



College voor Toetsen en Examens

BIOLOGIE VWO

SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2020

Versie 2, juni 2018

© 2018 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	20
Subdomein B8. Regulatie van ecosystemen	21
Domein C. Zelforganisatie	22
Subdomein C1. Zelforganisatie van cellen	23
Subdomein C3. Zelforganisatie van ecosystemen	24
Domein D. Interactie 25	
Subdomein D1. Moleculaire interactie	25
Subdomein D2. Cellulaire interactie	26
Subdomein D5. Interactie in ecosystemen	26
Domein E. Reproductie	27

Subdomein E3. Reproductie van het organisme	27
<i>Domein F. Evolutie</i>	29
Subdomein F1. Selectie	29
Subdomein F2. Soortvorming	30
3 Vereiste (voor)kennis van scheikunde en natuurkunde	32
3.1 <i>Scheikunde</i>	32
3.2 <i>Natuurkunde</i>	32
Bijlage 1: Examenprogramma biologie vwo	33
Bijlage 2: Examen(werk)woorden	39
Bijlage 3: Conceptentabel bij het examenprogramma	40
Bijlage 4: Index begrippen domeinen B t/m F	41

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 2020. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2021 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 niveauaanduiding: 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, sequencen, 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, alveesklier, 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 factoren.

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, buffers 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, buffers 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 bloedsomloop, kleine bloedsomloop, embryonale bloedsomloop, bloedplasma, weefselvloeistof, lymfe, beenmerg, bloedsamenstelling, rode bloedcellen, witte bloedcellen, bloedplaatjes, hartslagfrequentie, slagvolume, sinusknoop, AV-knoop, bundel van His, bloeddruk, diastole, systole, zuurstoftransport en koolstofdioxidetransport, voedings- en afvalstoffen, Bohr-effect, bufferende stoffen, 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, buffers 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, rustpotentiaal, actiepotentiaal, prikkelrempel, refractaire periode, exciterend, inhiberend, prikkels, mechanische, chemische, 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 receptoren, 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, genenpool, concurrentie, draagkracht, tolerantiegrenzen, exoot, omslagpunt, groeicurves.

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 bediscussieren 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.

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 giftig 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.

Domein E. Reproductie

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

De kandidaat kan in een context:

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

Subdomein E3. Reproductie van het organisme

Eindterm

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

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/gene pool, 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, 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.

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.¹ 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
 - ~~atoommassa~~
 - molecuulformule, structuurformule
 - reagentia
 - reactievergelijking, evenwichtsreacties, katalysator
 - water- of vetoplosbaar (hydrofiel/~~polair~~, hydrofoob/~~apolair~~/~~lipofiel~~), verzadiging
 - zuren en basen, pH, indicatoren
 - ~~reductor en oxidator~~
 - aminozuren, eiwitten, peptidebinding
 - ~~reductie en oxidatie~~
 - ~~vetten, glycerol, (on)verzadigde vetzuren~~
 - ~~koolhydraten: mono-, di- en polysacchariden~~
 - waterstof- en zwavelbruggen
 - ~~methaan, alcohol (ethanol)~~
- 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;

¹ 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 F

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	ADP	animaal zenuwstelsel
AB0-systeem	B2.3..... 17	B4.3..... 20
B5.121	adrenaline	anorganische stof
abiotisch milieu	B4.2..... 20	B3.2..... 18
D25	aerobe dissimilatie	B8.1..... 22
abiotische factoren	B2.3..... 16	anticodon
B8.322	aeroob	B1.2..... 15
C3.124	B2.3..... 17	anticonceptie
D1.125	afgifte	E3.1 28
D2.126	B 14	antigenen
D5.227	afleesrichting	B5.1..... 21
acceptor	B1.2..... 15	antistoffen
B5.121	afstamming	B5.1..... 21
accumulatie	F2.4..... 31	aorta
D5.126	afweer	B4.1..... 20
D5.227	B5 20	apoptose
actief en passief	B5.1..... 21	C1.2..... 24
transport	afweermechanismen	aspecifieke afweer
B2.216	B5.1..... 21	B5.1..... 21
actief transport	alcohol	assimilatie
B2.216	B2.3..... 17	B2.3..... 16
actiepotentiaal	allel	B3.3..... 18
B4.320	E3.2..... 28	B3.6..... 19
actieve en passieve	F1.2..... 30	ATP
immuniteit	F2.2..... 31	B2.3.....16, 17
B5.121	allelfrequentie	autonoom (vegetatief)
activator	F2.2..... 31	zenuwstelsel
C1.123	alvleesklier	B4.3..... 20
adaptatie	B3.1..... 17	autosomale
F2.2.....31	aminozuren	E3.2 28
F2.3.....31	B2.3..... 17	autosomen
adaptaties	aminozuur	E3.2 28
F 29	B1.2..... 15	F1.3 30
ademhaling	aminozuurvolgorde	autotroof
B3.117	B1.2..... 15	B2.3..... 17
B3.318	ammonificatie	B3.2.....17, 18
ader	B8.2..... 22	AV-knoop
B3.117	anaerobe	B3.6..... 19
ADH	B2.3..... 16	B
B3.519	anaeroob	bacterie
adhesie	B2.3..... 17	B2.1..... 16
B3.619	analogie	
	F2.4..... 31	

bacteriën		
B2.1	15	
basenparing		
B1.1	15	
basenvolgorde		
B1.1	14	
beenmerg		
B3.6	19	
beperkende factor		
B3.3	18	
D5.2	27	
beperkende factoren		
B3.2	18	
betrouwbaarheid		
A5	10	
bevruchting		
E3.1	28	
bijnieren		
B4.2	20	
biobrandstof		
B8.1	22	
biodiversiteit		
B8.3	22	
C3.1	24	
F	29	
biologisch afbreekbaar		
D5.2	27	
biomassa		
B8.1	22	
biotechnologie		
B2.3	16	
biotische		
B8.3	22	
biotische factoren		
C3.1	24	
D1.1	25	
D2.1	26	
D5.2	27	
bloed		
B3.6	19	
B5.1	21	
bloeddruk		
B3.6	19	
bloedplaatjes		
B3.6	19	
bloedplasma		
B3.6	19	
bloedsamenstelling		
B3.6	19	
bloedsomloop		
B3.6	19	
bloedstolling		
B3.6	19	
bloedtransfusie		
B5.1	21	
bloedvaten		
B3.6	19	
Bohr-effect		
B3.6	19	
bouwstoffen		
B2.3	16, 17	
BPP		
B8.1	22	
brandstoffen		
B2.3	16, 17	
broeikaseneffect		
B8.2	22	
broeikasgassen		
B8.2	22	
bronchiën		
B3.1	17	
bufferende stoffen		
B3.6	19	
buffers		
B4.1	20	
buffers van HCO ₃		
B3.5	19	
buffers van hemoglobine en HCO ₃		
B3.3	18	
bundel van His		
B3.6	19	
C		
cascade		
B2.1	16	
C-assimilatie		
B2.3	17	
cel		
B	14	
B2	15	
B3.1	17	
B5.1	21	
C1	23	
C1.1	23	
C1.2	23	
D1.1	25	
D2.1	26	
celcommunicatie		
D2.1	26	
celdifferentiatie		
C1.2	23, 24	
celkern		
B2.1	16	
cell junctions		
D2.1	26	
cellen		
C1.2	23	
cellen van Schwann		
B4.3	20	
cellulaire interactie		
D2	25	
cellulose		
B2.3	17	
celmembraan		
B2.1	16	
B4.1	20	
celplasma		
D2.1	26	
celtype		
C1.2	24	
celwand		
B2.1	16	
centra in de hersenschors		
B4.3	20	
centraal zenuwstelsel		
B4.3	20	
centriolen		
B2.1	16	
chemische en drukreceptoren		
B4.1	20	
chemische energie		
B2.3	16	
chemische receptoren		
B4.3	20	
chemische samenstelling		
B4.1	20	
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.....	30	
chromosoom		
B2.1	16	
C1.1	23	
F1.2.....	30	
ciliën		
B2.1	16	
cisgeen		
D1.1	25	
citroenzuurcyclus		
B2.3	17	
clade		
F2.4.....	31	
cladogram		
F2.4.....	31	
climaxecosysteem		
C3.1	24	
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.....	31	
cohesie		
B3.6	19	
colloïd-osmotische druk		
B3.6	19	
commensalisme		
D5.1	27	
concurrentie		
B8.3	22	
C3.1	24	
D5.2.....	27	
consument		
B8.1	22	
consumenten		
B8.2	22	
crossing-over		
F1.3.....	30	
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	30	
denaturatie		
B2.3.....	17	
denitrificatie		
B8.2.....	22	
diastole		
B3.6.....	19	
differentiatie		
C1.2.....	23	
diffusie		
B2.2.....	16	
B3.3.....	18	
dikke darm		
B3.1.....	17	
diploïd		
E3.1.....	28	
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.....	23	
F1.1.....	29	
DNA-analyse		
F1.1	29	
DNA-polymerase		
B1.2.....	15	
DNA-repairsysteem		
F1.2	30	
dode ruimte		
B3.3.....	18	
doelwitorganen		
B4.2.....	20	
dominant		
E3.2.....	28	
donor		
B5.1.....	21	
draagkracht		
C3.1.....	24	
dunne darm		
B3.1.....	17	
duurzame energie		
D5.2.....	27	
duurzame ontwikkeling		
D5.2.....	27	
dynamiek		
B8.3.....	22	
C3.1.....	24	
dynamisch evenwicht		
B2.1.....	15, 16	
B4.1.....	20	
E		
ecosysteem		
B	14	
B8.1.....	22	
B8.2.....	22	
B8.3.....	22	
C3.1.....	24	
D5.2.....	27	
ecosystemen		
B8.....	21	
B8.3.....	22	
C3.....	24	
D5	26	
effector		
B2.1.....	16	
eicel		
E3.1	28	
Eilandjes van Langerhans		
B4.2.....	20	
eilandtheorie		
F2.3	31	
eiwit		
B1.2.....	15	
B2.3.....	17	
C1.1.....	23	
D1.1.....	25	
eiwitsynthese		
B1.....	14	
B1.2.....	15	
C1.1.....	23	
eiwitten		
B3.4.....	18	
C1.1.....	23	

elementen		flessenhalseffect	
B8.2	22	F2.3	31
embryo		follikel	
E3.1	28	E3.1	28
embryonale		fosfolipiden	
bloedsomloop		B2.2	16
B3.6	19	B2.3	17
embryonale		fossiele brandstof	
ontwikkeling		B8.1	22
E3.1	28	foto- en chemo-	
emergente eigenschap		autotroof	
F2.1	31	B8.1	22
emergente		fotosynthese	
eigenschappen		B2.3	16, 17
C 23		B3.2	17
F2.1	31	B3.6	19
emulgeren		B8.2	22
B3.4	18	founder effect	
endeldarm		F2.3	31
B3.1	17	frame shift mutatie	
endo- en exocytose		F1.2	30
B2.2	16	FSH	
endocrien		E3.1	28
B4.2	20	G	
endoplasmatisch		gal	
reticulum		B3.4	18
B1.2	15	galblaas	
B2.1	16	B3.1	17
energiestroom		galkleurstoffen	
B8.1	21, 22	B3.5	19
enkele en dubbele		galzouten	
bloedsomloop		B3.5	19
B3.6	19	gameten	
enkelstrengs en		E3.1	28
dubbelstrengs DNA		gaswisseling	
B1.1	15	B3.1	17
enzymen		B3.3	18
B2.3	16, 17	gaswisselingsorganen	
D1.1	25	B3.3	18
epigenetica		geboorte	
E3.2	28	B3.6	19
epigenetisch		gekoppelde genen	
D1.1	25	E3.2	28
epigenetische		F1.3	30
D1.1	25	gekoppelde overerving	
epigenetische		E3.2	28
overerving		gele lichaam	
E3.2	28	E3.1	28
EPO		gen	
B4.2	20	C1.1	23
erfelijke eigenschap		eukaryoot	
E3.2	28	B2.1	16
		eukaryote cel	
		B2.1	15
		eukaryoten	
		B3.3	18
		B3.4	18
		B3.5	18
		B3.6	19
		C1.1	23
		E3.1	28
		eutrofiering	
		B8.2	22
		evenwicht	
		B8.3	22
		C3.1	24
		evenwichtssituaties	
		C3.1	24
		evolutie	
		F	29
		evolutietheorie	
		F	29
		exciterend	
		B4.3	20
		exocrien	
		B4.2	20
		exons	
		C1.1	23
		exoot	
		B8.3	22
		C3.1	24
		F	
		fenotype	
		C1.1	23
		E3.2	28
		F1.1	29
		F1.2	30
		F1.4	30
		F2.1	31
		fenotypen	
		E3.2	28
		F2.1	31
		filtratiedruk	
		B3.6	19
		fitness	
		F2.2	31
		F2.3	31
		flagellen	
		B2.1	16

E3.2	28	F2.4	31	haplotype	
F1.2	30	geslachtelijke en		F1.3	30
gene flow		ongeslachtelijke		Hardy-Weinberg	
F2.2	31	voortplanting		F2.2	31
gene pool		E3.1	28	hart	
F1.4	30	geslachtelijke		B3.1	17
genen		voortplanting		B3.6	19
C1.2	24	E3.1	28	hartkleppen	
F1.3	30	F1.3	30	B3.1	17
genenpoel		geslachtschromosomen		hartslagfrequentie	
F1.4	30	E3.2	28	B3.6	19
genenpool		F1.3	30	HCG	
C3.1	24	geslachtshormonen		E3.1	28
genetic drift		E3.1	28	HCO ₃ ⁻	
F2.2	31	giftige stoffen		B3.6	19
F2.4	31	D5.1	26	B4.1	20
genetische code		gisting		helixstructuur	
B1.1	15	B2.3	17	B1.1	15
C1.1	23	glucagon		hemoglobine	
F1.1	29	B4.2	20	B3.3	18
genetische informatie		glucoseconcentratie		B3.6	19
F1.1	29	B4.1	20	B4.1	20
genetische modificatie		glycerol		hersenstam	
F1.4	30	B2.3	17	B4.3	20
genetische variatie		glycogeen		heterotroof	
E3.1	28	B2.3	17	B2.3	17
F1.4	30	glycolyse		B3.2	18
F2.2	31	B2.3	17	B8.1	22
genexpressie		golgi-systeem		histonen	
C1.1	23	B1.2	15	B1.1	15
D1.1	25	B2.1	16	homeostase	
D2.1	26	gradiëntecosysteem		B2.1	15
genfrequenties		C3.1	24	B4.1	19
F2.2	31	grijze stof		B4.2	20
genoom		B4.3	20	homologe	
C1.2	23, 24	groeicurves		chromosomen	
D1.1	25	C3.1	24	F1.3	30
E3.2	28	grondplasma		homologie	
genoommutatie		B2.1	16	F2.4	31
F1.2	30	grote bloedsomloop		hormonale regulatie	
genotype		B3.6	19	B4.2	20
E3.2	28	grote hersenen		hormonen	
F1.1	29	B4.3	20	B4.2	20
F1.4	30	H		D2.1	26
F2.1	31	haarvat		E3.1	28
genotypen		B3.1	17	hormoonconcentratie	
E3.2	28	habitat		B4.2	20
F2.1	31	D5.2	27	hormoonklieren	
genregulatie		haploïd		B4.2	20
D1.1	25	E3.1	28	hormoonstelsel	
geslacht				B4.1	20
E3.2	28			B4.2	20

hout- en bastvaten	
B3.1	17
huid	
B3.5	18
B4.1	19
huid en slijmvliezen	
B5.1	21
huidmondjes	
B3.1	17
humorale en cellulaire respons	
B5.1	21
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

immuniteit	
B5.1	21
impulsgeleiding	
B4.3	20
in vitro fertilisatie	
E3.1	28
indicatorsoort	
C3.1	24
D5.2	27
inhiberend	
B4.3	20
insertie	
F1.2	30
insuline	
B4.2	20
inteelt	
F2.3	31
interactie	
D	25
D	25
D1.1	25
D2.1	26
D5	26
D5.2	27

intermediaire	
E3.2	28
introns	
C1.1	23
inwendig en uitwendig milieu	
B4.1	20
ionenpomp	
B2.1	16
B2.2	16
ionentransport	
B2.2	16
iRNA	
D1.1	25
isotonisch	
B2.2	16

K

kanker	
C1.2	24
karyotype	
F1.3	30
kernDNA	
B1.1	15
kernlichaampje	
B2.1	16
kernporie	
B2.1	16
kieuwen	
B3.1	17
kinetische energie	
B2.3	16
kleine bloedsomloop	
B3.6	19
kleine hersenen	
B4.3	20
klievingsdeling	
E3.1	28
klonen	
E3.1	28
knock-out-gen	
C1.1	23
koolhydraten	
B2.3	17
B3.4	18
koolstof	
B8.2	22
koolstofassimilatie	
B2.3	17

koolstofdioxide-transport	
B3.6	19
kring- en lengtespieren	
B3.1	17
kringloop	
B8.2	22
kringlopen	
B8.2	22
kruisingsschema's	
E3.2	28
kunstmatige inseminatie	
E3.1	28
kunstmatige selectie	
F2.3	31

L

leesraamverschuiving	
F1.2	30
lethale factor	
E3.2	28
lethale factoren	
E3.2	28
leven	
F 29	
levenscyclus	
E3.1	28
lever	
B3.1	17
B4.1	19
LH	
E3.1	28
lichaamseigen	
B5.1	21
lichaamseigen stoffen	
B5.1	21
lichaamsvreemd	
B5.1	21
lichaamsvreemde stoffen	
B5.1	21
licht- en donkerreactie	
B2.3	17
lichtenergie	
B2.3	16
lichtreceptoren	
B4.3	20
longblaasjes	
B3.1	17

longcapaciteit		
B3.3	18	
longen		
B3.1	17	
B3.5	18	
B4.1	19	
longventilatie		
B3.3	18	
luchtpijp		
B3.1	17	
lymfe		
B3.6	19	
B5.1	21	
lymfe systeem		
B3.1	17	
lymfeknopen		
B5.1	21	
lymfevatenstelsel		
B3.6	19	
lysosoom		
B2.1	16	
C1.2	24	
M		
maag		
B3.1	17	
macrofagen		
B5.1	21	
materie		
B 14		
matrijsstreng		
B1.2	15	
mechanische en chemische afweer		
B5.1	21	
mechanische en chemische vertering		
B3.4	18	
mechanische receptoren		
B4.3	20	
mediatoren		
B5.1	21	
meiose		
E3.1	28	
F1.3.....	30	
melkzuur		
B2.3	17	
membranen		
B2.2	16	
mens		
C3.1.....	24	
E3.1.....	28	
E3.2.....	28	
menstruatiecyclus		
E3.1.....	28	
metabolisme		
B2.3.....	16	
methaan		
B2.3.....	17	
methylering		
E3.2.....	28	
MHCI		
B5.1.....	21	
MHCII		
B5.1.....	21	
microklimaat		
B8.3.....	22	
D5.2	27	
migratie		
B8.3.....	22	
milieufactoren		
E3.2.....	28	
milt		
B5.1.....	21	
mitochondriaal DNA		
E3.2.....	28	
mitose		
E3.1.....	28	
moleculaire interactie		
D1	25	
moleculen		
B 14		
mono- en dihybride kruising		
E3.2.....	28	
mono-, di- en polysachariden		
B2.3.....	17	
motoreiwit		
B2.2.....	16	
motorische neuronen		
B4.3.....	20	
mRNA		
B1.1.....	14	
B1.2.....	15	
mtDNA		
B1.1.....	15	
mutagene factoren		
D1.1	25	
mutagene stof		
F1.2.....	30	
mutagene straling		
puntmutatie		
F1.2	30	
mutatie		
F1.2	29	
F1.4	30	
F2.4	31	
mutaties		
F2.2	31	
mutualisme		
D5.1.....	27	
myelineschede		
B4.3.....	20	
myoglobine		
B3.3.....	18	
B3.6.....	19	
N		
Na/K pomp		
B4.3.....	20	
Na/K-pomp		
D2.1.....	26	
NAD		
B2.3.....	17	
NADP		
B2.3.....	17	
natuurlijke en kunstmatige immuniteit		
B5.1.....	21	
natuurlijke selectie		
F2.2	31	
F2.3	31	
nefron		
B3.1.....	17	
negatieve terugkoppeling		
B4.1.....	20	
netto fotosynthesereactie		
B3.2.....	18	
neurale regulatie		
B4.3.....	20	
neurotransmitter		
B4.3.....	20	
niche		
B8.3.....	22	
D5.2.....	27	
nieren		
B3.1.....	17	
B3.5.....	18	

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

F2.4.....	31	receptoren		B2.1.....	16
positieve		B4.1.....	20	RNA	
terugkoppeling		B5.1.....	21	B1.1.....	14, 15
B4.1	20	recessief		C1.1.....	23
predatie		E3.2.....	28	RNAi	
D5.1	27	recessieve en multipele		D1.1.....	25
prikkeldrempel		allelen		RNA-polymerase	
B4.3	20	E3.2.....	28	C1.1.....	23
prikkels		recombinant DNA		rode bloedcellen	
B4.3	20	D1.1	25	B3.6.....	19
primaire structuur		recombinant-DNA		rRNA	
B1.2	15	B2.3.....	17	B1.1.....	14
primer		recombinatie		B1.2.....	15
B1.1	15	F1.3.....	30	ruggenmerg	
pro- en eukaryote		F1.4.....	30	B4.3.....	20
organismen		reducent		rustpotentiaal	
E3.2	28	B8.1.....	22	B4.3.....	20
producent		reducenten			
B8.1	22	B8.2.....	22	S	
producenten		reflexboog		saltatoire geleiding	
B8.2	22	B4.3.....	20	B4.3.....	20
productiviteit		refractaire periode		schakelneuronen	
B8.1	22	B4.3.....	20	B4.3.....	20
progesteron		regelkring		schildklier	
E3.1	28	B4.1.....	20	B4.2.....	20
prokaryoot		B4.2.....	20	schildklierhormoon	
B2.1	16	B4.3.....	20	B4.2.....	20
B3.1	17	regulatie		second messenger	
E3.1	28	B8	21	D2.1.....	26
promotor		regulatorgenen		secundaire structuur	
D1.1	25	D1.1	25	B1.2.....	15
proteïne		repetitief DNA		seksuele selectie	
B1.2	15	B1.1.....	15	F2.3	31
proto-oncogenen		repressor		selectie	
D1.1	25	D1.1	25	F1	29
		reproductie		F2.3	31
Q		E	27	F2.4	31
quaternaire structuur		E3	27	selectiedruk	
B1.2	15	reservestoffen		F2.3	31
		B2.3.....	16, 17	selectief doorlaatbaar	
R		resistentie		celmembraan	
reabsorptie		B5.1.....	21	B2.2.....	16
B3.5	19	resorptie		selectief permeabel	
receptor		B3.4.....	18	B2.2.....	16
B4.1	20	respons		semi-permeabel	
B4.2	20	D2.1	26	membraan	
D2.1	26	restrictie-enzym		B2.2.....	16
receptoreiwit		B1.1.....	15	sensorische	
B2.1	16	resusfactor		B4.3.....	20
B2.2	16	B5.1.....	21	sequenzen	
		ribosoom		B1.1.....	15
		B1.2.....	15		

signaalcascade		
D2.1	26	
signaalsstoffen		
D5.1	27	
signaalstoffen		
D2.1	26	
signaalverwerking		
B4.3	20	
sinusknoop		
B3.6	19	
slagader		
B3.1	17	
slagvolume		
B3.6	19	
slok darm		
B3.1	17	
soort		
F2.3.....	31	
F2.4.....	31	
soorten		
F2.4.....	31	
soortvorming		
F2	30	
F2.4.....	31	
specifieke afweer		
B5.1	21	
spermacele		
E3.1	28	
spijsverteringshormonen		
B4.2	20	
spijsverteringsorganen		
B3.4	18	
splicing		
C1.1	23	
spore		
E3.1	28	
stambomen		
E3.2	28	
stamboom		
E3.2	28	
stamcellen		
C1.2	24	
startcodon		
B1.2	15	
C1.1	23	
stichter effect		
F2.3.....	31	
stikstof		
B8.2	22	
stikstofbinding		
B8.2	22	
stofwisseling		
B2	15	
B3	17	
stopcodon		
B1.2.....	15	
C1.1.....	23	
structuurgenen		
D1.1	25	
successie		
C3.1.....	24	
suppressor		
D1.1	25	
symbiose		
D5.1	27	
synaps		
B4.3.....	20	
D2.1	26	
systeem Aarde		
B8.2.....	22	
C3.1.....	24	
systole		
B3.6.....	19	
T		
T- en B-cellen		
B5.1.....	21	
tastreceptoren		
B4.3.....	20	
taxon		
F2.4	31	
tegenstroomprincipe		
B3.6.....	19	
temperatuur		
B2.3.....	16	
B3.4.....	18	
B4.1.....	20	
temperatuurreceptoren		
B4.3.....	20	
template streng		
B1.2.....	15	
tertiaire structuur		
B1.2.....	15	
terugkoppeling		
B2.1.....	16	
B4.1.....	20	
terugresorptie		
B3.5.....	19	
testes		
B4.2.....	20	
testosteron		
E3.1.....	28	
tolerantie		
D5.2.....	27	
tolerantiegrenzen		
C3.1.....	24	
tracheeën		
B3.1.....	17	
transcriptie		
B1.2.....	15	
transcriptiefactor		
C1.1.....	23	
transgeen		
D1.1.....	25	
translatie		
B1.2.....	15	
transplantatie		
B5.1.....	21	
transport		
B2.2.....	16	
B3.1.....	17	
B3.3.....	18	
B3.6.....	19	
tripletcode		
B1.2.....	15	
tRNA		
B1.1.....	14	
B1.2.....	15	
trofische niveaus		
B8.1.....	22	
D5.1.....	27	
turgor		
B2.2.....	16	
tussencelstof		
B2.3.....	17	
C1.2.....	24	
twalfvingerige darm		
B3.1.....	17	
U		
uitscheiding		
B3.1.....	17	
B3.5	18	
uitscheidingprocessen		
B3.5.....	18	
uitscheidingsorganen		
B3.5.....	18	
uitspoeling		
B8.2.....	22	
ultrafiltratie		
B3.5.....	19	

universele genetische code
 F29
 ureum
 B3.519
 urine
 B3.519

V

vaccinatie
 B5.121
 vacuole
 B2.116
 validiteit
 A510
 variatie
 F2.2.....31
 ventilatiebewegingen
 B3.318
 verdampingsstroom
 B3.619
 veredeling
 F2.3.....31
 vertering
 B3.418
 verteringsenzymen
 B3.418
 verteringsproducten
 B3.418
 verteringssappen
 B3.418
 verwantschap
 F2.4.....31
 verwerking
 B14
 vet
 B2.317
 vetten
 B3.418
 vetzuren
 B2.317
 virus
 B2.116
 D1.125
 vitale capaciteit
 B3.318
 vitamines
 B3.418

voedings- en afvalstoffen
 B3.6..... 19
 voedingsstoffen
 B3.4..... 18
 voedselketen
 D5.1 26
 D5.2 27
 voedselketens
 D5.1 26
 voedselrelatie
 D5.1 26
 voedselweb
 D5.1 26
 voortgezette assimilatie
 B3.2..... 18
 voortplanting
 E3.1 28
 F1.2 30
 voortplantingscellen
 F1.3 30
 voortplantingsorganen
 E3.1 28
 voortplantingsorganen van eukaryoten
 E3.1 28
 voortplantingsproces
 E3.1 28
 voorurine
 B3.5..... 19
 vraat
 D5.1 27

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..... 20
 worteldruk
 B3.6..... 19
 wortelharen
 B3.1..... 17

X

X- en Y-chromosomen
 E3.2 28
 X-chromosomale genen
 E3.2 28

Z

zelforganisatie
 C 22
 C3..... 24
 C3.1 24
 zelfregulatie
 B 14
 B4..... 19
 B8.3..... 22
 zenuw- en hormoonstelsel
 B4.1 19
 zenuwcellen
 D2.1..... 26
 zenuwstelsel
 B4.1 20
 B4.3..... 20
 zetmeel
 B2.3..... 17
 zintuig-, spier- en hormoonstelsel
 B4.3..... 20
 zintuig-, spier- en zenuwstelsel
 B4.2..... 20
 zouten
 B3.6..... 19
 zuurstoftransport
 B3.6..... 19
 zweet
 B3.5..... 19
 zweetklieren
 B3.1 17
 zygote
 E3.1 28

