College voor Toetsen en Examens

BIOLOGIE VWO

SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2028

Versie 2, april 2026

CENTRALE EXAMENS VO

Samenstelling syllabuscommissie:
Michiel Dam – voorzitter
Herman Schalk – secretaris SLO
Arjen Galema – adviseur Cito
Hester Moens – docent (betrokken bij curriculum.nu)
Linda Visser-Van Emmerik - docent (op voordracht van de NVON)
Ingeborg van der Neut – docent (deelnemer verkenning)
Jelly de Jong – docent (deelnemer verkenning)
Marlies van Vlimmeren – docent (deelnemer verkenning)

© 2026 College voor Toetsen en Examens, Utrecht

Alle rechten voorbehouden. Alles uit deze uitgave mag mits voorzien van een bronvermelding en zonder enige wijziging worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van het College. Het hergebruik van eventueel auteursrechtelijk beschermd werk van derden in dit werk is niet nader geregeld door het CvTE

INHOUD

VOORWOORD **4**

1 INDELING SYLLABUS EN VERDELING EXAMENSTOF OVER CE EN SE **5**
1.1 Concepten, systeemconcepten en organisatieniveaus 5
1.2 Anders door de matrix 7
1.3 Nieuwe nummers voor de subdomeinen 8
1.4 Verdeling over CE en SE 8

2 TOELICHTING OP DE SPECIFICATIES **10**
2.1 Opbouw van de specificaties 10
2.2 Contextgebieden 10
2.3 Deelconcepten 10
2.4 Beheersingsniveau 10

3 DOMEIN A. VAARDIGHEDEN **12**
Algemene vaardigheden (profieloverstijgend niveau) 12
Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden (bètaprofielniveau) 12
Biologie-specifieke vaardigheden 15

M MOLECUUL- EN CELNIVEAU **17**
M1 Eiwitsynthese (subdomein B1) 17
M2 Stofwisseling van de cel (subdomein B2) 18
M3 Zelforganisatie van cellen (subdomein C1) 20
M4 Moleculaire en cellulaire interactie (subdomeinen D1 en D2) 21
M7 Reproductie van het organisme (subdomein E3) 22
M8 Selectie (subdomein F1) 22

O ORGAAN- EN ORGANISMENIVEAU **24**
O1 Stofwisseling van het organisme (subdomein B3) 24
O2 Zelfregulatie van het organisme (subdomein B4) 27
O3 Afweer van het organisme (subdomein B5) 28
O9 Reproductie van het organisme (subdomein E3) 29

P POPULATIE- EN ECOSYSTEEMNIVEAU **30**
P1 Regulatie van ecosystemen (subdomein B8) 30
P2 Zelforganisatie van ecosystemen (subdomein C3) 31
P3 Interactie in ecosystemen (subdomein D5) 31
P4 Soortvorming (subdomein F2) 32

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA BIOLOGIE VWO **34**

BIJLAGE 2: CONCEPTENTABEL BIJ HET EXAMENPROGRAMMA **39**

BIJLAGE 3: OMZETTING VAN OUDE NAAR NIEUWE NUMMERING EN ANDERSOM **40**

BIJLAGE 4: VOORBEELDCONTEXTEN **41**

BIJLAGE 5: EXAMEN(WERK)WOORDEN **43**

BIJLAGE 6: KENNIS VAN NATUURKUNDE EN SCHEIKUNDE **44**

BIJLAGE 7: INDEX VAN CONCEPTEN EN DEELCONCEPTEN **45**

VOORWOORD

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

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

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

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

Deze syllabus geldt voor het examenjaar 2028. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2029 wordt een nieuwe syllabus vastgesteld.
Het CvTE publiceert uitsluitend digitale versies van de syllabi. Dit gebeurt via Examenblad.nl (www.examenblad.nl), de officiële website voor de examens in het voortgezet onderwijs.
In de syllabi 2028 zijn de wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus voor het examenjaar 2027 duidelijk zichtbaar. De veranderingen zijn geel gemarkeerd. Er zijn diverse vakken waarbij de syllabus 2028 geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

Een syllabus kan ook tussentijds worden aangepast, bijvoorbeeld als een in de syllabus beschreven situatie feitelijk veranderd is. De aan een centraal examen voorafgaande Septembermededeling is dan het moment waarop dergelijke veranderingen bekendgemaakt worden. Kijkt u voor alle zekerheid jaarlijks in september op Examenblad.nl.

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

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

De voorzitter van het College voor Toetsen en Examens,

Drs. J.H. (John) van der Vegt MPM

1 INDELING SYLLABUS EN VERDELING EXAMENSTOF OVER CE EN SE

Deze syllabus is tot stand gekomen na een herziening door een syllabuscommissie. Meer informatie over de aanleiding voor deze herziening en de afwegingen van de syllabuscommissie treft u in het verantwoordingsdocument. In 2023 is de kolom opmerkingen uit de tabel onder 1.4 verwijderd. Er zijn twee kleine foutjes in geconstateerd en de kolom leek niet veel toe te voegen.

Om zicht te krijgen op de wijzigingen in deze syllabus ten opzichte van de syllabus voor 2024 is het raadzaam om dit hoofdstuk goed te lezen evenals het eerder genoemde verantwoordingsdocument. Doordat de indeling van deze syllabus anders is dan van de voorgaande syllabus is het niet mogelijk alle wijzigingen geel te markeren. Echt nieuwe deelconcepten zijn wel geel gemarkeerd.

1.1 CONCEPTEN, SYSTEEMCONCEPTEN EN ORGANISATIENIVEAUS

De concepten die voorkomen in het examenprogramma biologie zijn gestructureerd volgens twee indelingen. Enerzijds zijn ze ingedeeld in biologische organisatieniveaus. Op elk niveau zijn er systemen met een eigen organisatie: de moleculen, de cel, het orgaan, het organisme, de populatie, het ecosysteem. Anderzijds zijn de concepten verdeeld over systeemconcepten.

Systeemconcepten komen voort uit het benaderen van biologische processen en verschijnselen als complexe systemen en het daaruit voortvloeiende systeemdenken. Systeemdenken in de biologie heeft als doel het ontwikkelen van een samenhangend begrip van complexe biologische processen en verschijnselen van het moleculaire niveau tot het niveau van ecosystemen. Systeemdenken is dus niet gericht op het leren van geïsoleerde onderdelen en processen maar richt zich op de kenmerken van complexe systemen (bijvoorbeeld een cel, een organisme, een ecosysteem) waarin vele onderdelen in samenhangende processen leiden tot een bepaalde functie. Systeemconcepten zijn de concepten die de structuur in systemen weergeven. We onderscheiden daarbij de volgende systeemconcepten:
- *zelfregulatie* (hoe houdt een biologisch systeem zichzelf in stand?);
- *zelforganisatie* (hoe ontwikkelt een biologisch systeem zich in de loop van de tijd zodat allerlei emergente eigenschappen, nieuwe evenwichten en structuren ontstaan?);
- *interactie* (hoe wordt een biologisch systeem beïnvloed door biotische en abiotische factoren?);
- *reproductie* (hoe leiden processen in systemen tot vermenigvuldiging van individuele, gelijksoortige biologische eenheden?); en
- *evolutie* (hoe leiden processen in systemen tot aanpassing?).

Hieronder worden de vijf systeemconcepten uit het examenprogramma (die de naam geven aan de domeinen B t/m F) kort toegelicht.

Zelfregulatie

Ook wel: instandhouding. 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.

Zelforganisatie

Ook wel: groei en ontwikkeling. Biologische eenheden kunnen beschouwd worden als systemen met een organisatie. Ze organiseren zichzelf. Door zelforganisatie kunnen nieuwe structuren in biologische eenheden van een hoger organisatieniveau ontstaan. Op het hogere organisatieniveau zijn nieuwe eigenschappen te zien, die de biologische eenheid van het lagere organisatieniveau niet heeft, de zogenoemde emergente eigenschappen. Het geheel is daarbij meer dan de som van de delen.

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.

Reproductie
Biologische eenheden, zoals enkele celorganellen, cellen en organismen, repliceren zich. Op het niveau van het molecuul DNA heet dat replicatie, op het niveau van het organisme voortplanting. Die reproductie is niet hetzelfde als kopiëren, want er kan mutatie en recombinatie optreden, wat uitmondt in variatie op alle organisatieniveaus.

Evolutie
Evolutie laat zien hoe toeval, mutatie, recombinatie, variatie, adaptatie en selectiedruk in en tussen systemen hebben geleid tot de nu aanwezige biodiversiteit.

1.2 ANDERS DOOR DE MATRIX

De concepten die voorkomen in het examenprogramma (bijlage 1) zijn voor de biologie gestructureerd in een systeemmatrix. De subdomeinen zijn gebaseerd op de cellen in de matrix.

In het examenprogramma en de voorgaande versies van de syllabus wordt de matrix per kolom doorlopen: eerst domein B, dan domein C en zo verder. In deze versie van de syllabus is dat veranderd. Nu gaat dat per combinatie van rijen: eerst de organisatieniveaus Molecuul en Cel, daarna die van Orgaan en Organisme en tot slot die van Populatie, Ecosysteem en Systeem Aarde, aangegeven met letters: M = molecuul- en celniveau, O = Orgaan- en organismeniveau, P = Populatie- en ecosysteemniveau. Dit is weergegeven in de figuur hieronder. De rode pijlen geven de oude leesrichting aan, de paarse de nieuwe. Het concept *Erfelijke eigenschap* (subdomein E3.2) is daarbij naar het Molecuul- en celniveau verplaatst, omdat de concepten die hierin aan de orde komen hoofdzakelijk op die niveaus van toepassing zijn.

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

In bijlage 2 is de matrix opgenomen zonder pijlen en mét de nieuwe nummering van de subdomeinen.

1.3 NIEUWE NUMMERS VOOR DE SUBDOMEINEN

Omdat het examenprogramma niet verandert, veranderen ook de officiële namen en de nummers van de subdomeinen niet. Om het opzoeken van specificaties en de bijbehorende deelconcepten niet vreselijk ingewikkeld te maken is toch een nieuwe nummering gemaakt. In de tabel in paragraaf 1.4 is te zien hoe de oude en de nieuwe nummering zich tot elkaar verhouden. In bijlage 3 is ook de omgekeerde conversie (van oud naar nieuw) te vinden.

1.4 VERDELING 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 SE-deel is nader gespecificeerd in een handreiking van SLO. In de handreiking zijn suggesties opgenomen voor het SE-deel welke niet bindend zijn.

In de onderstaande tabel staat vermeld welke domeinen en subdomeinen op het CE geëxamineerd kunnen worden en welke aan het SE zijn toegewezen.

Domein		Subdomein nieuw/oud			Concept	CE[1]	SE
A	Vaardigheden	A1		Informatievaardigheden		X	X
		A2		Communiceren		X	X
		A3		Reflecteren op leren		X	X
		A4		Studie en beroep		X	X
		A5		Onderzoeken		X	X
		A6		Ontwerpen		X	X
		A7		Modelvorming		X	X
		A8		Natuurwetenschappelijk instrumentarium		X	X
		A9		Waarderen en oordelen		X	X
		A10		Beleven			X
		A11		Vorm-functie denken		X	X
		A12		Ecologisch denken		X	X
		A13		Evolutionair denken		X	X
		A14		Systeemdenken		X	X
		A15		Contexten		X	X
		A16		Kennisontwikkeling en -toepassing		X	X
M	Molecuul- en celniveau	M1	B1	Eiwitsynthese	M1.1 DNA M1.2 Eiwitsynthese	X	
		M2	B2	Stofwisseling van de cel	M2.1 Homeostase M2.2 Transport M2.3 Assimilatie en dissimilatie	X	
		M3	C1	Zelforganisatie van cellen	M3.1 Genexpressie M3.2 Celdifferentiatie	X	
		M4	D1 D2	Moleculaire en cellulaire interactie	M4.1 Genregulatie M4.2 Celcommunicatie	X	
		M5	E1	DNA-replicatie			X
		M6	E2	Levenscyclus van de cel			X
		M7	E3.2	Reproductie van het organisme	M7.1 Erfelijke eigenschap	X	
		M8	F1	Selectie	M8.1 DNA M8.2 Mutatie M8.3 Recombinatie	X	

[1] Het is toegestaan subdomeinen voor het CE ook in het SE te toetsen.

Domein		Subdomein nieuw/oud			Concept	CE[1]	SE
					M8.4 Genetische variatie		
O	Orgaan- en organisme-niveau	O1	B3	Stofwisseling van het organisme	O1.1 Orgaan O1.2 Fotosynthese O1.3 Ademhaling O1.4 Vertering O1.5 Uitscheiding O1.6 Transport	X	
		O2	B4	Zelfregulatie van het organisme	O2.1 Homeostase O2.2 Hormonale regulatie O2.3 Neurale regulatie	X	
		O3	B5	Afweer van het organisme	O3.1 Afweer	X	
		O4	B6	Beweging van het organisme			X
		O5	B7	Waarneming door het organisme			X
		O6	C2	Zelforganisatie van het organisme			X
		O7	D3	Gedrag en interactie			X
		O8	D4	Seksualiteit			X
		O9	E3.1	Reproductie van het organisme	O9.1 Voortplanting	X	
P	Populatie- en ecosys-teemniveau	P1	B8	Regulatie van ecosystemen	P1.1 Energiestroom P1.2 Kringloop P1.3 Dynamiek en evenwicht	X	
		P2	C3	Zelforganisatie van ecosystemen	P2.1 Dynamiek en evenwicht	X	
		P3	D5	Interactie in ecosystemen	P3.1 Voedselrelatie P3.2 Duurzame ontwikkeling	X	
		P4	F2	Soortvorming	P4.1 Populatie P4.2 Variatie P4.3 Selectie P4.4 Soortvorming	X	
		P5	F3	Biodiversiteit			X
		P6	F4	Ontstaan van het leven			X

2 TOELICHTING OP DE SPECIFICATIES

2.1 OPBOUW VAN DE SPECIFICATIES

De specificaties in de syllabus kennen de volgende opbouw.

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.

Per concept:
Een 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 2.4. Bij elk onderdeel van de specificatie staat een opsomming van deelconcepten waarop deze betrekking heeft.

2.2 CONTEXTGEBIEDEN

In de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (2010) 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. In de eindtermen worden de volgende contextgebieden gebruikt.

- Energie
- Gezondheid of gezondheidszorg
- Duurzaamheid
- Voeding
- Voedselproductie
- Sport
- Wereldbeeld
- veiligheid

In bijlage 4 is een aantal voorbeelden van contexten opgenomen, een selectie van de voorbeelden die in voorgaande versies van de syllabus stonden.

2.3 DEELCONCEPTEN

Bij ieder subdomein is per onderdeel of onderdelen van een specificatie een opsomming van deelconcepten opgenomen waarop dit onderdeel van de specificatie 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. In bijlage 7 is een index opgenomen van concepten en deelconcepten die in deze syllabus voorkomen.

2.4 BEHEERSINGSNIVEAU

In het examenprogramma zijn drie beheersingsniveaus onderscheiden die gekarakteriseerd zijn met de woorden *benoemen*, *verklaren* en *beargumenteren*. In de specificaties in deze syllabus zijn per niveau verschillende handelingswerkwoorden gebruikt. Deze zijn weergegeven in de tabel op de volgende pagina. 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 worden in een examen, ook wel examenwerkwoorden genoemd (zie bijlage 5). Deze hoeven qua niveau niet overeen te komen met de in eindtermen en specificaties gebruikte handelingswerkwoorden. De moeilijkheidsgraad van een examenvraag wordt onder andere bepaald door de complexiteit van de contexten. 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.

Beheersingsniveau	**Te gebruiken handelingswerkwoorden in de syllabus**
Benoemen	Benoemen
	Beschrijven
	Herkennen
	Identificeren
	Selecteren
Verklaren	Afleiden
	Bepalen
	Onderscheiden
	Specificeren
	Toelichten
	Toepassen
	Uitleggen
	Verklaren
	Verrichten
	Verwerken
	Voorstel doen
Beargumenteren	Analyseren
	(Be)argumenteren
	Beoordelen
	Beredeneren
	Conclusie trekken
	Hypothese opstellen
	Keuze maken
	Realiseren
	Redeneringen hanteren
	Relaties/verbanden leggen
	Vereenvoudigen
	Evalueren

3 DOMEIN A. VAARDIGHEDEN

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4:	Algemene vaardigheden — profieloverstijgend niveau
Subdomeinen A5 t/m A9:	Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden — bètaprofielniveau
Subdomeinen A10 t/m A16:	Biologie-specifieke vaardigheden

De eerste categorie met algemene profieloverstijgende vaardigheden worden in deze syllabus niet verder gespecificeerd. De specificaties van de subdomeinen A5 t/m A9 zijn afgestemd met de syllabuscommissies scheikunde en natuurkunde.
Voor een aantal vaardigheden (A6 t/m A7) geldt dat de vaardigheid gedeeltelijk bestaat uit onderdelen die niet op het centraal examen getoetst zullen worden. Omwille van de volledigheid van de specificatie van de betreffende eindterm, zijn deze onderdelen wel in de specificatie opgenomen, maar *cursief en grijs* afgedrukt. *De betreffende specificaties gelden dus niet voor het centraal examen*.

ALGEMENE VAARDIGHEDEN (PROFIELOVERSTIJGEND NIVEAU)

Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken

Eindterm

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

Subdomein A2. Communiceren

Eindterm

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

Subdomein A3. Reflecteren op leren

Eindterm

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

Subdomein A4. Studie en beroep

Eindterm

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

NATUURWETENSCHAPPELIJKE, WISKUNDIGE EN TECHNISCHE VAARDIGHEDEN (BÈTAPROFIELNIVEAU)

Subdomein A5. Onderzoeken

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

1 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen/specificeren;
2 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
3 verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4 een hypothese opstellen bij een onderzoeksvraag en verwachtingen formuleren;
5 een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
6 voor de beantwoording van een onderzoeksvraag relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen;

7 meetgegevens verwerken en presenteren op een wijze die helpt bij de beantwoording van een onderzoeksvraag;
8 op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvra(a)g(en) van het onderzoek;
9 de uitvoering en de uitkomsten van een onderzoek evalueren gebruik makend van de begrippen nauwkeurigheid, validiteit en betrouwbaarheid;
10 een natuurwetenschappelijk onderzoek op een geschikte manier presenteren;
11 toelichten dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken zijn.
12 de aard van de opbrengst van onderzoek duiden en daarbij de begrippen onzekerheid en waarschijnlijkheid hanteren.

Subdomein A6. Ontwerpen

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:
1 een ontwerpprobleem specificeren;
2 *een ontwerpprobleem herleiden tot een aantal afzonderlijk uitwerkbare deelproblemen (taken, eigenschappen);*
3 *voor een ontwerp een programma van eisen opstellen: randvoorwaarden, eisen, prioriteiten en wensen;*
4 verbanden leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en taken en eigenschappen van een ontwerp;
5 *meerdere uitwerkingen of oplossingen per deelprobleem geven;*
6 *een beargumenteerd ontwerpvoorstel doen voor een ontwerp, rekening houdend met het programma van eisen;*
7 *een prototype van een ontwerp realiseren;*
8 *een ontwerpproces en -product testen en evalueren, rekening houdend met het programma van eisen;*
9 voorstellen doen voor verbetering van een ontwerp;
10 *een ontwerpproces en -product op een geschikte manier presenteren.*

Subdomein A7. Modelvorming

Eindterm

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

Specificatie

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

Subdomein A8. Natuurwetenschappelijk instrumentarium

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

1 informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen *mede met behulp van ICT*:
   - gegevens halen uit grafieken, tabellen, tekeningen, simulaties, schema's en diagrammen;
   - grootheden, eenheden, symbolen, formules en gegevens opzoeken in geschikte tabellen;

2 informatie, gegevens en meetresultaten analyseren, weergeven en structureren in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen mede met behulp van ICT;

3 de volgende grootheden en eenheden gebruiken, daarbij gebruik makend van de prefixen van nano (n) tot en met giga (G):
   - lengte, oppervlakte, inhoud (m, m^2, m^3, L)
   - massa (kg);
   - dichtheid: massa per volume ($kg.m^{-3}$);
   - concentratie: aantal per volume ($mol.L^{-1}$), massa per volume ($g.L^{-1}$); massapercentage, volumepercentage, parts per million;
   - snelheid: afstand per tijdseenheid ($m.s^{-1}$);
   - diffusiesnelheid: aantal per oppervlakte per tijdseenheid ($mol.m^{-2}.s^{-1}$) of massa per oppervlakte per tijdseenheid ($g.m^{-2}.s^{-1}$)
   - temperatuur (^oC, K);
   - energie (J, kcal);
   - spanning (V);
   - druk: kracht per oppervlakte (Pa, mmHg);

4 aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten;

5 *verantwoord omgaan met materialen, instrumenten, organismen en milieu;*

6 een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen:
   - rekenen met getallen in breuken en machten;
   - rekenen met verhoudingen, percentages en gemiddelden;
   - rekenen met oppervlakte en volume;
   - rekenen met kansen;
   - grafieken opstellen en daarbij rekening houden met de plaats van de afhankelijke en de onafhankelijke variabele;
   - lineaire en exponentiële verbanden herkennen in grafieken;
   - grafieken lezen (formuleloos), gericht op grafisch verloop en trends;

7 verbanden leggen op basis van tabel- en grafiekgegevens.

8 toelichten wat de invloed is van de verschillende variabelen in een gegeven formule op het daarmee beschreven biologische proces.

Subdomein A9. Waarderen en oordelen

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan:

1 een beargumenteerd oordeel geven over een situatie waarin natuurwetenschappelijke kennis een belangrijke rol speelt, dan wel een beargumenteerde keuze maken tussen alternatieven bij vraagstukken van natuurwetenschappelijke aard;

2 een onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen;

3 *feiten met bronnen verantwoorden;*
4 *de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor de beantwoording van het betreffende vraagstuk.*

BIOLOGIE-SPECIFIEKE VAARDIGHEDEN

Subdomein A10. Beleven

Eindterm

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

Subdomein A11. Vorm-functie-denken

Eindterm

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

Specificatie

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

Subdomein A12. Ecologisch denken

Eindterm

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

Specificatie

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

Subdomein A13. Evolutionair denken

Eindterm

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

Specificatie

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

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

Subdomein A14. Systeemdenken

Eindterm

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

Specificatie

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

Subdomein A15. Kennisontwikkeling en -toepassing

Eindterm

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

Subdomein A16. Contexten

Eindterm

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

Specificatie

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

M MOLECUUL- EN CELNIVEAU

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

M1 EIWITSYNTHESE (SUBDOMEIN B1)

Eindterm

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

M1.1 DNA (B1.1)

Specificatie

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

M1.2 Eiwitsynthese (B1.2)

Specificatie

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

M2 STOFWISSELING VAN DE CEL (SUBDOMEIN B2)

Eindterm

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

M2.1 Homeostase (B2.1)

Specificatie

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

M2.2 Transport (B2.2)

Specificatie

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven welke vormen er zijn van actief en passief transport;	diffusie, osmose, actief transport, passief transport, endocytose, exocytose, receptoreiwit, ionentransport, ionenpomp, glucose, zuurstof, *koolstofdioxide (CO_2), natriumchloride (NaCl)*
2 toelichten wat de relatie is tussen de eigenschappen van de getransporteerde stoffen en de bouw en eigenschappen van membranen;	fosfolipiden, *wateroplosbaar, vetoplosbaar, hydrofiel/polair, hydrofoob/apolair*
3 toelichten dat effecten van osmotische werking verschillen bij plantaardige en dierlijke cellen;	plasmolyse, turgor
4 uitleggen dat door de aanwezigheid van een selectief doorlaatbaar celmembraan de celinhoud permanent verschilt van de celomgeving;	semipermeabel membraan, selectief permeabel, isotonisch, hypotonisch, hypertonisch, osmotische druk, osmotische waarde, waterpotentiaal
5 beschrijven wat de rol is van het cytoskelet bij transportprocessen.	motoreiwit, cytoskelet

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

De kandidaat kan in een context:	Deelconcepten
1 beschrijven dat cellen stoffen opnemen en afgeven;	autotroof, heterotroof, assimilatie, dissimilatie
2 beschrijven dat in cellen chemische reacties plaatsvinden, gekatalyseerd door enzymen;	chemische reactie, katalyseren, enzym, *evenwichtsreacties*
3 beschrijven dat er verschillende vormen van energie zijn;	chemische energie, lichtenergie, kinetische energie, warmte, ADP, ATP, NAD^+, NADH, $NADP^+$, NADPH, *proton, elektron, licht*
4 beschrijven dat de verschillende vormen van energie in elkaar kunnen overgaan;	
5 beschrijven hoe fotosynthese verloopt in cellen met chloroplasten;	fotosynthese, C-assimilatie, chloroplast, lichtreactie, donkerreactie, *elektromagnetisch spectrum*
6 beschrijven dat assimilatieprocessen plaatsvinden in planten en dieren;	voortgezette assimilatie, bouwstof, brandstof, reservestof, koolhydraat, monosacharide, disacharide, polysacharide, zetmeel, glycogeen, cellulose, vet, vetzuur, glycerol, eiwit, aminozuur, essentieel aminozuur, niet-essentieel aminozuur, DNA, enzym, fosfolipide, tussencelstof
7 toelichten dat assimilatieprocessen leiden tot de aanmaak van bouwstoffen, brandstoffen, reservestoffen en enzymen;	
8 toelichten hoe anaerobe dissimilatie plaatsvindt;	anaeroob, glycolyse, gisting, alcohol, melkzuur, methaan
9 toelichten hoe aerobe dissimilatie plaatsvindt;	aeroob, verbranding, citroenzuurcyclus, oxidatieve fosforylering, *oxidator, reductor*
10 toelichten met behulp van reactievergelijkingen hoe assimilatieprocessen en dissimilatie-processen (en ook de deelreacties daarvan) verlopen;	reactievergelijking, *molecuulformule, structuurformule, calcium (Ca), chloor (Cl), fosfor (P), ijzer (Fe), kalium (K), koolstof (C), stikstof (N), natrium (Na), waterstof (H), zuurstof (O), ammoniak (NH_3), koolstofdioxide (CO_2), fosfaat (PO_4^{3-}), glucose ($C_6H_{12}O_6$), methaan (CH_4), nitraat (NO_3^-), nitriet (NO_2^-), stikstofgas (N_2), water (H_2O), zuurstofgas (O_2)*
11 toelichten waar en hoe enzymen reacties katalyseren;	enzymwerking, katalyseren, substraat, enzymsubstraatcomplex, *indicator*
12 toelichten hoe temperatuur en pH enzymwerking beïnvloeden;	pH, denaturatie, optimumkromme
13 toelichten hoe in de biotechnologie gebruik gemaakt wordt van het metabolisme van micro-organismen;	fermentatie, recombinant-DNA-technologie, micro-organismen
14 uitleggen wat de verschillen zijn tussen fotosynthese en chemosynthese.	fotosynthese, chemosynthese

M3 ZELFORGANISATIE VAN CELLEN (SUBDOMEIN C1)

Eindterm

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

M3.1 Genexpressie (C1.1)

Specificatie

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

M3.2 Celdifferentiatie (C1.2)

Specificatie

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

M4 MOLECULAIRE EN CELLULAIRE INTERACTIE (SUBDOMEINEN D1 EN D2)

Eindterm (D1)

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

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

Specificatie

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

Eindterm (D2)

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

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

Specificatie

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

M7 REPRODUCTIE VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN E3)

Eindterm

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

M7.1 Erfelijke eigenschap (E3.2)

Specificatie

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

M8 SELECTIE (SUBDOMEIN F1)

Eindterm

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

M8.1 DNA (F1.1)

Specificatie

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

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

M8.2 Mutatie (F1.2)
Specificatie

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

M8.3 Recombinatie (F1.3)
Specificatie

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

M8.4 Genetische variatie (F1.4)
Specificatie

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

O ORGAAN- EN ORGANISMENIVEAU

O1 STOFWISSELING VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN B3)

Eindterm

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

O1.1 Orgaan (B3.1)

Specificatie

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

O1.2 Fotosynthese (B3.2)

Specificatie

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

O1.3 Ademhaling (B3.3)
Specificatie

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

O1.4 Vertering (B3.4)
Specificatie

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

O1.5 Uitscheiding (B3.5)
Specificatie

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

O1.6 Transport (B3.6)
Specificatie

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

O2 ZELFREGULATIE VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN B4)

Eindterm

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

O2.1 Homeostase (B4.1)

Specificatie

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

O2.2 Hormonale regulatie (B4.2)

Specificatie

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

O2.3 Neurale regulatie (B4.3)

Specificatie

Zie ook de specificaties van M4.2 Celcommunicatie

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

O3 AFWEER VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN B5)

Eindterm

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

O3.1 Afweer (B5.1)

Specificatie

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

O9 REPRODUCTIE VAN HET ORGANISME (SUBDOMEIN E3)

Eindterm

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

O9.1 Voortplanting (E3.1)

Specificatie

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

P POPULATIE- EN ECOSYSTEEMNIVEAU

P1 REGULATIE VAN ECOSYSTEMEN (SUBDOMEIN B8)

Eindterm

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

P1.1 Energiestroom (B8.1)

Specificatie

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

P1.2 Kringloop (B8.2)

Specificatie

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

P1.3 Dynamiek en evenwicht (B8.3)
Specificatie

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

P2 ZELFORGANISATIE VAN ECOSYSTEMEN (SUBDOMEIN C3)
Eindterm
De kandidaat kan met behulp van de concepten dynamiek en evenwicht ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en wereldbeeld benoemen op welke wijze ecosystemen zich kunnen ontwikkelen en beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelforganisatie van ecosystemen en het systeem Aarde beïnvloedt.

P2.1 Dynamiek en evenwicht (C3.1)
Specificatie

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

P3 INTERACTIE IN ECOSYSTEMEN (SUBDOMEIN D5)
Eindterm
De kandidaat kan met behulp van de concepten voedselrelatie en interactie met (a)biotische factoren ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en voedselproductie benoemen welke relaties tussen populaties en ecosystemen bestaan en beargumenteren op welke wijze vraagstukken die daar betrekking op hebben, kunnen worden benaderd.

P3.1 Voedselrelatie (D5.1)

Specificatie

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

P3.2 Duurzame ontwikkeling (D5.2)

Specificatie

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

P4 SOORTVORMING (SUBDOMEIN F2)

Eindterm

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

P4.1 Populatie (F2.1)

Specificatie

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

P4.2 Variatie (F2.2)
Specificatie

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

P4.3 Selectie (F2.3)
Specificatie

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

P4.4 Soortvorming (F2.4)
Specificatie

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

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: CONCEPTENTABEL[2] BIJ HET EXAMENPROGRAMMA

Systeemconcept **Organisatieniveau (*biologische eenheid*)**	***Zelfregulatie***	***Zelforganisatie***	***Interactie***	***Reproductie***	***Evolutie***
I Molecuul- en celniveau					
Molecuul (*DNA*)	**M1 Eiwitsynthese** M1.1 DNA M1.2 Eiwitsynthese	**M3 Zelforganisatie van cellen** M3.1 Genexpressie	**M4 Moleculaire en cellulaire interactie** M4.1 Genregulatie	***M5 DNA-replicatie***[3]	**M8 Selectie** M8.1 DNA M8.2 Mutatie M8.3 Recombinatie M8.4 Variatie
Cel (*cel*)	**M2 Stofwisseling van de cel** M2.1 Homeostase M2.2 Transport M2.3 Assimilatie en dissimilatie	M3.2 Celdifferentiatie	M4.2 Celcommunicatie	***M6 Levenscyclus van de cel*** **M7 Reproductie van het organisme** M7.1 Erfelijke eigenschap	
II Orgaan- en organismeniveau					
Orgaan	**O1 Stofwisseling van het organisme** O1.1 Orgaan O1.2 Fotosynthese O1.3 Ademhaling O1.4 Vertering O1.5 Uitscheiding O1.6 Transport				
Organisme (*prokaryoot, eukaryoot, virus*)	**O2 Zelfregulatie van het organisme** O2.1 Homeostase O2.2 Hormonale regulatie O2.3 Neurale regulatie **O3.1 Afweer van het organisme** ***O4 Beweging van het organisme*** ***O5 Waarneming door het organisme***	***O6 Zelforganisatie van het organisme***	***O7 Gedrag en interactie*** ***O8 Seksualiteit***	**O9 Reproductie van het organisme** O9.1 Voortplanting	
III Populatie- en ecosysteemniveau					
Populatie					**P4 Soortvorming** P4.1 Populatie P4.2 Variatie P4.3 Selectie P4.4 Soortvorming
Ecosysteem	**P1 Regulatie van ecosystemen** P1.1 Energiestroom P1.2 Kringloop P1.3 Dynamiek en evenwicht	**P2 Zelforganisatie van ecosystemen** P2.1 Dynamiek en evenwicht	**P3 Interactie in ecosystemen** P3.1 Voedselrelatie P3.2 Duurzame ontwikkeling		
Systeem Aarde	P1.2 Kringloop				***P5 Biodiversiteit*** ***P6 Ontstaan van het leven***

[2] Systeemmatrix van biologische concepten die in het examenprogramma vwo zijn opgenomen met verwijzing naar de specificaties. (Gebaseerd op Tabel 1, pagina 26 en 27, eindrapportage CVBO 2010.)
[3] *grijs cursief*: alleen in het schoolexamen

BIJLAGE 3: OMZETTING VAN OUDE NAAR NIEUWE NUMMERING EN ANDERSOM

In onderstaande tabel is de omzetting opgenomen van de oude nummering van de subdomeinen naar de nieuwe. Ook is bij de nieuwe nummering de oude te vinden.

Oude nummering	Nieuwe nummering
B1	M1
B2	M2
B3	O1
B4	O2
B5	O3
B6	O4
B7	O5
B8	P1
C1	M3
C2	O6
C3	P2
D1	M4
D2	
D3	O7
D4	O8
D5	P3
E1	M5
E2	M6
E3.1	O9
E3.2	M7
F1	M8
F2	P4
F3	P5
F4	P6

Nieuwe nummering	Oude nummering
M1	B1
M2	B2
M3	C1
M4	D1
	D2
M5	E1
M6	E2
M7	E3.2
M8	F1
O1	B3
O2	B4
O3	B5
O4	B6
O5	B7
O6	C2
O7	D3
O8	D4
O9	E3.1
P1	B8
P2	C3
P3	D5
P4	F2
P5	F3
P6	F4

BIJLAGE 4: 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. In de eindtermen worden de volgende contextgebieden gebruikt.

- Energie €
- Gezondheid of gezondheidszorg (G)
- Duurzaamheid (D)
- Voeding (V)
- Voedselproductie (VP)
- Sport (S)
- Wereldbeeld (W)
- Veiligheid (V)

Hieronder wordt een aantal voorbeelden beschreven op de verschillende organisatieniveaus.

Molecuul- en celniveau

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.

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.

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.

Orgaan- en organismeniveau

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.

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

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: 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.

Populatie- en ecosysteemniveau

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.

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.

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.

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.

BIJLAGE 5: 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.

Examen(werk)woord	Betekenis
(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 *uitleggen* gehanteerd, bij een enkelvoudige oorzaakgevolgstap *verklaren* of *aangeven waardoor*.
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 6: KENNIS VAN NATUURKUNDE EN SCHEIKUNDE

Bij de specificaties van de eindtermen zijn grootheden en eenheden opgenomen en (cursief) deelconcepten uit natuurkunde en scheikunde die nodig zijn voor deze (en andere) specificaties en waarvan verondersteld wordt dat kandidaten deze kunnen gebruiken. Deze 'nevenkennis' kan leerstof uit de onderbouw of uit de bovenbouw betreffen. In deze bijlage zijn die bij elkaar gezet.

De kandidaat kan de volgende grootheden en eenheden gebruiken, daarbij gebruik makend van de prefixen van nano (n) tot en met giga (G) (subdomein A8.3):
- lengte, oppervlakte, inhoud (m, m^2, m^3, L)
- massa (kg);
- dichtheid: massa per volume ($kg \cdot m^{-3}$);
- concentratie: aantal per volume ($mol \cdot L^{-1}$), massa per volume ($g \cdot L^{-1}$); massapercentage, volumepercentage, parts per million;
- snelheid: afstand per tijdseenheid ($m \cdot s^{-1}$);
- diffusiesnelheid: aantal per oppervlakte per tijdseenheid ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) of massa per oppervlakte per tijdseenheid ($g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)
- temperatuur (ºC, K);
- energie (J, kcal);
- spanning (V);
- druk: kracht per oppervlakte (Pa, $N \cdot m^{-2}$, mmHg);

De kandidaat kan de volgende deelconcepten uit natuurkunde en scheikunde gebruiken:
- atoom, molecuul, ion, proton, elektron, licht, elektromagnetisch spectrum
- (radioactieve) isotoop
- molecuulformule, structuurformule
- peptidebinding, zwavelbrug, waterstofbrug
- oxidator, reductor
- reactievergelijking, evenwichtsreacties, katalysator
- pH, indicator
- hydrofiel/polair, hydrofoob/apolair, wateroplosbaar, vetoplosbaar

De kandidaat kan de namen en symbolen van de volgende elementen gebruiken:
- calcium (Ca)
- chloor (Cl)
- fosfor (P)
- ijzer (Fe)
- kalium (K)
- koolstof (C)
- stikstof (N)
- natrium (Na)
- waterstof (H)
- zuurstof (O)

De kandidaat kan de namen en molecuulformules van de volgende stoffen gebruiken:
- ammoniak (NH_3)
- koolstofdioxide (CO_2)
- fosfaat ($PO_4^{3-)}$
- glucose ($C_6H_{12}O_6$)
- methaan (CH_4)
- natriumchloride (NaCl)
- nitraat (NO_3^-)
- nitriet (NO_2^-)
- stikstofgas (N_2)
- water (H_2O)
- zuurstofgas (O_2)

BIJLAGE 7: INDEX VAN CONCEPTEN EN DEELCONCEPTEN

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

aanpassing 22
AB0-systeem 27
abiotische factor 30
acceptor 27
accumulatie 31
actiepotentiaal 20
activator 20
adaptatie 32
ademhalingscentrum 24
ademhalingsspieren 24
ader 25
ADH 25
adhesiekracht 25
ADP 18
adrenaline 26
aeroob 18, 29
afleesrichting 16
afstamming 32
afvalstoffen 25
afweer
  aangeboren 27
  chemische 27
  mechanische 27
  verworven 27
alcohol 18
allel 21, 22
allelfrequentie 32
allergie 27
allopatrische soortvorming 32
alvleesklier 24
aminozuur 16, 18
  essentieel 18
  niet-essentieel 18
ammoniak 18, 29
ammonificatie 29
ammonium 29
anaeroob 18, 29
analogie 32
anorganische stof 23, 29
antibioticum 27
anticodon 16
anticonceptie 28
antigeen 27
antistof 19, 27
apolair 17
apoptose 19
argument
  biologisch 21, 28
  ethisch 21, 28
assimilatie 18
assimilatieproduct 25
atoom 16
ATP 18
autosoom 21, 22
autotroof
  chemo- 29
  foto- 29
autotroof 18, 23
AV-knoop 25

B

baarmoeder 28
bacterie 17, 27
basenparing 16
basenvolgorde 16
bastvat 25
B-cel 27
beenmerg 25, 27
beperkende factor 23, 30
bestrijdingsmiddel 31
bevruchting 28
bijnier 26
biobrandstof 29
biodiversiteit 29, 31
biologisch afbreekbaar 31
biologische landbouw 31
biomassa 29
biotische factor 30
bloed 27
bloedcel
  rode 25
  witte 25
bloeddruk 25
bloedplaatje 25
bloedplasma 25
bloedsomloop
  dubbele 25
  embryonale 25
  enkele 25
  gesloten 25
  grote 25
  kleine 25
bloedstolling 25
bloedtransfusie 27
bloedvatenstelsel 25
Bohr-effect 24
borstbuis 25
bottleneck effect 32
bouwstof 18
bovendruk 25
Bowman
  kapsel van 25

BPP 29
brandstof 18
broeikaseffect 29
broeikasgassen 29
bronchie 24

C

calcium 18
cascade 17
cDNA 19
cel 23
celcommunicatie 20
celdifferentiatie 19
celkern 17
cell junctions 20
cellulaire respons 27
cellulose 18
celmembraan 17
celtype 19
celwand 17
centriolen 17
chemosynthese 18
chloor 18
chlorofyl 17
chloroplast 17, 18, 23
cholesterol 25
chromosomen
  homologe 22
chromosoom 16, 17, 19, 21, 22
  cirkelvormig 17
  geslachts- 21, 22
  X- 21
  Y- 21
ciliën 17
cisgeen 22
citroenzuurcyclus 18
cladogram 32
climaxecosysteem 30
clitoris 28
coderende streng 16
codon 16
co-evolutie 32
cohesiekracht 25
colloïd-osmotische druk 25
commensalisme 31
concurrentie 30
consument 29, 31
convergentie 32
crossing-over 22
cytokine 20
cytoplasma 16, 17
cytoskelet 17
cytotoxische T-cel 27

D

darm
  dikke 24
  dunne 24
  endel 24
  slok- 24
  twaalfvingerige 24
darmbacterie 24
darmperistaltiek 24
darmvlok 24
deletie 22
denaturatie 18
denitrificatie 29
diastole 25
diffusie 17, 24
dihybride kruising 21
diploïd 28
disacharide 18
dissimilatie 18, 23, 29
divergentie 32
DNA 18, 19, 21
  chloroplast 16
  kern 16
  mitochondriaal 16, 21
  niet-coderend 19
DNA-analyse 22
DNA-polymerase 16
DNA-repairsysteem 22
dode ruimte 24
doelwitorgaan 26
dominant 21
donkerreactie 18
donor 27
draagkracht 30
drukreceptoren in de aorta 26
dubbelstrengs DNA 16
ductus Botalli 25
duurzame ontwikkeling 31
dynamiek 30
dynamisch evenwicht 17, 26

E

ecosysteem 30
effector 17
eicel 28
eierstok 26, 28
eilandtheorie 30
eileider 28
eiwit 16, 18, 19
  membraan- 19
  motor- 17, 19
  receptor- 17
  structuur- 19
  transport- 19
eiwithormoon 19, 20
eiwitmantel 17
elektromagnetisch spectrum 18
elektron 18
embryo 28
embryonale ontwikkeling 28
emergente eigenschap 31
emulgeren 24
endocrien 26
endocytose 17

endoplasmatisch reticulum 16, 17
endosymbiose 17
energie
  chemische 18
  kinetische 18
  licht- 18
  warmte 18
energiebesparing 31
energieproductie 31
energiestroom 29
energietransitie 29
enkelstrengs DNA 16
enzym 18, 19
enzymsubstraatcomplex 18
enzymwerking 18
epigenetica 20, 21
EPO 26
eukaryoot 17
eutrofiering 29
evenwichtsreactie 18
exciterend 20, 27
exocrien 26
exocytose 17
exon 19
exoot 30

F

fenotype 19, 21, 22, 31
fermentatie 18
Fick
  wet van 24
filtratiedruk 25
fitness 32
flagel 17
flessenhalseffect 32
foetus 28
fokken 32
follikel 28
foramen ovale 25
fosfaat 18
fosfolipide 17, 18
fosfor 18
fossiele brandstof 29
fotosynthese 18, 23, 29
founder effect 32
FSH 28

G

gal 24, 25
galblaas 24
galkleurstof 25
galzouten 25
gameten 28
gaswisseling 23, 24
geboorte 30
geel lichaam 28
geheugencel 27
gekoppelde genen 21, 22
gen 19, 21, 22
gene flow 32
genenpool 22
genetic drift 32
genetische code 16, 19, 21
genetische modificatie 22
genetische variatie 22, 28, 32
genexpressie 19
genoom 21
genotype 19, 21, 22, 31
genregulatie 20
genus 32
geslacht 32
geslachtelijke voortplanting 22
gisting 18
glomerulus 25
glucagon 26
glucose 17, 18
glucoseconcentratie 26
glycerol 18
glycogeen 18
glycolyse 18
golgi-systeem 16, 17
gradiëntecosysteem 30
grijze stof 27
groeicurve 30
grondplasma 17

H

haarvat 25
habitat 30
haploïd 28
haplotype 22
Hardy-Weinberg, regel van 32
hart 25
hartklep 25
hartslagfrequentie 25
HCG 28
helixstructuur 16
hemoglobine 24, 25
hergebruik 29
hernieuwbare energiebron 31
hersenen
  centra in de hersenschors 27
  grote 27
  kleine 27
hersenstam 27
heterotroof 18, 23, 29
heterozygoot 21
His
  bundel van 25
histon 16
homeostase 17
homologie 32
homozygoot 21
hormoon 20, 26
  (spijs)verterings- 26
  geslachts- 26, 28
hormoonconcentratie 26
hormoonklier 26

hormoonstelsel 26
houtvat 25
huid 25, 27
huidmondje 24
humorale respons 27
hydrofiel 17
hydrofoob 17
hypertonisch 17
hypofyse 26
hypothalamus 26
hypotonisch 17

I

ICSI 28
ijzer 18
immuniteit
  actieve 27
  kunstmatige 27
  natuurlijke 27
  passieve 27
impuls 27
impulsgeleiding 20
  sprongsgewijze 20
in vitro fertilisatie 28
indicator 18
indicatorsoort 30
inhiberend 20, 27
insertie 22
insuline 26
inteelt 22, 32
intermediair 21
interpleurale ruimte 24
intron 19
inwendig milieu 26
ion 16
ionenpomp 17
ionentransport 17
isotonisch 17
isotoop 32

K

kalium 18
kalium-pomp 20
kanker 19
katalyseren 18
kernlichaampje 17
kernporie 17
klievingsdeling 28
klimaatverandering 30
  effect van 29
klonen 28
knock-out-gen 19
koolhydraat 18
koolstof 18
koolstofassimilatie 23
koolstofdioxide 17, 18
koolstofdioxideconcentratie 24, 26
koolstofdioxidedruk 24
  pCO_2 26
koolstofdioxidetransport 24, 25
koolstofkringloop 29
kringloop 29
  gesloten 31
  open 31
kringspier 24
kruisingsschema 21
kunstmatige inseminatie 28
kunstmatige selectie 32

L

Langerhans, eilandje van 26
leesraamverschuiving 22
lengtespier 24
letale factor 21
levenscyclus 28
levensgemeenschap 30
lever 24, 25
leverlobje 25
LH 28
lichaams-
  eigen 27
  vreemd 27
lichtreactie 18
long 24, 25
longblaasje 24
longcapaciteit 24
luchtpijp 24
lymfe 25, 27
lymfeknoop 27
lymfesysteem 25
lymfevat 25
lysosoom 17, 19

M

maag 24
macrofagen 27
matrijsstreng 16
meiose 22, 28
melkzuur 18
menstruatiecyclus 28
mestcel 27
methaan 18, 29
methylering 20
MHC-II-receptor 27
MHC-I-receptor 27
microklimaat 30
micro-organismen 18
microplastic 31
migratie 30
milieufactor 21
milieuvervuiling 31
mitochondrie 17
mitose 28
molecuul 16
molecuulformule 16, 18
monohybride kruising 21
monosacharide 18
mRNA 16

multipele allelen 21
mutageen
  factor 20
  stof 22
  straling 22
mutatie 22
  frame shift 22
  genoom- 22
  punt- 22
mutualisme 31
myelineschede 27
myoglobine 24

N

NAD ($^+$/H) 18
NADP ($^+$/H) 18
natrium 18
natriumchloride 17
natrium-pomp 20
natuurbeheer 30
natuurlijke selectie 32
navelstrengader 25
navelstrengslagader 25
neuron
  motorisch 27
  schakel- 27
  sensorisch 27
neurotransmitter 20
niche 30
nier 25, 26
nierbuisjes 25
niereenheid 25
niermerg 25
nierschors 25
nitraat 18, 29
nitriet 18, 29
nitrificatie 29
NPP 29
nucleïnezuur 16
nucleosoom 20
nucleotide 16

O

oedeem 25
oestrogeen 28
omslagpunt 30
onderdruk 25
ontbossing 29
onvolledig dominant 21
open circulatiesysteem 25
operator 20
optimum 30
optimumkromme 18
orgaan 23
orgaanstelsel 23
organische stof 23, 29
osmose 17
osmotische
  druk 17
  waarde 17, 25, 26
overbevissing 29
overlevingskans 22
oxidatieve fosforylering 18
oxidator 18

P

parasiet 27
parasitisme 31
PCR 16
penis 28
peptidebinding 16
peptidehormoon 20
persistent 31
pH 18, 26
pijnzenuw 27
pioniersoort 30
placenta 28
plasmacel 27
plasmide 16, 17
plasmolyse 17
plastide 17
polair 17
polyploïd 28
polysacharide 18
poollichaampje 28
populatie 30, 31
predatie 31
prikkel 27
prikkeldrempel 20
primair geslachtskenmerk 28
primaire structuur 16
primer 16
producent 29, 31
productiviteit 29
progesteron 28
prokaryoot 17
promotor 20
proteïne 16
proton 18
proto-oncogen 20

Q

quaternaire structuur 16

R

reabsorptie 25
reactievergelijking 18
receptor 19, 20, 26
  chemische 26
  chemo- 24
  hormoon- 26
  licht- 27
  tast- 27
  temperatuur- 27
recessief 21
recombinant-DNA-technologie 18, 22
recombinatie 22
recyclen 29

reducent 29, 31
reductor 18
reflexboog 27
refractaire periode 20
regelkring 26, 27
regulatorgen 20
releasing hormoon 26
repressor 20
reproductieve isolatie 32
reservestof 18
resistent 27, 31
resorptie 24
respons 20
restrictie-enzym 16
restvolume 24
resusfactor 27
ribosoom 16, 17
RNA 16, 19
RNAi 20
RNA-polymerase 19
rRNA 16
ruggenmerg 27
rustpotentiaal 20

S

sapstroom
  anorganische 25
  organische 25
schildklier 26
schildklierhormoon 26
schimmel 27
Schwann, cel van 27
second messenger 20
secundair geslachtskenmerk 28
secundaire structuur 16
seksuele selectie 32
selectiedruk 32
selectief permeabel 17
semipermeabel membraan 17
sequencen 16
signaalcascade 20
signaalstof 20, 31
sinusknoop 25
slagader 25
slagvolume 25
slijmvliezen 27
soort 31, 32
soortensamenstelling 30
specialisatie 19
speekselklier 24
spermacel 28
splicing 19
spore 28
stamboom 21
stamcel 19
  typen 19
stamcelonderzoek 19
stamceltransplantatie 19
startcodon 16, 19
sterfte 30
steroïdhormoon 20
stichtereffect 32
stikstof 18
stikstofbinding 29
stikstofgas 18, 29
stikstofkringloop 29
stopcodon 16, 19
structuurformule 16, 18
structuurgen 20
substraat 18
successie 30
symbiose 31
sympatrische soortvorming 32
synaps 20
systole 25

T

teelbal 26, 28
tegenstroomprincipe 25
temperatuurregulatie 26
template streng 16
tertiaire structuur 16
terugkoppeling 17
  negatieve 26
  positieve 26
terugresorptie 25
testosteron 28
T-helpercel 27
tolerantie 30
tolerantiegrenzen 30
transcriptie 16
transcriptiefactor 20
transgeen 22
translatie 16
transplantatie 27
transport 23
  actief 17
  passief 17
tripletcode 16
tRNA 16
trofisch niveau 29, 31
tumorsuppressorgen 20
turgor 17
tussencelstof 18

U

uitscheiding 23, 25
uitspoeling 29
uitwendig milieu 26
ultrafiltratie 25
ureum 25
urine 25
urineblaas 25

V

vaccinatie 27
vacuole 17
vagina 28

ventilatiebewegingen 24
verbranding 18
verdamping 25
veredeling 32
vertering 23, 24
  chemische 24
  mechanische 24
verteringsproduct 24
verteringssap 24
verwantschap 22, 32
verzadigingscurve 24
vet 18
vetoplosbaar 17
vetzuur 18
virus 17, 27
  DNA- 17
  RNA- 17
vitale capaciteit 24
voedingsstof 24, 25
voedingsvezel 24
voedselketen 31
voedselproductie 31
voedselrelatie 31
voedselweb 31
voortgezette assimilatie 18, 23
voortplanting
  geslachtelijke 28
  ongeslachtelijke 28
voortplantingsorganen 28
voortplantingssucces 32
voorurine 25
vraat 31

w

warmte 18
water 18
waterhuishouding 25, 26
wateroplosbaar 17
waterpotentiaal 17
waterstof 18
waterstofbrug 16
weefsel 23
weefselvloeistof 25
witte stof 27
worteldruk 25
wortelhaar 25

x

X-chromosomaal 21

z

zenuwcel 20
zenuwstelsel 26
  animaal 27
  autonoom 27
  centraal 27
  orthosympatisch 27
  parasympatisch 27
  perifeer 27
zetmeel 18
zintuigen 26
zuurstof 17, 18
zuurstofconcentratie 24, 26
zuurstofdruk 24
  pO_2 26
zuurstofgas 18
zuurstoftransport 24, 25
zwavelbrug 16
zweet 25
zweetklier 25
zygote 28

COLLEGE VOOR TOETSEN EN EXAMENS

Het College voor Toetsen en Examens is namens de overheid verantwoordelijk voor de kwaliteit en het niveau van de centrale examens en toetsen in Nederland. Het heeft verschillende examens en toetsen onder zijn hoede.

cvte.nl

SAMEN BOUWEN WE AAN GOEDE TOETSEN EN EXAMENS

Centrale Eindtoets primair onderwijs: de eindtoets die de overheid aanbiedt aan leerlingen uit groep 8. De uitkomst is een advies voor het best passende brugklastype.
Centraleeindtoetspo.nl

Centrale examens voortgezet onderwijs: het centrale deel van de eindexamens vmbo, havo of vwo. Het diploma geeft toegang tot passend vervolgonderwijs.
Examenblad.nl

Staatsexamens voortgezet onderwijs: examens voor iedereen die individueel of op vso-scholen niet in staat is via het regulier voortgezet onderwijs examen af te leggen.
Staatsexamensvo.nl

Centrale examens middelbaar beroepsonderwijs: centrale examens Nederlandse taal en Engels voor studenten in het mbo. De uitkomst is onderdeel van het mbo-diploma.
Examenbladmbo.nl

Staatsexamens Nederlands als tweede taal: examens Nederlandse taal voor iedereen die Nederlands niet als moedertaal heeft. Het diploma toont aan dat het Nederlands voldoende is voor werk of opleiding.
Staatsexamensnt2.nl