

Leerstof voortentamen scheikunde

In dit document wordt de leerstof beschreven van het programma van het voortentamen scheikunde op havo niveau te beginnen met het voortentamen van november 2016.

Deze specificatie is gebaseerd op de eindtermen van het programma voor het Centraal Examen en het Schoolexamen zoals dat in het middelbaar onderwijs op de havo wordt afgenomen voor het vak scheikunde vanaf mei 2016.

Indien de leerstof voor het voortentamen scheikunde op havo-niveau op enig moment afwijkt van de leerstof van het op dat moment geldende programma van het Centraal Examen of Schoolexamen geldt altijd het hieronder weergegeven programma.

datum: 18 juni 2016

1. Het voortentamen scheikunde

Het voortentamen bestaat uit een schriftelijk examen.
Het voortentamen wordt afgenomen in een zitting van 3 uur.

De leerstof 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 voortentamen scheikunde heeft betrekking op de domeinen B tot en met G in combinatie met de vaardigheden uit domein A met uitzondering van die onderdelen die zich naar hun aard niet lenen voor schriftelijke examinering, waaronder vaardigheden die uitdrukkelijk een computer als werkstation vereisen.

Voor voorbeelden van examenvragen wordt verwezen naar de voorbeeldtentamens op de website en naar de schriftelijke examens uit het verleden. Het type vragen kan enigszins afwijken van de vragen op basis van de huidige interpretatie van de eindtermen door de CEVO; het accent bij de voortentamens ligt meer op het doen van berekeningen.

In de hierna volgende specificatie van de leerstof voor het voortentamen scheikunde zijn aangegeven:

- de domeinen en subdomeinen die getoetst worden;
- per subdomein één geglobaliseerde eindterm;
- een specificatie van de geglobaliseerde eindtermen waar nodig aangevuld met voorbeeldcontexten en deelconcepten.

2. De leerstof van het voortentamen

Domein A. Vaardigheden

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4: Algemene vaardigheden;

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

Subdomeinen A10 t/m A15: Natuurkunde specifieke vaardigheden.

Subdomein A1 - Informatievaardigheden gebruiken

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

Subdomein A2 - Communiceren

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

Subdomein A3 - Reflecteren op leren

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

Subdomein A4 - Studie en beroep

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

Subdomein A5 - Onderzoeken

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

Specificatie:

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

1. een natuurwetenschappelijk probleem herkennen;
2. een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meer) 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 meer) onderzoeksvra(a)g(en);
6. voor de beantwoording van een onderzoeksvraag relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen;
7. meetgegevens verwerken en presenteren op een wijze die helpt bij de beantwoording van een onderzoeksvraag;
8. op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvra(a)g(en) van het onderzoek;
9. de uitvoering van een onderzoek en de conclusies evalueren, gebruik makend van de begrippen validiteit, nauwkeurigheid, reproduceerbaarheid en betrouwbaarheid;
10. een natuurwetenschappelijk onderzoek op geschikte manieren presenteren.

Subdomein A6 - Ontwerpen

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

Specificatie:

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

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

Subdomein A7 - Modelvorming

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 gebruik makend van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden:

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

Subdomein A8 - Natuurwetenschappelijk instrumentarium

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

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

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

Subdomein A9 - Waarderen en oordelen

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. onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen;
3. feiten met bronnen verantwoorden;
4. de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor de beantwoording van het betreffende vraagstuk.

Subdomein A10 - Gebruiken van chemische concepten

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan de volgende chemische vakbegrippen herkennen en gebruiken:
 - aggregatietoestand/fase;
 - toestandsaanduidingen (s), (l), (g) en (aq)
 - atomaire massa eenheid (u);
 - alcoholen;
 - ammonia;
 - carbonzuren;
 - coëfficiënt;
 - destillaat;

- extractiemiddel;
- fase-overgang;
- filtraat;
- index;
- indicator;
- loopvloeistof;
- molariteit / molair (M);
- natronloog;
- ontbrandingstemperatuur;
- ontledingsreactie: elektrolyse, fotolyse en thermolyse;
- onvolledige verbranding;
- oplosmiddel;
- reagens;
- residu;
- titratie;
- triviale naam;
- vertakte koolstofketen;
- ijklijn;
- zoutzuur.

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

- ademhaling;
- bloed;
- cel;
- celmembraan;
- ecosysteem;
- organisme;
- spijsvertering;
- transport.

3. De kandidaat kan de volgende natuurkundige vakbegrippen herkennen en gebruiken:

- druk;
- energie;
- kracht;
- licht;
- massa;
- radioactiviteit;
- spanning;
- straling;
- stroomsterkte;
- temperatuur;
- warmte.

Subdomein A11 - Redeneren in termen van context-concept

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

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

Specificatie:

De kandidaat kan de volgende begrippen herkennen en gebruiken:

- microstructuur / microniveau: atomen, moleculen, ionen;
- mesostructuur / mesoniveau: structuurniveau gevormd door een aantal groepen/gegroepeerde deeltjes uit het microniveau (*Stof en/of materiaaleigenschappen*)

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

- macrostructuur / macroniveau: op niveau van stoffen en materialen (stof- / materiaaleigenschappen).

Subdomein A13 - Redeneren over systemen, verandering en energie

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

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

Specificatie:

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

Subdomein A15 - Redeneren over ontwikkelen van chemische kennis

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen (kennisvorming).
2. De kandidaat kan beschrijven hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan aangeven hoe de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en samenleving is (toepassen van kennis).

Domein B - Kennis van stoffen en materialen

Subdomein B1 - Deeltjesmodellen

De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

Specificatie:

1. De kandidaat kan met een atoommodel van kern en elektronen de bouw van atomen en ionen beschrijven en daarbij de volgende begrippen hanteren:
 - bouw van de kern;
 - protonen, neutronen
 - massagetal, atoomnummer
 - isotopen
 - elektronenwolk;
 - opgebouwd uit verschillende schillen (K, L, M, ...)
 - K-schil bevat maximaal 2 elektronen en de L-schil maximaal 8 elektronen
 - lading en massa van elektronen, protonen en neutronen.
2. De kandidaat kan de opbouw van het periodiek systeem beschrijven, en daarbij:
 - het verband aangeven tussen atoomnummer en plaats in het periodiek systeem;
 - het verloop van eigenschappen van elementen in een groep beschrijven;

- verdeling metalen en niet-metalen globaal aangeven;
 - de plaats van halogenen en edelgassen aangeven.
3. De kandidaat kan uit de plaats in het periodiek systeem voor de volgende atoomsoorten de genoemde covalentie aangeven:
 - H, F, Cl, Br, I covalentie 1;
 - O, S covalentie 2;
 - N, P covalentie 3;
 - C, Si covalentie 4.
 4. De kandidaat kan het symbool gebruiken van de volgende niet-metalen als de naam is gegeven en omgekeerd:
argon, broom, chloor, fluor, fosfor, helium, jood, koolstof, neon, silicium, stikstof, waterstof, zuurstof, zwavel.
 5. De kandidaat kan het symbool gebruiken van de volgende metalen als de naam gegeven is en omgekeerd:
aluminium, barium, calcium, cadmium, chroom, goud, kalium, kobalt, koper, kwik, lithium, lood, magnesium, mangaan, natrium, nikkel, platina, tin, uraan, ijzer, zilver, zink.
 6. De kandidaat kan de (molecuul)formules gebruiken van de volgende stoffen als de naam is gegeven en omgekeerd:
 - ammoniak, azijnzuur, fosforzuur, glucose, koolstofdioxide, koolstofmono-oxide, salpeterzuur, stikstofdioxide, stikstofmono-oxide, water, waterstofchloride, waterstofperoxide, zoutzuur, zwaveldioxide, zwaveltrioxide, zwavelzuur;
 - de formules van niet-ontleedbare stoffen;
 - niet-metalen, genoemd in B1.4
 - metalen, genoemd in B1.5
 - de eerste zes alkanen.
 7. De kandidaat kan de systematische IUPAC-namen en verhoudingsformules geven en gebruiken van zouten die zijn samengesteld uit de volgende ionen:
 Ag^+ , Al^{3+} , Au^+ , Au^{3+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Hg^+ , Hg^{2+} , K^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , Pb^{2+} , Pb^{4+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , U^{3+} , U^{6+} , Zn^{2+} ; Br^- , CH_3COO^- , Cl^- , CO_3^{2-} , F^- , HCO_3^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- , O^{2-} , OH^- , PO_4^{3-} , S^{2-} , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} .
 8. De kandidaat kan de volgende zuren herkennen:
 HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ / ' H_2CO_3 ', H_3PO_4 , CH_3COOH .
 9. De kandidaat kan de volgende basen herkennen:
 NH_3 , OH^- , CO_3^{2-} , O^{2-} , HCO_3^- .
 10. De kandidaat kan de verhoudingsformule van een zout geven aan de hand van gegeven formules van ionen en de systematische IUPAC-naam geven en omgekeerd.
 11. De kandidaat kan kristalwater herkennen in de gegeven formule van een hydraat (notatie $\cdot n \text{H}_2\text{O}$).
 12. De kandidaat kan aangeven dat de molecuulformules van verschillende organische verbindingen identiek aan elkaar kunnen zijn;
 - structuurisomerie.
 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 moleculen van organische verbindingen functionele/karakteristieke groepen herkennen:
 - C=C;
 - OH groep (hydroxyl);
 - COOH groep (carboxyl);
 - NH_2 groep (amino);
 - COOC groep (ester);
 - CONHC groep (peptide/amide);
 - C-X (X= F, Cl, Br, I).
 15. De kandidaat kan met behulp van de structuurformule van een verbinding met maximaal zes koolstofatomen de systematische IUPAC-naam aangeven en omgekeerd, waarbij niet verder wordt gegaan dan koolstofverbindingen met een onvertakte keten en hoogstens één functionele/karakteristieke groep:

- alkanen;
- alkenen;
- alkanolen;
- alkaanzuren;
- alkaanaminen;
- halogeenalkanen.

Subdomein B2 - Eigenschappen en modellen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan aangeven wat bedoeld wordt met stoffen en materialen in de chemie, daarmee redeneren, en daarbij het volgende begrip gebruiken:
 - stofeigenschappen (op macroniveau).
2. De kandidaat kan een verband leggen tussen:
 - een zuivere stof en smeltpunt/kookpunt;
 - een mengsel en smeltraject/kooktraject.
3. De kandidaat kan het verschil tussen zuivere stoffen en mengsels beschrijven op microniveau.
4. De kandidaat kan het verschil tussen ontleedbare en niet-ontleedbare stoffen beschrijven op microniveau.
5. De kandidaat kan op microniveau het verschil tussen een moleculaire stof en een zout benoemen.
6. De kandidaat kan bij redeneringen over mengsels de volgende begrippen gebruiken:
 - oplossing: onverzadigd, verzadigd;
 - suspensie;
 - emulsie, emulgator;
 - legering.

Subdomein B3 - Bindingen en eigenschappen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan de roosteropbouw beschrijven, waarbij ook gebruik gemaakt wordt van de bindingen tussen de samenstellende deeltjes:
 - metaalrooster;
 - metaalbinding
 - ionrooster;
 - ionbinding
 - molecuulrooster.
 - vanderwaalsbinding / molecuulbinding
 - waterstofbruggen (N-H en O-H)
2. De kandidaat kan een beschrijving geven van:
 - atoombinding / covalente binding;
 - gemeenschappelijk(e) elektronenpa(a)r(en)
 - polaire atoombinding;
 - O-H en N-H binding
 - ionbinding.
3. De kandidaat kan de sterkte van de binding tussen de samenstellende deeltjes van een stof in verband brengen met faseovergangen:
 - ionbinding;
 - vanderwaalsbinding / molecuulbinding;
 - waterstofbrug;
 - metaalbinding.

4. De kandidaat kan verschillen in oplosbaarheid / mengbaarheid toelichten aan de hand van de begrippen hydrofoob / hydrofiel.
5. De kandidaat kan de termen hydrofoob / hydrofiel in verband brengen met waterstofbruggen.
6. De kandidaat kan de praktische toepassing van een zout relateren aan de oplosbaarheid van dat zout.

Subdomein B4 - Bindingen, structuren en eigenschappen

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

Specificatie:

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

Subdomein B5: Macroscopische eigenschappen

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

Specificatie:

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

Domein C - Kennis van chemische processen en kringlopen

Subdomein C1 - Chemische processen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan beschrijven welke typen bindingen verbroken worden en gevormd worden bij het oplossen in water van:

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

Subdomein C2 - Chemisch rekenen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken in berekeningen:
 - massa;
 - symbool m
 - eenheid kg
 - volume;
 - symbool V
 - eenheid m^3
 - relatieve molecuulmassa;
 - symbool M_r
 - relatieve atoommassa;
 - symbool A_r
 - chemische hoeveelheid;

- symbool $n(X)$
- eenheid mol
- molaire massa;
 - symbool $M(X)$
 - eenheid g mol^{-1}
- dichtheid;
 - symbool ρ
 - eenheid kg m^{-3}
- concentratie;
 - symbool $c(X)$, $[X]$
 - eenheid mol L^{-1}
- massapercentage;
 - eenheid %
- massa-ppm;
 - eenheid ppm, mg kg^{-1}
- massa-ppb;
 - eenheid ppb, $\mu\text{g kg}^{-1}$
- volumepercentage;
 - eenheid %
- zuurgraad.
 - symbool pH
 - $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
 - $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$
 - $\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$ (bij 298K)
 - $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$
 - $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$

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

Subdomein C3 - Energieberekeningen

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

Specificatie:

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

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

Subdomein C4 - Chemisch evenwicht

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

Het gaat hier in ieder geval om experimenten:

- over ligging van evenwichten;
- met omkeerbare reacties;
- over warmteoverdracht;
- die de invloed van katalysatoren laten zien;
- die de invloed van concentratieveranderingen laat zien.

Subdomein C5 - Technologische aspecten

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

Vergelijkingen maken tussen reacties die op kleine schaal en op grote schaal plaatsvinden waarbij de volgende aspecten van belang zijn:

- schaalvergroting;
- reactoren, reactiviteit;
- warmtehuishouding;
- scheidingsmethoden;
- blokschema;
- lab-on-a-chip;
- nanoprocesen.

Subdomein C6 - Reactiekinetiek

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan veranderingen in reactiesnelheid verklaren met het botsende-deeltjes-model en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
 - verdelingsgraad;
 - concentratie;
 - temperatuur.
2. De kandidaat kan veranderingen in reactiesnelheid verklaren met behulp van de volgende begrippen:
 - katalysator;
 - activeringsenergie.
3. De kandidaat kan met gegevens over een reactie de reactiesnelheid berekenen in $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$.

Subdomein C7 - Behoudswetten en kringlopen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan de volgende begrippen gebruiken in redeneringen:
 - massabehoud / massabalans;
 - energiebehoud / energiebalans;
 - ladingbehoud / ladingbalans.
2. De kandidaat kan chemische processen relateren aan:
 - stofkringloop;
 - elementkringloop;

- recycling;
- cradle to cradle.

Subdomein C8 - Classificatie van reacties

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

Specificatie:

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

Domein D - Ontwerpen en experimenten in de chemie

Subdomein D1 - Chemische vakmethodes

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

Specificatie:

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

Subdomein D2 - Veiligheid

De kandidaat kan stoffen en materialen analyseren en zuiveren en daarbij veilig omgaan

met stoffen, materialen en apparatuur.

1. Het doen van experimenten zoals:
 - aantonningsreacties;
 - synthese esters;
 - synthese biobrandstoffen;
 - analyse zouten;
 - aantonen vetten, koolhydraten en eiwitten en daarbij aandacht besteden aan aspecten van veiligheid, bij voorbeeld in het verslag van het experiment. Het is evident dat scheiden thuis hoort in het rijtje analyseren/scheiden/zuiveren.
2. Risico inventarisatie maken.
3. Informatie selecteren en berekeningen uitvoeren aan toelaatbare concentraties van stoffen:
 - gevaarsymbolen;
 - R- en S-zinnen;
 - Chemiekaarten;
 - ADI-waarden;
 - MAC-waarde.
4. Richtlijnen voor het verwerken van afval van chemische experimenten toepassen.

Subdomein D3 - Chemische procesontwerpen

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

Specificatie:

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

Subdomein D4 - Molecular modelling

De kandidaat kan bij een onderzoek- of een ontwerpopdracht elementen van "molecular modelling" gebruiken. Daarbij gaat het niet om de materiaaleigenschap op zich, maar om het kunnen manipuleren van eigenschappen door gebruik te maken van bekende structuur/eigenschapsrelaties, zie ook het vaardigheidsdomein A12.

Voorbeelden:

- covalente binding;
- nieuwe materialen licht en sterk;
- ontwerp brandwerend materiaal.

Domein E - Innovatieve ontwikkelingen in de chemie

Subdomein E1 - Kenmerken van innovatieve processen

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
 - weekmakers
 - ketenlengte
 - soort monome(e)r(en)
 - crosslinks / vulkaniseren
 - aanwezigheid van C=C binding en uv-lichtgevoeligheid;
 - soorten metaalatomen en corrosiegevoeligheid;
 - edele metalen en onedele metalen
 - gebonden metaaloxide laagje
 - moleculaire structuur en oplosbaarheid;
 - N-H en O-H
 - hydrofiel en hydrofoob
 - moleculaire structuur en biodegradeerbaarheid van polymeren.
 - polyesters, polypeptiden/poly-amiden en polysachariden
2. De kandidaat kan een gegeven keuze voor een bepaald materiaal toelichten aan de hand van de bovenstaande (E1.1) structuur-eigenschap-relaties.

Subdomein E2 - Duurzaamheid

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

Vakbegrippen en onderwerpen:

duurzame kringlopen, biomassa, biogas, bio-ethanol, groene chemie, stofkringlopen, afvalstromen, energiekringloop, energiestromen en kwaliteit van energie (energie omgezet naar warmte), rookgasbehandeling, ozonlaag, chemie van de atmosfeer, mondiale voetafdruk, biopolymeren, koolstofvrije elektriciteitsproductie.

Subdomein E3 - Innovatieve processen

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

Vakbegrippen en onderwerpen:

Duurzame kringlopen, groene chemie, optische activiteit, hard-en brosheid, elektroforesebestrijdingsmiddelen en kunstmest, elasticiteit, geleidbaarheid, composiet.

Domein F - Processen in de chemische industrie

Subdomein F1 - Industriële processen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan met gegevens over een industrieel proces dit proces met een blokschema beschrijven:
 - stofstromen;

- recirculatie;
 - reactoren;
 - scheidingsinstallaties;
 - warmtewisselaars.
2. De kandidaat kan aan de hand van een blokschema een industrieel proces toelichten:
 - reacties;
 - scheidingsmethoden;
 - energie-effect;
 - energiehuishouding.
 3. De kandidaat kan bij de beschrijving van een industrieel proces de volgende begrippen gebruiken:
 - katalyse;
 - continuproces;
 - batchproces;
 - bulkchemie / fijnchemie.
 4. De kandidaat kan toelichten welke aspecten van groene chemie bij het ontwerpen van een chemisch proces een rol hebben gespeeld:
 - reactieomstandigheden;
 - veiligheid;
 - kwalitatieve energiebeschouwing;
 - nevenreacties;
 - (keuze voor) batchproces / continuproces;
 - bijproducten;
 - onvolledige omzetting;
 - overmaat / ondermaat;
 - (hernieuwbare) grondstoffen;
 - gebruik van water;
 - recycling;
 - afval;
 - milieueisen.
 5. De kandidaat kan aan de hand van gegeven formules uit groene chemie berekeningen uitvoeren aan een proces:
 - atomeconomie;
 - E-factor;
 - energie-effect;
 - rendement.

Subdomein F2 - Procestechnologie en duurzaamheid

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

Vakbegrippen en onderwerpen:

Broeikaseffect, smogvorming, rookgassen, zure depositi, fijnstof, waterbehandeling.

Subdomein F3 - Energieomzettingen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan met behulp van een beschrijving van onderstaande technieken voor energieproductie uit biomassa redeneren over deze technieken:
 - vergisting: bio-ethanol, biogas;
 - productie van biodiesel;
 - verbranding.
2. De kandidaat kan beschrijven hoe fossiele brandstoffen gebruikt worden bij

energieproductie:

- aardgas, aardolie, steenkool.
 - verbranding in een specifieke verbrandingseenheid
 - reactieproducten en vervuiling
 - stoomopwekking
 - dynamo
3. De kandidaat kan de fotosynthese van glucose beschrijven als een proces waarbij licht wordt omgezet in chemische energie:
 - vastleggen van koolstofdioxide;
 - productie van zuurstof .
 4. De kandidaat kan brandstoffen met elkaar vergelijken en redeneren over aspecten van duurzaamheid die daarbij een rol spelen:
 - verschil in hoeveelheid koolstofdioxide geproduceerd door biobrandstof en fossiele brandstof;
 - koolstofkringloop
 - C/H-verhouding;
 - relatie hoeveelheid CO₂ per joule
 - optredende emissies bij verbranding;
 - CO₂
 - NO_x
 - SO₂
 - Olieraffinage.
 - gefractioneerde destillatie
 - kraken
 5. De kandidaat kan redeneren over aspecten van duurzaamheid die een rol spelen bij de omzetting van chemische energie in elektrische energie en omgekeerd:
 - elektrochemische cel / batterij / brandstofcel.
 - aangeven dat bij een elektrochemische cel een redoxreactie optreedt waarbij elektronen via een externe verbinding worden overgedragen;
 - halfreacties;
 - positieve en negatieve elektrode;
 - elektrolyt;
 - opladen;
 - recycling;
 - verhouding energie/massa.

Subdomein F4 - Risico en veiligheid

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

Vakbegrippen en onderwerpen:

Veiligheidszinnen, pictogrammen, stofstromen, energiestromen, kringlopen, afvalstromen effecten van koeling, gesloten systemen, keuze van reactoren.

Subdomein F5 Kwaliteit en gezondheid

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

Vakbegrippen en onderwerpen:

Veresteren, condensatiereacties, waterproductie, rioolwaterzuivering, antibiotica, bodemreiniging, biokatalyse, cistransvetzuren, spijsvertering, eiwitten, eutrofiering.

Domein G - Maatschappij en chemische technologie

Subdomein G1 - Chemie van het leven

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan beschrijven dat voedingsstoffen worden afgebroken en dat de afbraakproducten als basis kunnen dienen voor het maken van lichaamseigen stoffen.
2. De kandidaat kan van een aantal stoffen de chemische structuur beschrijven:
 - eiwitten;
 - primaire structuur
 - koolhydraten;
 - mono- di- en polysachariden
 - vetten.
 - glycerol
 - vetzuren
 - verzadigd /onverzadigd
3. De kandidaat kan van een aantal voedingsstoffen beschrijven dat deze worden afgebroken in het lichaam:
 - eiwitten;
 - hydrolyse tot aminozuren
 - ureum
 - verbranding
 - koolhydraten;
 - hydrolyse tot monosachariden
 - verbranding
 - vetten.
 - hydrolyse tot glycerol en vetzuren
 - verbranding
4. De kandidaat kan van een aantal stoffen beschrijven welke functie deze stoffen in het lichaam hebben:
 - eiwitten;
 - bouwstof
 - enzym
 - koolhydraten;
 - energieopslag
 - glycogeen
 - vetten.
 - energieopslag
 - bouwstof voor membranen
5. De kandidaat kan aangeven dat sommige stoffen niet door het lichaam aangemaakt kunnen worden en een essentieel onderdeel van de voeding uitmaken:
 - essentiële aminozuren;
 - essentiële vetzuren.
6. De kandidaat kan de functie van enzymen beschrijven en daarbij de volgende begrippen gebruiken:
 - biokatalysator;
 - specificiteit;
 - pH-optimum;
 - temperatuur-optimum.

Subdomein G2: Milieueisen

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

Specificatie:

1. De kandidaat kan bij een risico inventarisatie van een experiment of toepassing van een

chemisch proces een verband leggen tussen gemaakte keuzes en de volgende begrippen:

- gevaarsymbolen;
 - grenswaarde;
 - GHS-systeem;
 - ADI-waarde;
 - LD-50.
2. De kandidaat kan ongewenste effecten van het gebruik van koolstofhoudende brandstoffen in verband brengen met de kwaliteit van lucht, water en bodem:
- broeikaseffect;
 - CO₂
 - zure depositie;
 - SO₂, NO_x
 - smogvorming.
 - SO₂, NO_x, roet, onverbrande koolwaterstoffen, CO, fijnstof
3. De kandidaat kan effecten van het gebruik van (kunst)mest in verband brengen met de kwaliteit van lucht, water en bodem:
- mineraalbalans.
 - eutrofiëring
 - uitspoelen

Subdomein G3 - Duurzame chemische technologie

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.

Vakbegrippen en onderwerpen:

Waterkwaliteit, luchtkwaliteit, bodemkwaliteit, fijnstof, rookgasfilters, delfstoffen omzetten in grondstoffen, concurrentie voedsel economie, logistieke aspecten, cradle to cradle.

Subdomein G4 - Groene chemie

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

Vakbegrippen en onderwerpen:

Natuurlijke hulpbronnen, hergebruik grondstoffen, cradle to cradle, waterkwaliteit, energiebeheer, luchtkwaliteit, Q-factor, AE en E-factor, recirculeren.

Nota bene: In het havo-programma is geen sprake van een expliciete verbinding naar de twaalf principes van groene chemie zoals dat wel het geval is in het vwo-programma.

Subdomein G5 - Ketenganalyse

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

Vakbegrippen en onderwerpen:

Ketenganalyse, productieproces, energieverbruik, analyse van CO₂-gebruik, maatschappelijke impact (hinderwetvergunningen - horizonvervuiling et cetera), ecologische voetafdruk, relatie van product met materiaal/grondstof, analyse van nieuwe materialen (aanbod en vraag), beroepspraktijk van een chemisch-technoloog.