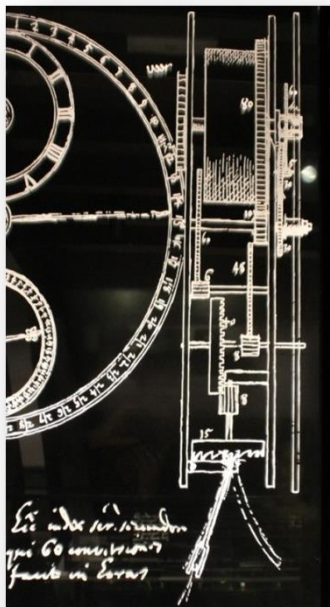


Noten bij het artikel:

Roel van Asselt (2026). Een historische blik op praktische wiskunde, deel 8. *Euclides*, 101(5).

- [1] We beperken ons in de tekst tot de meer wiskundige praktische vindingen en toepassingen van deze Nederlander van Olympische gestalte. Daarnaast mag zeker genoemd worden:
 - a. de uitvinding van de snelkookpan, ontploffingsmotor (op buskruit) en de luchtpomp,
 - b. sterke verbetering van de telescoop en de telescopenlenzen, en daarmee onder meer de ontdekking van de ring van Saturnus,
 - c. de eerste berekeningen van de lichtsnelheid,
 - d. het bewijs dat vallende voorwerpen op den duur een constante valsnelheid hebben,
 - e. zijn boek *Cosmotheoros*, over mogelijk leven buiten onze aarde (postuum uitgegeven),
 - f. zijn muziektheorie, met het opdelen van een 'octaaf' in 33 tonen. (een theorie die te wiskundig was voor musici en te muzikaal voor wiskundigen).
- [2] De cycloïde was al decennialang onder wiskundigen (Mersenne, Galilei en Torricelli) onderwerp van discussie en berekening, waardoor het de naam 'kibbelkromme' kreeg. De wiskundige vergelijking van de kromme is vermoedelijk als eerste opgesteld door Gilles de Roberval, rond 1635.
- [3] In zijn boek *Horologium Oscillatorium* uit 1673 (opgedragen aan Koning Lodewijk XIV) beschrijft Huygens de verbeterde werking van het slingeruurwerk, inclusief de toepassing van de cycloïde. In bijgaande afbeelding hebben de wangen onderaan het uurwerk waarlangs de slinger slingert de vorm van een cycloïde, waardoor de slingertijd onafhankelijk wordt van de lengte van de slinger. Newton raadde iedereen aan het boek te lezen. Thans wordt dit boek van Huygens beschouwd als een van de drie belangrijkste standaardwerken uit de mechanica van tijdens de wetenschappelijke revolutie. De andere twee zijn de *Discorsi* van Galilei en de *Principia Mathematica* van Newton.



- [4] Het infinitesimale denken was al eerder door Eudoxus in zijn insluitstelling toegepast. Archimedes bouwde verder voort op dit limietbeginsel bij zijn oppervlakte- en inhoudsberekeningen.
- [5] De reeks van wiskundigen die aan de start van het concept van de nieuwe differentiaalrekening en voortzetting van de integraalrekening hebben gewerkt, wordt gevormd door onder meer Pascal, Fermat, Galilei, Cavalieri, Torricelli, Hudde, Descartes, Barrow, Wallis, Huygens, Newton en Leibniz. Een gedetailleerdere historische beschrijving van het ontstaan van de infinitesimaalrekening dan hier in deel 8 wordt gepresenteerd valt buiten de opzet van de artikelen over een praktisch historisch blik op de ontwikkeling van de wiskunde. Geïnteresseerden in de ontstaansgeschiedenis verwijzen we graag naar *Een complexe grootheid* van J.A. van Maanen, hoofdstukken 1 tot en met 3, en *Geschiedenis van de wiskunde* van D.J. Struik, Hoofdstuk IV, *De Zeventiende Eeuw*. Zie verder de literatuurlijst.

- [6] Beide heren doen we tekort als we slechts twee domeinen noemen waarop zij excelleerden. Je kunt ze beiden betitelen als *homo universalis*, gelet op hun bijdragen aan de wetenschapsontwikkeling binnen talloze vakgebieden: theologie, wiskunde, natuurkunde, geschiedenis, astronomie, geologie et cetera. Waarbij Leibniz dan nog talloze zware politieke missies in Europa heeft geleid, een oecumenische grondhouding had en geïnteresseerd en goed geïnformeerd was over een aantal ontwikkelingen in de Chinese wetenschap.
- [7] 1. Wat het limietbegrip betreft schrijft Newton in een voetnoot: "De uiteindelijke verhoudingen waarmee grootheden verdwijnen, zijn in waarheid niet de verhoudingen van de uiteindelijke grootheden, maar grenswaarden waartoe de verhoudingen van grootheden die onbegrensd verminderen, altijd convergeren, en waartoe zij meer en meer naderen tot op een van tevoren gegeven verschil, maar die ze noch ooit overschrijden noch werkelijk bereiken tot de grootheden tot in het oneindig kleine afnemen".
2. Die grondslagen van de nieuwe mechanica (wat we nu de klassieke mechanica noemen ter onderscheiding van de kwantummechanica) betroffen de drie wetten van Newton en de wetten voor behoud van impuls en van impulsmoment. Aan de hand van onder meer de empirische wetten van Kepler leidde hij de universele zwaartekrachtwet af.
3. Newton had, evenals veel van zijn geleerde tijdgenoten, belangstelling voor de alchemie. In zijn nalatenschap zijn meer dan honderd boeken daarover aangetroffen. Een van de inspiratiebronnen voor Newton was dat in de alchemie uitgegaan werd van verborgen krachten en wetten in de natuur; de zwaartekracht was dat ook. Newton hechtte zeer aan de verbondenheid van theologie, alchemie en wetenschap.
- [8] Het werken met oneindig kleine en oneindig veel grootheden werd maar moeizaam omarmd. Er werd niet begrepen (en ook niet goed toegelicht) wat bedoeld werd met oneindig kleine (infinitesimale) grootheden die nooit gelijk aan 0 zullen worden, maar wel kleiner dan ieder willekeurig klein gekozen getal. En was $\frac{dy}{dx}$ nu een deling of niet, en waarvan dan (van 'oneindig kleine stukjes' of zoiets?), en waarom rekende men er dan wel mee alsof het een getal deling betrof. En als $\dot{s}$ al iets vaags was, wat is dan de betekenis van $\ddot{s}$ dan nog? Later werden door Cauchy en Weierstrass – midden 19e eeuw – de uitdrukkingen $\frac{dy}{dx}$ en $\int y dx$ als berekenbare en bewijsbare limietwaarden gedefinieerd zoals wij die nu ook kennen en werden het de bouwstenen van de analyse, zonder intuïtieve en vage infinitesimale beschouwingen. Tevens hebben zij de definitie van de begrippen continuïteit en differentieerbaarheid van functies geformuleerd.
- [9] Het verspreiden vond onder meer plaats via de Markies de L'Hôpital waar de Benoulli's in loondienst waren. Ook in zijn wiskunde colleges legde Johann Bernoulli uit hoe de infinitesimaalrekening begrepen moest worden. Een van zijn studenten was Leonard Euler. Toen sloeg de vlam pas echt in de pan, zoals we nog gaan zien. Euler perfectioneerde de calculus en gaf de grondslagen voor de variatierekening.
- [10] De afgeleide van een functie diende gaandeweg als een maat voor de relatieve verandering van functiewaarden in een zeker punt, veroorzaakt door veranderingen in de onafhankelijke variabele rond dat punt. Het woord 'functie' in deze betekenis is overigens pas ingevoerd door Leonard Euler rond 1748. Leibniz gebruikte ook wel het woord functie, maar dan als duiding van een eigenschap van een kromme: de helling, kromtestraal e.d. Euler vatte het meer op, zoals wij dat nu doen, als een verwijzing naar een rekenkundige relatie
- [11] met $a = 1,5$ en $h = -0,25$ is $\sqrt[3]{2} \approx 1,5 - 0,25/3 = 1,4166 \dots$; met deze $a = 1,4166 \dots$ komt er dan met deze nieuwe a en een aangepaste h in de benaderingsformule: $\sqrt[3]{2} \approx 1,41421 \dots$ et cetera.
- [12] Het is nog maar de vraag of Newton de gravitatie op deze wijze als eerste heeft geformuleerd. Zijn Engelse opponent Robert Hooke heeft veel voorbereidend werk gedaan, zoals het vermoeden van de reciproke kwadratische afstand uit de gravitatie. Newton leverde wel als eerste het wiskundig bewijs van de grootte van de gravitatie.

Bronnen en aanbevolen literatuur

- Bergamini, D. (1969). *Wiskunde*, Perscombinatie N.V. – Amsterdam.
- de Bie, K. (2011). *Technische analyse toegelicht: Fibonacci*, De Tijd.
- Bogaart, D. van den & Daems, J. (2016 t/m 2019). Wortels van de Wiskunde, artikelenserie, *Euclides* 92/93/94.
- Brochure (1979). *Een Quaestie van Tijd*, Museum Boerhaave, Leiden en een aantal vouwbladen uitgegeven door Museum Boerhaave, rond de herdenking van het 350e geboortejaar van Christiaan Huygens.
- Bunt, L. (1963). *Van Ahmes tot Euclides*. Noordhoff.
- Dijksterhuis, F.J. (2011). *Hudde, de wiskunde en de stad*, KNAW.
- Eves, H. (1964). *An introduction to the history of mathematics*. Holt, Rinehart and Winston.
- Van Hoorn, M. (2009). *Drie klassieke problemen*, Seniorenacademie Groningen en Drenthe.
- Kostasnas, K. (2018). *The inventions of the ancient Greeks*, Kostasnas museum Athene.
- Lamein, J. (2000). *Mijn Leven, Girolamo Gardano*, Atheneum-Polak & Van Gennep.
- Maanen, J.A. (red) (2016). *Een complexe grootheid*, Epsilon Uitgaven.
- Netz, R & William, N. (2007). *De Archimedes Codex*. Atheneum-Polak & Van Gennep.
- Olsen, L.M., (1975), *Women in Mathematics*, Mit Press
- Reimer, D. (2014). *Count Like an Egyptian*. Princeton University Press.
- Stichting Math4all*, Website-artikelen van de stichting Math4all.
- Struik, D. (1980 heruitgave). *Geschiedenis van de Wiskunde*. SUA.
- Tijms, S. (2018). *Toevel is altijd logisch*, VU University Press.
- Waerden, B. van der (1950). *Ontwakende Wetenschap. Egyptische, Babylonische en Griekse wiskunde*. Noordhoff.
- Zuidervaart, H. & de Jong, T. (2011). *Philosophus et Mathematicus Incomparabilis: Johannes Hudde (1628–1704)*, Studium.

DVD:

- Amenábar, A. (2009), *Agora* (over leven en werken van Hypatia van Alexandrië)
- Du Sautoy, M. (2008). *The Story of Maths*, BBC