

## Docentenhandleiding DNA-model van flessen en blikjes



Model van de DNA-helix

*Dionisios Karounias, Evanthia Papanikolaou and Athanasios Psarreas, uit Griekenland, beschrijven hun vernieuwende model van de dubbele DNA-helix – gemaakt van flessen en blikjes!*

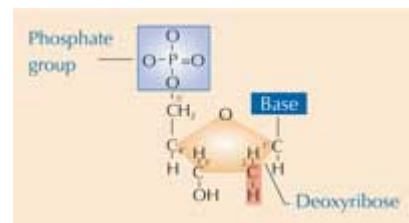
Dit project om een 3-dimensionaal model van een DNA-molecuul te maken, gebruikmakend van huis-tuin-en-keukenmateriaal, stimuleerde de interesse van de leerlingen, moedigde hen aan om samen te werken, ontwikkelde hun handigheid en liet ze de eigenschappen van materialen onderzoeken. Het project gaf ze de gelegenheid hun mening te geven en zelf een oplossing te zoeken voor problemen. Meer in het bijzonder leerden de leerlingen de structurele basiselementen van DNA kennen en hun ruimtelijke organisatie.

De Engelse tekst is vertaald door Carolien de Kovel.

### De moleculaire structuur van DNA

De basiseenheid van DNA is de nucleotide, die bestaat uit een fosfaatgroep, een suikermolecuul (desoxyribose) en een van de vier nucleo-basen (ook wel 'basen' genoemd): adenine (A), thymine (T), guanine (G) of cytosine (C).

Het DNA-molecuul bestaat uit opeenvolgende nucleotiden, gerangschikt in een dubbele helix – een gedraaide ladder – waarvan de zijden gevormd worden door de suiker en de fosfaatgroepen, en waarvan elke trede bestaat uit twee gekoppelde basen. De basenparen worden gevormd door complementaire nucleotiden: adenine vormt een paar met thymine en guanine met cytosine.



Een nucleotide



Een modelnucleotide

### Het model

Elk van de drie onderdelen van de nucleotide werden voorgesteld door ruimtelijke objecten (zie tabel 1), die verbonden werden om een dubbele helix met tien treden (basenparen) te vormen. Zie hieronder.

DNA-molecuul	Model
Fosfaatgroep	Coca Cola® blikje
Desoxyribosemolecuul	Sprite® blikje
Base	Plastic fles

**Tabel 1. Moleculaire onderdelen van DNA en de corresponderende materialen voor het model.**

## Materiaal

### *Afvalmateriaal*

Onze keuze van materialen kwam overeen met hoe algemeen ze waren in de prullenbakken van de school.

- ▶ 20 aluminium Coca-Cola® blikjes
- ▶ 20 aluminium Sprite® blikjes
- ▶ 20 plastic Coca-Cola flessen (500 ml)
- ▶ 60 rode doppen van Coca-Cola flessen
- ▶ 10 plastic Fanta® flessen (500 ml)
- ▶ 20 oranje doppen van Fanta flessen
- ▶ Een stuk dun papier of plastic van ongeveer een meter lang.

### *Overig materiaal*

- ▶ 6 m dun touw
- ▶ 20 plastic rietjes
- ▶ 20 moeren and dunne, dubbelzijdige bouten
- ▶ 4 stukken gekleurd cellofaan (blauw, groen, rood en geel) of anders vliegerpapier.

### *Gereedschap*

- ▶ Scalpel of scherp mes om de plastic flessen door te snijden
- ▶ Dikke spijker om gaten in plastic en aluminium te maken
- ▶ Klein pincet
- ▶ Nietmachine
- ▶ Twee stukken dun elektriciteitsdraad, van ongeveer 40 cm, om het touw door de rietjes te trekken.

## Methode

Eerst worden alle drie de onderdelen van de nucleotide gemaakt (desoxyribose, fosfaatgroep en base), waarbij de geometrie van het molecuul zo goed mogelijk wordt weergegeven. Daarna worden deze

onderdelen samengevoegd om nucleotiden te vormen en dan wordt de helix gemaakt.

Maak gaten in de blikjes en de doppen met dezelfde spijker. Als de spijker wordt verhit is het makkelijker om door de doppen te prikken. Kies een spijker die precies zo dik is dat een rietje door de gaten past en dan stevig vast zit, waardoor een stevige verbinding tussen de structurele elementen wordt gevormd.



### **Desoxyribose**

Desoxyribose wordt gemaakt van een Sprite blikje met drie rode doppen erop, die de koolstofatomen op positie 1', 3' en 5' voorstellen. Een oranje dop op positie 3' stelt een waterstofatoom voor, waarmee de verbinding met de volgende nucleotide wordt gemaakt.

### **Desoxyribose**



### **Fosfaat en desoxyribose**

1. Prik een gat in het Sprite blikje op de posities 1', 3', en 5', zoals hieronder te zien is.
2. Prik een gat in het midden van vier doppen (drie rode en een oranje).
3. Maak met een bout en een moer een van de rode doppen stevig vast op positie 1', zodat er een fles op geschroefd kan worden.
4. Steek twee doppen, een rode en een oranje, stevig aan het ene einde van een rietje (eerst de rode, dan de oranje).
5. Steek het rietje door de gaten 3' en 5' van het blikje.
6. Maak het blikje vast aan het rietje door dan de laatste rode dop over het rietje te schuiven op positie 5' van het blikje. Het eindresultaat is hieronder te zien.

### **Fosfaatgroep**

Prik met dezelfde spijker een gat in het midden van de bodem van het Coca-Cola blikje, dat de fosfaatgroep voorstelt. Steek het rietje dat aan het Sprite blikje zit (desoxyribose) door het Coca-Cola blikje (fosfaatgroep) zodat de bovenkant van het cola-blikje aan de kant zit van het Sprite-blikje. De fosfaatgroep zit nu aan

de desoxyribose op positie 5' (zie hieronder).

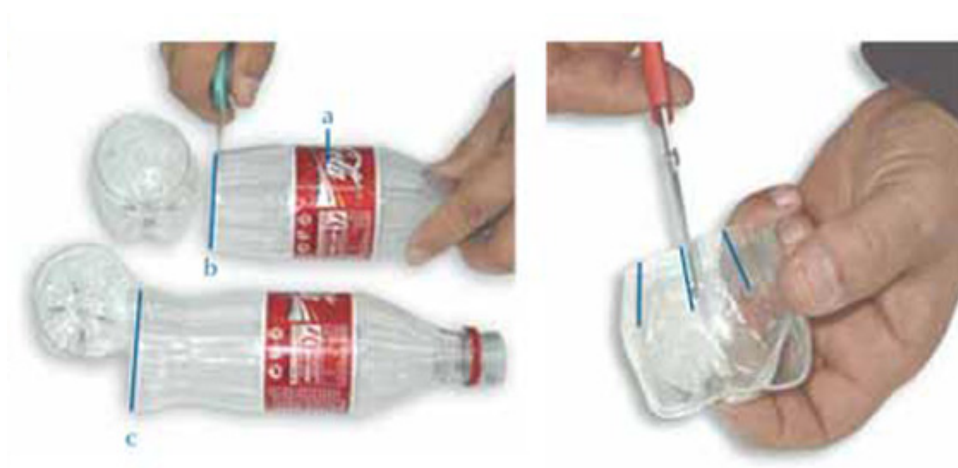
Het rietje verbindt de twee blikjes en maakt het ook gemakkelijk om later het touw door de twee blikjes te halen, waardoor de nucleotiden worden samengevoegd tot een molecuulketen. Het is daarom belangrijk het rietje niet te knikken. Om op de juiste schaal te blijven van molecuul tot model moet de afstand van de bodem van het cola-blikje tot de oranje dop 23 cm zijn.

### **Complementaire basenparen**

Nu worden de plastic flessen die de basen voorstellen bewerkt, zodat ze alleen verbonden kunnen worden met hun complementaire base (adenine met thymine en guanine met cytosine).

Snijd om twee complementaire basen te maken twee Fanta flessen en drie Coca-Cola flessen dwars door met het scalpel of de schaar. Voorzichtig!

1. Verwijder de bodem van twee Coca-Cola flessen (snede **c** hieronder)
2. Verwijder van de derde Coca-Cola fles
  - o De hals, door de fles 10 cm onder de opening door te snijden (snede **a**) en
  - o Het onderste deel van de fles, door de fles 4 cm boven de bodem door te snijden (snede **b**).
3. Maak met de schaar vijf of zes insnijdingen van 2 cm lang in de hals en de onderkant van de derde Coca-Cola fles. Deze kunnen dan open zodat andere flessen erin kunnen worden gestoken.
4. Met deze onderdelen en met het gekleurde cellofaan kunnen de structurele elementen die de basen voorstellen worden gemaakt.



**Construeren van de basen**

## Thymine (T)

Stop groen cellofaan in een Coca-Cola fles zonder bodem.

## Adenine (A)

Maak de hals van de Coca-Cola fles stevig vast aan de bodem van een Fanta fles. Stop in beide delen blauw cellofaan.

Thymine (T), dat wordt voorgesteld door de kleur groen, zit met twee waterstofbindingen aan Adenine, dat wordt voorgesteld door de kleur blauw. Duw hiervoor de blauwe nek stevig in de groene fles zonder bodem.

## Guanine (G)

Stop rood cellofaan in een Fanta fles.

## Cytosine (C)

Stop geel cellofaan in een Coca-Cola fles zonder bodem. Steek de bodem van een andere, omgekeerde Coca-Cola fles hier stevig in vast.

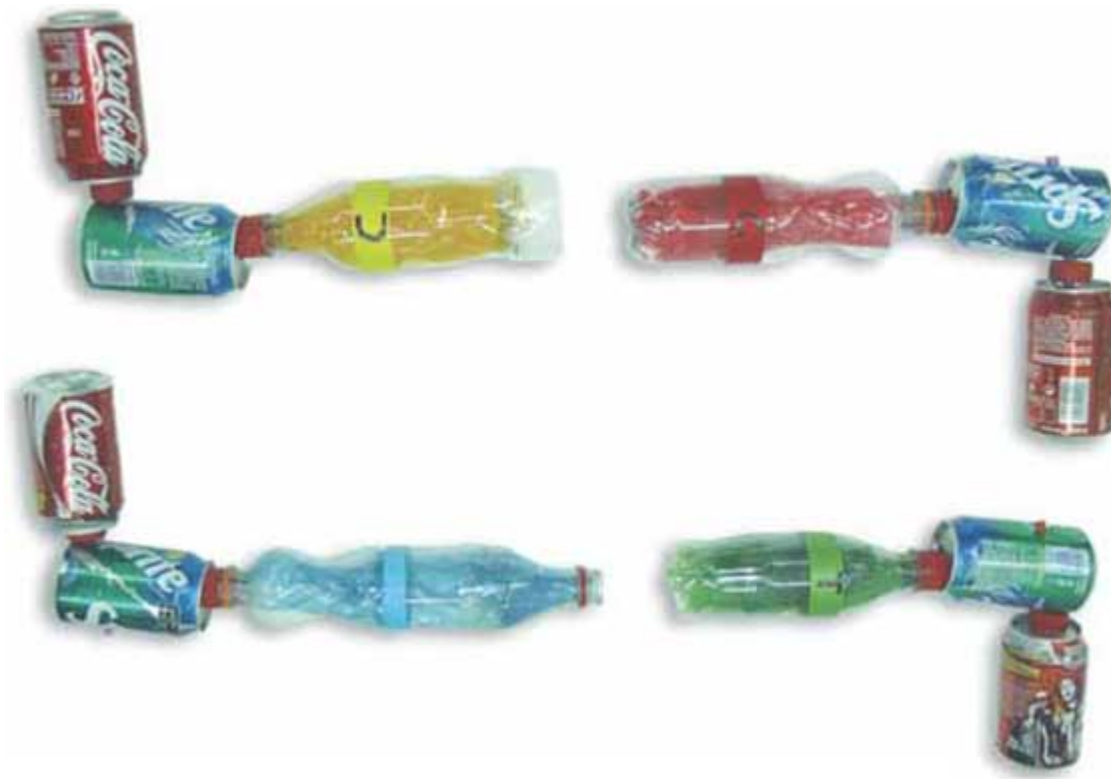
Guanine (G), voorgesteld door de kleur rood, zit met drie waterstofbindingen aan cytosine (C), dat wordt voorgesteld door de kleur geel. Open hiervoor de onderkant van de gele fles (cytosine) langs de insnijdingen zodat de bodem van de rode fles (guanine) erin past en klem stevig vast.

Vanwege de symmetrie en vanwege de schaal van het model zouden de twee paren van complementaire basen 42 cm lang moeten zijn. Elke gekleurde fles wordt in een rode dop (koolstof) op positie 1' van een desoxyribose-molecuul geschroefd. Zo worden vier verschillende nucleotiden gevormd (zie hieronder).



**Complementaire basen**

Deze manier om waterstofbindingen te modelleren maakt het mogelijk de complementaire basen eenvoudig te verbinden en weer los te maken. Dit maakt het weer gemakkelijk om de DNA-strengen te splitsen en ook om de positie van de basen te veranderen voor onderwijsdoeleinden.



### **Complementaire basenparen**

#### ***Het DNA-molecuul maken***

Als de 20 nucleotiden gereed zijn, kunnen we een dubbele helix met 10 treden maken, twee strengen van elk 10 nucleotiden. Omdat de afstand tussen het einde van het Coca-Cola blikje (de fosfaatgroep) en de oranje dop (de waterstof die verbonden wordt met de volgende fosfaatgroep) 23 cm is, wordt de streng van 10 nucleotiden 2,3 m lang.

Maak het elektriciteitsdraad vast aan ongeveer 3 meter van het touw en gebruik het stijve draad om het touw door de rietjes van de nucleotiden te rijgen, zodat we twee ketens van moleculen krijgen. De ketens worden verticaal opgehangen op 2 meter hoogte en 65 cm uit elkaar. De twee DNA-strengen worden in de richting van 5' naar 3' gelezen en zijn anti-parallel. In het model komt de richting waarin we het woord Coca-Cola lezen overeen met de richting van 5' naar 3'. In een van de strengen kunnen we dus de woorden 'Coca-Cola' van boven naar beneden lezen en in de andere van beneden naar boven. In ons model zijn de DNA-strengen dus ook anti-parallel.

We moeten ervoor zorgen dat de basen op de ene streng complementair zijn aan die op de andere streng. Adenine moet tegenover thymine komen en cytosine tegenover guanine.

Als aan al deze eisen is voldaan, bind dan een rol papier aan het einde van elke streng, zodat een dunne stok door de rol gestoken kan worden. Deze stok kan worden gebruikt om de strengen in de richting van de klok te draaien over 360 graden (zie hieronder).

	DNA molecuul	Model
Diameter	2 nm	0.65 m
Helix trede	3.4 nm	1.1 m
Helix lengte	7.14 nm	2.30 m
Helix lengte: diameter	3.57	3.53
Helix trede: diameter	1.7	1.7

**Tabel 2. Maten en verhoudingen van een DNA-molecuul en het model.**

Het model stelt een DNA-molecuul op een schaal van 320,000,000: 1; dat wil zeggen, 320 miljoen keer zo groot als in werkelijkheid. Als we een volledig DNA-molecuul van de mens met ons model zouden willen uitbeelden, dan zouden we een dubbele helix krijgen van 640,000 km lang. Die zou 16 keer rond de evenaar passen.

## Het model gebruiken in de klas

Het model werd gebouwd en gebruikt in drie fasen over een periode van een tot twee weken.

### ***Fase 1: Het model bouwen***

Leerlingen van 14 jaar volgden de bouw instructies met veel belangstelling en droegen bij aan het oplossen van praktische problemen.

### ***Fase 2: Een DNA-molecuul voorstellen***

Op het daarvoor geschikte moment in hun biologielessen kregen leerlingen van 15 jaar oud een werkblad waarop ze konden aangeven welke van de structurele materialen in het geconstrueerde model overeenkwamen met de elementen van het DNA-molecuul dat in hun leerboek stond afgebeeld. Ze stelden de dubbele keten van het model samen en draaiden die in de juiste vorm. Ze stelden veel vragen en hadden heftige en interessante discussies.

### ***Fase 3: Een DNA-molecuul kopiëren***

In hun vrije tijd en als een toneelspel, speelden de zelfde 15-jarige leerlingen dat ze bepaalde



**Ophangen van de helix**

enzymen waren en ze voerden met behulp van het model de volgende stappen uit:

1. The waterstofbindingen splitsen tussen de complementaire basen, vanaf het begin van het molecuul tot aan het zesde basen(flessen)paar.
2. De twee strengen scheiden.
3. Een begin maken met het vormen van dochterstrengen die complementair zijn aan de ouderstrengen (DNA-polymerase).
4. De overige waterstofbindingen splitsen.
5. De dochterstrengen afmaken (DNA-polymerase).
6. Nakijken op fouten en die zonodig corrigeren.



**Twisten van de helix**

### **Toelichting**

*Leerlingen leren sneller en gemakkelijker als ze actief betrokken zijn bij de lessen. Het aanleren van de structuur van DNA wordt gemakkelijker gemaakt als een ruimtelijk model wordt gebruikt. Activiteiten met gewone puzzelstukjes geven een 2-dimensionaal beeld, maar het is dan moeilijk om de vorm van het molecuul te visualiseren. Dit ingenieuze project beschrijft hoe een schaalmodel van DNA kan worden gemaakt van blikjes en flessen. Het zou niet veel moeite moeten kosten de benodigde materialen te verzamelen, aangezien de leerlingen hun blikjes en flesjes kunnen hergebruiken.*

*Het kan een goed idee zijn om een amanuensis of een leraar al wat van het voorbereidend werk te laten doen; daardoor is er minder tijd in de les nodig bovendien is het veiliger als de leerlingen niet met een hete spijker een gat in de doppen hoeven te prikken of met scherp gereedschap de flessen hoeven af te snijden. Het is ook mogelijk om het model te laten maken in een handarbeidles en vervolgens te gebruiken in de biologieles. Het werken in groepen zou zo kunnen worden opgezet dat de teams tegen elkaar racen bij het maken van het model. Het model kan worden gebruikt bij het onderwijs om DNA replicatie te demonstreren, hetzij in de mitose, hetzij in de polymerase-kettingreactie (PCR). Het feit dat het model op schaal is, help de leerlingen om de ruimtelijke relatie van de onderdelen van het DNA-molecuul te begrijpen. Het lijkt me dat de leerlingen plezier zullen beleven aan het leren over DNA met behulp van dit idee. Dat betekent weer dat de les beter zal worden begrepen en onthouden.*

**Shelley Goodman, UK**