College voor Toetsen en Examens

SCHEIKUNDE VWO

SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2028

Versie 2, april 2026

CENTRALE EXAMENS VO

Samenstelling syllabuscommissie:
Cris Bertona – voorzitter
Emiel de Kleijn – secretaris SLO
Evert Limburg – adviseur Cito
Martin Vos – docent HO (betrokken bij curriculum.nu)
Marjon van der Meulen-Aerts – docent VO (op voordracht van de NVON)
Steven Boot – docent VO (deelnemer verkenning)
John Breed – docent VO (deelnemer verkenning)
Remko Schoot Uiterkamp – docent VO (deelnemer verkenning)

De vormgeving van de grafische weergave op pagina 7 is uitgevoerd door brgt.illustraties.

© 2026 College voor Toetsen en Examens, Utrecht

Alle rechten voorbehouden. Alles uit deze uitgave mag mits voorzien van een bronvermelding en zonder enige wijziging worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van het College. Het hergebruik van eventueel auteursrechtelijk beschermd werk van derden in dit werk is niet nader geregeld door het CvTE.

INHOUD

VOORWOORD **4**

1 INLEIDING **5**
1.1 Domeinindeling en ce-toekenning 5
1.2 Indeling syllabus 6
1.3 Grafische weergave 6
1.4 Domein A 7

2 TOELICHTING OP DE SPECIFICATIES **9**
2.1 Formules en redeneren met verhoudingen 9
2.2 Gebruik van (symbolen voor) grootheden en eenheden 9
2.3 Beheersingsniveau 9
2.4 Schrijfwijze van formules 9

3 DOMEIN A. VAARDIGHEDEN **10**
Algemene vaardigheden (profieloverstijgend niveau) 10
Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau) 10
Scheikunde – specifieke vaardigheden 13

4 SFEER: MATERIE **15**
Subsfeer M1: Deeltjesmodellen 15
Subsfeer M2: Eigenschappen en modellen 17
Subsfeer M3: Bindingen en eigenschappen 17
Subsfeer M4: Bindingen, structuren en eigenschappen 18
Subsfeer M5: Macroscopische eigenschappen 19
Subsfeer M6: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen 19

5 SFEER: REACTIES **20**
Subsfeer R1: Chemische processen 20
Subsfeer R2: Reactiekinetiek 21
Subsfeer R3: Reactiesnelheid en katalyse 21
Subsfeer R4: Chemisch evenwicht 22
Subsfeer R5: Energie 22

6 SFEER: (CHEMISCH) REKENEN & ANALYSE **23**
Subsfeer R&A1: Grootheden en relaties 23
Subsfeer R&A2: Scheiding en analyse 24
Subsfeer R&A3: Behoudswetten en kringlopen 25

7 SFEER: TECHNOLOGIE & DUURZAAMHEID **25**
Subsfeer T1: Industriële processen 25
Subsfeer T2: Groene chemie 26
Subsfeer T3: Duurzame energieproductie 26
Subsfeer T4: Milieu en gezondheid 27
Subsfeer T5: Energieomzettingen 27
Subsfeer T6: Duurzaamheid 27

8 SFEER: CHEMIE VAN HET LEVEN **28**
Subsfeer L1: Structuur en functie 28
Subsfeer L2: Reactiviteit en selectiviteit 29

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA **30**

BIJLAGE 2: EXAMENWERKWOORDEN **35**

BIJLAGE 3: NOTATIE FORMULES EN BINDINGEN **36**

BIJLAGE 4: VOORBEELDEN BIJ SPECIFICATIES VAN SUBDOMEIN A13 **40**

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 2028. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2029 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.
In de syllabi 2028 zijn de wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus voor het examenjaar 2027 duidelijk zichtbaar. De veranderingen zijn geel gemarkeerd. Er zijn diverse vakken waarbij de syllabus 2028 geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

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. Doordat de indeling van deze syllabus anders is dan van de voorgaande syllabus is het niet mogelijk de wijzigingen geel te markeren. Om zicht te krijgen op de wijzigingen is het raadzaam om hoofdstuk 1 goed te lezen en het eerder genoemde verantwoordingsdocument.

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. J.H. (John) van der Vegt MPM

1 INLEIDING

Deze syllabus geldt voor het examenjaar 2028. In de syllabus 2028 zijn geen wijzigingen ten opzichte van de nader vastgestelde syllabus voor het examenjaar 2027. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken.

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.

1.1 DOMEININDELING EN CE-TOEKENNING

Het examenprogramma staat in bijlage 1. Het betreft hier het programma met globale eindtermen, waarvan het CE-deel in hoofdstuk 3 tot en met 8 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. Er zit overlap tussen verschillende (sub)domeinen. Het is dan ook niet mogelijk om op basis van alleen deze tabel conclusies te trekken over de CE-stof, daarvoor dienen ook de specificaties bekeken te worden.

Domein		Subdomein		in CE	moet in SE	mag in SE
A	Vaardigheden			X	X	
B	Stoffen en materialen in de chemie	B1	Deeltjesmodellen	X		X
		B2	Eigenschappen en modellen	X		X
		B3	Bindingen en eigenschappen	X		X
		B4	Bindingen, structuren en eigenschappen	X		X
C	Chemische processen en behoudswetten	C1	Chemische processen	X		X
		C2	Chemisch rekenen	X		X
		C3	Behoudswetten en kringlopen	X		X
		C4	Reactiekinetiek	X		X
		C5	Chemisch evenwicht	X		X
		C6	Energieberekeningen	X		X
		C7	Classificatie van reacties		X	
		C8	Technologische aspecten		X	
		C9	Kwaliteit van energie		X	
		C10	Activeringsenergie		X	
D	Ontwikkelen van chemische kennis	D1	Chemische vakmethodes	X		X
		D2	Veiligheid		X	
		D3	Chemische synthese	X		X
		D4	Molecular modelling		X	
E	Innovatie en chemisch onderzoek	E1	Chemisch onderzoek	X		X
		E2	Selectiviteit en specificiteit	X		X

Domein		Subdomein		in CE	moet in SE	mag in SE
		E3	Duurzaamheid		X	
		E4	Nieuwe materialen		X	
		E5	Onderzoek en ontwerp		X	
F	Industriële (chemische) processen	F1	Industriële processen	X		X
		F2	Groene chemie	X		X
		F3	Energieomzettingen	X		X
		F4	Risico en veiligheid		X	
		F5	Duurzame productieprocessen		X	
G	Maatschappij, chemie en technologie	G1	Chemie van het leven	X		X
		G2	Milieueffectrapportage	X		X
		G3	Energie en industrie	X		X
		G4	Milieueisen		X	
		G5	Bedrijfsprocessen		X	

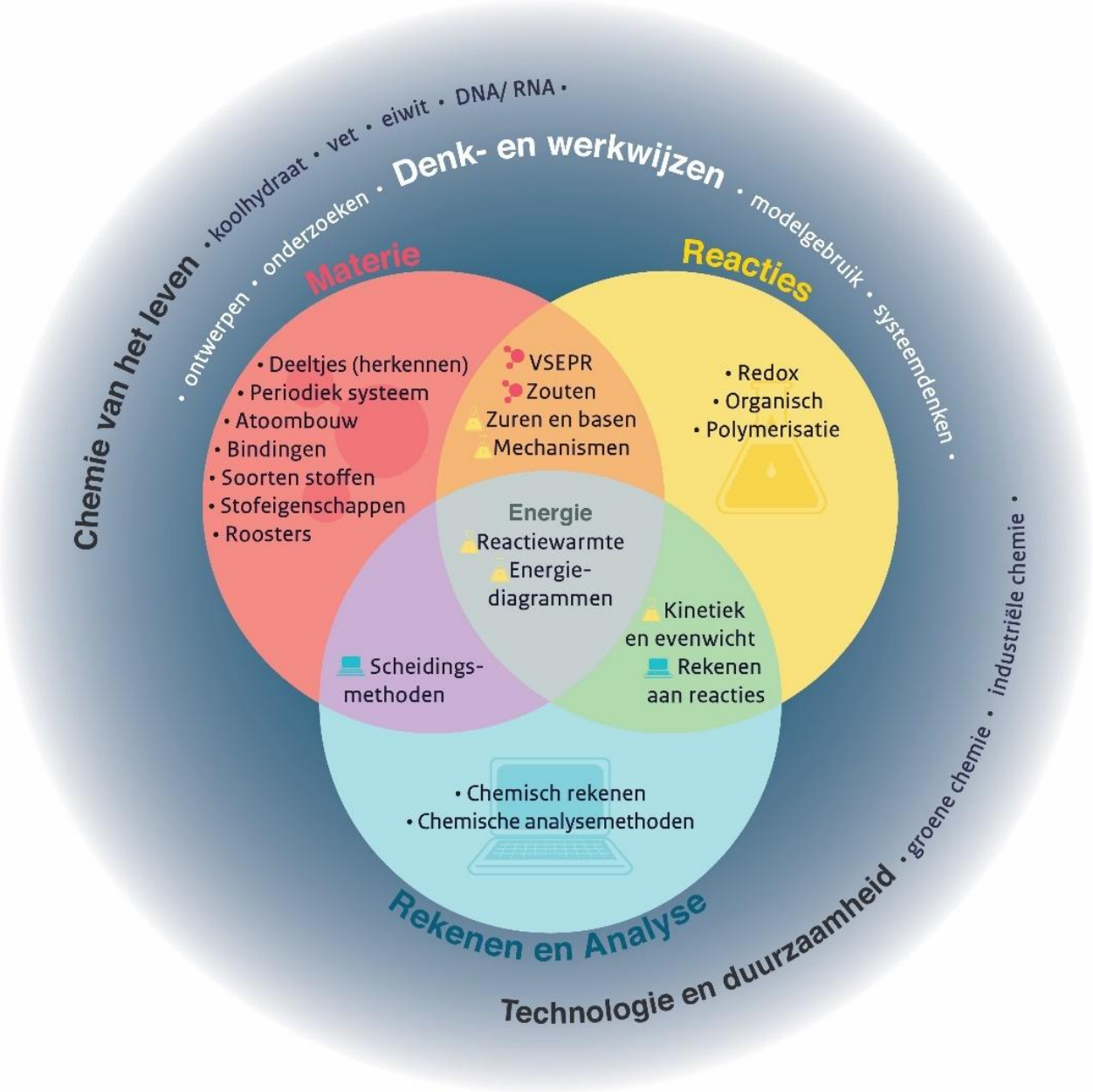
1.2 INDELING SYLLABUS

In deze syllabus zijn de (sub)domeinen die zijn toegewezen aan het centraal examen en de bijbehorende specificaties ondergebracht in zogenaamde sferen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie conceptuele sferen (‘Materie’, ‘Reacties’ en ‘(Chemisch) Rekenen & Analyse’) en twee contextuele sferen (‘Technologie & Duurzaamheid’ en ‘Chemie van het leven’). De verbinding tussen de conceptuele sferen en contextuele sferen wordt gevormd door de ‘Denk- en werkwijzen’.
De sfeer ‘Materie’ gaat voornamelijk over de opbouw van stoffen, de sfeer ‘Reacties’ over het reageren (verdwijnen en ontstaan) van stoffen en de sfeer ‘Rekenen & Analyse’ over kennis en vaardigheden om te kwalificeren en kwantificeren. De overlap van deze sferen maakt zichtbaar hoe de verschillende concepten en onderwerpen op elkaar ingrijpen. De specificaties die geplaatst zijn in de drie conceptuele sferen kunnen in principe toegepast worden op allerlei (in opgaven beschreven) contexten. De specificaties die in de contextuele sferen geplaatst zijn, zijn beperkt tot die betreffende context (‘Chemie van het leven’ en ‘Technologie & Duurzaamheid’) waarin ze geplaatst zijn.

1.3 GRAFISCHE WEERGAVE

Om meer inzicht te krijgen in de nieuwe ordening van de syllabus is hiervan een grafische weergave gemaakt. Daarin wordt verduidelijkt hoe de sferen zich onderling verhouden en wordt met voorbeeldbegrippen aangegeven wat de aard van de concepten is die in een bepaalde sfeer geplaatst zijn. Iedere sfeer is aangeduid met een eigen icoontje.
De grootte van een sfeer, de grootte van de overlapgebieden en de positie in de grafische weergave hebben geen relatie met de omvang van het totaal aantal concepten (specificaties) en/of het belang en/of de onderwijstijd die eraan moet worden toegekend.
Door ook in de overlappende delen (voorbeeld)begrippen te plaatsen en het icoontje van een sfeer mee te geven, wordt duidelijk gemaakt waar de begrippen die in de overlap staan in de syllabus terug te vinden zijn.
De twee belangrijke toepassingsgebieden (‘Technologie & Duurzaamheid’ en ‘Chemie van het leven’) zijn om de drie conceptuele sferen heen gezet om aan te geven dat daarin heel veel van de (kern)concepten uit de sferen ‘Materie’, ‘Reacties’en ’Rekenen & Analyse’ toegepast worden in context, samen met een aantal context-eigen concepten zoals de E-factor en eiwitsynthese. De ‘Denk- en werkwijzen’ (Domein A) zijn tussen de conceptuele sferen en de toepassingsgebieden geplaatst om de verbindende rol ervan te illustreren.

De grafische weergave is bedoeld als een handvat om bepaalde voorbeeldbegrippen en specificaties sneller in de syllabus terug te vinden. Zie ook de omnummeringstabel die in een apart document is opgenomen.



1.4 DOMEIN A

1.4.1 Positie domein A

De 'Denk- en werkwijzen' vormen de verbinding tussen de conceptuele sferen enerzijds en de contextuele sferen anderzijds. De denk- en werkwijzen zijn de vaardigheden die leerlingen nodig hebben om de chemische kernconcepten te gebruiken in allerlei contexten. Dat betreft uiteraard de algemene vaardigheden (informatie selecteren en verwerken, taalvaardigheid etc.) en natuurwetenschappelijke vaardigheden (onderzoeken, modelleren, oordelen etc). De vakspecifieke vaardigheden nemen hierbij een bijzondere rol in omdat deze een expliciete koppeling maken tussen de vaardigheid en vakinhoud.

1.4.2 Subdomeinen A1 t/m A4

Dit betreft de algemene vaardigheden. Deze zijn ongewijzigd gebleven.

1.4.3 Subdomeinen A5 t/m 9

De subdomeinen A5, A6 en A7 zijn gelijkgetrokken met biologie en natuurkunde en de specificaties met elkaar in overeenstemming gebracht. Subdomeinen A8 en A9 zijn eveneens gelijkgetrokken met biologie en natuurkunde en zijn op de toevoeging van één enkel woord na bij A8.5 ('verantwoord') ongewijzigd gebleven.

1.4.4 Subdomein A10

De bekend veronderstelde vakbegrippen die vallen onder subdomein A10 vallen in de volgende categorieën:

- Vakbegrippen uit de onderbouw van het eigen vak;
- Vakbegrippen uit de SE-stof van het eigen vak;
- Vakbegrippen uit andere vakken.

De toetsing van deze 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.

In deze syllabus zijn de bekend veronderstelde vakbegrippen uit de onderbouw, SE of andere vakken opgenomen in de overige sferen om een logische ordening van de concepten te bevorderen.

1.4.5 Subdomeinen A12 t/m A14

De specificaties van subdomein A12 ('Redeneren in termen van structuur-eigenschappen') zijn opgenomen in de conceptuele sfeer 'Materie', waar de betreffende begrippen (op macro-, meso- en microniveau) geplaatst zijn om aspecten van schaal te gebruiken bij het beschrijven van materie. De specificaties van subdomein A14 ('Redeneren in termen van duurzaamheid') zijn opgenomen in de contextuele sfeer 'Technologie & Duurzaamheid'.

Zowel 'Redeneren in termen van structuur-eigenschappen' als 'Redeneren in termen van duurzaamheid' kunnen gezien worden als een specifieke uitwerking van subdomein A13 (Redeneren over systemen, verandering en energie). Een structuur kan beschouwd worden als een systeem met gerelateerde (systeem)eigenschappen. Structuren worden binnen de scheikunde veelal geduid op micro-, meso- of macroniveau. Duurzaamheid op zijn beurt heeft betrekking op systemen van lokaal, regionaal of globaal niveau, waarbij duurzaamheid beschouwd kan worden als een systeemeigenschap.

2 TOELICHTING OP DE SPECIFICATIES

2.1 FORMULES EN REDENEREN MET VERHOUDINGEN

In deze syllabus zijn in de sfeer 'Rekenen & Analyse' expliciet een aantal formules opgenomen. Het betreft hier geen inhoudelijke uitbreiding, omdat alle berekeningen die hiermee uitgevoerd kunnen worden ook met verhoudingsrekenen c.q. redeneren met verhoudingen gedaan kunnen worden. Docenten en leerlingen kunnen zelf kiezen op welke wijze (met formules of met redeneren met verhoudingen) berekeningen uitgevoerd worden. Op deze wijze wordt ook een verband gelegd met subdomein A8.6 door specifieke wiskundige vaardigheden toe te passen op chemische inhoud. Indien bij examenvragen gebruik van formules verlangd wordt zullen deze in de (tekst bij) de vraag gegeven worden.

2.2 GEBRUIK VAN (SYMBOLEN VOOR) GROOTHEDEN EN EENHEDEN

In de sfeer 'Rekenen & Analyse' staan de specificaties van grootheden en eenheden en de daarvoor te hanteren symbolen. De keuze voor deze specificaties is gebaseerd op gangbare notaties zoals die bijvoorbeeld in het Handbook of Chemistry and Physics vermeld staan. Voor grootheden waarvoor geen officieel symbool bestaat (zoals bijvoorbeeld molariteit) is dan ook geen symbool opgenomen in de nieuwe syllabus.

2.3 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)[1]. 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 (examenwerkwoorden). 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.

In bijlage 2 is een lijst opgenomen met relevante examenwerkwoorden voor scheikunde. Als in een scheikunde-examen een van de woorden uit die lijst wordt gebruikt, geldt de betekenis die hiervan in deze lijst is gegeven. Deze lijst met examenwerkwoorden is niet uitputtend.

2.4 SCHRIJFWIJZE VAN FORMULES

In bijlage 3 zijn een aantal regels opgenomen voor de notatie van bepaalde formules.

[1] Om het vereiste beheersingsniveau aan te geven, is gebruik gemaakt van de indeling in 'cognitie domains', die gebaseerd is op de PISA 'scientific competences (PISA 2009 Assessment Framework – Key competencies in reading, mathematics and science (OECD 2009), 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.

3 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*.

ALGEMENE VAARDIGHEDEN (PROFIELOVERSTIJGEND NIVEAU)

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.

NATUURWETENSCHAPPELIJKE, WISKUNDIGE EN TECHNISCHE VAARDIGHEDEN (BÈTAPROFIELNIVEAU)

Subdomein A5. Onderzoeken

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

1 een natuurwetenschappelijk probleem specificeren;
2 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
3 verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4 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 en de resultaten van een onderzoek evalueren, gebruik makend van de begrippen nauwkeurigheid, validiteit en betrouwbaarheid;
10 *een natuurwetenschappelijk onderzoek op geschikte manieren presenteren;*
11 toelichten dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken mogelijk zijn;
12 de aard van de opbrengsten van onderzoek duiden en daarbij de begrippen onzekerheid en waarschijnlijkheid hanteren.

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:
1 een ontwerpprobleem specificeren;
2 *een ontwerpprobleem herleiden tot een aantal afzonderlijk uitwerkbare deelproblemen (taken, eigenschappen);*
3 *voor een ontwerp een programma van eisen en wensen opstellen: randvoorwaarden, eisen, prioriteiten en wensen;*
4 verbanden leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en taken en eigenschappen van een ontwerp;
5 *meerdere uitwerkingen of oplossingen per deelprobleem geven;*
6 *een beargumenteerd ontwerpvoorstel doen voor een ontwerp, rekening houdend met het programma van eisen;*
7 *een prototype van een ontwerp realiseren;*
8 *een ontwerpproces en -product testen en evalueren, rekening houdend met het programma van eisen;*
9 voorstellen doen voor verbetering van een ontwerp;
10 *een ontwerpproces en -product op een geschikte manieren presenteren.*

Subdomein A7. Modelvorming

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:
1 een natuurwetenschappelijk verschijnsel specificeren met als doel het te beschrijven, te verklaren of te voorspellen;
2 een natuurwetenschappelijk verschijnsel vereenvoudigen en de essentiële kenmerken ervan identificeren;
3 van een model de overeenkomsten en verschillen met de werkelijkheid benoemen met als doel de geschiktheid en het geldigheidsgebied van het model te bepalen;
4 van een model beoordelen in hoeverre het aansluit bij het doel waarvoor het ingezet wordt;
5 voor een model een geschikte fysieke, schematische of wiskundige weergave selecteren en waar nodig kwantificeren;
6 *een adequaat model opstellen of bijstellen;*
7 met een model eigenschappen van een natuurwetenschappelijk verschijnsel beschrijven, verklaren en/of voorspellen;
8 voorstellen doen voor verbetering en/of uitbreiding van een model;
9 *het tot stand komen, de opbouw of het gebruik van een model 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 meetwaardes 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 *verantwoord omgaan met materialen, instrumenten, organismen en milieu.*

6 een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen:
- basisrekenvaardigheden uitvoeren:
  - een *(grafische)* rekenmachine gebruiken
  - rekenen met verhoudingen, procenten, machten, wortels
  - gewogen gemiddelde berekenen
- berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en relaties en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren.
- wiskundige technieken toepassen:
  - omwerken van eenvoudige wiskundige betrekkingen
  - oplossen van lineaire en tweedegraadsvergelijkingen
  - rekenen met evenredigheden (recht en omgekeerd)
  - berekeningen maken met logaritmen met grondtal 10
  - twee lineaire vergelijkingen met twee onbekenden oplossen
- afgeleide eenheden herleiden tot eenheden van het SI met behulp van omzettingstabellen.
- uitkomsten schatten en beoordelen.

Subdomein A9. Waarderen en oordelen

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

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

SCHEIKUNDE – SPECIFIEKE VAARDIGHEDEN

Subdomein A10. Toepassen van chemische concepten

Eindterm

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

Specificaties

Specificaties voor dit subdomein zijn opgenomen in de overige sferen om een logische ordening te bevorderen. Afhankelijk van de aard van ieder chemisch, natuurkundig of biologisch vakbegrip is bepaald waar deze opgenomen diende te worden. In die gevallen dat een vakbegrip geen toegevoegde waarde heeft binnen scheikunde ten op zichtte van hoe dit begrip in het dagelijks leven wordt gebruikt, is besloten dit vakbegrip niet langer op te nemen.

Subdomein A11. Redeneren in termen van context-concept

Eindterm

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

1 in contexten afgeleid uit de sferen ‘Chemie van het leven’ en ‘Technologie & Duurzaamheid’ de chemische concepten uit de sferen ‘Materie’, ‘Reacties’ en ‘(Chemisch) Rekenen & Analyse’ herkennen en gebruiken om een ontwerpprobleem of een natuurwetenschappelijk vraagstuk of natuurwetenschappelijk verschijnsel te specificeren.

Subdomein A12. Redeneren in termen van structuur-eigenschap

Eindterm

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

Specificatie:

De specificaties van dit subdomein zijn nagenoeg ongewijzigd opgenomen, maar verplaatst naar sfeer ‘Materie’ (M6.1), waar de betreffende begrippen geplaatst zijn om aspecten van schaal te gebruiken bij beschrijven van materie.

Subdomein A13. Redeneren over systemen, verandering en energie

Eindterm

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

Specificatie[2]
De kandidaat kan:
1. Door middel van systeemdenken concepten uit de sferen materie, reacties en rekenen & analyse verbinden met complexe vraagstukken en contexten binnen de sferen chemie van het leven en technologie & duurzaamheid:
   - Een systeem en haar grenzen herkennen en daarbinnen de onderdelen en onderlinge interacties benoemen;
   - De hiërarchie van het systeem herkennen aan de hand van de schaal en ordegrootte;
   - De verandering van het systeem, de onderdelen en de interacties over tijd en ruimte beschrijven;
   - De invoer, uitstroom en circulariteit van energie- en materiestromen van een systeem benoemen en gebruiken in redeneringen.

Subdomein A14. Redeneren in termen van duurzaamheid

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

Specificaties
Deze specificaties zijn ongewijzigd opgenomen onder sfeer 'Technologie & Duurzaamheid' (T6 specificaties 1 t/m 4).

Subdomein A15. Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis

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

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

[2] Zie bijlage 4 voor voorbeeldopgaven en verwijzingen naar oud-examenvragen bij deze specificatie.

4 SFEER: MATERIE

In deze syllabus zijn de bekend veronderstelde vakbegrippen uit de onderbouw, SE of andere vakken opgenomen in de sferen om een logische ordening van de concepten te bevorderen. Om de status van deze vakbegrippen duidelijk te maken zijn ze in deze syllabus *cursief* weergegeven.

Subsfeer M1: Deeltjesmodellen

Eindterm

De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

Specificaties

1 De kandidaat kan het symbool of de (molecuul)formule geven van de volgende stoffen en ionen als de naam is gegeven en omgekeerd:
- niet-metalen: argon, boor, broom, chloor, fluor, fosfor, helium, jood, koolstof, neon, silicium, stikstof, waterstof, zuurstof, zwavel;
- metalen: aluminium, barium, cadmium, calcium, chroom, goud, ijzer, kalium, kobalt, koper, kwik, lithium, lood, mangaan, magnesium, natrium, nikkel, platina, tin, uraan, zilver, zink;
- ammoniak, azijnzuur, fosforzuur, glucose, salpeterzuur, water, waterstofperoxide, zwavelzuur;
- 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^-, MnO_4^- , NO_3^-, NO_2^-, O^{2-}, OH^-, PO_4^{3-}, S^{2-}, SO_3^{2-}, SO_4^{2-}, $S_2O_3^{2-}$;
- van koolstofverbindingen met maximaal tien koolstofatomen.

2 De kandidaat kan de molecuulformule geven van een moleculaire stof opgebouwd uit twee atoomsoorten (binaire moleculaire stof) aan de hand van de systematische IUPAC-naam en omgekeerd.

3 De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken:
- *aggregatietoestand/fase:*
  - *toestandsaanduidingen (s), (l), (g) en (aq)*
- *alcoholen;*
- *atomaire massa-eenheid (u);*
- *carbonzuren;*
- *fase-overgang;*
- *index;*
- *triviale naam.*

4 De kandidaat kan met behulp van een atoommodel de bouw van atomen, radicalen en ionen beschrijven en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
- bouw van de kern:
  - isotopen
  - massagetal, atoomnummer
  - protonen, neutronen
- bouw van de elektronenwolk:
  - elektronen
  - elektronenconfiguratie van periode 1 t/m 3[3]
- lading en massa van elektronen, protonen en neutronen.

5 De kandidaat kan de opbouw van het periodiek systeem beschrijven, en daarbij:
- de plaats van aardalkalimetalen, alkalimetalen, halogenen en edelgassen aangeven;
- de verdeling van metalen en niet-metalen globaal aangeven;
- het verband aangeven tussen atoomnummer en plaats in het periodiek systeem;
- het verloop van eigenschappen van elementen in een groep beschrijven.

6 De kandidaat kan de opbouw van het periodiek systeem gebruiken om de structuur van de elektronenwolk te beschrijven en kan:
- aangeven hoe eigenschappen van groepen samenhangen met de structuur van de elektronenwolk;
- aangeven hoe de valentie van de atoomsoort samenhangt met de structuur van de elektronenwolk:
  - covalentie
  - elektrovalentie
  - octetregel
  - valentie-elektronen

[3] 'Eenvoudige' elektronenconfiguratie, niet s,p,d

7 De kandidaat kan op basis van de formule van een stof aangeven tot welke categorie stoffen deze behoort:
- metalen (legeringen);
- (macro)moleculaire stoffen;
- zouten.

8 De kandidaat kan het verschil tussen ontleedbare en niet-ontleedbare stoffen beschrijven op microniveau.

9 De kandidaat kan het verschil tussen een moleculaire stof en een zout beschrijven op microniveau.

10 De kandidaat kan de verhoudingsformule van een zout geven aan de hand van de ionen en de systematische IUPAC-naam en omgekeerd.

11 De kandidaat kan kristalwater herkennen in de gegeven formule van een hydraat (notatie $\cdot nH_2O$).

12 De kandidaat kan bij het weergeven van de microstructuur van een verbinding de volgende begrippen gebruiken:
- lewisstructuur;
- molecuulformule;
- structuurformule.

13 De kandidaat kan in structuurformules van organische verbindingen functionele/karakteristieke groepen herkennen:

• C=C;	2[4]
• C≡C;	2
• OH groep (hydroxyl);	2
• C=O groep (aldehyde en keton);	2
• COOH groep (carboxyl);	2
• NH_2 groep (amino);	2
• C-X (X= F, Cl, Br, I);	2
• COOC groep (ester);	1
• COC groep (ether);	1
• CONHC groep (peptide/amide).	0

14 De kandidaat kan met behulp van de structuurformule van koolstofverbindingen met een al dan niet vertakte koolstofketen met maximaal tien koolstofatomen met hoogstens twee soorten[5] functionele/karakteristieke groepen de systematische IUPAC-naam aangeven en omgekeerd:
- alkanen en afgeleide verbindingen;
- alkenen en afgeleide verbindingen;
- alkynen en afgeleide verbindingen;
- cycloalkanen en afgeleide verbindingen;
- benzeen (fenyl) en afgeleide verbindingen.

15 De kandidaat kan van een gegeven molecuulformule, formule van (samengestelde) ionen/radicalen of structuurformule een lewisstructuur geven en kan daarbij gebruiken:
- grensstructuren;
- mesomerie.

16 De kandidaat kan met behulp van de Valentie-Schil-Elektronen-Paar-Repulsie-Theorie (VSEPR-theorie) de ruimtelijke bouw van samengestelde ionen en moleculen, of delen daarvan, aangeven:
- omringingsgetal 2, 3 en 4;
- 4-omringing: tetraëder, bindingshoek ongeveer 109°;
- 3-omringing: plat vlak, bindingshoek ongeveer 120°;
- 2-omringing: lineair, bindingshoek 180°.

17 De kandidaat kan in een (lewis)structuur de plaats van formele en partiële ladingen aangeven.

18 De kandidaat kan in redeneringen vormen van isomerie beschrijven en met structuurformules weergeven:
- structuurisomerie;
- stereo-isomerie:
  - asymmetrisch koolstofatoom
  - cis/trans isomerie
  - enantiomeren: spiegelbeeld isomeren

[4] Zie voor betekenis van deze codering bij de volgende specificatie M1.14
[5] Ten hoogste twee voor code 2 (zie specificatie M1.13). Ten hoogste één voor code 1. Code 0 is niet in de naamgeving opgenomen. Zie ook bijlage 3

Subsfeer M2: Eigenschappen en modellen

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan het verschil tussen zuivere stoffen en mengsels beschrijven:
- op macroniveau (stofeigenschappen);
- op microniveau.

2 De kandidaat kan een verband leggen tussen:
- een mengsel en smelttraject/kooktraject;
- een zuivere stof en smeltpunt/kookpunt.

3 De kandidaat kan bij redeneringen over mengsels de volgende begrippen gebruiken:
- emulsie, emulgator;
- homogeen/heterogeen;
- legering;
- oplossing: onverzadigd, verzadigd;
- suspensie.

Subsfeer M3: Bindingen en eigenschappen

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de volgende soorten bindingen beschrijven op microniveau:
- atoombinding/covalente binding:
  - gemeenschappelijk(e) elektronenpa(a)r(en)
- polaire atoombinding, en maakt daarbij gebruik van:
  - elektronegativiteit
- dipool-dipool binding;
- ionbinding;
- ion-dipoolbinding; hydratatie;
- metaalbinding;
- vanderwaalsbinding/molecuulbinding, en maakt daarbij gebruik van:
  - molecuulmassa
    - vorm van de moleculen
- waterstofbrug.

2 De kandidaat kan de roosteropbouw van een stof beschrijven op microniveau:
- atoomrooster;
- ionrooster;
- metaalrooster;
- molecuulrooster.

3 De kandidaat kan stofeigenschappen in verband brengen met de sterkte van de binding tussen de deeltjes waarmee de betreffende stof wordt voorgesteld:
- kookpunt;
- smeltpunt.

4 De kandidaat kan voor de volgende processen op microniveau beschrijven welk(e) soort(en) binding(en) verbroken/gevormd worden:
- condenseren;
- smelten;
- stollen;
- verdampen.

5 De kandidaat aangeven of een molecuul een dipool/polair is, en maakt daarbij gebruik van:
- polaire bindingen;
- ruimtelijke bouw/symmetrie.

6 De kandidaat kan de termen hydrofoob en hydrofiel in verband brengen met verschillen in soorten binding:
- dipool-dipoolbinding;

- vanderwaalsbinding/molecuulbinding;
- waterstofbrug.

7 De kandidaat kan verschillen in oplosbaarheid/mengbaarheid van moleculaire stoffen in verband brengen met de volgende begrippen:
- apolair/polair;
- hydrofiel/hydrofoob.

8 De kandidaat kan de hechting van deeltjes aan een oppervlak in verband brengen met aanwezige soorten deeltjes en kan daarbij de volgende begrippen gebruiken:
- apolair/polair;
- hydrofiel/hydrofoob.

9 De kandidaat kan beschrijven welke soorten bindingen worden verbroken/gevormd bij het oplossen in water van:
- moleculaire stoffen;
- zouten.

10 De kandidaat kan een verband leggen tussen de oplosbaarheid van een zout en de toepassing van dat zout:
- op basis van gegeven oplosbaarheid van zouten, bepalen of een combinatie van ionen goed dan wel slecht oplosbaar is.

Subsfeer M4: Bindingen, structuren en eigenschappen

Eindterm

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

Specificaties

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

2 De kandidaat kan voor composieten, polymeren, legeringen en keramische materialen een verband leggen tussen de structuur/ruimtelijke ordening van bouwstenen en de volgende eigenschappen:
- brandbaarheid;
- brosheid;
- corrosiegevoeligheid;
- geleidend vermogen;
- hardheid;
- uv-lichtgevoeligheid;
- vervormbaarheid;
- waterbindend vermogen.

Subsfeer M5: Macroscopische eigenschappen

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan de relatie beschrijven tussen de microstructuur en macroscopische eigenschappen van stoffen/materialen en kan aangeven hoe deze relatie in een beschreven onderzoek gebruikt wordt:
- beweeglijkheid van ladingsdragers en geleidbaarheid;
- karakteristieke groepen en reactiviteit:
  - dipool/polaire atoombinding
  - meervoudige atoombinding
  - radicaal
  - niet-bindend elektronenpaar/vrij elektronenpaar[6]
- roosters en vervormbaarheid:
  - metaalroosters:
    - invloed van de temperatuur
    - legeringen
  - rooster/structuur van polymeren:
    - crosslinks
    - ketenlengte
    - soorten monome(e)r(en)
    - weekmakers
  - kristalstructuur van keramische materialen:
    - atoomrooster
    - ionrooster
- aanwezigheid van meervoudige bindingen en uv-licht gevoeligheid;
- soorten metaalatomen en corrosiegevoeligheid:
  - gebonden metaaloxide laagje
  - standaardelektrodepotentiaal (edelheid van metalen)
- moleculaire structuur en oplosbaarheid:
  - hydrofiel/hydrofoob
  - karakteristieke groepen
- moleculaire structuur en waterbindend vermogen (waterafstotendheid):
  - karakteristieke groepen
- moleculaire structuur en biodegradeerbaarheid van polymeren:
  - karakteristieke groepen

Subsfeer M6: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan de volgende begrippen herkennen en gebruiken:
- microstructuur/microniveau: atomen, (functionele) groepen, bindingen, moleculen, ionen;
- mesostructuur/mesoniveau[7]: structuurniveau gevormd door een aantal groepen / gegroepeerde deeltjes uit het microniveau;
- macrostructuur/macroniveau: op niveau van stoffen en materialen (stof-/ materiaaleigenschappen).

---

[6] Een niet-bindend elektronenpaar/vrij elektronenpaar mag in een (lewis)structuur(formule) weergegeven worden met een streepje of met twee punten.

[7] 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.

5 SFEER: REACTIES

Subsfeer R1: Chemische processen

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken:
- *coëfficiënt*;
- elementbalans;
- ladingsbalans.

2 De kandidaat kan van de volgende processen een reactievergelijking geven:
- processen waarbij maximaal één beginstof of één reactieproduct onbekend is;
- volledige verbranding van verbindingen van koolstof, waterstof en eventueel zuurstof.

3 De kandidaat kan de volgende reactiesoorten herkennen:
- additie;
- condensatiereacties:
  - vorming ester/omestering
  - vorming amide/peptide
- donor-acceptor reacties:
  - redoxreacties: overdracht van elektronen
  - zuur-base reacties: overdracht van H^+ ionen/protonen
- hydrolyse;
- *ontledingsreactie: elektrolyse, fotolyse en thermolyse*;
- substitutie;
- verbranding:
  - *onvolledig*
  - volledig

4 De kandidaat kan de notatie van de volgende oplossingen geven als de naam is gegeven en omgekeerd:
- *ammonia;*
- *natronloog;*
- *zoutzuur.*

5 De kandidaat kan de volgende deeltjes als zuren herkennen:
HCl, H_2SO_4, HNO_3, $H_2O + CO_2$ / 'H_2CO_3', H_3PO_4, CH_3COOH

6 De kandidaat kan de volgende deeltjes als basen herkennen:
NH_3, OH^-, CO_3^{2-}, O^{2-}, HCO_3^-

7 De kandidaat kan reacties tussen zuren en basen beschrijven met een reactievergelijking.

8 De kandidaat kan het verschil tussen sterke en zwakke zuren aangeven.

9 De kandidaat kan beschrijven wat buffersystemen zijn en kan aangeven hoe deze werken.

10 De kandidaat kan met behulp van de standaardelektrodepotentiaal de relatieve sterkte van een reductor of oxidator aangeven.

11 De kandidaat kan in een gegeven reactie de oxidator en de reductor aangeven.

12 De kandidaat kan de vergelijking van een halfreactie afleiden met behulp van het gegeven redoxkoppel.

13 De kandidaat kan een totaalvergelijking van een redoxreactie afleiden met behulp van gegeven halfreacties.

14 De kandidaat kan een elektrochemische cel beschrijven en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
- aanwijzen reductor en oxidator;
- elektrolyt;
- elektronenoverdracht via een externe verbinding;
- halfreactie;
- ionentransport/elektronentransport;
- membraan/zoutbrug;
- positieve en negatieve elektrode;
- *stroomsterkte.*

15 De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties aangeven welke bindingen verbroken en gevormd worden, en daarbij zo nodig gebruik maken van lewisstructuren:

- additiereacties aan dubbele binding:
  - C=C
  - 1,2- en 1,4-additie
- condensatiereacties:
  - amide/peptide
  - ester

16 De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties de reactievergelijking geven in structuurformules en lewisstructuren:
- additiereacties;
- condensatiereacties:
  - amide/peptide
  - ester
- hydrolysereacties;
- substitutiereacties.

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

Subsfeer R2: Reactiekinetiek

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan een verband leggen tussen de structuurformule van een (co)polymeer en de structuurformule(s) van het/de monome(e)r(en):
- additiepolymeren;
- condensatiepolymeren.

2 De kandidaat kan de diverse stappen in het reactiemechanisme van een additiepolymerisatie beschrijven:
- initiatie, propagatie, terminatie.

3 De kandidaat kan bij polymerisatiereacties een verband leggen tussen het reactiemechanisme en:
- crosslinks;
- gemiddelde ketenlengte, polymerisatiegraad.

4 De kandidaat kan aangeven dat reacties vaak in een aantal stappen verlopen:
- reactiemechanisme;
- snelheidsbepalende stap.

5 De kandidaat kan van een gegeven reactiemechanisme een beschrijving geven van de verplaatsing van elektronen/elektronenparen:
- elektrofiel, nucleofiel;
- grensstructuren/lewisstructuren;
- radicalen.

Subsfeer R3: Reactiesnelheid en katalyse

Eindterm

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

Specificaties

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

2 De kandidaat kan veranderingen in reactiesnelheid verklaren met behulp van de volgende begrippen:
- activeringsenergie;
- katalysator.

Subsfeer R4: Chemisch evenwicht

indterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan bij de beschrijving van chemische processen de volgende begrippen gebruiken:
- aflopende reactie;
- evenwicht;
- omkeerbare reactie.

2 De kandidaat kan de beïnvloeding van de ligging/verschuiving van het evenwicht verklaren aan de hand van:
- verandering in de concentratiebreuk;
- verandering in de evenwichtsconstante.

3 De kandidaat kan de invloed van een katalysator op een chemisch proces toelichten:
- insteltijd van een evenwicht;
- ligging van een evenwicht;
- reactiesnelheid.

Subsfeer R5: Energie

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken:
- activeringsenergie;
- endotherm, exotherm;
- energieniveaus;
- invloed van een katalysator;
- *ontbrandingstemperatuur;*
- overgangstoestand/geactiveerde toestand;
- reactiewarmte/energie-effect;
- vormingswarmte.

2 De kandidaat kan een energiediagram geven van een reactie.

3 De kandidaat kan de reactiewarmte van een reactie berekenen met behulp van vormingswarmtes.

4 De kandidaat kan de vormingswarmte van een stof berekenen met behulp van de reactiewarmte van een reactie en vormingswarmtes.

5 De kandidaat kan bij omzettingen van chemische energie redeneren aan de hand van berekeningen, en maakt daarbij gebruik van de wet van behoud van energie:
- elektrische energie;
- *warmte.*

6 SFEER: (CHEMISCH) REKENEN & ANALYSE

Subsfeer R&A1: Grootheden en relaties

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de volgende principes gebruiken in berekeningen aan en beschrijvingen van chemische processen:
- massaverhouding;
- molverhouding/stoichiometrische verhouding;
- ondermaat/overmaat;
- rendement als fractie of percentage van de theoretische opbrengst;
- volumeverhouding van gassen bij reacties.

2 De kandidaat kan bij berekeningen de volgende begrippen/grootheden en relaties gebruiken:
- massa;
  - symbool *m*
  - eenheid kg of g
- atoommassa;
  - symbool *A*
  - eenheid u
- molecuulmassa;
  - symbool *M*
  - eenheid u
- molaire massa;
  - symbool *M*(X)
  - eenheid g mol^{-1}
- chemische hoeveelheid;
  - symbool *n*
  - eenheid mol
- volume;
  - symbool *V*
  - eenheid m^3 of L
- molair volume (bij gegeven *T* en *p*);
  - symbool V_m
  - eenheid m^3 mol^{-1} of L mol^{-1}
- dichtheid;
  - symbool *ρ*
  - eenheid kg m^{-3} of g L^{-1}
- concentratie;
  - symbool *c*(X) of [X]
  - eenheid mol m^{-3} of mol L^{-1}
- *molariteit;*
  - symbool niet éénduidig
  - *a* M betekent een *a* molair oplossing, eenheid mol L^{-1} of M
- lading;
  - symbool *Q*
  - eenheid C
- molaire lading, constante van Faraday;
  - symbool *F*
  - eenheid C mol^{-1}
- reactiesnelheid;
  - symbool *s*
  - eenheid mol $L^{-1}s^{-1}$
- relaties:
  - $\rho = \frac{m}{V}$

- $n = \frac{m}{M}$
- $V_{\mathrm{m}} = \frac{V}{n}$
- $[\mathrm{X}] = \frac{n}{V}$ of $c = \frac{n}{V}$
- $s = \frac{\Delta c}{\Delta t}$
- $F = \frac{Q}{n}$

3 De kandidaat kan bij berekeningen met massa, volume en hoeveelheid de volgende begrippen gebruiken:
- percentage (%);
- ppm;
- ppb.

4 De kandidaat kan bij berekeningen van de pH de volgende begrippen en relaties gebruiken:
- Zuurgraad:
  - symbool pH en pOH
- pH = –log $[H^+]$ of pH = –log$[H_3O^+]$;
- pOH = –log $[OH^-]$;
- pH + pOH = 14,00 (bij 298K);
- $[H^+] = 10^{-pH}$ of $[H_3O^+] = 10^{-pH}$;
- $[OH^-] = 10^{-pOH}$;

5 De kandidaat kan van een oplossing met bekende concentratie van een zuur of van een base de pH berekenen of omgekeerd uit de pH de concentratie berekenen:
- sterk zuur;
- éénwaardig zwak zuur;
- sterke base;
- éénwaardige zwakke base.

6 De kandidaat kan voor een gegeven evenwicht de evenwichtsvoorwaarde geven en kan berekeningen uitvoeren aan evenwichten:
- concentratiebreuk Q;
- evenwichtsconstante K;
- $K = Q$ bij evenwicht;
- K_s (oplosbaarheidsproduct);
- K_v (verdelingsevenwicht);
- K_z, K_b, K_w..

Subsfeer R&A2: Scheiding en analyse

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan in redeneringen over analyse- en/of scheidingsmethodes de volgende begrippen gebruiken:
- adsorberen;
- bezinken;
- centrifugeren;
- *destillaat;*
- destilleren;
- extraheren/wassen;
- *extractiemiddel;*
- filtraat;
- filtreren;
- (gas)chromatografie:
  - *loopvloeistof*

  - mobiele fase en stationaire fase
  - piekoppervlak
  - retentietijd/R_f-waarde
- indampen;
- *ijklijn;*
- *indicator;*
- massaspectrometrie:
  - isotopen en natuurlijk voorkomen
  - *m/z*-verhouding
  - piekhoogte, relatief voorkomen van een fragment
- *oplosmiddel;*
- *reagens;*
- *residu;*
- *titratie.*

2 De kandidaat kan voor scheidingsmethodes[8] toelichten op welk verschil van (stof)eigenschap ze berusten en beargumenteren waarom ze bij een bepaald proces worden gebruikt.

3 De kandidaat kan een (gas)chromatogram interpreteren:
- kwalitatief: welke stoffen aanwezig zijn in een mengsel;
- kwantitatief: berekeningen uitvoeren aan gegevens over piekoppervlak.

4 De kandidaat kan een massaspectrum interpreteren:
- kwalitatief: welke kenmerkende patronen voorkomen en aan de hand daarvan stoffen herkennen;
- kwantitatief: berekeningen uitvoeren aan de hand van relatieve piekhoogten.

Subsfeer R&A3: Behoudswetten en kringlopen

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken in redeneringen:
- elementbehoud;
- energiebehoud/energiebalans;
- ladingbehoud/ladingbalans;
- massabehoud/massabalans.

7 SFEER: TECHNOLOGIE & DUURZAAMHEID

Subsfeer T1: Industriële processen

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken:
- afval;
- batchproces;
- bulkchemie;
- continuproces;
- energiebehoud/energiebalans;
- energiehuishouding;
- fijnchemie;
- groene chemie;
- reactoren;
- recirculatie;
- recycling;
- scheidingsinstallaties/scheidingsmethodes;
- stofstromen;

[8] De scheidingsmethodes die genoemd zijn in specificatie R&A 2.1.

- warmtewisselaars.

2 De kandidaat kan met gegevens over een industrieel proces dit proces met een blokschema beschrijven.
3 De kandidaat kan van een industrieel proces de gekozen reactieomstandigheden en scheidingsstappen toelichten.

Subsfeer T2: Groene chemie

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan toelichten welke aspecten van groene chemie bij het ontwerpen van industriële processen een rol hebben gespeeld:
- afval;
- (keuze voor) batchproces/continuproces;
- bijproducten;
- gebruik van water;
- (hernieuwbare) grondstoffen;
- kwalitatieve energiebeschouwing;
- milieueisen;
- nevenreacties;
- onvolledige omzetting;
- overmaat/ondermaat;
- reactieomstandigheden;
- recycling;
- veiligheid.

2 De kandidaat kan aan de hand van formules uit groene chemie berekeningen uitvoeren en conclusies trekken over processen:
- atoomeconomie;
- E-factor.

3 De kandidaat kan chemische processen relateren aan:
- cradle-to-cradle;
- elementkringloop;
- recycling;
- stofkringloop.

Subsfeer T3: Duurzame energieproductie

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan met behulp van een beschrijving van chemische technieken voor energieproductie uit biomassa redeneren over deze technieken.

Subsfeer T4: Milieu en gezondheid

Eindterm

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

Specificatie

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

Subsfeer T5: Energieomzettingen

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan beschreven processen met elkaar vergelijken op het gebied van duurzaamheid en een keuze voor een proces beargumenteren:
- afval;
- energiegebruik:
  - keuze van de energiebron
  - verhouding energie/massa
- grondstofgebruik;
- milieu-aspecten;
- recycling;
- transport van grondstoffen, producten en afvalstoffen.

2 De kandidaat kan brandstoffen met elkaar vergelijken, voorstellen voor aanpassing(en) beoordelen en redeneren over aspecten van duurzaamheid die daarbij een rol spelen:
- C/H-verhouding:
  - relatie hoeveelheid CO_2 per joule
- optredende emissies bij verbranding:
  - CO_2
  - NO_x
  - SO_2
- verschil in hoeveelheid koolstofdioxide geproduceerd door biobrandstof en fossiele brandstof:
  - koolstofkringloop
  - (versterkt) broeikaseffect

Subsfeer T6: Duurzaamheid

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de rol van levenscycli van stoffen, materialen en producten aangeven in termen van duurzaamheid;

2 De kandidaat kan met behulp van kennis over levenscycli van stoffen, materialen en producten voorstellen formuleren voor een keuze tussen alternatieven bij gebruik van stoffen, materialen in industriële processen;

3 De kandidaat kan in de context van duurzaamheid de maatschappelijke betekenis van de chemie benoemen;

4 De kandidaat kan de wereldvraagstukken: wereldvoedselvoorziening, duurzame energievoorziening, (drink)watervoorziening, beschikbaarheid van grondstoffen, opwarming van de aarde en vervuiling van de aarde relateren aan chemische concepten;
5 De kandidaat kan beschrijven dat elektrische energie kan worden gebruikt voor:
- duurzame productie van stoffen:
  - elektrolyse van water: waterstof
- opslag van elektrische energie:
  - opladen accu/batterij

8 SFEER: CHEMIE VAN HET LEVEN

Subsfeer L1: Structuur en functie

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de volgende biologische vakbegrippen herkennen en gebruiken:
- *ademhaling*/gaswisseling;
- *bloed;*
- *cel;*
- *celmembraan;*
- gen;
- *organisme;*
- *spijsvertering;*
- *transport.*

2 De kandidaat kan de fotosynthese van glucose beschrijven als een proces waarbij licht energie wordt omgezet in chemische energie:
- productie van zuurstof;
- vastleggen van koolstofdioxide/koolstofassimilatie.

3 De kandidaat kan op microniveau de structuur beschrijven van:
- eiwitten/enzymen:
  - (essentiële) aminozuren
  - primaire, secundaire en tertiaire structuur
    - alfahelix
    - bètaplaat
- koolhydraten:
  - mono-, di- en polysachariden
- nucleïnezuren:
  - DNA, RNA
  - basen A, C, T/U en G
- vetten:
  - triglyceriden
  - (on)verzadigde vetzuren
  - glycerol

4 De kandidaat kan de afbraak van voedingsstoffen beschrijven als een chemisch proces, waarbij de producten als basis kunnen dienen voor het maken van lichaamseigen stoffen;
5 De kandidaat kan de functie van eiwitten, koolhydraten, nucleïnezuren en vetten in de levende natuur benoemen:
- eiwitten:
  - bouwstof
  - enzymen
- koolhydraten: energieopslag;
- nucleïnezuren: informatiedrager;
- vetten:
  - bouwstof in membranen
  - energieopslag

6 De kandidaat kan de stappen in de eiwitsynthese beschrijven, en maakt daarbij gebruik van:
- codon;
- genetische code;

- translatie;
- transcriptie;
- vorming van RNA op DNA matrijs.

Subsfeer L2: Reactiviteit en selectiviteit

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan bij de werking van een enzym als biokatalysator de kinetiek van de reactie tussen enzym en substraat kwalitatief verklaren en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
   - afsplitsing van een product;
   - vorming van een enzymsubstraat complex.

2 De kandidaat kan de specificiteit en selectiviteit van een enzym beschrijven aan de hand van de ruimtelijke structuur en de functionele groepen:
   - actieve plaats;
   - pH-optimum;
   - temperatuuroptimum.

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

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

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

Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, C5, C6, D1, D3, E1, E2, F1, F2, F3, G1, G2 en G3, in combinatie met de vaardigheden genoemd in domein A.
Het CvE kan bepalen dat het centraal examen ten dele betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen tezamen dezelfde studielast hebben als de in de vorige zin genoemde.
Het CvE stelt het aantal en de tijdsduur van de zittingen van het centraal examen vast.
Het CvE maakt indien nodig een specificatie bekend van de examenstof van het centraal examen.

Het schoolexamen

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

De examenstof

Domein A: Vaardigheden
Algemene vakvaardigheden (profieloverstijgend niveau)

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken
1 De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Subdomein A2: Communiceren
2 De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

Subdomein A3: Reflecteren op leren
3 De kandidaat kan bij het verwerven van 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.

Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau)

Subdomein A5: Onderzoeken
5 De kandidaat kan in contexten vraagstellingen analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de

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

Subdomein A6: Ontwerpen
6 De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

Subdomein A7: Modelvorming
7 De kandidaat kan in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium
8 De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en –bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Subdomein A9: Waarderen en oordelen
9 De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Scheikunde – specifieke vaardigheden

Subdomein A10: Toepassen van chemische concepten
10 De kandidaat kan chemische concepten en in de chemie gebruikte fysische en biologische concepten herkennen en met elkaar in verband brengen.

Subdomein A11: Redeneren in termen van context-concept
11 De kandidaat kan in leefwereld-, beroeps- en wetenschapscontexten chemische concepten herkennen en gebruiken en kan op basis daarvan voorspellingen doen, berekeningen en schattingen maken en daarbij een argumentatie geven.

Subdomein A12: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen
12 De kandidaat kan macroscopische eigenschappen in relatie brengen met structuren op meso- en (sub)microniveau, en daarin aspecten van schaal herkennen en kan omgekeerd vanuit structuren voorspellingen doen over die macroscopische eigenschappen.

Subdomein A13: Redeneren over systemen, verandering en energie
13 De kandidaat kan chemische processen beschrijven in termen van systemen met kennis van stoffen, deeltjes, reactiviteit en energie.

Subdomein A14: Redeneren in termen van duurzaamheid
14 De kandidaat kan in maatschappelijke, beroeps- en wetenschapscontexten aspecten van duurzaamheid aangeven en beschrijven, daarmee samenhangende problemen analyseren en voorstellen formuleren voor een mogelijke oplossing daarvan.

Subdomein A15: Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis
15 De kandidaat kan analyseren op welke wijze natuurwetenschappelijke, technologische en chemische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

Domein B: Stoffen en materialen in de chemie

Subdomein B1: Deeltjesmodellen
16 De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

Subdomein B2: Eigenschappen en modellen
17 De kandidaat kan bij beschreven onderzoek aan stoffen en materialen macroscopische eigenschappen verklaren met deeltjesmodellen.

Subdomein B3: Bindingen en eigenschappen
18 De kandidaat kan met behulp van kennis over bindingen in en tussen deeltjes eigenschappen van stoffen en materialen verklaren.

Subdomein B4: Bindingen, structuren en eigenschappen
19 De kandidaat kan op basis van kennis van structuren en de bindingen in en tussen deeltjes eigenschappen van stoffen en materialen verklaren en omgekeerd vanuit de eigenschappen van stoffen of materialen structuren voorspellen.

Domein C: Chemische processen en behoudswetten

Subdomein C1: Chemische processen
20 De kandidaat kan chemische reacties en fysische processen beschrijven in termen van reactiviteit en het vormen en verbreken van (chemische) bindingen.

Subdomein C2: Chemisch rekenen
21 De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische reacties en behoudswetten berekeningen maken over een proces.

Subdomein C3: Behoudswetten en kringlopen
22 De kandidaat kan verbanden leggen tussen behoudswetten en chemische processen, en kan deze verbanden relateren aan kringlopen.

Subdomein C4: Reactiekinetiek
23 De kandidaat kan op basis van kennis van reactiekinetiek chemische processen analyseren, onder andere door de concentratie van aanwezige stoffen en deeltjes te berekenen, en kan aangeven welke rol katalyse speelt.

Subdomein C5: Chemisch evenwicht
24 De kandidaat kan aangeven of er sprake is van evenwicht, kan berekeningen uitvoeren aan evenwichten, en kan verklaren hoe de ligging van een evenwicht kan worden beïnvloed.

Subdomein C6: Energieberekeningen
25 De kandidaat kan berekeningen maken over energieomzettingen en energie-uitwisseling bij chemische processen en hieruit conclusies trekken en voorstellen formuleren.

Subdomein C7: Classificatie van reacties
26 De kandidaat kan reacties classificeren en aan de hand van kenmerken beschrijven.

Subdomein C8: Technologische aspecten
27 De kandidaat kan in contexten van technologische aard aspecten van schaal, verandering en reactiviteit herkennen en toelichten.

Subdomein C9: Kwaliteit van energie
28 De kandidaat kan met kennis van energie aangeven hoe de energiesoort en de kwaliteit van energie bij chemische processen verandert.

Subdomein C10: Activeringsenergie
29 De kandidaat kan bij experimenten het begrip activeringsenergie gebruiken, beschrijven en relateren aan katalyse.

Domein D: Ontwikkelen van chemische kennis

Subdomein D1: Chemische vakmethodes
30 De kandidaat kan met behulp van kennis van materialen en stoffen een keuze voor een bepaalde scheidings- en/of analysemethode formuleren en beoordelen.

Subdomein D2: Veiligheid
31 De kandidaat kan met behulp van kennis van eigenschappen van stoffen en materialen in experimenten deze stoffen of materialen analyseren en zuiveren en daarbij veilig omgaan met stoffen, materialen en apparatuur.

Subdomein D3: Chemische synthese
32 De kandidaat kan met behulp van kennis over chemische processen aangeven hoe stoffen worden gesynthetiseerd en daarbij een relatie leggen met relevante reactiemechanismen.

Subdomein D4: Molecular modelling
33 De kandidaat kan een reactiemechanisme opstellen met gebruik van onder andere “molecular modelling”, en daarbij, indien van toepassing, kennis van katalyse gebruiken.

Domein E: Innovatie en chemisch onderzoek

Subdomein E1: Chemisch onderzoek
34 De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen in een beschreven onderzoek ten minste in de context van gezondheid, materialen of voedselproductie aangeven hoe die kennis wordt gebruikt.

Subdomein E2: Selectiviteit en specificiteit
35 De kandidaat kan bij chemische reacties ten minste in de context van voedselproductie, geneesmiddelen of transport van stoffen in het lichaam selectiviteit en specificiteit verklaren, en daarbij, indien van toepassing, kennis van katalyse gebruiken.

Subdomein E3: Duurzaamheid
36 De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen uitspraken over duurzaamheid waarderen en van commentaar voorzien.

Subdomein E4: Nieuwe materialen
37 De kandidaat kan met behulp van kennis van de chemische industrie ten minste in de context van geneesmiddelen, voeding of materialen toelichten hoe nieuwe toepassingen in bestaande en in nieuwe markten worden ontwikkeld.

Subdomein E5: Onderzoek en ontwerp
38 De kandidaat kan ten minste in de context van duurzaamheid, materialen, voeding of gezondheid een onderzoeks- of een ontwerpopdracht formuleren, die uitvoeren en daarvan verslag doen.

Domein F: Industriële (chemische) processen

Subdomein F1: Industriële processen
39 De kandidaat kan industriële processen beschrijven in blokschema's, hieraan berekeningen uitvoeren en voorstellen voor aanpassingen formuleren en beoordelen.

Subdomein F2: Groene chemie
40 De kandidaat kan met behulp van kennis van procestechnologie en reactiekinetiek, ten minste in de context van voedselproductie of duurzaamheid, "principes van groene chemie" herkennen en relateren aan gerealiseerde, mogelijke en gewenste veranderingen van die processen en eenvoudige berekeningen uitvoeren.

Subdomein F3: Energieomzettingen
41 De kandidaat kan in de context van duurzaamheid beschrijven welke chemische en/of technologische processen worden gebruikt bij energieomzettingen en kan met behulp van kennis van energieproductie deze processen beschrijven, daarbij voorkomende condities aangeven en voorstellen voor aanpassing beoordelen.

Subdomein F4: Risico en veiligheid
42 De kandidaat kan kennis van risico en veiligheid gebruiken en kan daarmee in industriële productieprocessen die aspecten beoordelen.

Subdomein F5: Duurzame productieprocessen
43 De kandidaat kan met behulp van chemische kennis ten minste in de context van duurzaamheid een oordeel geven over het ontwerp van productieprocessen.

Domein G: Maatschappij, chemie en technologie

Subdomein G1: Chemie van het leven
44 De kandidaat kan kennis van chemische processen in levende organismen beschrijven en gebruiken.

Subdomein G2: Milieueffectrapportage
45 De kandidaat kan met behulp van kennis van productieprocessen ten minste in de context van gezondheid of duurzaamheid beschrijven welke maatschappelijke condities een rol spelen bij milieu-gerelateerde vraagstukken en voor deze vraagstukken beschrijven welke mogelijke gevolgen er zijn op het gebied van gezondheid en duurzaamheid.

Subdomein G3: Energie en industrie
46 De kandidaat kan met behulp van kennis van productieprocessen ten minste in de context van duurzaamheid energieomzettingen vanuit de verschillende bronnen beschrijven, vergelijkingen maken en een beargumenteerd oordeel geven.

Subdomein G4: Milieueisen
47 De kandidaat kan met behulp van kennis van grootschalige chemische processen beschrijven welke kwaliteiten van water, lucht, bodem en voedsel op welke wijze worden gewaarborgd en kan voorgestelde aanpassingen beoordelen.

Subdomein G5: Bedrijfsprocessen
48 De kandidaat kan met behulp van chemische kennis ten minste in de context van duurzaamheid een voorbeeld uit de Nederlandse chemische industrie analyseren en aangeven wat de bijdrage is van het bedrijfsproces aan lokale en mondiale kwaliteit van leven.

BIJLAGE 2: EXAMENWERKWOORDEN

In onderstaande lijst staan de relevante examenwerkwoorden voor scheikunde. Als in een scheikunde-examen een van de woorden uit onderstaande lijst wordt gebruikt, geldt de betekenis die hiervan in deze lijst is gegeven. Deze lijst met examenwerkwoorden is niet uitputtend.

Examenwerkwoord	Betekenis
(Aan)geven, aanvullen, (be)noemen, noteren	Het geven van een kort antwoord: een woord, formule of zinsdeel. Een toelichting is niet vereist, tenzij anders is aangegeven in de vraagstelling.
Beschrijven	Het geven van een antwoord in hele zinnen, waarin de onderdelen van het gevraagde zijn gegeven. In het geval van een beschrijving op microniveau moeten in het antwoord relevante termen op deeltjesniveau worden vermeld.
Beargumenteren, beredeneren	Het geven van een antwoord waarin, op logische wijze, gegevens en scheikundige kennis zijn gebruikt om een bepaalde keuze of stelling te onderbouwen of ondersteunen.
Toelichten	Het geven van een onderbouwing in één of enkele zinnen voor een bepaalde keuze of stelling.
Uitleggen	Het geven van een antwoord waarin meerdere opeenvolgende oorzaak-gevolgstappen te onderscheiden zijn die tot gestelde/gevraagde leiden.
Verklaren	Het geven van een antwoord waaruit een oorzaak-gevolg relatie blijkt met het gestelde/gevraagde.
Berekenen (of), Bepalen (of)	Het gevraagde vaststellen en/of uitrekenen, uitgaande van gegevens in de vraagstelling en/of andere informatiebronnen. Uit de uitwerking moet blijken welke formules en/of principes zijn toegepast, welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn doorlopen. De uitkomst moet met de juiste eenheid zijn gegeven, tenzij de eenheid expliciet in de vraagstelling is opgenomen. De uitkomst moet zijn weergegeven in het juiste aantal significante cijfers als dat in de vraagstelling is aangegeven.
Tekenen (tekening compleet maken)	Het geven van een grafische voorstelling die de voor de probleemsituatie relevante karakteristieke eigenschappen bevat en voldoende nauwkeurig is. In het geval van een structuurformule zijn in Bijlage 3 van deze syllabus conventies opgenomen.
Afleiden	Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet. In het geval van een gevraagde totaalreactie moeten de (deel)reacties worden genoteerd.
Aantonen dat, laten zien dat	Het geven van een redenering en/of bepaling en/of berekening waaruit de juistheid van het gestelde blijkt. Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet. In het algemeen geldt dat het gestelde controleren door middel van een of meer voorbeelden niet voldoet.

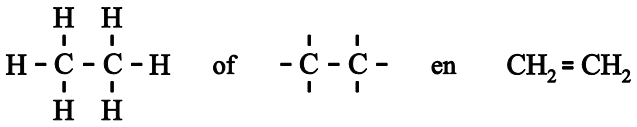
BIJLAGE 3: NOTATIE FORMULES EN BINDINGEN

A. STRUCTUURFORMULES[9]

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.

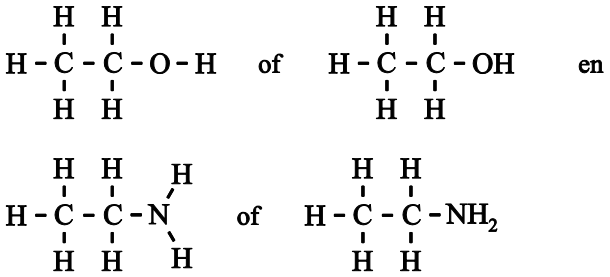
– Bij de beoordeling van de weergave van bindingen tussen C-atomen en H-atomen gelden de volgende richtlijnen:
  1 Uit de weergave moet duidelijk worden dat de covalentie van koolstof 4 is.
  2 Wanneer de C–H bindingen zijn weergegeven met bindingsstreepjes, mogen de symbolen voor de H-atomen worden weggelaten.
  3 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):

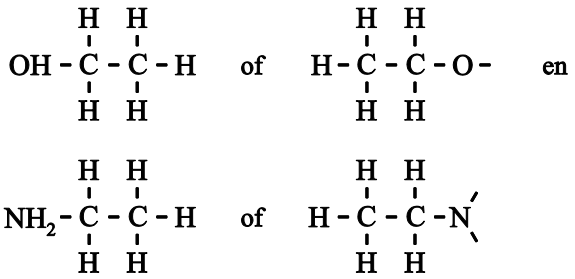


– Bij de beoordeling van de weergave van hydroxylgroepen en aminogroepen gelden de volgende richtlijnen:
  1 De symbolen voor de H-atomen in de functionele groep moeten worden weergegeven.
  2 De binding van de functionele groep aan het koolstofskelet moet worden weergegeven met een bindingsstreepje van het O-atoom/N-atoom naar het koolstofskelet.
  3 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):



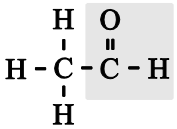
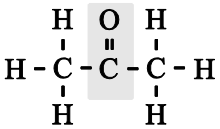
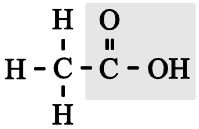
  De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):



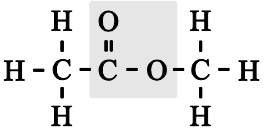
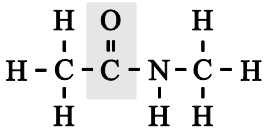
– Bij de beoordeling van de weergave van de carbonylgroep in verschillende klassen van koolstofverbindingen geldt de volgende richtlijn:
  De carbonylgroep moet in structuur worden weergegeven.

[9] Een niet-bindend elektronenpaar/vrij elektronenpaar mag in een (lewis)structuur(formule) weergegeven worden met een streepje of met twee punten.

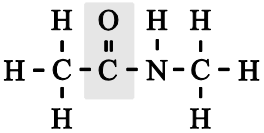
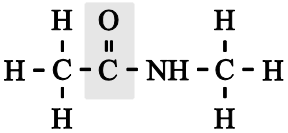
De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):


en

en

en

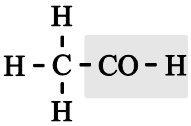
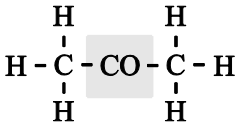
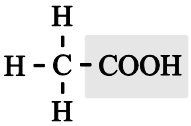
aldehyden ketonen carbonzuren


en

of

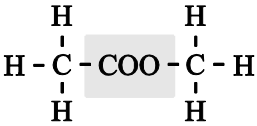
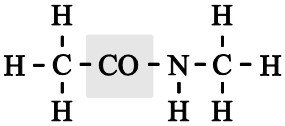
esters peptides/amides


of


De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):


en

en

en

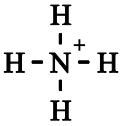
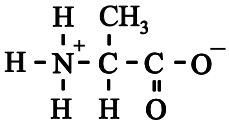
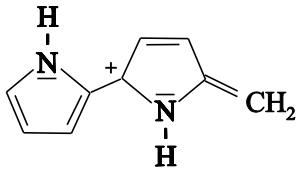
aldehyden ketonen carbonzuren


en


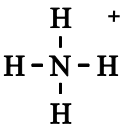
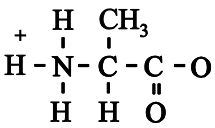
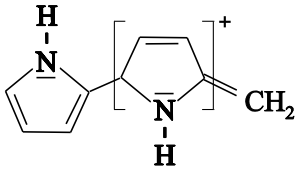
esters peptides/amides

– Bij de beoordeling van de weergave van formele lading(en) in structuurformules/lewisstructuren 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):

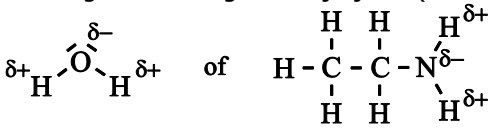

en

en


De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):

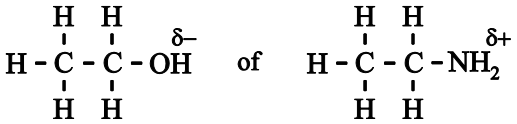

en

en


– Bij de beoordeling van de weergave van partiële lading(en) in een structuurformule/lewisstructuur 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.[10] 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.[11] 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: …"

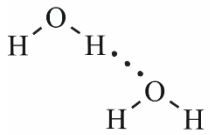
E. NOTATIE WATERSTOFBRUGGEN

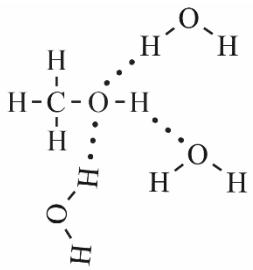
Volgens specificatie M3.1 moet de kandidaat een beschrijving op microniveau kunnen geven van de waterstofbrug. Soms is het gewenst om deze beschrijving te geven in de vorm van een tekening. Bij de beoordeling van deze weergave gelden de volgende richtlijnen:

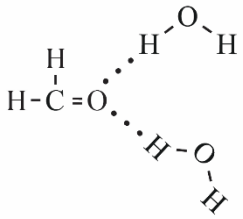
1 Uit de weergave moet duidelijk worden tussen welke twee atomen de waterstofbrug optreedt.
2 Een waterstofbrug dient te worden weergegeven met een stippellijntje: • • •.
3 Gebogen (lange) stippellijntjes hebben niet de voorkeur maar mogen goed gerekend worden.

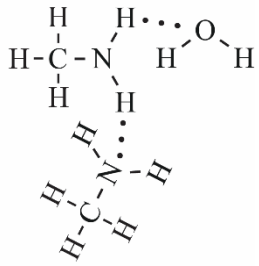
De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):

[10] Gids voor IUPAC-nomenclatuur van organische verbindingen, KNCV en KVCV 2010
[11] Beknopte handleiding voor de nomenclatuur van de anorganische chemie, KNCV en KVCV 2015

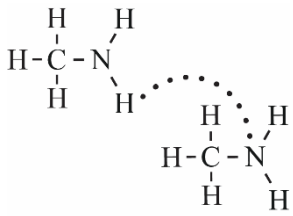








De volgende weergave goed rekenen:



BIJLAGE 4: VOORBEELDEN BIJ SPECIFICATIES VAN SUBDOMEIN A13

In deze bijlage zijn voorbeelden opgenomen bij de specificaties van subdomein A13. Voor de overzichtelijkheid voegen we subdomein A13 met de bijbehorende specificaties hier nogmaals toe:

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.

Specificatie
De kandidaat kan:

1. Door middel van systeemdenken concepten uit de sferen materie, reacties en rekenen & analyse verbinden met complexe vraagstukken en contexten binnen de sferen chemie van het leven en technologie & duurzaamheid:

- Een systeem en haar grenzen herkennen en daarbinnen de onderdelen en onderlinge interacties benoemen;
- De hiërarchie van het systeem herkennen aan de hand van de schaal en ordegrootte;
- De verandering van het systeem, de onderdelen en de interacties over tijd en ruimte beschrijven;
- De invoer, uitstroom en circulariteit van energie- en materiestromen van een systeem benoemen en gebruiken in redeneringen.

Voorbeeld 1: Vraagstuk rondom opladen van batterij/accu
Door middel van systeemdenken kan de leerling grip krijgen op vraagstuk rondom opladen van een batterij/accu. Bij dit vraagstuk moet de leerlingen concepten uit sfeer Reacties (elektrochemische cel; R1.14) verbinden aan context uit sfeer technologie & duurzaamheid (gebruik van elektrische energie; T6.5)

De leerling krijgt vragen over een voorbeeld van een batterij/accu die qua opbouw afwijkt van een standaard elektrochemische cel. Hieronder wordt uitgelegd hoe de aspecten uit de vier bolletjes van de specificatie achtereenvolgens aan de orde zijn.

- Door het tekenen van de opstelling kan de leerling de batterij/accu herkennen als een systeem waarvan de onderdelen benoemd kunnen worden. De interacties tussen de onderdelen bepalen of de batterij/accu wel of niet functioneert. Wat is de oxidator? wat is de reductor? Hoe staan ze met elkaar in verbinding?
- Inzicht in de hiërarchie tussen oxidator en reductor helpt om te bepalen of en hoe elektronenstroom op gang komt. Inzicht in hoeveelheid bepaalt de capaciteit van de batterij/accu.
- Beschrijving van het systeem in tijd en ruimte is nodig om te beoordelen of de batterij/accu herlaadbaar is. Waar blijven de stoffen die ontstaan bij ontladen van de batterij. Verlaat bijvoorbeeld H2-gas het systeem waardoor het niet beschikbaar is voor de terugreactie?
- Benoemen of de functie van de zoutbrug in het beschreven systeem is ingevuld is nodig om te beredeneren of de batterij/accu een gesloten, circulair, systeem vormt en daarmee stroom kan leveren.

Voorbeeld 2: Vraagstuk over duurzaamheid in de proceschemie
Door middel van systeemdenken kan de leerling grip krijgen op vraagstukken rondom het duurzaam inrichten van industriële processen (Industriële processen en groene chemie; T1 en T2). Bij dergelijke vraagstukken moeten leerlingen verbinding leggen met concepten als massabehoud en energiebehoud (Behoudswetten en kringlopen; R&A3) en diverse concepten uit sfeer Reacties.

De leerling krijgt vragen over een voorbeeld van een industrieel proces en de (milieu)impact daarvan op de directe (en wijde) omgeving. Hieronder wordt uitgelegd hoe de aspecten uit de vier bolletjes van de specificatie achtereenvolgens aan de orde zijn.

- Door het industriële proces als een systeem te herkennen en de verschillende processtappen (onderdelen) te beschrijven aan de hand van een blokschema krijgt de leerling zicht op de werking van het industriële proces.
- Beschrijven van de schaal en ordegrootte van de diverse processtappen in het systeem is nodig om te bepalen wat de functie en omvang van iedere processtap is in relatie tot het gehele proces. Welke processtappen binnen het systeem kunnen worden geoptimaliseerd?

- Beschrijving van het verloop van het proces over de tijd en ruimte is nodig om te kunnen inschatten. welke impact en (potentiële) risico ermee samenhangen.
- Beredeneren wat de impact op de directe (en wijde) omgeving aan hand van inzicht in de diverse materie- en energiestromen, waarbij de interactie tussen systeem 'industrieel proces' en de omgeving een waardeoordeel krijgt aan de hand van de principes van de groene chemie.

Voorbeelden uit oude vwo centraal examens

Jaar	Opgave	vraag	specificatie A13
2021-II	Retinal in het oog	12	1
2021-I	Groene verf	2	3
2018-II	Haarverf	14	3
2018-I	Zijde verven	9,10,11	1,3
2018-I	De PEF-fles	1	4
2017-II	Zwetende gebouwen koelen af	23	2,4

COLLEGE VOOR TOETSEN EN EXAMENS

Het College voor Toetsen en Examens is namens de overheid verantwoordelijk voor de kwaliteit en het niveau van de centrale examens en toetsen in Nederland. Het heeft verschillende examens en toetsen onder zijn hoede.

cvte.nl

SAMEN BOUWEN WE AAN GOEDE TOETSEN EN EXAMENS

Centrale Eindtoets primair onderwijs: de eindtoets die de overheid aanbiedt aan leerlingen uit groep 8. De uitkomst is een advies voor het best passende brugklastype.
Centraleeindtoetspo.nl

Centrale examens voortgezet onderwijs: het centrale deel van de eindexamens vmbo, havo of vwo. Het diploma geeft toegang tot passend vervolgonderwijs.
Examenblad.nl

Staatsexamens voortgezet onderwijs: examens voor iedereen die individueel of op vso-scholen niet in staat is via het regulier voortgezet onderwijs examen af te leggen.
Staatsexamensvo.nl

Centrale examens middelbaar beroepsonderwijs: centrale examens Nederlandse taal en Engels voor studenten in het mbo. De uitkomst is onderdeel van het mbo-diploma.
Examenbladmbo.nl

Staatsexamens Nederlands als tweede taal: examens Nederlandse taal voor iedereen die Nederlands niet als moedertaal heeft. Het diploma toont aan dat het Nederlands voldoende is voor werk of opleiding.
Staatsexamensnt2.nl