College voor Toetsen en Examens

SCHEIKUNDE HAVO

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 **14**
Subsfeer M1: Deeltjesmodellen 14
Subsfeer M2: Eigenschappen en modellen 15
Subsfeer M3: Bindingen en eigenschappen 16
Subsfeer M4: Bindingen, structuren en eigenschappen 17
Subsfeer M5: Macroscopische eigenschappen 17
Subsfeer M6: Kenmerken van innovatieve processen 17
Subsfeer M7: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen 18

5 SFEER: REACTIES **19**
Subsfeer R1: Chemische processen 19
Subsfeer R2: Classificatie van reacties 20
Subsfeer R3: Reactiesnelheid en katalyse 20
Subsfeer R4: Chemische procesontwerpen 20
Subsfeer R5: Energie 21

6 SFEER: (CHEMISCH) REKENEN & ANALYSE **21**
Subsfeer R&A1: Grootheden en relaties 21
Subsfeer R&A2: Chemische vakmethodes 22
Subsfeer R&A3: Behoudswetten en kringlopen 23

7 SFEER: TECHNOLOGIE & DUURZAAMHEID **23**
Subsfeer T1: Industriële processen en groene chemie 23
Subsfeer T2: Energieomzettingen 24
Subsfeer T3: Milieueisen 24
Subsfeer T4: Duurzaamheid 25

8 SFEER: CHEMIE VAN HET LEVEN **25**
Subsfeer L1: Structuur en functie 25

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA **27**

BIJLAGE 2: EXAMENWERKWOORDEN **32**

BIJLAGE 3: NOTATIE FORMULES EN BINDINGEN **33**

BIJLAGE 4: VOORBEELDEN BIJ SPECIFICATIES VAN SUBDOMEIN A13 **36**

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

De functie van een syllabus 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 ook een hulpmiddel voor degenen die 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 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.

Het CvTE stelt het aantal en de tijdsduur van de toetsen van het centraal examen vast en de wijze waarop het centraal examen wordt afgenomen. Deze vaststelling wordt gepubliceerd in het rooster voor de centrale examens en in de Septembermededeling.

Voor opmerkingen over syllabi houdt het CvTE zich steeds aanbevolen. U kunt die zenden aan info@cvte.nl of aan CvTE, Postbus 315, 3500 AH Utrecht.

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

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	Kennis van stoffen en materialen	B1	Deeltjesmodellen	X		X
		B2	Eigenschappen en modellen	X		X
		B3	Bindingen en eigenschappen	X		X
		B4	Bindingen, structuren en eigenschappen	X		X
		B5	Macroscopische eigenschappen	X		X
C	Kennis van chemische processen en kringlopen	C1	Chemische processen	X		X
		C2	Chemisch rekenen	X		X
		C3	Energieberekeningen	X		X
		C4	Chemisch evenwicht		X	
		C5	Technologische aspecten		X	
		C6	Reactiekinetiek	X		X
		C7	Behoudswetten en kringlopen	X		X
		C8	Classificatie van reacties	X		X
D	Ontwerpen en experimenten in de chemie	D1	Chemische vakmethodes	X		X
		D2	Veiligheid		X	
		D3	Chemische procesontwerpen	X		X
		D4	Molecular modelling		X	
E	Innovatieve ontwikkelingen in de chemie	E1	Kenmerken van innovatieve processen	X		X
		E2	Duurzaamheid		X	
		E3	Innovatieve processen		X	

Domein		Subdomein		in CE	moet in SE	mag in SE
F	Processen in de chemische industrie	F1	Industriële processen	X		X
		F2	Procestechnologie en duurzaamheid		X	
		F3	Energieomzettingen	X		X
		F4	Risico en veiligheid		X	
		F5	Kwaliteit en gezondheid		X	
G	Maatschappij en chemische technologie	G1	Chemie van het leven	X		X
		G2	Milieueisen	X		X
		G3	Duurzame chemische technologie		X	
		G4	Groene chemie		X*	
		G5	Ketenanalyse		X	

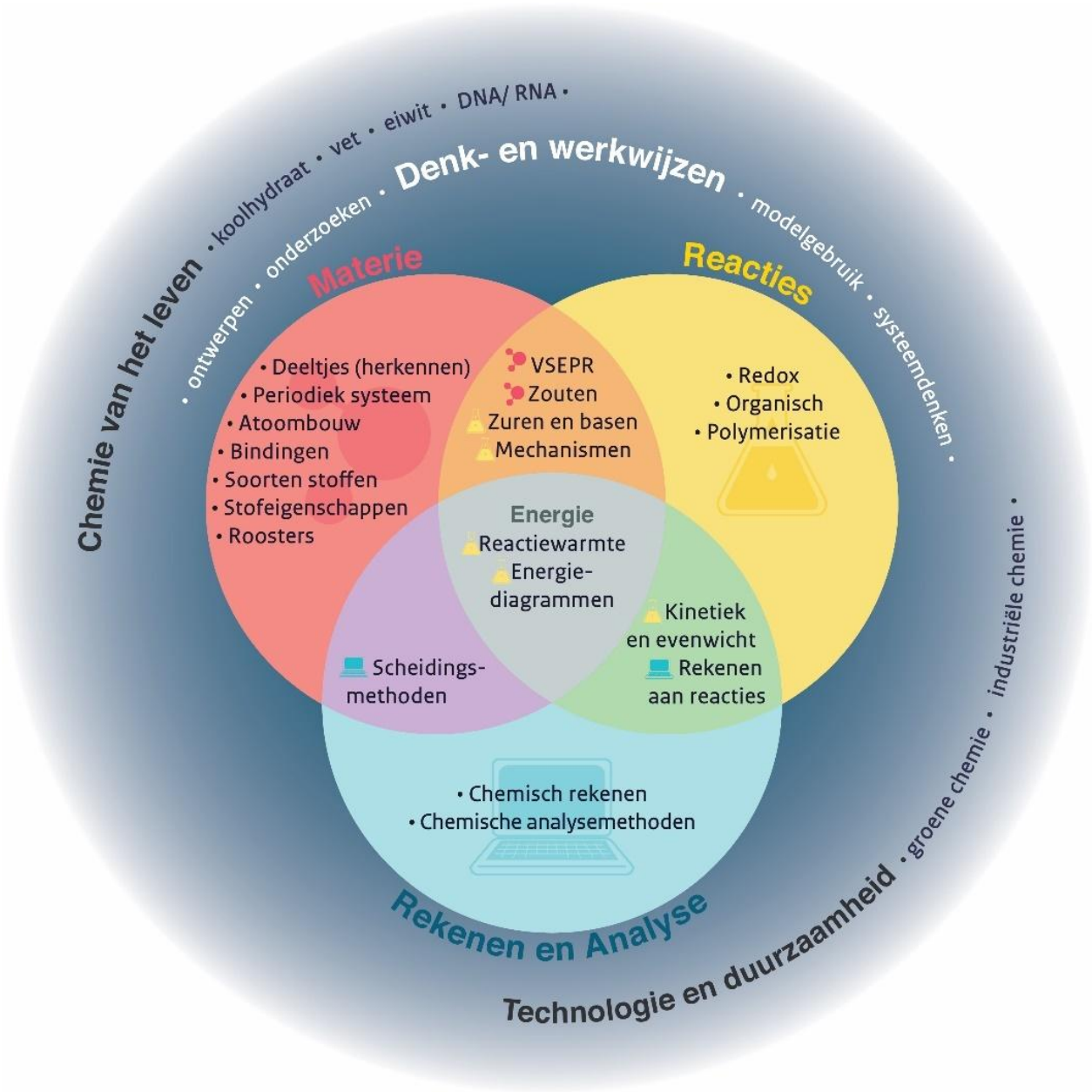
* Let op: Begrippen rond groene chemie kunnen in het centraal examen worden getoetst via subdomein F1.

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 er aan 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.



Let op: deze afbeelding behelst stof voor zowel het CSE havo als het CSE vwo. De specificaties in deze syllabus zijn leidend voor wat er in het CSE havo getoetst kan worden.

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 instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Specificatie

De kandidaat kan:

1 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren;
2 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
3 verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4 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 uitkomsten en de resultaten van een onderzoek evalueren;
10 *een natuurwetenschappelijk onderzoek op een geschikte manier presenteren;*
11 herkennen dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken zijn.

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

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 manier presenteren.*

Subdomein A7. Modelvorming

Eindterm

De kandidaat kan in contexten een probleem analyseren, een adequaat model selecteren, en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Specificatie

De kandidaat kan:
1 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;
6 met een model eigenschappen van een natuurwetenschappelijk verschijnsel beschrijven, verklaren en/of voorspellen;
7 voorstellen doen voor de verbetering en/of uitbreiding van een model;
8 *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;
     - gewogen gemiddelde berekenen.
   - berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en relaties en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren.
   - wiskundige technieken toepassen:
     - omwerken van eenvoudige wiskundige betrekkingen;
     - oplossen van lineaire vergelijkingen;
     - rekenen met evenredigheden (recht en omgekeerd);
     - berekeningen maken met logaritmen met grondtal 10 in relatie tot pH en pOH.
   - afgeleide eenheden herleiden tot eenheden van het SI met behulp van omzettingstabellen.
   - uitkomsten schatten en beoordelen.

Subdomein A9. Waarderen en oordelen

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

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

SCHEIKUNDE – SPECIFIEKE VAARDIGHEDEN

Subdomein A10. Gebruiken van chemische concepten

Eindterm

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

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 technologische contexten chemische concepten herkennen en gebruiken en kan op basis daarvan voorspellingen doen, en berekeningen en schattingen maken.

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, een natuurwetenschappelijk vraagstuk of een natuurwetenschappelijk verschijnsel te specificeren.

Subdomein A12. Redeneren in termen van structuur-eigenschappen

Eindterm

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

Specificatie:

De specificaties van dit subdomein zijn nagenoeg ongewijzigd opgenomen, maar verplaatst naar sfeer ‘Materie’ (M7.1), 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 herkennen in termen van systemen en daarbij kennis van stoffen, deeltjes, reactiviteit en energie gebruiken.

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 technologische contexten aspecten van duurzaamheid aangeven en beschrijven.

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

Specificaties
Deze specificaties zijn ongewijzigd opgenomen onder sfeer 'Technologie & Duurzaamheid' (T4 specificaties 4.1 en 4.2).

Subdomein A15. Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis

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

Specificatie
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)**.

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, broom, chloor, fluor, fosfor, helium, jood, koolstof, neon, silicium, stikstof, waterstof, zuurstof, zwavel;
- metalen: aluminium, barium, calcium, cadmium, chroom, goud, ijzer, kalium, kobalt, koper, kwik, lithium, lood, magnesium, mangaan, 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^-, NO_3^-, NO_2^-, O^{2-}, OH^-, PO_4^{3-}, S^{2-}, SO_3^{2-}, SO_4^{2-};
- van koolstofverbindingen met maximaal zes koolstofatomen met onvertakte keten.

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;*
- *vertakte koolstofketen.*

4 De kandidaat kan met behulp van een atoommodel de bouw van atomen en ionen beschrijven en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
- bouw van de kern:
  - protonen, neutronen
  - massagetal, atoomnummer
  - isotopen
- 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 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 uit de plaats in het periodiek systeem voor de volgende atoomsoorten de genoemde covalentie aangeven:
  - H, F, Cl, I, Br covalentie 1;
  - O, S covalentie 2;
  - N, P covalentie 3;
  - C, Si covalentie 4.

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 gegeven formules van 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
  - molecuulformule;
  - structuurformule.

13 De kandidaat kan met behulp van een gegeven molecuulformule en covalenties een structuurformule geven van een moleculaire stof en omgekeerd.

14 De kandidaat kan in structuurformules van organische verbindingen functionele/karakteristieke groepen herkennen:
  - C=C;
  - OH groep (hydroxyl);
  - COOH groep (carboxyl);
  - NH_2 groep (amino);
  - C-X (X= F, Cl, Br, I);
  - COOC groep (ester);
  - CONHC groep (peptide/amide).

15 De kandidaat kan met behulp van de structuurformule van koolstofverbindingen met maximaal zes koolstofatomen met onvertakte keten met hoogstens één soort functionele/karakteristieke groepen[4] de systematische IUPAC-naam aangeven en omgekeerd:
  - alkanen en afgeleide stoffen;
  - alkenen.

16 De kandidaat kan aangeven dat de molecuulformules van verschillende organische verbindingen identiek aan elkaar kunnen zijn:
  - structuurisomerie.

Subsfeer M2: Eigenschappen en modellen

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan het verschil tussen zuivere stoffen en mengsels beschrijven

[3] 'Eenvoudige' elektronenconfiguratie, niet s,p,d
[4] De hier bedoelde functionele groepen/karakteristieke groepen zijn beperkt tot de in specificatie M1.14 genoemde.

- 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;
- legering;
- oplossing: onverzadigd, verzadigd;
- suspensie.

Subsfeer M3: Bindingen en eigenschappen

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan de volgende soorten bindingen beschrijven op microniveau:
- atoombinding/covalente binding;
- gemeenschappelijk(e) elektronenpa(a)r(en);
- polaire atoombinding:
  - O–H en N–H binding
- hydratatie;
- ionbinding;
- 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:
- 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 kan de termen hydrofoob/hydrofiel in verband brengen met verschillen in soorten binding:
- vanderwaalsbinding/molecuulbinding;
- waterstofbrug.

6 De kandidaat kan verschillen in oplosbaarheid/mengbaarheid van moleculaire stoffen toelichten:
- hydrofiel;
- hydrofoob.

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

8 De kandidaat kan beschrijven welke soorten bindingen worden verbroken en/of gevormd bij het oplossen en/of ioniseren in water van:
- basen;
- moleculaire stoffen;
- zouten;

- zuren.

9 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 aanwezige structuren en de bindingen in en tussen deeltjes een macroscopische eigenschap van een stof of materiaal verklaren.

Specificatie

1 De kandidaat kan een verband leggen tussen de bouw van een stof en
- corrosiegevoeligheid, en maakt daarbij gebruik van:
  - edelheid van metalen
  - de aanwezigheid van een beschermende laag
- 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 C=C bindingen
  - 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:
    - thermoplasten
    - thermoharders

Subsfeer M5: Macroscopische eigenschappen

Eindterm

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

Specificatie

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

Subsfeer M6: Kenmerken van innovatieve processen

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan de relatie beschrijven tussen de microstructuur en macroscopische eigenschappen van stoffen:
- beweeglijkheid van ladingsdragers en geleidbaarheid;
- karakteristieke groepen en reactiviteit;
- roosters en vervormbaarheid:
  - metaalroosters
    - legeringen

        - invloed van de temperatuur
    - rooster/structuur van polymeren:
        - crosslinks/vulkaniseren
        - ketenlengte
        - soorten monome(e)r(en)
        - weekmakers
- aanwezigheid van C=C binding en uv-licht gevoeligheid;
- soorten metaalatomen en corrosiegevoeligheid:
    - edele metalen en onedele metalen
    - gebonden metaaloxide laagje
- moleculaire structuur en oplosbaarheid:
    - N-H en O-H
    - hydrofiel
    - hydrofoob
- moleculaire structuur en biodegradeerbaarheid van polymeren.
    - polyesters, poly-amiden/polypeptiden en polysachariden

2 De kandidaat kan een gegeven keuze voor een bepaald materiaal toelichten aan de hand van de bovenstaande (M6.1) structuur-eigenschap-relaties.

Subsfeer M7: Redeneren in termen van structuur-eigenschappen

Eindterm

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

Specificatie:

1 De kandidaat kan de volgende begrippen herkennen en gebruiken:
- microstructuur/microniveau: atomen, (functionele) groepen, bindingen, moleculen, ionen;
- mesostructuur/mesoniveau[5]: structuurniveau gevormd door een aantal groepen/ gegroepeerde deeltjes uit het microniveau;
- macrostructuur/macroniveau: op niveau van stoffen en materialen (stof-/ materiaaleigenschappen).

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

5 SFEER: REACTIES

Subsfeer R1: Chemische processen

Eindterm

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

Specificatie

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

2 De kandidaat kan van de volgende processen een (reactie)vergelijking geven:
- processen waarbij beginstoffen en reactieproducten gegeven zijn;
- volledige verbranding van verbindingen van koolstof, waterstof en eventueel zuurstof;
- oplossen/ioniseren in water van:
  - basen;
  - moleculaire stoffen;
  - zouten;
  - zuren.

3 De kandidaat kan de volgende reactietypen herkennen:
- donor-acceptor reacties:
  - redoxreacties: overdracht van elektronen
  - zuur-base reacties: overdracht van H^+ionen/protonen
- *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 als een reactie waarbij H^+ ionen worden overgedragen:
- aanwijzen van het zuur/de donor;
- aanwijzen van de base/acceptor.

8 De kandidaat kan een redoxreactie beschrijven als een reactie waarbij elektronen worden overgedragen:
- halfreacties;
- aanwijzen van de reductor/oxidator.

9 De kandidaat kan de totale vergelijking van de reactie afleiden uit gegeven halfreacties.

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

11 De kandidaat kan bij organisch-chemische reacties de reactievergelijking weergeven in molecuulformules en structuurformules:
- additiereacties;
- condensatiereacties:
  - vorming van ester

    - vorming van amide/peptide
- hydrolysereacties:
    - hydrolyse van koolhydraten tot monosacchariden
    - hydrolyse van (poly)esters en (poly-)amiden/(poly)peptiden
    - hydrolyse van vetten tot glycerol en vetzuren
- kraken;
- polymerisatie van alkenen en gesubstitueerde alkenen;
- polymerisatie tot polyesters en poly-amiden/polypeptiden;
- substitutiereacties:
    - alkanen met halogenen

Subsfeer R2: Classificatie van reacties

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan een aantal typen reacties classificeren en aangeven wat de kenmerken zijn:
- additiereactie;
- condensatiereacties;
- hydrolyse;
- polymerisatiereactie.

2 De kandidaat kan van de volgende soorten polymerisatiereacties aangeven wat de kenmerken zijn:
- poly-additie;
- polycondensatie.

3 De kandidaat kan aan de hand van de structuurformule van een (co)polymeer de structuurformule(s) van de/het monome(e)r(en) geven:
- poly-additie;
- polycondensatie.

Subsfeer R3: Reactiesnelheid en katalyse

Eindterm

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

Specificatie

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

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

Subsfeer R4: Chemische procesontwerpen

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan aangeven dat voor de vorming van additiepolymeren een initiatiestap nodig is:
- initiator;
- uv-licht.

2 De kandidaat kan een verband leggen tussen macroscopische eigenschappen, het productieproces en de manier van verwerken van een materiaal:
- metalen: persen, gieten, walsen;
- thermoharders: polymeriseren in een mal;

- thermoplasten: spuitgieten, extruderen, blazen.

Subsfeer R5: Energie

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan 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 proces berekenen met behulp van vormingswarmtes.

4 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.*

5 De kandidaat kan aangeven dat bij omzettingen van een vorm van energie in een andere vorm van energie er minstens een deel wordt omgezet in warmte. In verband daarmee kan de kandidaat het begrip kwaliteit van energie gebruiken in redeneringen.

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.

Specificatie

1 De kandidaat kan de volgende principes gebruiken bij het rekenen aan chemische processen:
   - massaverhouding;
   - molverhouding/stoichiometrische verhouding;
   - ondermaat/overmaat;
   - rendement als fractie of percentage van de theoretische opbrengst.

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

- 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
- reactiesnelheid;
  - symbool *s*
  - eenheid mol $L^{-1}s^{-1}$
- relaties:
  - $\rho = \frac{m}{V}$
  - $n = \frac{m}{M}$
  - $[\mathrm{X}] = \frac{n}{V}$ of $c = \frac{n}{V}$
  - $s = \frac{\Delta c}{\Delta t}$

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 $[H^+]$;
- pOH = –log $[OH^-]$;
- pH + pOH = 14,00 (bij 298K);
- $[H^+] = 10^{-pH}$;
- $[OH^-] = 10^{-pOH}$.

Subsfeer R&A2: Chemische vakmethodes

Eindterm

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

Specificaties

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

- indampen;
- *ijklijn;*
- *indicator;*
- *oplosmiddel;*
- *reagens;*
- *residu;*
- *titratie.*

2 De kandidaat kan voor scheidingsmethodes[6] toelichten op welk verschil van (stof)eigenschap ze berusten en beargumenteren waarom ze bij een bepaald proces worden gebruikt.
3 De kandidaat kan aan de hand van een chromatogram een uitspraak doen over de aanwezigheid van bepaalde stoffen.

Subsfeer R&A3: Behoudswetten en kringlopen

Eindterm

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

Specificatie

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

7 SFEER: TECHNOLOGIE & DUURZAAMHEID

Subsfeer T1: Industriële processen en groene chemie

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken:
- afval;
- batchproces;
- bulkchemie;
- continuproces;
- energiebehoud/energiebalans;
- energiehuishouding;
- fijnchemie;
- groene chemie;
- reactoren;
- recirculatie;
- recycling;
- scheidingsinstallaties/scheidingsmethodes;
- stofstromen;
- 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.
4 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;

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

- (hernieuwbare) grondstoffen;
- kwalitatieve energiebeschouwing;
- milieueisen;
- nevenreacties;
- onvolledige omzetting;
- ondermaat/overmaat;
- reactieomstandigheden;
- recycling;
- veiligheid.

5 De kandidaat kan aan de hand van formules uit groene chemie berekeningen uitvoeren aan processen:
- atoomeconomie;
- E-factor.

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

Subsfeer T2: Energieomzettingen

Eindterm

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

Specificaties

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

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
- olieraffinage:
  - gefractioneerde destillatie
  - kraken

Subsfeer T3: Milieueisen

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan bij een risico inventarisatie van een experiment of toepassing van een chemisch proces een verband leggen tussen gemaakte keuzes en de volgende begrippen:
- ADI-waarde;
- gevaarsymbolen;
- GHS-systeem;
- grenswaarde;
- LD-50.

2 De kandidaat kan ongewenste effecten van het gebruik van koolstofhoudende brandstoffen in verband brengen met de kwaliteit van lucht, water en bodem:
- zure depositie;

    - SO_2, NO_x
  - smogvorming.
    - SO_2, NO_x, roet, onverbrande koolwaterstoffen, CO, fijnstof
3 De kandidaat kan effecten van het gebruik van (kunst)mest in verband brengen met de kwaliteit van lucht, water en bodem:
  - mineraalbalans.
    - eutrofiëring
    - uitspoelen.

Subsfeer T4: Duurzaamheid

Eindterm

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

Specificaties

1 De kandidaat kan de rol van levenscycli van stoffen, materialen en producten aangeven in termen van duurzaamheid.
2 De kandidaat kan de maatschappelijke betekenis van de chemie toelichten in contexten over wereldvoedselvoorziening, duurzame energievoorziening, (drink)watervoorziening, beschikbaarheid van grondstoffen, opwarming van de aarde en vervuiling van de aarde.
3 De kandidaat kan beschrijven dat elektrische energie kan worden gebruikt voor:
  - duurzame productie van stoffen:
    - elektrolyse van water: waterstof
  - omzetting van chemische energie in elektrische energie en omgekeerd:
    - brandstofcel/elektrochemische cel/batterij
    - opladen accu/batterij

8 SFEER: CHEMIE VAN HET LEVEN

Subsfeer L1: Structuur en functie

Eindterm

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

Specificatie

1 De kandidaat kan de volgende biologische vakbegrippen herkennen en gebruiken:
  - *ademhaling/gaswisseling;*
  - *bloed;*
  - *cel;*
  - *celmembraan;*
  - *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 structuur
  - koolhydraten:
    - mono-, di- en polysachariden
  - vetten:
    - glycerol
    - triglyceriden
    - (on)verzadigde vetzuren
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 en vetten in de levende natuur benoemen.

- eiwitten:
  - bouwstof
  - enzymen
- koolhydraten:
  - energieopslag
- vetten:
  - bouwstof in membranen
  - energieopslag

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

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:
Domein A: Vaardigheden
Domein B: Kennis van stoffen en materialen
Domein C: Kennis van chemische processen en kringlopen
Domein D: Ontwerpen en experimenten in de chemie
Domein E: Innovatieve ontwikkelingen in de chemie
Domein F: Processen in de chemische industrie
Domein G: Maatschappij en chemische technologie

Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, B3, B4, B5, C1, C2, C3, C6, C7, C8, D1, D3, E1, F1, F3, G1 en G2, in combinatie met de vaardigheden genoemd in domein A.
Het CvE kan bepalen dat het centraal examen ten dele betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen tezamen dezelfde studielast hebben als de in de vorige zin genoemde.
Het CvE stelt het aantal en de tijdsduur van de zittingen van het centraal examen vast.
Het CvE maakt indien nodig een specificatie bekend van de examenstof van het centraal examen.

Het schoolexamen

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

De examenstof

Domein A: Vaardigheden
Algemene vakvaardigheden (profieloverstijgend niveau)

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

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

Subdomein A3: Reflecteren op leren
3 De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

Subdomein A4: Studie en beroep
4 De kandidaat kan aangeven op welke wijze natuurwetenschappelijke kennis in studie en beroep wordt gebruikt en kan mede op basis daarvan zijn belangstelling voor studies en beroepen onder woorden brengen.

Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau)

Subdomein A5: Onderzoeken
5 De kandidaat kan in contexten instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

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

Subdomein A7: Modelvorming
7 De kandidaat kan in contexten een probleem analyseren, een adequaat model selecteren, en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

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

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

Scheikunde - specifieke vaardigheden

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

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

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

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

Subdomein A14: Redeneren in termen van duurzaamheid
14 De kandidaat kan in maatschappelijke, beroeps- en technologische contexten aspecten van duurzaamheid aangeven en beschrijven.

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

Domein B: Kennis van stoffen en materialen

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

Subdomein B2: Eigenschappen en modellen
17 De kandidaat kan macroscopische eigenschappen van een stof of materiaal in relatie brengen met deeltjesmodellen.

Subdomein B3: Bindingen en eigenschappen
18 De kandidaat kan met behulp van kennis van bindingen eigenschappen van stoffen en materialen toelichten en beschrijven.

Subdomein B4: Bindingen, structuren en eigenschappen
19 De kandidaat kan op basis van kennis van aanwezige structuren en de bindingen in en tussen deeltjes een macroscopische eigenschap van een stof of materiaal verklaren.

Subdomein B5: Macroscopische eigenschappen
20 De kandidaat kan een macroscopische eigenschap relateren aan de structuur van een stof of materiaal.

Domein C: Kennis van chemische processen en kringlopen

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

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

Subdomein C3: Energieberekeningen
23 De kandidaat kan een chemisch proces en de daarbij optredende energieomzetting en energie-uitwisseling beschrijven en met een berekening toelichten.

Subdomein C4: Chemisch evenwicht
24 De kandidaat kan bij experimenten metingen doen aan concentraties en energie-uitwisseling en beredeneren of er sprake is van evenwicht en hoe de ligging van het evenwicht kan worden beïnvloed.

Subdomein C5: Technologische aspecten
25 De kandidaat kan in contexten van technologische aard aspecten van schaal, verandering en reactiviteit herkennen en toelichten.

Subdomein C6: Reactiekinetiek
26 De kandidaat kan de reactiesnelheid berekenen uit de concentratieverandering en beredeneren hoe de reactiesnelheid beïnvloed wordt.

Subdomein C7: Behoudswetten en kringlopen
27 De kandidaat kan chemische processen relateren aan behoudswetten en beschrijven in termen van kringlopen.

Subdomein C8: Classificatie van reacties
28 De kandidaat kan eenvoudige reacties classificeren en gebruiken bij het beschrijven van polymerisatiereacties.

Domein D: Ontwerpen en experimenten in de chemie

Subdomein D1: Chemische vakmethodes
29 De kandidaat kan met behulp van kennis van stoffen, materialen en chemische processen verklaren waarom bepaalde scheidings- en/of analysemethoden passen in een voorgesteld ontwerp of productieproces.

Subdomein D2: Veiligheid
30 De kandidaat kan stoffen en materialen analyseren en zuiveren en daarbij veilig omgaan met stoffen, materialen en apparatuur.

Subdomein D3: Chemische procesontwerpen
31 De kandidaat kan chemische processen relateren aan de opzet van een ontwerpopdracht of gebruikte technologie.

Subdomein D4: Molecular modelling
32 De kandidaat kan bij een onderzoek- of een ontwerpopdracht elementen van "molecular modelling" gebruiken.

Domein E: Innovatieve ontwikkelingen in de chemie

Subdomein E1: Kenmerken van innovatieve processen
33 De kandidaat kan in innovatieve processen het gebruik van structuur-eigenschappen-relaties ten minste in de context van materialen, geneesmiddelen of voeding, herkennen en beschrijven.

Subdomein E2: Duurzaamheid
34 De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen aspecten van duurzaamheid in relatie brengen met ontwikkelingen in de chemie.

Subdomein E3: Innovatieve processen
35 De kandidaat kan met kennis van de chemische industrie ten minste in de context van voedselproductie of materialen een innovatief proces beschrijven.

Domein F: Processen in de chemische industrie

Subdomein F1: Industriële processen
36 De kandidaat kan gegeven industriële processen beschrijven in blokschema's, rendementsberekeningen maken, en aangeven hoe aspecten van groene chemie bij het ontwerp van het proces een rol spelen.

Subdomein F2: Procestechnologie en duurzaamheid
37 De kandidaat kan kennis over procestechnologie en reactiekinetiek gebruiken bij redeneringen met betrekking tot duurzaamheid en veiligheid van een proces.

Subdomein F3: Energieomzettingen
38 De kandidaat kan in de context van duurzaamheid beschrijven welke chemische en/of technologische processen worden gebruikt bij energieomzettingen en kan beredeneren hoe duurzaamheid een rol speelt bij energieproductie.

Subdomein F4: Risico en veiligheid
39 De kandidaat kan in een gegeven industrieel proces veiligheidsrisico's benoemen en veiligheidsmaatregelen aangeven.

Subdomein F5: Kwaliteit en gezondheid
40 De kandidaat kan kennis van chemische processen ten minste in de context van voeding of voedselproductie relateren aan uitspraken over kwaliteit en gezondheid.

Domein G: Maatschappij en chemische technologie

Subdomein G1: Chemie van het leven
41 De kandidaat kan chemische processen in levende organismen herkennen en beschrijven.

Subdomein G2: Milieueisen
42 De kandidaat kan met behulp van kennis van chemische processen ten minste in de context van voedselproductie of gezondheid uitspraken doen over de kwaliteit van water, lucht, bodem en voedsel.

Subdomein G3: Duurzame chemische technologie
43 De kandidaat kan aangeven hoe grondstoffen voor de chemische industrie worden geproduceerd en kan met behulp van kennis van duurzame principes een relatie leggen tussen de lokale en mondiale kwaliteit van leven en de bijdrage van een bedrijfsproces uit de chemische industrie daaraan.

Subdomein G4: Groene chemie

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

Subdomein G5: Ketenanalyse

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

BIJLAGE 2: 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.

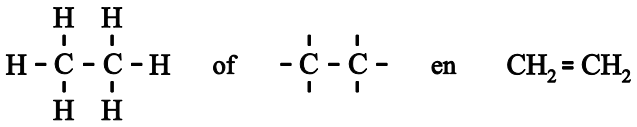
BIJLAGE 3: NOTATIE FORMULES EN BINDINGEN

A. STRUCTUURFORMULES

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.

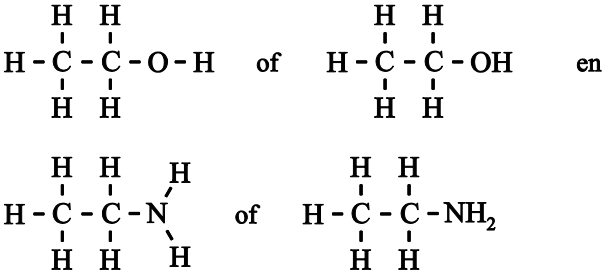
– Bij de beoordeling van de weergave van bindingen tussen C-atomen en H-atomen gelden de volgende richtlijnen:
  1 Uit de weergave moet duidelijk worden dat de covalentie van koolstof 4 is.
  2 Wanneer de C–H bindingen zijn weergegeven met bindingsstreepjes, mogen de symbolen voor de H-atomen worden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

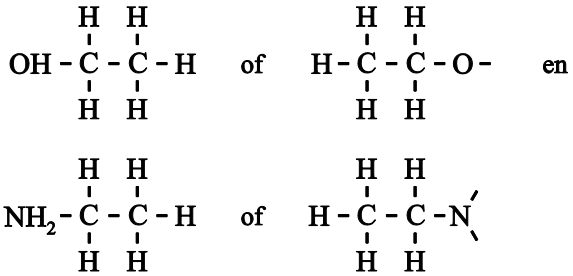


– Bij de beoordeling van de weergave van hydroxylgroepen en aminogroepen gelden de volgende richtlijnen:
  1 De symbolen voor de H-atomen in de functionele groep moeten worden weergegeven.
  2 De binding van de functionele groep aan het koolstofskelet moet worden weergegeven met een bindingsstreepje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

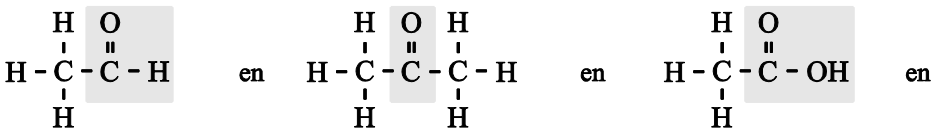


  De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):

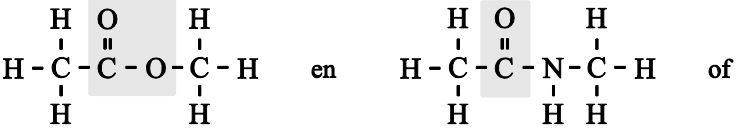


– Bij de beoordeling van de weergave van de carbonylgroep in verschillende klassen van koolstofverbindingen geldt de volgende richtlijn:
  De carbonylgroep moet in structuur worden weergegeven.

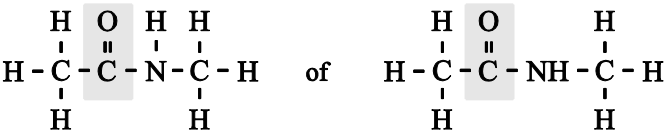
  De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):



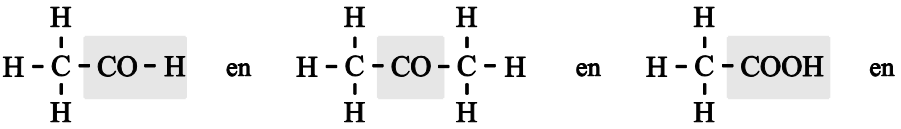
aldehyden ketonen carbonzuren



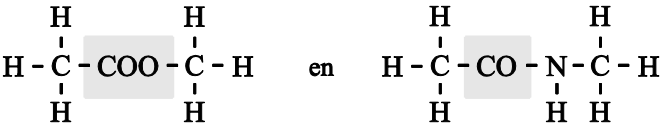
esters peptides/amides



De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden)[7]:



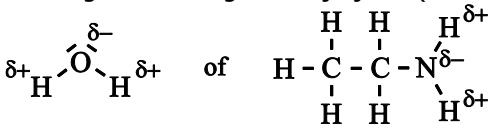
aldehyden ketonen carbonzuren



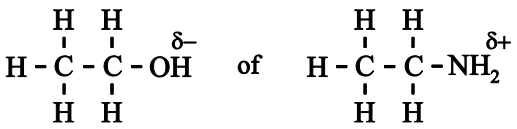
esters peptides/amides

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

  De volgende weergaven zijn juist (enkele voorbeelden):



  De volgende weergaven zijn onjuist (enkele voorbeelden):



B. (VERHOUDINGS)FORMULES VAN ZOUTEN

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

[7] De weergave van de carbonylgroep in aldehyden en ketonen is hier opgenomen, omdat het in een havo-examen kan voorkomen dat een C=O binding in structuurformule moet worden weergegeven. De carbonylgroep, ketonen en aldehyden maken verder geen deel uit van de havo-syllabus en hoeven dus niet als zodanig te worden herkend.

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.[8] 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

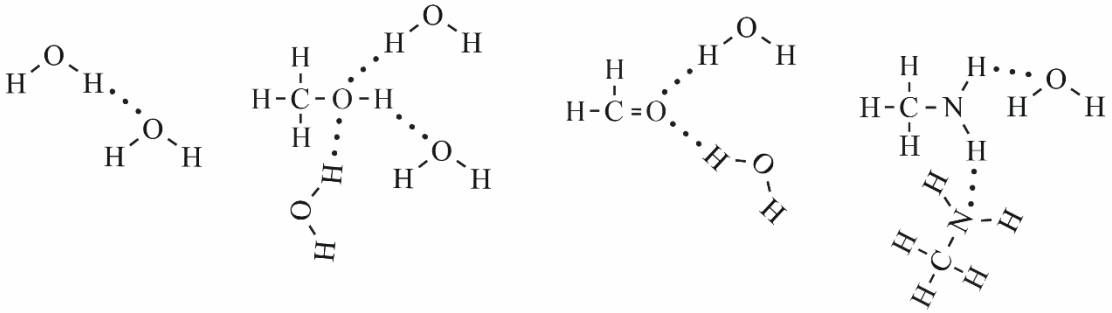
De specificaties in de syllabus geven aan dat kandidaten de naamgeving volgens de IUPAC systematiek moeten kunnen hanteren. Sinds 2015 is de Nederlandse anorganische naamgeving volgens IUPAC veranderd.[9] Zowel de voorkeursnaam als de 'oude' naam zijn chemisch correct en moeten dus beide goed gerekend 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

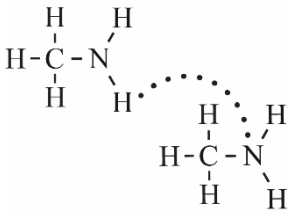
Volgens specificatie M3.1 moet de kandidaat een beschrijving op microniveau kunnen geven van de waterstofbrug. Soms is het gewenst om deze beschrijving te geven in de vorm van een tekening. Bij de beoordeling van deze weergave gelden de volgende richtlijnen:

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):



De volgende weergave goed rekenen:



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

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; R1.10) verbinden aan context uit sfeer technologie & duurzaamheid (gebruik van elektrische energie; T4.3)

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). 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 havo centraal examens

Jaar	Opgave	vraag	specificatie A13
2021-I	Ethyllactaat	5	4
2021-II	Palladiumvanger	6	1, 3
2019-II	Koele kauwgom	18	1, 2
2018-I	Lignine	28, 29	2, 4
2017-I	Contrastmiddel voor MRI-scans	7	3, 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