



College voor Toetsen en Examens

SCHEIKUNDE HAVO

SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2018

versie 2, april 2016

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

© 2016 College voor Toetsen en Examens, 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

Voorwoord	5
1 Inleiding	6
1.1 Scheikunde in de tweede fase	6
1.2 Het centraal examen	6
1.3 Domeinindeling en CE-toekenning	7
2 Specificaties van de globale eindtermen van het CE	8
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	9
2.2 Specificaties	10
Bijlage 1: Examenprogramma	31
Bijlage 2: Schrijfwijze van formules	37

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 2018. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2019 wordt een nieuwe syllabus vastgesteld.

Het CvTE publiceert uitsluitend digitale versies van de syllabi. Dit gebeurt via Examenblad.nl (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 2018 zijn de wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus voor het examenjaar 2017 duidelijk zichtbaar. Inhoudelijke wijzigingen zijn geel gemarkeerd. Er zijn diverse vakken waarbij de syllabus 2017 geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

Voor opmerkingen over syllabi houdt het CvTE zich steeds aanbevolen. U kunt die zenden aan 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 havo . 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 modules) ook in het vrije deel aan te bieden.

De omvang van het vak scheikunde is voor de havo 320 SLU. Hiervan beslaat het in deze syllabus gespecificeerde CE-deel ongeveer 60%.

1.2 Het centraal examen

De zitting en de zittingsduur van het centraal examen worden gepubliceerd op www.examenblad.nl. Ook wordt daar een lijst gepubliceerd met hulpmiddelen die bij het examen zijn toegestaan.

1.3 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			X	X	
B	Kennis van stoffen en materialen	B1	Deeltjesmodellen	X		X
		B2	Eigenschappen en modellen	X		X
		B3	Bindingen en eigenschappen	X		X
		B4	Bindingen, structuren en eigenschappen	X		X
		B5	Macroscopische eigenschappen	X		X
C	Kennis van chemische processen en kringlopen	C1	Chemische processen	X		X
		C2	Chemisch rekenen	X		X
		C3	Energieberekeningen	X		X
		C4	Chemisch evenwicht		X	
		C5	Technologische aspecten		X	
		C6	Reactiekinetiek	X		X
		C7	Behoudswetten en kringlopen	X		X
		C8	Classificatie van reacties	X		X
D	Ontwerpen en experimenten in de chemie	D1	Chemische vakmethodes	X		X
		D2	Veiligheid		X	
		D3	Chemische procesontwerpen	X		X
		D4	Molecular modelling		X	
E	Innovatieve ontwikkelingen in de chemie	E1	Kenmerken van innovatieve processen	X		X
		E2	Duurzaamheid		X	
		E3	Innovatieve processen		X	
F	Processen in de chemische industrie	F1	Industriële processen	X		X
		F2	Procestechnologie en duurzaamheid		X	
		F3	Energieomzettingen	X		X
		F4	Risico en veiligheid		X	
		F5	Kwaliteit en gezondheid		X	
G	Maatschappij en chemische technologie	G1	Chemie van het leven	X		X
		G2	Milieueisen	X		X
		G3	Duurzame chemische technologie		X	
		G4	Groene chemie		X	
		G5	Ketenanalyse		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 vakken¹

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'² (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.³

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

¹ 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.

² PISA 2009 Assessment Framework — Key competencies in reading, mathematics and science. OECD 2009.

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

Gebruikte handelingswerkwoorden in de specificaties in deze syllabus:

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

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 (bètaprofielniveau)

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 instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. 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. zo nodig 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 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 probleem analyseren, een adequaat model selecteren, en modeluitkomsten genereren en interpreteren. 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 model evalueren op basis van uitkomsten, verwachtingen en (meet)gegevens;*
5. *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 mathematische 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;
 - 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 vergelijkingen;
 - rekenen met evenredigheden (recht en omgekeerd);
 - berekeningen maken met logaritmen met grondtal 10 in relatie tot pH en pOH.
 - 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: Gebruiken 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.

Specificatie⁴:

⁴ Zie Toelichting op de specificaties paragraaf 2.1.1.

1. De kandidaat kan de volgende chemische vakbegrippen herkennen en gebruiken:

- aggregatietoestand/fase;
 - toestandsaanduidingen (s), (l), (g) en (aq)
- atomaire massa eenheid (u);
- alcoholen;
- ammonia;
- 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;
- vertakte koolstofketen;
- ijklijn;
- zoutzuur.

2. De kandidaat kan de volgende biologische vakbegrippen herkennen en gebruiken:

- ademhaling;
- bloed;
- cel;
- celmembraan;
- ecosysteem;
- organisme;
- 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 technologische contexten chemische concepten herkennen en gebruiken en kan op basis daarvan voorspellingen doen, en berekeningen en schattingen maken.

Subdomein A12: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen

Eindterm

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

Specificatie:

De kandidaat kan de volgende begrippen herkennen en gebruiken:

- microstructuur / microniveau: atomen, moleculen, ionen;
- mesostructuur / mesoniveau: structuurniveau⁵ 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 herkennen in termen van systemen en daarbij kennis van stoffen, deeltjes, reactiviteit en energie gebruiken.

⁵ 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 technologische contexten aspecten van duurzaamheid aangeven en beschrijven.

Specificatie:

1. De kandidaat kan de rol van levenscycli van stoffen, materialen en producten aangeven in termen van duurzaamheid;
2. De kandidaat kan de maatschappelijke betekenis van de chemie toelichten in contexten over wereldvoedselvoorziening, duurzame energievoorziening, (drink)watervoorziening, beschikbaarheid van grondstoffen, opwarming van de aarde en vervuiling van de aarde.

Subdomein A15: Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis

Eindterm

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen (**kennisvorming**).
2. 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**).

Domein B. Kennis van stoffen en materialen

Subdomein B1. Deeltjesmodellen

Eindterm

De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

Specificatie:

1. De kandidaat kan met een atoommodel van kern en elektronen de bouw van atomen en ionen beschrijven en daarbij de volgende begrippen hanteren:
 - bouw van de kern;
 - protonen, neutronen
 - massagetal, atoomnummer
 - isotopen
 - elektronenwolk;
 - opgebouwd uit verschillende schillen (K, L, M, ...)
 - K-schil bevat maximaal 2 elektronen en de L-schil maximaal 8 elektronen
 - 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 uit de plaats in het periodiek systeem voor de volgende atoomsoorten de genoemde covalentie aangeven:
 - H, F, Cl, I, Br covalentie 1;
 - O, S covalentie 2;
 - N, P covalentie 3;
 - C, Si covalentie 4.
4. De kandidaat kan het symbool gebruiken van de volgende niet-metalen als de naam is gegeven en omgekeerd:
argon, 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, calcium, cadmium, chroom, goud, kalium, kobalt, koper, kwik, lithium, lood, magnesium, mangaan, natrium, nikkel, platina, tin, uraan, ijzer, zilver, zink.
6. De kandidaat kan de (molecuul)formules gebruiken van de volgende stoffen als de naam is gegeven 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, genoemd in B1.4
 - metalen, genoemd in B1.5
 - de eerste zes alkanen.
7. De kandidaat kan de systematische IUPAC-namen en verhoudingsformules geven en gebruiken van zouten die zijn samengesteld uit de volgende ionen:

- Ag^+ , Al^{3+} , Au^+ , Au^{3+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Hg^+ , Hg^{2+} , K^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , Pb^{2+} , Pb^{4+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , U^{3+} , U^{6+} , Zn^{2+} ; Br^- , CH_3COO^- , Cl^- , CO_3^{2-} , F^- , HCO_3^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- , O^{2-} , OH^- , PO_4^{3-} , S^{2-} , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} .
- De kandidaat kan de volgende zuren herkennen:
 HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 / \text{'H}_2\text{CO}_3\text{'}$, H_3PO_4 , CH_3COOH .
 - De kandidaat kan de volgende basen herkennen:
 NH_3 , OH^- , CO_3^{2-} , O^{2-} , HCO_3^- .
 - De kandidaat kan de verhoudingsformule van een zout geven aan de hand van gegeven formules van ionen en de systematische IUPAC-naam geven en omgekeerd.
 - De kandidaat kan kristalwater herkennen in de gegeven formule van een hydraat (notatie $\cdot n \text{H}_2\text{O}$).
 - De kandidaat kan aangeven dat de molecuulformules van verschillende organische verbindingen identiek aan elkaar kunnen zijn;
 - structuurisomerie.
 - De kandidaat kan met behulp van een gegeven molecuulformule en covalenties een structuurformule geven van een moleculaire stof en omgekeerd.
 - De kandidaat kan in moleculen van organische verbindingen functionele/karakteristieke groepen herkennen:
 - $\text{C}=\text{C}$;
 - OH groep (hydroxyl);
 - COOH groep (carboxyl);
 - NH_2 groep (amino);
 - COOC groep (ester);
 - CONHC groep (peptide/amide);
 - C-X (X= F, Cl, Br, I).
 - De kandidaat kan met behulp van de structuurformule van een verbinding met maximaal zes koolstofatomen de systematische IUPAC-naam aangeven en omgekeerd, waarbij niet verder wordt gegaan dan koolstofverbindingen met een onvertakte keten en hoogstens één functionele/karakteristieke groep:
 - alkanen;
 - alkenen;
 - alkanolen;
 - alkaanzuren;
 - alkaanaminen;
 - halogeenalkanen.

Subdomein B2: Eigenschappen en modellen

Eindterm

De kandidaat kan macroscopische eigenschappen van een stof of materiaal in relatie brengen met deeltjesmodellen.

Specificatie:

- De kandidaat kan aangeven wat bedoeld wordt met stoffen en materialen in de chemie, 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.
- 3. De kandidaat kan het verschil tussen zuivere stoffen en mengsels beschrijven op microniveau.
- 4. De kandidaat kan het verschil tussen ontleedbare en niet-ontleedbare stoffen beschrijven op microniveau.
- 5. De kandidaat kan op microniveau het verschil tussen een moleculaire stof en een zout benoemen.
- 6. De kandidaat kan bij redeneringen over mengsels de volgende begrippen gebruiken:
 - oplossing: onverzadigd, verzadigd;
 - suspensie;
 - emulsie, emulgator;
 - legering.

Subdomein B3: Bindingen en eigenschappen

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van bindingen eigenschappen van stoffen en materialen toelichten en beschrijven.

Specificatie:

1. 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
 - waterstofbruggen (N-H en O-H)
2. De kandidaat kan een beschrijving geven van:
 - atoombinding / covalente binding;
 - gemeenschappelijk(e) elektronenpa(a)r(en)
 - polaire atoombinding;
 - O-H en N-H binding
 - ionbinding.
3. 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;
 - metaalbinding.
4. De kandidaat kan verschillen in oplosbaarheid / mengbaarheid toelichten aan de hand van de begrippen hydrofoob / hydrofiel.
5. De kandidaat kan de termen hydrofoob / hydrofiel in verband brengen met waterstofbruggen.
6. 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 aanwezige structuren en de bindingen in en tussen deeltjes een macroscopische eigenschap van een stof of materiaal verklaren.

Specificatie:

1. 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 C=C bindingen
 - corrosiegevoeligheid, en maakt daarbij gebruik van:
 - edelheid van metalen
 - de aanwezigheid van een beschermende laag

Subdomein B5: Macroscopische eigenschappen

Eindterm

De kandidaat kan een macroscopische eigenschap relateren aan de structuur van een stof of materiaal.

Specificatie:

1. De kandidaat kan voor composieten, polymeren en legeringen een verband leggen tussen de structuur en de volgende eigenschappen:
 - vervormbaarheid;
 - geleidend vermogen;
 - waterafstotendheid / waterbindend vermogen;
 - corrosiegevoeligheid;
 - uv-lichtgevoeligheid;
 - brandbaarheid;
 - hardheid;
 - brosheid.

Domein C. Kennis van chemische processen en kringlopen

Subdomein C1: Chemische processen

Eindterm

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan beschrijven welke typen bindingen verbroken worden en gevormd worden bij het oplossen in water van:
 - moleculaire stoffen;
 - zouten:
 - hydratatie.
2. De kandidaat kan beschrijven welke typen bindingen verbroken worden en gevormd worden bij het oplossen en/of ioniseren in water van:
 - zuren;
 - basen.
3. De kandidaat kan voor de volgende processen beschrijven welke type bindingen al dan niet volledig verbroken / gevormd worden:
 - verdampen;
 - condenseren;
 - smelten;
 - stollen.
4. De kandidaat kan van de bovenstaande processen (C1.1 t/m C1.3) een (reactie)vergelijking geven.
5. 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 gegeven zijn.
6. De kandidaat kan een zuur-basereactie herkennen als een reactie waarbij H^+ ionen worden overgedragen van een donor/zuur naar een acceptor / base.
7. De kandidaat kan een redoxreactie beschrijven als een reactie waarbij elektronen worden overgedragen:
 - donor / reductor;
 - acceptor / oxidator;
 - halfreactie.
8. De kandidaat kan in de context van batterijen / brandstofcellen de totale vergelijking van de reactie afleiden uit gegeven⁶ halfreacties.
9. De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties de reactievergelijking weergeven in structuurformules:
 - condensatiereacties;
 - ester
 - peptide / amide
 - hydrolysereacties;
 - additiereacties;

⁶ De betreffende halfreacties worden gegeven in de opgave of er wordt verwezen naar (een tabel in) BiNaS/[Sciencedata](#).

- substitutiereacties;
 - alkanen met halogenen
- kraken.

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
 - relatieve atoommassa;
 - symbool A_r
 - chemische hoeveelheid;
 - symbool $n(X)$
 - eenheid mol
 - molaire massa;
 - symbool $M(X)$
 - eenheid $g\ mol^{-1}$
 - dichtheid;
 - symbool ρ
 - 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
 - $pH = -\log [H^+]$
 - $pOH = -\log [OH^-]$
 - $pH + pOH = 14,00$ (bij 298K)
 - $[H^+] = 10^{-pH}$
 - $[OH^-] = 10^{-pOH}$
2. De kandidaat kan de volgende principes gebruiken bij het rekenen aan chemische processen:

- massaverhouding;
- overmaat / ondermaat;
- stoichiometrische verhouding;
- rendement als fractie of percentage van de theoretische opbrengst.

Subdomein C3: Energieberekeningen

Eindterm

De kandidaat kan een chemisch proces en de daarbij optredende energieomzetting en energie-uitwisseling beschrijven en met een berekening toelichten.

Specificatie:

1. De kandidaat kan in een energiediagram het energie-effect weergeven van een reactie en daarbij gebruik maken van:
 - overgangstoestand / geactiveerde toestand;
 - invloed van een katalysator.
2. De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken bij redeneringen omtrent energieomzettingen bij chemische processen:
 - endotherm, exotherm;
 - vormingswarmte;
 - activeringsenergie;
 - energiediagram.
3. De kandidaat kan de reactiewarmte van een proces berekenen met behulp van vormingswarmtes.
4. De kandidaat kan rekenen met en gebruik maken van begrippen gekoppeld aan de eerste hoofdwet van de thermodynamica:
 - wet van behoud van energie;
 - omzetten van chemische energie in andere vormen van energie.
 - warmte;
 - elektrische energie.
5. De kandidaat kan aangeven dat bij omzettingen van een vorm van energie in een andere vorm van energie er minstens een deel wordt omgezet in warmte. In verband daarmee kan de kandidaat het begrip kwaliteit van energie gebruiken in redeneringen.

Subdomein C6: Reactiekinetiek

Eindterm

De kandidaat kan de reactiesnelheid berekenen uit de concentratieverandering en beredeneren hoe de reactiesnelheid beïnvloed wordt.

Specificatie:

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

- katalysator;
 - activeringsenergie.
3. De kandidaat kan met gegevens over een reactie de reactiesnelheid berekenen in mol L⁻¹s⁻¹.

Subdomein C7: Behoudswetten en kringlopen

Eindterm

De kandidaat kan chemische processen relateren aan behoudswetten en beschrijven in termen van 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 C8: Classificatie van reacties

Eindterm

De kandidaat kan eenvoudige reacties classificeren en gebruiken bij het beschrijven van polymerisatiereacties.

Specificatie:

1. De kandidaat kan een aantal typen reacties classificeren en aangeven wat de kenmerken zijn:
 - additiereactie;
 - condensatiereactie;
 - hydrolysereactie;
 - polymerisatiereactie.
2. De kandidaat kan van de volgende soorten polymerisatiereacties aangeven wat de kenmerken zijn:
 - poly-additie;
 - polycondensatie.
3. De kandidaat kan aan de hand van de structuurformule van een (co)polymeer de structuurformule(s) van de/het monome(e)r(en) geven:
 - poly-additie;
 - polycondensatie.
4. De kandidaat kan de volgende processen beschrijven in molecuul- en structuurformules van monomeer en polymeer:
 - polymerisatie van alkenen en gesubstitueerde alkenen;
 - vorming van polyesters en polypeptiden / poly-amiden;
 - hydrolyse van polyesters en polypeptiden / poly-amiden.

Domein D. Ontwerpen en experimenten in de chemie

Subdomein D1: Chemische vakmethodes

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van stoffen, materialen en chemische processen verklaren waarom bepaalde scheidings- en/of analysemethoden passen in een voorgesteld ontwerp of productieproces.

Specificatie:

1. De kandidaat kan voor scheidingsmethoden toelichten op welke verschillen van (stof)eigenschappen ze berusten en verklaren waarom ze bij een bepaald proces gebruikt worden:
 - filtreren;
 - centrifugeren;
 - destilleren;
 - extraheren / wassen;
 - adsorberen;
 - bezinken;
 - indampen.
2. De kandidaat kan toelichten op welke verschillen van stofeigenschappen chromatografie berust:
 - dunne-laagchromatografie;
 - papierchromatografie.
3. De kandidaat kan aan de hand van een chromatogram een uitspraak doen over de aanwezigheid van bepaalde stoffen.

Subdomein D3: Chemische procesontwerpen

Eindterm

De kandidaat kan chemische processen relateren aan de opzet van een ontwerpdocument of gebruikte technologie.

Specificatie:

1. De kandidaat kan aangeven dat voor de vorming van additiepolymeren een initiatiestap nodig is:
 - initiator;
 - uv-licht.
2. De kandidaat kan een verband leggen tussen macroscopische eigenschappen, het productieproces en de manier van verwerken van een materiaal:
 - thermoplasten: spuitgieten, extruderen, blazen;
 - metalen: persen, gieten, walsen;
 - thermoharders: polymeriseren in een mal;
 - composieten: gebruik van vulstoffen.

Domein E. Innovatieve ontwikkelingen in de chemie

Subdomein E1: Kenmerken van innovatieve processen

Eindterm

De kandidaat kan in innovatieve processen het gebruik van structuur-eigenschappen-relaties ten minste in de context van materialen, geneesmiddelen of voeding, herkennen en beschrijven.

Specificatie:

1. De kandidaat kan de relatie beschrijven tussen de microstructuur en macroscopische eigenschappen van stoffen:
 - Bewegelijkheid van ladingsdragers en geleidbaarheid;
 - karakteristieke groepen en reactiviteit;
 - roosters en vervormbaarheid;
 - metaalroosters
 - legeringen
 - invloed van de temperatuur
 - rooster / structuur van polymeren
 - weekmakers
 - ketenlengte
 - soort monome(e)r(en)
 - crosslinks / vulkaniseren
 - aanwezigheid van C=C binding en uv-lichtgevoeligheid;
 - soorten metaalatomyen en corrosiegevoeligheid;
 - edele metalen en onedele metalen
 - gebonden metaaloxide laagje
 - moleculaire structuur en oplosbaarheid;
 - N-H en O-H
 - hydrofiel en hydrofoob
 - moleculaire structuur en biodegradeerbaarheid van polymeren.
 - polyesters, polypeptiden/poly-amiden en polysachariden
2. De kandidaat kan een gegeven keuze voor een bepaald materiaal toelichten aan de hand van de bovenstaande (E1.1) structuur-eigenschap-relaties.

Domein F. Processen in de chemische industrie

Subdomein F1: Industriële processen

Eindterm

De kandidaat kan gegeven industriële processen beschrijven in blokschema's, rendementsberekeningen maken, en aangeven hoe aspecten van groene chemie bij het ontwerp van het proces een rol spelen.

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;
 - scheidingsmethoden;
 - energie-effect;
 - energiehuishouding.
3. De kandidaat kan bij de beschrijving van een industrieel proces de volgende begrippen gebruiken:
 - katalyse;
 - continuproces;
 - batchproces;
 - bulkchemie / fijnchemie.
4. De kandidaat kan aangeven welke aspecten van groene chemie bij het ontwerpen van een chemisch proces 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.
5. De kandidaat kan aan de hand van gegeven formules uit groene chemie berekeningen uitvoeren aan een proces:
 - atomeconomie;
 - E-factor;
 - energie-effect;
 - rendement.

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 beredeneren hoe duurzaamheid een rol speelt bij energieproductie.

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 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 CO₂ per joule
 - optredende emissies bij verbranding;
 - CO₂
 - NO_x
 - SO₂
 - Olieraffinage.
 - gefractioneerde destillatie
 - kraken
5. De kandidaat kan redeneren over aspecten van duurzaamheid die een rol spelen bij de omzetting van chemische energie in elektrische energie en omgekeerd:
 - elektrochemische cel / batterij / brandstofcel.
 - aangeven dat bij een elektrochemische cel een redoxreactie optreedt waarbij elektronen via een externe verbinding worden overgedragen;
 - halfreacties;
 - positieve en negatieve elektrode;
 - elektrolyt;
 - opladen;
 - recycling;
 - verhouding energie/massa.

Domein G. Maatschappij en chemische technologie

Subdomein G1: Chemie van het leven

Eindterm

De kandidaat kan chemische processen in levende organismen herkennen en beschrijven.

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 structuur
 - koolhydraten;
 - mono- di- en polysachariden
 - vetten.
 - glycerol
 - vetzuren
 - verzadigd /onverzadigd
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 voor membranen.
5. De kandidaat kan aangeven dat sommige stoffen niet door het lichaam aangemaakt kunnen worden en een essentieel onderdeel van de voeding uitmaken:
 - essentiële aminozuren;
 - essentiële vetzuren.

6. De kandidaat kan de functie van enzymen beschrijven en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
- biokatalysator;
 - specificiteit;
 - pH-optimum;
 - temperatuur-optimum.

Subdomein G2: Milieueisen

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen ten minste in de context van voedselproductie of gezondheid uitspraken doen over de kwaliteit van water, lucht, bodem en voedsel.

Specificatie:

1. De kandidaat kan bij een risico inventarisatie van een experiment of toepassing van een chemisch proces een verband leggen tussen gemaakte keuzes en de volgende begrippen:
 - gevaarsymbolen;
 - grenswaarde;
 - GHS-systeem;
 - ADI-waarde;
 - LD-50.
2. De kandidaat kan ongewenste effecten van het gebruik van koolstofhoudende brandstoffen in verband brengen met de kwaliteit van lucht, water en bodem:
 - broeikaseffect;
 - CO₂
 - zure depositie;
 - SO₂, NO_x
 - smogvorming.
 - SO₂, NO_x, roet, onverbrande koolwaterstoffen, CO, fijnstof
3. De kandidaat kan effecten van het gebruik van (kunst)mest in verband brengen met de kwaliteit van lucht, water en bodem:
 - mineraalbalans.
 - eutrofiëring
 - uitspoelen

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: Kennis van stoffen en materialen

Domein C: Kennis van chemische processen en kringlopen

Domein D: Ontwerpen en experimenten in de chemie

Domein E: Innovatieve ontwikkelingen in de chemie

Domein F: Processen in de chemische industrie

Domein G: Maatschappij en chemische technologie

Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, B3, B4, B5, C1, C2, C3, C6, C7, C8, D1, D3, E1, F1, F3, G1 en G2, 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 vakkennis 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.

Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan in contexten instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. 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 probleem analyseren, een adequaat model selecteren, en modeluitkomsten genereren en interpreteren. 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: Gebruiken 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 technologische contexten chemische concepten herkennen en gebruiken en kan op basis daarvan voorspellingen doen, en berekeningen en schattingen maken.

Subdomein A12: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen

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

Subdomein A13: Redeneren over systemen, verandering en energie

13. De kandidaat kan chemische processen herkennen in termen van systemen en daarbij kennis van stoffen, deeltjes, reactiviteit en energie gebruiken.

Subdomein A14: Redeneren in termen van duurzaamheid

14. De kandidaat kan in maatschappelijke, beroeps- en technologische contexten aspecten van duurzaamheid aangeven en beschrijven.

Subdomein A15: Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis

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

Domein B: Kennis van stoffen en materialen

Subdomein B1: Deeltjesmodellen

16. De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

Subdomein B2: Eigenschappen en modellen

17. De kandidaat kan macroscopische eigenschappen van een stof of materiaal in relatie brengen met deeltjesmodellen.

Subdomein B3: Bindingen en eigenschappen

18. De kandidaat kan met behulp van kennis van bindingen eigenschappen van stoffen en materialen toelichten en beschrijven.

Subdomein B4: Bindingen, structuren en eigenschappen

19. De kandidaat kan op basis van kennis van aanwezige structuren en de bindingen in en tussen deeltjes een macroscopische eigenschap van een stof of materiaal verklaren.

Subdomein B5: Macroscopische eigenschappen

20. De kandidaat kan een macroscopische eigenschap relateren aan de structuur van een stof of materiaal.

Domein C: Kennis van chemische processen en kringlopen

Subdomein C1: Chemische processen

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

Subdomein C2: Chemisch rekenen

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

Subdomein C3: Energieberekeningen

23. De kandidaat kan een chemisch proces en de daarbij optredende energieomzetting en energie-uitwisseling beschrijven en met een berekening toelichten.

Subdomein C4: Chemisch evenwicht

24. De kandidaat kan bij experimenten metingen doen aan concentraties en energie-uitwisseling en beredeneren of er sprake is van evenwicht en hoe de ligging van het evenwicht kan worden beïnvloed.

Subdomein C5: Technologische aspecten

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

Subdomein C6: Reactiekinetiek

26. De kandidaat kan de reactiesnelheid berekenen uit de concentratieverandering en beredeneren hoe de reactiesnelheid beïnvloed wordt.

Subdomein C7: Behoudswetten en kringlopen

27. De kandidaat kan chemische processen relateren aan behoudswetten en beschrijven in termen van kringlopen.

Subdomein C8: Classificatie van reacties

28. De kandidaat kan eenvoudige reacties classificeren en gebruiken bij het beschrijven van polymerisatiereacties.

Domein D: Ontwerpen en experimenten in de chemie

Subdomein D1: Chemische vakmethodes

29. De kandidaat kan met behulp van kennis van stoffen, materialen en chemische processen verklaren waarom bepaalde scheidings- en/of analysemethoden passen in een voorgesteld ontwerp of productieproces.

Subdomein D2: Veiligheid

30. De kandidaat kan stoffen en materialen analyseren en zuiveren en daarbij veilig omgaan met stoffen, materialen en apparatuur.

Subdomein D3: Chemische procesontwerpen

31. De kandidaat kan chemische processen relateren aan de opzet van een ontwerpopdracht of gebruikte technologie.

Subdomein D4: Molecular modelling

32. De kandidaat kan bij een onderzoek- of een ontwerpopdracht elementen van "molecular modelling" gebruiken.

Domein E: Innovatieve ontwikkelingen in de chemie

Subdomein E1: Kenmerken van innovatieve processen

33. De kandidaat kan in innovatieve processen het gebruik van structuur-eigenschappen-relaties ten minste in de context van materialen, geneesmiddelen of voeding, herkennen en beschrijven.

Subdomein E2: Duurzaamheid

34. De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen aspecten van duurzaamheid in relatie brengen met ontwikkelingen in de chemie.

Subdomein E3: Innovatieve processen

35. De kandidaat kan met kennis van de chemische industrie ten minste in de context van voedselproductie of materialen een innovatief proces beschrijven.

Domein F: Processen in de chemische industrie

Subdomein F1: Industriële processen

36. De kandidaat kan gegeven industriële processen beschrijven in blokschema's, rendementsberekeningen maken, en aangeven hoe aspecten van groene chemie bij het ontwerp van het proces een rol spelen.

Subdomein F2: Procestechnologie en duurzaamheid

37. De kandidaat kan kennis over procestechnologie en reactiekinetiek gebruiken bij redeneringen met betrekking tot duurzaamheid en veiligheid van een proces.

Subdomein F3: Energieomzettingen

38. De kandidaat kan in de context van duurzaamheid beschrijven welke chemische en/of technologische processen worden gebruikt bij energieomzettingen en kan beredeneren hoe duurzaamheid een rol speelt bij energieproductie.

Subdomein F4: Risico en veiligheid

39. De kandidaat kan in een gegeven industrieel proces veiligheidsrisico's benoemen en veiligheidsmaatregelen aangeven.

Subdomein F5: Kwaliteit en gezondheid

40. De kandidaat kan kennis van chemische processen ten minste in de context van voeding of voedselproductie relateren aan uitspraken over kwaliteit en gezondheid.

Domein G: Maatschappij en chemische technologie

Subdomein G1: Chemie van het leven

41. De kandidaat kan chemische processen in levende organismen herkennen en beschrijven.

Subdomein G2: Milieueisen

42. De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen ten minste in de context van voedselproductie of gezondheid uitspraken doen over de kwaliteit van water, lucht, bodem en voedsel.

Subdomein G3: Duurzame chemische technologie

43. De kandidaat kan aangeven hoe grondstoffen voor de chemische industrie worden geproduceerd en kan met behulp van kennis van duurzame principes een relatie leggen tussen de lokale en mondiale kwaliteit van leven en de bijdrage van een bedrijfsproces uit de chemische industrie daaraan.

Subdomein G4: Groene chemie

44. De kandidaat kan bij grootschalige productieprocessen aspecten van duurzaamheid en groene chemie benoemen.

Subdomein G5: Ketenganalyse

45. De kandidaat kan met kennis van chemische processen bij een ketenganalyse van een proces of een product voorstellen voor aanpassing van het proces of product beoordelen.

Bijlage 2: Schrijfwijze van 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 CH_3-CH_3

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

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

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

*In een enkel geval kan het voorkomen dat in BINAS, **Sciencedata** 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 Na^+Cl^- mag worden goed gerekend.

