



College voor Toetsen en Examens

SCHEIKUNDE HAVO

SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2021
NADER VASTGESTELD

Versie 4, juli 2020

Toelichting bij de titel van de deze syllabus:

Deze syllabus geldt voor het CE van het jaar 2021. Syllabi van de jaren vóór 2021 zijn niet meer geldig en wijken geheel af van deze versie.

Deze syllabus is nader vastgesteld. Op diverse plaatsen zijn er aanvullingen of wijzigingen gedaan vergeleken met de syllabus 2021 die in 2019 werd gepubliceerd. De wijzigingen zijn blauw gearceerd.

© 2019 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	4
1 Inleiding	5
1.1 Het centraal examen	5
1.2 Domeinindeling en CE-toekenning	5
2 Specificaties van de globale eindtermen van het CE	6
2.1 Toelichting op de specificaties	6
2.1.1 Bekend veronderstelde vakbegrippen	6
2.1.2 Schrijfwijze van formules	6
2.1.3 Beheersingsniveau	6
2.2 Specificaties	6
Domein A. Vaardigheden	6
Domein B. Kennis van stoffen en materialen	13
Domein C. Kennis van chemische processen en kringlopen	17
Domein D. Ontwerpen en experimenten in de chemie	21
Domein E. Innovatieve ontwikkelingen in de chemie	22
Domein F. Processen in de chemische industrie	23
Domein G. Maatschappij en chemische technologie	24
Bijlage 1: Examenprogramma	27
Bijlage 2: Schrijfwijze van formules	33
Bijlage 3: Vakspecifieke regels	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 de 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 2021. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2022 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. Wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus worden duidelijk zichtbaar gemaakt. Inhoudelijke wijzigingen zijn geel gemarkeerd. Het is ook mogelijk dat een syllabus geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

Voor opmerkingen over syllabi houdt het CvTE zich steeds aanbevolen. U kunt die zenden aan info@cvte.nl.

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

1 Inleiding

1.1 Het centraal examen

Alle praktische informatie over het centraal examen is te vinden op www.examenblad.nl. In bijlage 2 van deze syllabus zijn een aantal regels opgenomen voor de notatie van bepaalde formules. In bijlage 3 zijn de vakspecifieke regels opgenomen met een toelichting.

1.2 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. Het SE-deel is nader gespecificeerd in een [handreiking](#) van SLO. In de handreiking zijn suggesties opgenomen voor het SE-deel welke dus niet bindend zijn.

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	

* Let op: Begrippen rond groene chemie kunnen in het centraal examen worden getoetst via subdomein F1.

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 *Schrijfwijze van formules*

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

2.1.3 *Beheersingsniveau*

In het examenprogramma en de syllabus zijn drie beheersingsniveaus onderscheiden die gekarakteriseerd zijn met de woorden weten, toepassen en redeneren (TIMSS-niveau I t/m III). In de eindtermen en specificaties zijn de gebruikte handelingswerkwoorden een indicator van het niveau.

Deze handelingswerkwoorden moeten niet verward worden met de werkwoorden gebruikt in een examen. Deze hoeven qua niveau niet overeen te komen met de handelingswerkwoorden in de syllabus. De moeilijkheidsgraad van een examenvraag wordt nader bepaald door de complexiteit van de contexten. Zo kan een werkwoord als benoemen (TIMSS-niveau I) binnen een complexe context een moeilijke vraag opleveren en kan het werkwoord beargumenteren (TIMSS-niveau III) in een recht toe recht aan vraag een makkelijke vraag opleveren.

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.

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.

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;*
- op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvra(a)g(en) van het onderzoek;
- 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

- een technisch-ontwerpprobleem analyseren en beschrijven;
- voor een ontwerp een programma van eisen en wensen opstellen;
- verbanden leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en taken en eigenschappen van een ontwerp;
- verschillende (deel)uitwerkingen geven voor taken en eigenschappen van een ontwerp;
- 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;*
- 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:

- relevante grootheden en relaties in een probleemsituatie identificeren en selecteren;
- door het doen van aannamen en het maken van vereenvoudigingen een natuurwetenschappelijk probleem inperken tot een onderzoekbare vraagstelling;
- 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 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;
 - 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.

Specificatie²:

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;

² Zie Toelichting op de specificaties paragraaf 2.1.1.

- 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: structuurniveau³ gevormd door een aantal groepen/gegroepeerde deeltjes uit het microniveau;

³ 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.

- 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.

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 soort 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;
 - de aanwezigheid van weekmakers in polymeren;
 - de structuur van polymere materialen:
 - thermoplasten
 - thermoharders
 - uv-lichtgevoeligheid, en maakt daarbij gebruik van:
 - de aanwezigheid van C=C bindingen;
 - vorming van crosslinks.
 - 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;
 - 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 gegeven⁴ halfreacties.
9. De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties de reactievergelijking weergeven in structuurformules:
 - condensatiereacties;
 - ester
 - peptide / amide
 - hydrolysereacties;
 - additiereacties;
 - substitutiereacties;
 - alkanen met halogenen

⁴ De betreffende halfreacties worden gegeven in de opgave of er wordt verwezen naar (een tabel in) Binas/ScienceData.

- 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 $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$.

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 ontwerpopdracht 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**⁵ formules uit groene chemie berekeningen uitvoeren aan een proces:
 - atoomeconomie;
 - E-factor;
 - energie-effect;

⁵ Het woord 'gegeven' wekt de indruk dat de formules in het examen gegeven zullen worden. Dat is niet het geval aangezien deze in Binas/Sciencedata te vinden zijn.

- 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 technieken voor energieproductie uit biomassa redeneren over deze technieken.
2. De kandidaat kan de fotosynthese van glucose beschrijven als een proces waarbij licht wordt omgezet in chemische energie:
 - vastleggen van koolstofdioxide;
 - productie van zuurstof .
3. 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
4. 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: Ketenanalyse

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

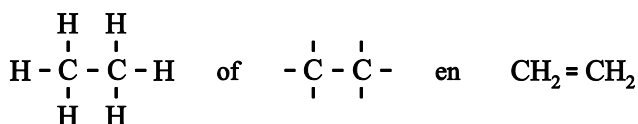
Bijlage 2: Schrijfwijze van formules

A. Structuurformules⁶

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 de volgende richtlijnen.

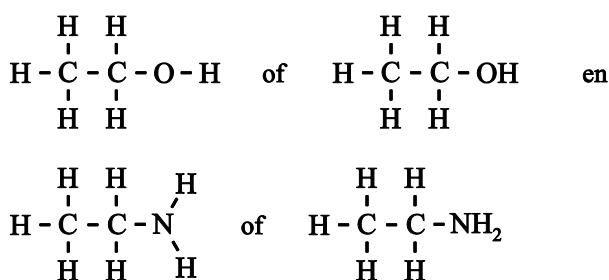
- Bij de beoordeling van de weergave van bindingen tussen C-atomen en H-atomen gelden de volgende richtlijnen:
 - Uit de weergave moet duidelijk worden dat de covalentie van koolstof 4 is.
 - Wanneer de C–H bindingen zijn weergegeven met bindingsstreepjes, mogen de symbolen voor de H-atomen worden weggelaten.
 - Wanneer bij de C-atomen het juiste aantal H-atomen is weergegeven, mogen de C–H bindingsstreepjes worden weggelaten.

De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):



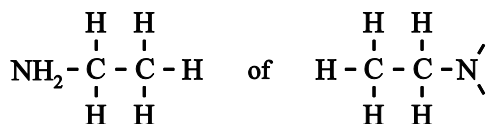
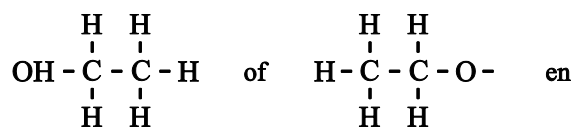
- Bij de beoordeling van de weergave van hydroxylgroepen en aminogroepen gelden de volgende richtlijnen:
 - De symbolen voor de H-atomen in de functionele groep moeten worden weergegeven.
 - De binding van de functionele groep aan het koolstofskelet moet worden weergegeven met een bindingsstreepje van het O-atoom/N-atoom naar het koolstofskelet.
 - De bindingsstreepjes tussen de O-atomen en de H-atomen respectievelijk de N-atomen en de H-atomen mogen worden weggelaten.

De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):



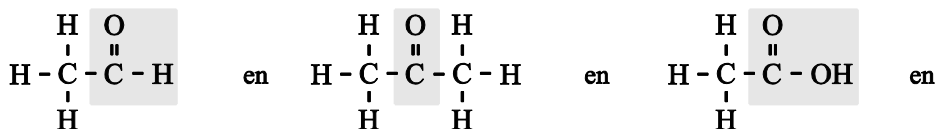
De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):

⁶ De tekst over structuurformules in deze bijlage is verduidelijkt. De afzonderlijke wijzigingen zijn niet geel gemaakt omdat de hele tekst dan geel zou zijn, terwijl het eigenlijk geen inhoudelijke wijzigingen betreft.



- Bij de beoordeling van de weergave van de carbonylgroep in verschillende klassen van koolstofverbindingen geldt de volgende richtlijn:
 De carbonylgroep moet in structuur worden weergegeven.

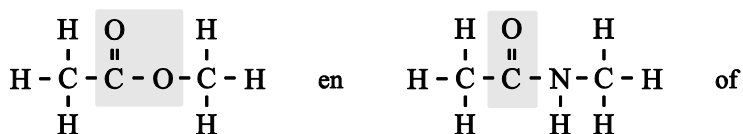
De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):



aldehyden

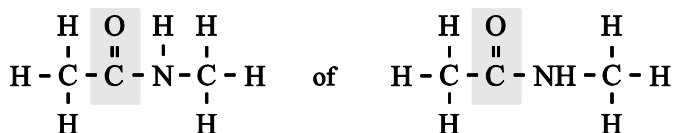
ketonen

carbonzuren

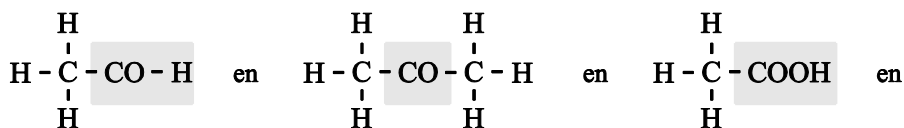


esters

peptides/amides



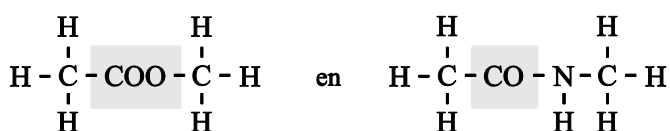
De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):



aldehyden

ketonen

carbonzuren

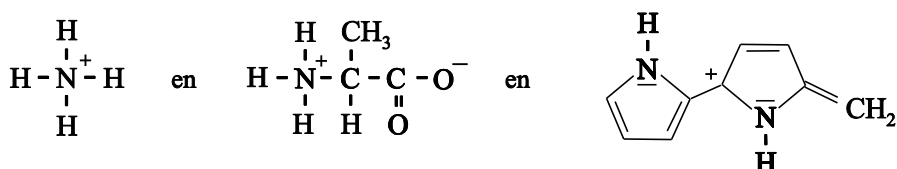


esters

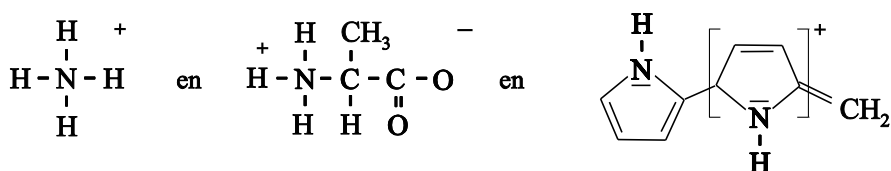
peptides/amides

- Bij de beoordeling van de weergave van formele lading(en) in structuurformules geldt de volgende richtlijn:
 De formele lading(en) moet(en) op het desbetreffende atoom / de desbetreffende atomen worden gelokaliseerd.

De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):

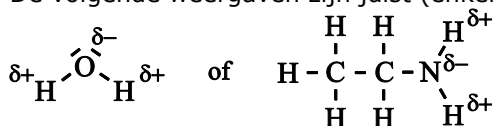


De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):

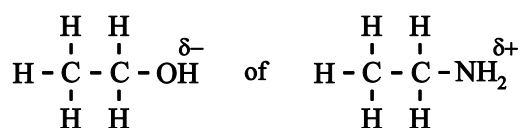


- Bij de beoordeling van de weergave van partiële lading(en) in een structuurformule geldt de volgende richtlijn:
 De partiële lading(en) moet(en) op het desbetreffende atoom / de desbetreffende atomen worden gelokaliseerd.

De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):



De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):



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.

C. Naamgeving organische stoffen

De specificaties in de syllabus geven aan dat kandidaten de naamgeving volgens de IUPAC systematiek moeten kunnen hanteren. Sinds 2010 is de Nederlandse organische naamgeving volgens IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) veranderd.⁷ In het centraal examen zullen organische stoffen met de nieuwe naam worden genoemd. Als kandidaten in hun antwoorden de oude IUPAC naamgeving correct hanteren, moet dit goed gerekend worden.

D. Naamgeving anorganische stoffen

De specificaties in de syllabus geven aan dat kandidaten de naamgeving volgens de IUPAC systematiek moeten kunnen hanteren. Sinds 2015 is de Nederlandse anorganische naamgeving volgens IUPAC veranderd.⁸ Zowel de voorkeursnaam als de 'oude' naam zijn chemisch correct en moeten dus beide goed gerekend worden. In het centraal examen zal naast de naam ook de formule worden gegeven daar waar het tot onduidelijkheid zou kunnen leiden. Een tekst als "Gadodiamide kan worden bereid uit gadolinium(III)oxide via de volgende reactie: ..." (Havo 2017-I) wordt dan "Gadodiamide kan worden bereid uit gadolinium(III)oxide (Gd_2O_3) via de volgende reactie: ..."

⁷ Gids voor IUPAC-nomenclatuur van organische verbindingen, KNCV en KVCV 2010

⁸ Beknopte handleiding voor de nomenclatuur van de anorganische chemie, KNCV en KVCV 2015

Bijlage 3: Vakspecifieke regels⁹

Het correctievoorschrift bestaat zowel uit algemene en vakspecifieke regels als een beoordelingsmodel. Hiermee moeten docenten in staat zijn het werk van de examenkandidaat te beoordelen. Hieronder lichten we toe hoe de vakspecifieke regels (cursief) geïnterpreteerd dienen te worden.

1. *Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.*
Het is gebruikelijk om tussenantwoorden niet af te ronden of af te ronden op één significant cijfer méér dan in het eindantwoord vereist is. Als een leerling tussentijds afrondt op het juiste aantal significante cijfers, kan dat een (kleine) afwijking in het eindantwoord geven. Dit wordt de leerling niet aangerekend.
2. *Per vraag wordt één scorepunt afgetrokken van het aantal dat volgens het beoordelingsmodel moet worden toegekend als in de gevraagde berekening één of meer van onderstaande fouten zijn gemaakt:*

~~als de uitkomst meer dan één significant cijfer meer of minder bevat dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten;~~¹⁰

Omdat er soms discussie is over wat het juiste aantal significante cijfers is bij pH-berekeningen, volgt hieronder de vuistregel, die af te leiden is uit specificatie A8.3 in deze syllabus:

Het aantal decimalen in de pH-waarde komt overeen met het aantal significante cijfers in de waarde van $[H^+]$ of $[H_3O^+]$

Voorbeeld 1:

gegeven $[H^+] = 1,5 \times 10^{-2}$. De juiste pH = 1,82

Het antwoord pH = 1,8 mag, pH = 2 levert 1 scorepunt aftrek op.

Voorbeeld 2: "Bereken hoeveel procent van het totaal aantal mol hexanoaat en hexaanzuur aanwezig is als hexaanzuur bij pH = 5,50 ($T = 298\text{ K}$)."

Het aantal decimalen in de pH is hier 2 dus hoort het antwoord 16 (%) in twee significante cijfers te zijn weergegeven

- *als één of meer rekenfouten zijn gemaakt;*
- *als de eenheid in de uitkomst van een berekening niet of verkeerd is vermeld, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het beoordelingsmodel de eenheid tussen haakjes.*

Dit is bijvoorbeeld het geval als in de vraag vermeld staat in welke eenheid het antwoord gegeven moet worden,

⁹ Naar aanleiding van vragen uit het veld of als gevolg van voortschrijdend inzicht kan deze bijlage altijd worden aangepast of aangevuld. Dergelijke aanpassingen worden altijd gecommuniceerd via de Septembermededeling en/of Maartaanvulling.

¹⁰ Met ingang van het centraal examen in 2020 wordt significantie anders getoetst. Het eerste onderdeel van vakspecifieke regel 2 is daarmee komen te vervallen. De toelichting op het beoordelen van de significantie bij pH-berekeningen is uiteraard nog steeds relevant voor de beoordeling van significantie. De vuistregel voor het vaststellen van het aantal significante cijfers bij pH-berekeningen is te vinden in specificatie A8.3 in deze syllabus. De voorbeelden zijn opgenomen in een veelgestelde vraag op Examenblad.nl.

Voorbeeld 3:¹¹ "Bereken de massa in gram boorcarbide die in het beschreven experiment maximaal kan ontstaan. Neem aan dat alle boor wordt omgezet tot boorcarbide."

Juiste uitkomsten zijn:

- 13 g

- 13

Onjuiste uitkomsten zijn:

- $13 \cdot 10^{-3}$ kg

- $1,3 \cdot 10^4$ mg

3. *Per vraag wordt één scorepunt afgetrokken van het aantal dat volgens het beoordelingsmodel moet worden toegekend als in een gevraagde reactievergelijking één of meer van onderstaande fouten zijn gemaakt:*
 - als tribune-ionen zijn genoteerd
 - als de coëfficiënten niet zijn weergegeven in zo klein mogelijke gehele getallenIndien in een antwoord beide fouten gemaakt zijn wordt maximaal 1 scorepunt afgetrokken.
4. *Als in een vraag niet naar toestandsaanduidingen wordt gevraagd, mogen fouten in toestandsaanduidingen niet in rekening worden gebracht.* Dit betekent dat er geen scorepunten mogen worden afgetrokken wanneer ongevraagd, al dan niet juiste, toestandsaanduidingen opgeschreven zijn.

Verdere informatie over de beoordeling

Het beoordelingsmodel bestaat uit verschillende onderdelen, zoals een 'voorbeeld van een juist antwoord' en een 'bolletjesmodel'.

- Het **voorbeeld van een juist antwoord** dat in het cv is opgenomen hoeft de kandidaat niet *letterlijk* zo te hebben genoteerd om het volledig aantal scorepunten te scoren.
- Wanneer een antwoord niet volledig juist is kan de corrector met behulp van het **bolletjesmodel** antwoordonderdelen/antwoordelementen van deelscores voorzien (algemene regel 3.2)
- In een volledig juist antwoord hoeft niet ieder **bolletje** expliciet voor te komen. Het is mogelijk dat bijvoorbeeld een rekenstap impliciet blijkt uit het vervolg van de berekening.
- Wanneer een kandidaat alle antwoordelementen zoals vermeld in de bolletjes juist heeft verwerkt, kan als gevolg van de vakspecifieke regels toch een scorepunt moeten worden afgetrokken.
- Regelmatig worden in het beoordelingsmodel zogenoemde '**indien-antwoorden**' gegeven. Deze bevatten in het algemeen antwoorden die met toepassing van het bolletjesmodel niet goed te scoren zijn of tot een te hoge of te lage score zouden leiden.
- In het beoordelingsmodel zijn soms '**opmerkingen**' opgenomen. Daarin staan bijvoorbeeld antwoorden die strikt genomen niet helemaal juist zijn maar die niet tot puntenaftrek leiden. Ook staan in 'opmerkingen' zaken die niet in indien-antwoorden of bolletjesmodel kunnen worden opgenomen.
- Het is altijd mogelijk dat een leerling een oplossingsstrategie kiest of een antwoord geeft waarin het beoordelingsmodel niet voorziet, terwijl het wel vakinhoudelijk juist is. Op grond van **algemene regel 3.3** kan een dergelijk antwoord ook goed gerekend worden.

¹¹ De formulering van dit voorbeeld is aangepast aan wat nu gangbaar is.

