

Creativiteit, Onderzoek, Communicatie

Jan van Eijck

CWI

jve@cwi.nl

SNB Lezing, 17 september 2008

Samenvatting

Creativiteit Hoe creëer ik iets nieuws? Hoe bedenken ik iets?

Onderzoek Hoe toets ik mijn gedachten aan de realiteit (wat dat ook moge zijn)?

Communicatie Hoe breng ik het resultaat van mijn onderzoek over op anderen?

Wat is: 'iets creëren'?

- *Iets creëren is iets scheppen uit het niets, of iets maken wat er daarvoor niet was.*
- Uit deze omschrijving valt te halen waar de *spanning* zit: er is iets niet, en ik wil dat er wel is.
- Of ook: ik kan iets niet, en ik wil het wel kunnen.
- Leren creëren begint met leren houden van de spanning van het gemis. Als alles is zoals het moet zijn hoeft er niets gecreëerd te worden.

Het creatieve proces

- Wat wil ik doen/maken/creëren (in het klein, in het groot . . .)?
- Welke richting kies ik?
- Wat is belangrijk? Wat minder belangrijk? Je kunt helderheid voor jezelf creëren (weer: in het klein, in het groot) door de dingen die je wilt doen te rangschikken in volgorde van belangrijkheid.
- Waar ben ik en waar wil ik heen? Wat is de beweging? Waar is de vaart? Vaart is belangrijk, want als er geen vaart zit in wat je doet is er geen drama, en dan wordt wat je ook aan het doen bent een dooie boel.

Het creatieve proces en creativiteit

- Wat zijn de kenmerken van creatieve mensen?
- Valt creativiteit aan te leren?
- Hoe word je een creatief denker/doener?
- Is er een principiële verschil tussen kleine dingen creëren en grote dingen creëren?
- Welke rol speelt creativiteit in Software Engineering en in Systeem- en Netwerkbeheer?
- Hoe verhoudt creativiteit zich tot productiviteit?

Literatuur

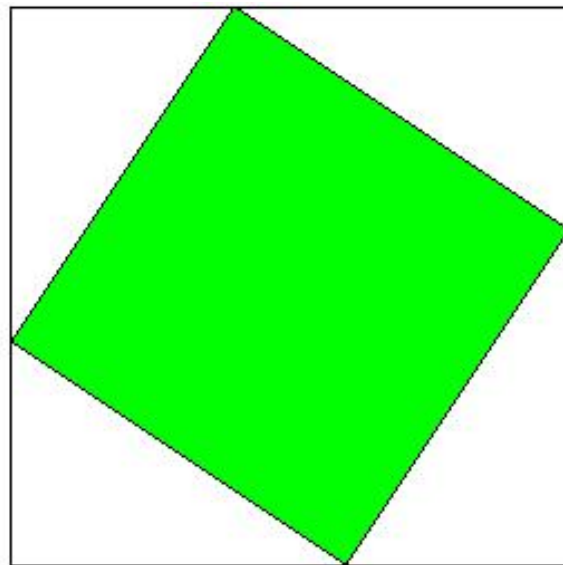
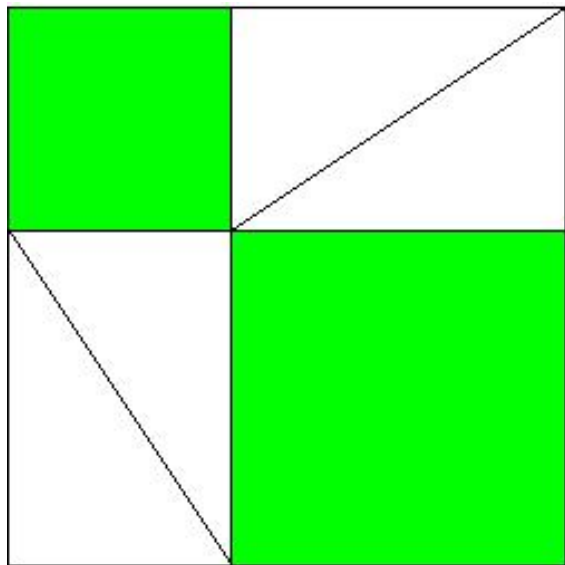
over creëren Robert Fritz, *Creating*, Ballantine Books, 1991 [5].

over problemen oplossen J.D. Bransford and B.S. Stein, *The Ideal Problem Solver: A Guide or Improving Thinking, Learning, and Creativity*, W.H. Freeman, 1984. A Scientific American Special [2].

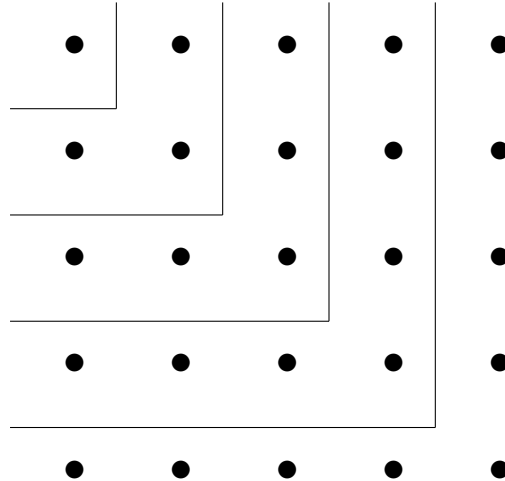
over het realiseren van optimale leerervaringen

Mihaly Csikszentmihaly, *Flow: the psychology of optimal experience*, Harper and Row, 1990 [4].

Pythagoras 'direct'

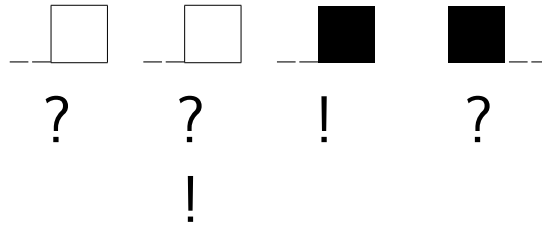


Het Gnomon: de som van de eerste n oneven getallen

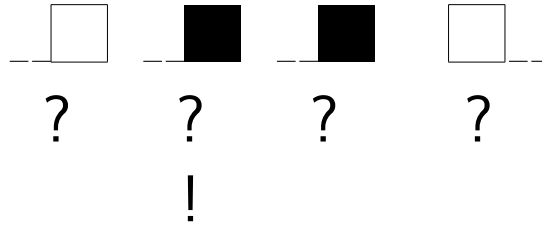


Voorbeeld: Het Petten-Raadsel

“Er zijn twee witte en twee zwarte petten.”



“Er zijn twee witte en twee zwarte petten.”



Voorbeeld: Kinderen met Stip

“Minstens een van jullie heeft een stip op het voorhoofd.”

a	b	c
○	○	●
?	?	!
!	!	

“Minstens een van jullie heeft een stip op het voorhoofd.”

a	b	c	d
○	○	●	●
?	?	?	?
?	?	!	!
!	!		

“Minstens een van jullie heeft een stip op het voorhoofd.”

a	b	c	d
○	●	●	●
?	?	?	?
?	?	?	?
?	!	!	!
!			

Voorbeeld: steentjespuzzel

In een vaas zitten 35 witte en 35 zwarte steentjes. Je gaat, zolang dat mogelijk is, als volgt te werk. Je haalt steeds twee steentjes uit de vaas.

- Als ze dezelfde kleur hebben stop je een zwart steentje terug in de vaas (er zijn voldoende extra zwarte steentjes),
- als ze verschillende kleur hebben stop je het witte steentje terug in de vaas.

Omdat er bij elke stap een steentje verwijderd wordt is er na 69 stappen nog maar één steentje over. Welke kleur heeft dat steentje? Waarom?

Voorbeeld: MU puzzel

Kun je in een eindig aantal stappen het 'woord' MI transformeren in het woord MU, door uitsluitend gebruik te maken van de volgende regels:

1. Als een rijtje in een I eindigt mag je er een U achter schrijven (bij voorbeeld: van MI naar MIU).
2. Een rijtje dat volgt op M mag worden verdubbeld: je mag Mx veranderen in Mxx (bij voorbeeld: van MIU naar MIUIU).
3. Als III voorkomt in een rijtje, dan mag je dit vervangen door U (bij voorbeeld: van MUIIIU naar MUUU).
4. Als UU voorkomt in een rijtje, dan mag je dit weghalen (bij voorbeeld: van MUUU naar MU).

Als je denkt dat het kan: laat zien hoe. Als je denkt dat het *niet* kan: laat zien waarom niet.

Het stop-probleem

Een fundamenteel inzicht uit de theoretische informatica is dat er beslissingsproblemen zijn die met geen computer zijn op te lossen. Zulke problemen heten onbeslisbaar. Een van de beroemdste onbeslisbare problemen is het zogenaamde stop-probleem. Dat dit onbeslisbaar is werd al in 1936, dus ruim voor de moderne computer werd uitgevonden, aangetoond door Alan Turing.

Turing's bewijs laat zien dat er geen algemene methode kan bestaan om van willekeurige programma's te zeggen of ze zullen stoppen, bij bepaalde invoer.

Turing maakte in zijn bewijs gebruik van een theoretisch model van een computer, later Turing machine genoemd.

Dit Ruby programma stopt altijd

```
print "Hoe heet je? "  
input = STDIN.gets.chop  
if input == 'Alan Turing'  
  print "Fantastisch\n"  
else  
  print "Jammer\n"  
end
```

Dit programma kan in een oneindige lus raken

```
print "Hoe heet je? "  
input = STDIN.gets.chop  
if input == 'Alan Turing'  
    print "Fantastisch\n"  
else  
    while not false  
        print "Jammer\n"  
    end  
end
```

We gaan nu kijken naar een bewijs van de onbeslisbaarheid van het stopprobleem in dichtvorm.

Wat doet dit programma?

```
main = putStrLn (s ++ show s)
```

```
  where s = "main = putStrLn (s ++ show s) \n  where s = "
```

Experimenten met de computer

```
Main> run 0
```

```
Program error: argument < 1
```

```
Main> run 1
```

```
[1]
```

```
Main> run 5
```

```
[5,16,8,4,2,1]
```

```
Main> run 7
```

```
[7,22,11,34,17,52,26,13,40,20,10,5,16,8,4,2,1]
```

```
Main> run 4
```

```
[4,2,1]
```

```
Main> run 21
```

```
[21,64,32,16,8,4,2,1]
```

Wat doet dit programma?

Haskell versie:

```
run :: Integer -> [Integer]
run n | n < 1 = error "argument < 1"
      | n == 1 = [1]
      | even n = n: run (div n 2)
      | odd n  = n: run (3*n+1)
```

Ruby versie:

```
def run k
  raise "argument < 1" if k < 1
  return [k] if k == 1
  return [k] + run(k/2) if k.modulo(2) == 0
  return [k] + run(3*k + 1)
end
```

Vragen

- Hoe kunnen we dit programma testen?
- Kunnen we experimenteel nagaan dat het programma altijd termineert?
- Wat heeft dit met het stop-probleem te maken?

Simuleren

Simuleren is doen alsof, maar dan zo dat je er wat van kunt leren.

- Je doet alsof je vliegt, maar je blijft in feite op de grond.
Leerdoel: Leren vliegen zonder risico
- Je doet alsof een programma operationeel is, maar dat is niet zo
Leerdoel: Nagaan of een programma voldoet, zonder risico

Simuleren is in feite: experimenteren met een *model* M van het echte ding D , en conclusies trekken over D .

Voorbeeld

Richard Feynman zit in het committee dat de crash onderzoekt van het Challenger ruimteveer (1986). In een TV uitzending waarin de commissie verslag uitbrengt houdt hij een van de O-ringen van de brandstoftanks in een glas ijswater, en demonstreert dat die ring niet meer terugveert als hij hem indrukt.

With this now famous, simple, desktop demonstration Feynman showed that responsibility for the disaster lay largely with NASA managers who ignored their engineers' warnings to abort a launch because of the unusually cold temperature that morning, twenty-nine degrees Fahrenheit (the lowest temperature at any previous launch had been fifty-three degrees Fahrenheit). [7]

($29^{\circ}\text{F} = -2^{\circ}\text{C}$, $53^{\circ}\text{F} = 11^{\circ}\text{C}$.)

Evaluieren

- Wanneer zijn de conclusies uit een simulering correct?
- Lijkt het model M genoeg op het echte ding D ?
- Hoe kom je erachter dat een simulering incorrecte resultaten geeft?

Empirische toetsing, wat is dat?

- 'Empirisch' betekent: gebaseerd op waarnemingen, gegevens, experimenten.
- De filosoof René Descartes dacht dat alle wetenschappelijke problemen door helder denken kunnen worden opgelost. "Als ik iets zonneklaar inzie, dan moet het waar zijn." Dit reduceert in feite alle wetenschap tot wiskunde.
- Empirie is 'datgene wat zich *buiten* de waarnemer bevindt, datgene waar de waarnemer met alleen denken geen vat op krijgt.

Fouten in software opsporen m.b.v. de wetenschappelijke methode

Ofwel: Empirische toetsing in de informatica

- Goedkoper dan in de meeste andere empirische wetenschappen
- Volledige zeggenschap over de opzet van de experimenten en waarnemingen
- Reproduceerbaarheid: computers zijn in principe deterministisch, dus elk experiment kan worden herhaald.
- Je hoeft er geen aapjes of kikkers voor op te offeren.

De Empirische Cyclus

1. Exploreren
2. Hypothesen opstellen
3. Testen
4. Analyse van de testresultaten
5. Conclusies trekken, en . . . terug naar 1.

Experimenten ontwerpen

- Wat is de hypothese die wordt getoetst?
- Wat is de experimentele procedure?
- Wat zijn de gegevens die je wilt verzamelen?
- Is bij elke testuitkomst duidelijk wat hij zegt over de hypothese?
- Hoeveel gegevens heb ik nodig? Heb ik genoeg? Heb ik niet teveel?
- Bedenk hoe de testresultaten moeten worden geïnterpreteerd.
- Wees bedacht op onvoorziene uitkomsten: die kunnen tot nieuwe hypothesen leiden.
- Elk experiment moet een poging zijn om een vooraf geformuleerde vraag te beantwoorden. Zonder vraagstelling vooraf heeft testen geen zin.

Manipulatie Experimenten, en hun rol bij Testen en Debuggen

- Onafhankelijke variabele x (b.v., $x =$ grootte van het woordenboek).
- Afhankelijke variabele y (b.v., $y =$ snelheid van het zoekalgoritme).
- Hypothese: y hangt (op een of andere manier) af van x .
- Manipulatie experiment: x veranderen, y meten of registreren.
- Toepassen hiervan bij Testen en Debuggen: zie Zeller [8].
- Verdere literatuur: Cohen [3].

Empirie in Software Engineering

- Computer programma's zijn formele objecten.
- Betekent dit dat we ze alleen met formele middelen moeten benaderen?
 - Nee, want formele analyse is vaak te moeilijk.
 - Nee, want sommige vragen die we erover kunnen stellen zijn 'proefondervindelijk' van aard.
- Het gedrag van complexe systemen kan worden beschouwd als 'empirisch gegeven'.

Communicatie

Taal Oefen je in het schrijven van correct Nederlands (of Engels).

Structuur Kies voor een bepaalde opbouw en houd je daaraan.

Gebruik alinea's als bouwstenen.

Volgorde van presenteren De volgorde van *presenteren* hoeft niet hetzelfde te zijn als die van *bedenken*.

Werkwijze Schrijven, laten bezinken, herschrijven.

Ga er niet van uit dat wat je schrijft in één keer goed is.

Hulpmiddelen

- Vraag anderen om commentaar
- Stijl-handboeken: zeer goed beknopt stijl-boekje: W. Strunk and E.B. White, *The Elements of Style*, Macmillan [6]

- Spelling checkers, gespecialiseerde woordenboeken, b.v. [1].
- Engels woordenboek: A.S. Hornby, Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English, Oxford
- Engelse grammatica online (met heel veel oefeningen): <http://www.ucl.ac.uk/internet-grammar/>
- Goed boek over veelgemaakte fouten bij het gebruik van het Engels: Michael Swan, *Practical English Usage*, Oxford University Press, Oxford (vele drukken).

Leren van hoe het niet moet

How to Write a Scientific Paper

E. Robert Schulman

Charlottesville, Virginia

Abstract

We (meaning I) present observations on the scientific publishing process which (meaning that) are important and timely in that unless I have more published papers soon, I will never get another job. These observations are consistent with the theory that it is difficult to do good science, write good scientific papers, and have enough publications to get future jobs.

Voor de rest, zie:

<http://members.bellatlantic.net/~vze3fs8i/air/airpaper.html>

Structuur van een wetenschappelijk betoog

Titel

Inhoudsopgave

Samenvatting

Inleiding

Betoog

Belang, Beperkingen

Context

Hoe verder

Dank aan...

Literatuur

Titel

- De kortst mogelijke omschrijving

Voorbeeld: *Leaf Trees*

- Titel + subtitel = Context + onderwerp

Voorbeeld: *MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS*

—

A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

- Slogan + onderwerp

Voorbeeld: *Scrap Your Boilerplate:*

A Practical Design Pattern for Generic Programming

Samenvatting

- Kernwoorden
- Kernzinnen die kernwoorden met elkaar verbinden
- Voorbeeld:

We wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

Inleiding

- Wat heb ik te zeggen?
- Tot welk publiek richt ik mij?
- Wat wordt de lezer al verondersteld te weten?
- Hoe is het nu volgende betoog opgebouwd?
- Wat kan de lezer eventueel overslaan?

Betoog

- Wat heb ik gedaan?
- Welke methode heb ik gebruikt en waarom?
- Wat waren de belangrijkste resultaten?
- Wat valt hieruit te leren?

Belang, Beperkingen

- Wat is het belang van wat ik heb gedaan?
- Wat heb ik verzuimd te doen, en waarom?
- Waar ben ik vastgelopen, en hoe kwam dat?
- Welke problemen voorzie ik bij verdere uitwerking?

Context

- Wie heeft zich eerder met dit onderwerp beziggehouden?
- Wat hebben die anderen over het onderwerp gezegd?
- Met wat daarvan ben ik het eens of oneens, en waarom?
- Hoe verhoudt mijn bijdrage zich tot wat anderen hebben gezegd?

Uitleiding

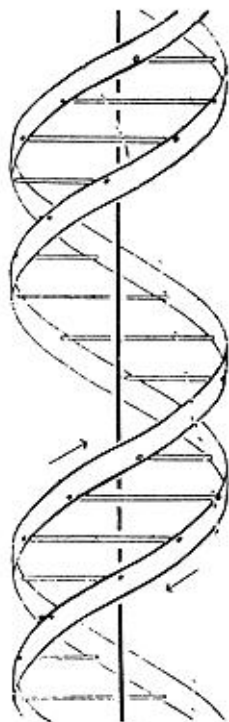
- Hoe nu verder?
- Wat betekent dit?
- Waar is meer informatie te vinden?

Voorbeeld

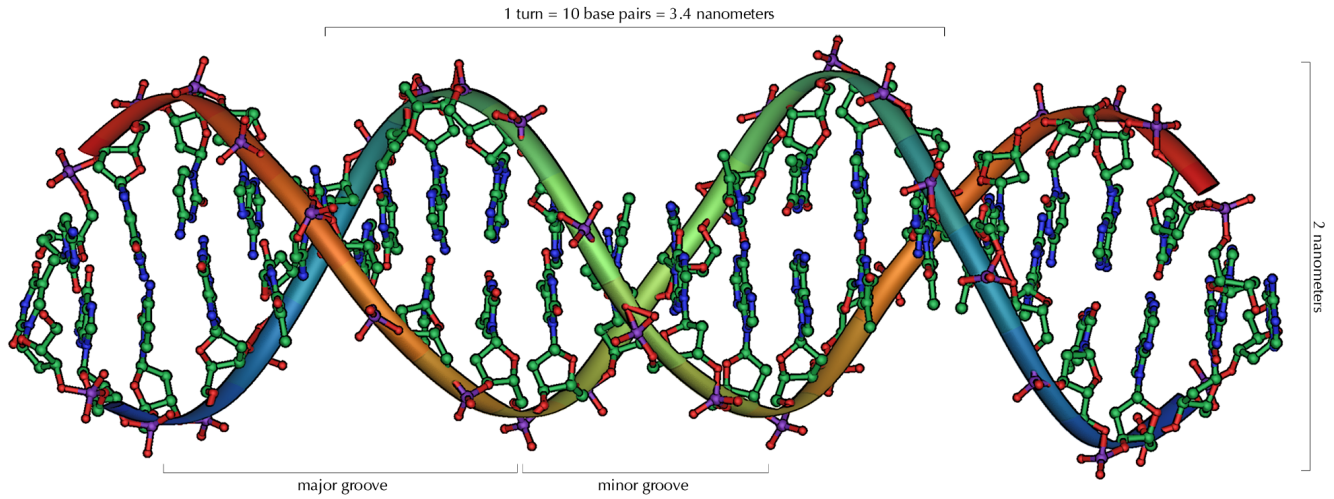
2 April 1953

MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate—sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis



[intro]

We wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

[context]

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey (1). They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons: (1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment

on it.

[betoog]

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate diester groups joining -D-deoxyribofuranose residues with 3',5' linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's² model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's 'standard configuration', the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There is a residue on each every 3.4 Å. in the z-direction. We have assumed an angle of 36° between

adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 Å. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 Å. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.

The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical z-co-ordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows : purine position 1 to pyrimidine position 1 ; purine position 6 to pyrimidine position 6.

[gevolgen]

If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are : adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine ; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

[empirische ondersteuning]

It has been found experimentally (3,4) that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ration of guanine to cytosine, are always bery close to unity for deoxyribose nucleic acid.

It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact. The previously published X-ray data (5,6) on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in the following communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereochemical arguments.

[belang]

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

[verwijzingen, dank]

Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on interatomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin and their co-workers at King's College, London. One of us (J. D. W.) has been aided by a fellowship from the National Foundation for Infantile Paralysis.

J. D. WATSON F. H. C. CRICK

Medical Research Council Unit for the Study of Molecular Structure of Biological Systems, Cavendish Laboratory, Cambridge. April 2.

[literatuur]

1. Pauling, L., and Corey, R. B., *Nature*, 171, 346 (1953); *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.*, 39, 84 (1953).
2. Furberg, S., *Acta Chem. Scand.*, 6, 634 (1952).
3. Chargaff, E., for references see Zamenhof, S., Brawerman, G., and Chargaff, E., *Biochim. et Biophys. Acta*, 9, 402 (1952).
4. Wyatt, G. R., *J. Gen. Physiol.*, 36, 201 (1952).
5. Astbury, W. T., *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1, *Nucleic Acid*, 66 (Camb. Univ. Press, 1947).
6. Wilkins, M. H. F., and Randall, J. T., *Biochim. et Biophys. Acta*, 10, 192 (1953).

VOL 171, page737, 1953

Referenties

- [1] H. Biemond. *Woordenboek Automatisering*. Koninklijke PBNA, 1985 (tweede druk).
- [2] J.D. Bransford and B.S. Stein. *The Ideal Problem Solver: A Guide for Improving Thinking, Learning, and Creativity*. W.H. Freeman, 1984. A Scientific American Special.
- [3] P. Cohen. *Empirical Methods for Artificial Intelligence*. MIT Press, 1995.
- [4] Mihaly Csikszentmihaly. *Flow: the psychology of optimal experience*. Harper and Row, 1990.
- [5] R. Fritz. *Creating*. Balantine Books, 1991.
- [6] W. Strunk Jr. and E.B. White. *The Elements of Style*. Macmillan, 1979 (third edition).

- [7] L. Mlodinow. *Some time with Feynman*. Penguin, 2003.
- [8] Andreas Zeller. *Why Programs Fail: A Guide to Systematic Debugging*. Morgan Kaufmann, 2005.