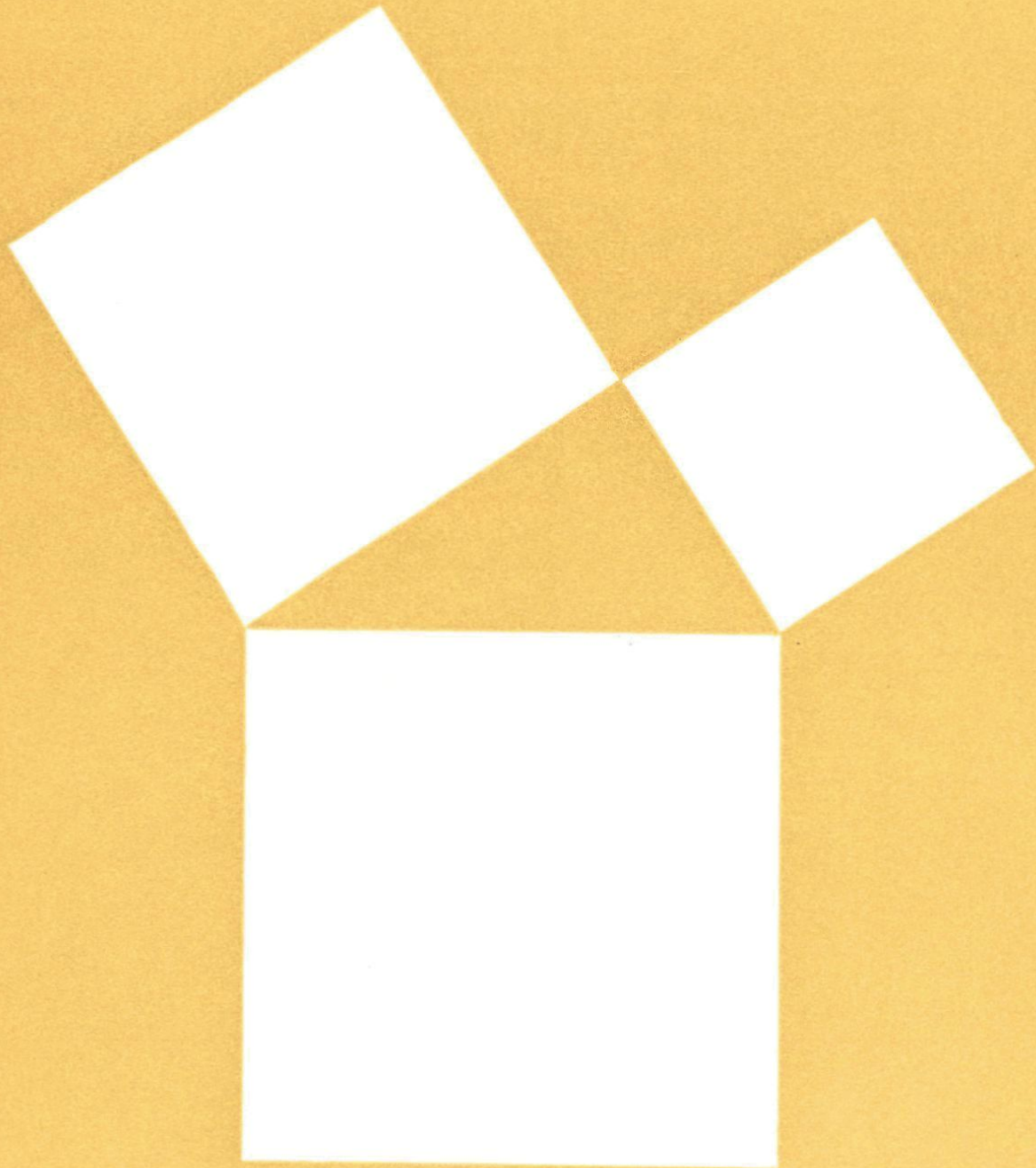


PYTHAGORAS



Wiskundetijdschrift
voor jongeren

5



Van het telraam naar de rekenliniaal is niet zo'n grote stap als men gewoonlijk denkt. Bij beide wordt met de hand ingesteld en met het oog afgelezen.

Bij beide wordt het geheugen niet belast en wordt de rekenaar niet verplicht zich te vermoeien met eindeloos combineren van een beperkt aantal van buiten geleerde optellingen (telraam) of vermenigvuldigingen (rekenliniaal).

Er staat weer niets in de krant vandaag

Deze verzuchting hoorden we onlangs in de trein van een medereiziger, die juist het ochtendblad had gekocht. Wat zou het erg zijn, dachten we, als hij het van Pythagoras had gezegd. Nog erger zou het echter zijn, als hij het had gedacht, maar niet aan ons had gemeld. Daarom: Laat eens wat van je horen, jullie allen, als je ons tijdschrift bv. gemakkelijker, moeilijker of meer gevarieerd zou wensen. Zoals die leerling van een eerste klas, die schreef: „Komt er voor ons ook eens een artikel in, dat we goed kunnen begrijpen?” We willen in onze tweede jaargang graag met zulke wensen of opmerkingen rekening houden. Maar we zijn al met de voorbereidingen bezig. Zend ze ons dus spoedig. Liefst vóór 1 juli.

Nu we met dit vijfde (extra) nummer de eerste jaargang afsluiten, kijken we nog eens even terug en zeggen: Fijn, dat het dit eerste jaar zo goed ging, dat het aantal abonnees boven verwachting groot was, dat we daardoor Pythagoras in een fleurig jasje konden steken en dit extra nummer konden geven. Bedankt voor jullie oplossingen van puzzels en prijsvragen, ook voor het inzenden van artikelen en problemen. Bedankt voor enthousiaste brieven. Voor ons was het een goed jaar.

Maar nu kijken we ook even vooruit en vragen: Help je weer mee de tweede jaargang te doen slagen? Maak je eens wat propaganda voor Pythagoras? Ondanks de TV-uitzending, waarin het werd getoond en de kranten, waarin het werd genoemd, zijn er nog steeds scholen of leerlingen, die Pythagoras niet kennen. Wil je er een artikel over plaatsen in de schoolkrant? Meld ons dat maar, we willen het graag voor je schrijven. Of zie je andere mogelijkheden om Pythagoras nog meer bekendheid te geven? We houden ons aanbevolen voor je bericht. Kortom: help ons Pythagoras in het volgende schooljaar weer een goede kans te geven*). En blijf het beschouwen als je eigen tijdschrift.

*) Als je van school gaat, dan blijft vanzelfsprekend de mogelijkheid om je persoonlijk te abonneren à f 3,— per jaar. Opgaven hiervoor aan J. B. Wolters, Groningen.

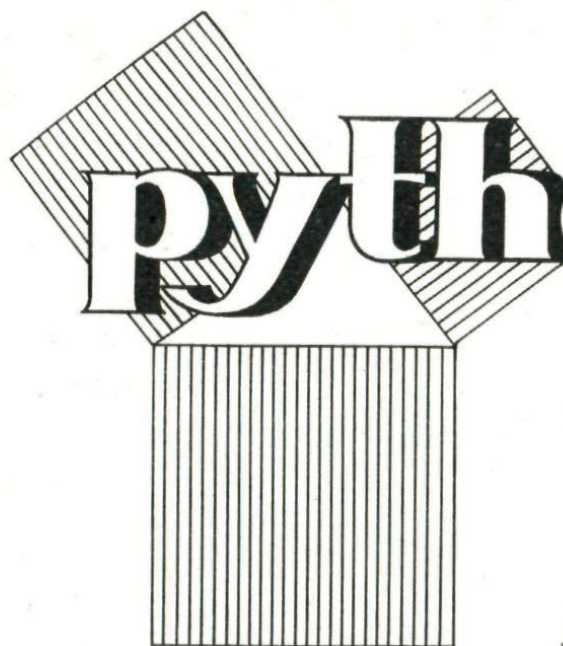
Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.

Main body of handwritten text, consisting of several lines of script.

A distinct section of handwritten text, possibly a separate entry or a specific note.

Large block of handwritten text, continuing the main body of the document.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or footer.



pythagoras

WISKUNDETIJDSCHRIFT
VOOR JONGEREN

jaargang 1 no 5

DE MOGELIJKHEDEN VAN DE MODERNE REKENLINIAAL

Speciaal nummer van Pythagoras 1962

Inleiding.

Al vrij vroeg in de loop van zijn geschiedenis kreeg de mens er behoefte aan de verschijnselen om zich heen in getallen uit te drukken. Met deze getallen moest gerekend worden. Oorspronkelijk waren de berekeningen zeer eenvoudig en het aantal mensen, dat zich daarmee bezig hield, was gering. Dat zelfs de eenvoudigste berekeningen zeer tijdrovend waren (men denke aan de Egyptische wijze van vermenigvuldigen en delen en hun ingewikkelde manier van rekenen met breuken) was daarbij geen bezwaar.

In onze moderne maatschappij is dat heel anders: iedereen moet kunnen rekenen en een groot aantal mensen moet zelfs regelmatig vrij ingewikkelde berekeningen uitvoeren. Er zijn nu ook hulpmiddelen om deze berekeningen *snel* te kunnen uitvoeren. Een van de vruchtbaarste en goedkoopste is wel de rekenliniaal. Men moet wat tijd en moeite eraan besteden om de nodige routine te krijgen, maar deze tijd en moeite staan in geen enkele verhouding tot het gemak, dat men een leven lang van dit hulpmiddel heeft.

Om te laten zien, welke rijke mogelijkheden dit instrument heeft, op welke eenvoudige wijze het werkt en op welke wiskundige grondslagen het berust, is dit extra-nummer van Pythagoras geheel aan de rekenliniaal gewijd. Misschien, dat het gebruik van de rekenliniaal, dat in Nederland nog te weinig verbreid is, erdoor gestimuleerd wordt.

We bladeren dit nummer even door

Dit rekenliniaalnummer van Pythagoras is niet bedoeld als een oefenboekje om zich de routine, die voor het gebruik van dit instrument noodzakelijk is, eigen te maken.¹⁾ Ook zullen niet alle mogelijkheden van de rekenliniaal behandeld worden en zullen we verschillende moeilijkheden ontwijken.

Er zullen dus zeker vragen overblijven, bv. hoe kunnen we de berekeningen met de sinusregel uitvoeren, als de driehoek stomphoekig is? Of: Hoe vinden we de wortels van een vierkantsvergelijking, als die verschillend teken hebben?

Het werken met een rekenliniaal kan men echter alleen begrijpen, als men er een bij de hand heeft, om er de verschillende bewerkingen mee uit te voeren. Daarom danken we de Firma Dennert und Pape, de fabrikant van de ARISTO-rekenlinialen, voor het beschikbaar stellen van de verkleinde modellen van de veelzijdige liniaal ARISTO-STUDIO. Hoe we met dit model een eigen rekenliniaal kunnen samenstellen wordt in § 4 beschreven. Het is wel gewenst, dat men zich de tijd en de moeite gunt, om de in deze paragraaf gegeven aanwijzingen zorgvuldig op te volgen. Pas dan heeft men het volle profijt van dit nummer van Pythagoras. Pas dan ook kan men begrijpen hoe fantastisch het rekenen met een rekenliniaal soms is en hoeveel besparing van tijd en moeite dit geeft.

De volgende onderwerpen komen in dit nummer ter sprake:

1. Hoe nauwkeurig is een rekenliniaal?
2. Het principe van de rekenliniaal. Hoe je er zelf een kunt maken.
3. De bouw van de rekenliniaal.
4. Een knutselwerkje. Hoe we het bijgevoegde model gebruiken.
5. Het aflezen van de schaalverdeling en het schatten van de uitkomst.
6. De regel van de gelijke verhoudingen en het verplaatste schalenpaar.
7. Delen.
8. We lossen vierkantsvergelijkingen op.
9. De schalen krimpen in (kwadraten, derdemachten, wortels).
10. Pasklaar voor de sinusregel.
11. De LL-schalen, een machtig hulpmiddel.
12. Rekenlinialen met grotere nauwkeurigheid.
13. Overige schalen en merktekens.
14. De keuze van een rekenliniaal.
15. Een grote rijkdom aan mogelijkheden.

1) Zie daarvoor bv.: B. Ernst, Het gebruik van de moderne rekenliniaal. Uitg. Argus, Amsterdam.

C. de Galan, Hoe werk ik met de rekenliniaal? Uitg. H. Stam, Haarlem.

W. J. Hijdeman, De rekenliniaal. Uitg. Kosmos, Amsterdam.

G. Groenendijk, Handleiding voor de rekenliniaal, systeem Rietz. Uitg. J. B. Wolters.

Omdat het de bedoeling is, dat iedere leerling met behulp van het model kan zien, wat men met een rekenliniaal kan doen, is de theorie tot een minimum beperkt. Er komen maar weinig passages in voor gemerkt met ^{ooo}.



1. °Hoe nauwkeurig is de rekenliniaal?

Technici zijn zo gewend om bij alle berekeningen, zelfs heel eenvoudige, hun rekenliniaal te gebruiken, dat daarover het volgende grapje de ronde doet:

Men vroeg een ingenieur: Hoeveel is 7×8 ?

Hij nam zijn rekenliniaal, trok de tong een eindje uit, verplaatste de looper en zei: „ongeveer 56,0”.

Het is niet de bedoeling je aan te moedigen voor dit soort berekeningen de rekenliniaal te gaan gebruiken. Let er echter op, dat de ingenieur een antwoord van drie cijfers gaf. De uitkomsten, die men op een rekenliniaal afleest, zijn nl. altijd benaderd. Voor het overgrote deel van de berekeningen is dit eerder een voordeel dan een nadeel. We kunnen in het algemeen zeggen, dat de rekenliniaal de eerste drie cijfers van een uitkomst geeft. Is het eerste cijfer een 1, dan kan men vier cijfers van de uitkomst bepalen. Vanzelfsprekend zal men bij het berekenen van $8\frac{3}{4}\%$ van $f\ 28\,365,37$ naar een ander hulpmiddel moeten uitzien, maar een vrij ingewikkelde kostprijsberekening, waar bv. 38,7 cent moet uitkomen, kan men heel goed geheel met de rekenliniaal uitvoeren.

Bij berekeningen op technisch of natuurwetenschappelijk gebied is de nauwkeurigheid van de normale rekenliniaal meestal voldoende.

Hoe ingewikkelder de berekening is, des te meer tijdwinst men kan constateren ten opzichte van het gewone rekenen. Bovendien hebben 'mooie' getallen, die in de praktijk zo zelden voorkomen, bij het rekenen met de rekenliniaal helemaal geen voorkeur boven willekeurige getallen. Zo vraagt bv. het berekenen van $2,79 \times 0,976 \times 1,395$ even weinig tijd als het berekenen van $2,4 \times 0,6 \times 1,1$.

2. Het principe van de rekenliniaal

Hoe je er zelf een kunt maken

°A. Een optelschuif.

Als we op twee stroken papier een centimeterverdeling aanbrengen, zoals in fig. 1, dan kunnen we hiermee automatisch optellen en aftrekken.

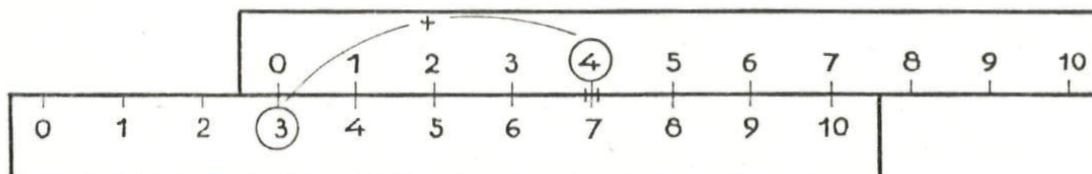


Fig. 1

Voor $3 + 4 = 7$ schuiven we de bovenste strook met het beginpunt (0) boven de (3) van de onderste strook. Het is duidelijk, dat we dan onder de (4) van de bovenste strook op de onderste strook de uitkomst (7) aflezen.

Iedereen kent een serie eenvoudige optellingen uit het hoofd; $3 + 4 = 7$ hoort daar ook bij. Maar deze optelschuif geeft de uitkomst, *zonder dat wij ons geheugen raadplegen*. Ze telt dus automatisch op.

Merk op dat we bij dezelfde stand in figuur 1 ook af kunnen lezen:

$3 + 1 = 4$	en ook: $10 - 7 = 3$
$3 + 2 = 5$	$9 - 6 = 3$
$3 + 3 = 6$ etc.	$8 - 5 = 3$ etc.

°B. Vermenigvuldigen wordt omgezet in het optellen van exponenten.

$2^3 \times 2^4 = 2^7$. Deze *vermenigvuldiging* wordt uitgevoerd, door de exponenten *op te tellen*. Als we in staat zijn elk getal te schrijven als een macht van een gegeven getal, dan kunnen we ook elke vermenigvuldiging omzetten in een optelling van de exponenten.

Er zijn tabellen, waarin men vinden kan, hoe elk getal als macht van 10 geschreven wordt. Daarin vindt men bijvoorbeeld: $2,35 = 10^{0,3711}$ en $5,37 = 10^{0,7300}$.

Nu kunnen we de vermenigvuldiging $2,35 \times 5,37$ omzetten in een optelling:

$$2,35 \times 5,37 = 10^{0,3711} \times 10^{0,7300} = 10^{0,3711 + 0,7300} = 10^{1,1011}$$

In dezelfde tabel vinden we, dat $10^{1,1011} = 12,6$.

Een tabel, waarin men de exponenten vindt, die wij hier boven gebruikt hebben, noemt men een logaritmentafel, en de gebruikte exponenten heten logaritmen.

Een zeer beknopte logaritmentafel drukken we hier af om die te gebruiken voor het maken van de schaalverdeling op een rekenliniaal.

1 = 10 ⁰	6 = 100,7782
2 = 100,3010	7 = 100,8451
3 = 100,4771	8 = 100,9031
4 = 100,6021	9 = 100,9542
5 = 100,6990	10 = 10 ¹

°C. Exponenten worden automatisch opgeteld.

Neem een strookje papier, dat iets langer is dan 1 dm. Teken daarop een schaalverdeling, als in fig. 2. Je doet dat zo:

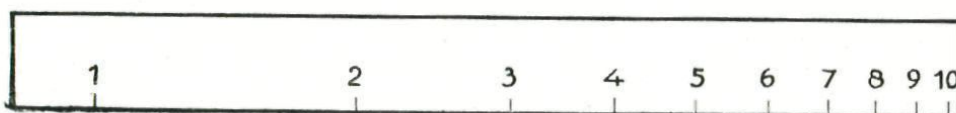


Fig. 2

Aan het begin, dus bij 0 dm, zet je het getal 1. Aan het eind, dus bij 1 dm zet je het getal 10.

Om de getallen tussen 1 en 10 te plaatsen, raadpleeg je de tabel, die hierboven werd gegeven. Je ziet daar $2 = 10^{0,3010}$. Je plaatst op het strookje de 2 nu 0,3010 dm van het beginpunt af. (0,3010 dm is ongeveer 30 mm).

In de tabel zie je: $3 = 10^{0,4771}$. De 3 zet je op het strookje daarom 0,4771 dm (dat is ongeveer 48 mm) van het beginpunt af.

Als je op deze wijze doorgaat met het plaatsen van de 4, 5, ... enz. krijg je een zg. *logaritmische schaalverdeling*.

Op de logaritmische schaalverdeling is de afstand van het beginpunt tot aan een bepaald getal niet gelijk aan het aantal dm, dat dit getal aangeeft, maar gelijk aan de logaritme van het getal (de exponent van 10 in de hierboven gegeven tabel).

Teken nu een lijnstuk. Zet daarop een punt A. Pas op het lijnstuk af het stuk AB, dat gelijk is aan de afstand van het getal 2 tot het beginpunt van de logaritmische schaalverdeling. Je kunt dat stuk met de passer overnemen. Pas eveneens af het stuk BC, dat gelijk is aan de afstand van het getal 3 tot het beginpunt van de logaritmische schaalverdeling. Controleer nu, dat AC gelijk is aan de afstand van het getal 6 tot het beginpunt van de logaritmische schaal. De vermenigvuldiging 2×3 is nu omgezet in een optelling, doordat we de logaritmen van 2 en 3 bij elkaar hebben opgeteld (tegen elkaar gelegd) en zo de logaritme van 6 hebben gevonden. ($0,3010 \text{ dm} + 0,4771 \text{ dm} = 0,7781 \text{ dm}$).

De uitvinding van deze primitieve rekenliniaal werd in 1624 door de Engelsman Edmond Gunter aan de Parijse Academie voorgelegd.

°D. Een optelschuif voor exponenten = de rekenliniaal.

Het afpassen der lijnstukken met de passer is nogal bewerkelijk. In 1633 verving William Oughtred de passer door een tweede logaritmische schaal, die langs de eerste kon schuiven. In A hebben wij dit principe al toegepast voor een optel- en aftreklinaal.

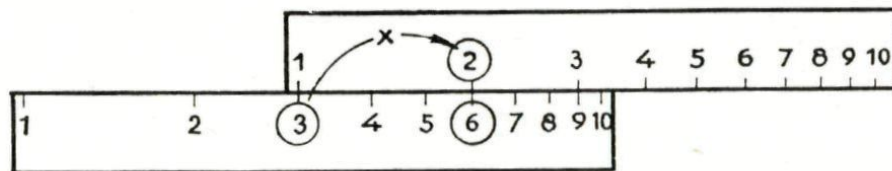


Fig. 3

Maak nog een tweede logaritmische schaal (zie figuur 3). Figuur 3 is ingesteld voor de vermenigvuldiging $3 \times 2 = 6$, maar we lezen tegelijk af $3 \times 3 = 9$.

Om de uitkomst te vinden van de vermenigvuldiging 2×4 gaan we als volgt te werk: Zet het begin van de bovenste schaal (waar een 1 bij staat) boven de 2 van de onderste schaal; lees nu onder de 4 van de bovenste schaal op de onderste schaal de uitkomst (8) af.

Maak zelf met dit model nog enige vermenigvuldigingen:

$$2 \times 5; 4 \times 2; 5 \times 2$$

De rekenliniaal is eigenlijk een geautomatiseerde logaritmentafel. We krijgen de logaritmen, die ons helpen om een vermenigvuldiging in een optelling om te zetten niet eens te zien. Ze zijn als het ware „verpakt” in de ongelijke afstanden van de schaal. Alleen de getallen waarmee wij werken zien we bij de streepjes staan.

°°°E. Een korte verklaring.

Wie bekend is met het begrip logaritme, en de eigenschappen daarvan, heeft de wijdloperige verklaring, die in B t/m D gegeven is, niet nodig.

De vermenigvuldiging $a \times b = c$ zetten we om in

$$\begin{aligned}\log ab &= \log c \\ \log a + \log b &= \log c\end{aligned}$$

Het is duidelijk dat we door het aaneenschuiven van de stukken $\log a$ en $\log b$ (zie fig. 4) op de onderste schaal terecht komen bij $\log a + \log b = \log c$.

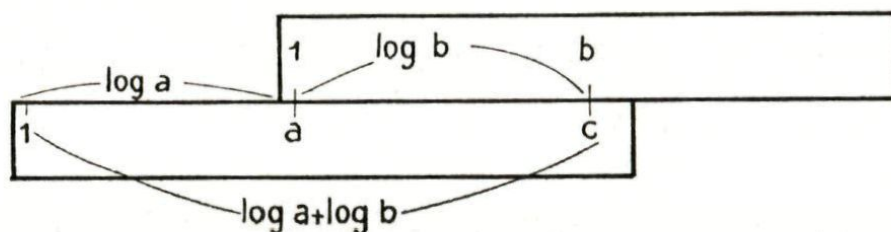


Fig. 4

3. °De bouw van de rekenliniaal

Op een echte rekenliniaal staan natuurlijk veel meer getallen aangegeven dan die van 1 t/m 10. Verder is hij zo geconstrueerd dat er handig mee te werken is. Reeds in 1654 bracht Seth Partridge de tweede schaal verschuifbaar tussen twee andere schalen aan. Daardoor blijft deze schaal gemakkelijk op de plaats die wij hem geven. Bovendien hebben wij nu nog een derde stuk tot onze beschikking waarop ook nog een of meer andere schalen kunnen worden aangebracht.

De verschuifbare schaal wordt de tong genoemd. De beide andere delen, die van onderen vast met elkaar verbonden zijn, noemt men het vaste gedeelte.

Haar laatste technische vervolmaking kreeg de rekenliniaal in 1775, toen Robertson de zgn. looper aanbracht. In het midden daarvan is aan de onderkant een fijne lijn gegraveerd (de haarlijn) die dient om een getal in te stellen. De looper zit om het vaste gedeelte geklemd en kan boven elk willekeurig getal geschoven worden.

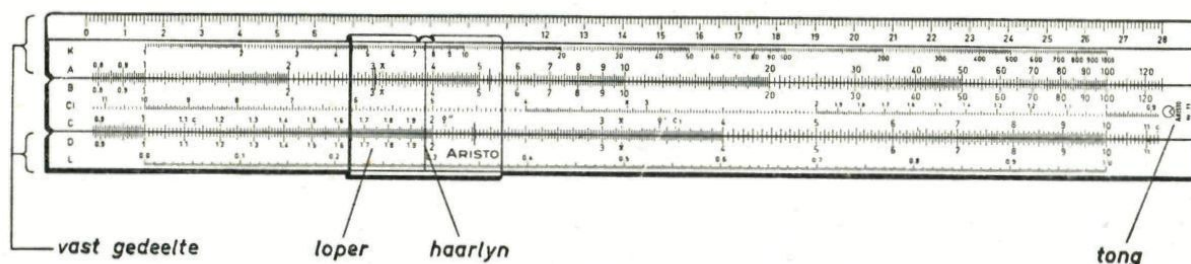


Fig.5

Het kartonnen model dat we nu gaan maken van een echte rekenliniaal, (met uitgebreide schaalverdelingen), zullen we voor een groot deel de vorm kunnen geven, die Seth Partridge eraan gaf. Wat de looper betreft zullen we ons echter moeten behelpen.



°4. Een knutselwerkje

Hoe we het bijgevoegde model gebruiken

Het is niet goed mogelijk enig idee te krijgen van het gebruik van een moderne rekenliniaal, als je niet zo'n instrument bij de hand hebt.

Om dit bezwaar zoveel mogelijk op te heffen, zijn bij dit nummer op ongeveer de halve grootte de schalen van de zeer veelzijdige rekenliniaal: ARISTO STUDIO gevoegd. Voor je de volgende paragrafen leest is het absoluut noodzakelijk dat je van deze schalen twee kartonnen modellen maakt, nl. een van de voorkant van deze rekenliniaal en een van de achterkant.

Hoe secuurder je het doet, des te gemakkelijker zijn de voorbeelden te volgen. (Zie figuur 6.)

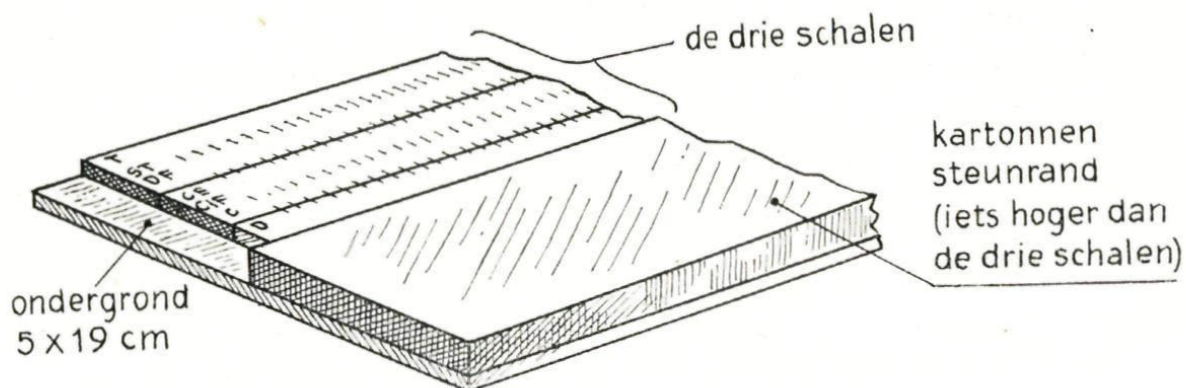


Fig. 6

Snij twee stukjes karton van 5×19 cm uit. Dit is de ondergrond voor beide modellen, plak nu het brede stuk van de voorkant op een ander stuk karton en laat het goed onder druk drogen, zodat het niet krom trekt. Snij daarna met een scherp scheermesje de drie repen los; zorg dat de snede loodrecht op de oppervlakte van het papier staat (de middelste schaaldrager is nog eens extra onderaan afgedrukt, die gebruik je alleen in het geval dat je deze per ongeluk stukgesneden hebt). Nu moeten de schaaldragers waarop staat T, ST en DF en de andere waarop staat D, P en S, goed evenwijdig aan elkaar op een der stukjes karton, van 5×19 cm geplakt worden, zo dat de middelste schaaldrager, soepel, maar zonder veel speling er tussenin kan schuiven. Zorg er vooral ook voor, dat de bovenste en de onderste schaaldrager niet ten opzichte van elkaar verschoven worden (de juiste stand kun je het gemakkelijkste bereiken, door tijdens het vastplakken de middelste schaaldrager ertussen te leggen).

Tegen de onderste schaal aan plakken we nu nog een dikker stukje karton waarlangs we een kleine plastic tekendriehoek kunnen laten glijden, waarvan de opstaande zijde dienst doet als lopersstreep.

Het model van de achterkant behandelen we op dezelfde manier.

•5. *Het aflezen van de schaalverdeling en het schatten van de uitkomst*

We nemen de voorkant van de rekenliniaal voor ons en kijken alleen naar de C-schaal op de tong en de D-schaal op het vaste gedeelte. Dit paar schaalverdelingen is het belangrijkste van de rekenliniaal. De C- en de D-schaal worden daarom de *hoofdschalen* genoemd. Op elk van deze schalen staan slechts 19 cijfertjes en toch is door middel van de streepjes de plaats van 320 getallen nauwkeurig vastgelegd.

In de schaalverdeling kunnen we drie groepen onderscheiden:

A. van 1 tot 2

De cijfers van 1 t/m 9, die hier tussen staan geven eigenlijk aan 1,1; 1,2; 1,3 enz. t/m 1,9 (de voorste 1 is dus telkens weggelaten). Elk van deze afstanden is weer in tien verdeeld. Vanaf het begin van de schaal kunnen we dus voor de achtereenvolgende streepjes aflezen:

1,00; 1,01; 1,02; 1,03 1,10; 1,11; 1,12; 1,20; 1,21 1,91; 1,92; 1,98; 1,99; 2,00.

B. van 2 tot 4

Hier is de onderverdeling niet zo fijn. De langere strepen geven aan: 2,00; 2,10; 2,20; enz.

En de kortere 2,02; 2,04; 2,06; 2,08; enz.

C. van 4 tot 10

De langere strepen geven weer aan 4,10; 4,20; enz.

En de kortere 4,05; 4,15; 4,25 enz.

Bovendien kunnen nog vele tussenwaarden geschat worden, zodat het aantal getallen dat voor een geoefend rekenaar op de hoofdschaal ter beschikking staat boven de duizend komt.

Wie vlot met een rekenliniaal wil leren werken, moet vooral leren snel de waarden bij de streepjes af te lezen. Als niet met één oogopslag het getal dat een bepaald streepje voorstelt, naar voren komt, kan men nog niet met een rekenliniaal werken. Dit aflezen van de schalen vraagt daarom nogal wat oefening. Voor het doorwerken van dit nummer is deze oefening echter helemaal niet nodig. De voorbeelden zijn zo gekozen dat men de uitkomsten gemakkelijk kan aflezen; en men kan steeds deze paragraaf over het aflezen van de schaal raadplegen.

Wie de eigenschappen der logaritmen kent, zal begrijpen, dat we voor de aanduiding 1, 2, 3, 4, . . . t/m 10 ook kunnen lezen 10, 20, 30, 40, . . . t/m 100 of 100, 200, 300, 400 . . . t/m 1000.

De geroutineerde gebruiker van een rekenliniaal leest dan ook bij het streepje, dat 4,25 aanwijst, maar dat ook 42,5 of 425 of 4250 enz. zou kunnen aanwijzen, geen *getal* af, maar drie cijfers: 4-2-5.

De plaats van de komma in de einduitkomst bepaalt hij door schatten.

Bijvoorbeeld: Bij de berekening van $\frac{6,28 \times 0,056 \times 3500 \times 2,05}{75 \times 13}$ geeft de rekenliniaal, als einduitkomst 2-5-8.

Door een zeer ruwe schatting vinden we de plaats van de komma. We schrijven bijvoorbeeld: $\frac{6 \times 0,05 \times 4000 \times 2}{80 \times 10} = \frac{2400}{800} = 3$.

De uitkomst ligt in de buurt van 3. Het antwoord is daarom 2,58.



6. *De regel van de gelijke verhoudingen en het verplaatste schalenpaar*

(Voorkant). Zet het begin van de C-schaal boven de 2 van de D-schaal. Alle getallen van de C- en de D-schaal die nu tegenover elkaar staan vormen een aaneengeschakelde evenredigheid. Controleer het volgende maar:

$$\begin{array}{l} \text{C-schaal} \quad \frac{1}{2} = \frac{1,5}{3} = \frac{2}{4} = \frac{3}{6} = \frac{4}{8} = \frac{5}{10} \\ \text{D-schaal} \end{array}$$

Dat dit zo moet zijn, volgt rechtstreeks uit wat in § 2 over het vermenigvuldigen gezegd is. De rekenliniaal staat nl. ingesteld voor de vermenigvuldiging met 2, zodat de getallen op de D-schaal alle twee-maal zo groot zijn als de daar tegenover staande getallen op de C-schaal.

De rekenliniaal kan op deze manier gebruikt worden als een omreken-tabel. Willen we bv. kilometers per uur omzetten in meters per seconde, dan stellen we eerst vast dat 18 km per uur gelijk aan 5 m per seconde. We schuiven nu de 18 van de C-schaal boven de 5 van de D-schaal. Op de C-schaal staat nu het aantal kilometers per uur tegenover het daaraan gelijke aantal meters per seconde op de D-schaal. Controleer het volgende lijstje:

km/uur	m/sec
20	5,55
22	6,1
30	8,3
27	7,5

In deze stand van de rekenliniaal is 35 km/uur nog af te lezen, maar 40 km/uur niet meer. We stappen nu over op de verplaatste schalen, vooraan gemerkt met CF en DF. We lezen daar bij de 30 op de CF-schaal weer 8,3 op de DF-schaal af. Controleer nu verder:

km/uur	m/sec
40	11,1
55	15,3
90	25

Achteraan, bij de C- en de D-schaal, vinden we een x . Achteraan, bij de schalen CF en DF, staat πx . Hierdoor wordt aangeduid, dat we tegenover elk getal op de C-schaal op de CF-schaal een getal vinden, dat π maal zo groot is. De verplaatste schalen komen op vrijwel alle moderne rekenlinialen voor, en het begin van deze schalen ligt altijd ongeveer midden boven de hoofdschalen. De verplaatsingsfactor is meestal π en dit vergemakkelijkt berekeningen waarin π voorkomt. Bij rekenlinialen die speciaal voor berekeningen op het gebied van de handel gemaakt zijn, wordt voor deze verplaatsingsfactor 3,6 genomen, omdat deze bij renteberekeningen voorkomt.

7. °Delen

Figuur 7 geeft een rekenliniaal weer in dezelfde stand als fig. 3. Alleen is er nu mee duidelijk gemaakt, hoe op de rekenliniaal de deling $6 : 2 = 3$ wordt uitgevoerd.

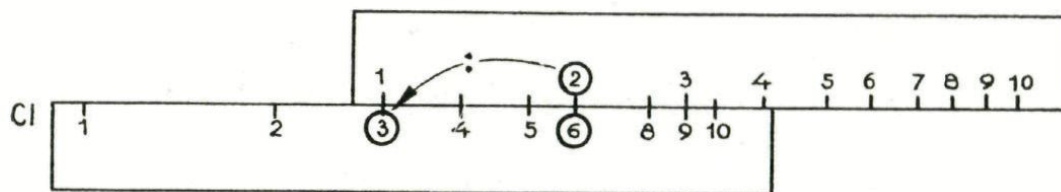


Fig. 7

We geven het recept aan de hand van het voorbeeld $65 : 5 = 13$. Schuif de 5 van de C-schaal boven de 6-5 van de D-schaal en lees onder het begin van de C-schaal de uitkomst af op de D-schaal (1-3).

Controleer met het model van de rekenliniaal (voorkant) de volgende vermenigvuldigingen en delingen. Wat niet op de C- en D-schaal af te lezen is, kunnen we op de CF- en DF-schaal vinden.

$$\begin{aligned} 13,5 \times 5,55 &= 75 \\ 2,9 \times 3,14 &= 9,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,9 \times 5,5 &= 16 \\ 72 : 4 &= 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6,75 : 4,5 &= 1,5 \\ 6,75 : 5 &= 1,35 \end{aligned}$$

8. °°We lossen vierkantsvergelijkingen op

A. De inverse schalen.

Op de tong (voorkant) zien we nog de schalen CI en CIF staan. Achter aan deze schalen is hun verband met de hoofdschalen aangegeven met de factoren $\frac{1}{x}$ en $\frac{1}{\pi x}$. De schalen zijn volkomen gelijk aan de C-schaal en de CF-schaal, alleen zijn begin en eind verwisseld. We kunnen dit gemakkelijk controleren door de tong eruit te schuiven en achterstevoren er weer in te doen. De schaalverdelingen van de CI- en CIF-schaal lopen dan gelijk met de verdeling op de C- en de CF-schaal. Tegenover elk getal op de C-schaal vinden we dus het omgekeerde van dit getal op de CI-schaal. Om deze waarden af te lezen hebben we een looper met haarlijn nodig, omdat de beide schalen niet tegen elkaar aanliggen. We behelpen ons nu met een plastic driehoek, die we met de ene rechthoekszijde langs de kartonnen steunrand van ons model laten glijden. De andere rechthoekszijde dient dan als haarlijn.

Controleer het volgende: Boven de 2 op de C-schaal staat een 5 (in dit geval 0,5) op de CI-schaal. Dus $\frac{1}{2} = 0,5$.

En verder: $\frac{1}{3} = 0,333$ $\frac{1}{4} = 0,25$ $\frac{1}{5,5} = 0,182$ $\frac{1}{15} = 0,0665$

°°°Boven elk getal x op de C-schaal vinden we een getal a op de CI-schaal. Dat wil zeggen dat de afstand van het *einde* van de CI-schaal tot dat punt $\log a$ is. Dan is $\log x + \log a = 1$ (zie fig. 8).

Verder: $\log ax = 1$ dus $ax = 10$ en $a = \frac{10}{x}$. Eigenlijk lezen we dus af $0,1a = \frac{1}{x}$,

maar aangezien a en $0,1a$ op dezelfde plaats staan, lezen we ook $a = \frac{1}{x}$ af.

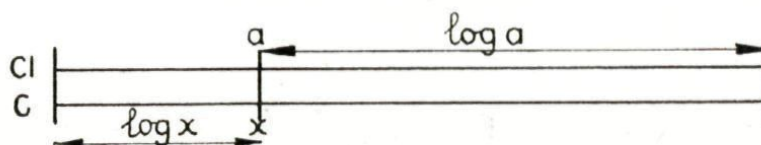


Fig. 8

B. De regel der constante produkten

Schuif het begin van de CI-schaal boven de 12 van de D-schaal. Bekijk nu de getallen op de D-schaal en de daar tegenoverstaande getallen op de CI-schaal, dan merken we op dat hun produkt steeds 12 is.

Dat de getallen op deze beide schalen (en natuurlijk ook de verschoven schalen CIF en DIF) een constant produkt vormen, is gemakkelijk in te zien.

Bij een bepaalde stand van de tong staat boven een x op de D-schaal een y op de C-schaal en we weten dat $\frac{x}{y}$ constant is (zie § 6, de regel der gelijke verhoudingen).

Maar op de CI-schaal vinden we tegenover elke y op de C-schaal een $z = \frac{1}{y}$. $\frac{x}{y}$ is constant, dus $x \cdot \frac{1}{y}$ is constant, dus xz is constant.

C. Toepassing op de vierkantsvergelijking.

Hiervan maken we o.a. gebruik bij het oplossen van vierkantsvergelijkingen. Bv. $x^2 + 8x + 12 = 0$. We zoeken twee getallen waarvan het produkt 12 is en waarvan de som 8 is. We stellen het produkt 12 op de rekenliniaal in (zoals boven). We zoeken uit alle paren getallen die we nu onder elkaar op de D-schaal en de CI-schaal zien staan die uit, die samen 8 zijn (2 en 6). De wortels zijn dan -2 en -6 . Voor deze eenvoudige opgave heeft het gebruik van de rekenliniaal natuurlijk geen enkele zin. Ook niet voor gevallen, die met weinig rekenwerk met de *abc*-formule op te lossen zijn. Maar bekijk het volgende voorbeeld eens: $x^2 + 7,72x + 11,8 = 0$. We schuiven het begin van de CI-schaal boven de 118 van de D-schaal. We gaan nu niet in het wilde weg zoeken, maar stellen eerst vast, dat de twee getallen, die we zoeken, in de buurt van 2 en 5 moeten liggen. We schuiven daarom de rand van onze plastic driehoek boven de 2 van de D-schaal. Erboven op de CI-schaal lezen we af 5,9 en $2 + 5,9 = 7,9$.

We schuiven nu de rand van de plastic driehoek iets verder: boven de 2,1 van de D-schaal en vinden op de CI-schaal 5,62.

$$2,1 + 5,62 = 7,72.$$

De gezochte getallen zijn dus 2,1 en 5,62 en de wortels zijn de tegengestelden daarvan.

Indien we niet met „mooie getallen” werken is deze benaderingsmethode met de rekenliniaal zeer efficiënt.

9. °De schalen krimpen in (kwadraten, derdemachten, wortels)

We nemen de achterkant van het model van de rekenliniaal voor ons en zien daarop weer de hoofdschalen C en D. Maar op de plaats van de CF- en de DF-schalen zien we schalen, gemerkt met A en B. Deze schalen dragen dezelfde logaritmische verdeling als de C- en de D-schaal, maar dan twee maal verkleind. De A- en de B-schaal lopen dus twee maal van 1 tot 10.

De schaalverdeling op de A- en de B-schaal is niet zo fijn als op de hoofdschalen. Tussen 1 en 2 is dezelfde verdeling als tussen 2 en 4 van de hoofdschaal en tussen 2 en 5 dezelfde verdeling als tussen 4 en 10 van de hoofdschaal. Tussen 5 en 10 is de onderverdeling nog maar in tien.

Zonder verschuiving van de tong kunnen we door combinatie van de AB-schaalverdeling en de verdeling op de hoofdschalen kwadrateren en worteltrekken. Schuif de haarlijn (zo zullen we de rechthoekszijde van onze plastic driehoek voor het gemak verder noemen) boven de 3 van de D-schaal en lees op de A-schaal het kwadraat af. (9) Controleer de volgende aflezingen:

$$2^2 = 4; 4^2 = 16; 6^2 = 36; 12^2 = 144; 17,2^2 = 296; 10,5^2 = 110$$

Bij worteltrekken moeten we van de A-schaal overgaan op de D-schaal en er wel rekening mee houden, dat getallen met een oneven aantal cijfers voor de komma op het eerste gedeelte van de A-schaal ingesteld moeten worden en de andere op het tweede gedeelte.

Zo vinden we onder de 4 van de A-schaal een 2 op de D-schaal en onder de 25 (op het tweede stuk) van de A-schaal een 5 op de D-schaal. Controleer de volgende aflezingen:

$$\sqrt{9} = 3; \sqrt{49} = 7; \sqrt{144} = 12; \sqrt{10} = 3,16; \sqrt{15} = 3,86; \\ \sqrt{20} = 4,45; \sqrt{2} = 1,41$$

Een handige rekenaar kan dikwijls berekeningen, waarin kwadraten en wortels voorkomen snel uitrekenen door de hoofdschalen te combineren met de kwadraatschalen. We gaan hier niet verder op in. Als voorbeeld alleen het volgende:

$$\left(\frac{3,67 \times 4,28}{17,9} \right)^2$$

We rekenen eerst alles tussen de haakjes uit op de hoofdschaal en lezen daarna de uitkomst niet op de D-schaal af, maar op de A-schaal! Daar vinden we immers het kwadraat van het getal op de D-schaal.

Op de tong merken we verder nog de K-schaal op. Deze is weer hetzelfde als de hoofdschalen, maar nu verkleind op $\frac{1}{3}$. De K-schaal loopt drie maal van 1 tot 10. Overgang van de C-schaal op de K-schaal geeft de derdemacht van een getal en overgang van de K-schaal op de C-schaal geeft de derdewortel van een getal.

Zet de haarlijn op de 2 van de C-schaal en lees op de K-schaal de derdemacht (8) af.

Zet de haarlijn op de 80 van de K-schaal (middelste stuk!) en lees op de C-schaal de derdewortel af (4,3).

Bij het aflezen van derdewortels stellen we onder het eerste stuk van de K-schaal getallen met 1 cijfer in (in het algemeen getallen waarvan het aantal cijfers een drievoud $+1$ is). Op het tweede stuk getallen van twee cijfers en op het derde stuk getallen van 3 cijfers.

^{ooo}Op de A- en B-schaal vinden we de hoofdschalen op de helft verkleind terug. Staat boven een getal a van de D-schaal een getal x op de A-schaal, dan mogen we schrijven:

$$\log x = 2 \log a \text{ of } \log x = \log a^2 \text{ waaruit volgt } x = a^2 \text{ en } a = \sqrt{x}.$$

Eenzelfde redenering geldt voor de K-schaal.

10. ^{ooo}Pasklaar voor de sinusregel

Op de voorkant van ons model zien we schalen gemerkt met T en ST (boven). Deze schalen geven in combinatie met de hoofdschalen respectievelijk de Tangens en de Sinus-en-Tangens van kleine hoeken (kleiner dan 5°). Onderaan vinden we nog de Sinusschaal (gemerkt met S). Met behulp van deze schalen kunnen we ook berekeningen uitvoeren, waarin goniometrische verhoudingen voorkomen.

We zullen slechts op één soort van deze berekeningen ingaan, nl. die waarbij we van de sinusregel gebruik maken. Maar eerst zullen we de sinusschaal wat nauwkeuriger bekijken. De sinusschaal correspondeert met de hoofdschalen. Daarop is de logaritme van de sinus van de aangegeven hoeken uitgezet. De S-schaal vervangt een sinus- en cosinus-tafel in 3 decimalen.

Schuif de haarlijn boven de 30° van de S-schaal; erboven op de D-schaal lezen we af 5 (sinus $30^\circ = 0,5$).

De S-schaal draagt een dubbele becijfering, de bovenste loopt van voor naar achter en geldt voor de sinus; de onderste loopt van achteren naar voren en geldt voor de cosinus.

Controleer de volgende aflezingsen:

$\sin 10^\circ = 0,174$; $\sin 15^\circ = 0,259$; $\cos 31^\circ = 0,857$; $\cos 25^\circ = 0,906$.

De sinusregel heeft de vorm van een aaneengeschakelde evenredigheid:

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}.$$

Zoals we in § 6 gezien hebben kunnen we deze evenredigheid op de rekenliniaal instellen. Inplaats van de combinatie C-schaal en D-schaal gebruiken we hier de combinatie C-schaal en S-schaal.

Op de S-schaal staan dan de hoeken en op de C-schaal de zijden tegenover deze hoeken.

Is bijvoorbeeld van $\triangle ABC$, $\angle A = 50^\circ$, $a = 14,5$ en $\angle B = 60^\circ$ dan kunnen we $\angle C$, b en c direct aflezen.

Schuif 14,5 van de C-schaal boven de 50° van de S-schaal.

Schuif de haarlijn boven de 60° van de S-schaal en lees op de C-schaal af 16,4. De derde hoek is natuurlijk 70° . Schuif de haarlijn boven de 70° van de S-schaal en lees op de C-schaal af: 17,8.



11. °De LL-schalen, een machtig hulpmiddel

We nemen ons model, waarop de schalen staan, aangeduid met LL_1 , LL_2 , LL_3 . Dit zijn zg. dubbellogaritmische schalen. Ze werden in 1815 voor het eerst door de Engelsman Roget op de rekenliniaal aangebracht.

We beschouwen de LL_3 -schaal wat nader en vergelijken deze met de C-schaal. Plaatsen we de 1 van de C-schaal boven de 6 van de LL_3 -schaal, dan zien we, dat de 2 van de C-schaal staat boven de 36 van de LL_3 -schaal (Zie figuur 9).

Boven welk getal van de LL_3 -schaal staat de 2 van de C-schaal, als de 1 van de C-schaal boven de 4 van de LL_3 -schaal staat?

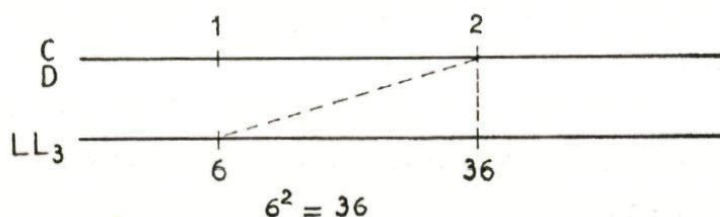


Fig. 9

Blijkbaar is de LL_3 -schaal zo geconstrueerd, dat de 2 van de C-schaal staat boven a^2 , als de 1 staat boven a .

Boven welk getal van de LL_3 -schaal staat de 3 van de C-schaal, als de 1 staat boven a ? Controleer het maar door de 1 van de C-schaal boven de 3 van de LL_3 -schaal te plaatsen.

Met de LL_3 -schaal kunnen we dus machtsverheffen. We kunnen er niet alleen machten met gehele exponenten mee berekenen, maar ook machten als $6,3^{2,5}$. Lees maar af, dat $6,3^{2,5} \approx 100$. (1 van de C-schaal boven 6,3; aflezen, dat 2,5 van de C-schaal staat boven 100).

Worteltrekken kunnen we nu natuurlijk ook met de LL_3 -schaal, bv. $\sqrt[3]{100} \approx 4,62$ (3 van de C-schaal plaatsen boven 100; aflezen, dat 1 van de C-schaal staat boven 4,62).

We hebben hier slechts heel eenvoudige voorbeelden gegeven om het principe te demonstreren. Het vlot werken met de LL-schalen (vooral het overspringen van de ene LL-schaal naar de andere en het thuis raken in de nogal gevarieerde onderverdeling der LL-schalen) vraagt natuurlijk de nodige oefening.

°°° *Waarom is de LL_3 -schaal een dubbellogaritmische schaal?*

Als we moeten berekenen $6,3^{2,5}$ of in het algemeen a^x , dan kunnen we dit als volgt omzetten:

$$\begin{aligned}\log a^x &= x \log a \\ \log \log a^x &= \log (x \log a) = \log x + \log \log a\end{aligned}$$

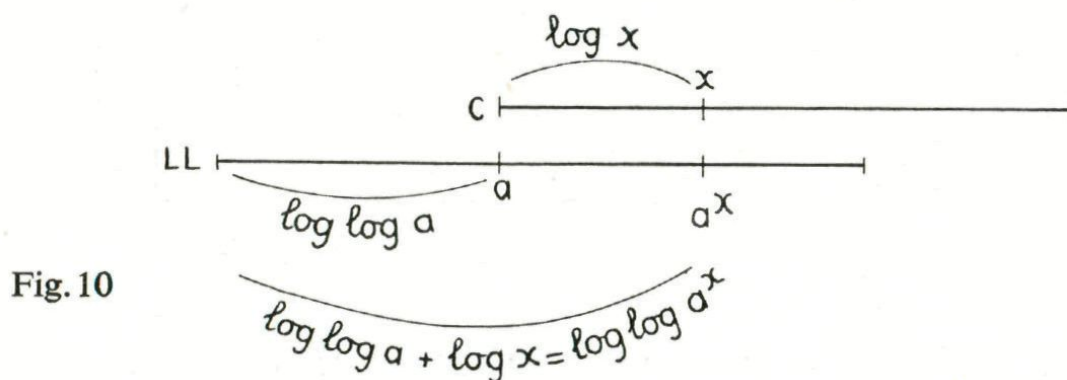


Fig. 10

Als we nu op de rekenliniaal een schaal aanbrengen, waarop vanaf het beginpunt niet de logaritme der getallen is afgepast, maar de *logaritme*

van deze logaritme, dan kunnen we bovenstaande macht met één instelling vinden. Dit word je duidelijk, als je figuur 10 goed bekijkt.

Noot: voor een goed verstaander: meestal maakt men geen loglog-schalen, maar log ln-schalen d.w.z. de logaritme (met de basis 10) van de natuurlijke logaritme (met de basis e) van de getallen zijn vanaf het begin der schaal afgemeten.

Men kan dit als volgt controleren:

$$\begin{aligned}\ln e &= {}^e\log e = 1 \\ {}^{10}\log \ln e &= {}^{10}\log 1 = 0.\end{aligned}$$

Bij het begin van de LL_3 -schaal vinden we ook inderdaad de aanduiding e .

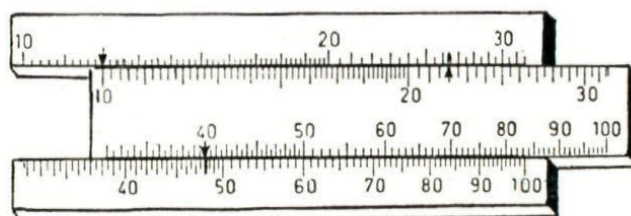
Dit lijkt ingewikkeld, maar het vergemakkelijkt ten zeerste het rekenen met e -machten en het heeft verder geen invloed op het rekenen met willekeurige machten en wortels.

12. ° *Rekenlinialen met een grotere nauwkeurigheid*

Voor berekeningen, die een grotere nauwkeurigheid vragen dan de standaardmodellen van rekenlinialen kunnen bieden (de standaardmodellen zijn om wille van de hanteerbaarheid niet veel langer dan 25 cm), heeft men verschillende mogelijkheden uitgewerkt, waarvan we er hier twee zullen bespreken.

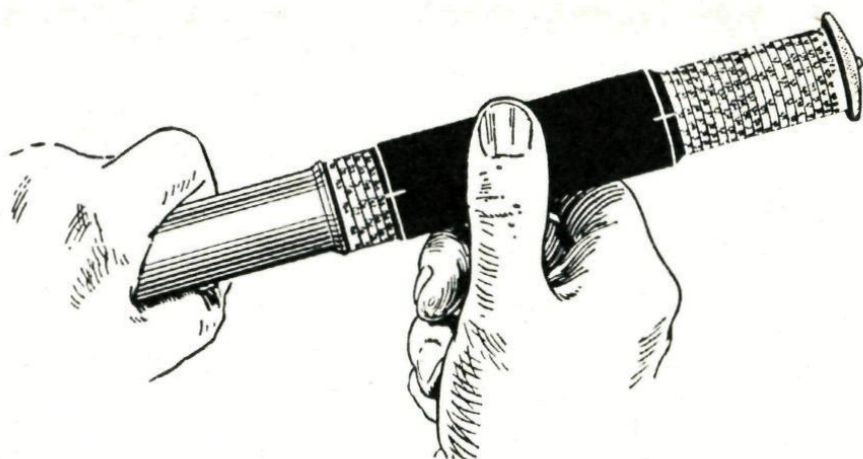
Het is mogelijk de schalen „op te vouwen”. Brengen we op de plaats van de AB-schaal van een 25 cm lange rekenliniaal de eerste helft aan van de hoofdschaal van een 50 cm lange rekenliniaal, dan kan deze er op tot het getal $\sqrt{10} = 3,162\dots$. De tweede helft wordt dan voortgezet op de plaats van de CD-schaal (zie figuur 11). De figuur laat zien, hoe we met deze schalen een vermenigvuldiging kunnen uitvoeren:

Fig. 11



$12 \cdot 22 = 264$ geeft natuurlijk niet de minste moeilijkheid, omdat we hiervoor slechts gebruik maken van de bovenste schalen. Bij $12 \cdot 40 = 480$, moeten de 40 en de uitkomst afgelezen worden op de beide onderste schalen.

Fig. 12



Een dergelijke rekenliniaal wordt door de firma Nestler in de handel gebracht onder de naam Präzision.

Een veel effectiever oplossing is gegeven in de Otis King-calculator. Hierbij is een schaal van liefst bijna 170 cm spiraalvormig op een cilinder met een middellijn van ca 3 cm aangebracht (fig. 12).

Geopend heeft het instrument een maximale lengte van 25 cm en gesloten van slechts 15 cm. In figuur 13 is een stukje van de schaal van

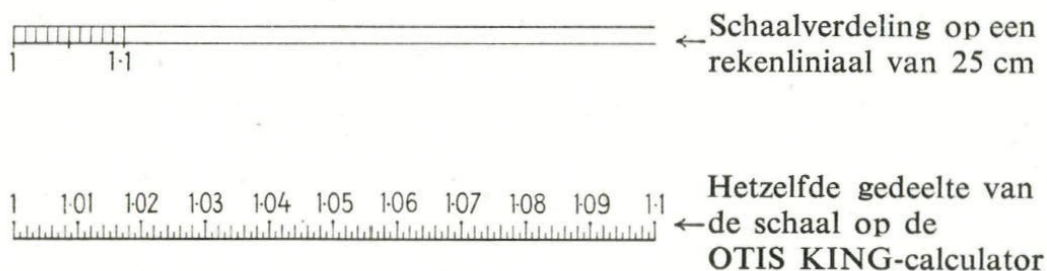


Fig. 13

een normale rekenliniaal vergeleken met het overeenkomstige stuk op de Otis-King-calculator, waaruit duidelijk de grote winst in nauwkeurigheid blijkt. De mogelijkheden zijn beperkter dan bij een normale rekenliniaal maar juist de meest voorkomende berekeningen zijn er alle met groot gemak mee uit te voeren. Het is verwonderlijk, dat dit prachtige instrumentje geleverd kan worden tegen een prijs die niet veel hoger ligt dan die van een normale rekenliniaal.



13. Overige schalen en merktekens

Op de voorkant zien we nog een schaal gemerkt met P (onderaan) de zgn. Pythagoreïsche schaal. Onder elke waarde x van de hoofdschaal vinden we de waarde $\sqrt{1 - x^2}$ op de P-schaal. Deze schaal kan verschillende goniometrische berekeningen aanmerkelijk bekorten (denk maar aan de uitdrukking $\sin A = \sqrt{1 - \cos^2 A}$).

Verdere wordt de P-schaal gebruikt voor berekeningen op het gebied van de elektrotechniek (o.a. wisselstromen).

Op de achterkant treffen we op de tong nog een L-schaal aan, die van 0,0 tot 1 loopt. Deze schaal is gelijkmatig verdeeld (lineair).

In combinatie met de hoofdschalen kunnen we de logaritmen van getallen aflezen: Bijvoorbeeld $\log 6 = \dots$. Schuif daarvoor de haarlijn op de 6 van de C-schaal en lees op de L-schaal af 0,778 (een tafel in 4 decimalen geeft 0,7782). Vanzelfsprekend kunnen we ook terugzoeken: $\log x = 0,5$. Schuif de haarlijn op de 0,5 van de L-schaal en lees op de C-schaal af 316. Dus $x = 3,16$.

Op de hoofdschaal aan de voorkant zien we nog de tekens π , ρ' en ρ'' staan. De tekens ρ' en ρ'' dienen om een boogmaat in een hoekmaat om te zetten en omgekeerd, terwijl we er ook de sinus en de tangens van hoeken kleiner dan $30'$ mee kunnen vinden.

Op de looper van een rekenliniaal vinden we meestal, behalve de haarlijn, nog enige andere streepjes gegraveerd, die berekeningen vereenvoudigen, waarin π voorkomt (oppervlakte van cirkels, inhoud van cilinders e.d.)

14. De keuze van een rekenliniaal

Het kartonnen model zou ons op twee manieren kunnen misleiden. In de eerste plaats zouden we kunnen denken, dat dit een echte rekenliniaal zou kunnen vervangen. Bij een rekenliniaal komt het echter op vlot en soepel werken aan. Daarvoor is echter de mechanische afwerking volkomen onvoldoende; het zuivere instellen en aflezen is alleen mogelijk met een gemakkelijk glijdende tong, zonder speling, en een looper met haarlijn. Bovendien is het kartonnen model een bijna tot de helft verkleinde rekenliniaal, zodat de cijfertjes en streepjes elkaar verdringen.

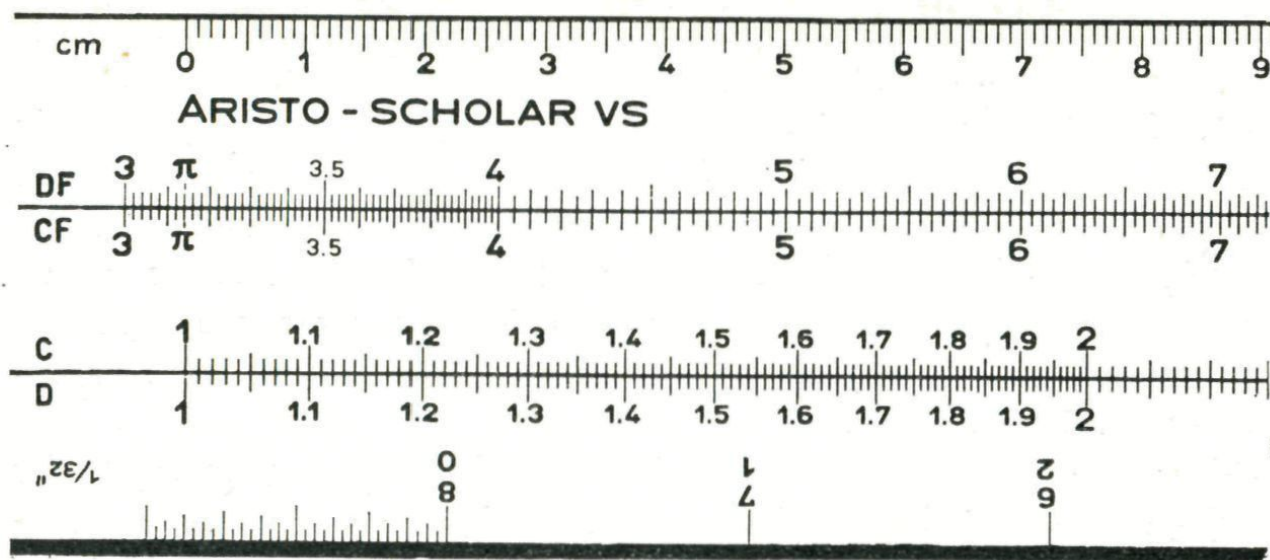


Fig. 14

Gedeelte van de voorkant van de Aristo Scholar VS op ware grootte. Door alle schalen die slechts zelden gebruikt worden naar de achterkant (fig. 15) te verplaatsen, krijgt men een helder en gemakkelijk af te lezen serie schalen.

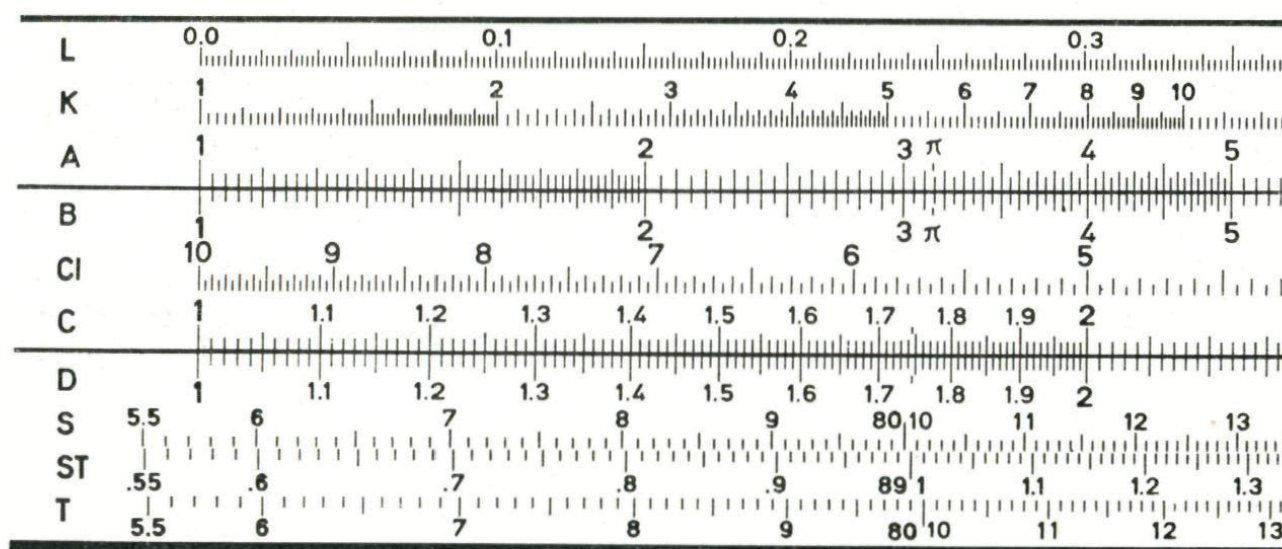


Fig. 15

Gedeelte van de achterkant van de Aristo Scholar VS op ware grootte.

Ten tweede zou het ons kunnen suggereren, dat onze keuze bij het aanschaffen van een echte rekenliniaal moet vallen op de ARISTO Studio. Maar dat zouden wij zelfs willen afraden. Wij hebben die voor het kartonnen model gekozen, omdat we er vrijwel *alle* mogelijkheden van de rekenliniaal mee kunnen demonstreren.

Bij een keuze van een rekenliniaal moet men goed bedenken, dat het gaat om een hulpmiddel, om *zo snel mogelijk* uitkomsten van berekeningen te vinden. Nu is het zo, dat een rekenliniaal met weinig schalen sneller en minder vermoeiend werkt, dan een met veel schalen. Schalen, die we zelden of nooit gebruiken, zijn niet meer dan een lastige verfraaiing van onze rekenliniaal. Zo zullen berekening met de dubbellogaritmische schaal alleen veelvuldig voorkomen bij zeer bepaalde technische en fysische berekeningen (bv. over radio-actieve straling).

Als rekenliniaal met vele mogelijkheden, bij een toch zeer eenvoudig schaalbeeld, zouden we de ARISTO SCHOLAR VS kunnen aanraden: Op de voorkant zijn alleen de schalen opgenomen, die men voor elke berekening nodig heeft. De schalen die slechts een enkele maal gebruikt kunnen worden staan op de achterkant. Bij de SCHOLAR VS 2 is het zelfs mogelijk om een berekening, die aan de voorkant begonnen is, aan de achterkant voort te zetten. Maar omdat hier de looper van een bijzondere constructie is en de schalen op voor- en achterkant nauwkeurig op elkaar afgestemd moeten zijn, is de VS 2 duurder dan de VS.

Verschillende rekenlinialen van ander fabrikaat dan Aristo komen met de hierboven besproken linialen, wat schaalverdeling enz. betreft, wel ongeveer overeen (o.a. Faber en Nestler).

Algemene benamingen, als „systeem Rietz” en „systeem Darmstadt” hebben betrekking op een bepaalde combinatie van schalen. Deze namen hebben echter veel van hun betekenis verloren, omdat de moderne rekenlinialen nog beter bruikbare variaties op deze schalencombinaties geven.



15. °Een grote rijkdom aan mogelijkheden

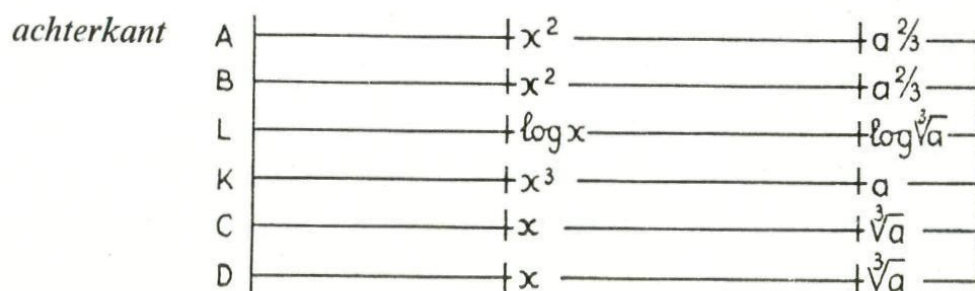
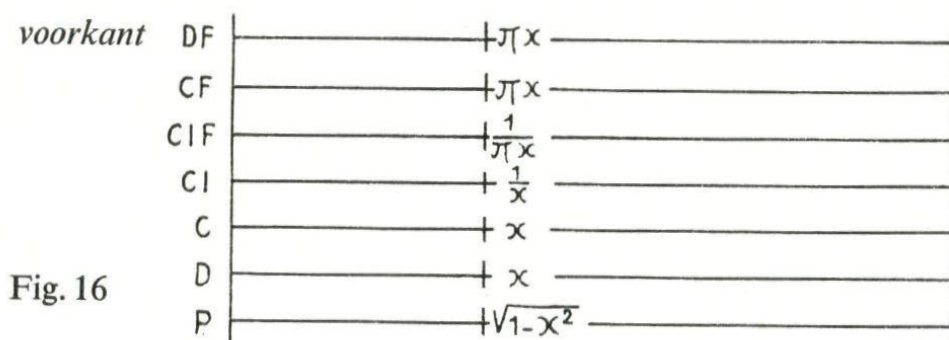
In figuur 16 zijn de schalen (behalve de goniometrische en de LL-schalen) van de voorkant en van de achterkant door lijnstukken aangegeven. De tong is niet uitgeschoven. Als we nu de haarlijn op een getal x van de hoofd schaal plaatsen, kunnen we op de andere schalen van onder naar boven aan de voorkant aflezen:

de getallen: $\sqrt{1-x^2}, \frac{1}{x}, \frac{1}{\pi x}, \pi x, \pi x.$

En aan de achterkant: $x^3, \log x, x^2, x^2$ (fig. 16).

Schuiven we de haarlijn op het getal a van de K-schaal, dan lezen we op de andere schalen af:

$\sqrt[3]{a}, \sqrt[3]{a}, a, \log \sqrt[3]{a}, a^{\frac{2}{3}}, a^{\frac{2}{3}}$ (fig. 16, achterkant)



Schuiven we de tong uit dan wordt het aantal betrekkingen dat we af kunnen lezen nog veel groter. Zetten we het begin van de C schaal boven het getal a van de D-schaal dan lezen we op de plaats van het getal p op de C-schaal op de andere die waarden af, die in fig. 17 zijn aangegeven.

De meeste rekenaars gebruiken vrijwel uitsluitend de hoofdschalen van hun rekenliniaal. Dit is begrijpelijk, omdat de meeste berekeningen

combinaties van vermenigvuldigen en delen zijn. Daarom is het ook verstandig een rekenliniaal te kiezen, die op één der zijden niet veel meer heeft dan de hoofdschalen en de verplaatste hoofdschalen. De

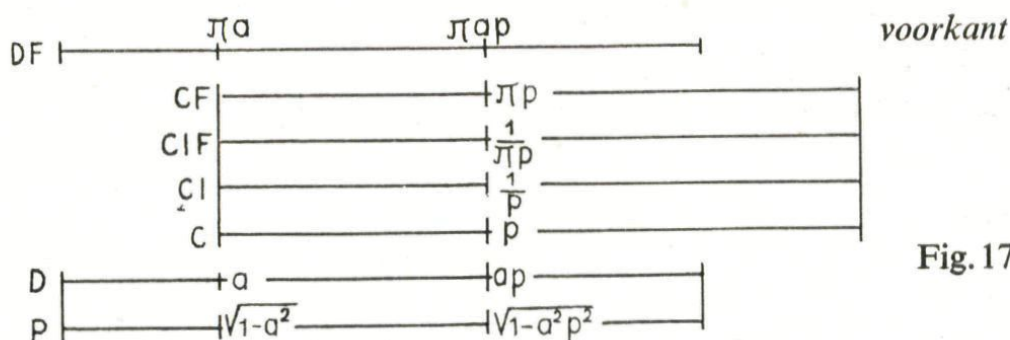
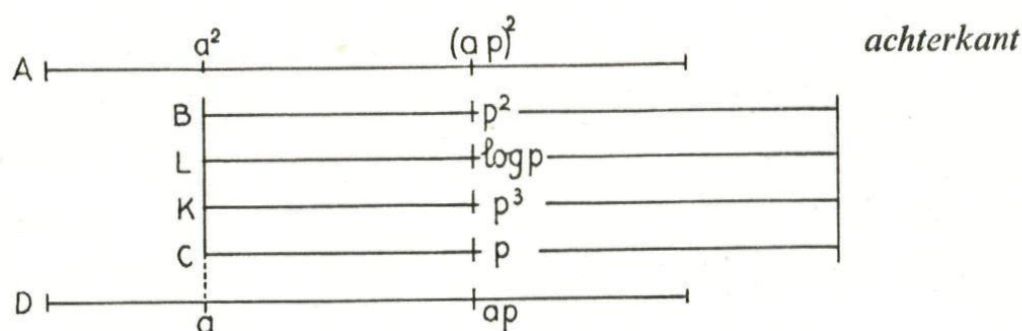


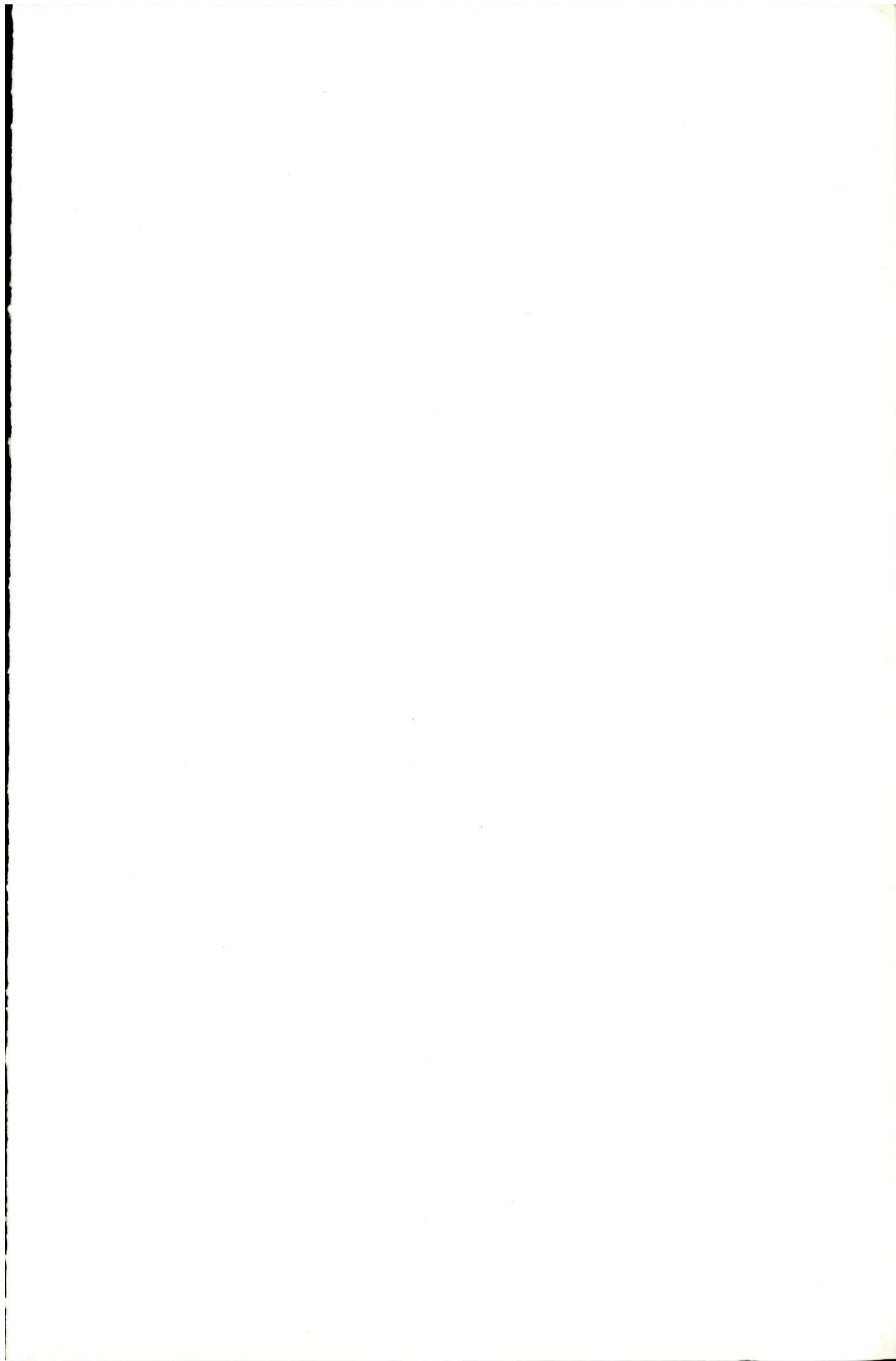
Fig. 17



hele theorie van de hoofdschalen is te vinden in § 2 en § 6. Deze theorie plus de nodige routine in het snel aflezen van de schaal, zou iedereen heel wat uren rekenwerk kunnen besparen.

Van de andere kant is het duidelijk, dat in het gebruik van verschillende schalencombinaties een grote virtuositeit te ontwikkelen is, waarbij met een minimum aantal bewegingen van tong en looper de uitkomsten van zeer ingewikkelde berekeningen zijn af te lezen.





Zakelijke mededelingen

Dit tijdschrift wordt uitgegeven onder auspiciën van de Nederlandse Onderwijs Commissie van het Wiskundig Genootschap.

REDACTIE

Bruno Ernst, Bosschendijk 2, Oudenbosch.

Aan dit adres kan men bijdragen voor Pythagoras zenden, zoals artikelen of problemen.

G. Krooshof, Noorderbinnensingel 140, Groningen.

Aan dit adres kunnen de oplossingen der puzzels en problemen gezonden worden.

Vermeld duidelijk naam, adres, school en leerjaar.

ABONNEMENTEN

Pythagoras zal 4 maal per schooljaar verschijnen.

Voor leerlingen van scholen, besteld via een der docenten, f2,— per jaargang. Voor anderen f3,—.

Abonnementen kan men opgeven bij J. B. Wolters' Uitgeversmaatschappij N.V., Postbus 58, Groningen.

Het abonnementsgeld dient te worden gestort op girorekening 807707 van J. B. Wolters.

Het geheel of gedeeltelijk overnemen van de inhoud zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de redactie is niet toegestaan.