Examen VWO

2014

tijdvak 1
woensdag 14 mei
13.30 - 16.30 uur

biologie (pilot)

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 36 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een open vraag een verklaring, uitleg of berekening vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

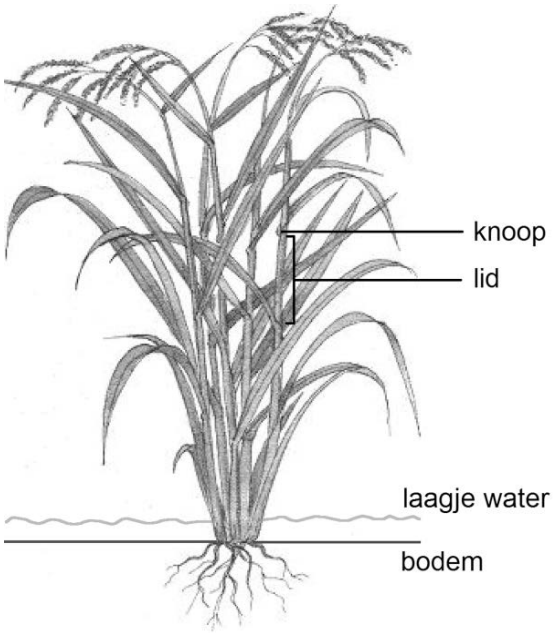
VW-1018-f-14-1-o

Onderdompelgen maakt rijstrassen ‘waterproof’

Het is maar een simpel gen, maar wel één dat bij miljoenen mensen honger kan voorkomen. Plantenveredelaar David Mackill van het International Rice Research Institute is erin geslaagd om uit een laag productief Indiaas rijstras het ‘onderdompelgen’ Sub1A in te kruisen in veel gebruikte commerciële rijstrassen. Dankzij dit onderdompelgen kan rijst langdurige overstromingen doorstaan.

Rijst is een semi-aquatische plantensoort, maar blijkt bijna even gevoelig voor volledige onderdompeling als veel landplantensoorten.
Gewone rijstplanten die compleet onder water worden gezet, reageren meestal door hun celdeling en celstrekking te versnellen.
Celdeling vindt vooral plaats in de knopen, celstrekking vooral in de leden van de rijststengels (tussen de knopen, zie afbeelding 1).

afbeelding 1



Drie transportprocessen door celmembranen zijn:
1 actief ionentransport;
2 endocytose van organische stoffen;
3 osmose.

2p **1** Welke twee van deze transportprocessen vinden achtereenvolgens plaats bij celstrekking?

A 1 en daarna 2
B 2 en daarna 1
C 1 en daarna 3
D 3 en daarna 1
E 2 en daarna 3
F 3 en daarna 2

Versnelde lengtegroei is een reactie van rijstplanten op langdurige onderdompeling. Deze reactie is voor het overleven van de plant voordelig.

2p **2** Leg dit uit aan de hand van een stofwisselingsproces dat onder water slechter zal verlopen dan boven water.

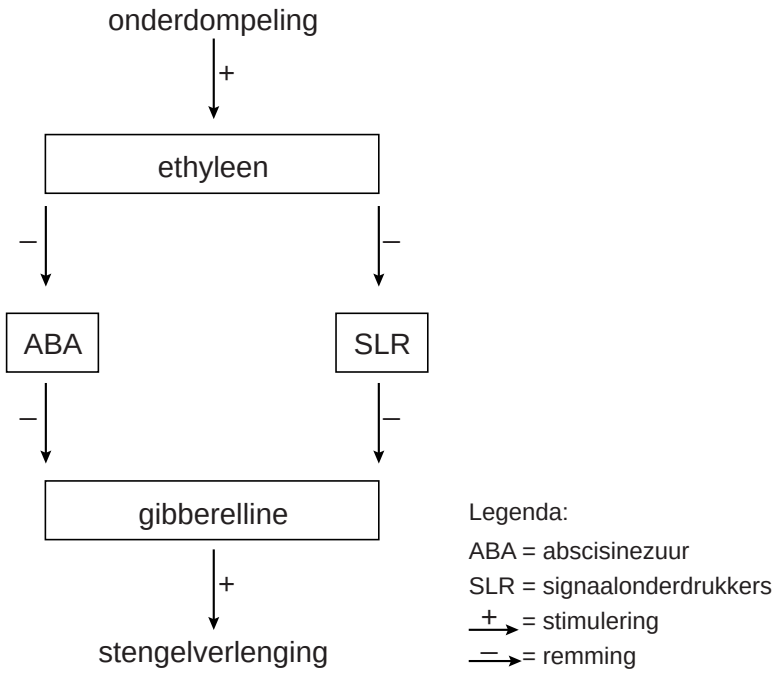
Uit proeven waarbij rijstplanten worden besproeid met gibberelline blijkt dat dit plantenhormoon de stengelgroei stimuleert.
Het effect van gibberelline op twee rijstmutanten met dwerggroei wordt onderzocht:
Rijstmutant type 1 mist het gen voor de synthese van gibberelline, type 2 mist het gen voor de receptor voor gibberelline.

2p **3** Wat zal het effect zijn als de beide typen rijstmutanten worden besproeid met een gibberelline-oplossing?

A Het zal bij beide typen geen effect hebben.
B Rijstmutant 1 zal hierdoor sneller groeien, rijstmutant 2 niet.
C Rijstmutant 2 zal hierdoor sneller groeien, rijstmutant 1 niet.
D Beide typen rijstmutanten zullen sneller groeien.

Door de versnelde lengtegroei worden bij de meeste rijstrassen de stengels langer, maar ook minder stevig. Wanneer het waterniveau weer daalt vallen de stengels om en verrotten de rijstkorrels. Rijstplanten met een Sub1A-gen, het onderdompelgen, hebben een andere strategie. Deze planten gaan bij overstroming in rust tot het water weer gezakt is.
Het Sub1A-gen werd ontdekt in een traditioneel en laagproductief Indiaas rijstras. Het wordt geactiveerd bij onderdompeling. Plantengeneticus Julia Bailey-Serres heeft ontdekt dat de plantenhormonen ethyleen, abscisinezuur (ABA) en gibberelline hierbij een rol spelen. In afbeelding 2 is schematisch weergegeven hoe de respons op onderdompeling bij planten **zonder** het Sub1A-gen tot stand komt.

afbeelding 2



Rijstplanten zonder het onderdompelgen gaan bij langdurige overstroming sneller groeien.

2p **4** Beschrijf deze reactie op onderdompeling aan de hand van het schema in afbeelding 2.

Bij rijstplanten **met** het Sub1A-gen wordt versnelde groei na onderdompeling verhinderd via een effect op signaalonderdrukkers. Deze regulatie kan toegevoegd worden aan het schema van afbeelding 2.
In de uitwerkbijlage is een aanzet voor dit uitgebreide schema getekend.

2p **5** Maak het schema in de uitwerkbijlage compleet door
- twee extra pijlen toe te voegen
- en bij deze pijlen aan te geven of er na onderdompeling van de plant met het Sub1A-gen stimulering (+) of remming (-) plaatsvindt.

Het hormoon gibberelline heeft in wortelcellen een heel ander effect dan in cellen uit de stengel van de rijstplant.
Over de oorzaak hiervan worden twee beweringen gedaan:
1 In de verschillende celtypen worden verschillende receptoren gevormd.
2 In de verschillende celtypen worden andere genen aan- of uitgeschakeld.

2p **6** Welke van deze beweringen kan of welke kunnen een verklaring zijn voor het verschil in effect van eenzelfde hormoon op verschillende celtypen?
A geen van beide
B alleen 1
C alleen 2
D beide beweringen

afbeelding 3

De nieuwe rijstrassen, die langdurige overstroming moeten weerstaan, worden door Indiase boeren uitgetest (zie afbeelding 3). De resultaten zijn hoopgevend.
Bij langdurige onderdompeling is de opbrengst vijf tot tien keer hoger dan die van soortgelijke rassen zonder het onderdompelgen.
De veldproeven die vereist zijn voor nieuwe gewassen, zijn nodig om te onderzoeken of het gewas de nieuwe eigenschap bezit en er geen belangrijke andere eigenschappen verloren zijn gegaan. Maar ook, en dat geldt vooral voor transgene gewassen, om bepaalde negatieve effecten van deze gewassen op de omgeving uit te sluiten.

De nieuwe eigenschap waar het om gaat bij deze ‘onderdompel’ rijst, is het bestand zijn tegen langdurige overstromingen.

2p **7** Noteer twee voor een hoge opbrengst belangrijke eigenschappen die bij deze rijstplanten niet verloren mogen gaan.

2p **8** Beschrijf twee mogelijke negatieve effecten van een genetisch gemodificeerde rijstvariant op de omgeving, die uit veldproeven kunnen blijken.

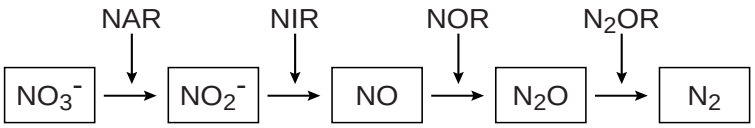
2p **9** Leg uit dat de ontwikkeling van rijstrassen met het onderdompelgen een bijdrage kan leveren aan de productie van voldoende voedsel voor een groeiende wereldbevolking.

Bemesting en bacteriën

Bemesting van landbouwgronden kan leiden tot een verhoogde uitstoot van lachgas (N_2O). Dat is nadelig voor zowel de akkerbouw als het milieu, want deze uitgestoten stikstof komt niet meer ten goede aan de gewassen. Lachgas wordt gevormd bij denitrificatie door bepaalde bacteriën en schimmels.

Bacteriën, zoals *Pseudomonas stutzeri,* kunnen nitraat reduceren tot N_2 volgens het reactieschema in afbeelding 1. De deelreacties in deze bacteriën worden gekatalyseerd door de enzymcomplexen NAR, NIR, NOR en N_2OR.

afbeelding 1

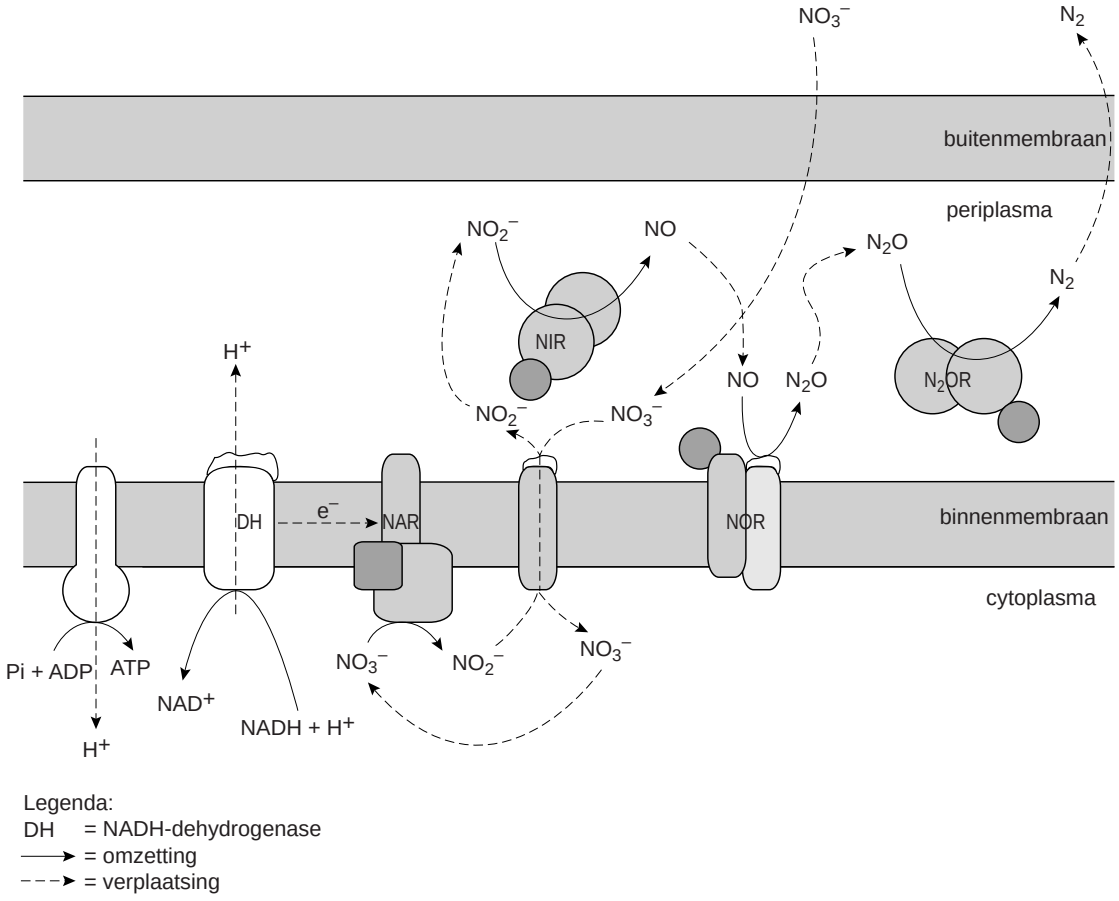


2p **10** Wordt de reductie van nitraat tot N_2 door de aanwezigheid van O_2 in de bodem vooral gestimuleerd of geremd? Verloopt de reductie van nitraat tot N_2O bij extra bemesting van landbouwgrond sneller of minder snel?

	de reactie wordt door O_2	de reactie verloopt door bemesting
A	geremd	minder snel
B	geremd	sneller
C	gestimuleerd	minder snel
D	gestimuleerd	sneller

Tijdens de reductie van nitraat door bepaalde bacteriën worden elektronen vanuit NADH doorgegeven aan verschillende enzymen. Dit in het binnenste celmembraan gelegen complex van enzymen (zie afbeelding 2) wordt de nitraat-elektronentransportketen genoemd. De elektronen komen uiteindelijk in N_2 terecht, tussen het binnen- en buitenmembraan (periplasma) van deze bacteriën.

afbeelding 2



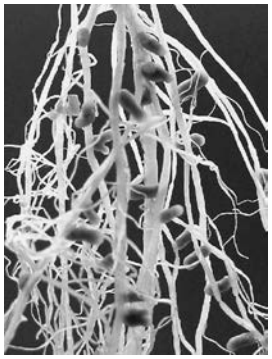
2p **11** Leg uit, aan de hand van afbeelding 2, hoe met behulp van het enzym NADH-dehydrogenase energie beschikbaar komt in deze bacteriën.

Bacteriën en schimmels met een nitraat-elektronentransportketen die het enzymcomplex NIR missen, zouden bij hun energievoorziening geholpen kunnen worden door de nabijheid van andere micro-organismen.

2p **12** Welke groep micro-organismen is dat, en waaruit bestaat die hulp?

A nitraatbacteriën, ze zetten nitraat om in nitriet
B nitraatbacteriën, ze zetten nitriet om in nitraat
C nitrietbacteriën, ze zetten nitraat om in nitriet
D nitrietbacteriën, ze zetten nitriet om in nitraat

afbeelding 3



Als alternatief voor het uitstrooien van stikstofverbindingen kunnen akkers ook worden bemest door groenbemesting: vlinderbloemige planten met wortelknolletjes (zie afbeelding 3) telen en deze na de groei onderploegen.
Over het algemeen wordt aangenomen dat dit een duurzame manier van bemesten is.

3p **13** Leg uit hoe groenbemesting de opbrengst van akkers kan verhogen.

1p **14** Waarom wordt groenbemesting over het algemeen als duurzamer beschouwd dan bemesting door uitstrooien van kunstmest met stikstofverbindingen?

Tasmaanse duivel door kanker met uitsterven bedreigd

Het grootste carnivore buideldier, de Tasmaanse duivel (*Sarcophilus harrisii*), dreigt ten onder te gaan aan een besmettelijke vorm van aangezichtskanker: Devil Facial Tumour Disease (DFTD). Biologen van verschillende disciplines zoals immunologen, genetici en natuurbeheerders, verenigd in het 'Save the Tasmanian Devil' programma, werken samen om de Tasmaanse duivel voor uitsterven te behoeden.

In 1996 werden de eerste Tasmaanse duivels met tumoren op de kop (zie afbeelding 1) gesignaleerd. De oorzaak van deze vorm van kanker was toen nog niet bekend. In eerste instantie zocht men naar mogelijke oorzaken in het leefgebied. Later ontdekte men dat de besmetting tot stand komt door onderlinge overdracht van tumorweefsel.

De tumoren bevinden zich namelijk altijd op de kop, en Tasmaanse duivels, zowel mannetjes als vrouwtjes, bijten elkaar daar regelmatig tijdens gevechten om voedsel en tijdens het paren. Bovendien breken delen van het tumorweefsel gemakkelijk af. Eenmaal besmet met DFTD is het dier binnen een half jaar dood, vaak ten gevolge van verhongering.

afbeelding 1

Aanvankelijk dacht men dat kankerverwekkende stoffen in het milieu de oorzaak van DFTD zouden kunnen zijn. Dit werd ingegeven door het feit dat de Tasmaanse duivel een carnivoor is.

2p **15** Waarom leek dit aannemelijk, juist omdat de Tasmaanse duivel carnivoor is?

Als mogelijke effecten die een kankerverwekkende stof op levende cellen kan hebben, worden genoemd:

1 Replicatiefouten worden tijdens de celcyclus niet hersteld;
2 De geprogrammeerde celdood (apoptose) van afwijkende cellen vindt niet plaats.

2p **16** Welk effect kan of welke effecten kunnen leiden tot het ontstaan van een tumor?

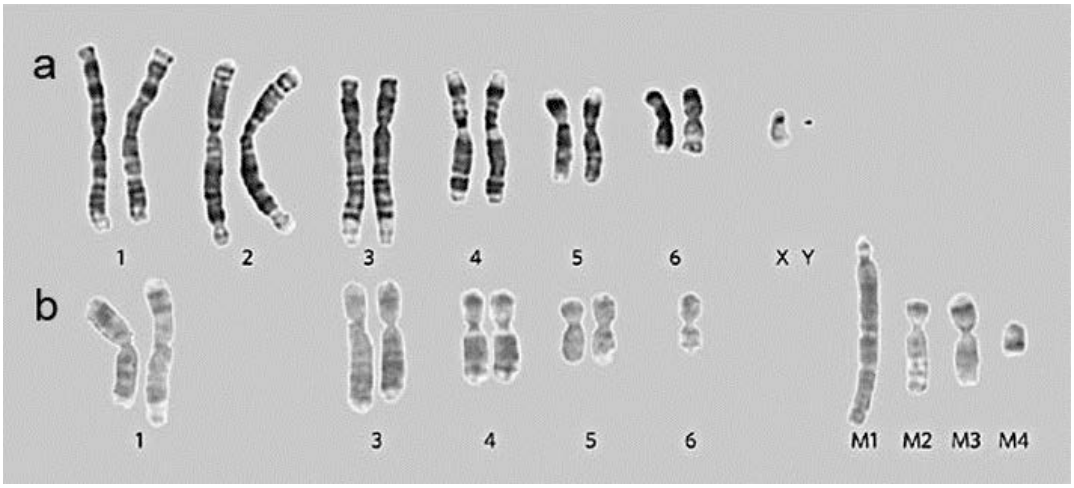
A geen van beide
B alleen 1
C alleen 2
D zowel 1 als 2

Alle Tasmaanse duivels met DFTD hebben tumoren in en rond de bek. Bij nader onderzoek blijken ze vaak ook in de rest van hun lichaam tumoren te hebben.

2p **17** – Hoe zijn de tumoren rond de bek van een Tasmaanse duivel ontstaan?
– Beschrijf hoe de tumoren in de rest van het lichaam zijn ontstaan.

Om de theorie te ondersteunen dat DFTD overdraagbaar is, onderzochten Pearse en Swift de chromosomen van elf Tasmaanse duivels met DFTD. Zij vergeleken de karyogrammen van gezonde cellen van deze dieren met die van hun tumorcellen. Als voorbeeld zijn twee karyogrammen uit één mannetje weergegeven in afbeelding 2.
Een gezonde cel van dit mannetje levert het normale karyogram (a) met 14 chromosomen. Het karyogram van de tumorcel (b), telt in totaal 13 chromosomen.

afbeelding 2



In het tumorgenoom ontbreken chromosomenpaar 2, één van de chromosomen van chromosomenpaar 6 en beide geslachtschromosomen; en er zijn vier sterk afwijkende chromosomen (markerchromosomen), aangegeven met M1 tot en met M4. De karyogrammen van de DFTD-tumorcellen weken bij alle elf dieren op deze manier af van karyogrammen van hun normale cellen.

De karyogrammen ondersteunen wel het vermoeden dat de tumoren ontstaan zijn door besmetting met DFTD tumorweefsel, maar geven hierover geen zekerheid. Als het karyogram van de tumorcellen meer informatie had bevat, was met meer zekerheid vast te stellen dat de kanker besmettelijk is.

2p **18** Wat ontbreekt in het tumorkaryogram en had bij aanwezigheid meer zekerheid kunnen geven?

A het chromosomenpaar 2
B het ontbrekende chromosoom 6
C de geslachtschromosomen
D de homologe chromosomen van de chromosomen M1, M2, M3 en M4

Het tumorweefsel dat wordt overgedragen, wordt door de ontvanger niet afgestoten. Wanneer in een normale situatie lichaamsvreemd weefsel in het lichaam terechtkomt, treden processen op die leiden tot chronische afstoting van het weefsel. Na presentatie door een APC wordt door een bepaald type witte bloedcellen het afstotingsproces in gang gezet.

2p **19** Welk type witte bloedcellen is dat?

A B-lymfocyten
B cytotoxische T-cellen
C plasmacellen
D T-helpercellen

Tasmaanse duivels kwamen vroeger in heel Australië voor. Toen twaalfduizend jaar geleden de zeespiegel steeg, werd de populatie op Tasmanië geïsoleerd van die op het Australische vasteland. Op het vasteland zijn ze nu uitgestorven.
Door deze gebeurtenissen in het verleden is er nu een geringe genetische diversiteit in de populatie Tasmaanse duivels.

2p **20**
– Geef een verklaring voor het verlies van diversiteit aan de hand van het flessenhals (bottleneck) effect.
– Verklaar waardoor sindsdien de diversiteit gering gebleven is.

De ziekte DFTD heeft de dieren in het Westen van Tasmanië nog niet bereikt. Hamish McCallum, een ecoloog aangesloten bij het ‘Save the Tasmanian Devil’ programma, geeft een aantal opties voor het behoud van de Tasmaanse duivels:

1 alle zieke dieren afmaken;
2 niet-besmette individuen in afgeschermde gebieden isoleren;
3 individuen die immuun zijn onderling kruisen;
4 een vaccin ontwikkelen.

Een afgeschermd gebied is bijvoorbeeld een dierentuin. Daar zouden de dieren zolang kunnen leven, met het vooruitzicht ze terug te brengen in de natuur als de ziekte daar overwonnen is.

2p **21** Beschrijf twee nadelen van het instandhouden van de Tasmaanse duivel in dierentuinen, met het doel ze later weer uit te zetten in de natuur.

Gezonde Tasmaanse duivels zouden ook op een van de eilanden voor de kust van Tasmanië geplaatst kunnen worden.
Dat kan echter ongewenste gevolgen hebben voor het ecosysteem aldaar.

1p **22** Beschrijf een mogelijk nadelig gevolg voor het ecosysteem.

Even hadden de onderzoekers hoop gekregen toen ‘Cedric’, een in gevangenschap gehouden Tasmaanse duivel uit het westelijke deel van Tasmanië, immuun leek te zijn geworden. Cedric was gevaccineerd met dode tumorcellen en zijn immuunsysteem had daar goed op gereageerd. Later werd hij ingespoten met levende tumorcellen en leek ook daar geen last van te hebben. Lang ging het goed, maar uiteindelijk bezweek hij toch aan DFTD.

2p **23** Welke vorm van immunisatie werd toegepast bij Cedric?

A actieve, kunstmatige immunisatie
B actieve, natuurlijke immunisatie
C passieve, kunstmatige immunisatie
D passieve, natuurlijke immunisatie

Tot op heden zijn er geen resistente individuen gevonden. Zelfs wanneer ongevoelige individuen bestaan, zijn deze moeilijk te herkennen.

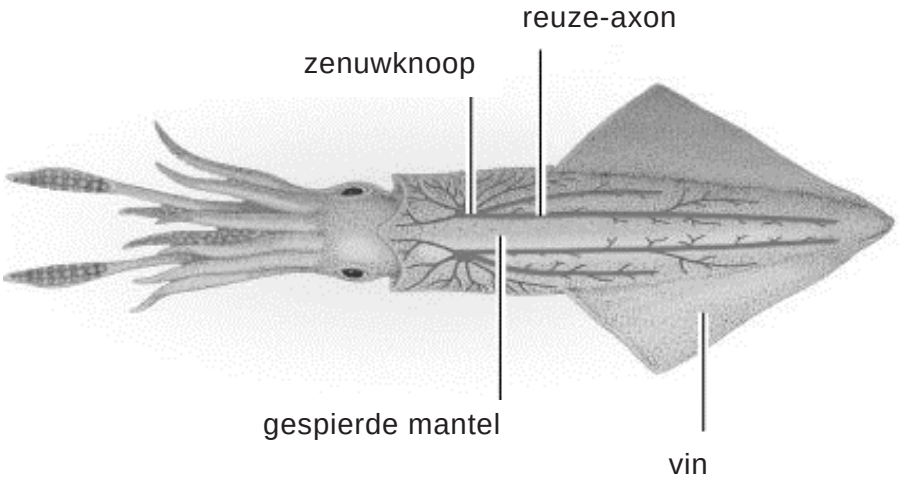
1p **24** Beschrijf wat het lastig maakt om aan te tonen dat een dier dat er gezond uitziet resistent is.

RNA-editing maakt inktvissen sneller in de kou

Koppotigen, zoals pijlinktvissen en octopussen, komen voor in alle oceanen vanaf de tropen tot aan de polen. Het zijn voor de wetenschap interessante dieren, onder meer vanwege hun bijzondere zenuwstelsel. Garrett en Rosenthal van de Universiteit van San Juan in Puerto Rico onderzochten de koude-aanpassing van de Antarctische octopus.

Inktvissen kunnen snel reageren om een prooi te vangen of aan een predator te ontsnappen. Ze hebben neuronen zonder myelineschede. De pijlinktvis heeft in de mantel speciale zenuwuitlopers: de ‘reuze-axonen’. Door de zeer grote diameter van deze uitlopers (500 tot 1000µm) is de elektrische weerstand laag. Dit maakt een snelle impulsgeleiding mogelijk. De reuze-axonen in de verschillende delen van de mantel variëren in diameter: de langste uitlopers zijn het dikst (zie afbeelding 1).

afbeelding 1



De pijlinktvis gebruikt een soort straalaandrijving om aan een predator te ontsnappen: doordat de pijlinktvis de mantelspieren samentrekt, wordt het water in de mantel met kracht langs de kop naar buiten geperst.
Door deze waterstroom schiet het dier dan snel achteruit.

2p **25** Beredeneer hoe een verschil in diameter van de verschillende reuze-axonen in de mantel samenhangt met de hierboven beschreven functie van de mantel.

Bij gewervelden zijn in de loop van de evolutie relatief dunne gemyeliniseerde neuronen ontstaan vanuit relatief dikke ongemyeliniseerde neuronen.
De aanwezigheid van deze myelineschede versnelt de impulsgeleiding.

1p **26** Hoe versnelt een myelineschede de impulsgeleiding?

Impulsgeleiding verloopt snel bij inktvissen die in tropische wateren leven doordat de Na^+- en K^+-kanalen in de axonen snel werken bij de daar heersende watertemperaturen. De inktvissen in polaire wateren hebben speciale aanpassingen nodig, want in de kou functioneren deze kanalen traag.
Garrett en Rosenthal vonden dat de Antarctische octopus aangepast is aan de kou door kleine veranderingen in de Na^+- en K^+-kanalen in de axonen. Bijzonder is dat deze veranderingen tot stand komen door een epigenetische aanpassing: 'RNA-editing'.

De actiepotentiaal of impuls in neuronen doorloopt verschillende fasen vanaf het punt dat de drempelwaarde wordt overschreden. Uit onderzoek aan geïsoleerde neuronen blijkt dat in neuronen van inktvissen drie processen langzamer verlopen of langer duren in de kou:

1 de depolarisatie;
2 de repolarisatie;
3 de refractaire periode (periode van repolarisatie tot en met hyperpolarisatie).

Vooral de K^+-kanalen in de axonen blijken gevoelig voor een lage temperatuur.

2p **27** Welk of welke van de drie genoemde processen verloopt langzamer bij een vertraagd functioneren van de K^+-kanalen?

A alleen 1
B alleen 2
C alleen 3
D 1 en 3
E 2 en 3
F 1, 2 en 3

Gewone octopussen (*Octopus vulgaris*) komen voor in de drie grote oceanen in gematigd tot zeer warm water. Antarctische octopussen (*Pareledone sp.*) leven rond de Zuidpool in water tot -1.8°C. Deze twee geslachten, die uit een gemeenschappelijke voorouder zijn ontstaan, hebben kleine verschillen in de bouw en werking van hun K^+-kanalen.
Charles Darwin schreef rond 1859 zijn theorie over de gemeenschappelijke afstamming van soorten in het boek 'On the origin of species'.
Drie (onvolledige) beschrijvingen van het ontstaan van de twee hierboven beschreven octopusgeslachten zijn:

1 Tussen de vele nakomelingen van de gemeenschappelijke octopus-voorouder is er een strijd om het bestaan. Door natuurlijke selectie blijven in een bepaald gebied alleen diegenen over die het best aangepast zijn aan de omgeving.
2 Sommige octopussen konden door een mutatie beter tegen koud water dan andere. Rond Antarctica overleefden vooral de nakomelingen van de octopussen die bestand tegen de kou waren; de minder goed aangepaste octopussen in het gebied verdwenen op den duur.
3 Doordat de octopussen in koude wateren zich steeds beter aanpasten aan de koude omstandigheden, en ze niet meer in contact kwamen met octopussen in warme wateren, veranderden de genotypes zo sterk in beide populaties dat er uiteindelijk geen onderlinge voortplanting meer mogelijk was.

2p **28** Welke van deze beschrijvingen zou Darwin, met de kennis van toen, kunnen hebben gebruikt om het ontstaan van deze twee soorten octopussen uit een gemeenschappelijk voorouder te verklaren? Schrijf de drie nummers onder elkaar op je antwoordblad en zet erachter 'wel' of 'niet'.

Met speciale technieken konden de onderzoekers Garrett en Rosenthal metingen doen aan geïsoleerde K^+-kanalen. Ze verwachtten dat geïsoleerde K^+-kanalen van een Antarctische octopus in de kou sneller zouden openen en sluiten dan die van een gewone octopus.
Uit proeven bleek echter dat in de kou de K^+-kanalen, gecodeerd door het Kv1-gen, bij beide octopussen even traag openden en sloten.
Het team onderzocht vervolgens of de Antarctische octopus bij lage temperaturen ‘RNA-editing’ van het Kv1-gen toepast.
Doorgaans resulteert transcriptie van het DNA van een gen in mRNA, dat na translatie één specifiek eiwit oplevert. RNA-editing houdt in dat het mRNA ná transcriptie, maar vóór translatie wordt veranderd. Daardoor kunnen op basis van hetzelfde DNA verschillende varianten van een eiwit worden gevormd.

Door RNA-editing kan in het mRNA een deel van de nucleotiden met adenine (A) veranderen in nucleotiden met inosine (I). Bij deze 'A-naar-I' editing wordt in de ribosomen inosine afgelezen alsof het guanine is.
Twee beweringen over een verandering door RNA-editing zijn:

1 Bij translatie wordt in plaats van proline (P) een ander aminozuur in het eiwit ingebouwd.
2 Een stopcodon in het mRNA is veranderd, waardoor het gevormde eiwit meer aminozuren bevat.

2p **29** Welke van deze veranderingen kan of welke kunnen een gevolg zijn van de ‘A-naar-I’ editing?

A geen van beide
B alleen 1
C alleen 2
D zowel 1 als 2

K^+-kanalen worden gecodeerd door het Kv1-gen.
Van vijftig Kv1-mRNA's van Antarctische octopussen en vijftig Kv1-mRNA's van gewone octopussen werd de mate van RNA-editing bepaald. Daartoe werd het mRNA eerst omgezet (terugvertaald) in copyDNA, en vermenigvuldigd. Het mRNA op basis van dit copy-DNA werd vergeleken met het mRNA op basis van het oorspronkelijke Kv1-DNA. Hoe vaak bepaalde nucleotiden in het mRNA verschilden (waardoor een ander aminozuur werd ingebouwd) als gevolg van RNA-editing is weergeven in tabel 1.

tabel 1

nummer nucleotide in mRNA	aminozuur verandering en plaats	percentage RNA-editing	
		Antarctische octopus	gewone octopus
119	N40S	0	76
124	S42G	0	10
160	S54G	10	68
175	T59A	0	10
314,315	N105G	92	0
348	K116R	16	0
379	K127E	88	78
403	I135V	96	80
499	I167V	96	78
508	M170V	98	84
961	I321V	92	30
1114	I372V	90	82

1p **30** Waarom zal er geen RNA-editing gevonden worden van het eerste nucleotide?

Tabel 1 toont onder andere aminozuurveranderingen die een aanpassing kunnen zijn van de octopussen aan koude of warme temperaturen.

2p **31** Welke van deze aminozuurveranderingen passen het best bij de hypothese dat RNA-editing de aanpassing van K^+-kanalen aan de kou veroorzaakt?

A N40S en S54G
B N40S en N105G
C N105G en I321V
D I135V en M170V

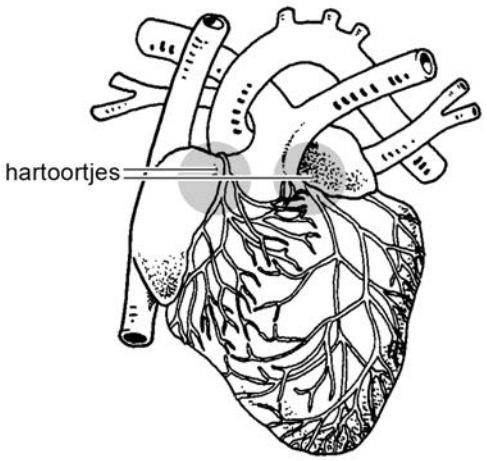
De Antarctische octopus heeft zich dus waarschijnlijk aangepast aan een koude leefomgeving door RNA-editing. Dit is een epigenetische aanpassing: niet het gen is veranderd, maar het product van het gen.

2p **32** Beredeneer wat bij een klimaatsverandering het voordeel is van deze epigenetische aanpassing voor de Antarctische octopus ten opzichte van soorten die deze aanpassing niet hebben.

Hartoortjes leveren nieuwe hartcellen

Patiënten die na een hartinfarct rondlopen met een verzwakte hartspier, dragen de oplossing voor hun aandoening mogelijk bij zich in hun eigen lichaam. In hun hart zelfs.
De hartoortjes (zie afbeelding 1), twee holle flapjes aan de linker- en rechterboezem, bevatten stamcellen die in het laboratorium kunnen worden gestimuleerd tot het produceren van vervangend hartweefsel. Dat ontdekten onderzoekers, werkzaam bij het Universitair Medisch Centrum Utrecht en het Hubrecht Instituut.

afbeelding 1



Bij een hartinfarct worden de beschadigde hartspiercellen over het algemeen niet vervangen door nieuwe hartspiercellen, maar door een ander type cellen.
Er ontstaat een litteken en dat leidt tot verlies van hartfunctie.

2p **33** Uit welk type weefsel bestaat dit litteken vooral?

A bindweefsel
B dekweefsel
C glad spierweefsel
D vetweefsel

Als bij een patiënt een bloedstolsel ontstaat in één van de twee hartoortjes en dit losraakt, loopt deze patiënt het risico op een hersenbeschadiging.

2p **34** In welk hartoortje is het stolsel dan ontstaan? Welk orgaan loopt door dit stolsel ook een risico op beschadiging?

	stolsel ontstaan in	risico op beschadiging van
A	linker hartoortje	hart
B	linker hartoortje	linkerlong
C	linker hartoortje	beide longen
D	rechter hartoortje	hart
E	rechter hartoortje	rechterlong
F	rechter hartoortje	beide longen

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

De Utrechtse wetenschappers onderzochten of er uit de weggeknipte oortjes hartstamcellen konden worden geïsoleerd. De hartoortjes werden daarvoor in stukjes gesneden en behandeld met een enzym. Zo verkregen ze een suspensie van losse cellen. In elk hartoortje werden zo'n 10.000 hartstamcellen aangetroffen. Deze konden eindeloos doorgekweekt worden tot volwaardige hartspiercellen die ritmisch samentrokken. De gekweekte hartcellen bleken ook gevoelig voor elektrische activiteit en ze reageerden op adrenaline, net als de hartspiercellen in het hart.

2p **35** – Welke reactie treedt op wanneer hartspiercellen in het hart worden blootgesteld aan adrenaline?
– Wat is de functie van deze reactie van de hartspiercellen voor het lichaam?

Uit de hartoortjes kunnen naast stamcellen ook gespecialiseerde hartspiercellen worden geïsoleerd. Die blijken echter minder geschikt voor het herstellen van de hartspier na beschadiging.
Vier mogelijke eigenschappen van cellen zijn:
1 in staat om te delen;
2 in staat om te differentiëren;
3 in staat om ritmisch samen te trekken;
4 in staat om te reageren op elektrische activiteit en op adrenaline.

2p **36** Welke van deze eigenschappen is of zijn kenmerkend voor de stamcellen, waardoor ze geschikter zijn voor reparatie van de hartspier dan de gespecialiseerde hartspiercellen?
A alleen 1
B alleen 1 en 2
C alleen 1, 2 en 3
D alle vier eigenschappen

Bronvermelding
Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.