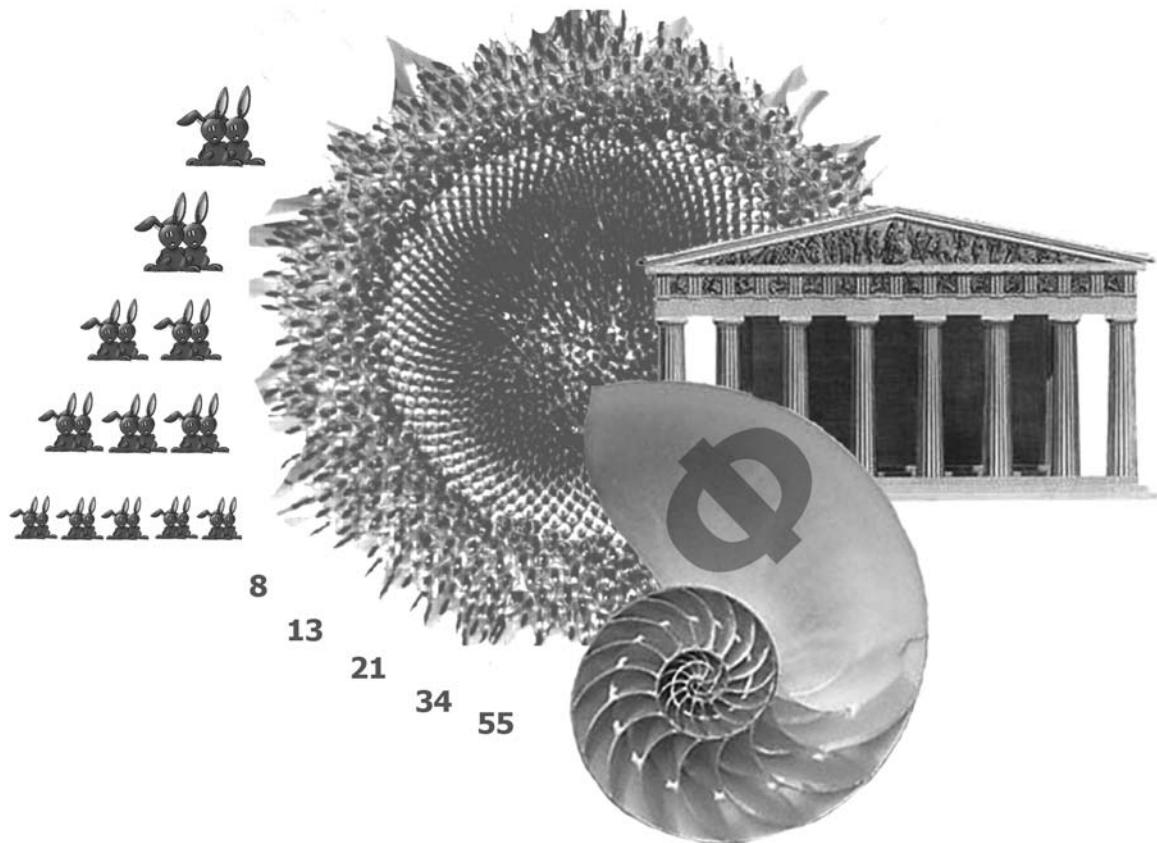


Bovenbouw

de reeks van Fibonacci



Bovenbouw: de reeks van Fibonacci

In iedere methode komen wel opdrachten voor waarbij kinderen reeksen moeten afmaken. Denk bijvoorbeeld aan

5	15	25	35	45	...
1	2	4	8	16	...

In deze verzameling activiteiten en opdrachten stellen we de beroemde reeks van Fibonacci centraal. Wellicht heeft u het boek 'De da Vinci code' gelezen. In dat boek speelt het ontcijferen van codes een belangrijke rol. Met name aan de reeks van Fibonacci wordt aandacht besteed, waarbij ook voorbeelden worden gegeven van het voorkomen van getallen uit deze reeks in de natuur (pp. 91 t/m 95). Juist op dat aspect zoomen we op deze Grote Rekendag in.

Overzicht van activiteiten

Gedurende de hele dag wordt er veel in groepjes (tweetallen) gewerkt, waarbij de kinderen aan uiteenlopende opdrachten werken. Globaal is de dag verdeeld in twee delen. U kunt ervoor kiezen om deze onderdelen over twee dagen verdeeld uit te voeren.

Deel 1: getallen uit de reeks van Fibonacci; de regel ontdekken

konijnenprobleem

De dag begint met het 'konijnenprobleem' van Leonardo di Pisa (Fibonacci). Hieruit vloeien voor het eerst de getallen uit de reeks van Fibonacci voort. De getallen worden duidelijk op het bord genoteerd, met de mededeling dat daar iets bijzonders mee aan de hand is.

spiraal tekenen en tellen (in zonnebloemen, dennenappels, etc.)

Na een klassikale terugkoppeling van het konijnenprobleem volgt de introductie van de volgende reeks activiteiten. Door het tellen van aantallen spiraal in zonnebloemen, dennenappels, ananas, e.d. komen de getallen uit de reeks van Fibonacci nogmaals voorbij. Omdat wellicht niet voor alle kinderen duidelijk is wat een spiraal is, kunt u hier kort aandacht aan besteden, bijv. orbeeld door een spiraal uit een balpen te laten zien. Laat de kinderen ook andere voorbeelden van spiraal noemen.

wat is de regel?

Als sluitstuk van het eerste gedeelte van de ochtend komen alle gevonden getallen uit de reeks van Fibonacci nog eens op het bord te staan en worden de kinderen uitgedaagd om de regelmaat in de reeks te ontdekken. Wat zou het volgende getal zijn? En het vorige?

Deel 2: Het getal 'phi'

getallen uit de reeks door elkaar delen; andere getallen door elkaar delen: phi

Als de reeks van Fibonacci is 'geboren', wordt ingezoomd op het getal phi: door met de zakrekenmachine de opeenvolgende getallen door elkaar te delen, blijkt dat daar steeds ongeveer hetzelfde getal (1,61) uitkomt. Bovendien wordt het getal steeds nauwkeuriger en komen de waarden steeds dichterbij elkaar te liggen. Kinderen zoeken in tweetallen uit wat de verhouding is, gevolgd door een klassikale bespreking. Daarna krijgen de leerlingen dezelfde opdracht, met twee willekeurige getallen. Wat blijkt: als je daar een reeks van maakt en de opeenvolgende getallen door elkaar deelt, kom je ook steeds dichterbij phi uit.

phi in de natuur

Vervolgens gaan de kinderen opnieuw in groepjes aan de slag: De opdrachten met de nautilusschelp en de lichaamsmaten sluiten aan bij phi: hoe meer kringen in de schelp je opmeet en de opeenvolgende meetgetallen deelt, hoe dichter je bij phi komt. Ook de ideale lichaamsverhoudingen liggen dicht bij phi. Het gaat dan bijvoorbeeld om je totale lengte gedeeld door het stuk van je navel tot aan de grond, het stuk van je schouder tot aan je vingertoppen gedeeld door je elleboog tot je vingertoppen, etc.

de gulden snede (phi) in de kunst en de architectuur

Phi is ook wel het getal van de gulden snede. Dit betekent, dat het het 'ideale verhoudingsgetal' is. Kort gezegd komt het erop neer dat de langste zijde gedeeld door de kortste zijde van een rechthoek ongeveer gelijk is aan phi. In oude gebouwen (Griekenland, Frankrijk, Italië) wordt de gulden snede toegepast. Een beroemd voorbeeld is het Parthenon in Athene. De voorkant hiervan weerspiegelt perfect de gulden snede. In de schelp komt de gulden snede ook al heel mooi naar voren, maar ook in de kunst wordt veel gebruik gemaakt van de gulden snede.

Organisatie in circuit

Het werkt het prettigst als u de kinderen in groepjes (tweetallen) laat werken. Sommige activiteiten vragen om een klassikale terugkoppeling. U vindt hiervoor aanwijzingen in het vervolg van deze handleiding. Het werken in een circuit vergemakkelijkt op deze dag de organisatie. Voor het tellen van de spiralen (onderdeel 1) is het echter wel van belang dat alle kinderen alle spiralen tekenen en tellen. Tellen ze slechts de spiralen van één zonnebloem, dan komen er ook maar twee getallen uit en dat levert nog geen reeks op. Als het lukt om zelf zonnebloemen, dennenappels, fruit e.d. in de klas te halen is een circuitmodel met zes groepjes mogelijk. Als met de werkbladen wordt gewerkt, kunt u de groepjes ook gewoon de werkbladen laten doorwerken. Dat is wel minder uitdagend.

Deel 1: het konijnenprobleem

Klassikale introductie, gevolgd door een uitwerking in tweetallen.

Afronding: alle gevonden getallen op het bord.

spiralen tekenen en tellen

Alle kinderen tekenen en tellen de spiralen en noteren de gevonden aantallen.

Als u echte zonnebloemen, dennenappels en dergelijke heeft dan kan het als volgt:

- een tweetal is bezig met het tekenen van de spiralen op de dennenappels
- per twee kinderen een dennenappel met twee kleuren stiften
- een tweetal is bezig met het tekenen van de spiralen op de ananas in schil
- een tweetal is bezig met het tekenen van de spiralen op de foto van de zonnebloem

De tweetallen noteren hun gevonden getallen op het bord.

afronding: klassikaal

Alle gevonden getallen komen nog eens op volgorde van klein naar groot op een rijtje: wat is de regel?

Deel 2: het getal 'phi'

phi ontdekken in tweetallen; klassikale nabespreking

Vervolgens gaan de tweetallen weer aan de slag met een zakrekenmachine om uit te zoeken wat de verhouding is tussen de opeenvolgende getallen. Hier rolt het getal phi uit. Dit kan ook nog even met twee willekeurige andere begingetallen gedaan worden. Het getal phi wordt weer klassikaal besproken en op het bord gezet.

phi in de natuur in tweetallen

Het zoeken van phi in de natuur begint met het bestuderen van de nautiluschelp. Deze tekenen de leerlingen eerst zelf op ruitjespapier. Daarna worden de spiralen opgemeten in tweetallen.

phi (de gulden snede) in de architectuur

De vorige opdracht is de opmaat naar phi in de architectuur. In tweetallen worden voorbeelden van de gulden snede onderzocht. Daarna construeren de leerlingen zelf een rechthoek met daarin de gulden snede. Met dit voorbeeld in de hand gaan ze op zoek naar voorbeelden van de gulden snede in de klas of in de ruimere omgeving.

bevindingen in een tentoonstelling

U kunt alle voorbeelden die in de loop van de dag de revue passeren in een tentoonstelling bij elkaar leggen. De getallen zelf moeten daar natuurlijk ook een plaatsje in hebben!

Materialen

- Om te kunnen tellen en meten is het handig om naast de foto's ook echte bloemen, vruchten, groente e.d. in de klas te hebben:
 - Dennenappels: deze kunt u het hele jaar door vinden; als u ze even te drogen legt, worden de spiralen aan de onderkant duidelijker.



- zonnebloemen
- vetplantjes
- ananassen
- werkbladen met afbeeldingen van bovenstaande voorwerpen
- opdrachtkaarten voor het nalezen van de besproken opdrachten (bijgeleverd)
- potloden, stiften
- rekenmachines
- centimeters/rolmaten

Handleiding bij de leerlingactiviteiten

Deel 1: Getallen uit reeks van Fibonacci; de regel ontdekken

konijnen- probleem

Fibonacci onderzocht hoe snel konijnen zich zouden kunnen voortplanten onder ideale omstandigheden. Veronderstel dat een jong stel konijnen na een maand volwassen is, maar nog geen jongen kan krijgen. Na twee maanden kan het stel wel jongen krij-

gen en vanaf dat moment krijgen ze iedere maand een nieuw stel jongen. Hetzelfde proces geldt voor de nieuwgeboren konijnen. Hoeveel konijnen zijn er dan na 12 maanden?

Hoewel het best een ingewikkeld probleem is voor kinderen op de basisschool, is het goed op te lossen onder een aantal voorwaarden:

- Zorg ervoor dat de kinderen drie kleuren potlood hebben.
- Laat duidelijk naar voren komen dat we praten over een konijnenpaar en niet over één konijn.
- Loop gezamenlijk de eerste vier maanden langs en laat de kinderen de tabel afmaken.

In schema ziet de compleet ingevulde tabel er als volgt uit:



Hoewel het schema met de tekeningen van de konijnen mooier is en meer aanspreekt, is het werken met drie kleuren rondjes overzichtelijker. Natuurlijk kunnen de kinderen zelf ook met een andere manier komen om een konijnenpaar aan te geven (bijvoorbeeld een vierkant, een rondje en een ruit). Als de kinderen een tijdje bezig zijn geweest, laat u de getallen opnoemen en noteert ze op het bord.

U kunt ervoor kiezen om op dit moment al met de regel aan de slag te gaan, door de kinderen vragen te stellen over wat opviel bij het maken van de opdracht. U kunt het er ook bij laten om de gevonden getallen op het bord te noteren, met de mededeling dat daar iets mee aan de hand is en we in de loop van de dag zullen ontdekken wat dat 'iets' is.

spiralen

spiralen tekenen en tellen (in zonnebloemen, dennenappels, etc.)

Het konijnenprobleem laat goed zien hoe de reeks van Fibonacci is te reconstrueren, maar het is geen reële context. In werkelijkheid kunnen konijnen per keer ook meer dan twee jongen krijgen, en natuurlijk is het ook niet altijd zo dat er een mannetje en een vrouwtje worden geboren. Om de reeks voor de konijnen te krijgen heeft Leonardo da Pisa een paar regels ingebouwd.

Dit geldt niet voor andere natuurverschijnselen. Zo heeft een zonnebloem spiralen die naar links of naar rechts draaien, en waarvan de aantallen gelijk zijn aan getallen uit de reeks van Fibonacci. Het betreft meestal 21 en 34 spiralen, maar grote zonnebloemen kunnen ook 34 en 55 of zelfs 55 en 81 spiralen hebben. Spiralen treffen we ook aan in dennenappels, de schil van de ananas, sommige vetplantjes en cactussen en roosjes van broccoli.

In de volgende opdrachten gaan de kinderen aan de slag met het tekenen en tellen van spiralen in zonnebloemen, dennenappels etc. Het zou mooi zijn als u de genoemde voorbeelden in de klas heeft, zodat kinderen ze echt kunnen onderzoeken. Vooral voor dennenappels is dit goed te doen.

Interessant zijn:

- niet uitgebloede zonnebloemen
- dennenappels
- ananas in de 'schil'
- sommige cactussen en vetplantjes

wat zijn spiralen?

Het is niet denkbeeldig dat niet alle kinderen weten wat spiralen zijn. Er is onderscheid tussen spiralen in het platte vlak (bijvoorbeeld brandweerslangen, opgerolde drop) en driedimensionale spiralen. Laat kinderen enkele voorbeelden van spiralen opnoemen. Andere voorbeelden zijn een bepaald soort macaroni en wokkels.

Voorbeelden van een tweedimensionale spiraal

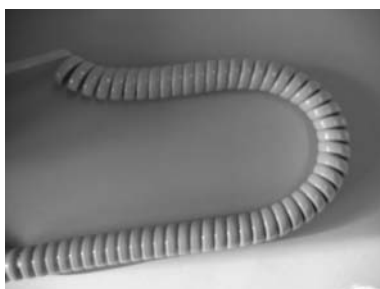


Brandweerslang



Dropjojo

Voorbeelden van een driedimensionale spiraal

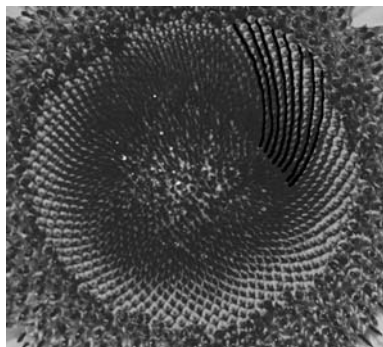


Telefoonsnoer

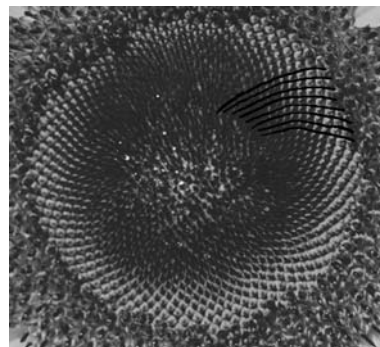


Spiraal in balpen

In de serie activiteiten van vandaag gaan we het hebben over spiralen in het platte vlak. Als duidelijk is wat een spiraal is, gaan we verder met het onderzoeken van het hart van de zonnebloem. Het hart bestaat uit spiralen die links- of rechtsom draaien.



Linksomdraaiende spiraal



Rechtsomdraaiende spiraal



De leerlingen mogen er eerst een paar aanwijzen in een grote zonnebloem. Op de volgende twee werkbladen zijn de spiralen ingetekend. Het gaat om 55 linksomdraaiende en 89 rechtsomdraaiende spiralen. De leerlingen kunnen dit eventueel natellen.

Ga daarna door met de andere zonnebloem. Laat de kinderen de spiralen tekenen (met een dunne stift) en tellen. De aantallen worden onder de zonnebloemen genoteerd. In dit geval gaat het om respectievelijk 21 en 34 spiralen.

Laat de leerlingen nu de volgende werkbladen op soortgelijke wijze afmaken. Zoals gezegd, als u echte dennenappels heeft, spreekt het wellicht meer aan. Bovendien zijn de spiralen goed zichtbaar op echte dennenappels. Laat de kinderen de spiralen op de onderkant markeren met twee kleuren stift. Als u geen dennenappels heeft, kunt u de werkbladen gebruiken.

Als goed wordt getekend en geteld, zijn er 8 en 13 spiralen op de dennenappel. De margriet (zie werkblad) heeft respectievelijk 21 en 34 spiralen. Andere voorbeelden van voorwerpen uit de natuur met spiralen zijn een ananas, een vetplantje, sommige cactussen.

extra informatie

de groei van de spiralen

In deze activiteiten gaat het in de eerste plaats om de verwondering dat de getallen uit de reeks in de natuur terug te vinden zijn. Getallen uit de reeks komen ook in andere natuurverschijnselen voor, zoals in groente (snij een appel overdwars doormidden en je ziet 5 pitten; het aantal blaadjes van bloemen is vaak een Fibonaccigetal; de groeiwijze van blaadjes aan een bloem is spiraalsgewijs en niet recht boven elkaar). Toch zult ook u willen weten hoe het nou kan dat de spiralen ontstaan.

Een simpele verklaring hiervoor is de volgende: de natuur gaat zo efficiënt mogelijk om met energie en ruimte. De spiraal begint te groeien vanuit het hart van de bloem. Iedere volgende cel duwt de vorige cel weg, maar wil daarbij zo min mogelijk energie en ruimte verliezen. Het blijkt dat de hoek waaronder dat het geval is 137,5 graden is. Leg maar een paar voorwerpen onder een hoek van 137,5 graden neer en de spiraal ontstaat. In de zonnebloem zitten de zaden in het hart 'verpakt'.

Ook de blaadjes willen zo veel mogelijk zonlicht, met zo weinig mogelijk verlies van energie en zo min mogelijk gebruik van ruimte. Een groei van de bladeren in de vorm van een spiraal is dan veel efficiënter dan een groei van blaadjes boven elkaar.

de reeks van Fibonacci

Als de aantallen zijn gevonden, schrijven de leerlingen deze op volgorde van klein naar groot op.

De volgende getallen zijn gevonden:

8 13 21 34 55 89

Wat zou het volgende getal zijn? En het vorige? Maak de rij zo ver af als kan.

De reeks van Fibonacci is geboren!

Laat hier duidelijk naar voren komen hoe je de getallen kunt vinden: het volgende getal is steeds de som van de twee voorgaande getallen.

extra informatie**Fibonacci**

Geboren omstreeks 1175

Gestorven rond 1250

Fibonacci is de bijnaam van Leonardo van Pisa. Fibonacci betekent in het Italiaans 'zoon van Bonaccio'. Leonardo van Pisa was een handelaar en wiskundige, en hij is geboren in Pisa. Leonardo is opgegroeid in Noord-Afrika en heeft daar ook zijn scholing gehad. Later reisde hij veel in landen rondom de Middellandse Zee. Hij zou in contact komen met veel mensen en veel manieren om wiskunde te beoefenen. Hij was een van de eersten die het Hindoe-Arabische getallensysteem naar Europa bracht.

In het jaar 1202 schreef hij het boek *Liber abbaci* ('boek over rekenen'), waarin onder andere wordt uitgelegd hoe te rekenen in een tientallig stelsel. Tevens komt hierin het 'konijnenprobleem' naar voren, dat uiteindelijk zal leiden tot de 'reeks van Fibonacci'. Voor meer informatie over de persoon Fibonacci:

www.math4all.nl/Wiskundegeschiedenis/Wiskundigen/Fibonacci.html

Deel 2: het getal 'phi'

getallen uit de reeks door elkaar delen; phi

De regelmaat in de reeks van Fibonacci is dat het volgende getal steeds de som is van de twee vorige getallen, met uitzondering van het begin. Dat hebben de kinderen in de verschillende opdrachten kunnen ontdekken. Er is echter nog iets bijzonders aan de hand met deze getallen. De verhouding tussen twee opeenvolgende getallen is namelijk steeds ongeveer hetzelfde. Hoe groter de getallen zijn die je door elkaar deelt, hoe dichter het antwoord bij 1,61 komt te liggen. Het gevonden getal is het getal 'phi'.

phi: 1,618...

Geef de kinderen de opdracht om uit te zoeken wat het quotiënt van twee opeenvolgende getallen is; laat ze een rijtje op het werkblad maken. Ze kunnen hierbij gebruikmaken van een zakrekenmachine. Wat valt op? (De uitkomsten komen steeds dichter bij phi te liggen).

getallen delen

een reeks van andere getallen; opeenvolgende getallen door elkaar delen: phi

We onderzoeken nog even verder. U geeft de kinderen de opdracht om twee getallen te kiezen en daar een reeks van te maken door de opeenvolgende getallen steeds bij elkaar op te tellen. Het volgende getal is dus steeds de som van de twee vorige getallen, net als bij de getallen uit de reeks van Fibonacci. Bijvoorbeeld bij de getallen 5 en 11 ontstaat de volgende reeks:

5 11 16 27 43 70 113 183 296 479 etc.

Als we hier de opeenvolgende getallen door elkaar delen, komt het quotiënt steeds dichter bij phi te liggen. Ra, ra, ... ?

$$11 : 5 = 2,2$$

$$16 : 11 = 1,45$$

$$27 : 16 = 1,68$$

$$43 : 27 = 1,59$$

$$70 : 43 = 1,62$$

$$113 : 70 = 1,61$$

$$183 : 113 = 1,61$$

etc.

gouden snede

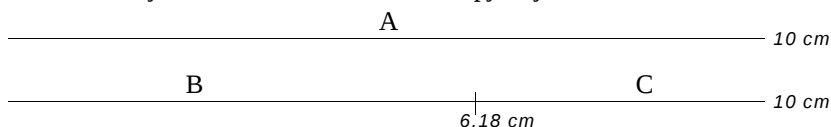
Bespreek met de kinderen dat we het gevonden getal 'phi' noemen, en noteer dit groot op het bord. U kunt de volgende serie activiteiten inleiden door wat te vertellen over het getal phi (zie hieronder).

extra informatie

phi

Phi is eigenlijk een Griekse letter (Φ) en we spreken het uit als 'fi'. Het getal phi wordt ook wel het 'gouden ratiogetal' of de 'gouden snede' genoemd. Het getal wordt gezien als een ideaal verhoudingsgetal. Een simpel proefje waar je dat aan kunt zien, is het volgende:

Teken een lijn van 10 cm, en trek een streepje bij 6,18 cm.



Voor deze lijn geldt nu, dat de verhouding tussen de lengte van de totale lijn (10 cm) ten opzichte van de langste lijn (6,18 cm) gelijk is aan de verhouding van de langste lijn ten opzichte van de kortste lijn (3,82 cm). Of, anders gezegd:

$$A : B = B : C$$

Lange tijd vond men deze verhouding 'mooi'. Het komt dan ook veel voor in zowel oude als nieuwe architectuur en in de kunst. Al in de tijd van de Egyptenaren werd de gouden snede toegepast in de architectuur. Denk bijvoorbeeld aan de bouw van piramides, waar de verhouding van de afstand tot het middelpunt ten opzichte van de hoogte gelijk is aan phi.



Andere voorbeelden waarbij phi prachtig terugkomt in de architectuur, zijn in het Parthenon in Athene en de Notre Dame in Parijs. Ook in de moderne architectuur is de gouden snede terug te vinden, zoals bijvoorbeeld in de CN Tower in Toronto.

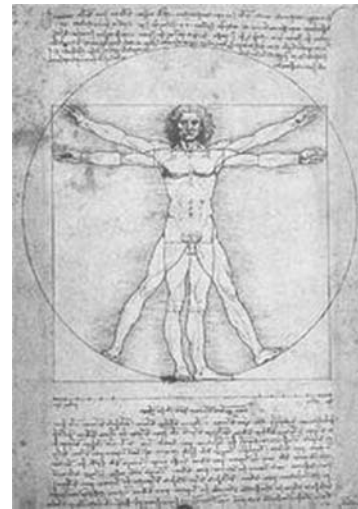
In het onderdeel 'phi in de architectuur' zullen we een paar voorbeelden onderzoeken en gaan de kinderen ook zelf op zoek naar voorbeelden in de omgeving waar de gouden snede terugkomt.

Ook in de kunst wordt de gulden snede toegepast. Een bekend voorbeeld waar Leonardo Da Vinci er gebruik van maakt, is in zijn tekening 'Uomini Universali', ook wel bekend als 'de Man van Vitruvius' of 'Vitruvian Man'. In deze tekening zien we de ideale verhouding van het menselijk lichaam weerspiegeld. Die verhouding is 1 : 1,61.

Leonardo da Vinci deed indrukwekkende studies naar de anatomie van het menselijk lichaam, de vlucht van vogels en vele andere onderwerpen, en paste zijn kennis toe in zijn kunst.

Ook andere kunstenaars gebruik(t)en phi in hun schilderijen. Het argument daarvoor is dat vormen waarin phi zit het meest 'oogstrelend' zijn.

Ten slotte vinden we ook in de natuur voorbeelden van het getal phi, zoals bijvoorbeeld in schelpen.



de schelp

De nautiluschelp is een mooi voorbeeld waarin de spiralen heel duidelijk zichtbaar zijn, en waarin de getallen van Fibonacci nog eens terug kunnen komen.



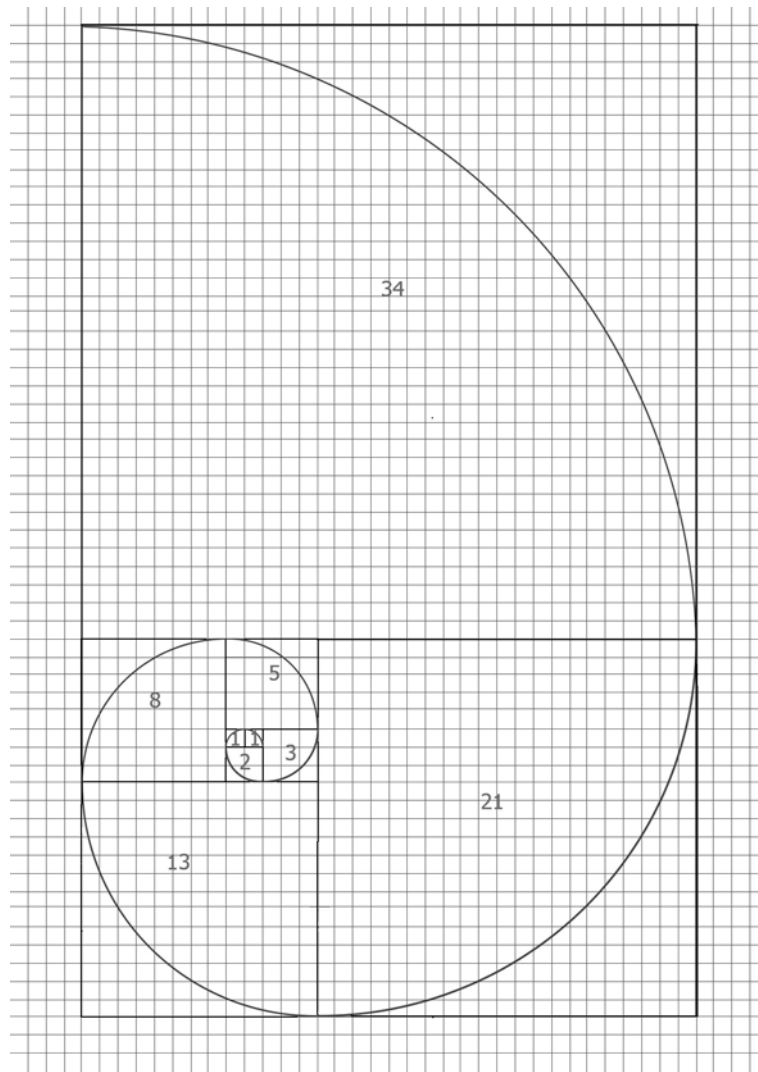
zelf een 'schelp' tekenen

Deze activiteit begint met het zelf construeren van een schelp. Dat kan vrij eenvoudig, door het aan elkaar 'plakken' van vierkanten, waarvan de zijden steeds een getal uit de reeks van Fibonacci zijn. Op het werkblad is alvast een begin gemaakt. De constructie is als volgt:

1. Begin met een vierkantje met zijde 1 (is al gedaan op het werkblad) en leg daar hetzelfde vierkantje naast. Zo ontstaat een rechthoek met zijde 2.
2. Ga vervolgens door met het maken van een vierkantje met zijde 2, en leg dat tegen de vorige aan (is in voorbeeld ook al gedaan). Zo ontstaat een rechthoek met zijde 3.
3. Maak een vierkant met zijde 3: er ontstaat een rechthoek met zijde 5.
4. Maak een vierkant met zijde 5: er ontstaat een rechthoek met zijde 8.
5. Maak een vierkant met zijde 8: er ontstaat een rechthoek met zijde 13.
6. Maak een vierkant met zijde 13: er ontstaat een rechthoek met zijde 21.
7. Maak een vierkant met zijde 21: er ontstaat een rechthoek met zijde 34.

Teken de spiraal, door de hoekpunten met elkaar te verbinden, te beginnen bij vakje 1.

Als het goed is gedaan, levert dit de volgende figuur op:



Opvallende punten bij het reconstrueren van de schelp:

- de getallen uit de reeks passeren nog eens de revue. Ook de regel komt nog eens terug. U kunt hier kort aandacht aan besteden.
- iedere nieuwe rechthoek weerspiegelt de gulden snede.

In de echte schelp komen we het getal phi niet zo mooi tegen als in deze tekening, maar de verhoudingen in de schelp benaderen phi wel.

Neem de schelp op het laatste werkblad. De gevraagde verhouding benadert steeds beter het getal phi naarmate je dichterbij de rand komt.

Laat de kinderen de lijntjes opmeten en de verhouding uitrekenen. (Antwoorden: $a = 0,3$ cm; $b = 0,9$ cm; $c = 1,6$ cm $d = 2,7$ cm)

Als we deze getallen door elkaar delen, zien we het volgende:

$$b : a = 3$$

$$c : b = 1,77$$

$$d : c = 1,68$$

Als de schelp groter zou zijn, zou het quotiënt steeds dichterbij het getal phi komen te liggen.

architectuur

De gulden snede wordt veel gebruikt in de architectuur. Men heeft daarvoor een esthetisch argument: het zou het mooiste zijn. Een mooi voorbeeld van een gebouw waar de gulden snede in voorkomt, is het Griekse Parthenon (zie plaatje). In de voorkant van het gebouw zou de gulden snede vrijwel perfect terug te vinden zijn. Helaas is het gebouw niet meer in de staat zoals op de afbeelding is te zien.

Voor de kinderen is er een werkblad van de ruïne van het Parthenon, met daaromheen lijntjes waarin de gulden snede zit verborgen. Laat de kinderen de lijntjes opmeten en uitrekenen of daar inderdaad de gulden snede inzit. Als goed is gemeten, is de verhouding tussen de lange en de korte zijde 1,6 en de verhouding tussen de korte zijde en het lijntje van de bovenkant van de zuil tot aan de nok ook.

**rechthoek**

een rechthoek maken waarin de gulden snede zit

Een velletje A4-papier (afmetingen 29,7 bij 21 cm) weerspiegelt net niet de gulden snede. Bij het zelf maken van de schelp kwam de gulden snede steeds terug. U kunt de leerlingen zelf een rechthoek laten maken met de gulden snede daarin, door ze een leeg vel A4 te geven. Hoe lang moet de lengte zijn, wil de rechthoek wel de gulden snede weerspiegelen? Laat de kinderen de rekenmachine gebruiken om deze vraag te beantwoorden. (Antwoord: 18,4 cm)

Door een stukje van de zijkant af te knippen ontstaat een rechthoek met de gulden snede.

zelf op zoek

op zoek naar de gulden snede

De gulden snede is in diverse voorbeelden in de omgeving terug te vinden. Laat de kinderen op zoek gaan in de klas. Van voorwerpen waarvan ze denken dat die ongeveer de gulden snede zullen zijn, noteren ze de maten en delen de langste en de kortste lijn door elkaar.

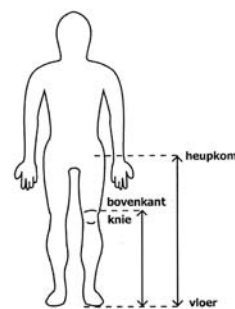
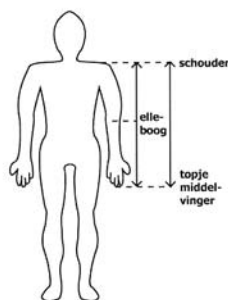
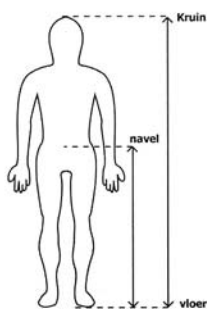
Zorg dat u wat voorbeelden in de klas heeft, zoals:

- pocketboekjes (bijvoorbeeld het laatste kinderboekenweekgeschenk of regenboogserieboekjes).
- pasjes (bijvoorbeeld pinpas, chipknip, creditcard, AH-bonuskaart, parkeerkaart, etc.
- kitkat.
- doosje voor punaises.

Zo ontstaat een lijstje met voorwerpen met de gulden snede. Bij het schatten kan de zelfgemaakte rechthoek van de vorige opdracht gebruikt worden. Op het werkblad zijn een paar voorbeelden van voorwerpen gegeven, waar de gulden snede in terug komt. Het gaat vaak niet exact om 1,618, maar wel om 1,6. Geef de kinderen ook deze vrijheid bij hun zoektocht.

de mens

De leerlingen gaan in tweetallen kijken wat de verhoudingen aan het lichaam zijn. Laat ze de gevraagde lengtes van het werkblad opmeten en daarna door elkaar delen. Ook hier komt steeds een getal uit dat dicht bij phi ligt. De verhouding tussen de totale lengte en de lengte van de navel tot de grond is vrijwel exact phi.



Tot slot

Om het werken met de getallen van Fibonacci en de gulden snede levendig te houden, kunt u de voorbeelden die vandaag zijn gebruikt, verzamelen in een soort tentoonstelling. Daarin liggen dan de dennenappels, de zonnebloemen, de afbeeldingen van konijnen, de getallen zelf, de schelp, een foto van het Parthenon, voorbeelden die kinderen zelf hebben gevonden, etc.

Wellicht komen de kinderen ook in de komende periode nog met andere voorbeelden van de Fibonaccigetallen. Die kunt u uiteraard aan de tentoonstelling toevoegen.

Bronnen

Boeken:

Ball, Johnny (2005). *Think of a number. A fascinating look at the world of numbers.*

Dorling Kindersley Limited. pp. 32-36. ISBN 1-4053-1031-6

Brown, D. (2004). *De da Vinci code*, pp. 91-95.

Enzensberger, Hans Magnus (1997). *De Telduivel*. Amsterdam: De Bezige Bij. ISBN 90-234-8149-6.

pp. 107-110: De Bonatsji-getallen;

pp. 111-120: Konijnenprobleem;

pp. 138-139: Bonatsji-getallen in de driehoek van Pascal.

Kuijper, Jelske (2000). *Op een goudschaal. Afwegingen over de gulden snede.*

Ruttikay Zs. & E.C. Buissant des Amorie (1996). *Fibonaccigetallen en de gouden snede*. In: vierkant voor de wiskunde serie, nr 7.

Stewart, I. (2003). *Over sneeuwkrystallen en zebrastrepen*. Abcoude: Uniepers.

Internetsites:

Tekengalerij van Hans Bär. 'Het zonnebloemmotief' (2004 – 2005):

www.members.chello.nl/~jlmbar/

Fibonaccigetallen in de natuur:

www.mcs.surrey.ac.uk/Personal/R.Knott/Fibonacci/fib.html

Informatie over de persoon Fibonacci:

www.math4all.nl/Wiskundegeschiedenis/Wiskundigen/Fibonacci.html

Voorbeelden van phi (in kunst, architectuur, maatschappij, etc.) zijn te vinden op: goldennumber.net/