

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 A16:	Biologie-specifieke vaardigheden

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 scheikunde en natuurkunde.

Voor een aantal vaardigheden (A6 t/m A7) geldt dat de vaardigheid gedeeltelijk bestaat uit onderdelen die niet op het centraal examen getoetst zullen worden. Omwille van de volledigheid van de specificatie van de betreffende eindterm, zijn deze onderdelen wel in de specificatie opgenomen, maar *cursief en grijs* afgedrukt. *De betreffende specificaties gelden dus niet voor het centraal examen.*

ALGEMENE VAARDIGHEDEN (PROFIELOVERSTIJGEND NIVEAU)

Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken

Eindterm

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

Subdomein A2. Communiceren

Eindterm

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

Subdomein A3. Reflecteren op leren

Eindterm

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

Subdomein A4. Studie en beroep

Eindterm

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

NATUURWETENSCHAPPELIJKE, WISKUNDIGE EN TECHNISCHE VAARDIGHEDEN (BÈTAPROFIELNIVEAU)

Subdomein A5. Onderzoeken

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen/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 onderzoeksvraag(en) van het onderzoek;
- 9 de uitvoering en de uitkomsten van een onderzoek evalueren gebruik makend van de begrippen nauwkeurigheid, validiteit en betrouwbaarheid;
- 10 een natuurwetenschappelijk onderzoek op een geschikte manier presenteren;
- 11 toelichten dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken zijn.
- 12 de aard van de opbrengst van onderzoek duiden en daarbij de begrippen onzekerheid en waarschijnlijkheid hanteren.

Subdomein A6. Ontwerpen

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 een ontwerpprobleem specificeren;
- 2 een ontwerpprobleem herleiden tot een aantal afzonderlijk uitwerkbare deelproblemen (taken, eigenschappen);
- 3 voor een ontwerp een programma van eisen 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 relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Specificatie

De kandidaat kan:

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

Subdomein A8. Natuurwetenschappelijk instrumentarium

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen *mede met behulp van ICT*:
 - gegevens halen uit grafieken, tabellen, tekeningen, simulaties, schema's en diagrammen;
 - grootheden, eenheden, symbolen, formules en gegevens opzoeken in geschikte tabellen;
- 2 informatie, gegevens en meetresultaten analyseren, weergeven en structureren in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen mede met behulp van ICT;
- 3 de volgende grootheden en eenheden gebruiken, daarbij gebruik makend van de prefixen van nano (n) tot en met giga (G):
 - lengte, oppervlakte, inhoud (m , m^2 , m^3 , L)
 - massa (kg);
 - dichtheid: massa per volume ($kg \cdot m^{-3}$);
 - concentratie: aantal per volume ($mol \cdot L^{-1}$), massa per volume ($g \cdot L^{-1}$); massapercentage, volumepercentage, parts per million;
 - snelheid: afstand per tijdseenheid ($m \cdot s^{-1}$);
 - diffusiesnelheid: aantal per oppervlakte per tijdseenheid ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) of massa per oppervlakte per tijdseenheid ($g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)
 - temperatuur ($^{\circ}C$, K);
 - energie (J , $kcal$);
 - spanning (V);
 - druk: kracht per oppervlakte (Pa , $mmHg$);
- 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:
 - rekenen met getallen in breuken en machten;
 - rekenen met verhoudingen, percentages en gemiddelden;
 - rekenen met oppervlakte en volume;
 - rekenen met kansen;
 - grafieken opstellen en daarbij rekening houden met de plaats van de afhankelijke en de onafhankelijke variabele;
 - lineaire en exponentiële verbanden herkennen in grafieken;
 - grafieken lezen (formuleloos), gericht op grafisch verloop en trends;
- 7 verbanden leggen op basis van tabel- en grafiekgegevens.
- 8 toelichten wat de invloed is van de verschillende variabelen in een gegeven formule op het daarmee beschreven biologische proces.

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.

BIOLOGIE-SPECIFIEKE VAARDIGHEDEN

Subdomein A10. Beleven

Eindterm

De kandidaat kan in contexten gevoelens en betekenissen expliciteren die worden opgeroepen door het omgaan met de natuur of in de natuur voorkomende objecten en daarbij aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen van anderen.

Subdomein A11. Vorm-functie-denken

Eindterm

De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarbij van biologische objecten op verschillende organisatieniveaus vanuit een gegeven vorm naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 beschrijven hoe een gegeven vorm van onderdelen in een bepaald systeem (ruimtelijke vorm, materiaal, constructie en/of proces) kan leiden tot een functie;
- 2 beschrijven hoe een gegeven biologische functie eisen stelt aan de vorm van de onderdelen binnen een systeem (waar dient het geheel voor? wat is daar aan vorm van onderdelen voor nodig?);
- 3 beschrijven wat de relatie is tussen bouw en werking van een systeem en de functie van dat systeem, soms over meerdere organisatieniveaus (zie bijvoorbeeld de relatie tussen bouw en werking van verschillende cellen en organen in de subdomeinen O1, O2 en O3 [voorheen B3, B4 en B5] en subdomein A14).

Subdomein A12. Ecologisch denken

Eindterm

De kandidaat kan in contexten op het gebied van duurzaamheid redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem zijn.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 benoemen dat een ecosysteem bestaat uit een complex samenhangend geheel van componenten en interacties daartussen die samen de instandhouding, ontwikkeling en soortensamenstelling van een ecosysteem reguleren (zie subdomeinen P1.3, P2.1 [voorheen B8.3, C3.1]);
- 2 beschrijven dat een ecosysteem wordt gereguleerd en georganiseerd vanuit kringlopen van elementen (koolstof en stikstof), energiestromen en complexe voedselrelaties over meerdere trofische niveaus (zie subdomein P1.1, P1.2, P3.1 [voorheen B8.1, B8.2, D5.1]);
- 3 verklaren hoe menselijk handelen binnen een ecosysteem op lager organisatieniveau kan leiden tot grote veranderingen op hogere organisatieniveaus (zie subdomeinen P3.2 [voorheen D5.2]).

Subdomein A13. Evolutionair denken

Eindterm

De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarmee biologische verschijnselen op verschillende organisatieniveaus verklaard worden met behulp van theorie over evolutiemechanismen.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 toelichten hoe genetische variatie in een populatie kan ontstaan (zie subdomein P4.2 [voorheen F2.2]);

- 2 toelichten hoe selectiedruk in populaties adaptaties in populaties bijeen brengt die het voortplantingssucces van de soort vergroten (zie subdomein P4.3 [voorheen F2.3]);
- 3 verklaren hoe reproductieve isolatie kan leiden tot soortvorming (zie subdomein P4.4 [voorheen F2.4]).

Subdomein A14. Systeemdenken

Eindterm

De kandidaat kan in contexten een onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 uitleggen hoe binnen één organisatieniveau de onderdelen van een biologisch systeem en de relaties daartussen (bouw en werking) samen de functie bepalen en zichzelf in stand houden; (bijvoorbeeld beschrijven wat de relatie is tussen de bouw van hart en bloedvaten en hun functie, zie subdomein O1.6 [voorheen B3.6]);
- 2 toelichten hoe de werking van een biologisch systeem binnen een organisatieniveau wordt beïnvloed door onderliggende of bovenliggende organisatieniveaus (bijvoorbeeld energiestromen die starten bij de fotosynthese op lagere organisatieniveaus en verder gaan via consumenten op hogere organisatieniveaus, zie subdomein P1 [voorheen B8]);
- 3 uitleggen dat een biologisch systeem op een bepaald organisatieniveau eigenschappen kan hebben die onderliggende organisatieniveaus niet hebben.

Subdomein A15. Kennisontwikkeling en -toepassing

Eindterm

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

Subdomein A16. Contexten

Eindterm

De kandidaat kan de in domein A genoemde vaardigheden en de in domeinen B tot en met F genoemde concepten ten minste gebruiken in wetenschappelijke contexten, in beroepscontexten waarvoor een wetenschappelijke opleiding is vereist en in leefwereldcontexten.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 biologische vaardigheden en concepten gebruiken in verschillende leefwereldcontexten, beroepscontexten en wetenschappelijke contexten;
- 2 herkennen dat biologische concepten in verschillende contexten een verschillende betekenis kunnen hebben;
- 3 relaties leggen tussen biologische concepten en begrippen in de context.

M MOLECUUL- EN CELNIVEAU

In de tabellen zijn sommige deelconcepten *cursief* gedrukt. *Cursief* gedrukte deelconcepten betreffen begrippen uit scheikunde of natuurkunde die nodig zijn voor deze (en andere) specificaties. In bijlage 6 zijn alle *cursief* gedrukte deelconcepten opgenomen.

M1 EIWITSYNTHESE (SUBDOMEIN B1)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten DNA en eiwitsynthese ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze zelfregulatie op moleculair niveau plaatsvindt.

M1.1 DNA (B1.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de bouw is van DNA en RNA;	nucleïnezuur, helixstructuur, basenparing, nucleotide, enkelstrengs DNA, dubbelstrengs DNA, chromosoom, histon, RNA, <i>atoom</i> , <i>molecuul</i> , <i>ion</i> , <i>molecuulformule</i> , <i>structuurformule</i> , <i>waterstofbrug</i>
2 benoemen wat de verschillen zijn in de bouw van DNA en RNA;	
3 benoemen wat de functies zijn van DNA, mRNA, tRNA en rRNA;	mRNA, tRNA, rRNA
4 toelichten wat het verband is tussen molecuulstructuur en functie van DNA, mRNA, tRNA en rRNA;	kern DNA, mitochondriaal DNA, chloroplast DNA
5 beschrijven op welke manieren de basenvolgorde in het DNA bepaald kan worden.	basenvolgorde, genetische code, plasmide, primer, PCR, sequencen, restrictie-enzym

M1.2 Eiwitsynthese (B1.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 toelichten hoe eiwitten gevormd worden op basis van de relatie tussen codon en aminozuur	aminozuur, eiwit, proteïne, codon, startcodon, stopcodon, tripletcode
2 beschrijven hoe de processen van transcriptie en translatie verlopen;	transcriptie, translatie, mRNA, tRNA, rRNA, cytoplasma, ribosoom, golgi-systeem, (ruw) endoplasmatisch reticulum, anticodon, coderende streng, afleesrichting, template/matrijsstreng, DNA-polymerase, plasmide
3 toelichten hoe de aminozuurvolgorde (primaire structuur) van een eiwit de bouw en werking van het eiwit bepaalt;	primaire structuur, secundaire structuur, tertiaire structuur, quaternaire structuur, <i>peptidebinding</i> , <i>zwavelbrug</i>
4 toelichten hoe eiwitten de bouw en werking van biologische eenheden bepalen.	

M2 STOFWISSELING VAN DE CEL (SUBDOMEIN B2)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten homeostase, transport, assimilatie en dissimilatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voeding verklaren op welke wijze de stofwisseling van cellen van prokaryoten en eukaryoten verloopt.

M2.1 Homeostase (B2.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 benoemen wat de kenmerken zijn van bacteriën;	prokaryoot, bacterie, plasmide, celwand, cirkelvormig chromosoom
2 benoemen wat de kenmerken zijn van virussen;	virus, eiwitmantel, DNA-virus, RNA-virus
3 beschrijven hoe een eukaryote cel functioneert als een zelfstandige eenheid;	eukaryoot, endosymbiose, celkern, kernlichaampje, kernporie, chromosoom, celwand, celmembraan, vacuole, cytoplasma, grondplasma, cytoskelet, centriolen, mitochondrie, (ruw) endoplasmatisch reticulum, golgi-systeem, ribosoom, lysosoom, chloroplast, chlorofyl, plastide, ciliën, flagel
4 benoemen wat de onderdelen zijn van eukaryote cellen;	
5 beschrijven wat de functies zijn van de onderdelen van eukaryote cellen;	
6 toelichten dat het dynamisch evenwicht in de cel in stand wordt gehouden in een complex netwerk van celprocessen;	dynamisch evenwicht, ionenpomp
7 uitleggen hoe door het principe van terugkoppeling homeostase in de cel gerealiseerd wordt.	homeostase, terugkoppeling, receptoreiwit, effector, cascade

M2.2 Transport (B2.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven welke vormen er zijn van actief en passief transport;	diffusie, osmose, actief transport, passief transport, endocytose, exocytose, receptoreiwit, ionentransport, ionenpomp, glucose, zuurstof, koolstofdioxide (CO ₂), natriumchloride (NaCl)
2 toelichten wat de relatie is tussen de eigenschappen van de getransporteerde stoffen en de bouw en eigenschappen van membranen;	fosfolipiden, wateroplosbaar, vetoplosbaar, hydrofiel/polair, hydrofoob/apolair
3 toelichten dat effecten van osmotische werking verschillen bij plantaardige en dierlijke cellen;	plasmolyse, turgor
4 uitleggen dat door de aanwezigheid van een selectief doorlaatbaar celmembraan de celinhoud permanent verschilt van de celomgeving;	semipermeabel membraan, selectief permeabel, isotonisch, hypotonisch, hypertonisch, osmotische druk, osmotische waarde, waterpotentiaal
5 beschrijven wat de rol is van het cytoskelet bij transportprocessen.	motoreiwit, cytoskelet

M2.3 Assimilatie en dissimilatie (B2.3) Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven dat cellen stoffen opnemen en afgeven;	autotroof, heterotroof, assimilatie, dissimilatie
2 beschrijven dat in cellen chemische reacties plaatsvinden, gekatalyseerd door enzymen;	chemische reactie, katalyseren, enzym, <i>evenwichtsreacties</i>
3 beschrijven dat er verschillende vormen van energie zijn;	chemische energie, lichtenergie, kinetische energie, warmte, ADP, ATP, NAD^+ , NADH, NADP^+ , NADPH, <i>proton, elektron, licht</i>
4 beschrijven dat de verschillende vormen van energie in elkaar kunnen overgaan;	
5 beschrijven hoe fotosynthese verloopt in cellen met chloroplasten;	fotosynthese, C-assimilatie, chloroplast, lichtreactie, donkerreactie, <i>elektromagnetisch spectrum</i>
6 beschrijven dat assimilatieprocessen plaatsvinden in planten en dieren;	voortgezette assimilatie, bouwstof, brandstof, reservestof, koolhydraat, monosacharide, disacharide, polysacharide, zetmeel, glycogeen, cellulose, vet, vetzuur, glycerol, eiwit, aminozuur, essentieel aminozuur, niet-essentieel aminozuur, DNA, enzym, fosfolipide, tussencelstof
7 toelichten dat assimilatieprocessen leiden tot de aanmaak van bouwstoffen, brandstoffen, reservestoffen en enzymen;	
8 toelichten hoe anaerobe dissimilatie plaatsvindt;	anaeroob, glycolyse, gisting, alcohol, melkzuur, methaan
9 toelichten hoe aerobe dissimilatie plaatsvindt;	aeroob, verbranding, citroenzuurcyclus, oxidatieve fosforylering, <i>oxidator, reductor</i>
10 toelichten met behulp van reactievergelijkingen hoe assimilatieprocessen en dissimilatieprocessen (en ook de deelreacties daarvan) verlopen;	reactievergelijking, <i>molecuulformule, structuurformule, calcium (Ca), chloor (Cl), fosfor (P), ijzer (Fe), kalium (K), koolstof (C), stikstof (N), natrium (Na), waterstof (H), zuurstof (O), ammoniak (NH_3), koolstofdioxide (CO_2), fosfaat (PO_4^{3-}), glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), methaan ($\text{CH}_4$), nitraat ($\text{NO}_3^-$), nitriet ($\text{NO}_2^-$), stikstofgas ($\text{N}_2$), water ($\text{H}_2\text{O}$), zuurstofgas ($\text{O}_2$)</i>
11 toelichten waar en hoe enzymen reacties katalyseren;	enzymwerking, katalyseren, substraat, enzymsubstraatcomplex, <i>indicator</i>
12 toelichten hoe temperatuur en pH enzymwerking beïnvloeden;	pH, denaturatie, optimumkromme
13 toelichten hoe in de biotechnologie gebruik gemaakt wordt van het metabolisme van micro-organismen;	fermentatie , recombinant-DNA-technologie, micro-organismen
14 uitleggen wat de verschillen zijn tussen fotosynthese en chemosynthese.	fotosynthese, chemosynthese

M3 ZELFORGANISATIE VAN CELLEN (SUBDOMEIN C1)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten genexpressie en celdifferentiatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze de ontwikkeling van cellen verloopt en beargumenteren op welke wijze stoornissen in de ontwikkeling kunnen ontstaan en worden aangepakt.

M3.1 Genexpressie (C1.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven dat DNA bij eukaryoten voor het grootste deel niet coderend is;	DNA, niet-coderend DNA, genetische code
2 beschrijven dat genen bij eukaryoten voor een groot gedeelte uit introns bestaan;	introns, exons, cDNA
3 beschrijven hoe het proces van genexpressie tot en met eiwitsynthese verloopt;	genexpressie, chromosoom, gen, RNA, eiwit, startcodon, stopcodon, RNA-polymerase, splicing
4 toelichten dat genen afhankelijk van de omstandigheden tot expressie komen;	
5 toelichten dat in verschillende typen cellen verschillende eiwitten gemaakt worden;	enzym, receptor, membraaneiwit, transporteiwit, eiwithormoon, structuureiwit, antistof, motoreiwit
6 beredeneren hoe genexpressie het functioneren van een organisme beïnvloedt.	knock-out-gen, fenotype

M3.2 Celdifferentiatie (C1.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven dat vrijwel alle cellen van een meercellig organisme hetzelfde genotype hebben;	genotype
2 beschrijven hoe door differentiatie cellen ontstaan met een verschillende vorm en functie;	celtype, celdifferentiatie, specialisatie
3 beschrijven dat celdifferentiatie tot stand komt door het aan- en/of uitschakelen van genen;	
4 beschrijven welke eigenschappen stamcellen hebben;	stamcel, typen stamcellen
5 toelichten voor welke doelen stamcellen gebruikt kunnen worden;	stamcelonderzoek, stamceltransplantatie
6 toelichten dat een cel in staat is tot apoptose;	apoptose, lysosoom, kanker
7 toelichten dat apoptose een rol kan spelen tijdens de ontwikkeling van een meercellig organisme.	

M4 MOLECULAIRE EN CELLULAIRE INTERACTIE (SUBDOMEINEN D1 EN D2)

Eindterm (D1)

De kandidaat kan met behulp van de concepten genregulatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze de moleculaire regulatie plaatsvindt.

M4.1 Genregulatie en interactie met (a)biotische factoren (D1.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 uitleggen wat het belang is van genregulatie;	genregulatie
2 beschrijven hoe de genregulatie bij prokaryoten plaatsvindt;	structuurgenen, regulatorgenen, promotor, operator, repressor
3 beschrijven hoe de genregulatie bij eukaryoten plaatsvindt;	promotor, transcriptiefactor, activator
4 toelichten dat genexpressie een dynamisch proces is dat geregeld wordt door verschillende factoren;	nucleosoom, methylering, epigenetica, RNAi
5 uitleggen dat mutagene factoren de genregulatie verstoren.	mutagene factor, proto-oncogen, tumorsuppressorgen

Eindterm (D2)

De kandidaat kan met behulp van de concepten celcommunicatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid de wijze waarop cellulaire interactie verloopt benoemen.

M4.2 Celcommunicatie en interactie met (a)biotische factoren (D2.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven hoe cellen signalen ontvangen, verwerken en er op reageren;	signaalstof, receptor, respons, second messenger, signaalcascade
2 beschrijven hoe de signaalverwerking verloopt;	synaps, natrium/kalium-pomp, impulsgeleiding, sprongsgewijze impulsgeleiding, neurotransmitter, rustpotentiaal, actiepotentiaal, prikkel drempel, refractaire periode, exciterend, inhiberend
3 herkennen hoe cellen met elkaar communiceren over korte en over lange afstand via zenuwcellen en via hormonen;	zenuwcel, cell junctions, neurotransmitter, hormoon, cytokine
4 onderscheiden dat er responsen in het cytoplasma zijn en dat er responsen zijn die genexpressie bevorderen;	steroïdhormoon, peptidehormoon (eiwithormoon), receptor in celmembraan, receptor in het cytoplasma
5 afleiden welke effecten celcommunicatie op andere organisatieniveaus teweegbrengt.	celcommunicatie

M7 REPRODUCTIE VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN E3)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten voortplanting en erfelijke eigenschap ten minste in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze eigenschappen worden overgedragen en benoemen op welke wijze de reproductie van eukaryoten en prokaryoten verloopt.

M7.1 Erfelijke eigenschap (E3.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 uitleggen dat een fenotype ontstaat onder invloed van een combinatie van genotype en milieufactoren;	gen, allel, genoom, genotype, fenotype, milieufactor
2 benoemen dat de genen zijn verdeeld over autosomen en geslachtschromosomen;	chromosoom, autosoom, geslachtschromosoom, X-chromosoom, Y-chromosoom
3 toelichten dat bij de mens de geslachtschromosomen (meestal) het geslacht bepalen;	
4 bepalen aan de hand van stambomen of kruisingsschema's wat de kans is op een bepaald genotype en een bepaald fenotype bij monohybride en dihybride kruisingen;	monohybride kruising, dihybride kruising, dominant, onvolledig dominant, recessief, intermediair, stamboom, kruisingsschema, homozygoot, heterozygoot, X-chromosomaal, multiële allelen, letale factor, gekoppelde genen
5 verklaren dat mitochondriale overerving en epigenetica kunnen leiden tot een ander overervingspatroon (dan volgens de wetten van Mendel);	mitochondriaal DNA, epigenetica
6 toelichten met behulp van ethische en biologische argumenten dat er verschillende standpunten zijn over het ingrijpen in de erfelijkheid van prokaryote en eukaryote organismen.	ethisch argument, biologisch argument

M8 SELECTIE (SUBDOMEIN F1)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten DNA, mutatie, genetische variatie, recombinatie en populatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze variatie in populaties tot stand komt.

M8.1 DNA (F1.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 benoemen dat DNA functioneert als universele drager van genetische informatie;	DNA, genetische informatie, genetische code, genoom
2 toelichten dat dezelfde genetische informatie in verschillende organismen voor kan komen;	

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
3 toelichten hoe met gegevens verkregen door DNA-analyse de graad van verwantschap van soorten kan worden vastgesteld.	DNA-analyse, verwantschap

M8.2 Mutatie (F1.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven welke typen mutatie er zijn;	chromosoom, gen, allel, puntmutatie, deletie, insertie, genoommutatie, leesraamverschuiving/ frame shift mutatie
2 beschrijven waardoor mutaties veroorzaakt kunnen worden;	mutagene stof, mutagene straling, DNA-repairsysteem, genetische modificatie
3 uitleggen dat mutaties het fenotype kunnen beïnvloeden;	genotype, fenotype
4 toelichten dat mutaties per toeval plaatsvinden.	overlevingskans

M8.3 Recombinatie (F1.3)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 uitleggen hoe bij geslachtelijke voortplanting voortplantingscellen met een unieke combinatie van genen ontstaan door recombinatie van chromosomen en delen daarvan.	geslachtelijke voortplanting, meiose, haplotype, homologe chromosomen, autosoom, geslachtschromosoom, genoom, gekoppelde genen, crossing-over

M8.4 Genetische variatie (F1.4)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 uitleggen hoe genetische variatie in een populatie in stand wordt gehouden door mutatie en recombinatie;	genetische variatie, mutatie, recombinatie, fenotype, genotype, genenpool, aanpassing, inteelt
2 uitleggen hoe door de mens gewenste genencombinaties verkregen worden door genetische modificatie;	genetische modificatie
3 herkennen dat wetenschappers genetische modificatietechnieken gebruiken.	recombinant-DNA-technologie, cisgeen, transgeen

O ORGAAN- EN ORGANISMENIVEAU

O1 STOFWISSELING VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN B3)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten orgaan, fotosynthese, ademhaling, vertering, uitscheiding en transport ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze de stofwisseling van organismen verloopt en beargumenteren op welke wijze stoornissen daarin kunnen ontstaan en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

O1.1 Orgaan (B3.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven hoe groepen van cellen door hun rangschikking in een weefsel, orgaan of orgaanstelsel een gezamenlijke functie uitoefenen;	cel, weefsel, orgaan, orgaanstelsel
2 herkennen wat de verschillen en overeenkomsten zijn tussen organen en orgaanstelsels van de mens en verschillende diersoorten;	
3 uitleggen hoe orgaanstelsels met elkaar samenhangen;	
4 beargumenteren hoe verstoring in het functioneren van een orgaan de samenwerking tussen organen beïnvloedt;	
5 toelichten welke verschillen er zijn in ademhaling, vertering, uitscheiding en transport bij prokaryoten, planten en dieren.	gaswisseling, vertering, uitscheiding, transport

O1.2 Fotosynthese (B3.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven dat organismen door fotosynthese autotroof zijn;	fotosynthese, koolstofassimilatie, anorganische stof, organische stof, autotroof, heterotroof
2 benoemen wat voorwaarden zijn voor fotosynthese in planten;	beperkende factor, chloroplast
3 beschrijven wat het belang is van fotosynthese als basis voor de voortgezette assimilatie en dissimilatie van het organisme.	voortgezette assimilatie, dissimilatie

O1.3 Ademhaling (B3.3) Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van gaswisselingsorganen van eukaryoten, in het bijzonder van de mens;	gaswisseling, longen, luchtpijp, bronchie, longblaasje
2 uitleggen wat de relatie is tussen de bouw van gaswisselingsorganen, hun werking en hun functie;	
3 uitleggen op welke wijze longventilatie tot stand komt en wordt geregeld;	ademhalingsspieren, ventilatiebewegingen, longcapaciteit, vitale capaciteit, restvolume, interpleurale ruimte, dode ruimte, chemoreceptor, ademhalingscentrum
4 uitleggen hoe opname, transport en afgifte van zuurstof en koolstofdioxide plaatsvinden en wat de rol van hemoglobine en myoglobine daarbij is;	diffusie, gaswisseling, wet van Fick, zuurstofconcentratie/zuurstofdruk, zuurstoftransport, hemoglobine, myoglobine, Bohr-effect, koolstofdioxideconcentratie/koolstofdioxidedruk, koolstofdioxidetransport, verzadigingscurve
5 beschrijven wat bij planten de relatie is tussen enerzijds gaswisseling en anderzijds fotosynthese en dissimilatie.	huidmondje

O1.4 Vertering (B3.4) Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van (spijs)verteringsorganen van dieren, in het bijzonder van de mens;	(spijs)vertering, speekselklier, slokdarm, maag, twaalfvingerige darm, alvleesklier, lever, galblaas, dunne darm, dikke darm, endeldarm, kringspier, lengtespier, darmperistaltiek
2 uitleggen wat de relatie is tussen de bouw van (spijs)verteringsorganen, hun werking en hun functie;	
3 beschrijven waar en op welke wijze voedingsstoffen verteerd worden en welke factoren dit kunnen beïnvloeden;	voedingsstof, voedingsvezel, mechanische vertering, chemische vertering, verteringssap, enzymen voor koolhydraatvertering, pro-enzymen en enzymen voor eiwitvertering, enzymen voor vetvertering, emulgeren, gal, verteringsproduct
4 beschrijven waar en op welke wijze voedingsstoffen opgenomen worden en welke factoren dit kunnen beïnvloeden.	resorptie, darmvlok, darmbacterie

O1.5 Uitscheiding (B3.5) Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van uitscheidingsorganen van eukaryoten, in het bijzonder van de mens;	uitscheiding, lever, leverlobje, nier, niereenheid, niermerg, nierschors, kapsel van Bowman, glomerulus, nierbuisjes, urineblaas, long, huid, zweetklier
2 uitleggen wat de relatie is tussen de bouw van uitscheidingsorganen, hun werking en hun functie;	
3 toelichten wat de rol is van de lever, de nieren, de longen en de huid bij uitscheidingprocessen.	gal, galzouten, galkleurstof, ureum, waterhuishouding, osmotische waarde, ultrafiltratie, reabsorptie/terugresorptie, voorurine, urine, ADH, zweet

O1.6 Transport (B3.6) Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van de bloedsomloop van dieren, in het bijzonder van de mens;	open circulatiesysteem, gesloten bloedsomloop, enkele bloedsomloop, dubbele bloedsomloop, grote bloedsomloop, kleine bloedsomloop, hart, hartklep, sinusknoop, AV-knoop, bundel van His, diastole, systole, hartslagfrequentie, slagvolume, slagader, ader, haarvat, bloeddruk, bovendruk, onderdruk, tegenstroomprincipe
2 beschrijven wat de relatie is tussen de bouw van hart en bloedvaten, hun werking en hun functie;	
3 toelichten welke verschillen en overeenkomsten er bestaan tussen de embryonale bloedsomloop van de mens en de bloedsomloop na de geboorte;	embryonale bloedsomloop, navelstrengslagader, navelstrengader, foramen ovale, ductus Botalli
4 beschrijven wat de functie is van de bestanddelen van bloed, bloedplasma, weefselvloeistof en lymfe;	bloedsamenstelling, bloedplasma, voedingsstoffen, afvalstoffen, cholesterol, rode bloedcel, witte bloedcel, bloedplaatje, beenmerg, zuurstoftransport, hemoglobine, koolstofdioxidetransport, bloedstolling, weefselvloeistof, lymfe
5 toelichten hoe weefselvloeistof en lymfe worden gevormd;	bloedvatenstelsel, lymfesysteem, lymfevat, filtratiedruk, colloïd-osmotische druk, oedeem, borstbuis
6 beschrijven wat het verband is tussen het bloedvatenstelsel en het lymfevatenstelsel;	
7 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van het transportstelsel in planten.	wortelhaar, houtvat, worteldruk, cohesiekracht, adhesiekracht, verdamping, bastvat, assimilatieproduct, organische sapstroom, anorganische sapstroom

O2 ZELFREGULATIE VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN B4)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten homeostase, hormonale regulatie en neurale regulatie ten minste in contexten op het gebied van sport en voeding verklaren op welke wijze zelfregulatie bij eukaryoten verloopt en beargumenteren op welke wijze daarin stoornissen kunnen ontstaan en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

O2.1 Homeostase (B4.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven hoe longen, lever, nieren, huid, zenuwstelsel en hormoonstelsel bijdragen aan de homeostase bij de mens;	zenuwstelsel, zintuigen, hormoonstelsel, receptor, inwendig milieu, uitwendig milieu, osmotische waarde, pH, temperatuurregulatie, zuurstofconcentratie, koolstofdioxideconcentratie, bufferende werking van hemoglobine en HCO_3^- , glucoseconcentratie, waterhuishouding, chemische receptoren, drukreceptoren in de aorta, pCO_2 , pO_2
2 beschrijven wat de relatie is tussen de bouw van de lever, longen, huid en nieren en de homeostase;	
3 toelichten wat de principes van een regelkring zijn;	regelkring, positieve terugkoppeling, negatieve terugkoppeling
4 afleiden hoe een regelkring verloopt aan de hand van een beschrijving van de regulatie van lichaamsprocessen;	
5 beschrijven wat de samenhang is van de regeling van lichaamsprocessen;	inwendig milieu, uitwendig milieu
6 beargumenteren op welke wijze verstoring van het dynamisch evenwicht kan ontstaan en kan worden tegengegaan.	dynamisch evenwicht

O2.2 Hormonale regulatie (B4.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beargumenteren hoe de werking is van een regelkring in het hormoonstelsel;	hormoon, hormoonklier, exocrien, endocrien, hormoonstelsel, hormoonconcentratie, doelwitorgaan, hormoonreceptor, releasing hormoon , positieve terugkoppeling, negatieve terugkoppeling
2 afleiden hoe de doelwitorganen op de hormonen reageren;	
3 beschrijven hoe hormoonklieren en hun specifieke hormonen werken;	hypothalamus, hypofyse, schildklier, nier, bijnier, eierstok, teelbal, eilandje van Langerhans, insuline, glucagon, adrenaline, schildklierhormoon, (spijs)verteringshormoon, EPO, geslachtshormoon, receptor in celmembraan, receptor in cytoplasma
4 beschrijven wat het verband is tussen hormonale regulatie en het handhaven van homeostase.	

02.3 Neurale regulatie (B4.3)

Specificatie

Zie ook de specificaties van M4.2 Celcommunicatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van het zenuwstelsel;	centraal zenuwstelsel, perifeer zenuwstelsel, grote hersenen, kleine hersenen, centra in de hersenschors, witte stof, grijze stof, hersenstam, ruggenmerg, autonoom zenuwstelsel, animaal zenuwstelsel, orthosympatisch zenuwstelsel, parasympatisch zenuwstelsel, sensorisch neuron, schakelneuron, motorisch neuron, cel van Schwann, myelineschede, prikkel, impuls, temperatuurreceptor, lichtreceptor, tastreceptor, pijnzenuw
2 beschrijven hoe signaalverwerking tot stand komt;	
3 toelichten hoe een regelkring in het zenuwstelsel werkt;	regelkring, reflexboog, exciterend, inhiberend
4 beschrijven wat het verband is tussen de werking van het zenuwstelsel en het functioneren van een organisme.	

03 AFWEER VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN B5)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van het concept afweer ten minste in contexten op het gebied van gezondheidszorg en voedselproductie benoemen op welke wijze organismen zich te weer stellen tegen andere organismen, virussen en allergenen en beargumenteren welke problemen daarbij kunnen optreden en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

03.1 Afweer (B5.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van organen en cellen betrokken bij de afweer van de mens;	huid, slijmvliezen, bloed, lymfe, beenmerg, lymfeknoop, macrofagen, T-helpercel, cytotoxische T-cel, B-cel, plasmacel, geheugencel, mestcel
2 toelichten wat de onderlinge relatie is tussen de organen en cellen die betrokken zijn bij de afweer van de mens;	
3 beschrijven wat de werking van de aangeboren (niet-specifieke) afweer is;	aangeboren afweer, verworven afweer, natuurlijke immuniteit, kunstmatige immuniteit, actieve immuniteit, passieve immuniteit, lichaamseigen, lichaamsvreemd, humorale respons, cellulaire respons, antigeen, antistof, MHC-I-receptor, MHC-II-receptor, vaccinatie, transplantatie, allergie, bloedtransfusie, AB0-systeem, resusfactor, donor, acceptor
4 beschrijven wat de werking van de verworven (specifieke) afweer is;	
5 toelichten wat de reactie op lichaamseigen en lichaamsvreemde stoffen en cellen is;	
6 benoemen wat de verschillen zijn tussen verschillende typen ziekteverwekkers;	virus, bacterie, schimmel, parasiet, antibioticum, resistentie
7 herkennen wat de afweermechanismen van planten zijn.	mechanische afweer, chemische afweer, resistentie

09 REPRODUCTIE VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN E3)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten voortplanting en erfelijke eigenschap ten minste in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze eigenschappen worden overgedragen en benoemen op welke wijze de reproductie van eukaryoten en prokaryoten verloopt.

09.1 Voortplanting (E3.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat de overeenkomsten en verschillen zijn tussen geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting;	levenscyclus, geslachtelijke voortplanting, ongeslachtelijke voortplanting
2 verklaren hoe geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting leidt tot de genetische variatie bij prokaryoten en eukaryoten;	genetische variatie
3 beschrijven wat de bouw en functie van gameten en zygote zijn;	gameten, spore, mitose, meiose, haploïd, diploïd, polyploïd, eicel, spermacel, poollichaampje, follikel, geel lichaam, bevruchting, klievingsdeling, zygote
4 beschrijven hoe gameten en zygote gevormd worden en zich ontwikkelen;	
5 beschrijven hoe embryo en foetus van de mens zich ontwikkelen;	placenta, embryo, embryonale ontwikkeling, foetus
6 beschrijven wat de bouw, werking en functie zijn van de voortplantingsorganen van de mens;	voortplantingsorganen van de mens, primair geslachtskenmerk, eierstok, eileider, baarmoeder, vagina, clitoris, teelbal, penis
7 toelichten wat de rol van hormonen is bij de voortplanting van de mens;	geslachtshormoon, FSH, LH, oestrogeen, progesteron, testosteron, HCG, secundair geslachtskenmerk, menstruatiecyclus, anticonceptie
8 toelichten met behulp ethische en biologische argumenten dat er verschillende standpunten zijn over het ingrijpen van de mens in het voortplantingsproces van organismen.	kunstmatige inseminatie, in vitro fertilisatie, ICSI, klonen, ethisch argument, biologisch argument

P POPULATIE- EN ECOSYSTEEMNIVEAU

P1 REGULATIE VAN ECOSYSTEMEN (SUBDOMEIN B8)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten energiestroom, kringloop, dynamiek en evenwicht ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid verklaren op welke wijze ecosystemen zichzelf reguleren; de kandidaat kan beargumenteren welke effecten op kunnen treden als zelfregulatie van ecosystemen en het systeem Aarde wordt verstoord, en kan beargumenteren met welke maatregelen de mens zelfregulatie van ecosystemen en het systeem Aarde kan beïnvloeden.

P1.1 Energiestroom (B8.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 energiestromen in een ecosysteem (modelmatig) beschrijven;	energiestroom, producent, consument, reductent, trofisch niveau
2 toelichten welke processen en organismen van invloed zijn op energiestromen in een ecosysteem;	foto-autotroof, chemo-autotroof, heterotroof, organische stof, anorganische stof, BPP, NPP, productiviteit
3 uitleggen wat oorzaken en gevolgen zijn van verstoring van energiestromen in een ecosysteem;	effect van klimaatverandering, overbevissing, ontbossing
4 beredeneren hoe de mens ecosystemen positief of negatief kan beïnvloeden met keuzes op het gebied van energiegebruik.	fossiele brandstof, biobrandstof, biomassa, energietransitie

P1.2 Kringloop (B8.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 toelichten wat de rol is van producenten, consumenten en reductenten in kringlopen van elementen;	kringloop, fotosynthese, dissimilatie, koolstofkringloop, stikstofkringloop, organische stof, anorganische stof
2 stromen van elementen in een ecosysteem kwantitatief beschrijven;	
3 toelichten welke processen van invloed zijn op kringlopen van elementen in een ecosysteem;	denitrificatie, nitrificatie, ammonificatie, stikstofbinding, aeroob, anaeroob; ammoniak, ammonium, nitraat, nitriet, methaan, stikstofgas
4 uitleggen wat oorzaken en gevolgen zijn van verstoring van kringlopen;	uitspoeling, eutrofiering, broeikaseffect, broeikasgassen
5 beargumenteren hoe maatregelen van de mens kringlopen van elementen in een ecosysteem en daarmee het systeem Aarde beïnvloeden.	hergebruik, recyclen, gevolgen voor de biodiversiteit

P1.3 Dynamiek en evenwicht (B8.3)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat onder een ecosysteem wordt verstaan en welke componenten daarvan deel uitmaken;	ecosysteem, habitat, niche, levensgemeenschap, soortensamenstelling
2 benoemen wat de verschillen zijn tussen ecosystemen op basis van verschillen in biotische en abiotische factoren;	populatie, indicatorsoort, biotische factor, abiotische factor
3 uitleggen welke rol biotische en abiotische factoren spelen bij de dynamiek binnen een ecosysteem;	dynamiek, geboorte, sterfte, migratie, microklimaat, beperkende factor, tolerantie, optimum, eilandtheorie
4 uitleggen welke rol concurrentie binnen en tussen populaties speelt bij de dynamiek (instandhouding en ontwikkeling) van een ecosysteem;	concurrentie
5 beargumenteren hoe de mens de instandhouding van ecosystemen beïnvloedt.	exoot, natuurbeheer

P2 ZELFORGANISATIE VAN ECOSYSTEMEN (SUBDOMEIN C3)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten dynamiek en evenwicht ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en wereldbeeld benoemen op welke wijze ecosystemen zich kunnen ontwikkelen en beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelforganisatie van ecosystemen en het systeem Aarde beïnvloedt.

P2.1 Dynamiek en evenwicht (C3.1)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven welke opeenvolgende veranderingen er zijn in een ecosysteem;	successie, pioniersoort, climaxecosysteem
2 verklaren hoe overgangen in de ontwikkeling van ecosystemen tot stand komen;	gradiëntecosysteem, concurrentie, groeicurve
3 beschrijven dat een ecosysteem in verschillende evenwichtssituaties kan verkeren;	draagkracht, tolerantiegrenzen, omslagpunt
4 beargumenteren hoe de mens de ontwikkeling van ecosystemen en het systeem Aarde beïnvloedt.	exoot, natuurbeheer, klimaatverandering

P3 INTERACTIE IN ECOSYSTEMEN (SUBDOMEIN D5)

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten voedselrelatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en voedselproductie benoemen welke relaties tussen populaties en ecosystemen bestaan en beargumenteren op welke wijze vraagstukken die daar betrekking op hebben, kunnen worden benaderd.

P3.1 Voedselrelatie (D5.1)
Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven welke voedselrelaties tussen organismen bestaan;	voedselrelatie, trofisch niveau, predatie, vraat, signaalstof
2 benoemen welke relaties in een voedselketen voorkomen;	voedselketen, producent, consument, reducent, symbiose, parasitisme, mutualisme, commensalisme
3 beschrijven welke voedselketens er zijn in een voedselweb	voedselweb

P3.2 Duurzame ontwikkeling (D5.2)
Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat onder duurzame ontwikkeling wordt verstaan;	duurzame ontwikkeling, biologisch afbreekbaar, open kringloop, gesloten kringloop, biodiversiteit
2 uitleggen hoe bij energieproductie rekening gehouden kan worden met duurzame ontwikkeling;	energieproductie, hernieuwbare energiebron, energiebesparing
3 uitleggen hoe bij voedselproductie rekening gehouden kan worden met duurzame ontwikkeling;	voedselproductie, bestrijdingsmiddel, biologische landbouw
4 uitleggen dat in een voedselketen accumulatie van schadelijke stoffen kan optreden en wat de gevolgen daarvan zijn.	accumulatie, persistent, resistent, microplastic, milieuvervuiling

P4 SOORTVORMING (SUBDOMEIN F2)
Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten populatie, variatie, selectie en soortvorming ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en wereldbeeld verklaren op welke wijze nieuwe soorten kunnen ontstaan.

P4.1 Populatie (F2.1)
Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven wat onder een soort en wat onder een populatie wordt verstaan;	soort, populatie
2 uitleggen hoe frequenties van genotypen en fenotypen in populaties in tijd en ruimte veranderen;	genotype, fenotype
3 uitleggen dat populaties emergente eigenschappen hebben.	emergente eigenschap

P4.2 Variatie (F2.2) *Specificatie*

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 uitleggen hoe genetische variatie in een populatie kan veranderen door willekeurige mutaties, genetic drift en gene flow;	genetische variatie, adaptatie, fitness, genetic drift, gene flow, allelfrequentie, divergentie , convergentie
2 uitleggen hoe isolatie, stichtereffect en flessenhalseffect de genetische variatie in een populatie kunnen veranderen;	stichtereffect/founder effect, flessenhalseffect/bottleneck effect
3 bepalen wat het verband is tussen de genetische variatie van opeenvolgende generaties met gebruik van de regel van Hardy-Weinberg.	regel van Hardy-Weinberg, $(p + q) \times (p + q) = p^2 + 2pq + q^2 = 1$

P4.3 Selectie (F2.3) *Specificatie*

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 uitleggen dat adaptatie van populaties tot stand komt door selectie van organismen;	adaptatie, natuurlijke selectie, fitness
2 uitleggen dat selectiedruk adaptaties bijeenbrengt die het voortplantingssucces van de soort vergroten;	selectiedruk, soort, homologie, analogie, voortplantingssucces
3 beschrijven wat overeenkomsten en verschillen zijn tussen natuurlijke en kunstmatige selectie.	kunstmatige selectie, seksuele selectie, veredeling, fokken, inteelt

P4.4 Soortvorming (F2.4) *Specificatie*

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 uitleggen dat soorten ontstaan door verschillende vormen van reproductieve isolatie;	soort, geslacht (genus), reproductieve isolatie, co-evolutie, sympatrische soortvorming, allopatrische soortvorming
2 uitleggen hoe verwantschap en afstamming van soorten weergegeven kan worden in de vorm van een cladogram.	verwantschap, afstamming, cladogram, clade, <i>(radioactieve) isotoop</i>

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA BIOLOGIE VWO

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Zelfregulatie
Domein C	Zelforganisatie
Domein D	Interactie
Domein E	Reproductie
Domein F	Evolutie

Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, B3, B4, B5, B8, C1, C3, D1, D2, D5, E3, F1 en F2, in combinatie met de vaardigheden uit 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:

- de domeinen en subdomeinen waarop het centraal examen geen betrekking heeft;
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: een of meerdere 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 vaardigheden (profieloverstijgend niveau)

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

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

Subdomein A2: Communiceren

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

Subdomein A3: Reflecteren op leren

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

Subdomein A4: Studie en beroep

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

Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau)

Subdomein A5: Onderzoeken

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

Subdomein A6: Ontwerpen

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

Subdomein A7: Modelvorming

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

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium

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

Subdomein A9: Waarderen en oordelen

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

Biologie-specifieke vaardigheden

Subdomein A10: Beleven

10 De kandidaat kan in contexten gevoelens en betekenissen expliciteren die worden opgeroepen door het omgaan met de natuur of in de natuur voorkomende objecten en daarbij aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen van anderen.

Subdomein A11: Vorm-functie-denken

11 De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarbij van biologische objecten op verschillende organisatieniveaus vanuit een gegeven vorm naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.

Subdomein A12: Ecologisch denken

12 De kandidaat kan in contexten op het gebied van duurzaamheid redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem zijn.

Subdomein A13: Evolutionair denken

13 De kandidaat kan in contexten redeneringen hanteren waarmee biologische verschijnselen op verschillende organisatieniveaus verklaard worden met behulp van theorie over evolutiemechanismen.

Subdomein A14: Systeemdenken

14 De kandidaat kan in contexten een onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.

Subdomein A15: Kennisontwikkeling en -toepassing

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

Subdomein A16: Contexten

16 De kandidaat kan de in domein A genoemde vaardigheden en de in domeinen B tot en met F genoemde concepten ten minste gebruiken in wetenschappelijke contexten, in beroepscontexten waarvoor een wetenschappelijke opleiding is vereist en in leefwereldcontexten.

Domein B: Zelfregulatie

Subdomein B1: Eiwitsynthese

- 17 De kandidaat kan met behulp van de concepten DNA en eiwitsynthese ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze zelfregulatie op moleculair niveau plaatsvindt.

Subdomein B2: Stofwisseling van de cel

- 18 De kandidaat kan met behulp van de concepten homeostase, transport, assimilatie en dissimilatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voeding verklaren op welke wijze de stofwisseling van cellen van prokaryoten en eukaryoten verloopt.

Subdomein B3: Stofwisseling van het organisme

- 19 De kandidaat kan met behulp van de concepten orgaan, fotosynthese, ademhaling, vertering, uitscheiding en transport ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze de stofwisseling van organismen verloopt en beargumenteren op welke wijze stoornissen daarin kunnen ontstaan en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

Subdomein B4: Zelfregulatie van het organisme

- 20 De kandidaat kan met behulp van de concepten homeostase, hormonale regulatie en neurale regulatie ten minste in contexten op het gebied van sport en voeding verklaren op welke wijze zelfregulatie bij eukaryoten verloopt en beargumenteren op welke wijze daarin stoornissen kunnen ontstaan en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

Subdomein B5: Afweer van het organisme

- 21 De kandidaat kan met behulp van het concept afweer ten minste in contexten op het gebied van gezondheidszorg en voedselproductie benoemen op welke wijze organismen zich te weer stellen tegen andere organismen, virussen en allergenen en beargumenteren welke problemen daarbij kunnen optreden en op welke wijze deze kunnen worden aangepakt.

Subdomein B6: Beweging van het organisme

- 22 De kandidaat kan met behulp van de concepten beweging, neurale regulatie en waarneming ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en sport verklaren op welke wijze mens en dier bewegen en op welke wijze dit kan worden geoptimaliseerd.

Subdomein B7: Waarneming door het organisme

- 23 De kandidaat kan met behulp van de concepten orgaan, waarneming en neurale regulatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en sport verklaren op welke wijze organismen waarnemen.

Subdomein B8: Regulatie van ecosystemen

- 24 De kandidaat kan met behulp van de concepten energiestroom, kringloop, dynamiek en evenwicht ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid verklaren op welke wijze ecosystemen zichzelf reguleren; de kandidaat kan beargumenteren welke effecten op kunnen treden als zelfregulatie van ecosystemen en het systeem Aarde wordt verstoord, en kan beargumenteren met welke maatregelen de mens zelfregulatie van ecosystemen en het systeem Aarde kan beïnvloeden.

Domein C: Zelforganisatie

Subdomein C1: Zelforganisatie van cellen

- 25 De kandidaat kan met behulp van de concepten genexpressie en celdifferentiatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze de ontwikkeling van cellen verloopt en beargumenteren op welke wijze stoornissen in de ontwikkeling kunnen ontstaan en worden aangepakt.

Subdomein C2: Zelforganisatie van het organisme

- 26 De kandidaat kan met behulp van het concept levenscyclus ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze de ontwikkeling van organismen

verloopt, verklaren op welke wijze verstoringen van de ontwikkeling ontstaan en beargumenteren op welke wijze deze kunnen worden voorkomen of worden aangepakt.

Subdomein C3: Zelforganisatie van ecosystemen

- 27 De kandidaat kan met behulp van de concepten dynamiek en evenwicht ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en wereldbeeld benoemen op welke wijze ecosystemen zich kunnen ontwikkelen en beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelforganisatie van ecosystemen en het systeem Aarde beïnvloedt.

Domein D: Interactie

Subdomein D1: Moleculaire interactie

- 28 De kandidaat kan met behulp van de concepten genregulatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze de moleculaire regulatie plaatsvindt.

Subdomein D2: Cellulaire interactie

- 29 De kandidaat kan met behulp van de concepten celcommunicatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid de wijze waarop cellulaire interactie verloopt benoemen.

Subdomein D3: Gedrag en interactie

- 30 De kandidaat kan met behulp van de concepten gedrag en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van communicatie, gezondheid en veiligheid verklaren op welke wijze gedrag van organismen en populaties ontstaat, benoemen wat de functie van het gedrag is en benoemen op welke wijze het zich ontwikkelt.

Subdomein D4: Seksualiteit

- 31 De kandidaat kan met behulp van de concepten gedrag en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en communicatie beargumenteren op welke wijze vraagstukken met betrekking tot seksualiteit van de mens kunnen worden benaderd.

Subdomein D5: Interactie in ecosystemen

- 32 De kandidaat kan met behulp van de concepten voedselrelatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en voedselproductie benoemen welke relaties tussen populaties en ecosystemen bestaan en beargumenteren op welke wijze vraagstukken die daar betrekking op hebben, kunnen worden benaderd.

Domein E: Reproductie

Subdomein E1: DNA-replicatie

- 33 De kandidaat kan met behulp van het concept DNA-replicatie ten minste in contexten op het gebied van veiligheid en gezondheid benoemen op welke wijze erfelijk materiaal wordt gereproduceerd.

Subdomein E2: Levenscyclus van de cel

- 34 De kandidaat kan met behulp van het concept celcyclus ten minste in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie benoemen op welke wijze reproductie van cellen verloopt en beargumenteren op welke wijze daarbij optredende verstoringen kunnen worden voorkomen of aangepakt.

Subdomein E3: Reproductie van het organisme

- 35 De kandidaat kan met behulp van de concepten voortplanting en erfelijke eigenschap ten minste in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze eigenschappen worden overgedragen en benoemen op welke wijze de reproductie van eukaryoten en prokaryoten verloopt.

Domein F: Evolutie

Subdomein F1: Selectie

- 36 De kandidaat kan met behulp van de concepten DNA, mutatie, genetische variatie, recombinitie en populatie ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en voedselproductie verklaren op welke wijze variatie in populaties tot stand komt.

Subdomein F2: Soortvorming

- 37 De kandidaat kan met behulp van de concepten populatie, variatie, selectie en soortvorming ten minste in contexten op het gebied van gezondheid en wereldbeeld verklaren op welke wijze nieuwe soorten kunnen ontstaan.

Subdomein F3: Biodiversiteit

- 38 De kandidaat kan met behulp van het concept biodiversiteit ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en wereldbeeld veranderingen in diversiteit van populaties en ecosystemen binnen het systeem Aarde verklaren en beargumenteren op welke wijze deze veranderingen beïnvloed worden.

Subdomein F4: Ontstaan van het leven

- 39 De kandidaat kan met behulp van het concept ontstaan van het leven ten minste in contexten op het gebied van wereldbeeld benoemen met behulp van welke theorie het voorkomen van leven op Aarde wordt verklaard.