

Examen VWO

**2013**

tijdvak 1  
maandag 27 mei  
13.30 - 16.30 uur

**biologie**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 36 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 71 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.

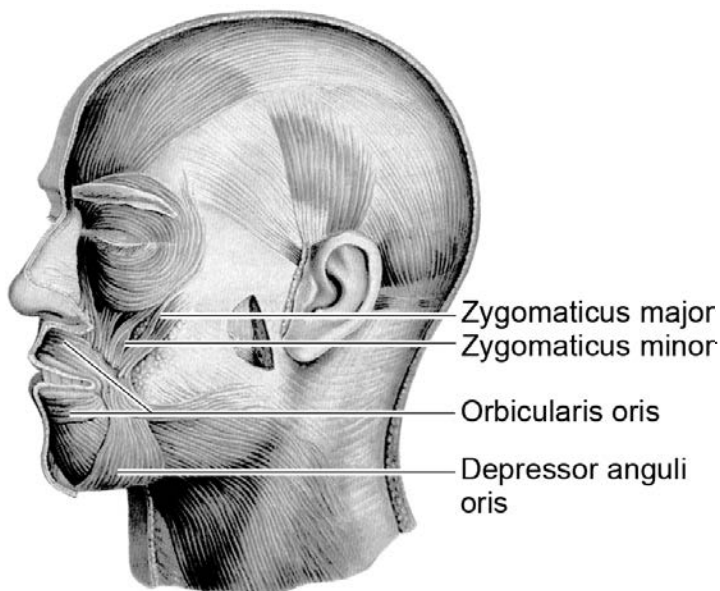
Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.

## Lachspieren

Lachen doe je vaak als reactie op een grappige situatie of een grap. Maar ook door het lezen van woorden als 'lachen' en 'grappig' worden de lachspieren geprikkeld. Andersom blijkt dat spieren in de lachstand ervoor zorgen dat je een situatie eerder als grappig beoordeelt. Bij lachtherapie, met als doel stress te verminderen, wordt hiervan gebruikgemaakt.

De belangrijkste lachspier is de grote jukbeenspier *Zygomaticus major* (zie afbeelding 1). Bij contractie van deze spier wordt de mondhoek omhoog getrokken.

afbeelding 1

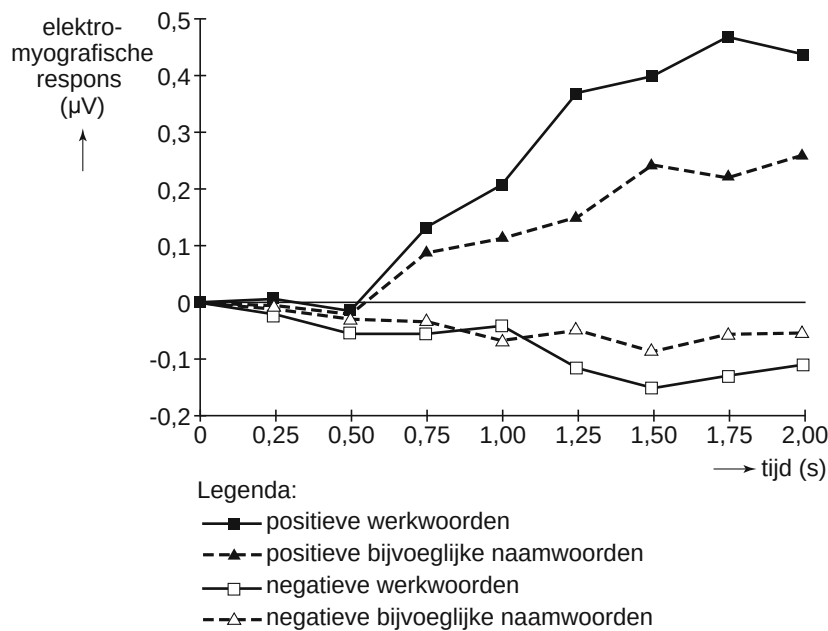


In afbeelding 1 zijn nog drie andere spieren rond de mond benoemd.

- 2p 1 Welke van deze spieren is de antagonist van de grote jukbeenspier?
- A de Zygomaticus minor
  - B de Orbicularis oris
  - C de Depressor anguli oris

De sociaalpsychologen Foroni (Universiteit Utrecht) en Semin (Vrije Universiteit Amsterdam) lieten proefpersonen werkwoorden en bijvoeglijke naamwoorden lezen, die aan een positieve emotie ('lachen' of 'blij') of een negatieve emotie ('huilen' of 'verdrietig') gerelateerd zijn. Tegelijkertijd maten ze de veranderingen in de elektrische activiteit van de grote jukbeenspiers. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in afbeelding 2. Op tijdstip 0 kregen de proefpersonen een woord te zien.

**afbeelding 2**



Uit het onderzoek blijkt dat na het lezen van positieve werkwoorden en positieve bijvoeglijke naamwoorden de activiteit van de grote jukbeenspier groter wordt.

- 1p    **2**    Geef nog een conclusie die je op basis van het onderzoek ten aanzien van de **positieve** woorden kunt trekken.

De grote jukbeenspier bestaat uit een bepaald type spierweefsel. Enkele kenmerken van spierweefsels zijn:

- 1 de spiercellen zijn met elkaar versmolten tot spiervezels;
- 2 de spiervezels hebben vertakkingen;
- 3 onder de microscoop zijn dwarsbanden zichtbaar.

- 2p    **3**    Welke van deze kenmerken zijn van toepassing op het spierweefsel van een jukbeenspier?
- A alleen 1 en 2
  - B alleen 1 en 3
  - C alleen 2 en 3
  - D 1, 2 en 3

Als je langdurig de slappe lach krijgt, kan er een zuurstoftekort ontstaan in de lachspieren. Dankzij de vorming van melkzuur kan ATP uit de glycolyse gebruikt worden door de spieren om, ondanks het zuurstoftekort, samen te trekken.

- 2p 4 Welk proces maakt in deze situatie de vorming van ATP mogelijk?
- A Het tekort aan  $\text{NAD}^+$  wordt aangevuld door reductie van melkzuur.
  - B Het tekort aan  $\text{NAD}^+$  wordt aangevuld door reductie van pyrodruivenzuur.
  - C Het tekort aan  $\text{NADH}, \text{H}^+$  wordt aangevuld door oxidatie van melkzuur.
  - D Het tekort aan  $\text{NADH}, \text{H}^+$  wordt aangevuld door oxidatie van pyrodruivenzuur

Verzuring van spieren kan de zuurstofafgifte vanuit het bloed stimuleren. Hiervoor worden twee verklaringen gegeven:

- 1 Bij verzuring van het bloed verschuift het evenwicht  $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$  naar links;
- 2 Door een lage pH van het bloed stijgt de ademfrequentie waardoor er meer zuurstof wordt aangevoerd.

- 2p 5 Welke van deze verklaringen is of welke zijn juist?
- A geen van beide
  - B alleen 1
  - C alleen 2
  - D beide

De slogan 'Lach en je bent blij' vormt de basis van lachtherapie. Daarbij ga je heel bewust lachen met als doel je goed te voelen.

- 2p 6
- In welk gebied in de grote hersenen ontstaan de impulsen die de lachspieren aansturen?
  - In welk gebied in de grote hersenen eindigen impulsbanen die registreren dat je aan het lachen bent?

## Hongerwinterkinderen

Gedurende de laatste winter van de Tweede Wereldoorlog stierven veel Nederlanders door barre omstandigheden: koude en voedselgebrek. Tijdens deze 'hongerwinter' werden ook kinderen verwekt. Deze zogenoemde hongerwinterkinderen hebben door de ontberingen van hun moeder epigenetische veranderingen in hun DNA gekregen waarvan de gevolgen nu nog, op hoge leeftijd, merkbaar zijn. Zo komt bij hen relatief vaak overgewicht en diabetes voor.

Een onderzoeksteam van het Leids Universitair Medisch Centrum heeft aangetoond dat hongerwinterkinderen een epigenetisch veranderd IGF2-gen hebben. Epigenetisch houdt in dat het fenotype van een persoon verandert zonder dat er iets verandert in de nucleotidenvolgorde van het DNA: er wordt alleen bepaald of genen 'aan' of 'uit' staan. Eén manier om een gen niet tot expressie te laten komen is methylering, het verbinden van een methylgroep aan bepaalde nucleotiden. Hongerwinterkinderen hebben minder methylgroepen ( $\text{CH}_3$ -groepen) in het IGF2-gen dan andere kinderen. Mogelijk is er een relatie tussen de methylering van het IGF2-gen en de gezondheid van de, inmiddels op leeftijd gekomen, hongerwinterkinderen.

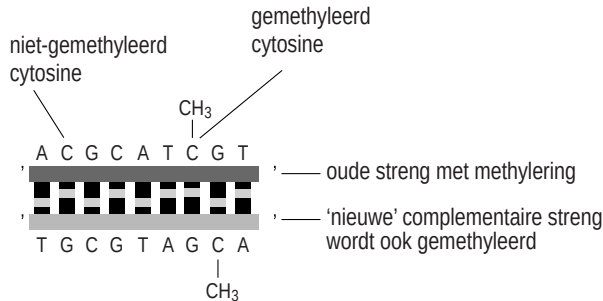
Door plaatselijke methylering van het DNA wordt een gen onbereikbaar voor transcriptie-enzymen, waardoor het gen niet tot expressie komt.

Twee andere gebeurtenissen zijn:

- 1 spiralisatie van het chromosoom;
- 2 verwijdering van de introns uit het pre-mRNA.

- 2p 7 Welke van deze gebeurtenissen kan of welke kunnen ook het tot expressie komen van een gen verhinderen?
- A geen van beide
  - B alleen 1
  - C alleen 2
  - D beide

Alleen cytosine, op plaatsen waar in het DNA een 5'-CG-3' nucleotidenvolgorde voorkomt, kan gemethyleerd worden. Tijdens de S-fase van de celcyclus worden de nieuwe, complementaire DNA-strengen alleen op die plaatsen gemethyleerd waar de oude strengen gemethyleerd zijn, zoals in de afbeelding is weergegeven.



Het enzym dat verantwoordelijk is voor het vastleggen van de imprint na de DNA-replicatie is een DNA-methyltransferase.

Deze tekening maakt deel uit van een schema waarin de DNA-replicatie en de daaropvolgende methylering van het DNA zijn weergegeven. Het volledige schema is opgenomen in de uitwerkbijlage. Daarin zijn alle methylgroepen vanaf de DNA-replicatie weggelaten.

- 2p 8 Teken in het schema in de uitwerkbijlage alle ontbrekende methylgroepen:
- na replicatie van het DNA
  - en na de daaropvolgende methylering.

IGF2 (insulin-like growth factor II) is belangrijk voor de groei van de baby in de baarmoeder: het stimuleert celdelingen van de foetus. Direct na de geboorte is het IGF2-gen veel minder actief. Bij het IGF2-gen is onder normale omstandigheden sprake van maternale imprinting: het allel dat van de moeder is geërfd, komt als gevolg van methylering niet tot expressie. Alleen het minder gemethyleerde allel afkomstig van de vader wordt actief, waardoor er een normale hoeveelheid van het hormoon IGF2 wordt geproduceerd. Wanneer een baby ook van de moeder een actieve kopie van het IGF2-gen zou erven, en er dus twee IGF2-genen tot expressie komen, zou de baby bij de geboorte veel zwaarder zijn.

Door de imprinting van het IGF2-allel afkomstig van de moeder, komt normaliter alleen het allel afkomstig van de vader tot expressie. Bij een verkeerde imprinting van het IGF2-allel loopt het kind een groter risico op overgewicht en andere ziektes.

- 2p 9
- Waarom is het belangrijk dat één van de IGF2-allelen in de foetus tot expressie komt?
  - Waarom is het beter voor de moeder dat het andere IGF2-allel dan wordt stilgelegd?

De hongerwinterkinderen blijken minder methylgroepen te hebben in hun maternale IGF2-gen dan andere kinderen. De onderzoekers vermoeden dat gebrekkige voeding in de oorlog de oorzaak is van de verminderde methylering. Met name een gebrek aan bepaalde aminozuren, zoals methionine, zou een rol spelen.

Twee beweringen over het gebruik van methionine uit de voeding zijn:

- 1 Methionine kan fungeren als methyl donor;
- 2 Methionine is nodig voor de synthese van DNA-methyltransferase.

2p 10 Welke van deze beweringen kan of welke kunnen een juiste verklaring zijn voor de verminderde methylering in hongerwinterkinderen?

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

Hongerwinterkinderen, inmiddels op leeftijd, zijn op methylering onderzocht. Aan de hand van deze gegevens en die van een bepaalde groep mensen van dezelfde generatie (een controlegroep) is vastgesteld op welk moment in de ontwikkeling van het ongebooren kind de hongerwinter effect had op de methylering. Dat blijkt vlak na de verwekking van het kind te zijn en niet later in de zwangerschap.

2p 11 Welke mannen en vrouwen, gelet op de tijd van hun verwekking en de daaropvolgende zwangerschap, zijn gebruikt als controlegroep om deze conclusie te kunnen trekken?

| verwekking controlegroep    | daaropvolgende zwangerschap   |
|-----------------------------|-------------------------------|
| A voor de hongerwinter      | voor de hongerwinter          |
| B vlak voor de hongerwinter | deels tijdens de hongerwinter |
| C tijdens de hongerwinter   | deels na de hongerwinter      |
| D vlak na de hongerwinter   | na de hongerwinter            |

## Duurzame landbouw door bodemschimmels

Omdat er in natuurgebieden over het algemeen veel bodemschimmels leven, wordt vaak gedacht dat de aanwezigheid van schimmels in een akker of in grasland een kenmerk is van duurzame landbouw. Doordat schimmels mineralen kunnen vasthouden, vindt er mogelijk minder uitspoeling van meststoffen naar het grondwater plaats. Franciska de Vries, onderzoekster aan de Wageningen Universiteit, heeft nu voor het eerst aangetoond dat dit inderdaad het geval is.

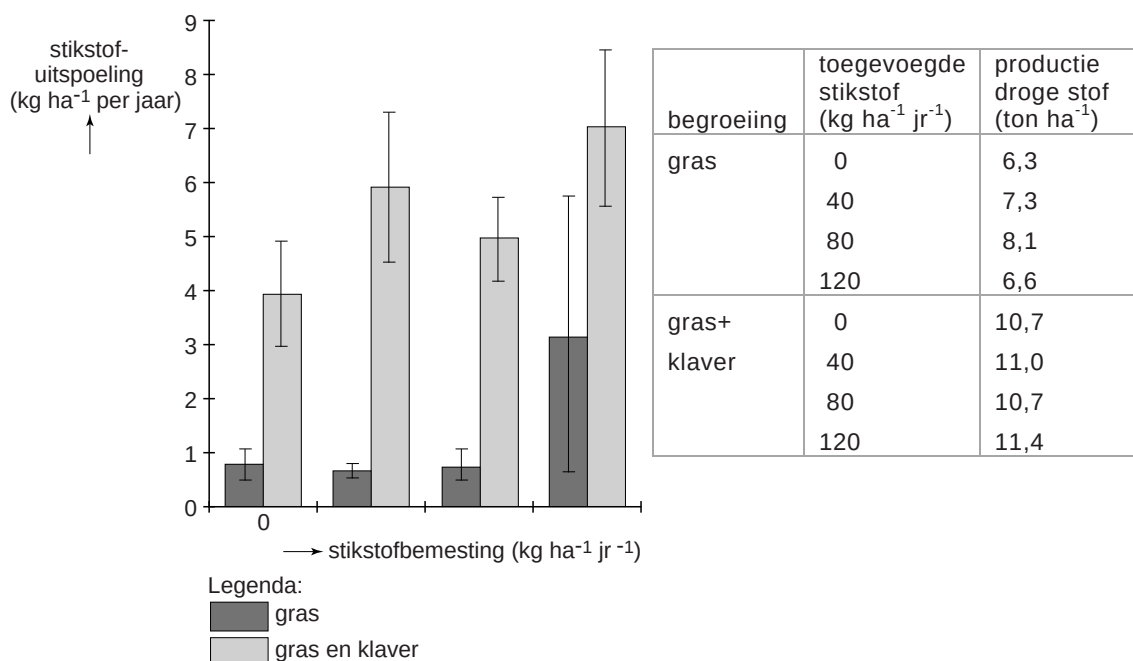
Door intensieve bemesting van een akker kan er stikstof uitspoelen naar het grondwater. Dit kan leiden tot eutrofiëring van sloten en plassen, wat soms leidt tot massale vissterfte.

- 4p   **12**   Leg uit hoe eutrofiëring kan leiden tot vissterfte in een plas. Geef aan hoe algen, ondergedoken waterplanten en reducenten daarbij een rol spelen.



De Vries onderzocht in een veldstudie of het verrijken van weilanden met klaver de uitspoeling van meststoffen tegen kan gaan. Klavers worden wel groenbemesters genoemd omdat deze planten in symbiose leven met bacteriën die stikstof leveren. Een veld in Oost-Nederland werd verdeeld in proefstroken met alleen Engels raaigras (*Lolium perenne*) en proefstroken met een mengsel van dit gras met Witte klaver (*Trifolium repens*). Op de stroken werd ofwel niets, ofwel kunstmest met een per strook verschillend gehalte aan stikstof over het oppervlak uitgestrooid. Na 50 mm regenval werd de hoeveelheid stikstof bepaald in het uitgespoelde water. Daarvoor waren opvangbekers 30 cm onder het oppervlak ingegraven. Ook werd van elke proefstrook de totale productie bepaald door na een bepaalde tijd de begroeiing te maaien en te wegen. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in het diagram en de tabel van afbeelding 1.

**afbeelding 1**



Een boer die op grond van deze resultaten gaat voor de hoogste productie aan droge stof is niet duurzaam bezig.

- 2p **13** Geef hiervoor twee argumenten, waarbij je gebruik maakt van de gegevens in afbeelding 1.

Ook als graslanden niet zijn bemest, vindt er uitspoeling van stikstof plaats (zie afbeelding 1).

Drie processen zijn:

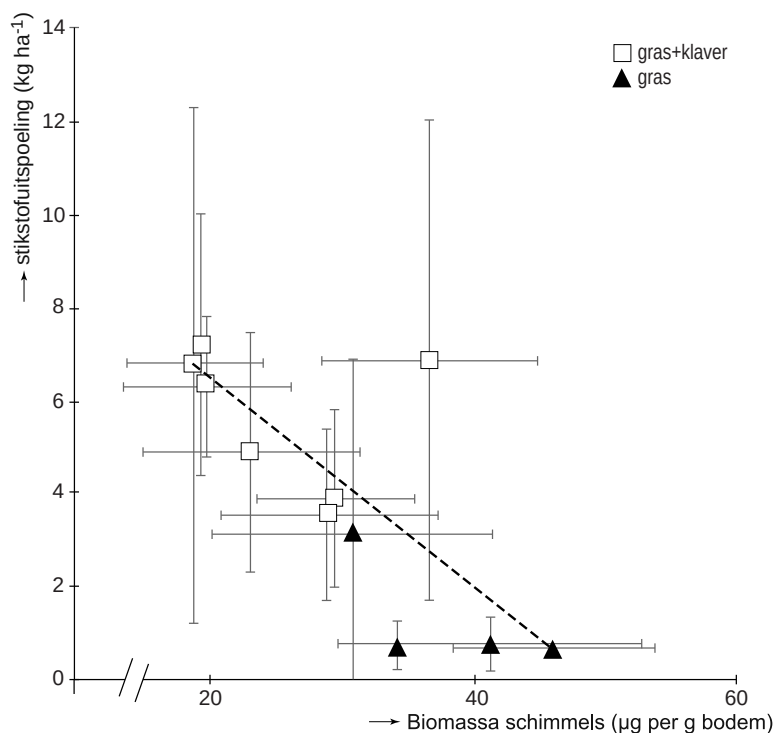
- 1 fotochemische stikstoffixatie;
- 2 nitrificatie;
- 3 denitrificatie.

2p 14 Van welk of welke van deze processen is de uitgespoelde stikstof mogelijk afkomstig?

- A alleen van 1
- B alleen van 2
- C alleen van 3
- D van 1 en 2
- E van 1 en 3
- F van 2 en 3

De afbraak van organische stoffen verloopt in sommige bodems voornamelijk door bacteriën, in andere bodems zijn schimmels de belangrijkste reducenten. In natuurlijke graslanden met extensief beheer worden meestal meer schimmels gevonden, terwijl in intensieve productiegraslanden juist meer bacteriën aangetroffen worden. De Vries onderzocht of de biomassa van schimmels in de bodem een indicatie geeft voor de mate van uitspoeling van stikstof. Om de biomassa van de schimmels te bepalen werden bodemonsters van de proefstroken onder de microscoop bekeken. De lengte van de schimmeldraden hierin werd gemeten, en omgerekend in schimmelbiomassa per proefstrook. In afbeelding 2 is het resultaat weergegeven.

**afbeelding 2**



Over de resultaten van dit onderzoek wordt het volgende beweerd:

- 1 Als er een geringere biomassa aan schimmels in de bodem is, is er meer uitspoeling van stikstof;
- 2 In grasland met klaver bevindt zich meer schimmelbiomassa dan in grasland zonder klaver.

- 2p **15** Welke van deze beweringen is of welke zijn juist op basis van de resultaten in afbeelding 2?
- A alleen 1
  - B alleen 2
  - C zowel 1 als 2

Een hypothese van De Vries was dat schimmels in de bodem de uitspoeling van stikstof beïnvloeden. Deze hypothese kan in twee groepen plantenbakken in een kas getoetst worden. Neem aan dat de temperatuur, luchtvochtigheid en hoeveelheid licht overal in de kas gelijk gehouden worden.

- 3p **16** Beschrijf de proefopzet van dit experiment. Geef aan:
- wat de overeenkomsten zijn in samenstelling en behandeling van de twee groepen plantenbakken;
  - wat de verschillen zijn in behandeling van de twee groepen;
  - hoe je de resultaten bepaalt.

Sommige schimmels hebben een mutualistische relatie met planten (mycorrhiza). Via de schimmeldraden, die plantenwortels omhullen en zelfs binnendringen, kunnen stoffen uitgewisseld worden.

- 2p **17**
- Welk voordeel heeft de gastheerplant van de symbiose met de mycorrhiza schimmel?
  - Welk voordeel heeft de mycorrhiza schimmel van de symbiose met de gastheerplant?

Vier groepen bacteriën die een rol spelen in de stikstofkringloop zijn:

- 1 denitrificerende bacteriën;
- 2 knolletjesbacteriën;
- 3 nitrificerende bacteriën;
- 4 rottingsbacteriën.

- 2p **18** Welke van deze groepen bacteriën heeft, net als mycorrhiza, een mutualistische relatie met planten?
- A de denitrificerende bacteriën
  - B de knolletjesbacteriën
  - C de nitrificerende bacteriën
  - D de rottingsbacteriën

Schimmels in de bodem van graslanden kunnen het uitspoelen van meststoffen naar omringende natuurgebieden tegengaan. Eutrofiëring van oligotrofe (voedselarme) natuurgebieden heeft vaak een vermindering van de biodiversiteit tot gevolg.

- 1p 19 Waardoor leidt eutrofiëring vaak tot het verdwijnen van bepaalde plantensoorten?

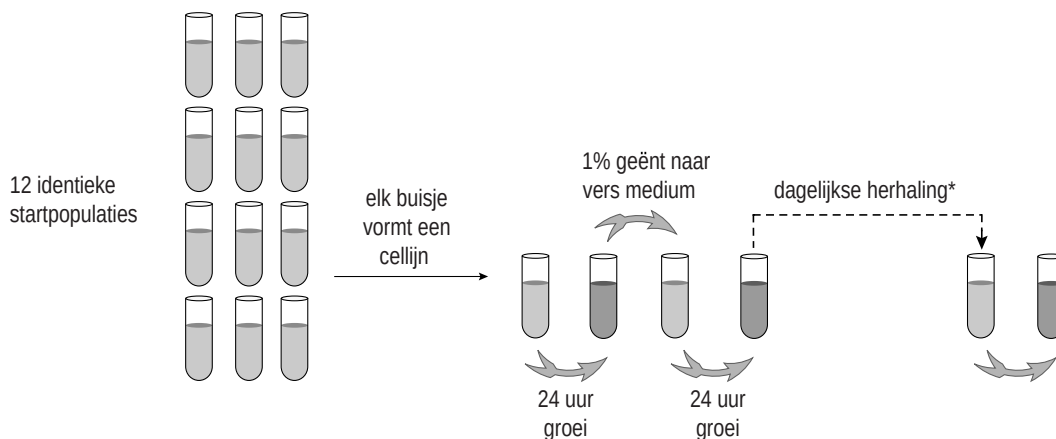
## Evolutie in een flesje

In 1988 begon Dr. Lenski van de Michigan State University een langlopend experiment om meer te weten te komen over de snelheid van evolutionaire processen en de herhaalbaarheid daarvan. Dit experiment loopt nog steeds en vormt een belangrijke bijdrage aan de verdere ontwikkeling van de evolutietheorie.

Lenski begon met één bacterie *Escherichia coli*, die hij tot een kolonie liet uitgroeien. Daarna verdeelde hij de bacteriën uit deze kolonie over twaalf buisjes met voedingsmedium (zie afbeelding 1). Dat waren de startpopulaties van 12 cellijnen.

Elke dag entte hij één procent ( $\pm 5 \cdot 10^8$  bacteriën) van iedere cellijn in een nieuw buisje met vers voedingsmedium. Van elke 500ste generatie werd steeds een deel ingevroren bij  $-80^\circ\text{C}$ . Deze bevroren 'fossielen' kunnen weer geactiveerd en onderzocht worden.

### afbeelding 1

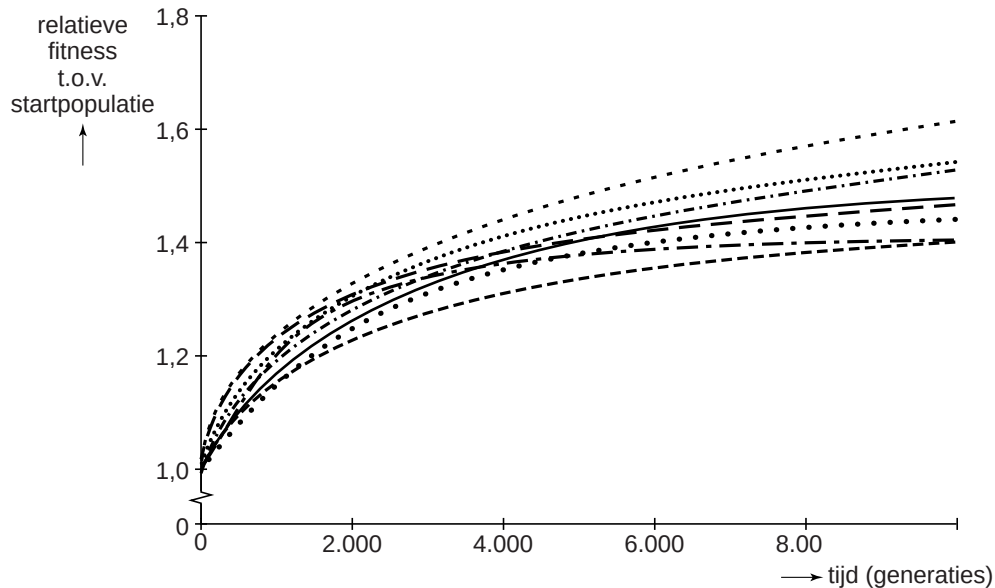


\* steeds na 500 generaties wordt een deel ingevroren

In Lenski's experiment ontstaat er gemiddeld elke 3,5 uur een nieuwe generatie. In zijn laboratorium zijn al meer dan 50.000 generaties *E. coli* gekweekt.

Al snel na het begin van het experiment, gedurende de eerste 2000 generaties, bleek er sprake te zijn van overeenkomstige veranderingen van de bacteriën in de buisjes. In alle twaalf cellijnen was een aanzienlijke toename van de fitness waar te nemen: alle bacteriën werden groter en de gewenningsperiode (tijd tot de eerste deling na het overenten) van de bacteriën werd steeds korter. De toename van de fitness ten opzichte van de startpopulatie (de relatieve fitness) van een aantal cellijnen is weergegeven in afbeelding 2.

**afbeelding 2**



Voor de gelijksoortige verhoging van de relatieve fitness die in al deze cellijnen heeft plaatsgevonden, worden twee verklaringen gegeven:

- 1 In deze cellijnen hebben dezelfde mutaties plaatsgevonden, met als gevolg gelijksoortige veranderingen van de cellen;
- 2 Door de overeenkomstige milieuomstandigheden heeft de selectiedruk de cellijnen in dezelfde richting laten veranderen.

2p 20 Welke van deze verklaringen is juist, of zijn beide juist?

- A alleen verklaring 1 is juist
- B alleen verklaring 2 is juist
- C beide verklaringen zijn juist

In de loop van een etmaal daalt de concentratie glucose in het medium: halverwege de dag ontstaat er als het ware een hongersnood voor de bacteriën.

Het door Lenski gebruikte voedingsmedium bevat naast glucose ook een overmaat aan citroenzuur, dat in de regel onder aerobe omstandigheden niet door *E. coli* gebruikt kan worden als energiebron. Doordat de buisjes constant geschud worden, is er altijd voldoende zuurstof in het medium.

In de 33.000ste generatie bleek een van de cellijnen een grote hoeveelheid van een *E. coli* variant te bevatten die wél onder aerobe omstandigheden citroenzuur kan gebruiken. Deze variant wordt Cit<sup>+</sup> genoemd. De Cit<sup>+</sup>-variant was al in de 31.500ste generatie ontstaan.

Het team van Lenski heeft met behulp van de ingevroren bacteriën achteraf kunnen bepalen dat de Cit<sup>+</sup>-variant in deze cellijn in de 31.500ste generatie voor het eerst aanwezig was.

- 3p    **21** Beschrijf een mogelijke werkwijze voor deze bepaling. Geef aan:
- welke generaties ingevroren bacteriën in ieder geval geactiveerd zijn;
  - welk voedingsmedium gebruikt kan zijn;
  - wat het resultaat was.

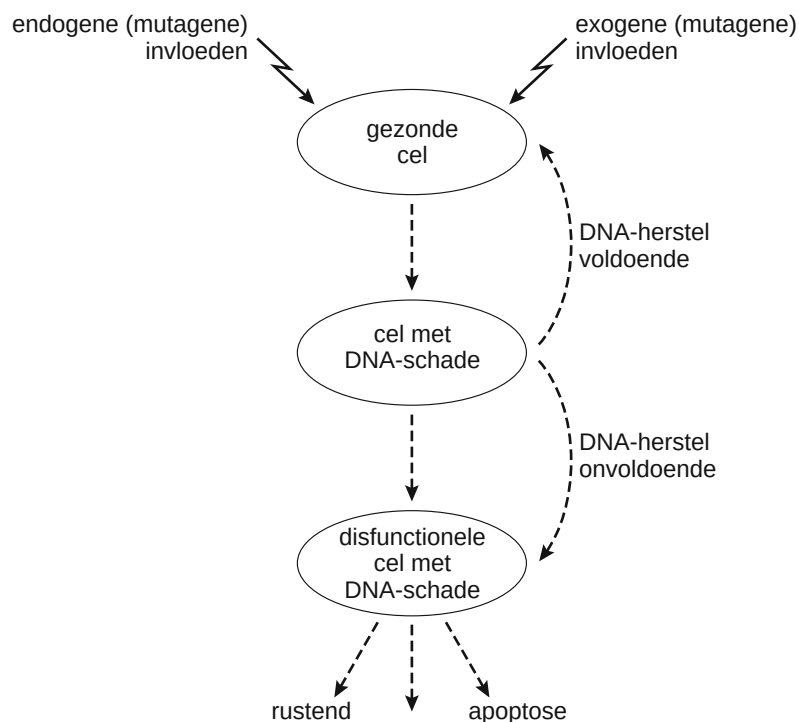
Na het ontstaan van de Cit<sup>+</sup>-variant in de 31.500ste generatie duurde het enige tijd voordat de uitbreiding van deze *E. coli* variant in de 33.000ste generatie zichtbaar werd door de hogere populatiedichtheid.

- 2p    **22** Hoeveel maanden duurde dat ongeveer?
- A 4
  - B 7
  - C 20
  - D 26
  - E 55

## DNA-schade maakt oud

Al sinds de oudheid zijn mensen geïnteresseerd in veroudering, en dan vooral in het tegengaan daarvan. Uit een aantal onderzoeken is gebleken dat naarmate weefsels van mensen ouder worden, het aantal mutaties van het DNA toeneemt.

Cellen bezitten mechanismen om de voortdurend optredende DNA-schade te repareren. Een cel met DNA-schade die niet meer effectief te repareren is, gaat gewoonlijk over in een rustende toestand of tot apoptose (geprogrammeerde celdood). In de afbeelding is dit in een schema weergegeven.



Endogene mutagene invloeden zijn niet alleen replicatiefouten tijdens de celcyclus, maar ook allerlei celprocessen die mutaties kunnen veroorzaken. Exogene mutagene factoren zijn onder andere allerlei stoffen in voeding en milieu die DNA-schade kunnen veroorzaken.

1p **23** Geef een ander voorbeeld van een exogene mutagene factor.

2p **24** Leg een verband tussen DNA-schade en veroudering. Je kunt daarbij de afbeelding gebruiken.

In het schema (zie de afbeelding) staat een vraagteken bij een van de mogelijke reacties van een disfunctionele cel op de DNA-schade.

1p **25** Welke voor het lichaam schadelijke reactie wordt hier bedoeld?

## Supermuis

Een onderzoeksteam van de Case Western Reserve University in Cleveland heeft tot zijn eigen verbazing supermuizen gecreëerd. Dit was een resultaat van een onderzoek naar de werking van het enzym PEPCK (fosfoënolpyruvaat carboxykinase) in spiercellen.

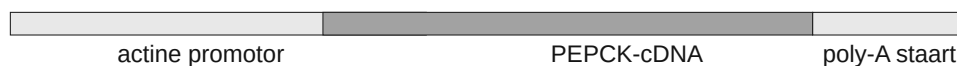
PEPCK maakt omzetting van aminozuren in glucose (gluconeogenese) in een cel mogelijk. Gluconeogenese vindt bij muizen, net als bij mensen, vooral in de lever plaats en niet in de spieren.

Voor het onderzoek werd een gen geconstrueerd uit DNA-onderdelen van verschillende organismen:

- een promotor van het actine-gen;
- PEPCK-cDNA (copy DNA), gemaakt met als matrijs mRNA dat codeert voor het enzym PEPCK;
- een poly-A-staart, afkomstig van het gen voor groeihormoon.

Afbeelding 1 is een schematische weergave van dit genconstruct.

### afbeelding 1



Dit genconstruct werd door middel van micro-injectie in zojuist bevruchte eicellen van muizen gebracht. De hieruit gegroeide genetisch gemodificeerde muizen produceren in het cytoplasma van hun spiercellen ruim honderd maal zoveel van het enzym PEPCK als normale muizen. De genetisch gemodificeerde muizen lopen met gemak 6 kilometer op een loopband, terwijl normale muizen al na 200 meter afhaken. De onderzoekers proberen te achterhalen hoe het komt dat de supermuizen tot zulke prestaties in staat zijn.

Bij het maken van het cDNA op basis van mRNA wordt een enzym gebruikt dat afkomstig is van een bepaald type virussen.

2p 26 Wat is de naam van dit enzym?

- A DNA-polymerase
- B restrictie-endonuclease
- C reverse transcriptase
- D RNA-polymerase

2p 27 Bevat het PEPCK-cDNA alleen introns, alleen exons, of beide?

- A alleen introns
- B alleen exons
- C zowel introns als exons



Een promotor is een nucleotidenvolgorde in het DNA waaraan RNA-polymerase bindt om de transcriptie te starten. Als promotor voor het genconstruct werd de promotor van het actine-gen gebruikt.

1p 28 Waarom is gekozen voor juist deze promotor?

Het genconstruct werd rechtstreeks geïnjecteerd in één van de nog niet samengesmolten kernen van zojuist bevruchte muizeneicellen.

Deze eicellen werden na een aantal delingen in de baarmoeder van draagmoedermuizen geplaatst.

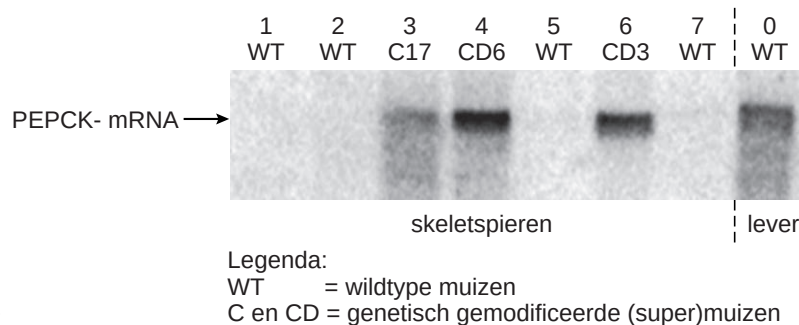
Na de geboorte werden de jonge muizen getest: bij een klein aantal was het gen succesvol in het genoom opgenomen.

Met twee muizen waarin het gen het meest tot expressie kwam, is verder gefokt om een homozygote lijn te verkrijgen met een extra grote PEPCK-activiteit. Deze twee muizen worden aangeduid met  $C^+C^-D^-D^-$  en  $C^-C^-D^+D^-$ . C en D zijn loci op twee verschillende chromosomen en het opgenomen genconstruct is met een plusje aangegeven.

2p 29 In welke generatie nakomelingen van dit deels heterozygote muizenpaar komen voor het eerst nakomelingen voor die homozygoot zijn voor het opgenomen genconstruct?

- A in de 1e generatie nakomelingen
- B in de 2e generatie nakomelingen
- C in de 3e generatie nakomelingen
- D in de 4e generatie nakomelingen

De genexpressie van PEPCK in de skeletspieren van vier wildtype muizen (WT) en van drie supermuizen (de homozygote C17, en de dubbelhomozygote CD6 en CD3) werd onderzocht, evenals de genexpressie van PEPCK in de lever van een WT-muis. Met behulp van elektroforese-technieken zijn mRNA-moleculen uit de monsters zichtbaar gemaakt als bandjes op karakteristieke plaatsen (zie afbeelding 2). De duidelijkheid van de bandjes is een maat voor de hoeveelheid mRNA.



**afbeelding 2**

2p 30 Geef een verklaring voor het verschil in het resultaat van de PEPCK-mRNA metingen van muis 3 (C17) en die van muis 4 (CD6) (zie afbeelding 2).

In de proef werden vijf WT-muizen als blanco ingezet.

- 2p 31
- Waarvoor dient het resultaat van WT-muis 1?
  - Waarvoor dient het resultaat van WT-muis 0?

## Feline Neonatale Isoerythrollyse (FNI)

Bij het fokken van raskatten is het belangrijk om te letten op de bloedgroepen van de dieren. Bloedgroepantistoffen kunnen namelijk sterfte onder pasgeboren kittens veroorzaken. Deze aandoening wordt Feline Neonatale Isoerythrollyse (FNI) genoemd.

Katten hebben een eigen bloedgroepsysteem waarbij twee allelen betrokken zijn, een allel voor bloedgroep A en een allel voor bloedgroep B. Bij overerving is het allel voor A dominant over het allel voor B. Met de bloedgroepantistoffen van katten is iets bijzonders aan de hand: katten met bloedgroep B hebben veel antistoffen tegen antigeen A, maar katten met bloedgroep A hebben van nature weinig antistoffen tegen antigeen B. Na de geboorte geeft de moeder met de eerste melk antistoffen tegen allerlei infectieziekten, zoals niesziekte aan de kittens. Daarmee komen ook bloedgroepantistoffen van de moeder in de bloedsomloop van het jonge katje. FNI-kittens zijn bij de geboorte nog gezond, maar na enkele uren tot dagen stoppen ze met drinken en produceren roodbruine urine. Ze krijgen bloedarmoede, te zien aan de bleke slijmvliezen, en door een stof in het bloed kleurt de huid gelig (geelzucht). Soms zie je niets aan de kittens en gaan ze toch in enkele dagen dood.

Tegen niesziekte zijn kittens de eerste weken vaak beschermd door antistoffen van hun moeder in de moedermelk.

- 2p **32** Noem twee manieren waarop de moederpoes zelf immuun kan zijn geworden tegen niesziekte.

Kittens met FNI hebben onder andere bloedarmoede en hiermee gepaard gaande geelzucht.

- 2p **33** – Verklaar het optreden van bloedarmoede als gevolg van FNI.  
– Verklaar de daarmee gepaard gaande geelzucht bij kittens met FNI.

FNI treedt soms op bij kittens met bloedgroep B als de moeder bloedgroep A heeft. Dit is echter alleen het geval als deze moederpoes al eerder nestjes heeft gehad met kittens met bloedgroep B. Bij latere nestjes wordt dat probleem steeds groter, doordat de moeder steeds sneller antistoffen maakt.

- 2p **34** – Waardoor komt bij de moederpoes de eerste afweerreactie tegen bloedgroep B tot stand?  
– Waardoor komen er bij latere nestjes steeds sneller antistoffen tegen bloedgroep B vrij?

Bij mensen kan een soortgelijke bloedgroepenverdraaglijkheid voorkomen die pas bij een tweede kind optreedt.

- 2p 35 Bij welke bloedgroepencombinatie van moeder en (eerste en tweede) kind is dit het geval?

|   | moeder         | kind           |
|---|----------------|----------------|
| A | bloedgroep 0   | bloedgroep A   |
| B | bloedgroep B   | bloedgroep 0   |
| C | resus positief | resus negatief |
| D | resus negatief | resus positief |

Een fokker van raskatten, met een poes die bloedgroep B heeft, wil voorkomen dat de kittens FNI krijgen.

- 2p 36 – Welke maatregel kan deze fokker nemen om de kans op een nestje met FNI te verkleinen?
- Welke maatregel kan de fokker na geboorte van de kittens nemen om te voorkomen dat FNI optreedt?

---

#### 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.