



College voor Toetsen en Examens

BIOLOGIE VWO

CONCEPTSYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2021

Versie 1, februari 2019

© 2019 College voor Toetsen en Examens vwo, havo, vmbo, Utrecht.

Alle rechten voorbehouden. Alles uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Inhoud

Voorwoord	5
1 Verdeling examenstof over CE en SE	6
2 Specificaties	7
2.1 Toelichting op de specificaties	7
2.1.1 Opbouw van de specificatie	7
2.1.2 Voorbeeldcontexten	7
2.1.3 Deelconcepten	8
2.1.4 Beheersingsniveau	8
2.2 Specificaties ⁹	
Domein A. Vaardigheden	9
Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken	9
Subdomein A2. Communiceren	9
Subdomein A3. Reflecteren op leren	9
Subdomein A4. Studie en beroep	9
Subdomein A5. Onderzoeken	9
Subdomein A6. Ontwerpen	10
Subdomein A7. Modelvorming	11
Subdomein A8. Natuurwetenschappelijk instrumentarium	11
Subdomein A9. Waarderen en oordelen	12
Subdomein A10: Beleven	12
Subdomein A11: Vorm-functie-denken	12
Subdomein A12: Ecologisch denken	12
Subdomein A13: Evolutionair denken	13
Subdomein A14: Systeendenken	13
Subdomein A15: Kennisontwikkeling en -toepassing	13
Subdomein A16: Contexten	13
Domein B. Zelfregulatie	14
Subdomein B1. Eiwitsynthese	14
Subdomein B2. Stofwisseling van de cel	15
Subdomein B3. Stofwisseling van het organisme	17
Subdomein B4. Zelfregulatie van het organisme	19
Subdomein B5. Afweer van het organisme	21
Subdomein B8. Regulatie van ecosystemen	21
Domein C. Zelforganisatie	22
Subdomein C1. Zelforganisatie van cellen	24
Subdomein C3. Zelforganisatie van ecosystemen	25
Domein D. Interactie	26
Subdomein D1. Moleculaire interactie	26
Subdomein D2. Cellulaire interactie	27
Subdomein D5. Interactie in ecosystemen	27
Domein E. Reproductie	29

Subdomein E3. Reproductie van het organisme	29
<i>Domein F. Evolutie</i>	31
Subdomein F1. Selectie	31
Subdomein F2. Soortvorming	32
3 Vereiste (voor)kennis van scheikunde en natuurkunde	35
3.1 <i>Scheikunde</i>	35
3.2 <i>Natuurkunde</i>	35
Bijlage 1: Examenprogramma biologie vwo	36
Bijlage 2: Examen(werk)woorden	42
Bijlage 3: Conceptentabel bij het examenprogramma	43
Bijlage 4: Index begrippen domeinen B t/m F	44

Voorwoord

De minister heeft de examenprogramma's op hoofdlijnen vastgesteld. In het examenprogramma zijn de exameneenheden aangewezen waarover het centraal examen (CE) zich uitstrekt: het CE-deel van het examenprogramma. Het examenprogramma geldt tot nader order.

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

Ten aanzien van de syllabus is nog het volgende op te merken. De functie ervan is een leraar in staat te stellen zich een goed beeld te vormen van wat in het centraal examen wel en niet gevraagd kan worden. Naar zijn aard is een syllabus dus niet een volledig gesloten en afgebakende beschrijving van alles wat op een examen zou kunnen voorkomen. Het is mogelijk, al zal dat maar in beperkte mate voorkomen, dat op een CE ook iets aan de orde komt dat niet met zo veel woorden in deze syllabus staat, maar dat naar het algemeen gevoelen in het verlengde daarvan ligt.

Een syllabus is zodoende een hulpmiddel voor degenen die anderen of zichzelf op een centraal examen voorbereiden. Een syllabus kan ook behulpzaam zijn voor de producenten van leermiddelen en voor nascholingsinstanties. De syllabus is niet van belang voor het schoolexamen. Daarvoor zijn door de SLO handreikingen geproduceerd die niet in deze uitgave zijn opgenomen.

Deze syllabus geldt voor het examenjaar 2021. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2022 wordt een nieuwe syllabus vastgesteld.

Het CvTE publiceert uitsluitend digitale versies van de syllabi. Dit gebeurt via Examenblad.nl (www.examenblad.nl), de officiële website voor de examens in het voortgezet onderwijs.

Een syllabus kan zo nodig ook tussentijds worden aangepast, bijvoorbeeld als een in de syllabus beschreven situatie feitelijk veranderd is. De aan een centraal examen voorafgaande Septembermededeling is dan het moment waarop dergelijke veranderingen bekendgemaakt worden. Kijkt u voor alle zekerheid jaarlijks in september op Examenblad.nl. Wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus worden duidelijk zichtbaar gemaakt. Inhoudelijke wijzigingen zijn geel gemarkeerd. Het is ook mogelijk dat een syllabus geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

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

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

1 Verdeling examenstof over CE en SE

Het examenprogramma biologie bestaat uit een gedeelte dat getoetst wordt in het centraal examen (CE) en een deel dat afgesloten wordt in het schoolexamen (SE). De syllabus geeft een specificatie van het CE-deel van het examenprogramma.

Het examenprogramma staat in bijlage 1. Het betreft hier het programma met globale eindtermen, waarvan het CE-deel in hoofdstuk 2 van deze syllabus nader wordt gespecificeerd. Het SE-deel is nader gespecificeerd in een [handreiking](#) van SLO. In de handreiking zijn suggesties opgenomen voor het SE-deel welke dus niet bindend zijn.

In de onderstaande tabel staat vermeld welke domeinen en subdomeinen op het centraal examen geëxamineerd kunnen worden:

Domein		Subdomein		in CE	moet in SE	mag in SE
A	Vaardigheden			X	X	
B	Zelfregulatie	B1	Eiwitsynthese	X		X
		B2	Stofwisseling van de cel	X		X
		B3	Stofwisseling van het organisme	X		X
		B4	Zelfregulatie van het organisme	X		X
		B5	Afweer van het organisme	X		X
		B6	Beweging van het organisme		X	
		B7	Waarneming door het organisme		X	
		B8	Regulatie van ecosystemen	X		X
C	Zelforganisatie	C1	Zelforganisatie van cellen	X		X
		C2	Zelforganisatie van het organisme		X	
		C3	Zelforganisatie van ecosystemen	X		X
D	Interactie	D1	Moleculaire interactie	X		X
		D2	Cellulaire interactie	X		X
		D3	Gedrag en interactie		X	
		D4	Seksualiteit		X	
		D5	Interactie in ecosystemen	X		X
E	Reproductie	E1	DNA-replicatie		X	
		E2	Levenscyclus van de cel		X	
		E3	Reproductie van het organisme	X		X
F	Evolutie	F1	Selectie	X		X
		F2	Soortvorming	X		X
		F3	Biodiversiteit		X	
		F4	Ontstaan van het leven		X	

2 Specificaties

2.1 Toelichting op de specificaties

2.1.1 *Opbouw van de specificatie*

De concepten die voorkomen in het examenprogramma zijn voor de biologie gestructureerd in een systeemmatrix (zie systeemmatrix CVBO in bijlage 3). In deze matrix is te zien op welk organisatieniveau en in het kader van welk biologisch systeemconcept (zelfregulatie, zelforganisatie, interactie, reproductie, evolutie) de concepten aan de orde komen.

De domeinen in het examenprogramma zijn benoemd op basis van de systeemconcepten. De subdomeinen zijn gebaseerd op de cellen in de matrix en de eindtermen zijn uitwerkingen van concepten die per subdomein in de systeemmatrix zijn opgenomen. Binnen de domeinen hebben de subdomeinen een naam die gebaseerd is op het biologische proces en/of het organisatieniveau ofwel de biologische eenheid waarbinnen dit subdomein zich afspeelt.

De specificaties in de syllabus kennen de volgende opbouw:

Per domein:

- Een omschrijving van het domein en een uitwerking van wat de kandidaat binnen dit domein op hoofdlijnen moet kennen en kunnen.

Per subdomein:

- De eindterm waarin de te hanteren biologische concepten en de contextgebieden waarin die biologische concepten in de maatschappelijke werkelijkheid van belang zijn, worden genoemd.
- Voorbeelden van contexten binnen de contextgebieden die in het examenprogramma voor dit subdomein genoemd zijn. Zie voor een nadere toelichting paragraaf 2.1.2.

Per concept:

- Een nadere specificatie van de wijze waarop de kandidaat de concepten in de genoemde contextgebieden moet kunnen hanteren. Hierin geeft een handelingswerkwoord de aanduiding van het beheersingsniveau waarop de kandidaat de concepten moet kunnen hanteren. Zie voor een nadere toelichting paragraaf 2.1.3.
- Een opsomming van deelconcepten waarop dit subdomein betrekking heeft.

In bijlage 4 is een index opgenomen van begrippen die in deze syllabus voorkomen.

2.1.2 *Voorbeeldcontexten*

In de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs zijn keuzes gemaakt ten aanzien van de concepten uit de biologie die in het onderwijs behandeld moeten worden en de contextgebieden waarin die concepten worden gebruikt. De keuze voor de te behandelen concepten voor biologie is gemaakt op basis van actuele en veel voorkomende biologische praktijken in Nederland. Dat vergroot de kans dat leerlingen relevantie ervaren en het perspectief van vooropleiding voor vervolgstudie of beroep wordt verbeterd. De contextgebieden zijn, in overleg met de andere bètavakken, gestructureerd aan de hand van maatschappelijke thema's waarin bèta-kennis wordt gebruikt.

Om een nader beeld te geven van de contexten waarin de te bevragen concepten worden gebruikt, zijn er in deze syllabus voorbeelden opgenomen. In de vorm van de voorbeelden in deze syllabus zijn veelal de volgende aspecten te herkennen:

- de deelnemers met hun expertise;
- de plaats waar de deelnemers binnen deze context handelen;
- de activiteiten die de deelnemers uitvoeren;
- het doel van deze activiteit.

Deze complete opbouw is voorbeeldmatig, in het onderwijs of in een examen kunnen contexten ook op een andere manier beschreven worden. Iedere voorbeeldcontext wordt voorafgegaan door een letter die verwijst naar de contextgebieden die in het examenprogramma genoemd zijn, te weten:

E	energie	VP	voedselproductie
G	gezondheid of gezondheidszorg	S	sport
D	duurzaamheid	W	wereldbeeld
V	voeding	VH	veiligheid

Om de samenhang te benadrukken komen sommige voorbeeldcontexten bij meerdere (sub)domeinen voor.

2.1.3 *Deelconcepten*

Bij ieder subdomein is per concept een opsomming van deelconcepten opgenomen waarop dit subdomein betrekking heeft. Deze deelconcepten geven aan tot op welk niveau en in welke mate van detail de kandidaat de stof moet beheersen. De deelconcepten hebben geen ander doel dan een niveuaanduiding: ze moeten noch gezien worden als een verplichte, noch als een volledige lijst van termen waarover vragen kunnen worden gesteld. In contexten kunnen nieuwe termen worden geïntroduceerd die in de context zelf worden toegelicht.

2.1.4 *Beheersingsniveau*

In het examenprogramma zijn drie beheersingsniveaus onderscheiden die gekarakteriseerd zijn met de woorden *benoemen*, *verklaren* en *beargumenteren*. In de specificatie in deze syllabus zijn per niveau verschillende handelingswerkwoorden gebruikt. Deze zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Behalve de gebruikte handelingswerkwoorden geven ook de deelconcepten aan tot op welk niveau en in welke mate van detail de kandidaten de stof moeten beheersen.

Deze handelingswerkwoorden moeten niet verward worden met de woorden gebruikt in een examen, ook wel examenwerkwoorden genoemd (zie bijlage 2). Deze hoeven qua niveau niet overeen te komen met de gebruikte handelingswerkwoorden. De moeilijkheidsgraad van een examenvraag wordt nader bepaald door de complexiteit van de contexten. Ook de in een vraag gebruikte examenwerkwoorden kunnen iets zeggen over het niveau van de vraag. Dit hoeft echter niet overeen te komen met de indeling in bovenstaande tabel. Zo kan een niveau 1-werkwoord binnen een complexe context een moeilijke vraag opleveren en kan een niveau 3-werkwoord in een recht toe recht aan vraag een makkelijke vraag opleveren.

2.2 Specificaties

Domein A. Vaardigheden

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4: Algemene vaardigheden — profieloverstijgend niveau

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

Subdomeinen A10 t/m A16: Biologische vakvaardigheden

De eerste categorie met algemene profieloverstijgende vaardigheden worden in deze syllabus niet verder gespecificeerd. De specificaties van de subdomeinen A5 t/m A9 zijn afgestemd met de syllabuscommissies 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.

Geen nadere specificatie voor het vak biologie

Subdomein A2. Communiceren

Eindterm

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

Geen nadere specificatie voor het vak biologie

Subdomein A3. Reflecteren op leren

Eindterm

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

Geen nadere specificatie voor het vak biologie

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.

Geen nadere specificatie voor het vak biologie

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

1. een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren;
2. een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
3. verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4. een hypothese opstellen bij een onderzoeksvraag en verwachtingen formuleren;
5. een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
6. *voor de beantwoording van een onderzoeksvraag relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen;*
7. meetgegevens verwerken en presenteren op een wijze die helpt bij de beantwoording van een onderzoeksvraag;
8. op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvra(a)g(en) van het onderzoek;
9. de uitvoering van een onderzoek en de conclusies evalueren, gebruik makend van de begrippen validiteit en betrouwbaarheid;
10. *een natuurwetenschappelijk onderzoek presenteren;*
11. herkennen dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken mogelijk 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 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

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. 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 beargumenteerde schatting maken voor parameterwaarden van een model op basis van gegevens;
5. toetsbare verwachtingen formuleren over het gedrag van een model;
6. *een model met een geschikte tijdstap doorrekenen;*
7. een model evalueren op basis van uitkomsten, verwachtingen en (meet)gegevens;
8. *een modelstudie 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. aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten;
4. *verantwoord omgaan met materialen, instrumenten, organismen en milieu;*
5. 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 (ratio), percentages en gemiddelden;

- rekenen met oppervlakte en volumes;
 - omwerken van formules;
 - grafieken opstellen en daarbij rekening houden met de plaats van de afhankelijke en de onafhankelijke variabele;
 - aflezen logaritmische grafiek;
 - lineaire en exponentiële verbanden herkennen;
 - grafieken lezen (formuleloos), gericht op grafisch verloop en trends.
6. Verbanden leggen op basis van tabel- en grafiekgegevens.

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.*

Biologische vakvaardigheden

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.

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.

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.

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.

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.

Domein B. Zelfregulatie

De biologie, de leer van het leven, bestudeert het leven op verschillende niveaus. Op elk niveau zijn er systemen met een eigen organisatie, de biologische eenheden: de moleculen, de cel, het orgaan, het organisme, de populatie, het ecosysteem. Elke biologische eenheid is een complex dynamisch systeem, erop gebouwd om effectief met de eigen omgeving om te gaan. Elke biologische eenheid is een complex systeem dat zichzelf reguleert.

Biologische eenheden, op welk organisatieniveau dan ook, houden zichzelf in stand door het opnemen van stoffen c.q. energie uit hun omgeving, door het herstellen van opgelopen schade, door zich te verdedigen tegen belagers en tegen schadelijke stoffen en door het aanpassen aan of het veranderen van de omgeving. Onderdelen van een biologische eenheid kunnen gespecialiseerd zijn voor een bepaalde functie. Biologische eenheden kunnen met elkaar op een hoger niveau een nieuwe biologische eenheid vormen met een eigen organisatiestructuur.

De kandidaat kan in een context:

- biologische eenheden herkennen en de kenmerken ervan beschrijven. Die biologische eenheden zijn moleculen, cellen, organen, organismen, populaties, ecosystemen;
- uitleggen dat er opname, verwerking en afgifte van energie en materie is, en daarbij de relaties binnen en tussen de verschillende biologische eenheden beschrijven;
- redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht, en andersom.

Subdomein B1. Eiwitsynthese

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.

Voorbeeldcontexten

G: Humane genetici in academische centra doen experimenteel DNA onderzoek om patiënten met de ziekte van Duchenne weer functioneel dystrofine te laten aanmaken.
VP: Biotechnologen bij bureau genetisch gemodificeerde organismen (GGO) beoordelen aanvragen voor het gebruik van genetisch gemodificeerde gewassen, met het doel de veiligheid voor mens en milieu te waarborgen.

VP: Levensmiddelentechnologen bij een voedselproductieconcern veranderen DNA en daarmee eiwitsynthese met het doel gezondere producten (functional food) te produceren.

B1.1 DNA

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw van DNA en RNA beschrijven en de verschillen toelichten;
2. de functies van DNA en van mRNA, tRNA en rRNA benoemen en het verband beschrijven met de bouw ervan;
3. uitleggen op welke manieren de basenvolgorde in het DNA bepaald kan worden.

Deelconcepten

nucleïnezuren, helixstructuur, basenparing, nucleotide, enkelstrengs en dubbelstrengs DNA, chromosomen, nucleosomen, histonen, kernDNA, mitochondriaal en chloroplast DNA, RNA, genetische code, plasmide, primer, PCR, sequenzen, restrictie-enzym, repetitief DNA.

B1.2 Eiwitsynthese

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

1. op basis van de relatie tussen tripletcode en aminozuur toelichten hoe eiwitten gevormd worden
2. het proces van transcriptie en translatie beschrijven;
3. uitleggen hoe de aminozuurvolgorde (primaire structuur) van een eiwit de bouw en werking van het eiwit bepaalt;
4. uitleggen hoe eiwitten de bouw en werking van biologische eenheden bepalen.

Deelconcepten

aminozuur, primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire structuur, proteïne, peptidebinding, transcriptie, translatie, mRNA, tRNA, rRNA, cytoplasma, ribosoom, golgi-systeem, (ruw) endoplasmatisch reticulum, tripletcode, codon, anticodon, coderende streng, afleesrichting, template/matrijsstreng, DNA-polymerase, startcodon, stopcodon, plasmide.

Subdomein B2. Stofwisseling van de cel

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.

Voorbeeldcontexten

G (leefwereldcontext): Leden van een familie die mogelijk een erfelijke, mitochondriale afwijking hebben zoals MERFF, ondergaan in een academische centrum een onderzoek om vast te stellen of ze het gemuteerde gen hebben met het doel zich voor te bereiden op eventuele consequenties.

V: Microbiologen bij voedselproducenten ontwikkelen microbiële testen op ingrediënten van voedingsmiddelen met het doel om ingrediënten snel te kunnen testen op aanwezigheid van gevaarlijke micro-organismen.

B2.1 Homeostase

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

1. kenmerken van bacteriën beschrijven;
2. een eukaryote cel beschrijven als een zelfstandig functionerende eenheid, de onderdelen van cellen herkennen en de functies ervan benoemen;
3. uitleggen dat cellen zich in stand houden door het uitvoeren van chemische reacties;
4. toelichten dat het dynamisch evenwicht in de cel in stand wordt gehouden in een complex netwerk van celprocessen die uiteenlopende functies hebben;
5. uitleggen hoe door het principe van terugkoppeling homeostase in de cel gerealiseerd wordt.

Deelconcepten

prokaryoot, eukaryoot, virus, bacterie, plasmide, celkern, kernlichaampje, kernporie, chromosoom, celwand, celmembraan, vacuole, cytoplasma, grondplasma, cytoskelet, centriolen, mitochondrie, (ruw) endoplasmatisch reticulum, golgi-systeem, ribosoom, lysosoom, chloroplast, chlorofyl, plastide, ciliën, flagellen, terugkoppeling, receptoreiwit, effector, cascade, ionenpomp, dynamisch evenwicht.

B2.2 Transport **Specificatie**

De kandidaat kan in een context:

1. vormen van actief en passief transport beschrijven en de relatie beschrijven met de eigenschappen van de getransporteerde stoffen en de bouw en eigenschappen van membranen;
2. toelichten dat effecten van osmotische werking verschillen bij plantaardige en dierlijke cellen;
3. uitleggen dat door de aanwezigheid van een selectief doorlaatbaar celmembraan de celinhoud permanent verschilt van de celomgeving;
4. de rol van het cytoskelet bij transportprocessen herkennen.

Deelconcepten

diffusie, osmose, semi-permeabel membraan, selectief permeabel, fosfolipiden, hydrofoob, hydrofiel, receptoreiwit, ionentransport, ionenpomp, isotonisch, hypotonisch, hypertonisch, plasmolyse, turgor, osmotische druk, osmotische waarde, waterpotentiaal, actief transport, passief transport, endo- en exocytose, cytoplasmastroming, motoreiwit, cytoskelet.

B2.3 Assimilatie en dissimilatie **Specificatie**

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven dat cellen stoffen opnemen en afgeven, dat de stoffen in de cellen verwerkt worden in chemische reacties (opbouw en afbraak), gekatalyseerd door enzymen;
- 2 beschrijven dat er verschillende vormen van energie zijn: chemische energie (zoals in ATP), lichtenergie, kinetische energie, warmte, en beschrijven dat deze vormen in elkaar kunnen overgaan;
- 3 het fotosyntheseproces in cellen met chloroplasten beschrijven;
- 4 assimilatieprocessen in planten en dieren beschrijven en toelichten dat deze processen leiden tot de aanmaak van bouwstoffen, brandstoffen, reservestoffen en enzymen;
- 5 dissimilatieprocessen beschrijven. Hierbij anaerobe en aerobe dissimilatie onderscheiden;
- 6 met behulp van reactievergelijkingen assimilatie- en dissimilatieprocessen (ook van de deelreacties daarvan) toelichten;
- 7 beschrijven waar en op welke wijze enzymen reacties, zoals assimilatie- en dissimilatie-processen, katalyseren en hoe de temperatuur en pH deze beïnvloeden;
- 8 toelichten hoe in de biotechnologie gebruik gemaakt wordt van het metabolisme van micro-organismen;
- 9 verschillen tussen fotosynthese en chemosynthese uitleggen en verklaren onder welke omstandigheden beide processen plaats kunnen vinden.

Deelconcepten

autotroof, heterotroof, fotosynthese, C-assimilatie, chloroplast, licht- en donkerreactie, chemosynthese verbranding, aeroob, anaeroob, glycolyse, citroenzuurcyclus, oxidatieve fosforylering, gisting, alcohol, melkzuur, methaan, ADP en ATP, NAD, NADP, bouwstoffen, brandstoffen, reservestoffen, enzymen, fosfolipiden, tussencelstof, koolhydraten (mono-, di- en polysachariden, zetmeel, glycogeen, cellulose), vet (vetzuren en glycerol), eiwit, aminozuren, DNA, recombinant-DNA, pH, denaturatie.

Subdomein B3. Stofwisseling van het organisme

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.

Voorbeeldcontexten

G (leefwereldcontext): Een familie waarin obesitas meer regel dan uitzondering is, overlegt onderling over de vraag of het goed is om mee te doen aan een trial met een stof die de eetlust remt, met het doel om te leren om op een gezond gewicht te komen en te blijven.

VP: Plantenwetenschappers in een academisch centrum onderzoeken de optimale groeiomstandigheden van gewassen met het doel om kwekers advies te geven over optimalisatie van teelten en gewasbescherming.

B3.1 Orgaan

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven hoe groepen van cellen door hun rangschikking in een weefsel, orgaan of orgaanstelsel een gezamenlijke functie uitoefenen;
- 2 beschrijven wat bij de mens de kenmerken en functies zijn van orgaanstelsels voor transport, ademhaling, voedselverwerking en uitscheiding;
- 3 verschillen en overeenkomsten tussen organen en orgaanstelsels van de mens en verschillende diersoorten herkennen;
- 4 verschillen in gaswisseling, opname en transport bij prokaryoten, planten en dieren toelichten;
- 5 uitleggen hoe orgaanstelsels met elkaar samenhangen en beargumenteren hoe verstoring in het functioneren van een orgaan de samenwerking tussen organen beïnvloedt.

Deelconcepten

hart, hartkleppen, slagader, ader, haarvat, lymfesysteem, huidmondjes, hout- en bastvaten, wortelharen, longen, luchtpijp, bronchiën, longblaasjes, kieuwen, tracheeën, huidmondjes, slokdarm, maag, twaalfvingerige darm, alvleesklier, lever, galblaas, dunne darm, dikke darm, endeldarm, darmvlokken, kring- en lengtespieren, nieren, nefron, zweetklieren.

B3.2 Fotosynthese

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven dat organismen door fotosynthese autotroof zijn;
- 2 voorwaarden voor het fotosyntheseproces in planten benoemen;

- 3 het belang van fotosynthese als basis voor de voortgezette assimilatie en dissimilatie van het organisme beschrijven.

Deelconcepten

autotroof, heterotroof, (an)organische stoffen, chloroplasten, netto fotosynthesereactie, voortgezette assimilatie, beperkende factor.

B3.3 Ademhaling
Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de bouw, werking en functie van gaswisselingsorganen van eukaryoten, in het bijzonder de mens beschrijven;
- 2 de relatie tussen de bouw van gaswisselingsorganen en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
- 3 uitleggen op welke wijze longventilatie tot stand komt en geregeld wordt;
- 4 uitleggen hoe opname, transport en afgifte van CO₂ en O₂ plaatsvindt en wat de rol van hemoglobine en myoglobine daarbij is;
- 5 de relatie tussen de gaswisseling van planten en fotosynthese en dissimilatie beschrijven.

Deelconcepten

gaswisseling, ventilatiebewegingen, longcapaciteit, vitale capaciteit, dode ruimte, diffusie, wet van Fick, CO₂-concentratie, O₂-concentratie, bufferende werking van hemoglobine en HCO₃⁻, dissimilatie, assimilatie, beperkende factor.

B3.4 Vertering
Specificatie

De kandidaat kan in een context:

1. de bouw, werking en functie van spijsverteringsorganen van eukaryoten, in het bijzonder van de mens, beschrijven;
2. de relatie tussen de bouw van spijsverteringsorganen en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
3. beschrijven waar en op welke wijze voedingsstoffen verteerd en opgenomen worden en verklaren op welke wijze factoren dit kunnen beïnvloeden.

Deelconcepten

mechanische en chemische vertering, darmperistaltiek, voedingsstoffen, verteringssappen, gal, verteringsenzymen voor koolhydraten, eiwitten, vetten, vitamines, pH, temperatuur, verteringsproducten, emulgeren, resorptie, darmbacteriën.

B3.5 Uitscheiding
Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de bouw, werking en functie van uitscheidingsorganen van eukaryoten, in het bijzonder van de mens beschrijven;
- 2 de relatie tussen de bouw van uitscheidingsorganen en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
- 3 de rol van de lever, de nieren, de longen en de huid bij uitscheidingprocessen toelichten.

Deelconcepten

waterhuishouding, ultrafiltratie, reabsorptie/terugresorptie, voorurine, osmotische waarde, ADH, ureum, urine, **bufferende werking** van HCO_3^- , galzouten, galkleurstoffen, zweet.

B3.6 Transport

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de bouw, werking en functie van de bloedsomloop met hart en bloedvaten van eukaryoten, in het bijzonder van de mens beschrijven;
- 2 de relatie tussen de bouw van hart en bloedvaten en hun functie beschrijven en de relatie tussen de bouw en werking uitleggen;
- 3 de embryonale bloedsomloop van de mens toelichten en verschillen en overeenkomsten benoemen met de bloedsomloop na de geboorte;
- 4 de functie van bestanddelen van bloed, bloedplasma, weefselvloeistof en lymfe beschrijven en de vorming van weefselvloeistof en lymfe toelichten;
- 5 het verband beschrijven tussen bloedvatenstelsel en lymfevatenstelsel;
- 6 het transport van water, zouten en assimilatieproducten in planten beschrijven en de relatie met fotosynthese, dissimilatie en opslag van stoffen beargumenteren.

Deelconcepten

open en gesloten bloedsomloop, enkele en dubbele bloedsomloop, grote en kleine bloedsomloop, embryonale bloedsomloop, bloedplasma, weefselvloeistof, lymfe, beenmerg, bloedsamenstelling, rode bloedcellen, witte bloedcellen, bloedplaatjes, hartslagfrequentie, slagvolume, sinusknop, AV-knoop, bundel van His, bloeddruk, diastole, systole, zuurstoftransport en koolstofdioxidetransport, voedings- en afvalstoffen, Bohr-effect, **bufferende werking**, HCO_3^- , hemoglobine, myoglobine, bloedstolling, cholesterol, tegenstroomprincipe, filtratiedruk, colloïd-osmotische druk, verdampingsstroom, cohesie, adhesie, worteldruk, oedeem.

Subdomein B4. Zelfregulatie van het organisme

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.

Voorbeeldcontexten

S: De inspanningsfysioloog in een nationaal trainingscentrum onderzoekt bloedwaarden om samen met de sporter te komen tot optimalisatie van de sportprestatie.

V: Artsen en medisch biologen en psychobiologen doen in een trial gedragsonderzoek om de mogelijke invloed van voedingsmiddelen op neurale en hormonale regulatie bij ADHD vast te stellen.

B4.1 Homeostase

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 het belang van de longen, lever, nieren, huid, zenuw- en hormoonstelsel voor de homeostase bij de mens beschrijven;
- 2 de relatie tussen de bouw van de lever, longen, huid en nieren en de homeostase beschrijven

- 3 een regelkring afleiden uit een beschrijving van de regulatie van lichaamsprocessen en de principes van een regelkring toelichten;
- 4 de samenhang van de regeling van lichaamsprocessen beschrijven;
- 5 beargumenteren op welke wijze verstoring van het dynamisch evenwicht kan ontstaan en hoe deze gereguleerd kan worden.

Deelconcepten

zenuwstelsel, hormoonstelsel, receptoren, inwendig en uitwendig milieu, regelkring, positieve en negatieve terugkoppeling, dynamisch evenwicht, receptoren in celmembranen en cytoplasma, osmotische waarde, pH, temperatuur, chemische samenstelling, O₂-concentratie, CO₂-concentratie, bufferende werking van hemoglobine en HCO₃⁻, glucoseconcentratie, waterhuishouding, chemische en drukreceptoren in de aorta, pCO₂, pO₂.

B4.2 Hormonale regulatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de werking van een regelkring in het hormoonstelsel voorspellen;
- 2 de werking van hormoonklieren en de specifieke werking van hun hormonen beschrijven en afleiden hoe de doelorganen daarop reageren;
- 3 het verband beschrijven tussen hormonale regulatie en het handhaven van homeostase;
- 4 de relatie tussen het hormoonstelsel en het zintuig-, spier- en zenuwstelsel toelichten.

Deelconcepten

hormoonklieren, hypofyse, hypothalamus, schildklier, nieren, bijnieren, ovaria, testes, eilandjes van Langerhans, exocrien, endocrien, doelwitorganen, receptor, hormoonconcentratie, insuline, glucagon, adrenaline, schildklierhormoon, spijsverteringshormonen, EPO.

B4.3 Neurale regulatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de bouw en werking van het zenuwstelsel en de signaalverwerking beschrijven;
- 2 de werking van een regelkring in het zenuwstelsel uitleggen;
- 3 het verband beschrijven tussen de werking van het zenuwstelsel en het functioneren van een organisme;
- 4 de relatie tussen het zenuwstelsel en het zintuig-, spier- en hormoonstelsel toelichten.

Deelconcepten

centraal zenuwstelsel, perifere zenuwstelsel, grote en kleine hersenen, centra in de hersenschors, witte stof, grijze stof, hersenstam, ruggenmerg, autonoom (vegetatief) zenuwstelsel, animaal zenuwstelsel, ortho- en parasympatisch, sensorische, schakel- en motorische neuronen, cellen van Schwann, myelineschede, synaps, Na/K-pomp, impulsgeleiding, saltatoire geleiding, reflexboog, neurotransmitter, rustpotential, actiepotential, prikkelrempel, refractaire periode, exciterend, inhiberend, prikkels, temperatuur-, licht-, tast- en pijnreceptoren

Subdomein B5. Afweer van het organisme

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.

Voorbeeldcontexten

G: Virologen van het RIVM doen jaarlijks onderzoek naar de te verwachten typen van griepvirussen om een advies geven over de samenstelling van het griepvaccin met als doel het voorkomen van griep bij mensen met een verlaagde weerstand.

VP: Microbiologen van de Voedsel en Waren Autoriteit bestuderen of groenten in Nederland zijn besmet met de darmbacterie EHEC, een variant van de *E-coli*-bacterie, om een epidemie van voedselvergiftiging te voorkomen.

G (leefwereldcontext): Leerlingen bediscussiëren aan de hand van berichten uit de krant het antibioticagebruik in de veeteelt om tot een afgewogen oordeel over dat gebruik te komen.

B5.1 Afweer

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de bouw, werking en functie van organen en cellen betrokken bij de afweer van de mens beschrijven en hun onderlinge relatie toelichten;
- 2 de werking van de specifieke en aspecifieke afweer beschrijven en de reactie op lichaamseigen en lichaamsvreemde stoffen en cellen te verklaren;
- 3 de afweermechanismen van planten herkennen.

Deelconcepten

huid en slijmvliezen, bloed, lymfe, milt, lymfeknopen, humorale en cellulaire respons, macrofagen, T- en B-cellen, mediators, antigenen en antistoffen, lichaamseigen, lichaamsvreemd, MHC I en MHC II, natuurlijke en kunstmatige immuniteit, actieve en passieve immuniteit, vaccinatie, transplantatie, bloedtransfusie, ABO-systeem, resusfactor, donor, acceptor, mechanische en chemische afweer van planten, resistentie.

Subdomein B8. Regulatie van ecosystemen

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.

Voorbeeldcontexten

D: Milieubiologen en ecologen in een Commissie Duurzaamheid informeren de minister over milieuaspecten van import uit Brazilië van soja als varkensvoer met het doel de duurzaamheid te bevorderen.

B8.1 Energiestroom

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 energiestromen in een ecosysteem beschrijven, toelichten welke factoren daarop van invloed zijn en uitleggen wat oorzaken en gevolgen zijn van verstoring;
- 2 modellen van energiestromen beschrijven en uitleggen welke processen en organismen daarin een rol spelen;
- 3 beargumenteren met welke maatregelen de mens energiestromen kan beïnvloeden.

Deelconcepten

producent, consument, reductent, trofische niveaus, foto- en chemo-autotroof, heterotroof, (an)organische stoffen, BPP, NPP, productiviteit, fossiele brandstof, biobrandstof, biomassa.

B8.2 Kringloop

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de rol uitleggen van producenten, consumenten en reductenten in de kringlopen van koolstof en stikstof en de verbanden kwantificeren;
- 2 kringlopen van elementen in een ecosysteem weergeven, toelichten welke factoren van invloed zijn op de verschillende stappen daarin en uitleggen wat oorzaken en gevolgen zijn van verstoring;
- 3 beargumenteren met welke maatregelen de mens nutriëntenkringlopen en daarmee het systeem Aarde kan beïnvloeden.

Deelconcepten

fotosynthese, dissimilatie, (de)nitrificatie, ammonificatie, stikstofbinding, (an)organische stof, uitspoeling, eutrofiering, biomassa, broeikaseffect, broeikasgassen.

B8.3 Dynamiek en evenwicht

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven wat onder een ecosysteem wordt verstaan en welke componenten daarvan deel uitmaken;
- 2 uitleggen welke rol concurrentie binnen en tussen populaties speelt bij de dynamiek (instandhouding en ontwikkeling) van een ecosysteem;
- 3 uitleggen welke rol biotische en abiotische factoren spelen bij de dynamiek binnen een ecosysteem;
- 4 beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelfregulatie van ecosystemen kan beïnvloeden.

Deelconcepten

niche, microklimaat, biodiversiteit, migratie, exoot.

Domein C. Zelforganisatie

Biologische eenheden kunnen beschouwd worden als systemen met een organisatie. Biologische eenheden onderscheiden zich van de niet levende systemen doordat zijzelf het enige product van hun organisatie zijn, dat wil zeggen: er bestaat geen scheiding tussen producent en product. Ze organiseren zichzelf.

Door zelforganisatie kunnen nieuwe structuren 'biologische eenheden van een hogere orde' ontstaan. Op het hogere organisatieniveau zijn nieuwe eigenschappen te zien, die

de biologische eenheid van het lagere organisatieniveau niet heeft, de zogenoemde emergente eigenschappen.

Een voorbeeld is de biologische klok bij de mens: sommige klokcellen zijn overdag actief, andere klokcellen juist 's nachts, weer anderen pieken juist 's morgens. De optelsom hiervan heeft een eigenschap die de afzonderlijke cellen niet hebben: de biologische klok kan de daglengte en de tijd van het jaar registreren. Het geheel is dus meer dan de som van de delen.

De kandidaat kan in een context:

- toelichten dat biologische eenheden van cellulair niveau tot en met het niveau van een populatie een zelforganiserend vermogen hebben;
- beargumenteren dat biologische eenheden nieuwe, emergente eigenschappen hebben vergeleken met de biologische eenheden van een niveau lager.

Subdomein C1. Zelforganisatie van cellen

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.

Voorbeeldcontexten

G: Biologen in een transplantatiecentrum kweken stamcellen en laten die differentiëren tot gespecialiseerde cellen met het doel aangetast weefsel in het menselijk lichaam te vervangen en daardoor mensen te genezen.

VP: Biologen en plantenwetenschappers in publiek private samenwerkingsverbanden realiseren plantenveredeling gericht op veranderen van verhoudingen inhoudsstoffen (amylopectine aardappel) met het doel om het verwerkingsproces energiezuiniger en eenvoudiger te maken.

C1.1 Genexpressie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 weergeven dat DNA bij eukaryoten voor het grootste deel niet coderend is en dat genen voor een groot gedeelte uit introns bestaan;
- 2 het proces van genexpressie tot en met eiwitsynthese omschrijven;
- 3 beschrijven dat genen afhankelijk van de omstandigheden tot expressie komen;
- 4 uitleggen dat in verschillende typen cellen verschillende eiwitten gemaakt worden;
- 5 verklaren hoe genexpressie en het functioneren van een organisme samenhangen.

Deelconcepten

chromosoom, gen, DNA, RNA, eiwit, fenotype, genetische code, startcodon, stopcodon, transcriptiefactor, activator, RNA-polymerase, splicing, introns, exons, nucleosomen, niet-coderend DNA, cDNA, knock-out-gen.

C1.2 Celdifferentiatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven dat vrijwel alle cellen van een meercellig organisme hetzelfde genoom hebben;
- 2 beschrijven hoe door differentiatie cellen ontstaan met een verschillende vorm en functie;
- 3 beschrijven dat celdifferentiatie tot stand komt door het aan- en/of uitschakelen van genen;
- 4 eigenschappen van stamcellen beschrijven en toelichten voor welke doelen stamcellen gebruikt kunnen worden;
- 5 toelichten dat een cel in staat is tot apoptose en dat deze een rol kan spelen tijdens de ontwikkeling van een meercellig organisme.

Deelconcepten

genoom, stamcellen, celtype, tussencelstof, apoptose, lysosoom, pluripotent, omnipotent, kanker.

Subdomein C3. Zelforganisatie van ecosystemen

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.

Voorbeeldcontexten

D: Biologen, landschapsarchitecten en ingenieurs bij Rijkswaterstaat doen onderzoek naar ontwikkeling van natuur en de mogelijkheden om te bouwen met natuur met het doel om de kust te beschermen.

D: De aquatisch ecooloog van een onderzoeksinstituut onderzoekt de voedselrelaties in de Oostvaardersplassen met het doel om tot een duurzaam beheersplan te komen.

W: Biologen in dienst van de afdeling Ruimtelijke Ordening van een gemeente doen onderzoek naar de natuurbeleving van burgers met het doel om in bestemmingsplannen daar rekening mee te houden.

C3.1 Dynamiek en evenwicht

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 de ontwikkeling van een ecosysteem beschrijven;
- 2 opeenvolgende veranderingen in een ecosysteem beschrijven en verklaren hoe daarbij overgangen tot stand komen;
- 3 verschillen tussen ecosystemen benoemen op basis van verschillen in populaties (biotische) en abiotische factoren;
- 4 de dynamiek in een ecosysteem beschrijven;
- 5 herkennen dat een ecosysteem in verschillende evenwichtssituaties kan verkeren;
- 6 beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelforganisatie van ecosystemen en het systeem Aarde beïnvloedt.

Deelconcepten

successie, pioniersoort, climaxecosysteem, gradiëntecosysteem, indicatorsoort, biodiversiteit, **genenpoel/genepool**, concurrentie, draagkracht, tolerantiegrenzen, exoot, omslagpunt, groeicurve.

Domein D. Interactie

Biologische eenheden worden beïnvloed door hun omgeving, die zowel biotisch als abiotisch van aard kan zijn. Op deze beïnvloeding kunnen de biologische eenheden reageren door zich aan te passen, te verplaatsen of andere reacties te vertonen. Omgekeerd hebben biologische eenheden ook invloed op hun biotische en abiotische omgeving.

Interactie verwijst naar het open karakter van de biologische systemen.

De kandidaat kan in een context:

- beargumenteren dat een biologische eenheid, van welk organisatieniveau dan ook, voortdurend in interactie is met de omgeving waaronder andere biologische eenheden;
- redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat interne of externe veranderingen in een biologische eenheid voor gevolgen hebben voor die biologische eenheid en voor de biologische eenheden op een hoger en lager organisatieniveau;
- de complexiteit van relaties in en tussen biologische eenheden en van biologische eenheden met hun abiotisch milieu beschrijven.

Subdomein D1. Moleculaire interactie

Eindterm

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.

Voorbeeldcontexten

G: Biologen, chemici en artsen in een academisch samenwerkingsverband onderzoeken genexpressie om zo gericht mogelijk chemotherapie in te kunnen zetten bij kankerpatiënten met het doel deze te genezen.

VP: Plantenveredelaars bij een veredelingsbedrijf veranderen met behulp van GMO moleculaire processen waardoor bij planten droogteresistentie of zouttolerantie optreedt met het doel ook teelten in de randen van woestijnen en in brakke delta's mogelijk te maken en daardoor het hongerprobleem te lijf te gaan.

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

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 mechanismen voor genregulatie noemen en het belang ervan toelichten;
- 2 uitleggen dat cellen voor hun functioneren gebruik maken van eiwitten;
- 3 uitleggen dat (a)biotische factoren de variatie aan eiwitten beïnvloeden;
- 4 uitleggen dat genexpressie een dynamisch proces is dat geregeld wordt door verschillende factoren waaronder epigenetische;
- 5 uitleggen dat mutagene factoren de genregulatie verstoren.

Deelconcepten

genoom, structuurgenen, regulatorgenen, recombinant DNA, proto-oncogenen, enzymen, virus, ~~iRNA~~/RNAi, promotor, operator, repressor, suppressor, epigenetisch, cisgeen, transgeen.

Subdomein D2. Cellulaire interactie

Eindterm

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.

Voorbeeldcontexten

G: Biologen doen in een onderzoeksinstituut onderzoek aan *C. elegans* naar celcommunicatie en effecten van (a)biotische factoren daarop, om vanuit onderzoek aan dit modelorganisme tot kennis over celcommunicatie te komen in het kader van het mogelijk genezen van mensen met een afwijking in celcommunicatie.

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

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven hoe cellen signalen ontvangen en verwerken, hoe cellen op signalen reageren, en deze processen aan elkaar relateren;
- 2 herkennen hoe cellen met elkaar communiceren over korte en over lange afstand via zenuwcellen en via hormonen;
- 3 onderscheiden dat er responsen in het celplasma zijn en dat er responsen zijn die genexpressie bevorderen;
- 4 afleiden welke effecten celcommunicatie op andere organisatieniveaus teweegbrengt.

Deelconcepten

signaalstoffen, second messenger, synaps, cell junctions, receptor, respons, signaalcascade, Na/K-pomp.

Subdomein D5. Interactie in ecosystemen

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.

Voorbeeldcontexten

VP: Landbouwkundigen en kassenbouwtechnologen onderzoeken voor een tomatenkweker de mogelijkheden tot kringloopmanagement in de kas met het doel het energiegebruik te verminderen en de productdiversiteit te verhogen waardoor de teelten concurrerend worden en de afhankelijkheid van een product vermindert.

D : Leerlingen bepalen de eigen ecologische footprint en bediscussiëren onderling hoe ieder voor zich de ecologische footprint daadwerkelijk kan verkleinen.

D5.1 Voedselrelatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 voedselrelaties tussen organismen beschrijven;
- 2 relaties in een voedselketen benoemen;
- 3 in een voedselweb voedselketens herkennen;

~~4—de accumulatie van giftige stoffen in een voedselketen uitleggen.¹~~

Deelconcepten

trofische niveaus, predatie, vraat, signaalstoffen, symbiose, parasitisme, mutualisme, commensalisme.

D5.2 Interactie met (a)biotische factoren

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 veranderingen van abiotische en biotische factoren en hun onderlinge wisselwerking in een ecosysteem beschrijven;
- 2 beschrijven welke rol abiotische en biotische factoren spelen bij de instandhouding en ontwikkeling van een ecosysteem;
- 3 de accumulatie van giftige stoffen in een voedselketen uitleggen;
- 4 de rol van concurrentie binnen en tussen de populaties in een ecosysteem beschrijven;
- 5 beschrijven wat onder duurzame ontwikkeling wordt verstaan, in het bijzonder duurzame energie- en voedselproductie;
- 6 beargumenteren op welke wijze vraagstukken die betrekking hebben op duurzame ontwikkeling, kunnen worden benaderd.

Deelconcepten

microklimaat, niche, indicatorsoort, beperkende factor, tolerantie, optimum, persistent, biologisch afbreekbaar, habitat.

¹ Deze specificatie staat ook al onder D5.2.

Domein E. Reproductie

Biologische eenheden, zoals celorganellen, cellen en organismen, repliceren zich.

De kandidaat kan in een context:

- relaties beschrijven tussen replicatie die plaatsvindt op de verschillende organisatieniveaus.

Subdomein E3. Reproductie van het organisme

Eindterm

De kandidaat kan met behulp van de concepten voortplanting en erfelijke eigenschappen 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.

Voorbeeldcontexten

E: Biologen en biofysici in een algentestfaciliteit doen celbiologisch en fysisch onderzoek naar reproductiebeïnvloeding van algen ten behoeve van de teeltoptimalisatie in het kader van energie opwekking en olieproductie.

G: Leerlingen in een klas maken een eigen voorlichtingsbrochure over seksualiteit en soa's, gericht op het verminderen van soa's en de vroege detectie daarvan.

VP: Biologen die werken bij Greenpeace maken informatiemateriaal om het publiek te wijzen op mogelijke nadelen van Genetisch gemodificeerde organismen met het doel om het publiek voor te lichten.

E3.1 Voortplanting **Specificatie**

De kandidaat kan in een context:

- 1 de geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting beschrijven en de daarmee de genetische variatie bij prokaryoten en eukaryoten verklaren;
- 2 bouw, vorming, ontwikkeling en functie beschrijven van gameten en de zygote;
- 3 bouw en werking van de voortplantingsorganen van de mens beschrijven en de rol van hormonen daarbij toelichten;
- 4 standpunten over het ingrijpen in het voortplantingsproces van organismen toelichten met ethische en biologische argumenten.

Deelconcepten

levenscyclus, geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting, voortplantingsorganen van eukaryoten, gameten, spore, mitose, meiose, haploïd, diploïd, polyploïd, bevruchting, eicel, spermacel, follikel, gele lichaam, zygote, klievingsdeling, poollichaampje, embryo, placenta, geslachtshormonen, FSH, LH, oestrogeen, progesteron, testosteron, HCG, menstruatiecyclus, anticonceptie, kunstmatige inseminatie, in vitro fertilisatie, embryonale ontwikkeling, klonen.

E3.2 Erfelijke eigenschap **Specificatie**

De kandidaat kan in een context:

- 1 uitleggen dat een fenotype tot stand komt door de combinatie van genotype en de invloed van milieufactoren, en verschillen herkennen met de epigenetische overerving;

- 2 verschillen tussen autosomen en geslachtschromosomen benoemen en toelichten dat bij de mens de geslachtschromosomen het geslacht bepalen;
- 3 de frequentie van genotypen en fenotypen van nakomelingen afleiden uit stambomen of kruisingsschema's bij monohybride en dihybride kruisingen, zowel voor onafhankelijke als gekoppelde overerving, voor autosomale en X-chromosomale genen, multiële allelen en lethale factoren;
- 4 verklaren dat mitochondriale overerving en epigenetica kunnen leiden tot een ander overervingspatroon dan volgens de wetten van Mendel;
- 5 standpunten over het ingrijpen in de erfelijkheid van pro- en eukaryote organismen toelichten met ethische en biologische argumenten.

Deelconcepten

genoom, autosomen, X- en Y-chromosomen, genotype, fenotype, allel, gen, mono- en dihybride kruising, (onvolledig) dominant, recessief, intermediair, multiële allelen, lethale factor, gekoppelde genen, stamboom, mitochondriaal DNA, epigenetica, methylering.

Domein F. Evolutie

Biologische eenheden zijn op alle organisatieniveaus met elkaar in interactie, beïnvloed door biotische en abiotische factoren. Daarbij is er concurrentie om ruimte, licht, voedsel enzovoorts. De kans om te overleven en nakomelingen te krijgen is het grootst voor biologische eenheden die het best passen bij de omstandigheden, die de omstandigheden kunnen aanpassen of die de beste omstandigheden kunnen opzoeken. Evolutie laat zien hoe toeval, mutatie, recombinatie, variatie, adaptatie en selectiedruk hebben geleid tot de nu aanwezige biodiversiteit.

De kandidaat kan in een context:

- toelichten hoe biodiversiteit van leven ontstaan is;
- toelichten dat het bestaan van de universele genetische code opgevat wordt als een natuurwetenschappelijk argument voor een gemeenschappelijke oorsprong en verwantschap van al het leven;
- redeneringen hanteren waarbij de rol van adaptaties in biologische eenheden wordt uiteengezet;
- redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht en toelichten dat een bepaalde functionaliteit langs verschillende wegen in de evolutie ontstaan kan zijn;
- toelichten hoe evolutietheorie tot stand gekomen is en argumenteren over de wisselwerking van de evolutietheorie met wetenschap, maatschappij en levensovertuiging.

Subdomein F1. Selectie

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.

Voorbeeldcontexten

G: Artsen in Japan onderzoeken met behulp van sequencing door verschillende doses straling veroorzaakte mutaties met het doel een optimaal beschermingsadvies te geven bij het werken met straling.

VP: De plantenveredelaar en de taxonomen van een Instituut Genetische Bronnen ontwikkelen nieuwe rassen van voedingsgewassen met behulp van kennis van taxonomie en veredelings technieken en gaan op speurtocht naar genetische bronnen die de voedselgewassen plaagresistent maken of beter laten smaken.

F1.1 DNA

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 benoemen dat DNA functioneert als universele drager van genetische informatie;
- 2 uitleggen dat dezelfde genetische informatie in verschillende organismen voor kan komen;
- 3 uitleggen hoe met gegevens verkregen door DNA-analyse de graad van verwantschap van soorten kan worden vastgesteld.

Deelconcepten

DNA, genetische code, genotype, fenotype.

F1.2 Mutatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven welke typen mutatie er zijn;
- 2 uitleggen waardoor mutatie veroorzaakt kan worden;
- 3 uitleggen dat mutatie het fenotype kan beïnvloeden;
- 4 uitleggen dat mutatie plaatsvindt onafhankelijk van het mogelijke effect ervan op overlevingskansen of voortplanting van de cel of het organisme.

Deelconcepten

chromosoom, mutagene stof, mutagene straling, puntmutatie, deletie, insertie, genoommutatie, gen, allel, genetische modificatie, DNA-repairsysteem, leesraamverschuiving/frame shift mutatie.

F1.3 Recombinatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 uitleggen hoe bij geslachtelijke voortplanting voortplantingscellen met een unieke combinatie van genen ontstaan door recombinatie van chromosomen en delen daarvan.

Deelconcepten

meiose, homologe chromosomen, autosomen, geslachtschromosomen, karyotype, haplotype, genoom, gekoppelde genen, crossing-over.

F1.4 Genetische variatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 uitleggen hoe genetische variatie in een populatie vergroot wordt door mutatie en recombinatie;
- 2 uitleggen hoe door de mens gewenste genencombinaties verkregen worden door genetische modificatie.

Deelconcepten

mutatie, recombinatie, fenotype, genotype, genenpoel/genepool, genetische modificatie.

Subdomein F2. Soortvorming

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.

Voorbeeldcontexten

G: De bacterioloog in het ziekenhuis doet voortdurend onderzoek naar veranderende populaties van resistente bacteriën in het kader van infectiepreventie.

W: Evolutiebiologen in het Nationaal Centrum voor Biodiversiteit onderzoeken met behulp van kenmerk analyses van planten aangevuld met DNA/RNA analyses genetische verwantschap en construeren met behulp van de gegevens fylogenetische stambomen met het doel de evolutie van planten beter te begrijpen.

F2.1 Populatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 omschrijven wat onder een populatie wordt verstaan;
- 2 uitleggen hoe frequenties van genotypen en fenotypen in populaties in tijd en ruimte veranderen;
- 3 uitleggen dat populaties emergente eigenschappen hebben.

Deelconcepten

populatie, genotype, fenotype, emergente eigenschap

F2.2 Variatie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven wat onder genetische variatie in een populatie wordt verstaan;
- 2 uitleggen hoe allelfrequenties/genfrequenties in een populatie kunnen veranderen door random mutaties, genetic drift en gene flow;
- 3 verbanden kwantificeren tussen allelfrequenties/genfrequenties en frequenties van genotypen van opeenvolgende generaties met gebruik van de regel van Hardy-Weinberg.

Deelconcepten

adaptatie, fitness, natuurlijke selectie, genetic drift, gene flow, allelfrequentie, Hardy-Weinberg.

F2.3 Selectie

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 uitleggen dat adaptatie van populaties door selectie van organismen tot stand komen;
- 2 uitleggen dat selectiedruk adaptaties bijeen brengt die het voortplantingssucces van de soort vergroten;
- 3 overeenkomsten en verschillen tussen natuurlijke en kunstmatige selectie beschrijven.

Deelconcepten

adaptatie, fitness, selectiedruk, soort, natuurlijke selectie, seksuele selectie, eilandtheorie, stichter effect/founder effect, flessenhalseffect/bottleneck effect, veredeling², inteelt

F2.4 Soortvorming

Specificatie

De kandidaat kan in een context:

- 1 beschrijven dat soorten groepen individuen zijn die reproductief van elkaar geïsoleerd zijn;
- 2 uitleggen dat populaties divergeren door genetic drift, mutatie en selectie;
- 3 uitleggen dat soorten ontstaan door reproductieve isolatie;
- 4 uitleggen hoe de verwantschap en afstamming van soorten weergegeven kan worden in de vorm van een cladogram.

² Dit woord stond al in de index, maar niet bij de deelconcepten. Dat is hiermee recht gezet.

Deelconcepten

soort, geslacht, cladogram, clade, taxon, homologie, analogie, genetic drift, coevolutie, sympatrische en allopatrische soortvorming.

3 Vereiste (voor)kennis van scheikunde en natuurkunde

In dit hoofdstuk is aangegeven wat bekend verondersteld wordt uit andere vakken, te weten scheikunde en natuurkunde.³ Deze 'nevenkennis' kan leerstof uit de onderbouw of uit de bovenbouw betreffen. Het gaat dan om onderdelen die nodig kunnen zijn bij de bevraging van het CE-deel van het examenprogramma, maar die niet expliciet in de specificaties vermeld worden. Deze nevenkennis kan dan ook altijd aan de specificaties gerelateerd worden.

3.1 Scheikunde

- Begrippen:
 - atoom, molecuul, ion, proton, elektron
 - molecuulformule, structuurformule
 - reagentia
 - reactievergelijking, evenwichtsreacties, katalysator
 - water- of vetoplosbaar (hydrofiel/polair, hydrofoob/apolair/lipofiel), verzadiging
 - zuren en basen, pH, indicatoren
 - aminozuren, eiwitten, peptidebinding
 - reductie en oxidatie
 - waterstof- en zwavelbruggen
- Namen en formules van de volgende stoffen: ammoniak, calcium, fosfaat, ijzer, kalium, koolstofdioxide, magnesium, methaan, natriumchloride, nitraat, stikstof en water;
- Grootheden en eenheden: concentratie (mol/L of g/L), massapercentage, volumepercentage, ppm.

3.2 Natuurkunde

- Begrippen:
 - massa, dichtheid, gewicht
 - vaste, vloeibare en gasvormige fase
 - snelheden, frequenties
 - vormen van energie
 - (radioactieve) isotopen, halveringstijd
 - elektromagnetisch spectrum;

³ Leerlingen die geen scheikunde en/of natuurkunde volgen, missen bepaalde kennis van deze vakken die bekend verondersteld wordt bij het volgen van het biologieprogramma in de tweede fase. De docent kan, indien nodig, de leerling de benodigde kennis aanreiken.

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, recombinatie 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.

Bijlage 2: Examen(werk)woorden

Als in een examen een van de woorden uit onderstaande lijst wordt gebruikt, geldt de betekenis die hieraan in deze lijst is gegeven. Deze lijst met examen(werk)woorden is niet uitputtend.

(aan)geven, aanvullen, (be)noemen, noteren	Het geven van een kort antwoord: een woord of zinsdeel. Een toelichting is niet vereist, tenzij anders is aangegeven in de vraagstelling.
beschrijven	Het geven van een antwoord in hele zinnen, waarin de onderdelen van het gevraagde zijn gegeven.
beargumenteren, beredeneren	Het geven van een antwoord waarin, op logische wijze, gegevens en biologische kennis zijn gebruikt om een bepaalde keuze of stelling te onderbouwen of ondersteunen.
toelichten	Het geven van een onderbouwing in één of enkele zinnen voor een bepaalde keuze of stelling.
uitleggen, verklaren, aangeven waardoor	Het geven van een antwoord waaruit een oorzaak-gevolg relatie blijkt met het gestelde/gevraagde. Als het gaat om meerdere oorzaak-gevolgstappen wordt het werkwoord <i>uitleggen</i> gehanteerd, bij een enkelvoudige oorzaakgevolgstap <i>verklaren</i> of <i>aangeven waardoor</i> .
aangeven waarom	Het geven van een antwoord waaruit een reden of een doel blijkt van het gestelde/gevraagde.
bepalen	Het gevraagde vaststellen en/of uitrekenen, uitgaande van gegevens in de vraagstelling en/of andere informatiebronnen. Uit de uitwerking moet blijken welke metingen zijn gedaan en/of welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn doorlopen. De uitkomst moet met de juiste eenheid zijn gegeven, tenzij de eenheid expliciet in de vraagstelling is opgenomen. De uitkomst moet zijn afgerond zoals in de vraagstelling is aangegeven.
berekenen	Het gevraagde uitrekenen, uitgaande van gegevens in de vraagstelling en/of andere informatiebronnen. Uit de uitwerking moet blijken welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn doorlopen. De uitkomst moet met de juiste eenheid zijn gegeven, tenzij de eenheid expliciet in de vraagstelling is opgenomen. De uitkomst moet zijn afgerond zoals in de vraagstelling is aangegeven.
tekenen	Het geven van een grafische voorstelling die de voor de probleemsituatie relevante karakteristieke eigenschappen bevat en voldoende nauwkeurig is. In het geval van een grafiek moet een assenstelsel met schaalverdeling zijn weergegeven waarbij de onafhankelijke variabele op de x-as staat. Het assenstelsel moet, indien mogelijk, voorzien zijn van grootheden en eenheden. In het geval van een voedselweb moeten organismen zoveel mogelijk apart zijn opgenomen. Pijlen zijn weergegeven in de richting van de energiestromen.

Bijlage 3: Conceptentabel bij het examenprogramma

Systeemmatrix van biologische concepten die in het examenprogramma vwo zijn opgenomen. (gebaseerd op Tabel 1, pagina 26 en 27, eindrapportage CVBO 2010)

Systeemconcept	Biologische eenheid	Zelfregulatie	Zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Organisatieniveau						
Molecuul	DNA	Eiwitsynthese	Genexpressie	Genregulatie Interactie met (a)biotische factoren	DNA-replicatie	Mutatie Recombinatie Variatie
Cel	Cel	Homeostase Transport Assimilatie Dissimilatie	Celdifferentiatie	Celcommunicatie Interactie met (a)biotische factoren	Celcyclus	Ontstaan van het leven
Orgaan (-systeem)	Orgaan	Ademhaling Vertering Uitscheiding Transport				
Organisme	Prokaryoot Eukaryoot Virus	Homeostase Fotosynthese Ademhaling Vertering Uitscheiding Transport Afweer Beweging Hormonale regulatie Neurale regulatie Waarneming	Levenscyclus	Gedrag Interactie met (a)biotische factoren	Voortplanting Erfelijke eigenschap	
Populatie	Populatie			Gedrag Interactie met (a)biotische factoren		Variatie Selectie Soortvorming
Ecosysteem	Ecosysteem	Energiestroom Kringloop Dynamiek Evenwicht	Dynamiek Evenwicht	Voedselrelatie Interactie met (a)biotische factoren		
Systeem Aarde	Systeem Aarde	Energiestroom Kringloop Dynamiek Evenwicht	Dynamiek Evenwicht			Biodiversiteit Ontstaan van het leven

Bijlage 4: Index begrippen domeinen B t/m F⁴

Deze index is bedoeld als hulpmiddel. Het bevat zowel concepten als deelconcepten die in de syllabus voorkomen, maar ook begrippen die alleen in specificaties worden genoemd. De index bevat echter niet alle begrippen die in de syllabus voorkomen. De index is dus niet uitputtend.

A	B2.3..... 17	B2.3..... 17
AB0-systeem	adrenaline	analogie
B5.121	B4.2..... 20	F2.4 34
abiotisch milieu	aerobe dissimilatie	animaal zenuwstelsel
D 26	B2.3..... 16	B4.3 21
abiotische factoren	aerob	anorganische stof
B8.323	B2.3..... 17	B3.2..... 18
C3.125	afgifte	B8.1 22
D1.126	B 14	anticodon
D2.127	afleesrichting	B1.2..... 15
D5.228	afstamming	anticonceptie
acceptor	F2.4 33	E3.1 29
B5.121	afvalstoffen	antigenen
accumulatie	B3.6..... 19	B5.1 21
D5.228	afweer	antistoffen
actief transport	B5 21	B5.1 21
B2.216	B5.1 21	aorta
actiepotentiaal	afweermechanismen	B4.1 20
B4.321	B5.1 21	apoptose
actieve immuniteit	alcohol	C1.2..... 24
B5.121	B2.3..... 17	aspecifieke afweer
activator	allel	B5.1 21
C1.124	E3.2..... 30	assimilatie
adaptatie	F1.2 32	B2.3..... 16
F2.2.....33	allelfrequentie	B3.3..... 18
F2.3.....33	F2.2 33	B3.6..... 19
adaptaties	alvleesklier	ATP
F 31	B3.1 17	B2.316, 17
ademhaling	aminozuren	autonoom (vegetatief)
B3.117	B2.3..... 17	zenuwstelsel
B3.318	aminozuur	B4.3 21
ader	B1.2..... 15	autosomale
B3.117	aminozuurvolgorde	E3.2 30
ADH	B1.2..... 15	autosomen
B3.519	ammonificatie	E3.2 30
adhesie	B8.2..... 22	F1.3 32
B3.619	anaerobe	autotroof
ADP	B2.3..... 16	B2.3 17
	anaerob	B3.2 18
		AV-knoop

⁴ In de index zijn diverse begrippen toegevoegd. Deze begrippen stonden al in de specificaties/deelconcepten, maar ontbraken nog in de index. Deze begrippen zijn niet allemaal geel gemarkeerd, omdat het geen inhoudelijke wijziging van de syllabus betreft.

B3.6	19	bloedplaatjes		D1.1.....	26
B		B3.6.....	19	D2.1.....	27
bacterie		bloedplasma		celcommunicatie	
B2.1	16	B3.6.....	19	D2.1.....	27
bacteriën		bloedsamenstelling		celdifferentiatie	
B2.1	15	B3.6.....	19	C1.2.....	24
basenparing		bloedsomloop		celkern	
B1.1	15	B3.6.....	19	B2.1.....	16
basenvolgorde		bloedstolling		cell junctions	
B1.1	14	B3.6.....	19	D2.1.....	27
bastvaten		bloedtransfusie		cellen	
B3.1	17	B5.1.....	21	C1.2.....	24
B-cellen		bloedvaten		cellen van Schwann	
B5.1	21	B3.6.....	19	B4.3.....	21
beenmerg		Bohr-effect		cellulaire interactie	
B3.6	19	B3.6.....	19	D2	27
beperkende factor		bouwstoffen		cellulaire respons	
B3.2	18	B2.3.....	16, 17	B5.1.....	21
B3.3	18	BPP		cellulose	
D5.2	28	B8.1.....	22	B2.3.....	17
betrouwbaarheid		brandstoffen		B2.1.....	16
A5	10	B2.3.....	16, 17	B4.1.....	20
bevruchting		broeikaseneffect		celplasma	
E3.1	29	B8.2.....	22	D2.1.....	27
bijnieren		broeikasplassen		celtype	
B4.2	20	B8.2.....	22	C1.2.....	24
biobrandstof		bronchiën		celwand	
B8.1	22	B3.1.....	17	B2.1.....	16
biodiversiteit		bufferende werking		centra in de	
B8.3	23	B3.3.....	18	hersenschors	
C3.1	25	B3.6.....	19	B4.3.....	21
F 31		B4.1.....	20	centraal zenuwstelsel	
biologisch afbreekbaar		bufferende werking van		B4.3.....	21
D5.2	28	HCO ₃ ⁻		centriolen	
biomassa		B3.5.....	19	B2.1.....	16
B8.1	22	bundel van His		chemische afweer van	
biotechnologie		B3.6.....	19	planten	
B2.3	16	C		B5.1.....	21
biotische		cascade		chemische energie	
B8.3	23	B2.1.....	16	B2.3.....	16
biotische factoren		C-assimilatie		chemische receptoren	
C3.1	25	B2.3.....	17	B4.1.....	20
D1.1	26	cel		chemische	
D2.1	27	B 14		samenstelling	
D5.2	28	B2	15	B4.1.....	20
bloed		B3.1.....	17	chemische vertering	
B3.6	19	B5.1.....	21	B3.4.....	18
B5.1	21	C1	24	chemo-autotroof	
bloeddruk		C1.1.....	24	B8.1.....	22
B3.6	19	C1.2.....	24	chemosynthese	
				verbranding	

B2.3	17
chlorofyl	
B2.1	16
chloroplast	
B2.1	16
B2.3	17
B3.2	18
chloroplasten	
B2.3	16
cholesterol	
B3.6	19
chromosomen	
B1.1	15
F1.3	32
chromosoom	
B2.1	16
C1.1	24
F1.2	32
ciliën	
B2.1	16
cisgeen	
D1.1	26
citroenzuurcyclus	
B2.3	17
clade	
F2.4	34
cladogram	
F2.4	33, 34
climaxecosysteem	
C3.1	25
CO ₂	
B3.3	18
CO ₂ -concentratie	
B3.3	18
B4.1	20
coderende streng	
B1.2	15
codon	
B1.2	15
coevolutie	
F2.4	34
cohesie	
B3.6	19
colloïd-osmotische druk	
B3.6	19
commensalisme	
D5.1	28
concurrentie	
B8.3	22
C3.1	25
D5.2	28
consument	

B8.1	22
consumenten	
B8.2	22
cpDNA	
B1.1	15
crossing-over	
F1.3	32
cytoplasma	
B1.2	15
B2.1	16
B4.1	20
cytoplasmastroming	
B2.2	16
cytoskelet	
B2.1	16
B2.2	16

D

darmbacteriën	
B3.4	18
darmperistaltiek	
B3.4	18
darmvlokken	
B3.1	17
deletie	
F1.2	32
denaturatie	
B2.3	17
denitrificatie	
B8.2	22
diastole	
B3.6	19
differentiatie	
C1.2	24
diffusie	
B2.2	16
B3.3	18
dihybride kruising	
E3.2	30
dikke darm	
B3.1	17
diploïd	
E3.1	29
disachariden	
B2.3	17
dissimilatie	
B2.3	16
B3.2	18
B3.3	18
B3.6	19
B8.2	22

DNA	
B1.1	14
B2.3	17
C1.1	24
F1.1	31
DNA-analyse	
F1.1	31
DNA-polymerase	
B1.2	15
DNA-repairsysteem	
F1.2	32
dode ruimte	
B3.3	18
doelwitorganen	
B4.2	20
dominant	
E3.2	30
donkerreactie	
B2.3	17
donor	
B5.1	21
draagkracht	
C3.1	25
drukreceptoren	
B4.1	20
dubbelstrengs DNA	
B1.1	15
dunne darm	
B3.1	17
duurzame energie	
D5.2	28
duurzame ontwikkeling	
D5.2	28
dynamiek	
B8.3	22
C3.1	25
dynamisch evenwicht	
B2.1	15, 16
B4.1	20

E

ecosysteem	
B 14	
B8.1	22
B8.2	22
B8.3	22, 23
C3.1	25
D5.2	28
ecosystemen	
B8	22
B8.3	23

C3	24	B8.1.....	22	exoot	
D5.....	27	enkele en dubbele		B8.3.....	23
effector		bloedsomloop		C3.1.....	25
B2.1	16	B3.6.....	19	F	
eicel		enkelstrengs DNA		fenotype	
E3.1	29	B1.1.....	15	C1.1.....	24
Eilandjes van		enzymen		E3.2.....	29, 30
Langerhans		B2.3.....	16, 17	F1.1.....	31
B4.2	20	D1.1	26	F1.2.....	32
eilandtheorie		epigenetica		F1.4.....	32
F2.3.....	33	E3.2.....	30	F2.1.....	33
eiwit		epigenetisch		fenotypen	
B1.2	15	D1.1	26	E3.2.....	30
B2.3	17	epigenetische		F2.1.....	33
C1.1	24	D1.1	26	filtratiedruk	
D1.1	26	epigenetische		B3.6.....	19
eiwitsynthese		overerving		fitness	
B1	14	E3.2.....	29	F2.2.....	33
B1.2	15	EPO		F2.3.....	33
C1.1	24	B4.2.....	20	flagellen	
eiwitten		erfelijke eigenschap		B2.1.....	16
B3.4	18	E3.2.....	29	flessenhalseffect	
C1.1	24	eukaryoot		F2.3.....	33
elementen		B2.1.....	16	follikel	
B8.2	22	eukaryote cel		E3.1.....	29
embryo		B2.1.....	15	fosfolipiden	
E3.1	29	eukaryoten		B2.2.....	16
embryonale		B3.3.....	18	B2.3.....	17
bloedsomloop		B3.4.....	18	fossiele brandstof	
B3.6	19	B3.5.....	19	B8.1.....	22
embryonale		B3.6.....	19	foto-autotroof	
ontwikkeling		C1.1.....	24	B8.1.....	22
E3.1	29	E3.1.....	29	fotosynthese	
emergente eigenschap		eutrofiering		B2.3.....	16, 17
F2.1.....	33	B8.2.....	22	B3.2.....	18
emergente		evenwicht		B3.6.....	19
eigenschappen		B8.3.....	22	B8.2.....	22
C 23		C3.1.....	25	founder effect	
F2.1.....	33	evenwichtssituaties		F2.3.....	33
emulgeren		C3.1.....	25	frame shift mutatie	
B3.4	18	evolutie		F1.2.....	32
endeldarm		F 31		FSH	
B3.1	17	evolutietheorie		E3.1.....	29
endocrien		F 31		G	
B4.2	20	exciterend		gal	
endocytose		B4.3.....	21	B3.4.....	18
B2.2	16	exocrien		galblaas	
endoplasmatisch		B4.2.....	20	B3.1.....	17
reticulum		exocytose			
B1.2	15	B2.2.....	16		
B2.1	16	exons			
energiestroom		C1.1.....	24		

galkleurstoffen	D1.1 26	C3.1..... 25
B3.5 19	D2.1 27	grijze stof
galzouten	genfrequenties	B4.3..... 21
B3.5 19	F2.2..... 33	groeicurves
gameten	genoom	C3.1..... 25
E3.1 29	C1.2..... 24	grondplasma
gaswisseling	D1.1 26	B2.1..... 16
B3.1 17	E3.2..... 30	grote bloedsomloop
B3.3 18	genoommutatie	B3.6..... 19
gaswisselingsorganen	F1.2..... 32	grote hersenen
B3.3 18	genotype	B4.3..... 21
geboorte	E3.2..... 29, 30	
B3.6 19	F1.1 31	H
gekoppelde genen	F1.4 32	haarvat
E3.2 30	F2.1 33	B3.1 17
F1.3..... 32	genotypen	habitat
gekoppelde overerving	E3.2..... 30	D5.2..... 28
E3.2 30	F2.1 33	haploïd
gele lichaam	genregulatie	E3.1 29
E3.1 29	D1.1 26	haplotype
gen	geslacht	F1.3 32
C1.1 24	E3.2..... 30	Hardy-Weinberg
E3.2 30	F2.4 34	F2.2 33
F1.2..... 32	geslachtelijke en	hart
gene flow	ongeslachtelijke	B3.1 17
F2.2..... 33	voortplanting	B3.6 19
genen	E3.1 29	hartkleppen
C1.2 24	geslachtelijke	B3.1 17
F1.3..... 32	voortplanting	hartslagfrequentie
genenpoel	E3.1 29	B3.6 19
C3.1 25	F1.3 32	HCG
F1.4..... 32	geslachtschromosomen	E3.1 29
genepool	E3.2..... 30	HCO ₃ ⁻
C3.1 25	F1.3 32	B3.3 18
F1.4..... 32	geslachtshormonen	B3.6 19
genetic drift	E3.1 29	B4.1 20
F2.2..... 33	gisting	helixstructuur
F2.4..... 33, 34	B2.3..... 17	B1.1 15
genetische code	glucagon	hemoglobine
B1.1 15	B4.2..... 20	B3.3 18
C1.1 24	glucoseconcentratie	B3.6 19
F1.1..... 31	B4.1 20	B4.1 20
genetische informatie	glycerol	hersenstam
F1.1..... 31	B2.3..... 17	B4.3 21
genetische modificatie	glycogeen	heterotroof
F1.4..... 32	B2.3..... 17	B2.3 17
genetische variatie	glycolyse	B3.2 18
E3.1 29	B2.3..... 17	B8.1 22
F1.4..... 32	golgi-systeem	histonen
F2.2..... 33	B1.2..... 15	B1.1 15
genexpressie	B2.1..... 16	homeostase
C1.1 24	gradiëntecosysteem	

B2.1	15	E3.1	29	B4.3	21
B4.1	20	indicatorsoort		klievingsdeling	
B4.2	20	C3.1	25	E3.1	29
homologe		D5.2	28	klonen	
chromosomen		inhiberend		E3.1	29
F1.3	32	B4.3	21	knock-out-gen	
homologie		insertie		C1.1	24
F2.4	34	F1.2	32	koolhydraten	
hormonale regulatie		insuline		B2.3	17
B4.2	20	B4.2	20	B3.4	18
hormonen		inteelt		koolstof	
B4.2	20	F2.3	33	B8.2	22
D2.1	27	interactie		koolstofassimilatie	
E3.1	29	D 26		B2.3	17
hormoonconcentratie		D 26		koolstofdioxidetranspor	
B4.2	20	D1.1	26	t	
hormoonklieren		D2.1	27	B3.6	19
B4.2	20	D5	27	kring- en lengtespieren	
hormoonstelsel		D5.2	28	B3.1	17
B4.1	20	intermediaire		kringloop	
B4.2	20	E3.2	30	B8.2	22
houtvaten		introns		kringlopen	
B3.1	17	C1.1	24	B8.2	22
huid		inwendig milieu		krusingsschema's	
B3.5	19	B4.1	20	E3.2	30
B4.1	20	ionenpomp		kunstmatige immuniteit	
huid en slijmvliezen		B2.1	16	B5.1	21
B5.1	21	B2.2	16	kunstmatige	
huidmondjes		ionentransport		inseminatie	
B3.1	17	B2.2	16	E3.1	29
humorale respons		isotonisch		kunstmatige selectie	
B5.1	21	B2.2	16	F2.3	33
hydrofiel					
B2.2	16				
hydrofoob					
B2.2	16				
hypertonisch					
B2.2	16				
hypofyse					
B4.2	20				
hypothalamus					
B4.2	20				
hypotonisch					
B2.2	16				
I		K		L	
immuniteit		kanker		leesraamverschuiving	
B5.1	21	C1.2	24	F1.2	32
impulsgeleiding		karyotype		lethale factor	
B4.3	21	F1.3	32	E3.2	30
in vitro fertilisatie		kernDNA		lethale factoren	
		B1.1	15	E3.2	30
		kernlichaampje		leven	
		B2.1	16	F 31	
		kernporie		levenscyclus	
		B2.1	16	E3.1	29
		kieuwen		lever	
		B3.1	17	B3.1	17
		kinetische energie		B4.1	20
		B2.3	16	LH	
		kleine bloedsomloop		E3.1	29
		B3.6	19	lichaamseigen	
		kleine hersenen		B5.1	21

lichaamseigen stoffen	B3.4..... 18	B1.1..... 14
B5.121	mediatoren	B1.2..... 15
lichaamsvreemd	B5.1..... 21	mtDNA
B5.121	meiose	B1.1..... 15
lichaamsvreemde	E3.1..... 29	mutagene factoren
stoffen	F1.3..... 32	D1.1..... 26
B5.121	melkzuur	mutagene stof
lichtenergie	B2.3..... 17	F1.2 32
B2.3 16	membranen	mutagene straling
lichtreactie	B2.2..... 16	puntmutatie
B2.3 17	mens	F1.2 32
lichtreceptoren	C3.1..... 25	mutatie
B4.321	E3.1..... 29	F1.2 32
longblaasjes	E3.2..... 30	F1.4 32
B3.1 17	menstruatiecyclus	F2.4 33
longcapaciteit	E3.1..... 29	mutaties
B3.3 18	metabolisme	F2.2 33
longen	B2.3..... 16	mutualisme
B3.1 17	methaan	D5.1..... 28
B3.5 19	B2.3..... 17	myelineschede
B4.1 20	methylering	B4.3 21
longventilatie	E3.2..... 30	myoglobine
B3.3 18	MHCI	B3.3 18
luchtpijp	B5.1..... 21	B3.6 19
B3.1 17	MHCII	
lymfe	B5.1..... 21	N
B3.6 19	microklimaat	Na/K pomp
B5.1 21	B8.3..... 23	B4.3 21
lymfe systeem	D5.2 28	Na/K-pomp
B3.1 17	migratie	D2.1..... 27
lymfeknopen	B8.3..... 23	NAD
B5.1 21	milieufactoren	B2.3 17
lymfevatenstelsel	E3.2..... 29	NADP
B3.6 19	milt	B2.3 17
lysosoom	B5.1..... 21	natuurlijke immuniteit
B2.1 16	mitochondriaal DNA	B5.1 21
C1.2 24	E3.2..... 30	natuurlijke selectie
	mitose	F2.2 33
M	E3.1..... 29	F2.3 33
maag	moleculaire interactie	nefron
B3.1 17	D1 26	B3.1 17
macrofagen	moleculen	negatieve
B5.1 21	B 14	terugkoppeling
materie	monohybride kruising	B4.1 20
B 14	E3.2..... 30	netto
matrijsstreng	monosachariden	fotosynthesereactie
B1.2 15	B2.3..... 17	B3.2 18
mechanische afweer	motoreiwit	neurale regulatie
van planten	B2.2..... 16	B4.3 20
B5.1 21	motorische neuronen	neurotransmitter
mechanische vertering	B4.3..... 21	B4.3 21
	mRNA	

niche		
B8.3	23	
D5.2	28	
nieren		
B3.1	17	
B3.5	19	
B4.1	20	
B4.2	20	
niet-coderend DNA		
C1.1	24	
nitrificatie		
B8.2	22	
NPP		
B8.1	22	
nucleïnezuren		
B1.1	15	
nucleosomen		
B1.1	15	
C1.1	24	
nucleotide		
B1.1	15	
nutriëntenkringlopen		
B8.2	22	
O		
O ₂		
B3.3	18	
O ₂ -concentratie		
B3.3	18	
B4.1	20	
oedeem		
B3.6	19	
oestrogeen		
E3.1	29	
omnipotent		
C1.2	24	
omslagpunt		
C3.1	25	
onafhankelijke overerving		
E3.2	30	
ongeslachtelijke voortplanting		
E3.1	29	
onvolledig dominant		
E3.2	30	
open en gesloten bloedsomloop		
B3.6	19	
operator		
D1.1	26	
opname		
B 14		
B3.1	17	
B3.3	18	
opslag		
B3.6	19	
optimum		
D5.2	28	
orgaan		
B 14		
B3.1	17	
B5.1	21	
orgaanstelsel		
B3.1	17	
orgaanstelsels		
B3.1	17	
organische stof		
B3.2	18	
B8.1	22	
B8.2	22	
organisme		
B3	17	
B4	19	
B5	21	
C1.1	24	
C1.2	24	
D5.1	27	
E3	29	
E3.1	29	
F1.1	31	
F1.2	32	
F2.3	33	
orthosympatisch		
B4.3	21	
osmose		
B2.2	16	
osmotische druk		
B2.2	16	
osmotische waarde		
B2.2	16	
B3.5	19	
B4.1	20	
osmotische werking		
B2.2	16	
ovaria		
B4.2	20	
oxidatieve fosforylering		
B2.3	17	
P		
parasitisme		
D5.1	28	
parasympatisch		
B4.3	21	
passief transport		
B2.2	16	
passieve immuniteit		
B5.1	21	
pCO ₂		
B4.1	20	
PCR		
B1.1	15	
peptidebinding		
B1.2	15	
perifeer zenuwstelsel		
B4.3	21	
persistent		
D5.2	28	
pH		
B2.3	16, 17	
B3.4	18	
B4.1	20	
pijnreceptoren		
B4.3	21	
pioniersoort		
C3.1	25	
placenta		
E3.1	29	
planten		
B3.1	17	
B3.3	18	
B3.6	19	
B5.1	21	
plasmide		
B1.1	15	
B1.2	15	
B2.1	16	
plasmolyse		
B2.2	16	
plastide		
B2.1	16	
pluripotent		
C1.2	24	
pO ₂		
B4.1	20	
polyplöid		
E3.1	29	
polysachariden		
B2.3	17	
poollichaampje		
E3.1	29	
populatie		
B 14		

C 23	
F1.4.....	32
F2.1	33
F2.2.....	33
populaties	
B8.3	22
C3.1	25
D5.2	28
F2.3.....	33
F2.4.....	33
positieve terugkoppeling	
B4.1	20
predatie	
D5.1	28
prikkeldrempel	
B4.3	21
prikkels	
B4.3	21
primaire structuur	
B1.2	15
primer	
B1.1	15
pro- en eukaryote organismen	
E3.2	30
producent	
B8.1	22
producenten	
B8.2	22
productiviteit	
B8.1	22
progesteron	
E3.1	29
prokaryoot	
B2.1	16
B3.1	17
E3.1	29
promotor	
D1.1	26
proteïne	
B1.2	15
proto-oncogenen	
D1.1	26

Q

quaternaire structuur	
B1.2	15

R

reabsorptie	
B3.5.....	19
receptor	
B4.1.....	20
B4.2.....	20
D2.1	27
receptoreiwit	
B2.1.....	16
B2.2.....	16
receptoren	
B4.1.....	20
recessief	
E3.2.....	30
recessieve en multi-pele allelen	
E3.2.....	30
recombinant DNA	
D1.1	26
recombinant-DNA	
B2.3.....	17
recombinatie	
F1.3	32
F1.4	32
reducent	
B8.1.....	22
reducenten	
B8.2.....	22
reflexboog	
B4.3.....	21
refractaire periode	
B4.3.....	21
regelkring	
B4.1.....	20
B4.2.....	20
B4.3.....	20
regulatie	
B8	22
regulatorgenen	
D1.1	26
repetitief DNA	
B1.1.....	15
repressor	
D1.1	26
reproductie	
E 29	
E3	29
reservestoffen	
B2.3.....	16, 17
resistentie	
B5.1.....	21

resorptie	
B3.4.....	18
respons	
D2.1.....	27
restrictie-enzym	
B1.1.....	15
resusfactor	
B5.1.....	21
ribosoom	
B1.2.....	15
B2.1.....	16
RNA	
B1.1.....	14, 15
C1.1.....	24
RNAi	
D1.1.....	26
RNA-polymerase	
C1.1.....	24
rode bloedcellen	
B3.6.....	19
rRNA	
B1.1.....	14
B1.2.....	15
ruggenmerg	
B4.3.....	21
rustpotentiaal	
B4.3.....	21

S

saltatoire geleiding	
B4.3.....	21
schakelneuronen	
B4.3.....	21
schildklier	
B4.2.....	20
schildklierhormoon	
B4.2.....	20
second messenger	
D2.1.....	27
secundaire structuur	
B1.2.....	15
seksuele selectie	
F2.3	33
selectie	
F1	31
F2.3	33
F2.4	33
selectiedruk	
F2.3	33
selectief doorlaatbaar celmembraan	

B2.2	16	C1.2.....	24	B1.2.....	15
selectief permeabel		startcodon		terugkoppeling	
B2.2	16	B1.2.....	15	B2.1.....	16
semi-permeabel		C1.1.....	24	B4.1.....	20
membraan		stichter effect		terugresorptie	
B2.2	16	F2.3.....	33	B3.5.....	19
sensorische neuronen		stikstof		testes	
B4.3	21	B8.2.....	22	B4.2.....	20
sequenzen		stikstofbinding		testosteron	
B1.1	15	B8.2.....	22	E3.1	29
signaalcascade		stofwisseling		tolerantie	
D2.1	27	B2	15	D5.2.....	28
signaalsstoffen		B3	17	tolerantiegrenzen	
D5.1	28	stopcodon		C3.1.....	25
signaalstoffen		B1.2.....	15	tracheeën	
D2.1	27	C1.1.....	24	B3.1.....	17
signaalverwerking		structuurgenen		transcriptie	
B4.3	20	D1.1	26	B1.2.....	15
sinusknoop		successie		transcriptiefactor	
B3.6	19	C3.1.....	25	C1.1.....	24
slagader		suppressor		transgeen	
B3.1	17	D1.1	26	D1.1.....	26
slagvolume		symbiose		translatie	
B3.6	19	D5.1	28	B1.2.....	15
slokdam		synaps		transplantatie	
B3.1	17	B4.3.....	21	B5.1.....	21
soort		D2.1	27	transport	
F2.3.....	33	stelsel Aarde		B2.2	16
F2.4.....	34	B8.2.....	22	B3.1.....	17
soorten		C3.1.....	25	B3.3.....	18
F2.4.....	33	systole		B3.6	19
soortvorming		B3.6.....	19	tripletcode	
F2	32			B1.2.....	15
F2.4.....	33			tRNA	
specifieke afweer				B1.1.....	14
B5.1	21			B1.2.....	15
spermacel				trofische niveaus	
E3.1	29			B8.1.....	22
spijsverteringshormonen				D5.1.....	28
B4.2	20			turgor	
spijsverteringsorganen				B2.2.....	16
B3.4	18			tussencelstof	
splicing				B2.3.....	17
C1.1	24			C1.2.....	24
spore				twaaelfvingerige darm	
E3.1	29			B3.1.....	17
stambomen					
E3.2	30				
stamboom					
E3.2	30				
stamcellen					

T	
tastreceptoren	B4.3..... 21
taxon	F2.4
T-cellen	B5.1..... 21
tegenstroomprincipe	B3.6..... 19
temperatuur	B2.3..... 16
	B3.4..... 18
	B4.1..... 20
temperatuurreceptoren	B4.3..... 21
template streng	B1.2..... 15
tertiaire structuur	

U	
uitscheiding	B3.1..... 17
	B3.5..... 19

uitscheidingprocessen
 B3.5 19
 uitscheidingsorganen
 B3.5 19
 uitspoeling
 B8.2 22
 uitwendig milieu
 B4.1 20
 ultrafiltratie
 B3.5 19
 universele genetische
 code
 F 31
 ureum
 B3.5 19
 urine
 B3.5 19

V

vaccinatie
 B5.1 21
 vacuole
 B2.1 16
 validiteit
 A5 10
 variatie
 F2.2 33
 ventilatiebewegingen
 B3.3 18
 verdampingsstroom
 B3.6 19
 veredeling
 F2.3 33
 vertering
 B3.4 18
 verteringsenzymen
 B3.4 18
 verteringsproducten
 B3.4 18
 verteringssappen
 B3.4 18
 verwantschap
 F2.4 33
 verwerking
 B 14
 vet
 B2.3 17
 vetten
 B3.4 18
 vetzuren
 B2.3 17

virus
 B2.1 16
 D1.1 26
 vitale capaciteit
 B3.3 18
 vitamines
 B3.4 18
 voedingsstoffen
 B3.4 18
 B3.6 19
 voedselketen
 D5.1 27
 D5.2 28
 voedselketens
 D5.1 27
 voedselrelatie
 D5.1 27
 voedselweb
 D5.1 27
 voortgezette assimilatie
 B3.2 18
 voortplanting
 E3.1 29
 F1.2 32
 voortplantingscellen
 F1.3 32
 voortplantingsorganen
 E3.1 29
 voortplantingsorganen
 van eukaryoten
 E3.1 29
 voortplantingsproces
 E3.1 29
 voorurine
 B3.5 19
 vraat
 D5.1 28

W

warmte
 B2.3 16
 water
 B3.6 19
 waterhuishouding
 B3.5 19
 B4.1 20
 waterpotentiaal
 B2.2 16
 weefsel
 B3.1 17
 weefselvloeistof

B3.6 19
 wet van Fick
 B3.3 18
 witte bloedcellen
 B3.6 19
 witte stof
 B4.3 21
 worteldruk
 B3.6 19
 wortelharen
 B3.1 17

X

X-chromosomale genen
 E3.2 30
 X-chromosomen
 E3.2 30

Y

Y-chromosomen
 E3.2 30

Z

zelforganisatie
 C 23
 C3 24
 C3.1 25
 zelfregulatie
 B 14
 B4 19
 B8.3 23
 zenuw- en
 hormoonstelsel
 B4.1 20
 zenuwcellen
 D2.1 27
 zenuwstelsel
 B4.1 20
 B4.3 20
 zetmeel
 B2.3 17
 zintuig-, spier- en
 hormoonstelsel
 B4.3 21
 zintuig-, spier- en
 zenuwstelsel
 B4.2 20
 zouten
 B3.6 19

zuurstoftransport	B3.5.....	19	zygote		
B3.6	zweetklieren		E3.1	29	
zweet	B3.1.....	17			

