheid;
  - kwalitatieve energiebeschouwing;

- nevenreacties;
  - (keuze voor) batchproces / continuproces;
  - bijproducten;
  - onvolledige omzetting;
  - overmaat / ondermaat;
  - (hernieuwbare) grondstoffen;
  - gebruik van water;
  - recycling;
  - afval;
  - milieueisen.
2. De kandidaat kan aan de hand van gegeven formules uit groene chemie berekeningen uitvoeren aan een proces:
    - atomeconomie;
    - E-factor;
    - energie-effect;
    - rendement.
  3. De kandidaat kan chemische concepten in processen herkennen en beschrijven en relateren aan voorstellen voor aanpassing:
    - vergisting van biomassa;
    - productie van biodiesel;
      - omestering
    - olieraffinage;
      - gefractioneerde destillatie
      - kraken
      - reformen
    - recycling.
      - kunststoffen
      - metalen

### Subdomein F3: Energieomzettingen

#### Eindterm

De kandidaat kan in de context van duurzaamheid beschrijven welke chemische en/of technologische processen worden gebruikt bij energieomzettingen en kan met behulp van kennis van energieproductie deze processen beschrijven, daarbij voorkomende condities aangeven en voorstellen voor aanpassing beoordelen.

#### Specificatie

1. De kandidaat kan met behulp van een beschrijving van onderstaande technieken voor energieproductie uit biomassa redeneren over deze technieken:
  - vergisting: bio-ethanol, biogas;
  - productie van biodiesel;
  - verbranding.
2. De kandidaat kan beschrijven hoe fossiele brandstoffen gebruikt worden bij energieproductie:
  - aardgas, aardolie, steenkool.
    - verbranding in een specifieke verbrandingseenheid
    - reactieproducten en vervuiling
    - stoomopwekking

- dynamo
- 3. De kandidaat kan de fotosynthese van glucose beschrijven als een proces waarbij licht wordt omgezet in chemische energie:
  - vastleggen van koolstofdioxide;
  - productie van zuurstof.
- 4. De kandidaat kan brandstoffen met elkaar vergelijken, voorstellen voor aanpassing(en) beoordelen en redeneren over aspecten van duurzaamheid die daarbij een rol spelen:
  - verschil in hoeveelheid koolstofdioxide geproduceerd door biobrandstof en fossiele brandstof:
    - koolstofkringloop.
  - C/H-verhouding:
    - relatie hoeveelheid CO<sub>2</sub> per joule.
  - optredende emissies bij verbranding:
    - CO<sub>2</sub>
    - NO<sub>x</sub>
    - SO<sub>2</sub>
  - omgevingsfactoren:
    - brandstofaanvoer;
    - brandstofopslag;
    - koelwater.
- 5. De kandidaat kan redeneren over aspecten van duurzaamheid die een rol spelen bij de omzetting van chemische energie in elektrische energie en omgekeerd en kan daarbij voorstellen voor aanpassingen beoordelen:
  - elektrochemische cel / batterij / brandstofcel.
    - aangeven dat bij een elektrochemische cel een redoxreactie optreedt waarbij elektronen via een externe verbinding worden overgedragen
    - reductor / oxidator
    - halfreacties / totaalreactie
    - positieve en negatieve elektrode
    - elektrolyt
    - membraan
    - opladen
    - recycling
    - verhouding energie / massa

## Domein G: Maatschappij, chemie en technologie

### Subdomein G1: Chemie van het leven

#### Eindterm

De kandidaat kan kennis van chemische processen in levende organismen beschrijven en gebruiken.

#### Specificatie

1. De kandidaat kan beschrijven dat voedingsstoffen worden afgebroken en dat de afbraakproducten als basis kunnen dienen voor het maken van lichaamseigen stoffen.
2. De kandidaat kan van een aantal stoffen de chemische structuur beschrijven:
  - eiwitten:

- primaire, secundaire en tertiaire structuur.
  - koolhydraten:
    - mono- di- en polysachariden.
  - vetten:
    - glycerol;
    - vetzuren;
    - verzadigd /onverzadigd.
  - nucleïnezuren:
    - DNA:
      - deoxyribose;
      - basen A, C, T en G;
      - fosfaten.
    - RNA :
      - ribose ;
      - basen A, C, U en G;
      - fosfaten.
3. De kandidaat kan van een aantal voedingsstoffen beschrijven dat deze worden afgebroken in het lichaam:
    - eiwitten:
      - hydrolyse tot aminozuren;
      - ureum;
      - verbranding.
    - koolhydraten:
      - hydrolyse tot monosachariden;
      - verbranding.
    - vetten:
      - hydrolyse tot glycerol en vetzuren;
      - verbranding.
  4. De kandidaat kan van een aantal stoffen beschrijven welke functie deze stoffen in het lichaam hebben:
    - eiwitten:
      - bouwstof;
      - enzym.
    - koolhydraten:
      - energieopslag;
      - glycogeen.
    - vetten:
      - energieopslag;
      - bouwstof: membranen;
      - fosfolipiden.
    - nucleïnezuren:
      - genetische code;
      - eiwitsynthese:
        - vorming m-RNA;
        - eiwitsynthese op ribosomen;
        - t-RNA.
  5. De kandidaat kan aangeven dat een beperkt aantal stoffen niet door het lichaam gemaakt kunnen worden en een essentieel onderdeel van de voeding uitmaken:
    - essentiële aminozuren;
    - essentiële vetzuren.



## Subdomein G2: Milieueffectrapportage

### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van productieprocessen ten minste in de context van gezondheid of duurzaamheid beschrijven welke maatschappelijke condities een rol spelen bij milieu-gerelateerde vraagstukken en voor deze vraagstukken beschrijven welke mogelijke gevolgen er zijn op het gebied van gezondheid en duurzaamheid.

### Specificatie

1. De kandidaat kan aan de hand van gegevens over een productieproces aangeven wat mogelijke gevolgen voor milieu en gezondheid zijn van dat productieproces:
  - transport van grondstoffen, producten en afvalstoffen;
  - uitstoot;
    - grenswaarde.
  - gebruik van (koel)water;
  - risico bij calamiteiten;
  - warmte / krachtkoppeling;
  - duurzaamheid.

## Subdomein G3: Energie en industrie

### Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van productieprocessen ten minste in de context van duurzaamheid energieomzettingen vanuit de verschillende bronnen beschrijven, vergelijkingen maken en een beargumenteerd oordeel geven.

### Specificatie

1. De kandidaat kan verschillende processen met elkaar vergelijken op het gebied van duurzaamheid en een keuze voor een proces beargumenteren:
  - kolenvergasser;
  - aardgascentrale;
  - kolencentrale;
  - brandstofcel.
2. De kandidaat kan het gebruik van verschillende energiebronnen in een proces met elkaar vergelijken en een keuze voor een energiebron beargumenteren:
  - waterstof;
  - bio-ethanol;
  - biogas;
  - biodiesel.

## Bijlage 1. Examenprogramma

### Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Stoffen en materialen in de chemie
Domein C	Chemische processen en behoudswetten
Domein D	Ontwikkelen van chemische kennis
Domein E	Innovatie en chemisch onderzoek
Domein F	Industriële (chemische) processen
Domein G	Maatschappij, chemie en technologie

### Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, C5, C6, D1, D3, E1, E2, F1, F2, F3, G1, G2 en G3, in combinatie met de vaardigheden genoemd in domein A.

Het CvE kan bepalen dat het centraal examen ten dele betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen tezamen dezelfde studielast hebben als de in de vorige zin genoemde.

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

### Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en op:

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

### De examenstof

#### Domein A: Vaardigheden

#### Algemene vakvaardigheden (profieloverstijgend niveau)

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

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

Subdomein A2: Communiceren

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

Subdomein A3: Reflecteren op leren

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

Subdomein A4: Studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven op welke wijze natuurwetenschappelijke kennis in studie en beroep wordt gebruikt en kan mede op basis daarvan zijn belangstelling voor studies en beroepen onder woorden brengen.

#### **Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau)**

Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan in contexten vraagstellingen analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A6: Ontwerpen

6. De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

Subdomein A7: Modelvorming

7. De kandidaat kan in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium

8. De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en –bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Subdomein A9: Waarderen en oordelen

9. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

#### **Chemische vakvaardigheden**

Subdomein A10: Toepassen van chemische concepten

10. De kandidaat kan chemische concepten en in de chemie gebruikte fysische en biologische concepten herkennen en met elkaar in verband brengen.

Subdomein A11: Redeneren in termen van context-concept

11. De kandidaat kan in leefwereld-, beroeps- en wetenschapscontexten chemische concepten herkennen en gebruiken en kan op basis daarvan voorspellingen doen, berekeningen en schattingen maken en daarbij een argumentatie geven.

Subdomein A12: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen

12. De kandidaat kan macroscopische eigenschappen in relatie brengen met structuren op meso- en (sub)microniveau, en daarin aspecten van schaal herkennen en kan omgekeerd vanuit structuren voorspellingen doen over die macroscopische eigenschappen.

Subdomein A13: Redeneren over systemen, verandering en energie

13. De kandidaat kan chemische processen beschrijven in termen van systemen met kennis van stoffen, deeltjes, reactiviteit en energie.

Subdomein A14: Redeneren in termen van duurzaamheid

14. De kandidaat kan in maatschappelijke, beroeps- en wetenschapscontexten aspecten van duurzaamheid aangeven en beschrijven, daarmee samenhangende problemen analyseren en voorstellen formuleren voor een mogelijke oplossing daarvan.

Subdomein A15: Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis

15. De kandidaat kan analyseren op welke wijze natuurwetenschappelijke, technologische en chemische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

#### **Domein B: Stoffen en materialen in de chemie**

Subdomein B1: Deeltjesmodellen

16. De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

Subdomein B2: Eigenschappen en modellen

17. De kandidaat kan bij beschreven onderzoek aan stoffen en materialen macroscopische eigenschappen verklaren met deeltjesmodellen.

Subdomein B3: Bindingen en eigenschappen

18. De kandidaat kan met behulp van kennis over bindingen in en tussen deeltjes eigenschappen van stoffen en materialen verklaren.

Subdomein B4: Bindingen, structuren en eigenschappen

19. De kandidaat kan op basis van kennis van structuren en de bindingen in en tussen deeltjes eigenschappen van stoffen en materialen verklaren en omgekeerd vanuit de eigenschappen van stoffen of materialen structuren voorspellen.

#### **Domein C: Chemische processen en behoudswetten**

Subdomein C1: Chemische processen

20. De kandidaat kan chemische reacties en fysische processen beschrijven in termen van reactiviteit en het vormen en verbreken van (chemische) bindingen.

Subdomein C2: Chemisch rekenen

21. De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische reacties en behoudswetten berekeningen maken over een proces.

Subdomein C3: Behoudswetten en kringlopen

22. De kandidaat kan verbanden leggen tussen behoudswetten en chemische processen, en kan deze verbanden relateren aan kringlopen.

Subdomein C4: Reactiekinetiek

23. De kandidaat kan op basis van kennis van reactiekinetiek chemische processen analyseren, onder andere door de concentratie van aanwezige stoffen en deeltjes te berekenen, en kan aangeven welke rol katalyse speelt.

Subdomein C5: Chemisch evenwicht

24. De kandidaat kan aangeven of er sprake is van evenwicht, kan berekeningen uitvoeren aan evenwichten, en kan verklaren hoe de ligging van een evenwicht kan worden beïnvloed.

Subdomein C6: Energieberekeningen

25. De kandidaat kan berekeningen maken over energieomzettingen en energie-uitwisseling bij chemische processen en hieruit conclusies trekken en voorstellen formuleren.

Subdomein C7: Classificatie van reacties

26. De kandidaat kan reacties classificeren en aan de hand van kenmerken beschrijven.

Subdomein C8: Technologische aspecten

27. De kandidaat kan in contexten van technologische aard aspecten van schaal, verandering en reactiviteit herkennen en toelichten.

Subdomein C9: Kwaliteit van energie

28. De kandidaat kan met kennis van energie aangeven hoe de energiesoort en de kwaliteit van energie bij chemische processen verandert.

Subdomein C10: Activeringsenergie

29. De kandidaat kan bij experimenten het begrip activeringsenergie gebruiken, beschrijven en relateren aan katalyse.

**Domein D: Ontwikkelen van chemische kennis**

Subdomein D1: Chemische vakmethodes

30. De kandidaat kan met behulp van kennis van materialen en stoffen een keuze voor een bepaalde scheidings- en/of analysemethode formuleren en beoordelen.

Subdomein D2: Veiligheid

31. De kandidaat kan met behulp van kennis van eigenschappen van stoffen en materialen in experimenten deze stoffen of materialen analyseren en zuiveren en daarbij veilig omgaan met stoffen, materialen en apparatuur.

Subdomein D3: Chemische synthese

32. De kandidaat kan met behulp van kennis over chemische processen aangeven hoe stoffen worden gesynthetiseerd en daarbij een relatie leggen met relevante reactiemechanismen.

Subdomein D4: Molecular modelling

33. De kandidaat kan een reactiemechanisme opstellen met gebruik van onder andere "molecular modelling", en daarbij, indien van toepassing, kennis van katalyse gebruiken.

**Domein E: Innovatie en chemisch onderzoek**

Subdomein E1: Chemisch onderzoek

34. De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen in een beschreven onderzoek ten minste in de context van gezondheid, materialen of voedselproductie aangeven hoe die kennis wordt gebruikt.

Subdomein E2: Selectiviteit en specificiteit

35. De kandidaat kan bij chemische reacties ten minste in de context van voedselproductie, geneesmiddelen of transport van stoffen in het lichaam selectiviteit en specificiteit verklaren, en daarbij, indien van toepassing, kennis van katalyse gebruiken.

Subdomein E3: Duurzaamheid

36. De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen uitspraken over duurzaamheid waarderen en van commentaar voorzien.

Subdomein E4: Nieuwe materialen

37. De kandidaat kan met behulp van kennis van de chemische industrie ten minste in de context van geneesmiddelen, voeding of materialen toelichten hoe nieuwe toepassingen in bestaande en in nieuwe markten worden ontwikkeld.

Subdomein E5: Onderzoek en ontwerp

38. De kandidaat kan ten minste in de context van duurzaamheid, materialen, voeding of gezondheid een onderzoeks- of een ontwerpopdracht formuleren, die uitvoeren en daarvan verslag doen.

**Domein F: Industriële (chemische) processen**

Subdomein F1: Industriële processen

39. De kandidaat kan industriële processen beschrijven in blokschema's, hieraan berekeningen uitvoeren en voorstellen voor aanpassingen formuleren en beoordelen.

Subdomein F2: Groene chemie

40. De kandidaat kan met behulp van kennis van procestechnologie en reactiekinetiek, ten minste in de context van voedselproductie of duurzaamheid, "principes van groene chemie" herkennen en relateren aan gerealiseerde, mogelijke en gewenste veranderingen van die processen en eenvoudige berekeningen uitvoeren.

Subdomein F3: Energieomzettingen

41. De kandidaat kan in de context van duurzaamheid beschrijven welke chemische en/of technologische processen worden gebruikt bij energieomzettingen en kan met behulp van kennis van energieproductie deze processen beschrijven, daarbij voorkomende condities aangeven en voorstellen voor aanpassing beoordelen.

Subdomein F4: Risico en veiligheid

42. De kandidaat kan kennis van risico en veiligheid gebruiken en kan daarmee in industriële productieprocessen die aspecten beoordelen.

Subdomein F5: Duurzame productieprocessen

43. De kandidaat kan met behulp van chemische kennis ten minste in de context van duurzaamheid een oordeel geven over het ontwerp van productieprocessen.

**Domein G: Maatschappij, chemie en technologie**

Subdomein G1: Chemie van het leven

44. De kandidaat kan kennis van chemische processen in levende organismen beschrijven en gebruiken.

Subdomein G2: Milieueffectrapportage

45. De kandidaat kan met behulp van kennis van productieprocessen ten minste in de context van gezondheid of duurzaamheid beschrijven welke maatschappelijke condities een rol spelen bij milieu-gerelateerde vraagstukken en voor deze vraagstukken beschrijven welke mogelijke gevolgen er zijn op het gebied van gezondheid en duurzaamheid.

Subdomein G3: Energie en industrie

46. De kandidaat kan met behulp van kennis van productieprocessen ten minste in de context van duurzaamheid energieomzettingen vanuit de verschillende bronnen beschrijven, vergelijkingen maken en een beargumenteerd oordeel geven.

Subdomein G4: Milieueisen

47. De kandidaat kan met behulp van kennis van grootschalige chemische processen beschrijven welke kwaliteiten van water, lucht, bodem en voedsel op welke wijze worden gewaarborgd en kan voorgestelde aanpassingen beoordelen.

Subdomein G5: Bedrijfsprocessen

48. De kandidaat kan met behulp van chemische kennis ten minste in de context van duurzaamheid een voorbeeld uit de Nederlandse chemische industrie analyseren en aangeven wat de bijdrage is van het bedrijfsproces aan lokale en mondiale kwaliteit van leven.

## Bijlage 2. Schrijfwijze formules

### A. Structuurformules

Wanneer 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:  $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$  en  $\text{CH}_3-\text{CH}_3$

De notatie  $-\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}}-\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}}-$  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 carbonylgroep moet in structuur worden weergegeven, bijvoorbeeld met:  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}- \end{array}$

- 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:  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$

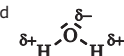
- De peptidebinding moet in structuur worden weergegeven, bijvoorbeeld met:  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{N}- \\ | \\ \text{H} \end{array}$  of  $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ || \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$

De notatie  $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-$  wordt ook goed gerekend.

Wanneer wordt gevraagd in een Lewisstructuur formele lading(en) weer te geven, moet(en) deze op het desbetreffende atoom / de desbetreffende atomen worden gelokaliseerd, bijvoorbeeld



Wanneer wordt gevraagd in een structuurformule partiële lading(en) weer te geven, moet(en) deze op het desbetreffende atoom / de desbetreffende atomen worden gelokaliseerd, bijvoorbeeld



*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.*

### B. (Verhoudings)formules van zouten

In de formule van een zout mogen de juiste ionladingen worden geschreven: een schrijfwijze als  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$  mag worden goed gerekend.

