



△ De vier wortels van Empedocles

Ca. 450 v.C.

VIER WORTELS

De Griekse filosoof Empedocles van Akragas bracht als eerste de theorie naar voren dat alles in de natuur bestond uit de vier wortels (ofwel elementen) aarde, lucht, vuur en water, en uit twee basis-krachten of principes: liefde en strijd. Hij verwierp Parmenides' idee dat verandering onmogelijk was en suggereerde dat de wisselwerking tussen wortels en krachten de oorzaak was van verandering in het universum.

Ca. 420 v.C.

HET CONCEPT VAN ATOMEN

De Griekse filosoof Democritus van Abdera ontwikkelde het concept dat het universum bestaat uit een oneindig aantal kleine objecten die niet kunnen worden verdeeld of gewijzigd. Hij noemde deze deeltjes atomen ('onsnijdbaar') en geloofde dat hun verschillende vormen bepalend waren voor het soort materie dat ze vormden.



△ Democritus

Ca. 400 v.C. De Griekse wetenschapper **Philolaus van Croton** meent dat de aarde niet in het centrum van de kosmos staat, maar (samen met de planeten en de zon) rond een 'centraal vuur' reist

500 v.C.

Ca. 480 v.C. **Parmenides van Elea**, een Griekse filosoof, stelt dat verandering een logische onmogelijkheid is

Ca. 400 v.C.

LICHAAMSSAPPEN

De Griekse arts Hippocrates van Kos geloofde dat het lichaam vier basissubstanties of *humores* had - bloed, slijm, gele gal en zwarte gal - en dat een disbalans daartussen de oorzaak was van ziekte. Hippocrates en zijn volgelingen schreven diëten, oefeningen en medicijnen voor om het evenwicht van de lichaamssappen te herstellen. Zo werden koude baden gebruikt om slijmvorming te stimuleren en door gele gal veroorzaakte koorts te bestrijden. De vier *humores* werden later ook gekoppeld aan vier temperamenten.

‘Wanneer de aderen worden geblokkeerd door het slijm en geen lucht krijgen, verliest de mens zijn spraakvermogen en intellect en worden de handen machteloos.’

HIPPOCRATES VAN KOS, OVER DE HEILIGE ZIEKTE (EPILEPSIE), CA. 400 v.C.



△ Afbeelding van melancholie, gekoppeld aan zwarte gal



Ca. 375 v.C.

HEMELSFEREN

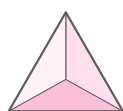
De Griekse astronoom Eudoxus van Cnidus ontwikkelde een theorie van hemelsferen om de waargenomen onregelmatige bewegingen van sommige planeten te verklaren. In zijn stelsel bevond de aarde zich in het centrum van het zonnestelsel, waar de zon, de maan, de planeten en de sterren omheen draaiden. De zon en de maan bewogen zich binnen drie sferen; de andere vijf planeten (de Grieken kenden alleen Venus, Mercurius, Mars, Saturnus en Jupiter) hadden er vier, waarmee ze aan de polen verbonden waren en waarbinnen ze zich bewogen. De sterren bevonden zich langs de 27ste en laatste hemelsfeer.

Eudoxus van Cnidus geloofde dat er 27 hemelsferen bestonden.

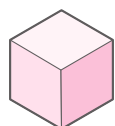
Ca. 360 v.C. De Griekse
astronoom **Heraclides
Ponticus** stelt dat de wereld
elke dag om haar as draait

351 v.C.

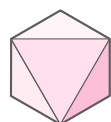
Ca. 385 v.C. De theorie van Archytas van Tarente over harmonieën legt de link tussen toonhoogte en de lengte van de snaar of pijp die de toon voortbrengt



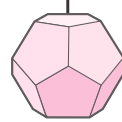
△ Een tetraëder
heeft vier drie-
hoekige vlakken.



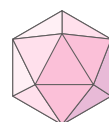
△ Een kubus
heeft zes vier-
kante vlakken.



△ Een octaëder
heeft acht drie-
hoekige vlakken.



△ Een dodecaëder
heeft twaalf vijfhoekige
vlakken.



△ Een icoesaëder
heeft twintig
driehoekige vlakken.

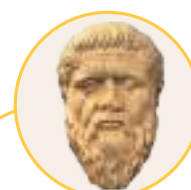
Ca. 360 v.C.

PLATONISCHE LICHAMEN

De Griekse filosoof Plato ontwikkelde het idee dat alle materie uit vijf regelmatige veelvlakken bestond. Hij koppelde dat aan de traditionele vierelemententheorie, waarbij de tetraëder verbonden was met vuur, de octaëder met lucht, de icoesaëder met water, de hexaëder (de kubus) met aarde, en de dodecaëder met het universum (de twaalf vlakken zijn verbonden met de twaalf sterrenbeelden). Plato geloofde dat verschillende combinaties van de veelvlakken verschillende elementen creëerden.

Plato's lichamen

De vlakken van de vijf platonische lichamen bestaan uit regelmatige vormen (driehoeken, vierkanten of vijfhoeken). Plato zag in deze symmetrie een bouwsteen van het universum.



428–347 v.C.

PLATO

Plato, een leerling van Socrates, stichtte in Athene een filosofische school, de Academie. In zijn filosofie werd aangenomen dat ideale vormen werden weerspiegeld in inferieure aardse equivalenten.

▷ **Astrolabium** uit het 11de-eeuwse Spanje



Ca. 750
HET ASTROLABIUM

Het astrolabium was uitgevonden en ontwikkeld in het hellenistische Griekenland, en was een onschatbaar hulpmiddel bij astronomische berekeningen. Het werd enthousiast gebruikt door islamitische astronomen, die het ontwerp verder verfijnden. De eerste islamitische verhandeling over het astrolabium, door Ibrahim al-Fazari, verscheen halverwege de 8ste eeuw in Bagdad.

▽ **Jabir ibn Hayyan (Geber)**



Ca. 770-99
DE CLASSIFICATIE VAN STOFFEN

Jabir ibn Hayyan (ook bekend onder zijn Latijnse naam Geber) verwierf faam als ‘de vader van de Arabische alchemie’. Er worden talrijke verhandelingen over alchemie aan hem toegeschreven, zoals theorieën over de classificatie van stoffen in bijvoorbeeld metalen en niet-metalen, en het onderscheid tussen zuren en basen en hun respectievelijke eigenschappen (zie *hieronder*).

Ca. 770 Al-Asmai, een geleerde uit de Basra-school in Irak, is een pionier op het gebied van de islamitische studie van zoölogie en dierlijke anatomie

Ca. 810 Het Bayt al-Hikmah of ‘Huis der Wijsheid’, een openbare bibliotheek en academie, wordt gesticht in Bagdad

762 Bagdad, de eerste geplande islamitische stad, wordt gesticht; het wordt al snel een centrum van wetenschap en onderzoek

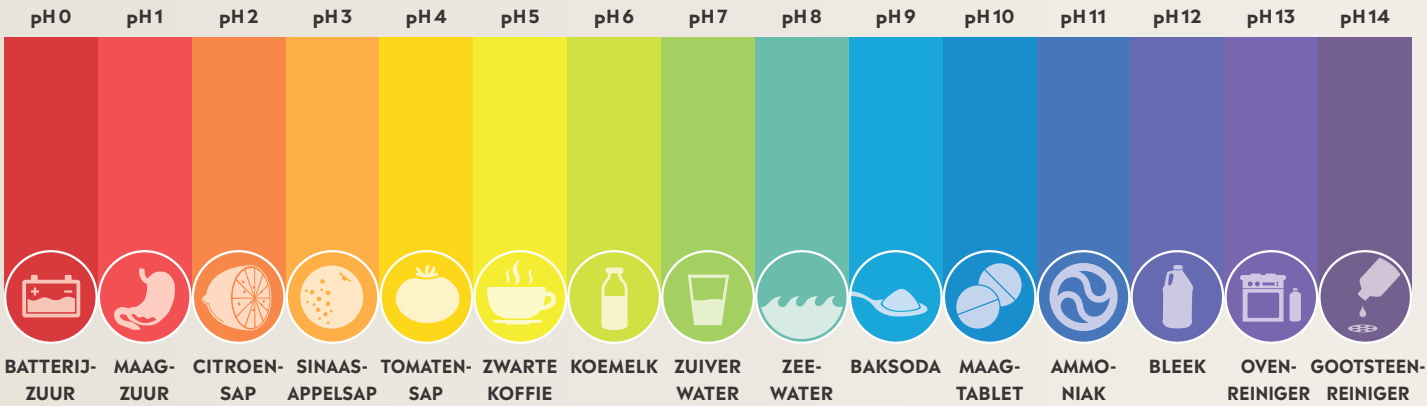
805 Jabril ibn Bukhtishu volgt zijn grootvader Jurjis op als arts aan het hof van Al-Mansoer en sticht het eerste ziekenhuis in Bagdad

750

ZUREN EN BASEN

Stoffen die waterstofionen (H+) afstaan, worden zuren genoemd, terwijl stoffen die deze kunnen opnemen basen worden genoemd. Zuren en basen neutraliseren elkaar, waarbij zout en water ontstaan. Veelvoorkomende zuren vind je bijvoorbeeld in citroensap en azijn, terwijl basen in bakpoeder en bleekmiddel zitten. Zuren en basen worden gedetecteerd met behulp van indicatoren (zoals lakmoespapier) en hun sterkte wordt bepaald door de pH-schaal.

De pH-schaal
De relatieve sterkte van een zuur of base wordt weergegeven op de pH-schaal, die de concentratie waterstofionen in een oplossing aangeeft. Het bereik loopt van 0 (het zuurst) tot 14 (een sterke base).





△ De Diamantsoetra uit China

868

BOEKEN IN HOUTBLOKDRUK

Het oudst bekende gedrukte boek, een Chinese editie van de *Diamantsoetra*, een boeddhistische tekst vertaald uit het Sanskriet, werd in 1907 in China ontdekt. Het blokboek, gedateerd op 11 mei 868, is waarschijnlijk niet het eerste in zijn soort, aangezien de kwaliteit van de druk suggereert dat de techniek al langer werd beoefend, maar het is wel het oudste dat bewaard is gebleven.

Ca. 820-845 In het Huis der Wijsheid

vertaalt en becommentarieert Al-Kindi
Griekse en Indiase teksten en schrijft hij over
verschillende wetenschappelijke onderwerpen

Ca. 890

DE DISTILLATIE VAN ALCOHOL

De Perzische homo universalis en arts al-Razi, ook bekend onder zijn Latijnse naam Rasis, was een fervent beoefenaar van experimentele wetenschap. Tijdens zijn experimenten perfectioneerde hij een techniek om alcohol uit wijn te distilleren met behulp van een alambiek waarin de wijn werd verhit. De wijndampen condenseerden vervolgens in de tuit van de alambiek en het resulterende distillaat, de alcohol (van het Arabische *al kuhl*, wat 'essentie' betekent), werd opgevangen.



◁ Vroege Arabische alambiek

899

Ca. 855 Alchemisten in China

beschrijven de ontdekking van
buskruit, gemaakt van een mix van
zwavel, koolstof en salpeter

876 Voor het eerst leggen Indiase wiskundigen

op een inscriptie een
specifiek symbool voor nul vast, in plaats
van een simpele spatie of punt

▽ Al-Chwarizmi's algebra



‘We zouden ons niet moeten schamen
om de waarheid te erkennen,
ongeacht de herkomst ervan.’

AL-KINDI, HET BEGIN VAN DE FILOSOFIE, CA. 840

Ca. 830

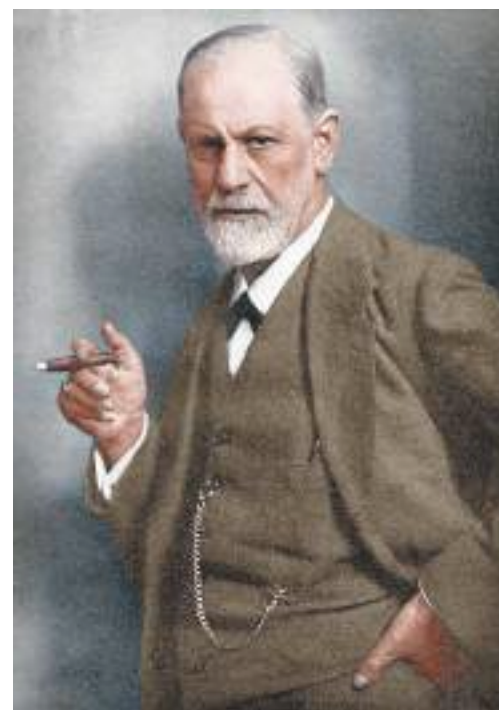
REKENEN MET ALGEBRA

Een van de geleerden van het Huis der Wijsheid in Bagdad was de Perzische homo universalis Al-Chwarizmi, wiens *Het beknopte boek over rekenen door voltooiing en vergelijking* een fundamentele tekst werd in de opkomende algebra. Hierin legt hij systematische methodes uit om met numerieke getallen lineaire en kwadratische vergelijkingen op te lossen. Het moderne woord voor deze discipline, algebra, komt van het Arabische *al-jabr* (voltooiing) in de titel van zijn verhandeling.

1900

HET ONBEWUSTE

De Oostenrijkse neuroloog Sigmund Freud was pionier van de psychoanalyse; hij probeerde de menselijke persoonlijkheid te begrijpen. Hij studeerde geneeskunde in Wenen en Parijs en opende een praktijk in Wenen, waar hij patiënten behandelde die aan zenuwaandoeningen leden. In 1900 publiceerde Freud zijn belangrijke werk *De droomduiding*. In dit boek analyseerde hij dromen en verklaarde hun betekenis in relatie tot onbewuste ervaringen en verlangens.



△ Sigmund Freud

‘De interpretatie van dromen is de snelste weg naar kennis over de onbewuste activiteiten van de geest.’

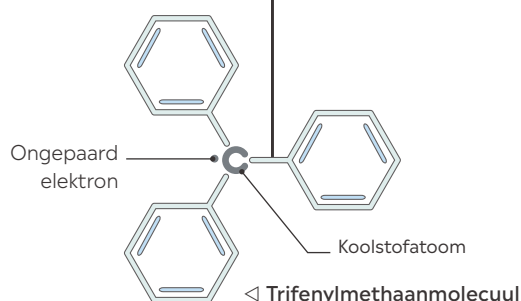
SIGMUND FREUD, DE DROOMDUIDING, 1900

1900

1900 De Brit Owen Richardson beseft dat de elektrische lading van verhit metaal door het vrijkomen van elektronen wordt veroorzaakt

1900 De Franse fysicus Paul Villard ontdekt een derde soort straling bij radioactieve stoffen – gammastraling

1900 De Franse fysicus Henri Becquerel ontdekt dat bètastraling uit deeltjes bestaat met dezelfde massa en lading als elektronen



1900

STABIELE VRIJE RADICAAL ONTDEKT

De Oekraïens-Amerikaanse scheikundige Moses Gomberg isoleert als eerste een stabiele organische vrije radicaal, in de verbinding trifenylnmethaan. Het centrale koolstofatoom in het molecuul heeft maar drie bindingen in plaats van de gebruikelijke vier, en heeft daardoor een ongepaard elektron. Deze ontdekking leidde tot het besef dat de vrije elektronen van radicalen voor de hoge reactiviteit zorgen. Radicalen zijn erg belangrijk bij tal van chemische reacties.



△ De kleur van het licht van hete kolen hangt af van de temperatuur.

1900

ENERGIEKWANTA

Max Planck stelde een vergelijking op die het spectrum van golflengtes verklaart dat uitgezonden wordt door zwarte lichamen, die straling perfect absorberen en uitzenden. Plancks vergelijking is gebaseerd op het bestaan van ‘pakketjes’ energie, de kwanta, die essentieel zijn voor de kwantumtheorie.



1858-1947
MAX PLANCK

Planck werd geboren in de Duitse stad Kiel en verhuisde op zijn negende naar München, waar hij wis- en natuurkunde studeerde. Het grootste deel van zijn carrière was hij hoogleraar theoretische natuurkunde aan de Friedrich-Wilhelms-Universiteit, Berlijn.

1901

MUTATIETHEORIE

Het proces van 'mutationisme' werd in 1901 bedacht door de Nederlandse geneticus Hugo de Vries als een verklaring voor evolutie. Het idee was in tegenspraak met Charles Darwins theorie van geleidelijke evolutie door natuurlijke selectie omdat er plotselinge sprongen voor nodig waren - veranderingen in organismen waarmee nieuwe soorten ontstonden. Bij zijn onderzoek bij de teunisbloem zag De Vries nieuwe vormen opeens verschijnen, hij noemde ze mutaties. Hij stelde vervolgens dat nieuwe soorten ook plotseling konden ontstaan. Latere studies ontcrachtten de mutatietheorie en gaven steun aan Darwins ideeën.

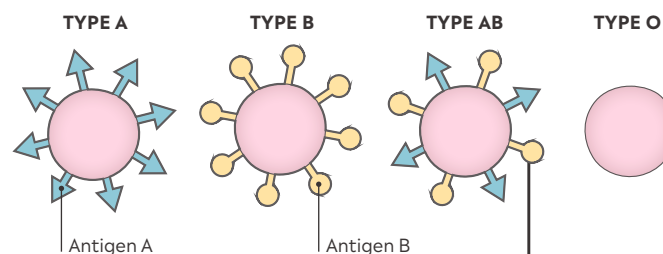
▷ Teunisbloembladeren bestudeerd door De Vries



1901

BLOEDGROEPEN

De eerste bloedtransfusies waren soms een succes, maar vaker leidden ze tot complicaties en zelfs sterfte. De Oostenrijkse fysioloog Karl Landsteiner ontdekte de reden. Hij toonde aan dat er verschillende typen menselijke rode bloedcellen zijn, en dat voor een veilige bloedtransfusie de bloedgroepen compatibel moeten zijn.

**Bloedgroepen**

Er zijn vier hoofdgroepen bloed - A, B, AB en O, bepaald door de aanwezigheid van antigen A, antigen B, beide antigenen of geen antigen. Elke groep kan daarnaast resuspositief of -negatief (resus = Rh).

1901 De Franse chemicus Victor Grignard weet met magnesiumverbindingen nuttige organische verbindingen te maken

1901

1900 Het edelgas radon

wordt ontdekt door de Duitse scheikundige Friedrich Dorn; het is sterk radioactief

1900 De Engelse bioloog

William Bateson gebruikt als eerste de term 'genetica' en pioniert in het vakgebied

1901 De Italiaanse uitvinder

Guglielmo Marconi zegt radiosignalen over de Atlantische Oceaan te hebben gezonden

**1901
DE OKAPI**

De okapi (*Okapia johnstoni*), een verwant van de giraffe, leeft in bossen op een hoogte van 500-1500 m in de Democratische Republiek Congo, en vroeger ook in Oeganda. Hij lijkt op een giraffe, maar met een veel kortere nek, een vrijwel geheel bruin lijf en zebra-achtige strepen op de poten. Lang was het dier alleen bekend uit verhalen en legenden; hij werd in 1901 voor het eerst officieel beschreven door de Engelse zoöloog Philip Lutley Sclater.

▷ Okapi



Kwantumcomputers

Bepaalde kwantumfenomenen, zoals de mogelijkheid van een deeltje om in twee toestanden tegelijk te bestaan, kunnen voor computers worden gebruikt.

Kwantumcomputers kunnen sommige problemen oplossen die te complex zijn voor gewone computers.



KWANTUMFYSICA

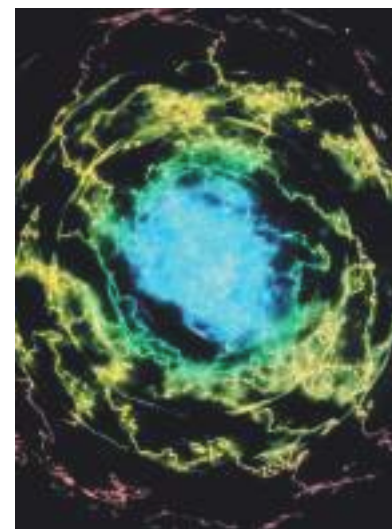
Op de schaal van atomen en subatomaire deeltjes maakt het soort gedrag dat we uit het gewone leven kennen plaats voor gedrag dat tegen het gezond verstand ingaat. Dat is de wereld van de kwantumfysica. Op die schaal kan materie zich als golven gedragen en licht kan zich als deeltjes gedragen vanwege het fenomeen van de golf-deeltje-dualiteit (zie blz. 84).

Centraal in de kwantumfysica staat het concept 'kwantisatie'. Als iets gekwantiseerd is, bestaat er een minimumhoeveelheid van (een kwantum) en alle hoeveelheden ervan zijn een geheel aantal maal het kwantum. De kwanta van licht heten fotonen.

Een ander belangrijk kenmerk van de kwantumfysica is onzekerheid. De klassieke natuurkunde beschrijft het heelal als een soort klok, waarin

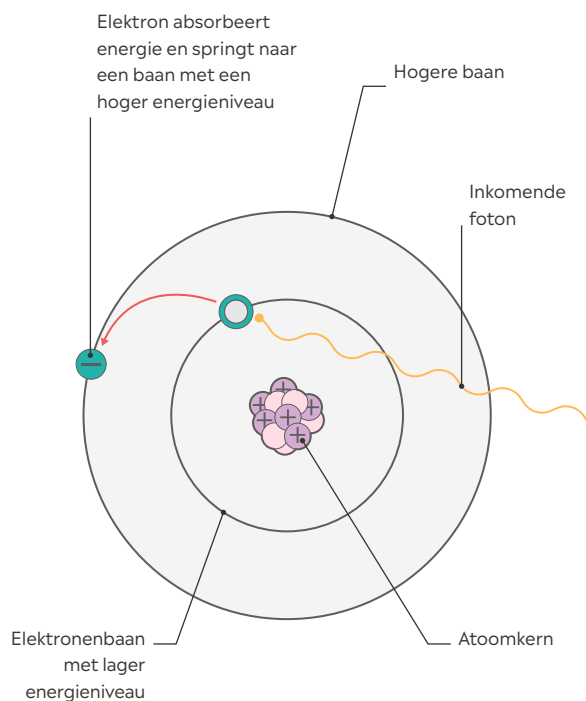
alles in theorie met perfecte nauwkeurigheid kan worden voorspeld. In de kwantumwereld is dat niet mogelijk, want die is niet deterministisch, maar probabilistisch. Het is met andere woorden onmogelijk de precieze locatie van een elektron te berekenen; je kunt alleen de waarschijnlijkheid dat het in een bepaald gebied is berekenen. Tot er een meting plaatsvindt, is het simultaan op elke mogelijke plaats. Ook als het gemeten wordt, geldt hoe preciezer je de locatie kent, hoe minder precies je de impuls weet. Dit is het onzekerheidsprincipe.

De kwantumwereld zit vol van dergelijke vreemde fenomenen. Op grote schaal zijn ze echter niet altijd te zien, en daarom beschrijft de klassieke fysica op die schaal gedrag toch heel goed.



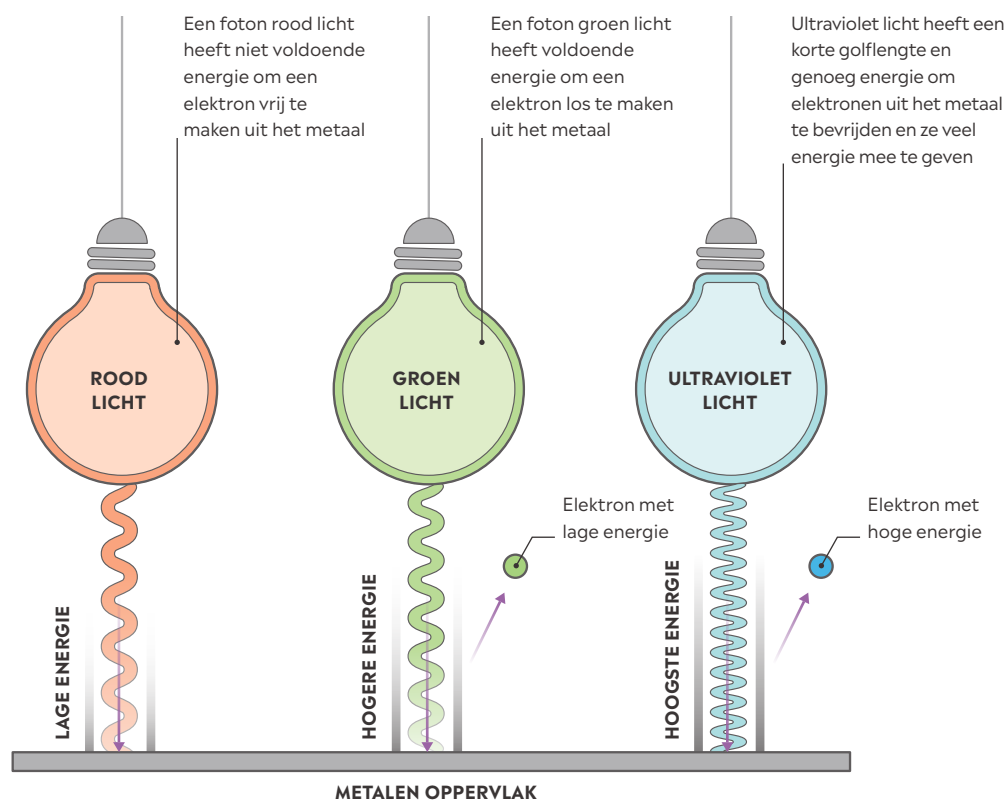
Elektronenwolk

De waarschijnlijkheid om de elektronen van een heliumatoom op de verschillende plekken te vinden kan met een kwantumwolk worden weergegeven.



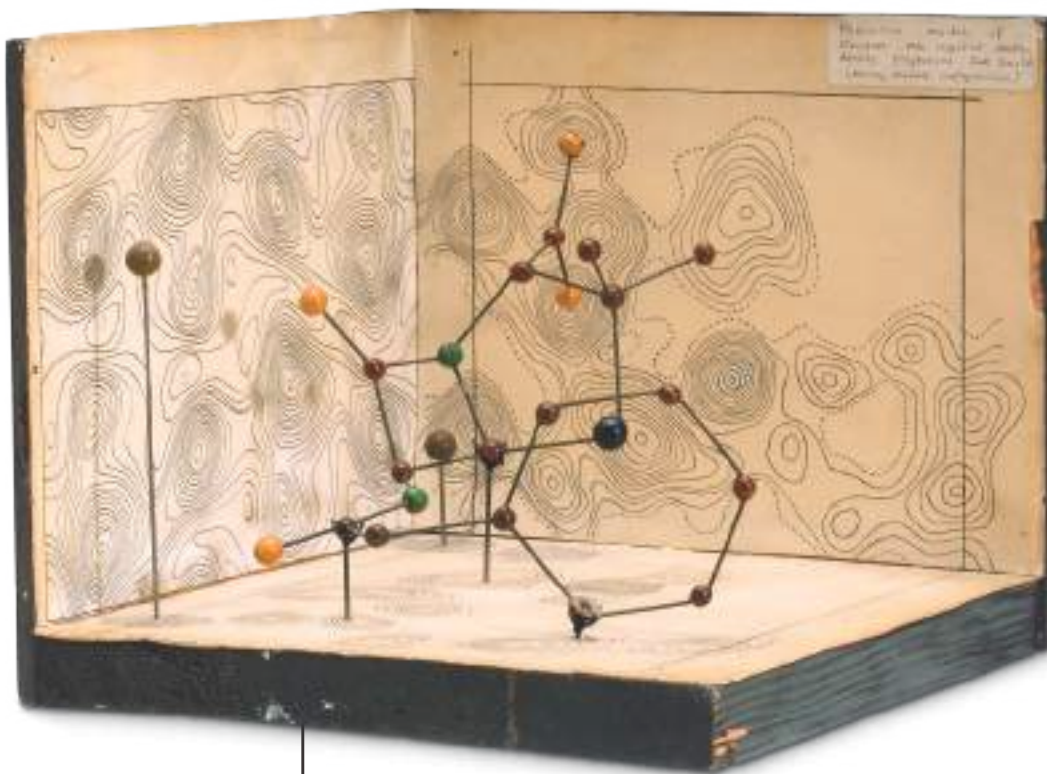
ENERGIEPAKKETJES

Kwantisatie betekent dat er van iets een minimumhoeveelheid is, het kwantum. Licht bestaat bijvoorbeeld uit kwanta die we fotonen noemen, een foton kan niet gedeeld worden. Als een elektron in een baan rond een atoomkern een foton opneemt, kan het genoeg energie hebben om naar een hogere baan te springen.



HET FOTO-ELEKTRISCH EFFECT

Materiaal waar licht op valt kan elektronen uitzenden, waardoor een elektrische stroom ontstaat. Dit heet het foto-elektrisch effect. Als elektronen in een baan om een atoomkern een foton opnemen, kunnen ze voldoende energie hebben om te ontsnappen. Het licht moet daartoe wel een bepaalde minimumfrequentie hebben.



1949

MOLECUULMODELLEN

Om de structuur van grote moleculen te onderzoeken creëerde de Britse biochemica Dorothy Hodgkin patronen met behulp van röntgendiffractie. Ze liet berekeningen los op de data die ze had verzameld en maakte een model van het penicillinemolecuul. Het was de eerste keer dat een computer werd gebruikt om een biochemisch probleem op te lossen.

1949

1949 De Amerikaan Fred Whipple ontwikkelt de 'vuile sneeuwbal'-theorie van kometen: ze zijn een mix van steen en ijs

1949 De USSR voert in het geheim atoomproeven uit bij de testlocatie Semipalatinsk in Kazachstan

1949 De Amerikaan Ralph Baldwin stelt dat maankraters het gevolg van inslagen uit de ruimte zijn en niet van vulkanisme

1949 De Amerikaanse biochemicus William Rose identificeert de essentiële aminozuren door dieren steeds een bepaalde voeding te geven

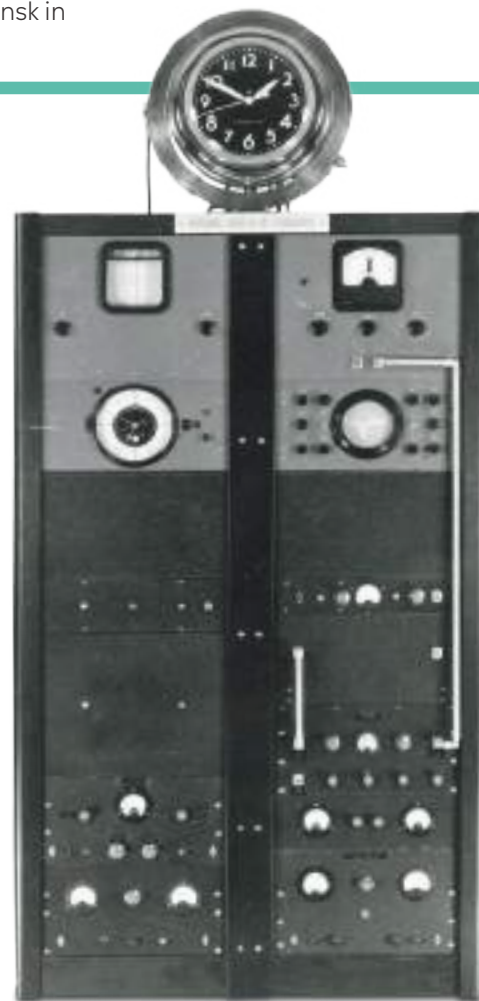


**1910-1994
DOROTHY HODGKIN**

Dorothy Crowfoot Hodgkin was een pionier in het gebruik van röntgenkristallografie bij het bestuderen van de structuur van grote moleculen, zoals het antibioticum penicilline en vitamine B12. Ze kreeg in 1964 de Nobelprijs voor Scheikunde.

**1949
ATOOMKLOK**

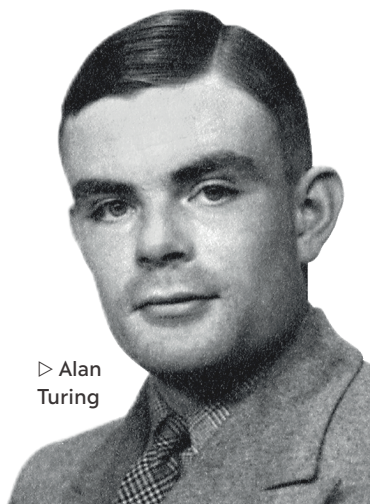
De eerste atoomklok werd ontwikkeld door een team van het US National Bureau of Standards (nu het National Institute of Standards and Technology) onder leiding van de fysicus Harold Lyons. De klok was gebaseerd op microgolven die uitgezonden worden door elektronen in ammoniakmoleculen als ze naar een ander energieniveau springen. Het was een nieuwe benadering in het bouwen van zeer nauwkeurige klokken.



△ De atoomklok van NIST

‘Een mens voorzien van papier, potlood en gum en met een strikte discipline is in wezen een universele machine.’

ALAN TURING, ‘INTELLIGENT MACHINERY: A REPORT’, 1948



▷ Alan Turing

1950

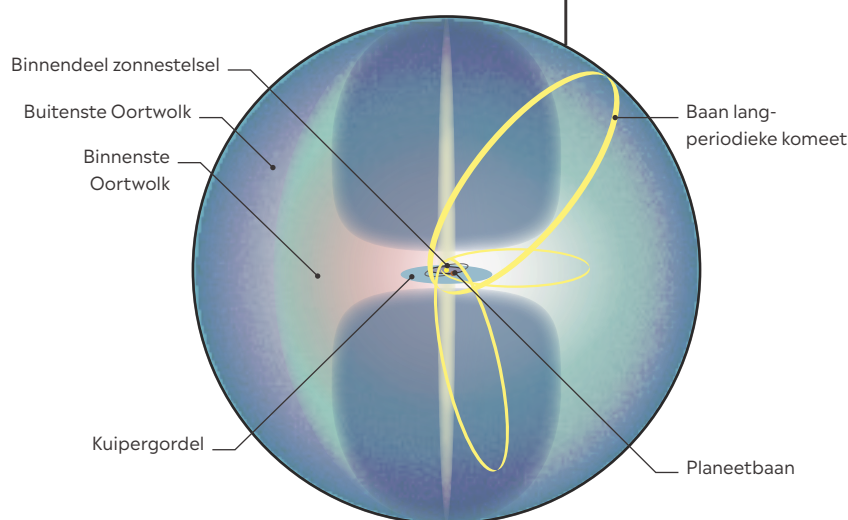
DE TURINGTEST

De Britse wiskundige Alan Turing bedacht een praktische test om te bepalen of een computer (kunstmatige) intelligentie heeft. Bij de turingtest, oorspronkelijk het imitatiespel geheten, stelt een mens schriftelijk vragen aan twee spelers (de een een mens, de ander een computer). De computer slaagt voor de test en heeft mensachtige intelligentie als de ondervrager niet correct kan identificeren wie mens is en wie computer.

1949 De De Havilland Comet, 's werelds eerste straalpassagiersvliegtuig, maakt zijn eerste testvlucht

1950 De Amerikaanse biochemicus Erwin Chargaff stelt vast dat DNA gelijke hoeveelheden adenine en thymine, en cytosine en guanine bevat, wat inzicht oplevert in de overdracht van informatie op het DNA-molecuul

1950



STRUCTUUR OORTWOLK

1950

DE OORTWOLK

Na de bestudering van de banen van lang-periodieke kometen, die duizenden jaren over hun baan rond de zon doen, kwam de Nederlandse astronoom Jan Oort met het idee dat ze hun oorsprong vonden in een enorme schil rond de zon op een afstand tot een lichtjaar. Deze schil kreeg al snel de benaming Oortwolk.

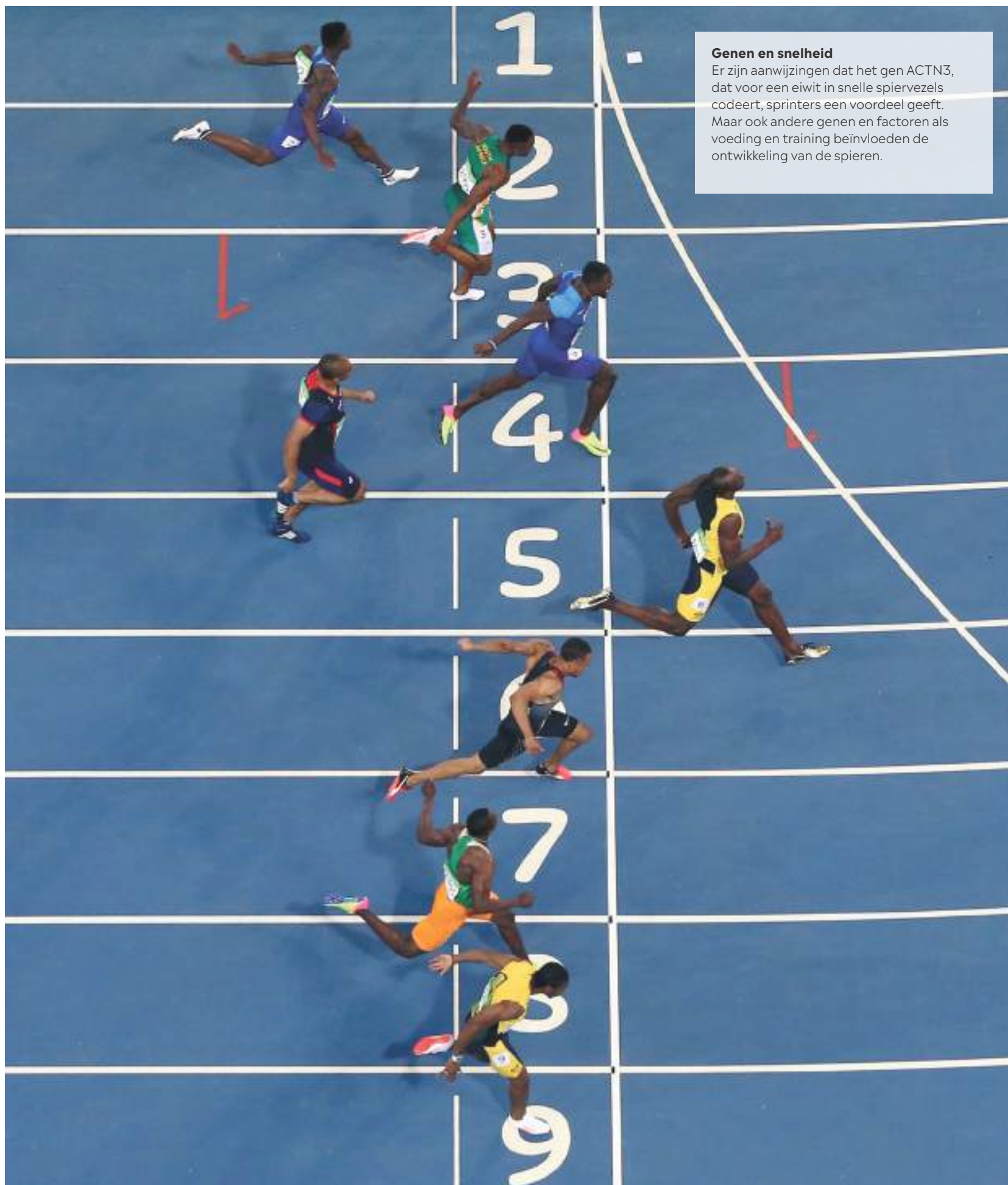
1950

GENREGULATIE

De Amerikaanse genetika Barbara McClintock bestudeerde de celbiologie en genetika van mais. Elke korrel van een maiskolf is een individueel embryo, maar sommige korrels hebben een andere kleur dan de andere. Ze ontdekte dat dat kwam door bepaalde mobiele elementen, soms ‘springende genen’ genoemd. Deze elementen kunnen voor erfelijke veranderingen zorgen. Door haar onderzoek gingen wetenschappers anders over erfelijkheid denken; ze stond daarmee aan de basis van de epigenetica. De mobiele elementen worden nu transposons genoemd.



△ Barbara McClintock bestudeert mais



Genen en snelheid

Er zijn aanwijzingen dat het gen ACTN3, dat voor een eiwit in snelle spiervezels codeert, sprinters een voordeel geeft. Maar ook andere genen en factoren als voeding en training beïnvloeden de ontwikkeling van de spieren.

GENEXPRESSIE

Genexpressie is het proces waarbij structurele genen worden geactiveerd en eiwitten gaan produceren. Hierbij vindt transcriptie van DNA naar het verwante molecuul boodschapper-RNA (mRNA) plaats, en daarna van mRNA naar eiwit.

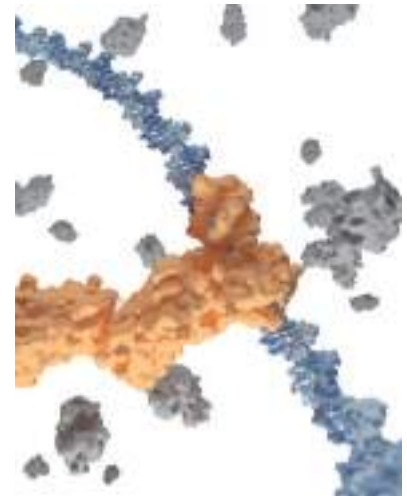
Er zijn drie typen RNA betrokken bij genexpressie: mRNA, dat een kopie is van het te activeren gen op het DNA in de kern; transfer-RNA (tRNA), dat de aminozuren bindt die de bouwstenen van het eiwit zijn; en ribosomaal RNA (rRNA), dat samen met eiwit een ribosoom vormt, een structuur waar de eiwitsynthese plaatsvindt.

In elke cel in een organisme is elk structureel gen van het genoom te vinden, maar slechts een fractie van al die genen wordt in een cel geactiveerd. Cellen hebben allemaal een eigen functie – bijvoorbeeld levercellen of zenuwcellen – en

elke cel heeft andere eiwitten nodig om zijn functie te kunnen vervullen. Daarom is genexpressie specifiek geregeld.

Transcriptie begint als het enzym RNA-polymerase zich aan een promotor op de DNA-streng bindt. Gewoonlijk zit de promotor net voor de plek waar de transcriptie gaat beginnen. De transcriptie wordt ook geregeld door operators, dat zijn genen waar repressors zich aan kunnen binden. Repressors zijn eiwitten die transcriptie verhinderen, ze worden gecodeerd door regulatorgenen.

Operons, voor het eerst ontdekt bij prokaryoten (organismen zonder celkern), zijn clusters van genen die door een enkele promotor worden gereguleerd. De genen in een operon worden óf samen geactiveerd óf geen van alle.



Het lac-operon

Dit operon zorgt voor transport en metabolisme van lactose in bacteriën als *E. coli*. Het lactose-operon was het eerste mechanisme voor genetische regulatie dat ontsluit werd.

REGULATIE

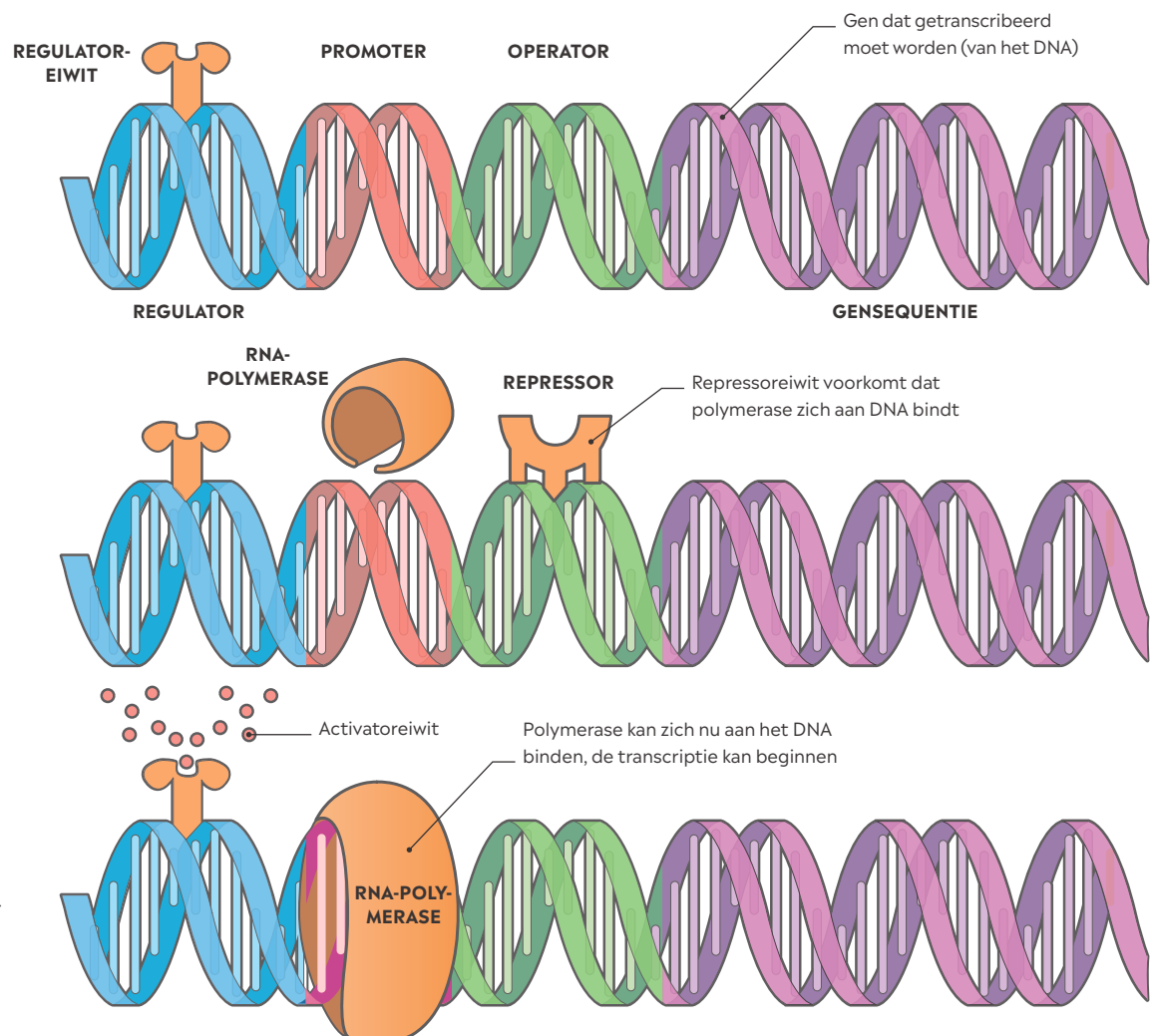
Regulatoreiwitten spelen een rol in het aansturen van de eiwitsynthese in cellen. De noodzakelijke transcriptie van een gen wordt geregeld door een reeks genen die ervoor zitten. Daartoe behoren regulator, promotor en operator. Transcriptie van het gen vindt alleen plaats als de omstandigheden juist zijn.

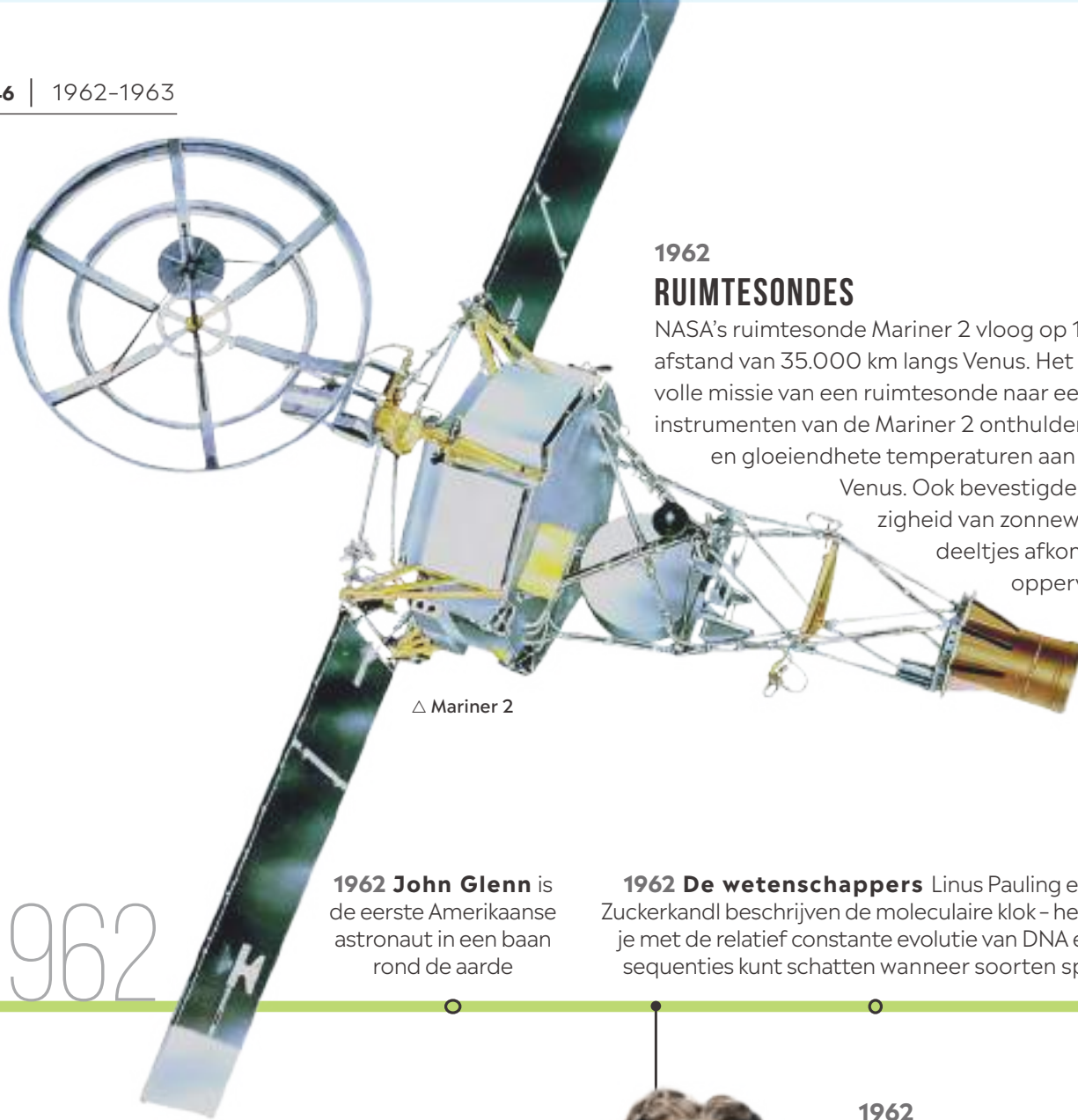
REPRESSIE

Repressoreiwitten verhinderen de expressie van een of meer genen door zich aan de operator te binden. Als een repressoreiwit het gen blokkeert, kan er geen transcriptie plaatsvinden. Het gen kan alleen aangezet worden als een verandering in de omgeving het repressoreiwit losmaakt.

ACTIVATIE

Transcriptie begint als een activator zich aan de regulator bindt en er geen repressors zijn die het gen blokkeren. Activators binden zich in een specifieke sequentie van het DNA aan een activatiedomein dat gentranscriptie bevordert. Door zich aan een specifieke sequentie te binden worden alleen bepaalde genen geactiveerd.





△ Mariner 2

1962

RUIMTESONDES

NASA's ruimtesonde Mariner 2 vloog op 14 december op een afstand van 35.000 km langs Venus. Het was de eerste succesvolle missie van een ruimtesonde naar een andere planeet. De instrumenten van de Mariner 2 onthulden de dichte atmosfeer en gloeiendhete temperaturen aan het oppervlak van Venus. Ook bevestigde de sonde de aanwezigheid van zonnwind, een stroom deeltjes afkomstig van het zonnepoppervlak, in de interplanetaire ruimte.

1962

1962 John Glenn is de eerste Amerikaanse astronaut in een baan rond de aarde

1962 De wetenschappers Linus Pauling en Emile Zuckerkandl beschrijven de moleculaire klok – het idee dat je met de relatief constante evolutie van DNA en eiwitsequenties kunt schatten wanneer soorten splitsten

1962 Lancering van de Telstar 1, de eerste communicatiesatelliet

‘De echte rijkdom van de natie ligt in wat de natuur biedt – grond, water, bossen, mineralen en dieren.’

RACHEL CARSON, IN EEN BRIEF AAN THE WASHINGTON POST, 1953



△ Rachel Carson

1962

MILIEUBEWUSTZIJN

De Amerikaanse biologe Rachel Carson publiceerde in 1962 *Silent Spring* (Stille lente). Een boek dat wereldwijd milieubewegingen inspireerde. Ze beschreef de schade die pesticiden in de natuur aanrichtten. Het leidde tot een verbod op bepaalde insecticiden, met in de eerste plaats het zeer giftige DDT (dichloordifenyldichloorethaan).

1963
ARECIBO-OBSERVATORIUM

De Arecibo-radiotelescoop op Puerto Rico werd in 1963 voltooid. Met een schotel van 305 m was hij een halve eeuw lang 's wereld grootste telescoop. Met het instrument werd de rotatie van Mercurius ontdekt.

Ook werden er diverse pulsars (snel draaiende sterrestanten) mee gevonden, en men gebruikte hem om naar buitenaardse radiosignalen te speuren. In 1974 werd er een boodschap naar de sterren mee verstuurd.

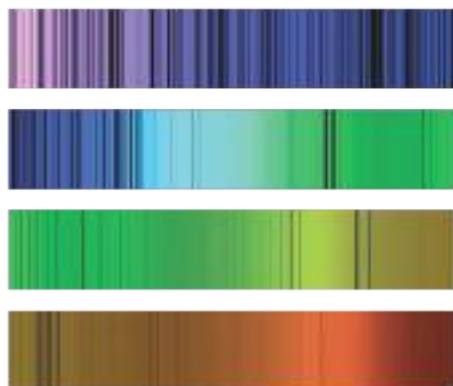
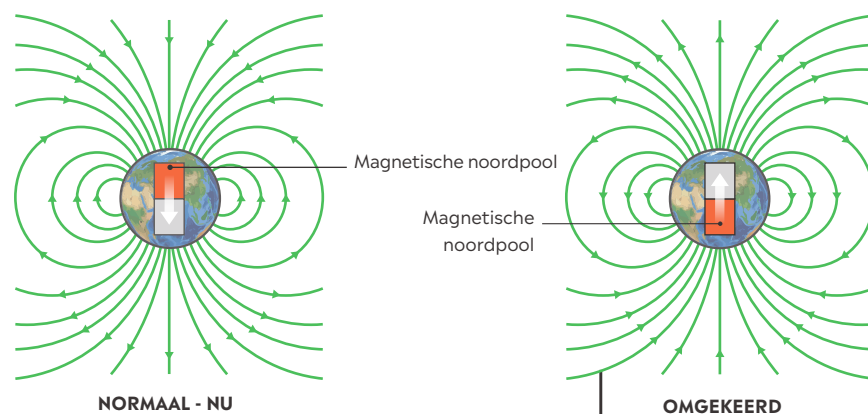


△ Schotel van de Arecibo-telescoop

1963

MAGNETISCHE OMKERING

Het aardmagnetisch veld wordt opgewekt door de stroming in de vloeibare buitenkern. Momenteel liggen de magnetische noord- en zuidpool dicht bij de rotatieas van de aarde. Uit onderzoek naar de magnetisatie van bepaalde mineralen in gesteenten is gebleken dat de oriëntatie van het veld in het verleden vele keren is omgedraaid. Volgens de Vine-Matthews-Morley-hypothese van 1963 is de oceanische korst een soort archief van die omkeringen.



1963

VERRE STERRENSTELSLS

Astronomen ontdekten een mysterieuze klasse van snel variërende radiosignalen die van sterachtige objecten leken te komen, die ze daarom quasars (*quasi-stellar radio sources*) noemden. Toen de Nederlandse astronoom Maarten Schmidt het spectrum van quasar 3C 273 analyseerde, besepte hij dat het licht een roodverschuiving toonde, wat aangaf dat de quasar zich in een ver sterrenstelsel bevond dat zich met grote snelheid van de aarde verwijderde.

◀ Roodverschuiving van absorptielijnen in quasarspectra

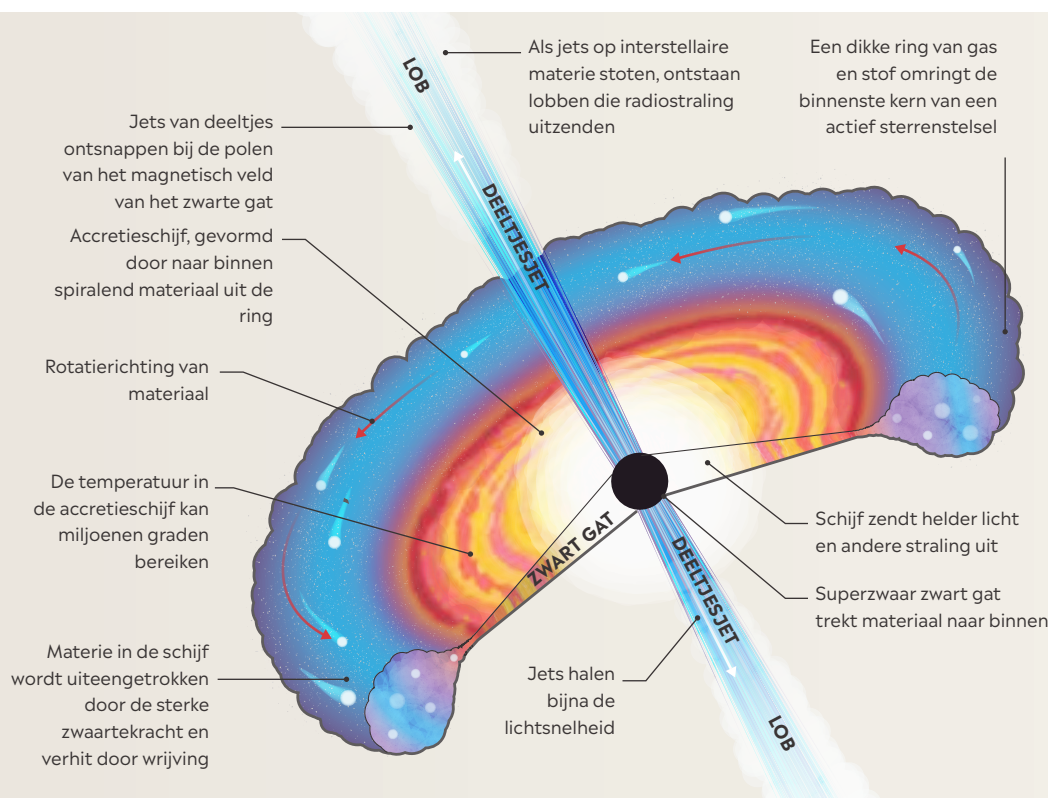
1963

1963 De Amerikaanse meteoroloog Edward Lorenz munt de term 'vlindereffect' voor een eigenschap van complexe systemen (zoals de atmosfeer), waarbij een kleine verandering grootschalige, onvoorspelbare gevolgen kan hebben

1963 De Russische kosmonaute Valentina Teresjkova is de eerste vrouw in de ruimte aan boord van de Vostok 6

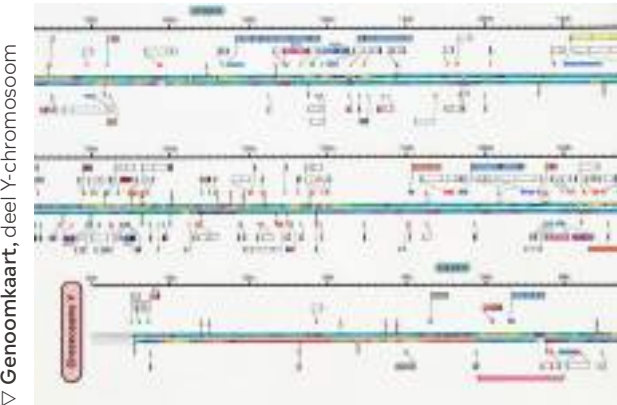
QUASARS

Een sterrenstelsel dat buitengewone hoeveelheden energie uitzendt wordt een actief sterrenstelsel genoemd. Quasars horen tot de heftigste soorten actieve sterrenstelsels. In het centrum van actieve sterrenstelsels verslindt een superzwaar zwart gat omringende materie. Materiaal dat in het krachtige zwaartekrachtsveld komt, wordt extreem heet en zendt zeer heldere straling en jets van hoogenergetische deeltjes uit. De quasars die we observeren zitten in een proces van formatie of snelle groei. We zien deze verre objecten echter hoe ze lang geleden waren, want het duurt erg lang voor hun straling ons bereikt. Deze fase van evolutie van sterrenstelsels was miljarden jaren geleden op haar hoogtepunt.



1988
MENSELIJKGENOOMPROJECT

Het Human Genome Project (HGP, menselijkgenoomproject) startte in 1988 onder James D. Watson (zie blz. 234). Doel was het in kaart brengen van het menselijk genoom en de sequentie bepalen van alle 3,2 miljard ‘letters’. Het HGP maakte het lezen van de volledige genetische blauwdruk van de mens mogelijk en zorgde voor belangrijke nieuwe inzichten.



Genoomkaart, deel Y-chromosoom

1988

1989

RUIMTESONDE GALILEO

De NASA bracht Galileo met de space-shuttle *Atlantis* in de ruimte, waarna de ruimtesonde richting Jupiter ging. Na een complexe reis van meer dan zes jaar kwam de sonde in december 1995 in een baan rond de reuzenplaneet en stuurde bijna acht jaar lang beelden en data van Jupiter en zijn manen naar de aarde.



Galileo komt uit het ruim van de *Atlantis*

1988 De Wereld Meteorologische Organisatie en het VN-milieuprogramma richten het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) op

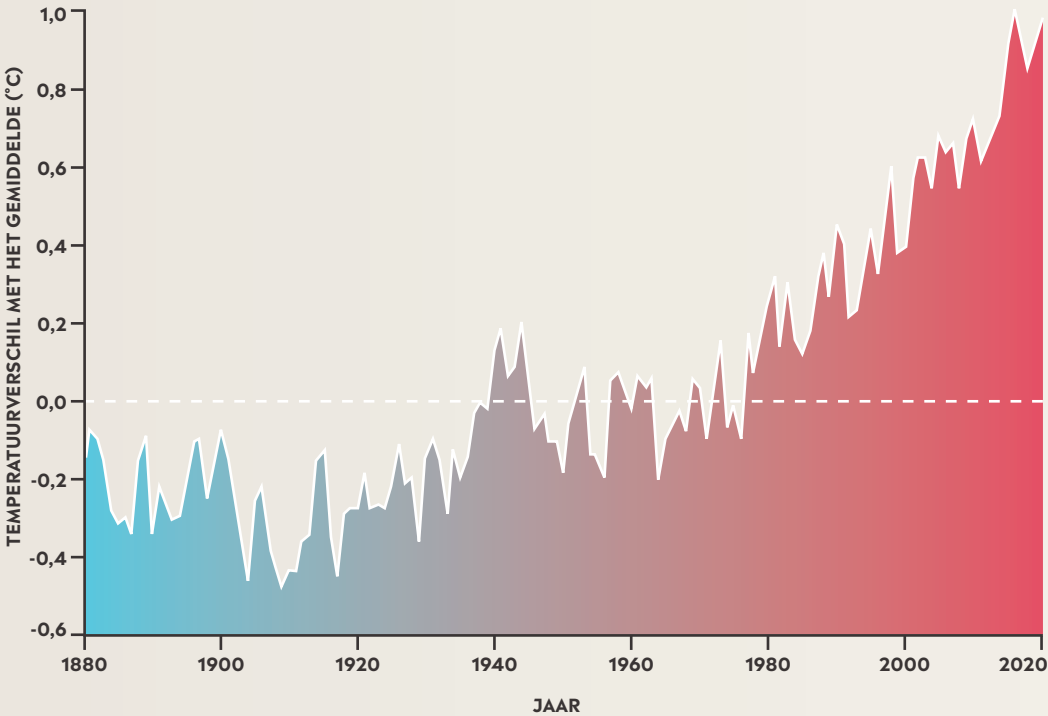
1988 De Britse astronoom Simon Lilly ontdekt een sterrenstelsel ouder dan alle andere; het licht ervan doet er 12 miljard jaar over om de aarde te bereiken

STIJGENDE TEMPERATUREN

De moderne manier om klimaatverandering te meten combineert de gemiddelde temperatuur van het aardoppervlak met die van het oceanoppervlak. Dit systeem is sinds eind 19de eeuw in gebruik, toen de industrialisatie tot toenemende uitstoot van broeikasgassen leidde. De schattingen tussen organisaties verschillen iets, maar allemaal zien ze een stijgende temperatuur, die in de periode 2006-2015 zo'n 0,87°C boven de gemiddelde temperatuur van de tweede helft van de 19de eeuw lag.

Verandering meten

Deze grafiek begint eind 19de eeuw en laat de mondiale temperatuur ten opzichte van het langjarige gemiddelde zien. De snelle toename vanaf de jaren 1980 is duidelijk te zien.



‘Het web verbindt niet alleen machines, het verbindt mensen.’

TIM BERNERS-LEE, TOESPRAAK VOOR DE KNIGHT FOUNDATION, VS, 2008

1989

HET WORLD WIDE WEB

De Britse computerwetenschapper Tim Berners-Lee ontwikkelde het world wide web toen hij werkzaam was bij het onderzoekscentrum CERN. In 1989 schreef hij een artikel waarin hij voorstelde om een bestaande technologie – hypertext – te gebruiken om klikbare links te maken tussen documenten op het computernetwerk van CERN. Het systeem trad in 1990 bij CERN in werking en werd in 1993 onderdeel van het publieke domein.

▷ De eerste server van het world wide web



1989 De kooldioxide-concentratie in de aardatmosfeer bereikt 353 deeltjes per miljoen

1989 Amerikaanse astronomen vuren radiosignalen af op de grootste Saturnus-maan, Titan, en onthullen zo een oppervlak bedekt met ijs en vloeibare koolwaterstoffen

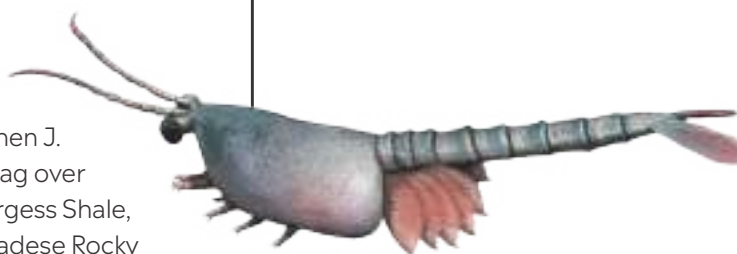
1989 Voyager 2 vliegt langs Neptunus en ontdekt geisers op de ijzige reuzenmaan Triton

1989

1989

DE BURGESS SHALE

De Amerikaanse paleontoloog Stephen J. Gould publiceerde in 1989 een verslag over de unieke mix van fossielen in de Burgess Shale, een geologische formatie in de Canadese Rocky Mountains die in 1909 was ontdekt. Er zijn zo'n 65.000 fossielen van meer dan 120 soorten gevonden, daterend van rond de 508 miljoen jaar geleden, het midden Cambrium. Veel fossielen konden niet in de bestaande groepen worden ingedeeld.



△ *Waptia*, een Cambrische Arthropoda uit de Burgess Shale

1989

KOUDE KERNFUSIE

Om kernfusie op aarde mogelijk te maken moeten apparaten ontwikkeld worden die de extreem hoge temperaturen die daarvoor nodig zijn op te wekken en te beheersen. Maar in 1989 beweerden de Britse scheikundige Martin Fleischmann en de Amerikaanse elektrochemicus Stanley Pons dat ze met een elektrolyse-experiment energie hadden opgewekt en neutronen geproduceerd. Hun claim dat ze 'koude kernfusie' hadden bereikt – kernreacties bij kamertemperatuur – konden ze echter niet waarmaken.



△ Onderzoekers Fleischmann (l) en Pons (r)



2000 ROBOTCHIRURGIE

Het idee dat een semiautonome robot bij chirurgie kan helpen werd in de jaren 1980 en 1990 werkelijkheid: er werden in enkele landen diverse systemen voor kleinschalige proeven gebruikt. De bekendste en meest gebruikte chirurgische robot, het Da Vinci Surgical System, kreeg in 2000 in de VS officiële goedkeuring.

◁ Da Vinci-robot

2000

2000 Zo'n 50 procent
van de Amerikaanse
huishoudens heeft een
personal computer

2000 Met genetische modificatie
wordt een type rijst ontwikkeld dat
bètacaroteen produceert, een precursor
van vitamine A

2000 GENOOM IN KAART

Het met publieke middelen bekostigde internationale menselijkgenoomproject en het bedrijf Celera Genomics Corporation brachten 90 procent van het menselijk genoom in kaart. Wetenschappers die het resultaat bestudeerden, ontdekten dat de mens slechts 30.000 genen heeft – ongeveer evenveel als een rondworm en minder dan men had verwacht.

▷ Automatische DNA-sequencer



‘Zonder twijfel is dit de belangrijkste, wonderbaarlijkste kaart ooit door de mens gemaakt.’

PRESIDENT BILL CLINTON OVER HET MENSELIJKGENOOMPROJECT, 2000

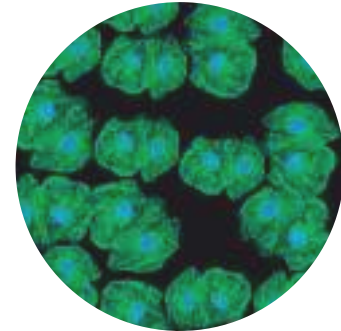


2000 ZAADBANK

Het Millennium Seed Bank Partnership werd in het VK opgericht omdat twee vijfde van de plantensoorten met uitsterven wordt bedreigd. Met een zaadbank kan de genetische diversiteit van planten bewaard worden als verzekering tegen het verlies van soorten. De bank bevat inmiddels ruim 2,4 miljard gedroogde en bevroren zaden van meer dan 40.000 plantensoorten.

2001 STAMCELONDERZOEK

Stamcellen zijn ongedifferentieerde cellen waaruit alle gespecialiseerde cellen ontstaan en waarmee beschadigde weefsels gerepareerd en geregeneerd worden. In 2001 verbood de Amerikaanse president George Bush alle federale subsidies voor onderzoek naar bepaalde menselijke stamcellen vanuit ethische zorgen.



△ Menselijke stamcel

2001 NASA's NEAR-Shoemaker

is een sonde die op de asteroïde Eros landt na er eerst een jaar omheen te hebben gecirkeld

2001

2001 Het derde rapport

van IPCC bespreekt het groeiende bewijs voor het opwarmen van de aarde



2000 HET RIBOSOOM

Ribosomen zitten in alle cellen en zijn verantwoordelijk voor het in elkaar zetten van eiwitten op grond van de genetische code. De structuur van ribosomen werd ontrafeld door de Indiase bioloog V. Ramakrishnan en de Israëlische kristallograaf Ada Yonath, waarna andere wetenschappers ontdekten hoe ribosomen zich aan boodschapper-RNA binden, het recept voor de volgorde van aminozuren daarvan aflezen, en de juiste aminozuren aan elkaar koppelen tot een eiwit.

△ Ribosoom aan mRNA gebonden