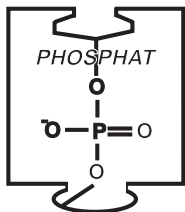
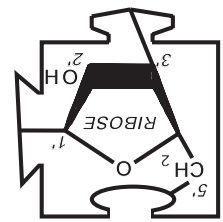
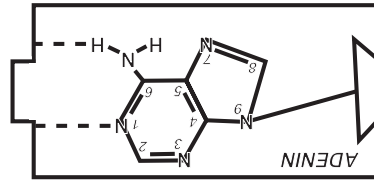
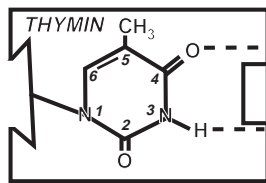
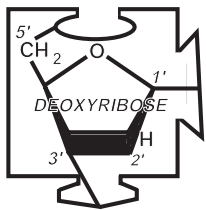
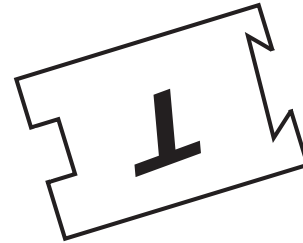


DNA model

**STRUCTUUR
REPLICATIE
TRANSCRIPTIE**

HANDLEIDING



**Bedacht en ontwikkeld door
J. W. Garvin**



The Queen's University of Belfast



Het recht van Wilbert Garvin als ontwerper en ontwikkelaar van dit model en als auteur van deze Handleiding is vastgesteld overeenkomstig het gestelde in de Copyright, Designs and Patents Act 1988 (United Kingdom)

Alle rechten met betrekking tot dit model zijn voorbehouden. Op deze publikatie berust het auteursrecht, maar aan docenten is toegestaan fotokopieën te maken van de **Werkbladen**, alsmede **overheadtransparanten** van de moedervellen, zij het **alleen voor gebruik op de eigen school**. Deze toestemming geldt **niet** voor het maken van fotokopieën voor gebruik buiten het instituut waar ze zijn gemaakt en ook niet voor het maken van kopieën voor verhuur of wederverkoop of voor andere commerciële doeleinden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

Eerste publikatie in 1996 door
Wilbert Garvin
NICSB
The School of Education
The Queen's University of Belfast
BELFAST BT7 1NN
Noord-Ierland

ISBN 0 85389 622 4

DANK

Ik zou graag willen bedanken:

Professor Sam Martin en Jerry Davis (School of Biology and Biochemistry at Queen's University) voor hun aanmoediging en controle van de details.

Alastair Edwards, voor hulp op grafisch gebied, en Barbara McConnell voor haar opbouwende opmerkingen (Northern Ireland's Education Support Unit at Queen's University).

Dr Geraldine Schofield (Hoofd van External and Regulatory Affairs, Unilever Research, Colworth Laboratory) en Alan George (Education Liaison Manager, National Personnel Department, Unilever) voor hun belangstelling en ondersteuning.

Denmour Boyd voor zijn opbouwende bijdragen.

Jigsaw Dimensions voor hun bereidheid iets geheel nieuws te ondernemen.

Clifford McCullough van de Killyleagh Box Company voor zijn opbouwende aanwijzingen.

De staf van het National Centre for Biotechnology Education aan de Universiteit van Reading voor hun voortdurende ondersteuning.

Mijn vrouw Betty voor de controle van het geschrevene.

Dit model is uitgebreid getest, vooral door leraren, in Noord-Ierland, elders in Groot-Brittannië, in de Ierse Republiek en een aantal Europese landen. Ik ben al die leraren, leerlingen en studenten die hun krachten hebben beproefd op het prototype, bijzonder dankbaar.

Deze bouwdoos zou nooit tot stand gekomen zijn zonder financiële hulp. Daarom ben ik Unilever en het Europees Initiatief voor Biotechnologie Educatie dankbaar voor hun financiële ondersteuning.

Als iemand ideeën heeft hoe deze Handleiding zou kunnen worden verbeterd, dan is de auteur daarin zeer geïnteresseerd. Zijn adres staat hierboven; telefoon, fax en email zijn:

Telefoon: 0044 1232 245133 extension 3919 of
0044 1232 3351123

Fax: 0044 1232 331845

Email: w.garvin@qub.ac.uk

INLEIDING voor de leraar

Bijna dagelijks verschijnen er berichten over DNA in de media. Eigenlijk is dat wat vreemd, zo'n alledaagse naam voor een chemische substantie, en dan ook nog als afkorting. Waarom is er zoveel belangstelling voor deze stof? Wat is het eigenlijk, wat doet het toch en waarom is het zo belangrijk?

Alle levende wezens, bacteriën, planten, dieren, mensen, noem maar op, bevatten dat DNA (er bestaan wat virussen die daarvoor in de plaats een verwante stof (RNA) hebben, waarover later meer).

Het was pure nieuwsgierigheid die James Watson, een Amerikaanse bioloog, en Francis Crick, een Engelse natuurkundige, beiden werkzaam aan het Cavendish Laboratorium in Cambridge, er toe dreef om samen te proberen er achter te komen wat de structuur was van DNA, in de hoop er dan ook achter te komen hoe het werkte. Eigenlijk deden ze helemaal geen experimenteel werk aan DNA, maar probeerden ze alles op een rij te zetten wat anderen al daaraan hadden gedaan. Toen ze eenmaal alle beschikbare informatie hadden verzameld, zijn ze modellen gaan bouwen om te kunnen zien wat ze in hun hoofd hadden. Uiteindelijk slaagden ze erin een structuur te ontwerpen dat voldeed aan alle gegevens. Toen publiceerden ze dat in *Nature*, een wel heel vooraanstaand tijdschrift, in 1953. Later, in 1962, kregen ze daarvoor de Nobelprijs, met Maurice Wilkins, die, samen met Rosalind Franklin die in 1958 overleden was, had gezorgd voor de uiterst belangrijke röntgendiffractie-opnamen.

DNA is de molecule van het leven; het is de informatietechnologie van levende wezens. Het moet dan ook in staat zijn:

- erfelijke informatie te dragen en
- kopieën van zichzelf te kunnen maken zodat deze informatie kan worden doorgegeven bij celdeling en van generatie op generatie.

De laatste tijd is het dank zij onze toenemend inzicht in DNA, en het verwante molecule RNA, mogelijk gebleken deze genetische informatie aan te wenden voor onszelf. Deze *genetische modificatie* staat aan de basis van de nieuwe biotechnologie. Die is nu heel wat aspecten van ons leven aan het veranderen. Het lijkt geen twijfel dat dit in de toekomst in sterkere mate het geval zal zijn; er zijn sterke aanwijzingen voor mogelijke toepassingen gebaseerd op zuiver wetenschappelijk onderzoek.

Deze 'bouwdoos' is ontwikkeld om hulp te bieden bij lessen over DNA en het er op lijkende RNA. Een leerling *zonder voorkennis* kan het betrekkelijk eenvoudige model in elkaar zetten door de aanwijzingen stap voor stap te volgen, waardoor structuur en functie duidelijk worden. De stukjes hebben duidelijk onderscheidbare vormen en kleuren; zowel het zien als het voelen worden bij het leren benut.

Omdat in de praktijk DNA op allerlei niveaus wordt behandeld, is deze doos ontworpen als een *'twee-in-één model'*. Het *basismodel* is aan een kant van alle onderdelen afgedrukt met grote letters (telkens de eerste letter van de namen van de moleculen) en is zelfs geschikt voor gebruik in de basisvorming; het is echter ook bruikbaar in de bovenbouw, in het MBO en in lessen voor leerlingen in niet-natuurwetenschappen. Aan de andere kant staat het *uitgebreide model*, met details van de moleculaire structuur; dat kan daarom op een hoger niveau gebruikt worden. Beide modellen kunnen ook na elkaar gebruikt worden, van basis tot uitgebreid.

Het is de bedoeling dat dit model wordt gebruikt in uw lessen zoals u dat het beste acht. Pas de transparanten aan of verander ze gerust als u dat wilt. Ook is het model geschikt om verder te gebruiken; dat hangt alleen maar af van uw eigen creativiteit. Voorbeelden die onmiddellijk opkomen zijn mutatie, restrictie enzymen, hybridisatie, probes, PCR enzovoort. Ik ben er van overtuigd dat er heel wat meer zijn. Er wordt gewerkt aan een model voor eiwitsynthese.

N.B. Op de grijze stukjes staat aan de ene kant een D, aan de andere kant **DEOXYRIBOSE**. In het Nederlands is een extra s gebruikelijk: **desoxyribose**. Op de gele stukjes met een P staat **PHOSPHATE**. Dit is in het Nederlands **fosfaat**.

INHOUD van de DOOS

De doos bevat 180 stukjes, gesorteerd in 15 vakken met de bijbehorende letter. Elk vak bevat 12 stukjes. Het is dan ook eenvoudig te controleren of alle stukjes terug zijn na een activiteit. De stukjes, en hun plaats, zijn als volgt gerangschikt:

Letter	G	C	A	T	U
Naam	Guanine	Cytosine	Adenine	Thymine	Uracil
Kleur	<i>groen</i>	<i>goudkleurig</i>	<i>rood</i>	<i>lichtblauw</i>	<i>donkerblauw</i>
Aantal	12	12	12	12	12
Letter	D	D	P	P	R
Naam	Desoxyribose	Desoxyribose	Fosfaat	Fosfaat	Ribose
Aantal	12	12	12	12	12
Letter	D	D	P	P	R
Kleur	<i>grijs</i>	<i>grijs</i>	<i>geel</i>	<i>geel</i>	<i>zwart</i>
Aantal	12	12	12	12	12

Het totaal aantal stukjes is:

Desoxyribose	4 x 12 = 48	Guanine	12	Cytosine	12
Fosfaat	4 x 12 = 48	Adenine	12	Thymine	12
Ribose	2 x 12 = 24	Uracil	12		

Een doos is geschikt voor een klas van 24 leerlingen. Ze kunnen worden verdeeld in 4 groepen van 6, dan wordt het model 6 baseparen lang. Met 6 groepen van 4 kan een model van 4 baseparen lang worden gemaakt. Met meer dozen kan in kleinere groepen worden gewerkt en/of kunnen langere moleculen worden gemaakt.

De stukjes zijn aan twee kanten bedrukt: aan de ene kant letters (het **basismodel**), aan de andere kant moleculaire structuren (het **uitgebreide model**). Telkens wordt er maar één kant tegelijk gebruikt.

Als er stukjes zoek raken, of beschadigd, dan kunt u vervangingen kopen bij de NCBE die prijsopgave zal doen van wat u nodig hebt. Het adres, telefoonnummer, fax en email zijn:

National Centre for Biotechnology Education

The University of Reading Tel : 0044 1189 873 743

PO Box 228, Whiteknights, Fax : 0044 1189 750 140

READING, RG6 6AJ email: c.shearer@reading.ac.uk

Engeland

Zie ook WWW site : <http://www.eibe.reading.ac.uk:8001/>

In deze Handleiding staan werkbladen voor leerlingen met bijbehorende vragen, aantekeningen voor leraren met antwoorden, bladen om transparanten voor de OHP te kunnen kopiëren, alles op basisniveau en op het niveau van gevorderden. De transparanten voor het basismodel zijn in een ander lettertype (**Helvetica**) dan die voor gevorderden (**Times**), zodat ze gemakkelijk van elkaar zijn te onderscheiden. Bovendien staat er een verschillend logo bovenaan.

INHOUD

	Pagina
INLEIDING	3
1 DE STRUCTUUR VAN DNA	
<i>1.1 Basismodel</i>	
1.1.1 Leerlingenactiviteit	6
1.1.2 Aantekeningen	7
1.1.3 Moedervel voor OHP	8
<i>1.2 Uitgebreid Model</i>	
1.2.1 Leerlingenactiviteit	9
1.2.2 Aantekeningen	11
1.2.3 Moedervellen voor OHP (2)	13
2 DE REPLICATIE VAN DNA	
<i>2.1 Basismodel</i>	
2.1.1 Leerlingenactiviteit	15
2.1.2 Aantekeningen	16
2.1.3 Moedervel voor OHP	17
<i>2.2 Uitgebreid Model</i>	
2.2.1 Leerlingenactiviteit	18
2.2.2 Aantekeningen	19
2.2.3 Moedervel voor OHP	20
3 DE TRANSCRIPTIE VAN DNA naar RNA	
<i>3.1 Basismodel</i>	
3.1.1 Leerlingenactiviteit	21
3.1.2 Aantekeningen	22
3.1.3 Moedervel voor OHP	23
<i>3.2 Uitgebreid Model</i>	
3.2.1 Leerlingenactiviteit	24
3.2.2 Aantekeningen	25
3.2.3 Moedervel voor OHP	26

1

DE STRUCTUUR VAN DNA

1 Basismodel



1 Leerlingenactiviteit

Volg de instructies zorgvuldig en beantwoord ALLE vragen.

Leg alle stukjes die je hebt gekregen op de bank en rangschik ze zodanig dat alleen de grote letters te zien zijn. Elk stukje stelt een molecule voor.

Vraag 1 *Maak een lijst van de verschillende soorten stukjes (moleculen).*

Leg de stukjes (moleculen) van dezelfde letter (en kleur) in groepen.
Tel hoeveel er zijn van elk type.

Vraag 2 *Schrijf de aantallen op van elk soort molecule. Zijn sommige aantallen hetzelfde? Zoek zoveel mogelijk overeenkomsten.*

Bekijk de stukjes goed en zoek uit welke stukjes in elkaar passen.

Vraag 3 *Schrijf op welke stukjes in elkaar passen.*

Voeg nu alle stukjes (moleculen) bij elkaar en maak een heel groot molecule (macro-molecule). Dit stelt een heel klein gedeelte voor van **Desoxyribose Nucleic Acid** (of kortweg **DNA**)

Vraag 4 *Maak een eenvoudige tekening van je DNA-molecule. Beschrijf wat je ongewoon hebt gevonden bij het in elkaar zetten van je DNA-molecule.*

Vergelijk je DNA-molecule met die van je medeleerlingen.

Vraag 5 *In hoeverre is jouw DNA-molecule net zo als die van anderen?
In welk opzicht is het anders?*

Als je goed kijkt zul je zien dat je DNA-molecule opgebouwd is uit telkens dezelfde onderdelen (bouwstenen). Elk gedeelte is opgebouwd uit drie stukken.

Vraag 6 *Wat zijn de drie stukjes (moleculen) die bijdragen aan de vorming van zo een zogenaamde nucleotide?*

Het model dat je hebt gemaakt is veel groter dan een gewoon DNA-molecule. DNA is heel lang en 2 nanometer in doorsnee (1 mm = 1 miljoen nm).

Vraag 7 *Hoeveel maal groter is het model dan een echt DNA-molecule?*

Als je wilt kun je jouw DNA-molecule samenvoegen met andere en een zo groot mogelijk DNA-molecule maken. Hoeveel baseparen telt het?

Het DNA-molecule is eigenlijk niet vlak maar gedraaid in een spiraal; het staat bekend als dubbele spiraal, ook wel als **dubbele helix**. Bekijk schema's of andere modellen die deze driedimensionale structuren weergeven.

1

DE STRUCTUUR VAN DNA

1 Basismodel



2 Aantekeningen

Aantallen en soorten stukjes die u uitdeelt hangen af van de grootte van de klas, het aantal dozen dat beschikbaar is en het aantal (en de grootte) van de groepen leerlingen. Als een klas bijvoorbeeld uit 24 leerlingen zou bestaan en u hebt 1 doos, dan kunt u 4 groepen van 6 leerlingen of 6 groepen van 4 leerlingen maken. De aantallen stukjes zijn dan:

4 groepen van 6		6 groepen van 4	
2 groepen krijgen elk	2 groepen krijgen elk	3 groepen krijgen elk	3 groepen krijgen elk
D - 12	D - 12	D - 8	D - 8
P - 12	P - 12	P - 8	P - 8
A - 4	A - 2	A - 3	A - 1
T - 4	T - 2	T - 3	T - 1
G - 2	G - 4	G - 1	G - 3
C - 2	C - 4	C - 1	C - 3

Opmerking: Het volgende gaat *altijd* op, ongeacht het aantal groepen:

Aantal D's = aantal P's; aantal A's = aantal T's; aantal G's = aantal C's; aantal D's (of P's) = aantal A's + T's + G's + C's, maar het aantal A's en T's mag niet gelijk zijn aan het aantal G's en C's.

Vanzelfsprekend kunnen de groepen kleiner zijn als de klas kleiner is of als u meer dozen hebt.

Vraag 1 D, P, A, T, G en C

Vraag 2 Dat hangt er van af hoeveel u uitgedeeld hebt. Zie boven.

Vraag 3 D met P (of P met D); A, T, G en C met D; A met T (of T met A); G met C (of C met G)

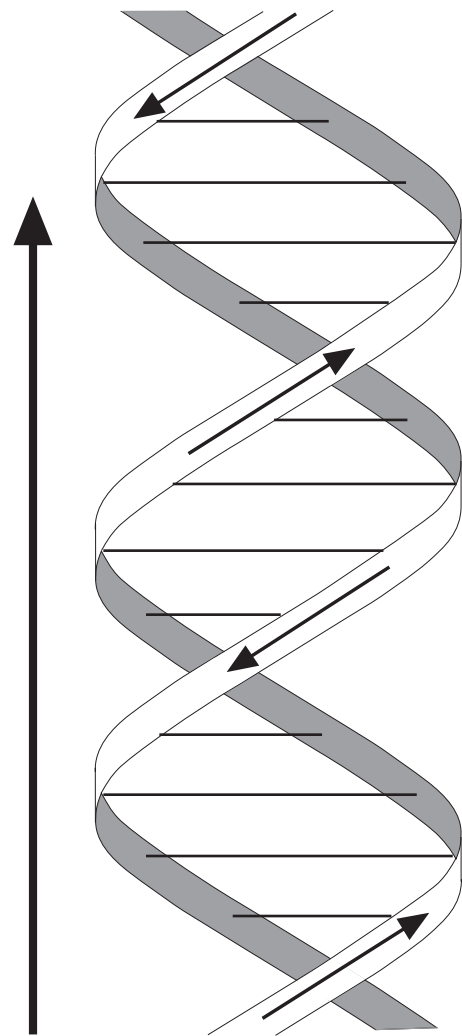
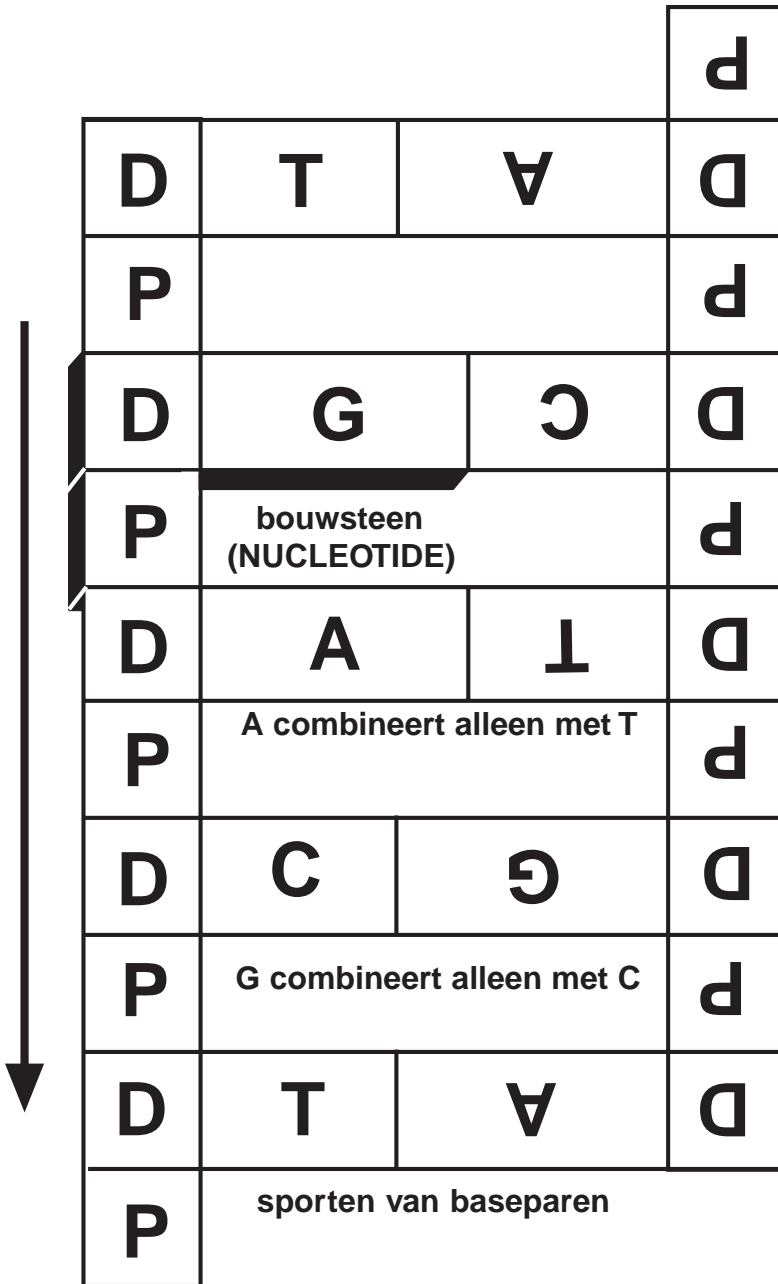
Vraag 4 Er is maar één manier, hoewel de helft van de letters op de kop moeten staan. Controleer dat ze alle stukjes zo aan elkaar hebben gepast dat het op een ladder lijkt; de D's en P's vormen de stijlen en de A's, T's, G's en C's zijn de sporten. A combineert alleen met T en G met C. Dit is bekend als de **koppelingsregel**. Het molecuule heeft twee 'helften' of 'strengen' die in tegengestelde richting lopen (antiparallel). Zie het moedervel op de volgende pagina.

Vraag 5 Alle DNA-moleculen zien er globaal hetzelfde uit. Bij nader inzien kan de volgorde van A's, T's, G's en C's verschillend zijn. Er zijn heel wat verschillende volgorden mogelijk. Waar het om gaat bij de informatie, opgeslagen in het DNA, is de volgorde van drie opeenvolgende basen, bekend als een **triplet codon**.

Vraag 6 Een **nucleotide** bestaat uit een D, een P en één van A, T, G of C.

Vraag 7 Deze vraag kunt u weglaten als u denkt dat hij te moeilijk is. De breedte van het model is ongeveer 220 mm. Als 1 mm = 1 miljoen nanometer dan is 220 mm = 220 miljoen nanometer. Het echte molecuule is 2 nanometer in doorsnee. We moeten dus 2 nanometer met 110 miljoen vermenigvuldigen om aan 220 miljoen nanometer te komen. Het model is dus 110 miljoen keer zo groot!

Een eenvoudig papiermodel van DNA is opgenomen in Module 1 Inleiding Biotechnologie, van de EIBE, pagina 6 en 7. U kunt dit downloaden vanaf het World Wide Web op <http://www.eibe.reading.ac.uk:8001/>. Zie ook de volgende pagina.



stijlen van
D's en P's

beide helften lopen in
tegengestelde richting

DNA 'ladder'

DNA 'dubbele helix'

1

DE STRUCTUUR VAN DNA

2 Uitgebreid Model



1 Leerlingenactiviteit

Rangschik alle stukken die je hebt gekregen zo dat alle moleculaire structuren (en niet de grote letters) omhoog liggen.

Vraag 1 *Maak een lijst van de namen van de verschillende moleculen.*

N.B. Op een aantal stukjes staat DEOXYRIBOSE; de Nederlandse naam van deze stof is DESOXYRIBOSE, een S meer. Op andere stukjes staat PHOSPHATE; dat is in het Nederlands FOSFAAT.

Leg op elkaar gelijkende moleculen in groepen. Noteer de aantallen van elk type molecuul.

Vraag 2 *Zie je een verband tussen de aantallen van de moleculen?*

Erwin Chargaff was de eerste die DNA analyseerde door met behulp van papierchromatografie concentraties te bepalen van de vier basen adenine, guanine, cytosine en thymine. Een gedeelte van zijn werk uit de 50er jaren, is weergegeven in onderstaand schema. Hierin staan de hoeveelheden stikstofbasen (van het DNA), uitgedrukt in molen per 100 mol fosfor.

BRON	PURINES		PYRIMIDINES	
	Adenine	Guanine	Cytosine	Thymine
Mens	30,4	19,6	19,9	30,1
Rund	29,0	21,2	21,2	28,7
Zalmsperma	29,7	20,8	20,4	29,1
Tarwekiem	28,1	21,8	22,7	27,4
<i>E. coli</i>	26,0	24,9	25,2	23,9
Schapelever	29,3	20,7	20,8	29,2

Bestudeer de gegevens van Chargaff.

Vraag 3 *Zie je verbanden tussen de molaire hoeveelheden van de verschillende basen?*

Vraag 4 *Reken de verhouding uit van de molaire hoeveelheden van adenine tot de molaire hoeveelheden van thymine voor de verschillende bronnen. Wat zijn deze verhoudingen en wat betekenen ze?*

Vraag 5 *Bereken de verhoudingen voor de molaire hoeveelheden van guanine en cytosine. Zijn ze gelijk aan de verhoudingen die je gevonden hebt in vraag 4? Wat betekent dit?*

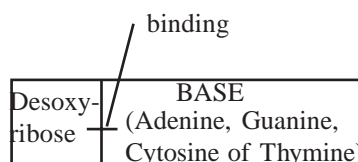
Vraag 6 *Zijn de verhoudingen die je gevonden hebt in vraag 2 boven hetzelfde als die in de vragen 4 en 5?*

Het DNA is opgebouwd uit herhaalde eenheden. We gaan deze eenheden van dichterbij bekijken.

Ten eerste is er een binding tussen een stikstofbase en een desoxyribose suikermolecuul (tezamen noemt men dit een **NUCLEOSIDE**); deze binding wordt een **β -N-glycosidische binding** genoemd.

Maak zo veel mogelijk nucleosides van de stukjes die je ontvangen hebt.

Een nucleoside



Opmerking: De koolstofatomen zijn weggelaten, maar ze zijn wel genummerd.

1 De Structuur van DNA 2 Uitgebreid Model 1 Leerlingenactiviteit (vervolg)

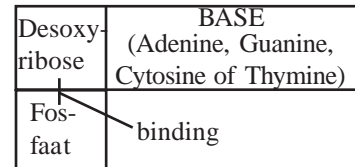
Vraag 7 Tussen welke atoomnummers van de desoxyribose en stikstofbasen is deze binding gevormd?

- (a) met de purine basen
- (b) met de pyrimidine basen?

Ten tweede is er een binding gevormd tussen een desoxyribose suiker en een fosfaatmolecule. Dit wordt een **covalente fosfordiësterbinding** genoemd; het geheel noemt men een **NUCLEOTIDE**.

Een nucleotide

Bouw zoveel mogelijk nucleotiden van de deeltjes die je hebt gekregen door toevoeging van fosfaten aan de nucleosiden. Je zou nu alle deeltjes moeten hebben gebruikt.



Vraag 8 Tussen welke atomen wordt de fosfordiësterbinding gevormd?

De nucleotide is de bouwsteen van DNA. Voeg twee nucleotiden tezamen waarbij je weer een fosfordiëster binding maakt.

Vraag 9 Tussen welke atomen is de nieuwe fosfordiësterbinding gevormd?

Voeg nu nog twee nucleotiden toe, maar gebruik in dit geval **niet** fosfordiësterbinding.

Vraag 10 Tussen welke atomen komen de nieuwe bindingen? Dit zijn zwakke waterstofbruggen. Beschrijf in details alles wat je er over weet.

Blijf nu nucleotiden toevoegen totdat ze allemaal zijn opgebruikt. Gebruik alle typen bindingen die hierboven zijn vermeld. Als je klaar bent heb je een heel klein stukje DNA gemaakt.

Vraag 11 Beschrijf kort hoe jouw DNA-molecule eruit ziet.

Vraag 12 Schrijf alles op wat je ongewoon vond of wat je opviel bij het maken van het DNA-molecule.

Vergelijk jouw DNA-molecule met de constructies van de anderen.

Vraag 13 In welke opzichten komt het overeen? In welke opzichten is het anders?

Dit model is natuurlijk sterk vereenvoudigd vergeleken met een echt DNA-molecule. DNA is heel lang en ongeveer 2 nanometer in doorsnee (1 mm = 1 miljoen nm).

Vraag 14 Hoeveel keer groter is dit model dan een echt DNA-molecule?

Dit model is zo gemaakt dat je ermee op een plat vlak kunt werken. In werkelijkheid is het DNA-molecule is niet vlak maar gedraaid in een spiraal; het staat bekend als dubbele spiraal, ook wel als **dubbele helix**. Bekijk schema's of andere modellen die deze driedimensionale structuren weergeven.

Deze DNA-structuur werd voor het eerst beschreven in het tijdschrift *Nature* in 1953 door James Watson (een Amerikaanse bioloog) en Francis Crick (een Engelse natuurkundige).

1

DE STRUCTUUR VAN DNA

2. Uitgebreid model



2 Aantekeningen

Hoeveel (en hoeveel van elk soort) stukjes die u kunt uitdelen hangt af van een aantal factoren zoals grootte van de klas, aantal dozen dat er is, aantal groepen leerlingen enzovoort. Als u bijvoorbeeld een klas met 24 leerlingen hebt en één doos, dan kunt u de klas opdelen in 4 groepen van 6 leerlingen; elke groep kan dan een model maken van 6 baseparen lang. U kunt de klas ook verdelen in 6 groepen van 4 leerlingen; elke groep kan dan een model maken van 4 baseparen lang. Aantallen uit te delen stukjes kunnen zijn:

	4 groepen van 6		6 groepen van 4	
MOLECULE	2 groepen krijgen elk	2 groepen krijgen elk	3 groepen krijgen elk	3 groepen krijgen elk
desoxyribose	12	12	8	8
fosfaat	12	12	8	8
adenine	4	2	3	1
thymine	4	2	3	1
guanine	2	4	1	3
cytosine	2	4	1	3

Opmerking: Het volgende gaat *altijd* op, ongeacht het aantal groepen:

aantal D's = aantal P's;

aantal A's = aantal T's;

aantal G's = aantal C's;

aantal D's (of P's) = aantal A's + T's + G's + C's,

maar het aantal A's en T's mag niet gelijk zijn aan het aantal G's en C's.

Vanzelfsprekend kunnen de groepen kleiner zijn als de klas kleiner is of als u meer dozen hebt.

Vraag 1 Desoxyribose, fosfaat (phosphate), Adenine, Thymine, Guanine en Cytosine

Vraag 2 Dat hangt er van af hoeveel u uitgedeeld hebt. Zie boven.

Vraag 3 De (molaire) hoeveelheden van adenine en thymine zijn nagenoeg gelijk, evenals die van guanine en cytosine, terwijl andere combinaties heel verschillend zijn.

Vraag 4 Adenine/thymine (of T/A) is ongeveer 1. Dit betekent dat adenine waarschijnlijk combineert met thymine.

Vraag 5 G/C (of C/G) is ongeveer 1; guanine combineert waarschijnlijk met cytosine.

Vraag 6 Ja; aantallen en molaire hoeveelheden van bepaalde moleculen zijn aan elkaar gelijk.

Vraag 7 (a) Tussen de C1' van desoxyribose en N9 van de purinebase (adenine of guanine)
(b) Tussen C1' van desoxyribose en N1 van de pyrimidinebase (thymine of cytosine).

Vraag 8 Tussen C3' van desoxyribose en een O van fosfaat (phosphate)

1 De Structuur van DNA 2 Uitgebreid Model 2 Aantekeningen (vervolg)

Vraag 9 Tussen C5' van desoxyribose en een O van fosfaat (phosphate)

De koolstofatomen van de desoxyribose (en ribose) suikers krijgen een accenttekentje (3') om ze te onderscheiden van de atomen in de ringen van de stikstofbasen. In geen van de moleculaire structuren zijn de C-atomen zelf aangegeven, omdat dat de zaak te vol en te ingewikkeld zou maken. Als er een atoom niet als zodanig staat aangegeven, maar er is wel een getal en er zijn 4 bindingen, neem dan maar aan dat het een koolstofatoom is.

Vraag 10 De verbindingen tussen de basen zijn zwakke waterstofbruggen, de gestippelde lijnen in het model. Er zijn er twee tussen adenine en thymine (N1-H en H-O), en drie tussen guanine en cytosine (H-O, H-N en O-H). Deze kunnen makkelijker worden verbroken dan de glycosidische en fosfordiësterbindingen; in het model glijden ze makkelijk uit elkaar. Deze bruggen hebben dezelfde afmetingen zodat alles mooi in elkaar past. Zie het moedervel op de volgende pagina.

Vraag 11 Het lijkt op een ladder, met de desoxyriboses en fosfaten als stijlen en de baseparen als sporten.

Vraag 12 Adenine kan zich, via waterstofbruggen, alleen binden aan thymine (en vice versa), terwijl guanine dat alleen kan met cytosine. Dit zijn **baseparen**, de bij elkaar behorende paren noemt men **complementair**. De hele molecule bestaat uit twee helften, zogenaamde **strengen**, die in tegenovergestelde richtingen lopen. Dit is bekend als een **antiparallele** of **bi-directionele** rangschikking. Omdat de leerlingen gedwongen zijn de helft van het molecule 'op de kop' te leggen om de stukjes te laten passen, zullen ze het zich waarschijnlijk herinneren (opmerkelijk is dat men zelden of nooit in illustraties van DNA in leerboeken dit zo ziet aangegeven).

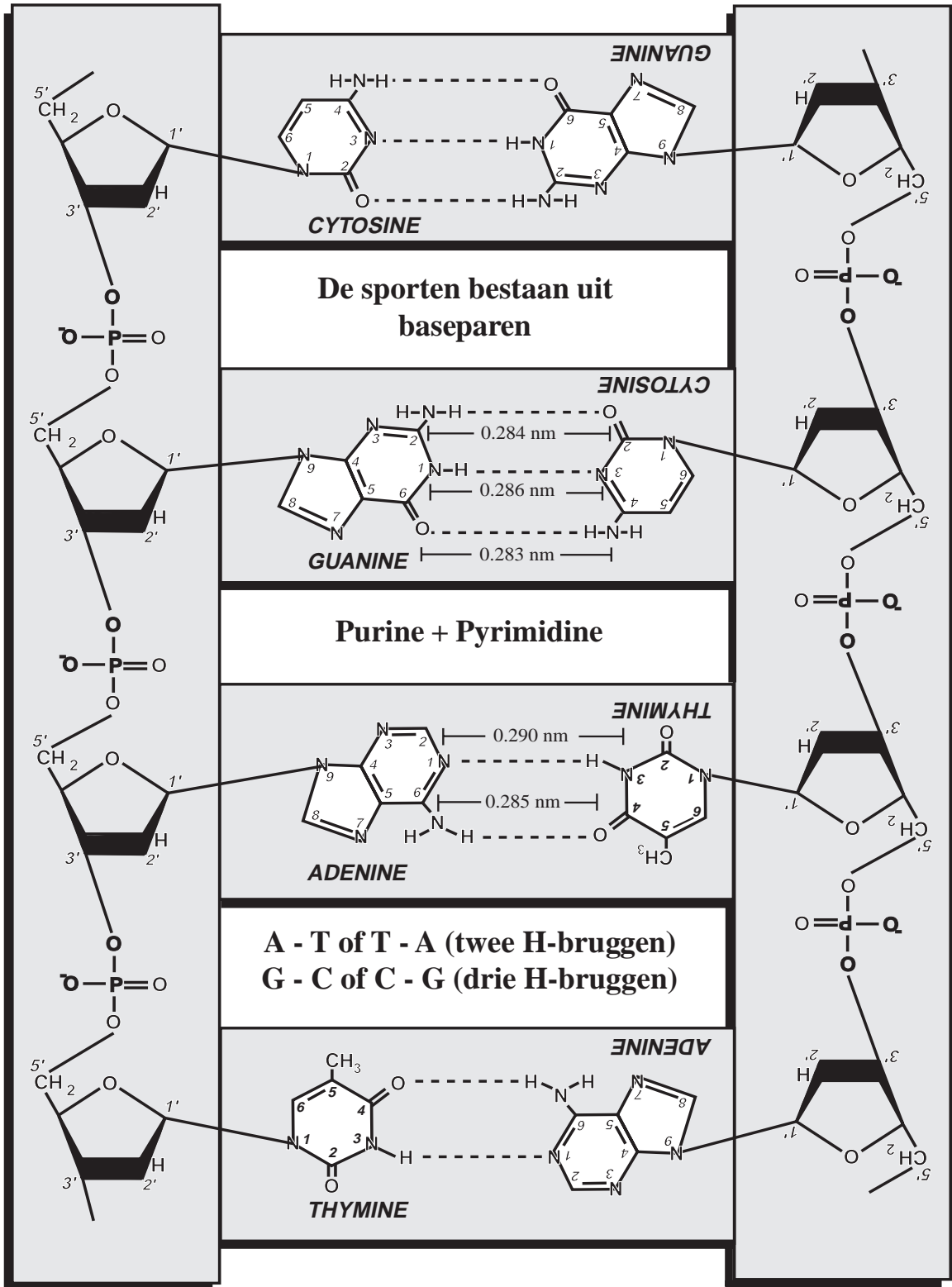
Vraag 13 Overeenkomstig: de ladder. Verschillen kunnen optreden in de volgorde (de sequentie) van de basen; dit leidt tot talloze mogelijkheden. Een interessante oefening voor de wiskundeliefhebbers in de klas is het uitrekenen hoeveel permutaties mogelijk zijn in bijvoorbeeld een molecule van 6 baseparen met 4 A-T's en 2 G-C's. Merk op dat behalve de gegeven volgorde ook elk paar gespiegeld kan zijn. De lengte van een DNA-molecule wordt uitgedrukt in aantal baseparen (afgekort bp), bijv. het is 120 bp lang. Het aantal loopt van 5.000 van de eenvoudigste virussen tot ca 3 biljoen in de 23 chromosomen van de mens (kikkers hebben nog meer). De hoeveelheid aan mogelijke variaties is een astronomisch getal. Dat er zo'n verscheidenheid is aan levende wezens kan dus goed op het conto van DNA geschreven worden. (Het ontcijferen van de hele DNAsequentie van bakkersgist kostte 7 jaar; het was klaar in 1996, omvat 12,071 miljoen bp, dat is zo'n 6000 genen.)

Vraag 14 110 miljoen keer zo groot. De breedte van het model is ca 220 mm. Omdat 1 mm = 1 miljoen nanometer, is 220 mm = 220 miljoen nm. Een echt DNA-molecule heeft een doorsnee van ca 2 nm; om aan 220 nm te komen moeten we dit getal met 110 miljoen vermenigvuldigen. Dus is het model 110 miljoen keer zo groot.

Kennis van de driedimensionale structuur van DNA is niet strikt nodig om de functie te kunnen begrijpen. Wel belangrijk is dat het de vorm heeft van een **dubbele** helix. De meeste boeken tonen dit op de een of andere manier, zie het moedervel op de volgende pagina. Desgewenst kunt u de leerlingen een driedimensionaal model laten zien of ze er een laten maken. Een goed voorbeeld is opgenomen in Module 1, Inleiding Biotechnologie, (= Unit 1, Microbes and Molecules) pagina 6 en 7. U kunt dit downloaden vanaf het World Wide Web op <http://www.eibe.reading.ac.uk:8001/>.



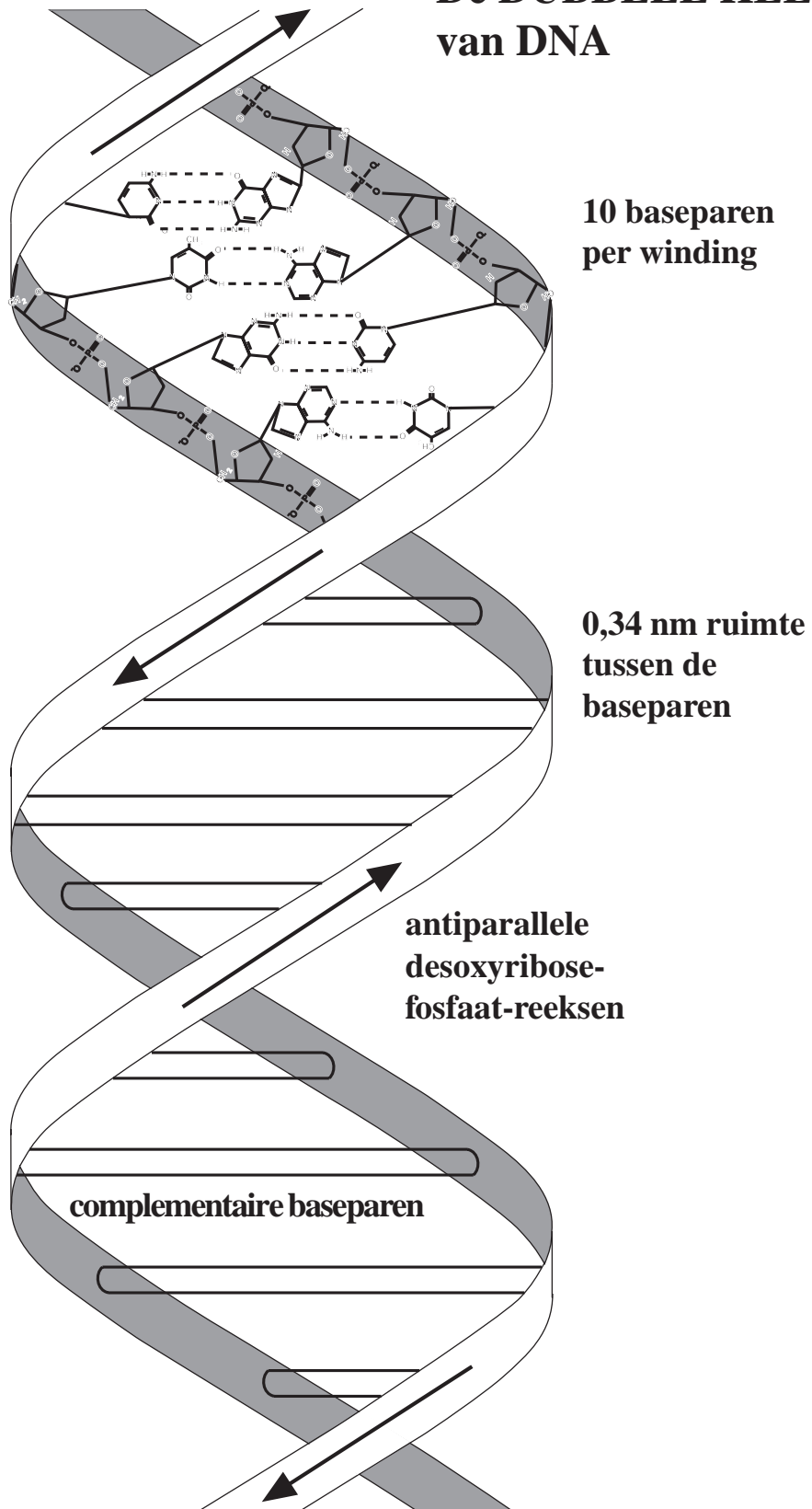
De spijlen bestaan uit desoxyribose-fosfaat-reeksen in tegengestelde richtingen



De spijlen bestaan uit desoxyribose-fosfaat-reeksen in tegengestelde richtingen



De DUBBELE HELIX van DNA



2

DE REPLICATIE VAN DNA

1 Basismodel



1 Leerlingenactiviteit

Volg de instructies zorgvuldig en beantwoord ALLE vragen.

Leg alle stukjes die je hebt gekregen op de bank met alleen de grote letters naar boven. Voeg al deze stukjes samen tot een DNA-molecule.

Vraag 1 *Maak een eenvoudige tekening van dit molecule; let daarbij op de volgorde van de basen in de 'ladder'. Noem je tekening 'moeder'-DNA.*

Haal dit 'moeder'-DNA-molecule uit elkaar door de baseparen (de sporten van de ladder) voorzichtig van elkaar te trekken totdat het molecule is verdeeld in twee losse strengen DNA.

Pak nu het tweede stel stukjes dat je hebt gekregen. Zorg ervoor dat alleen de grote letters zichtbaar zijn en leg ze in nucleotiden.

Leg nu de deze nucleotiden waar ze passen tegen de basen van DNA-strengen. Ga zo door tot alle nucleotiden, en dus alle stukjes, gebruikt zijn.

Nu moet je twee dubbele strengen DNA hebben - dit zijn 'dochter'-DNA-moleculen.

Vraag 2 *Kijk goed naar de twee 'dochter'-DNA-moleculen. Wat zie je?*

Vraag 3 *Vergelijk het dochter-DNA met de tekening die je hebt gemaakt van het 'moeder'-DNA. Wat zie je?*

Vraag 4 *Schrijf in je eigen woorden op hoe DNA-moleculen exacte kopieën van zichzelf maken.*

Deze eigenschap van DNA is heel belangrijk. Bij het delen van de cel moet een kopie van het DNA van de 'moeder' naar elk van de 'dochtercellen'. Daarom moet het DNA zichzelf kunnen kopiëren. De vakterm hiervoor is **repliatie**. DNA moet ook van generatie op generatie worden doorgegeven.

Er wordt veel gebruik gemaakt van het feit dat het DNA zichzelf kan kopiëren. In forensische wetenschap (d.i. wetenschap ten behoeve van het gerecht) bijvoorbeeld worden minieme hoeveelheden DNA, zoals in een beetje bloed dat op de plaats van een misdrijf gevonden is, verdubbeld, en dat nog een aantal keren, net zolang tot er genoeg is voor een analyse. Behalve natuurlijk het oorspronkelijke gevonden DNA zijn er nucleotiden nodig, een speciaal enzym en bepaalde proefomstandigheden. Als die er zijn, dan kan men het DNA zich in een reageerbuis laten vermenigvuldigen. Dat is een proces dat in het Engels bekend staat als Polymerase Chain Reaction (PCR), letterlijk te vertalen als Polymerase Ketting Reactie. Dank zij PCR kan men, als men een bepaald DNA nodig heeft voor research of wat dan ook, er binnen een paar uur zoveel van maken als nodig is.

2

DE REPLICATIE VAN DNA

1 Basismodel



2 Aantekeningen

Elke groep leerlingen heeft twee stellen stukjes nodig. U zult daarom het aantal groepen moeten halveren (of meer dozen kopen). Het eerste stel dat u uitdeelt is precies hetzelfde als wat u uitdeelde bij activiteit 1.1.1. Desgewenst kunt u gewoon doorgaan vanuit die activiteit (zie achterflap: volgorde van activiteiten).

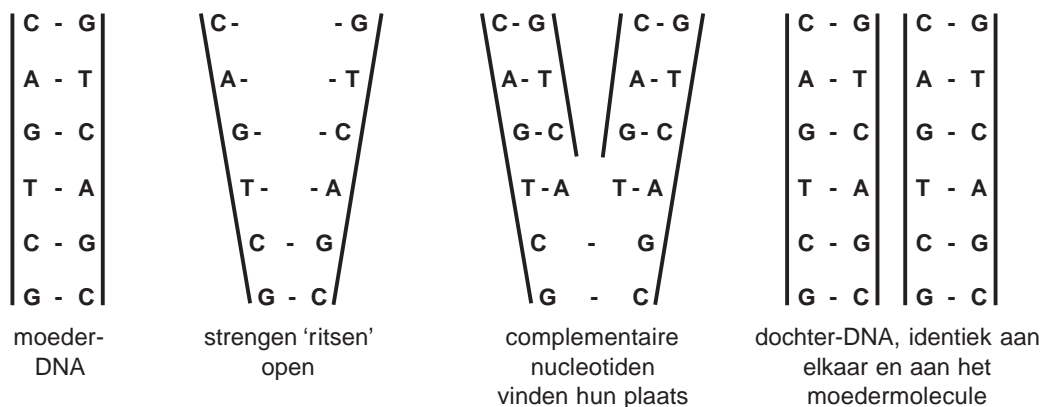
Vraag 1 Een heel eenvoudige tekening is al genoeg. Zie het voorbeeld hier onder.

Het tweede stel moet exact hetzelfde zijn als het eerder uitgedeelde stel.

Vraag 2 Ze zijn identiek.

Vraag 3 Ze zijn precies gelijk. De volgorde van de basen is nauwkeurig gekopieerd, vanwege de specifieke koppeling: A met T of T met A en G met C of C met G.

Onderstaand diagram laat dit duidelijk zien.



Dit proces staat bekend als **semiconservatieve replicatie**, omdat elke streng van het molecule dient als mal voor de nieuwe strengen.

Meselson en Stahl voerden in 1958 een klassiek experiment uit om te achterhalen of inderdaad de replicatie zo plaats vond. Ze kweekten de bacterie *E. coli* in een medium met een zware isotoop van stikstof, net zolang tot alle gewone stikstof in de bacteriën was vervangen door zware stikstof. Toen brachten ze bacteriën weer in een medium met gewone stikstof. Bij elke nieuwe generatie namen ze monsters, isoleerden het DNA en bepaalden de dichtheid. Ze vonden dat de dichtheid van de eerste generatie DNA precies zat tussen die van het 'zware' ouder-DNA en die van de gewone 'lichte' DNA en dat elke generatie steeds meer licht DNA bevatte. Dit maakte volkomen duidelijk dat semiconservatieve replicatie plaats vond en dat het model van Watson en Crick correct was.

DNA kan ook kunstmatig worden vermenigvuldigd. Kary Mullis was de eerste die hiervan gebruik maakte door een proces te ontwikkelen dat bekend staat als PCR (Polymerase Chain Reaction, Polymerase Ketting Reactie). Tegenwoordig zijn er machines waarmee dit gedaan wordt. Men gebruikt dit proces in gevallen waar slechts minieme hoeveelheden DNA beschikbaar zijn. Dat wordt in zo'n PCR machine dan net zo lang vermenigvuldigd tot er genoeg is om te kunnen analyseren.

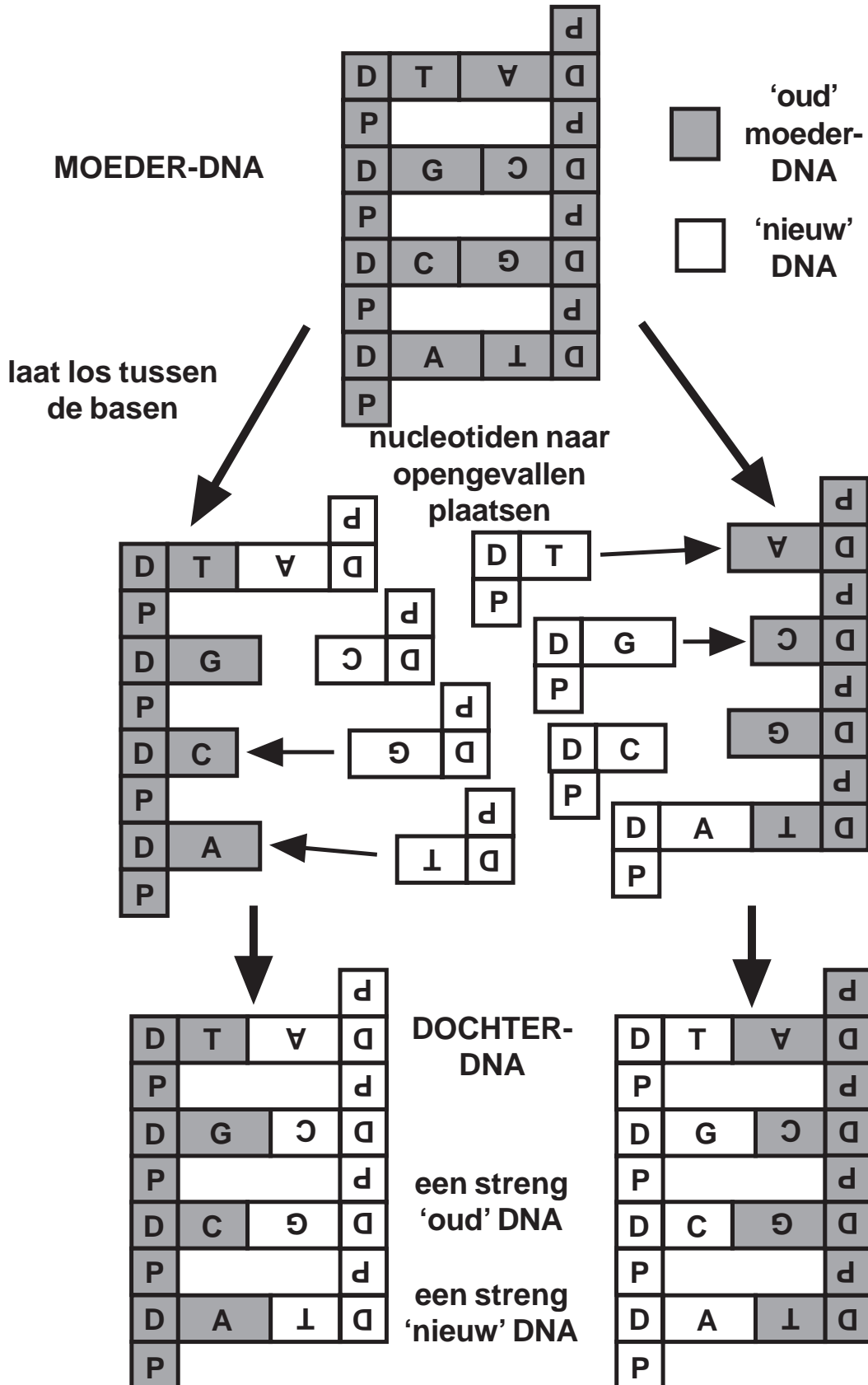
2

DE REPLICATIE VAN DNA

1 Basismodel



3 Overhead

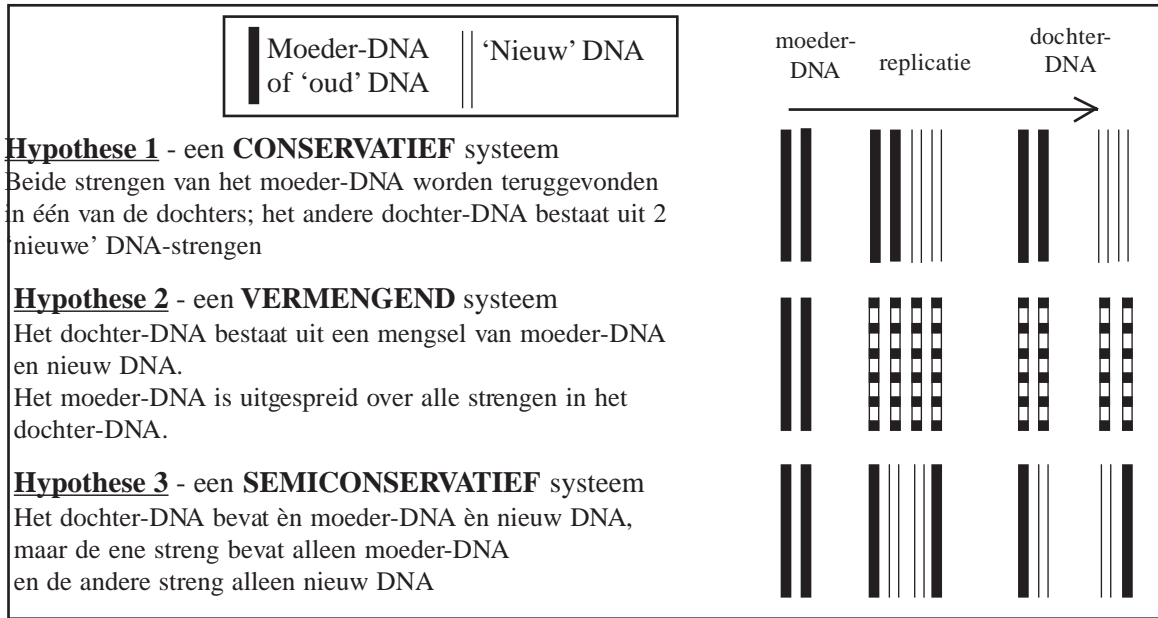




2 Uitgebreid Model

1 Leerlingenactiviteit

De tweede vereiste van DNA is dat het in staat is exacte kopieën van zichzelf te maken zodat de genetische informatie overgedragen kan worden gedurende de celdeling. Dit proces heet **repliatie**. In theorie zou dit plaats kunnen vinden op een van de volgende drie manieren:



Leg de stukjes die je hebt gekregen op je tafel zodanig dat de moleculaire structuren naar boven wijzen. Maak van deze stukjes een kort stuk dubbelstrengs DNA.

Vraag 1 *Maak een eenvoudige tekening van dit molecule, let daarbij op de volgorde van de basen. Noem je tekening 'moeder'-DNA.*

Haal dit 'moeder'-DNA-molecule uit elkaar door de basen op de plaats van de waterstofbruggen voorzichtig van elkaar te trekken totdat het molecule is verdeeld in twee losse strengen DNA.

Leg het tweede set stukjes zo dat de moleculaire structuren naar boven wijzen en maak er nucleotiden van. Pas nu al deze nucleotiden op hun plaats. Leg de nieuwe nucleotiden in de 5' tot 3' richting van de koolstof atomen in de desoxyribose moleculen. Ga hiermee door tot alle stukjes opgebruikt zijn.

Vraag 2 *Wat is het resultaat?*

Deze moleculen zijn nu de '**dochter**'-DNA-moleculen.

Vraag 3 *Bekijk de dochter-DNA-moleculen goed. Wat valt je op?*

Vraag 4 *Vergelijk de structuur van de dochter molecule met je tekening van de moeder-molecule. Wat valt je op?*

Vraag 5 *Waaruit bestaat elk dubbelstrengs dochter molecule wat betreft 'oud' en 'nieuw' DNA?*

Vraag 6 *Welke van de drie hypothesen hierboven is correct?*

2 Uitgebreid Model



2 Aantekeningen

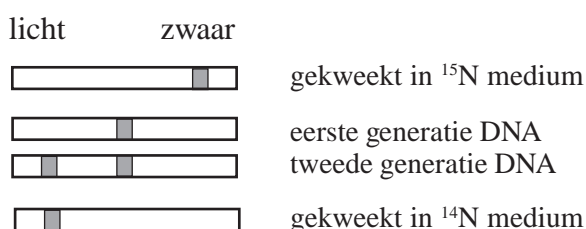
Watson en Crick gaven in hun artikel in *Nature* (171:7373; 1953) te kennen dat ze zich er wel van bewust waren hoe belangrijk het is dat DNA zich zelf moet kunnen vermenigvuldigen. Ze schreven: *'Het is ons niet ontgaan dat de specifieke paring (van de DNA-basen) die we hebben gepostuleerd direct een mogelijk mechanisme suggereert voor de reproductie van het genetisch materiaal.'*

Voor deze activiteit zijn er per groep twee identieke stellen stukjes nodig, met in elk stel de juiste stukjes om een kort stuk dubbelstrengs DNA te maken. U kunt, als er tijd genoeg is, doorgaan vanuit activiteit 1.2.1 (zie ook de achterflap: volgorde van activiteiten) met het al geconstrueerde DNA.

- Vraag 1** De tekening van het 'moeder'-DNA hoeft maar heel eenvoudig te zijn. Het gaat om de volgorde van de basen; alleen de letters A, T, G en C voor de basen kunnen volstaan.
- Vraag 2** Het resultaat moeten twee dubbelstrengs 'dochter'-DNA-moleculen zijn.
- Vraag 3** Beide 'dochter'-DNA-moleculen zijn gelijk.
- Vraag 4** Elke 'dochter'-DNA-molecule is identiek met de 'moeder'-DNA-molecule; ze zijn precies gekopieerd.
- Vraag 5** De ene streng (de mal) is van het 'moeder'-DNA, de andere is een 'nieuwe'.
- Vraag 6** Hypothese 3, semiconservatieve replicatie (zie moedervel op de volgende pagina)

Dat het kopiëren op deze manier gaat, werd duidelijk door een heel knap experiment, uitgevoerd door Matthew Meselson en Franklin Stahl aan het California Institute of Technology in 1958. Gedurende enkele generaties kweekten ze de bacterie *E. coli* in een medium, waarin alle beschikbare stikstof aanwezig was in de vorm van de isotoop ^{15}N (zware stikstof). Na verloop van tijd was alle gewone stikstof (^{14}N) vervangen door de zware vorm. Het DNA van deze bacteriën had dus een hogere moleculaire massa en dichtheid dan gewoon DNA. Deze bacteriën met zware stikstof werden toen overgebracht naar een medium met gewone stikstof (^{14}N). Als er nu nieuw DNA gemaakt werd kon dat alleen maar met de gewone stikstof. De cellen werden zolang in dit nieuwe medium gelaten dat ze zich een keer hadden gedeeld, wat werd vastgesteld door te kijken wanneer het aantal cellen zich had verdubbeld. Dan werd een monster genomen. Het DNA werd geïsoleerd en afgedraaid in een ultracentrifuge bij zeer hoge snelheid met caesium chloride. Dat caesium chloride was zodanig bewerkt dat het een dichtheidsgradiënt vormde, zodat stoffen die erin opgenomen waren zich zouden rangschikken naar hun dichtheid. Nu bleek dat de dichtheid van deze eerste generatie DNA precies halverwege was, tussen het DNA van de zware ouders en dat van de gewone lichte DNA, zoals dat te verwachten was als elk molecule een oude zware streng en een nieuwe lichte streng bevatte, zoals Watson en Crick hadden voorspeld. Volgende generaties, gekweekt in ^{14}N , werden net zo behandeld. De resultaten staan hier onder:

Samenvatting van de resultaten van Meselson en Stahl

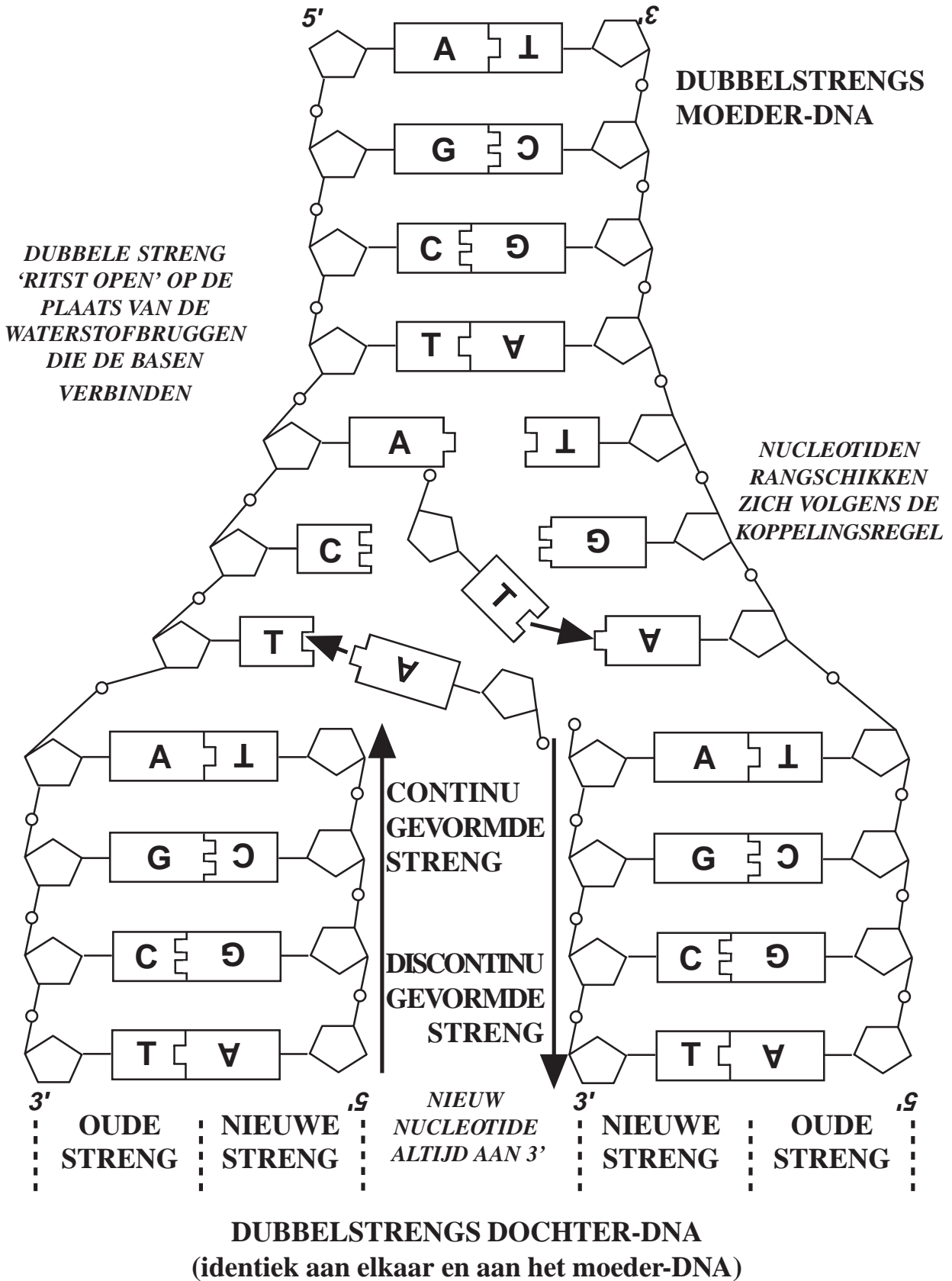


Dit bevestigde dat de replicatie semiconservatief is.

2 Uitgebreid Model



3 Overhead



3

DE TRANSCRIPTIE VAN DNA

1 Basismodel



1 Leerlingenactiviteit

Volg de instructies zorgvuldig en beantwoord ALLE vragen.

Van de stukjes die je hebt gekregen maak je een enkelvoudige streng van DNA (niet dubbelstrengs DNA) met de letters naar boven gericht.

Vraag 1 *Uit hoeveel delen bestaat jouw DNA-streng?*

Hou je enkele streng DNA bij elkaar. Neem de stukjes RNA (**R**ibose **N**ucleic **A**cid) die je hebt gekregen, en vergelijk deze met de stukjes van DNA.

Vraag 2 *Welke overeenkomsten en verschillen zie je tussen de stukjes DNA en RNA? Maak een tabel waarin je dit verwerkt.*

Maak van alle stukjes RNA die je hebt ontvangen nucleotiden.

Pas deze RNA-nucleotiden tegen de DNA-streng die je al had gemaakt. Als het goed is heb je nu geen onderdelen meer over. De DNA-streng dient als voorbeeld of mal. De volgorde van de basen in het DNA bepaalt de volgorde van de basen in het RNA.

Dit proces wordt **transcriptie** genoemd. Het is te vergelijken met het omzetten van Russische letters in ons schrift; ook dat heet transcriptie.

Vraag 3 *Schrijf op welke RNA-basen horen tegenover welke DNA-basen.*

Je dubbelstrengs molecuule bestaat nu uit een streng DNA en een streng RNA. Scheid nu de RNA- en DNA-streng door ze uit elkaar te schuiven van waar de basen tegen elkaar aan zitten.

De nu afgescheiden RNA-streng staat bekend als boodschapper-RNA of bRNA (in het Engels messenger RNA of mRNA); het is zo genoemd omdat het de code of boodschap van de volgorde van de DNA-basen met zich meedraagt vanuit de kern naar het cytoplasma van de cel.

Vraag 4 *Maak een eenvoudige tekening van je bRNA-streng.*

Het boodschapper-RNA gaat de celkern uit, en neemt daarbij de informatie van de volgorde van de basen mee. Deze informatie wordt uiteindelijk overgenomen als een lange serie van telkens drie opeenvolgende basen (**tripletten**) door een andere vorm van RNA, **transport-RNA** of **tRNA**. Dank zij dit (twee maal) kopiëren (DNA -> bRNA -> tRNA) blijft de originele volgorde van de basen in het DNA bewaard, maar met één verschil.

Vraag 5 *Welk verschil?*

De volgorde van telkens drie basen op het transport-RNA zegt de cel welke eiwitten hij moet maken. Alle eiwitten zijn dan ook opgebouwd zoals is vastgelegd in de basenvolgorde van het DNA. De celkern bevat genoeg DNA-informatie voor alle eiwitten.

3

DE TRANSCRIPTIE VAN DNA

1 Basismodel



2 Aantekeningen

Deel voldoende DNA-stukjes uit aan elke groep voor een enkelstrengs DNA-molecule van zo'n 6 basen. Dat is de helft van het gebruikelijk aantal stukjes. U kunt het DNA van een voorgaande activiteit ook gebruiken (zie ook de achterflap: volgorde van activiteiten).

Als de leerlingen eenmaal de DNA-streng hebben gelegd, kunt u het tweede stel stukjes uitdelen. Dit is RNA en moet complementair zijn aan het DNA dat ze al hebben behalve dat R (zwart met witte letter) komt in de plaats van D, en U (donkerblauw met witte letter) komt in de plaats van T.

Vraag 2

	DNA	RNA
Overeenkomsten	P A G C	P A G C
Verschillen	D T	R U

Vraag 3 Dat hangt af van de basen die zijn uitgedeeld.

Na vraag 4 kunt u stoppen als u van mening bent dat de rest van de activiteit te moeilijk is. Dit onderdeel leert de leerling alleen wat de betekenis is van de code en waarom dat zo is.

Vraag 5 Wat de basen betreft staat U op de plaats van T. Natuurlijk komt ook R in de plaats van D. Merk op dat de onderdelen waarin RNA afwijkt van DNA wit bedrukt zijn.

3

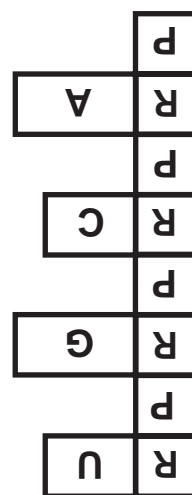
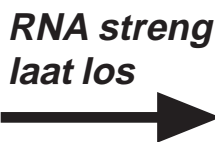
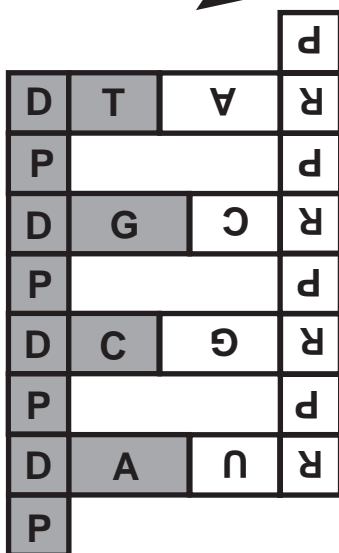
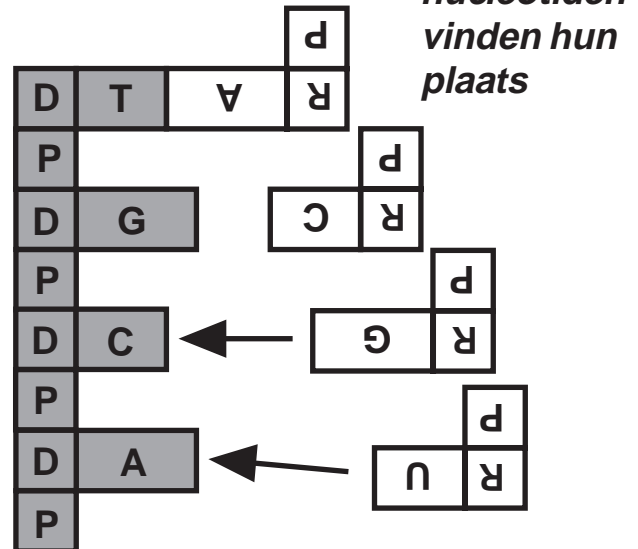
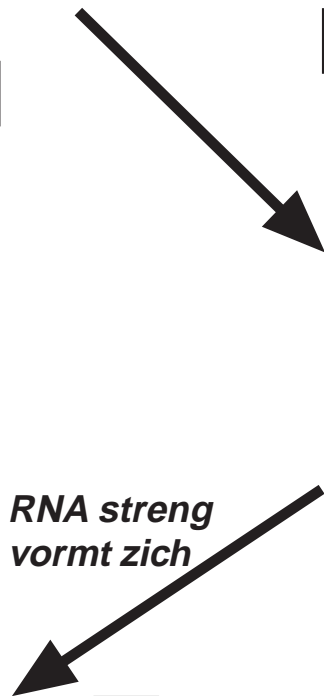
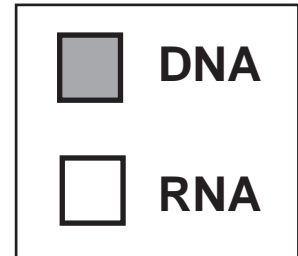
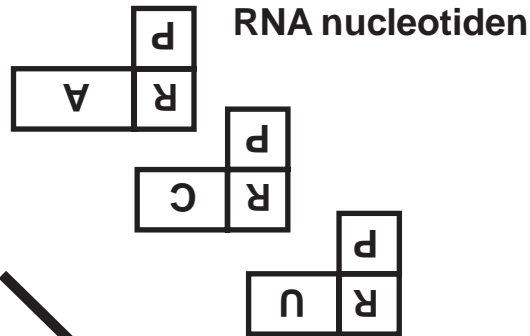
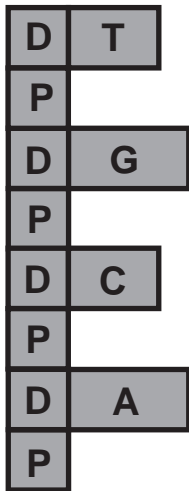
DE TRANSCRIPTIE VAN DNA

1 Basismodel



3 Overhead

DNA STRENG



en gaat de kern uit het cytoplasma in

DNA streng

RNA streng

boodschapper RNA (bRNA ofwel mRNA)

3

DE TRANSCRIPTIE VAN DNA

2 Uitgebreid Model



1 Leerlingenactiviteit

Je hebt ontdekt dat genetische informatie ligt in de volgorde van de basen in het DNA, en dat deze volgorde heel precies kan worden gekopieerd. De vraag is nu: hoe wordt deze genetische informatie gebruikt? Cellen en organismen verschillen voornamelijk in hun eiwitten, en die ontstaan weer door een heleboel reacties in het cytoplasma in de cellen. Deze reacties vinden plaats dank zij de aanwezigheid van enzymen die ook weer eiwitten zijn. Het ligt voor de hand aan te nemen zijn dat de informatie, die gecodeerd ligt in het DNA, instructies zal bevatten om eiwitten te maken. De genetische informatie die de DNA bevat moet dan gehaald worden uit de kern van de cel en gebracht naar het cytoplasma.

Leg de stukjes DNA die je gekregen hebt op de bank zodanig dat alleen de moleculaire structuren omhoog liggen. Maak van deze stukjes een **enkele streng** van DNA. Schuif dit opzij als je klaar bent, maar zorg dat het intact blijft.

Neem nu de tweede stel stukjes die je gekregen hebt en leg ze zo dat alleen de moleculaire structuren omhoog liggen.

Vraag 1 **Bekijk de nieuwe stukjes goed. Maak een lijst van zoveel mogelijk overeenkomsten en verschillen tussen de DNA-stukjes en de nieuwe stukjes. Let vooral op overeenkomsten en verschillen in de scheikundige structuur.**

Maak nucleotiden van de nieuwe stukjes. Schuif deze nucleotiden tegen de DNA-streng die je al hebt gemaakt. De DNA-streng fungeert als een mal, zodanig dat een bepaalde streng van de nieuwe stukjes wordt gevormd.

Deze nieuwe streng wordt **Ribose Nucleic Acid** (ribonucleïnezuur) genoemd (of kortweg **RNA**).

Vraag 2 **Waarom denk je dat dit Ribose Nucleid Acid wordt genoemd?**

Dit proces van omzetten van een DNA-streng in een RNA-streng wordt **transcriptie** genoemd.

Maak de RNA-streng los van de DNA-streng door de waterstofbruggen die de paren van de basen bij elkaar houden, los te 'ritsen'. De enkele streng RNA is bekend als **boodschapper RNA** (bRNA), vaker (Engels) als **messenger RNA (mRNA)** omdat het vanuit de kern door de poriën in de kernvlies gaat naar het cytoplasma, waarmee het de boodschap die in het DNA zit daarheen brengt.

Omdat deze boodschap de vorm heeft van een lineaire reeks van basen, en omdat eiwit bestaat uit een lineaire reeks aminozuren, werd gedacht dat er misschien een relatie zou bestaan tussen deze beide reeksen. Er werd ontdekt dat een bepaalde reeks van drie basen, bekend als **triplet codon**, een code was voor een bepaald aminozuur. Eiwitten bestaan uit maar 20 aminozuren; het aantal aminozuren, de eigenschappen van verschillende aminozuren, maar vooral de *volgorde* van de aminozuren bepalen het soort eiwit. Van alle 20 aminozuren heeft men het triplet codon kunnen vaststellen. Een lang stuk mRNA heeft voldoende informatie voor alle aminozuren in een eiwit en daarmee voor de vorming van het eiwit zelf.

Er moet genoeg mRNA in elke cel van een organisme zijn om voor alle eiwitten te kunnen coderen dat die cel nodig heeft; dat moet wel heel wat informatie zijn.

3

DE TRANSCRIPTIE VAN DNA

2 Uitgebreid Model



2 Aantekeningen

Deel voldoende stukjes DNA uit aan elke groep om een enkelstrengs DNA-molecule te kunnen maken. Als de tijd het toelaat zouden ze een van de strengen uit de vorige activiteit kunnen gebruiken. Overtuig u ervan dat u voor elke groep zoveel stukjes RNA hebt (aantal en type) dat ze een complementaire streng kunnen maken.

Als ze eenmaal hun DNA-streng klaar hebben, kunt u de stukjes RNA uitdelen.

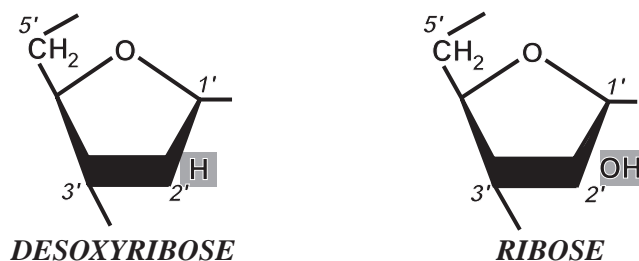
Vraag 1 *Overeenkomsten* tussen DNA en de nieuwe stukjes:

Fosfaat (phosphate), adenine, guanine en cytosine.

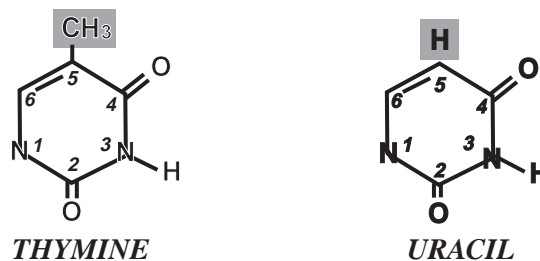
Verschillen: DNA heeft desoxyribose en de nieuwe stukjes ribose. Merk op dat ribose zwart is met witte opdruk.

De base uracil komt in de plaats van thymine, donkerblauw in plaats van lichtblauw en eveneens met witte opdruk.

Nadere beschouwing van ribose en desoxyribose maakt duidelijk dat het enige verschil is dat ribose een OH-groep heeft aan de C2' terwijl desoxyribose daar alleen maar een H-atom heeft. Daarom heet *desoxy-* (zonder oxy = zuurstof) ribonucleïnezuur ook zo.



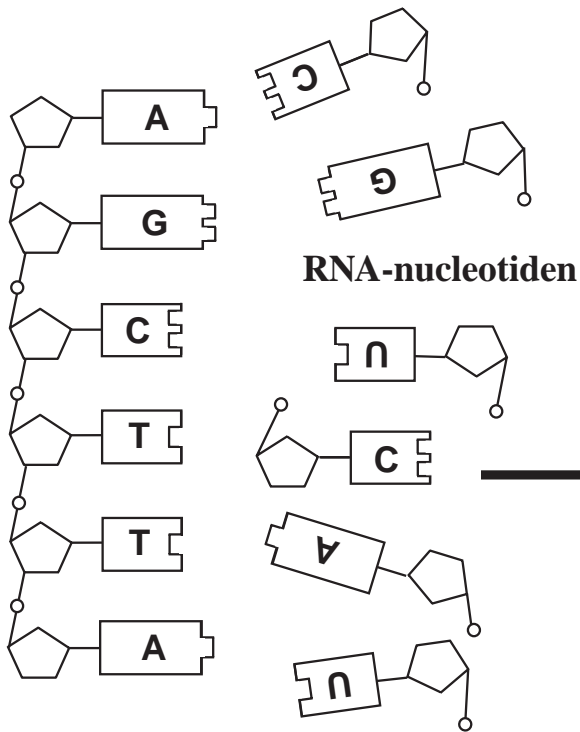
Uracil verschilt van thymine daarin dat de CH₃-groep aan C5 is vervangen door een H-atom.



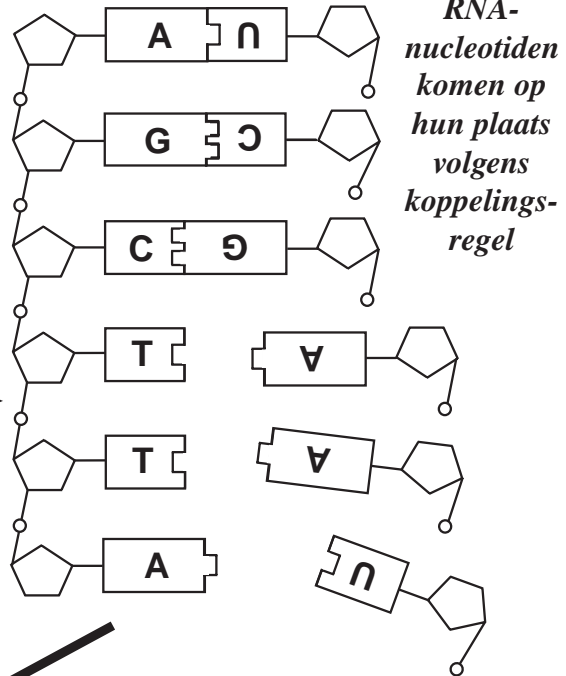
Vraag 2 Omdat het ribose bevat in plaats van desoxyribose.



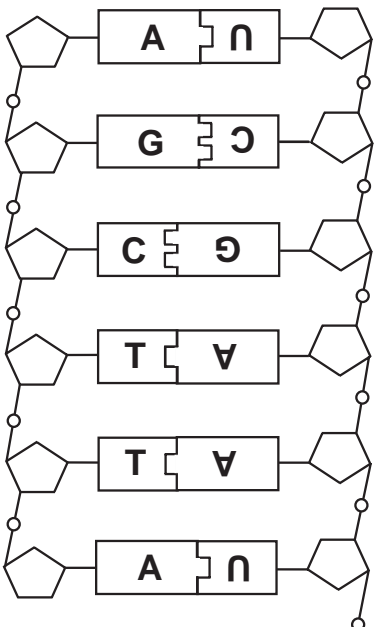
Enkele DNA-streng



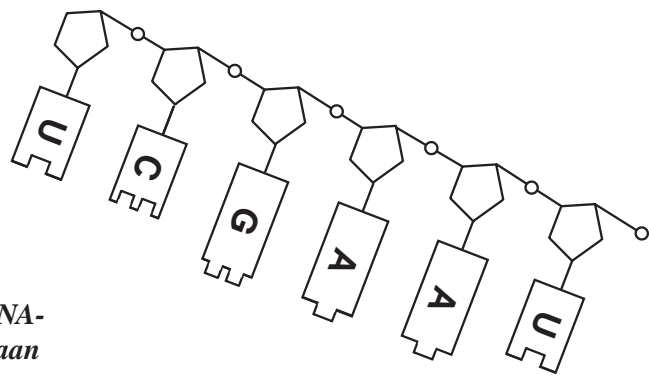
DNA-streng
fungeert als
mal



Dubbelstreng van DNA
en RNA is ontstaan



DNA- en RNA-
strengen gaan
uiteen waar
zwakke
waterstofbruggen
de basen bijeen
hielden.

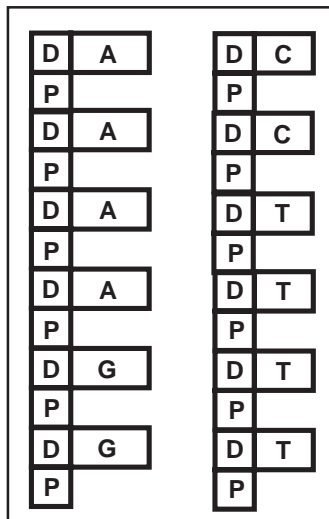


Boodschapper-RNA (messenger
RNA, mRNA) gaat de kern uit
naar het cytoplasma.

VOLGORDE VAN ACTIVITEITEN

Stukjes voor een groep bij een molecule van 6 baseparen

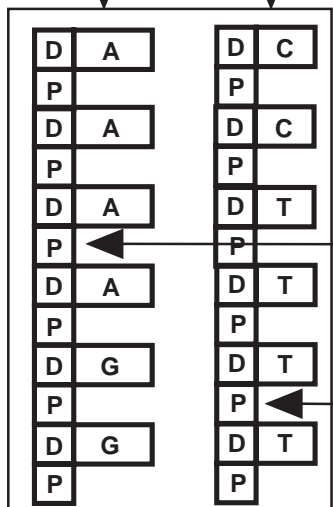
ACTIVITEIT 1 STRUCTUUR



Vereiste stukjes voor een dubbelstrengs DNA-molecule van 6 baseparen

Dit dubbelstrengs DNA kan dan worden gebruikt voor de volgende activiteit

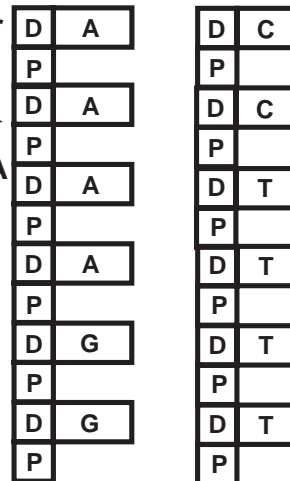
ACTIVITEIT 2 REPLICATIE



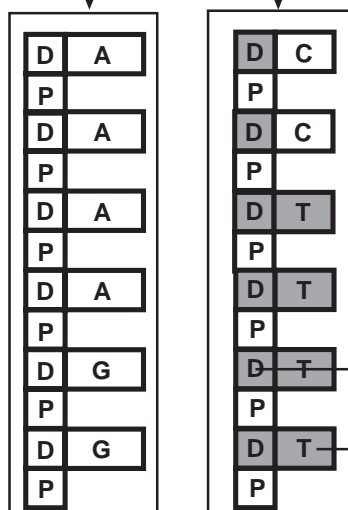
Dubbel stel stukjes per groep

Een streng van dit DNA kan voor de volgende activiteit worden gebruikt

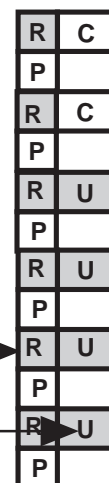
De andere streng kan worden gemodificeerd



ACTIVITEIT 3 TRANSCRIPTIE



De D's (desoxyriboses) in de tweede streng worden vervangen door R's (riboses) en de T's (thymines) door U's (uracils)



Als er voldoende tijd is kunt u alle activiteiten in een les uitvoeren.

Wilbert Garvin was jarenlang leraar biologie. Op het ogenblik is hij docent didactiek (levenswetenschappen) aan de Queen's Universiteit te Belfast. Hij is directeur van het 'Northern Ireland Centre for School Biosciences' en vanaf de oprichting lid van de EIBE.

In 1995 kreeg hij de Unilever prijs voor *Teacher Training in Biotechnology*.

Hij is auteur van een aantal boeken, waaronder drie delen van een serie: *Skills in Advanced Biology*, uitgegeven door Stanley Thornes Lrd te Cheltenham.