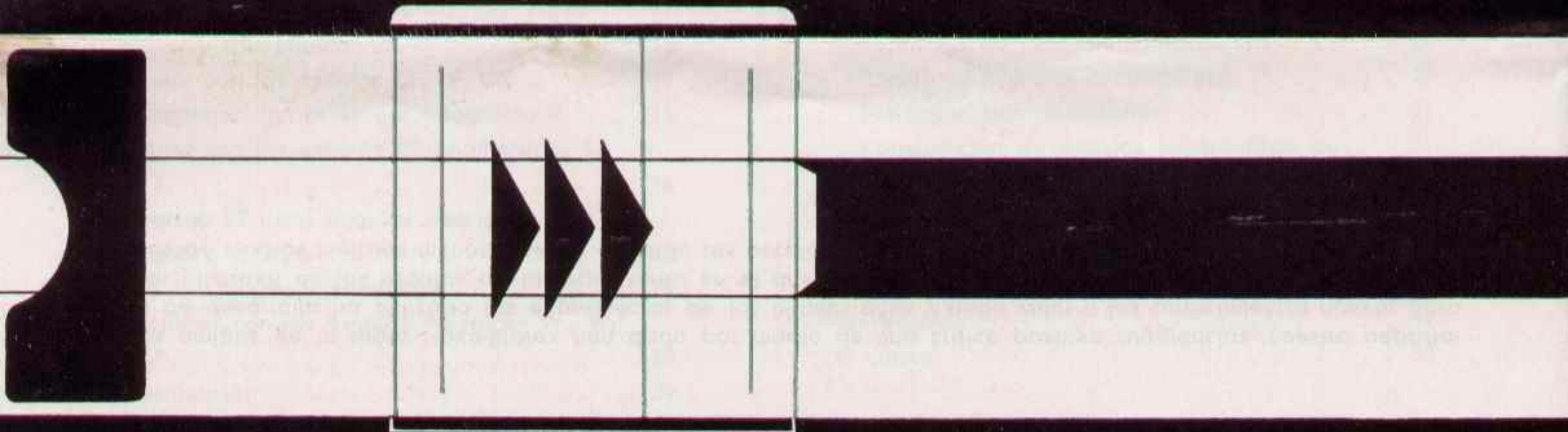




INSTRUCCIONES

Regla de cálculo de precisión
para ingenieros industriales y electrotécnicos,
estudiantes de universidades técnicas
y academias de ingenieros

Novo-Biplex
No. 2/83 N, 62/83 N
con cuadro de
escalas ampliado



El CASTELL NOVO-BIPLEX 2/83 N con el cuadro de escalas ampliado

Muchos amigos de la regla Novo-Biplex han dado por medio de una crítica positiva sugerencias, nuestro departamento de desarrollo ha utilizado las experiencias de los últimos años y dado valor a los conocimientos nuevos para mejorar el orden de las escalas de la regla tanto en el anverso como en el reverso.

Además de muchas mejoras menores se ha añadido las escalas: A, B, DI (en la parte delantera) y LL_{00} , CI, D, LL_0 (en el reverso).

Tratamiento de la regla de cálculo Novo-Biplex

Las reglas de cálculo Novo-Biplex son instrumentos valiosos de alta precisión, y deben por eso ser tratadas con esmero. Están hechas del material plástico especial. El especial es muy elástico y con un trato correspondiente seguro contra rotura. Es resistente a influencias climatológicas, insensible contra la humedad, no inflamable, resistente contra la mayoría de las sustancias químicas. No es conveniente, sin embargo, exponer las reglas de especial a la acción de líquidos cáusticos o fuertes disolventes (también la goma de borrar de plástico ataca al especial), estos, aunque no ataquen el material mismo, pueden por lo menos perjudicar el tinte del grabado de las escalas. En caso de necesidad para facilitar la marcha ligera de la reglilla se recomienda el uso de vaselina pura o de aceite de silicon.

Para la limpieza recomendamos la especialidad Castell No. 211 (líquido) o bien No. 212 (pasta de limpieza).

2

INDICE

	Página		Página
Escalas de la regla de cálculo	4	División	21
Lectura de las escalas de 25 cm de longitud	4	Formación de tablas	22
Lectura de las escalas de 50 cm de longitud	6	Cuadrado y raíz cuadrada	22
Lectura de las escalas de 12,5 cm de longitud	6	Operaciones con la escala de mantisas L	23
Multiplicación	7	Las escalas exponenciales para exponentes	
División	8	positivos, para exponentes negativos	24
Multiplicación y división combinada	8	exponentes negativos	24
Formación de tablas	9	Los logaritmos naturales	25
Cálculos con las escalas CI y DI	10	Potencias de e	25
Calcular con las escalas cuadradas A y B	12	Raíces de e	26
Cubicar y raíz cúbica	13	Potencias de números cualesquiera	26
Calcular con las escalas CF, DF, CIF	13	Raíces de números cualesquiera	27
Operaciones con la escala pitagórica P	15	Los logaritmos decadarios	27
Calcular con las escalas trigonométricas S,		Construcción de escalas logarítmicas de	
T_1 y T_2	16	cualquier tamaño	28
La escala ST para ángulos pequeños y		Logaritmos de base cualquiera	28
el signo φ	18	Averiguación del logaritmo doble	29
Cálculo con números complejos	19	Significado de los signos marcados en	
Operaciones con las escalas de raíces W_1 , W_1' ,		las escalas	29
W_2 , W_2'	20	El cursor	30
Multiplicación	20		

3

Escalas de la regla de cálculo

Todas las escalas están relacionadas con las básicas C y D y llevan en el extremo derecho de las mismas el signo abreviado matemático que las relaciona con los valores numéricos de las escalas básicas.

El cursor, que abraza la regla por completo, permite la conexión de una operación de cálculo a través de todas las escalas del lado frontal y dorso de la regla.

El **anverso** lleva las siguientes escalas:

1. escala de tangentes	T_1	$\propto \tan 0,1 x$ (cot)
2. escala de tangentes	T_2	$\propto \tan x$ (cot)
escala de cubos	K	x^3
escala fija de cuadrados	A	x^2
escala fija desplazada en π	DF	πx
escala móvil desplazada en π	CF	πx
escala móvil de cuadrados	B	x^2
escala recíproca desplazada en π	CIF	$1:\pi x$
escala básica recíproca	CI	$1:x$
escala básica móvil	C	x
escala básica fija	D	x
escala básica fija recíproca	DI	$1:x$
escala de senos	S	$\propto \sin 0,1 x$ (cos)
escala de arcos para ángulos pequeños	ST	$\propto \arcsin 0,01 x$
escala pitagórica	P	$\sqrt{1-(0,1 x)^2}$

El **reverso** lleva las siguientes escalas:

escalas exponenciales para exponentes negativos	$\left\{ \begin{array}{l} LL_{03} \dots e^x \\ LL_{02} \dots e^{-0,1 x} \\ LL_{01} \dots e^{-0,01 x} \\ LL_{00} \dots e^{-0,001 x} \end{array} \right.$
2. escala fija de raíces	$W_2 \dots \sqrt[10]{x}$
2. escala móvil de raíces	$W_2' \dots \sqrt[10]{x}$
escala básica de recíprocas	CI $\dots 1:x$
escala de mantisas	L $\dots \frac{1}{2} \lg x$
escala básica móvil	C $\dots x$
1. escala móvil de raíces	$W_1' \dots \sqrt{x}$
1. escala fija de raíces	$W_1 \dots \sqrt{x}$
escala básica fija	D $\dots x$
escala de exponenciales	LL $\dots e^{0,001 x}$
otras escalas exponenciales para exponentes positivos	$\left\{ \begin{array}{l} LL_1 \dots e^{0,01 x} \\ LL_2 \dots e^{0,1 x} \\ LL_3 \dots e^x \end{array} \right.$

Lectura de las escalas de 25 cm de longitud en 2/83 N: C, D, CF, DF, CI, CIF, W, W₁, W₁', W₂, W₂' (62/83N)

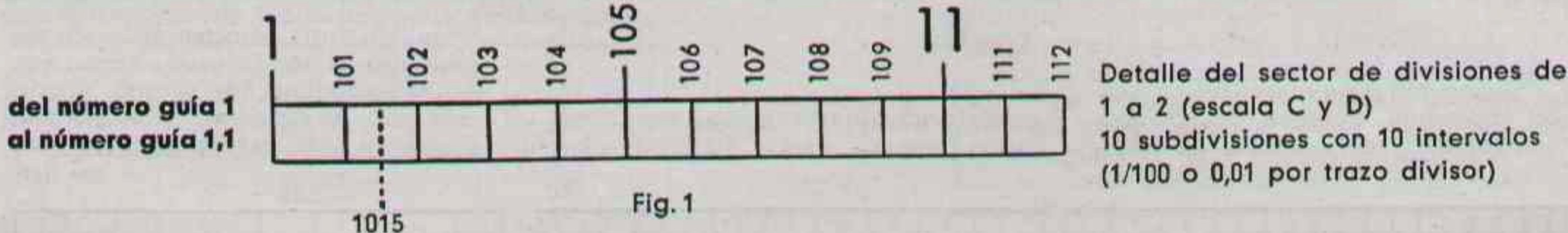
Tómase nota de que:

La regla de cálculo no indica el orden de magnitud de una cifra. Así p. ej. la cifra 6 marcada en la regla puede significar 6, 0,6, 60, 600, 6000, 0,006 etc. (se exceptúan las escalas exponenciales véase pág. 24). La posición de la coma se obtiene mediante un cálculo aproximado con números redondeados. En la mayoría de los casos prácticos es de antemano conocida la posición de la coma, de modo que huelga dar más reglas sobre el particular. Donde mejor se compenetra uno con las subdivisiones de las escalas es en las dos escalas básicas C y D. Dominando sus divisiones, entenderemos también las demás escalas.

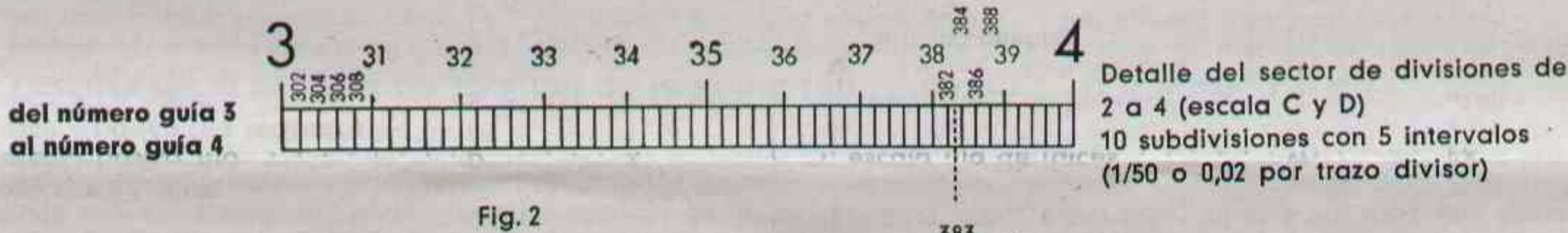
Todas las escalas marcadas en rojo corren en sentido inverso, (recíprocas), o sea de derecha a izquierda, o bien se trata de subdivisiones suplementarias, que permiten seguir operando en valores límites, que se hallan algo debajo del valor 1 (comienzo de la escala) y algo por encima del valor 10 (final de la escala).

4

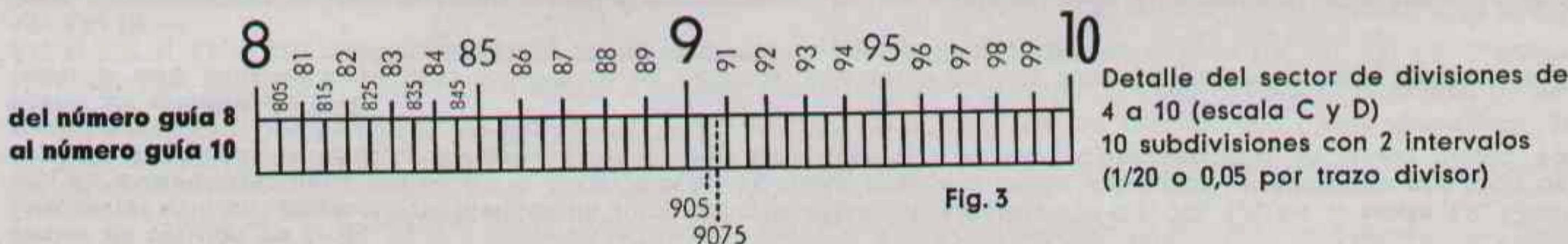
Veamos ahora las escalas básicas C y D en la parte delantero de la regla, utilizando para la lectura y el ajuste el trazo largo central del cursor o el índice 1 (comienzo de la escala) o bien el índice 10 (final de la escala).



Aquí pueden leerse, sin más, y con exactitud 3 cifras (p. ej. 1-0-1). Promediando el intervalo entre dos trazos se puede leer bien 4 cifras (p. ej. 1-0-1-5). La última cifra es en este caso siempre un 5.



Aquí se pueden leer con exactitud 3 cifras (3-8-2). La última cifra es entonces siempre un número par (2, 4, 6, 8). Promediando los intersticios se obtiene también los números nones (1, 3, 5, 7, 9) p. ej. 3-8-3.



Aquí se puede leer con exactitud 3 cifras, siempre que la última cifra sea un 5 (9-0-5). Promediando los intervalos se pueden leer con exactitud hasta 4 cifras. La última cifra es también aquí siempre un 5 (9-0-7-5).

5

Lectura de las escalas de 50 cm de longitud W_1, W_1', W_2, W_2' en 2/83 N

Estas escalas están dispuestas en las ranuras de la reglilla en el dorso de la regla y van de $3,16 = \sqrt{10}$ abajo y de 3,16 a 10 encima (divisiones superiores se ha tenido en cuenta para aligerar el trabajo). Con su uso se consigue mayor exactitud. Desde luego se apartan en las divisiones de las escalas de 25 cm de longitud.

Sector de división de 1—2

Este sector está por lo pronto subdividido en 10 partes que están enumeradas con 1,1, 1,2, 1,3, 1,4... hasta 1,9. Cada una de estas partes tiene por su parte otras 10 subdivisiones; solo que estas no están enumeradas por falta de espacio. Y además se ha provisto entre estas últimas subdivisiones, con una rayita pequeña, la marca media. Se puede pues leer: 1-1-2-5; 1-3-1-5; 1-4-4-5; 1-5-2-5; 1-7-1-5... 1-9-7-5.

Sector de división de 2—5

También aquí consiste la primera subdivisión en décimas, solamente no son enumeradas excepto los valores de 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5. Las décimas restantes ha de reconocerlas uno mismo, o sea los valores de 2,1; 2,2; 2,3... hasta 4,7; 4,8; 4,9.

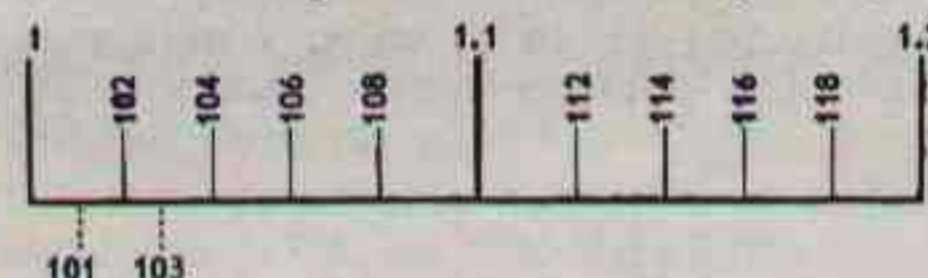
Entre estas décimas se han marcado también sus correspondientes décimas, pero el promedio entre estas no han sido marcados. Se tiene pues los siguientes valores empezando por 2 y sin usar la coma: 2-0-0; 2-0-1; 2-0-2; 2-0-3; 2-0-4; 2-0-5; 2-0-6 etc. hasta 4-9-7, 4-9-8, 4-9-9; 5-0-0.

En el sector de división de 5—10 están marcadas las decimales, pero entre estas solamente los quintos. Se tiene pues ante sí y empezando por 5 los siguientes números de divisiones: 5-0-0; 5-0-2; 5-0-4; 5-0-6; 5-0-8; 5-1-0; 5-1-2 etc. hasta 9-9-6; 9-9-8; 1-0-0.

Pero el margen de lectura de las escalas excede en mucho a estas posibilidades. Los demás valores intermedios hay que averiguarlos por apreciación.

Lectura de las escalas de 12,5 cm de longitud (en 62/83 N): C, D, CF, DF, CI, CIF

Detalle del margen de escala de 1 a 2
Del número-guía 1 al número-guía 1,2



Aquí pueden leerse con exactitud tres cifras. Dividiendo en dos secciones iguales las distancias entre dos trazos consecutivos, se obtienen los números impares (101, 103, etc.).

Detalle del margen de escala de 2 a 5
Del número-guía 2 al número-guía 3



Aquí pueden leerse también con exactitud tres cifras, si la cifra final es un 5.

Detalle del margen de escala de 5 a 10
Del número-guía 5 al número-guía 7



Aquí se pueden leer exactamente dos cifras, estando marcadas por sus correspondientes divisiones.

El margen de lectura de las escalas, sin embargo, excede en mucho a las citadas posibilidades. Los demás valores intermedios han de averiguarse por apreciación.

6

Multiplicación

Se utiliza, ante todo, las escalas principales C y D de la parte frontal. Multiplicación con las escalas A y B véase pág. 12.

a·b

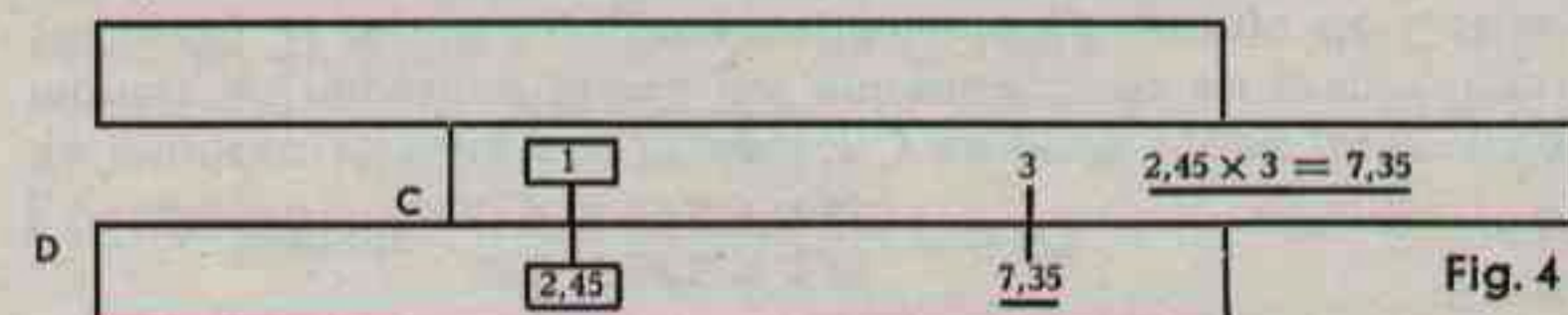


Fig. 4

Ejemplo: $2,45 \times 3 = 7,35$

Se coloca el 1 inicial de la reglilla (C 1) sobre 2,45 de la escala inferior (D 245), se corre el trazo del cursor sobre 3 de la escala inferior de la reglilla (C 3) y se lee el producto 7,35 bajo el trazo del cursor en la escala inferior de la regla (D 735).

(Indicación importante: Con trazo del cursor entiende siempre en los siguientes párrafos el trazo principal, largo, central del cursor tanto en la parte frontal que en el dorso.)

Ejemplo: $2,04 \times 3,18 = 6,49$. Se coloca C 1 sobre D 2,04, se corre el trazo del cursor sobre C 3,18 y se lee también bajo el trazo del cursor en D el resultado 6,49.

Ejemplo: $11,45 \times 4,22 = 48,3$. Se coloca C 1 sobre D 11,45, se corre el trazo del cursor sobre C 4,22 y se lee también bajo el trazo del cursor el resultado en D = 48,3.

Ocorre al calcular con las escalas inferiores de C y D que la reglilla, con el ajuste de C 1 sobre el primer factor en la escala D, ha corrido demasiado a la derecha de modo que el 2. factor no es posible ajustar en C.

Desplazamiento total de la reglilla:

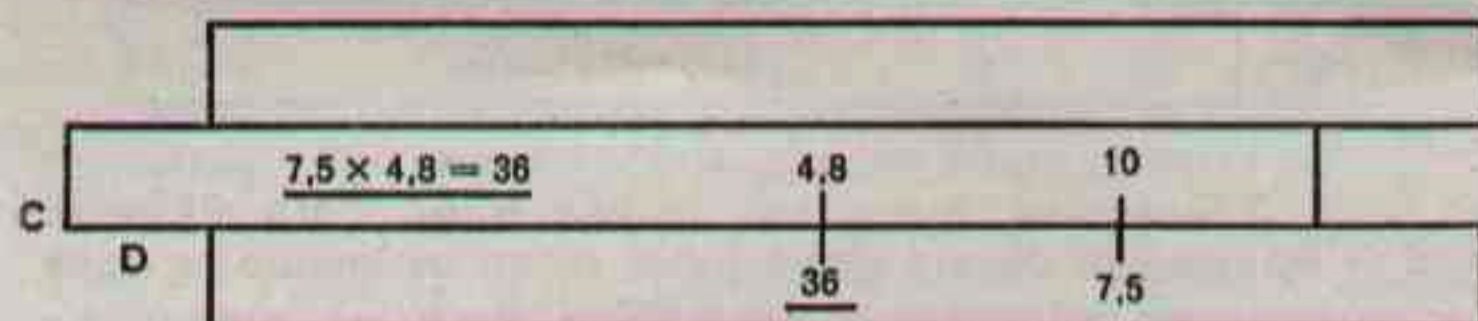


Fig. 5

Ejemplo: $7,5 \times 4,8 = 36$

En este caso se corre la reglilla hacia la izquierda hasta que en vez del comienzo de la reglilla C 1 está el final de la reglilla C 10 sobre el 1. factor de la escala D.

Se llama esta operación "desplazamiento de la reglilla". Se puede evitarlo si en el caso necesario se coloca en seguida C 10 (final de la reglilla) sobre el 1. factor. Un calculador ejercitado sabe en seguida que ajuste debe usar; si comienzo de la reglilla C 1 sobre el 1. factor o final de la reglilla C 10 sobre el 1. factor.

Ejercicios: Ajuste con C 1 sobre 1. factor: $1,82 \times 3,9 = 7,1$; $0,246 \times 0,37 = 0,091$; $213 \times 0,258 = 54,95$

Ajuste con C 10 sobre 1. factor: $4,63 \times 3,17 = 14,68$; $0,694 \times 0,484 = 0,336$.

Desplazamiento de la reglilla no es necesaria en las escalas desplazadas por π CF y DF al operar con las escalas C y D (véase pág. 13).

7

Multiplicación con las escalas C y D en el dorso de la regla.

También se puede multiplicar con las escalas C y D que están en el dorso de la regla. Sin embargo hay que ayudarse para cada ajuste y lectura con el trazo del cursor.

Ejemplo: $3,63 \times 1,41 = 5,12$. Se coloca primero el trazo del cursor sobre D 3,63 colocando luego C 1 bajo el trazo, luego el trazo del cursor sobre C 1,41 y se lee debajo, en D, el resultado = 5,12.

Muy ventajoso puede ser utilizar las escalas C y D del dorso de la regla en cálculos combinados con las escalas de raíces (véase pág. 20) o de las escalas exponenciales (véase pág. 24).

División

Por medio del trazo del cursor se enfrentan el numerador en D y el denominador en C, luego se lee el resultado al comienzo de la reglilla C 1 o bien al final de la misma C 10. División con A y B véase en pág. 12.

Ejemplo: $9,85 : 2,5 = 3,94$

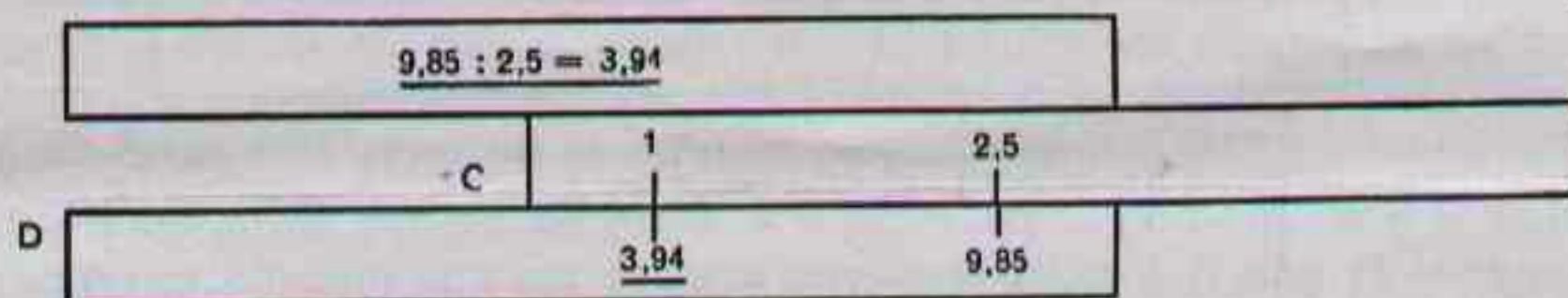


Fig. 6

Se coloca en primer lugar el trazo del cursor sobre el numerador 9,85 en la escala D en la parte inferior de la regla, luego se corre el denominador 2,5 (en la escala C) bajo el trazo del cursor. Ahora se enfrentan Numerador y Denominador, y se puede leer el resultado bajo el comienzo de la reglilla en C 1 en la escala D = 3,94.

Ejercicios: $970 : 26,8 = 36,2$; $285 : 3,14 = 90,7$; $7500 : 835 = 8,98$; $0,685 : 0,454 = 1,509$; $68 : 258 = 0,264$.

De la misma forma se puede hacer divisiones con las escalas C y D del reverso de la regla. Solo que es necesario para la lectura del resultado ayudarse con el trazo del cursor.

Multiplicación y División combinada

Ejemplo: $\frac{13,8 \times 24,5 \times 3,75}{17,6 \times 29,6 \times 4,96} = 0,491$

Se utiliza ante todo las escalas C y D del anverso de la regla.

Se empieza siempre con la división y se hace seguir alternativamente multiplicación y división. Los resultados intermedios no necesitan leerse. Se enfrentan pues en primer lugar D 1-3-8 y C 1-7-6 ayudándose con el trazo del cursor (división). El resultado, aproximadamente 0,8 debajo de C 10 en D, queda sin leer y se multiplica seguidamente con 24,5, colocando el trazo del cursor sobre C 2-4-5. El resultado (más o menos 1-9 en D) se divide luego con 29,6, dejan-

8

do en su lugar el trazo del cursor y corriendo debajo del mismo C 2-9-6. Sigue la multiplicación del resultado (0,65 bajo C 10 en D) con 3-7-5 y luego la división por 4,96 en la misma forma explicada. El resultado puede leerse entonces debajo de C 10 en D = 0,491.

Ejercicios: $\frac{38,9 \times 1,374 \times 16,3}{141,2 \times 2,14} = 2,883$;

$\frac{1,89 \times 7,68 \times 8,76}{0,723 \times 4,76} = 36,95$

Formación de Tablas

Para la formación de tablas se ajusta la correspondiente paridad y se puede realizar seguidamente y con facilidad las conversiones de medidas, pesos y otras unidades. Conocida la unidad, p. ej. 1 pulgada = 25,4 mm, se coloca C 1 sobre el valor correspondiente. Conocida la paridad, p. ej. 75 lbs = 34 kg, se enfrentan en C y D ambos valores.

Ejemplo: Convertir yardas en metros. 82 yardas son 75 metros.

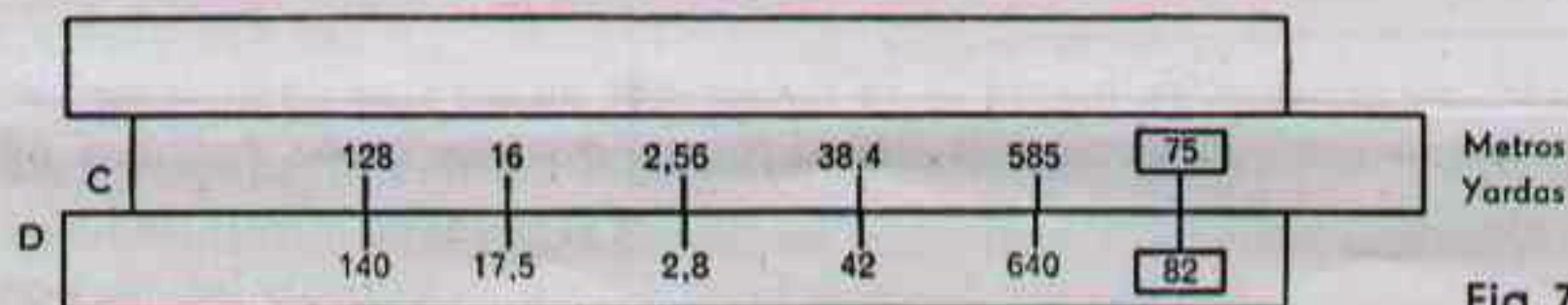


Fig. 7

Se coloca C 75 sobre D 82. Con esto se ha formado una tabla, y se puede leer: 42 yardas = 38,4 m; 2,8 yardas = 2,56 m; 640 yardas = 585 m; 16 m son 17,5 yardas; 128 m = 140 yardas.

Ejercicios

1 pulgada ingl. = 25,4 mm (paridad es 26" = 66 cm). Póngase C 1 (el 1 izquierdo de C) sobre D 2-5-4 y léase con ayuda del trazo del cursor:
17 pulgadas = 43,2 cm
38 pulgadas = 96,5 cm

1 m de tela cuesta DM 45.—. Colócase C 10 sobre D 45 y léase con ayuda del trazo del cursor:
3,20 m tela cuestan DM 144.—
2,40 m tela cuestan DM 108.—

Relación de cambio 1 \$ = DM 4.—. Colócase C 10 sobre D 4-0-0 y se lee con ayuda del trazo del cursor:
\$ 2.61 = DM 10.44
\$ 4.73 = DM 18.92

Cuando al formar tablas, no se pueden ya ajustar y leer algunos valores, porque sobresalga demasiado la reglilla, se recurre a la "total de la reglilla" o sea "se mantiene el ajuste" dejando el trazo del cursor sobre C 1, corriendo luego la reglilla hasta que C 10 está en el sitio donde estuvo C 1.

(Véase también la formación de tablas con las escalas CF, DF, CIF en la pág. 13!)

Cálculos con las escalas CI y DI

$\frac{1}{a}$

La escala movable CI

Está subdividida de 1—10, corresponde por lo tanto, en lo que al cuadro de divisiones respecta a las escalas C y D, pero va en dirección opuesta y por ello está marcada en rojo. Su empleo ofrece diferentes posibilidades de cálculos.

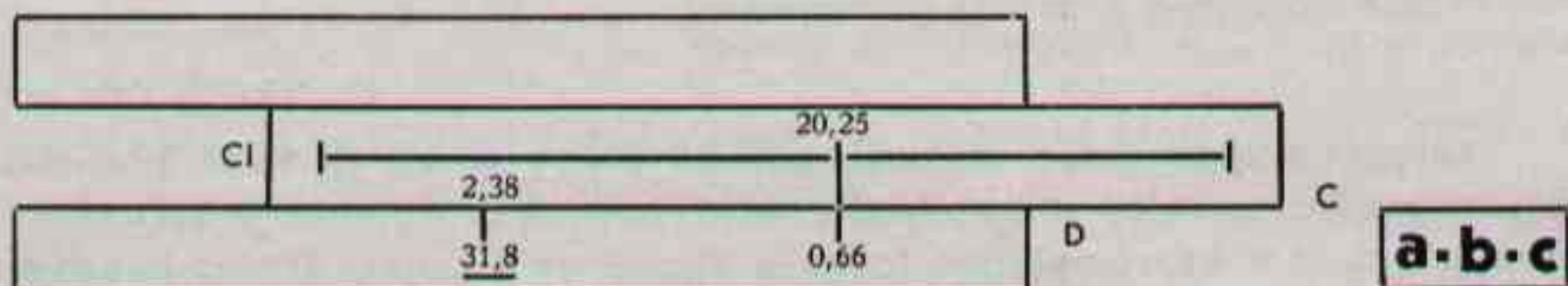
1. Si se busca para un número a el valor recíproco $1 : a$ se ajusta estos en C o CI y se lee el valor recíproco encima en CI resp. debajo en C. La lectura se hace sin cambio de la reglilla, solo por ajuste del trazo del cursor estando en punto cero la regla (C 1 exactamente encima de D 1). Usuarios ejercitados pueden trabajar sin posición cero de la regla, observando sólo las escalas C y CI (no deben dejarse confundir con la escala D que está debajo).
Ejemplos: $1 : 8 = 0,125$; $1 : 2 = 0,5$; $1 : 4 = 0,25$; $1 : 3 = 0,333$.

2. También se puede multiplicar con las escalas D y CI. Muchos usuarios de reglas de cálculo emplean este método con mucho agrado.

Ejemplo: $0,66 \times 20,25 = 13,37$.

Se procede como en la división, o sea se coloca primero el trazo del cursor sobre 0,66 en D, se coloca luego bajo el cursor 20,25 en CI y se lee ahora el producto 13,37 en D debajo de C 1.

3. Tan fácilmente pueden hallarse los **productos de varios factores**:
Ejemplo: $0,66 \times 20,25 \times 2,38 = 31,8$



Se multiplica los dos primeros factores como arriba indicado y se tiene con C 1 sobre 13,37 (resultado intermedio) la colocación para seguir multiplicando con el próximo factor (según el método primeramente aprendido, véase pág. 7). Ahora se corre el trazo del cursor sobre C 2,38, el resultado 31,8 debajo en D. Aquí se podría agregar de nuevo otra multiplicación, corriendo el próximo factor en CI bajo el trazo del cursor y leyendo el resultado bajo C 1 (resp. C 10) en D. O sea, alternativamente multiplicación con ayuda de D y CI (véase más arriba) y luego con ayuda de C y D (primer método véase pág. 6).

Siendo desfavorables los factores y no pudiéndose ajustar el 3 factor en C, se busca ayuda por medio del desplazamiento total de la reglilla.

10

4. Multiplicación y división combinadas

pueden también realizarse ventajosamente con la escala CI.

Ejemplo: $\frac{36,4}{3,2 \times 4,6} = 2,47$

$\frac{a}{b \cdot c}$

Primera la división: Trazo del cursor sobre D 3-6-4, luego se corre C 3-2 bajo el trazo del cursor (resultado intermedio 11,37 bajo C 1). Con C 1 sobre D 11,37 se tiene ya el primer ajuste de la multiplicación que sigue con $\frac{1}{4,6}$, que se realiza con ayuda de la escala CI ($\frac{1}{c}$). Por tanto se pasa el trazo del cursor a CI 4,6 hallándose el resultado 2,47 bajo el cursor en D.

Ejercicios: $\frac{44}{4,85 \times 3,66} = 2,48$; $\frac{4,774}{0,63 \times 1,24} = 6,11$; $\frac{23,1}{2,73 \times 17,9} = 0,473$

Otras posibilidades de empleo tiene la escala CI en operaciones trigonométricas y exponenciales.

La escala fija DI

es subdividida como la escala D, pero va en sentido inverso y por ello está marcada en rojo.

1. En combinación con D da DI el valor recíproco. Se ajusta con el trazo del cursor y se toma la lectura. Aquí se tiene la ventaja, que ambas escalas se enfrentan fijamente en forma de una tabla.

2. Como con CI (véase más arriba) se puede también multiplicar con DI (resultado sobre D 1 o D 10).

Ejemplo: $6,43 \times 2,96 = 19,03$. Trazo del cursor sobre DI (6-4-3, segundo factor 2-9-6 en C bajo el trazo del cursor, leer el resultado 19,03 en D 1.

3. Ante todo es ventajosa la escala DI sobre la función $\frac{1}{a \cdot b}$

Ejemplo: $\frac{1}{0,284 \times 0,12}$ Primero multiplicación en C y D, o sea C 1 sobre D 2-8-4, trazo del cursor sobre C 1-2, debajo en D está el resultado intermedio (0,03408); también bajo el trazo del cursor en D se halla en DI el resultado 29,34.

Atención al empleo de DI en operaciones trigonométricas.

11

Calcular con las escalas cuadradas A y B

Multiplicación y división también se puede llevar a cabo con las escalas A y B, lo que puede ser interesante para resolver problemas compuestos. Por cierto la exactitud de la lectura es algo menor.

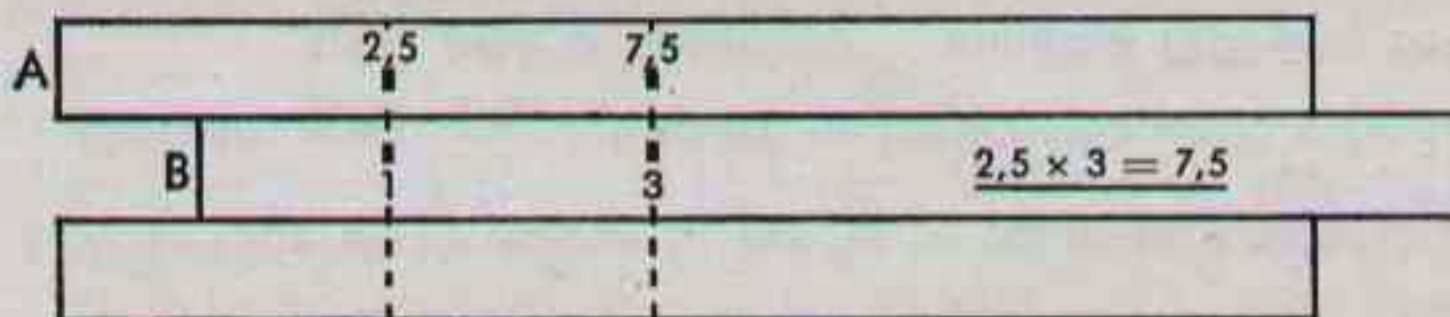


Fig. 9

Ejemplo: $2,5 \times 3 = 7,5$

Se pone el trazo del cursor sobre A 2-5, luego B 1 bajo el mismo, se corre el trazo del cursor sobre B 3 y se lee encima en A el resultado = 7-5.

Para la división se oponen con la ayuda del trazo del cursor (primero numerador sobre A) numerador en A y denominador en B y se puede leer el resultado sobre B 1 o B 10. Desde luego hay que utilizar para esto el trazo del cursor.

Elevar al cuadrado se consigue por el paso de las escalas C ó D a las escalas B ó resp. A. Conviene utilizar para esto el trazo central del cursor. Se coloca el trazo del cursor sobre el valor en D y se lee el cuadrado en A.

Ejemplo: Calcular la superficie de un cuadrado cuyo lado es de 47 cm.

$F = 47^2 = 2209 \text{ cm}^2$. Se coloca el trazo del cursor sobre D 4-7 y se halla el resultado en A = 2209.

a^2

Ejercicios: $1,345^2 = 1,81$; $4,57^2 = 20,9$; $0,765^2 = 0,585$; $67,3^2 = 4530$; $9,7^2 = 94,1$; $10,7^2 = 114,5$.

La raíz cuadrada se saca a la inversa. Se coloca el trazo del cursor sobre el radicando en A y en D se lee la raíz. Pero aquí no es indiferente en que sector de A se pone el radicando. Para ajustar correctamente damos las siguientes.

\sqrt{d}

Reglas:

Se ajusta en el sector izquierdo de 1 a 10 todos los números cuya cantidad de cifras antes de la coma o cero después son **impares**.

Se ajusta en el sector derecho de 10-100 todos los números cuya cantidad de cifras antes de la coma o ceros después son **pares**.

Disgregando las potencias se puede también trasladar el radicando sobre los sectores 1-10 resp. 10-100.

Ejemplos: $\sqrt{1936}$. Se disgrega 1936 en $\sqrt{100 \times 19,36} = 10 \times \sqrt{19,36} = 10 \times 4,4 = 44$;

$\sqrt{0,543} = \sqrt{54,3 : 100} = \sqrt{54,3 : 10} = 7,37 : 10 = 0,737$; $\sqrt{0,00378} = \sqrt{37,8 : 10000} = \sqrt{37,8 : 100} = 6,15 : 100 = 0,0615$.

Ejercicios: $\sqrt{10,24} = 3,2$; $\sqrt{62} = 7,88$; $\sqrt{4,56} = 2,14$; $\sqrt{7,68} = 2,77$; $\sqrt{45,3} = 6,73$; $\sqrt{70,8} = 8,41$.

Cuadrados y raíces cuadradas se pueden obtener con mayor exactitud con las escalas de raíces W (véase pág. 22).

Cubicar y raíz cúbica

a^3

Para la escala cúbica vale la relación: $\lg x^3 = 3 \lg x$, es decir, contiene 3 décadas en el espacio de la década de la escala básica.

La elevación al cubo se efectúa pasando de la escala C o D a la escala cúbica K con ayuda del trazo del cursor (C 1 sobre D 1).

Ejercicios: $1,54^3 = 3,65$; $2,34^3 = 12,8$; $4,2^3 = 74,1$; $6,14^3 = 232$; $8,82^3 = 686$; $0,256^3 = 0,0168$; $8,98^3 = 724$.

La extracción de la raíz cúbica se realiza pasando de la escala K a la escala C y D (estando la regla en posición cero). Debe utilizarse el trazo del cursor. Téngase en cuenta que números de una sola cifra se enrasan a la izquierda (en el margen de 1-10), los de dos cifras en el centro (en el margen de 10-100), los de tres cifras a la derecha (en el margen de 100-1000).

Ejercicios: $\sqrt[3]{4,66} = 1,67$; $\sqrt[3]{29,5} = 3,09$; $\sqrt[3]{192} = 5,77$; $\sqrt[3]{6,8} = 1,895$; $\sqrt[3]{0,645} = 0,864$; $\sqrt[3]{1953} = 12,5$.

$\sqrt[3]{a}$

Calcular con las escalas CF, DF, CIF

$\frac{a \cdot c \cdot e}{b \cdot d \cdot f}$

1. Formación de tablas

Puesto que en las escalas desplazadas en π CF y DF está el valor 1 aproximadamente en el centro, puede seguirse en ellas ventajosamente los cálculos en la formación de tablas, y se evita con eso total de la reglilla el desplazamiento como hay que hacerlo operando con C y D.

Ejemplo: 75 libras ingl. son 34 kg. — Se pone C 3-4 sobre D 7-5 y se obtiene con eso la conversión de libras ingl. en kg. Desde luego no es posible tomar lectura de más de 50 kg (C 5). Aquí se pasa a las escalas CF y DF y con ayuda del trazo del cursor pueden ajustarse y tomar lectura de los valores deseados.

Desconociendo la correspondiente paridad (p. ej. 75 libras ingl. = 34 kg) pero sabiendo la relación 1 lb = 0,454 kg, se coloca CF 1 bajo DF 4-5-4 y se obtiene la conversión de lbs en kg.

$a \cdot b$

2. Multiplicación

Si en la multiplicación con C y D no es posible ajustar el 2 factor, resp. se tiene que hacer uso del desplazamiento total de la reglilla, puede evitarse esto colocando el 2. factor sobre CF y leyendo el resultado en DF.

Ejemplo: $2,91 \times 4 = 11,64$. Se coloca C 1 sobre D 2-9-1 y el trazo del cursor sobre CF 4. Encima en DF se lee el resultado = 11,64.

Ejercicios: $18,4 \times 7,4 = 136,2$; $42,25 \times 3,7 = 156,3$; $1,937 \times 6 = 11,62$.

3. Multiplicación y división con el valor π

$a \cdot \pi$

El paso de las escalas C y D a las escalas CF y DF se realiza directamente con el trazo del cursor y se obtiene una multiplicación con el factor π .

Ejemplo: $1,184 \pi = 3,72$. En posición cero de la regla (C1 sobre D 1 y C 10 sobre D 10) se coloca el trazo del cursor sobre D 1-1-8-4 y bajo ese mismo trazo del cursor se lee en DF el resultado = 3,72.

Este proceso a la inversa resulta ser una división por π .

Ejemplo: $\frac{18,65}{\pi} = 5,94$. Se pone el trazo del cursor sobre DF 1-8-6-5 y se lee en D el resultado = 5,94.

$\frac{a}{\pi}$

Ejemplos:

Superficie de una elipse: $F = a \times b \times \pi$; $F = 5,25 \times 2,22 \times \pi = 36,6$.

Se coloca C 10 sobre D 5-2-5, corre el trazo del cursor sobre C 2-2-2, final el resultado intermedio = 11,65 en D no es preciso tenerlo en cuenta, sino se lee en DF 36,6 como resultado.

Longitud de arco de círculo: $s = \frac{\alpha \times r \times \pi}{180}$ $s = \frac{26,2 \times 352 \times \pi}{180} = 161$

Se empieza con la división, oponiendo por medio del trazo del cursor C 18 y D 2,62 no es preciso leer el resultado intermedio de 0,1455 bajo C 1. Se multiplica con 352, colocando el trazo del cursor sobre C 3-5-2 (resultado intermedio de 51,2 en D). La multiplicación con π se consigue pasando de nuevo arriba y leyendo el resultado bajo el trazo del cursor en DF. Resultado 161.

La escala CIF opera con CF y DF de la misma manera que CI con las escalas C y D.

Ejemplos para la multiplicación con varios factores:

$2,23 \times 16,7 \times 1,175 \times 24,2 = 1059$. Solución: Colocar CI 2,23 con ayuda del trazo del cursor sobre D 16,7; trazo del cursor sobre CF 1,175; CIF 24,2 debajo el trazo del cursor, lectura del resultado en DF encima de CF 1 = 1059.

$0,53 \times 0,73 \times 39,1 \times 0,732 = 11,07$. Solución: Colocar CI 0,53 con ayuda del trazo del cursor sobre D 0,73, trazo del cursor sobre CF 39,1; CIF 0,732 bajo el trazo del cursor; leer el resultado en DF encima de CF 1 = 11,07.

14

Operaciones con la escala pitagórica P

$\sqrt{1-x^2}$

Esta escala representa la función $y = \sqrt{1-(0,1x)^2}$. Opera junto con la escala D (= x). La escala es inversa y por ello marcada en rojo.

Si se pone en D el valor x, puede leerse en P el valor $y = \sqrt{1-(0,1x)^2}$ o al revés colocando y en D, el valor se lee en $P = x = \sqrt{1-(0,1y)^2}$.

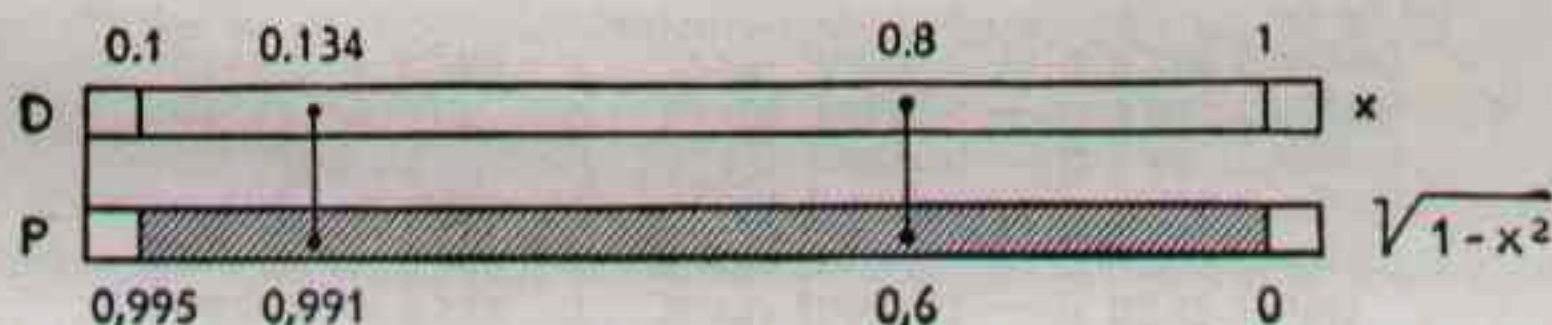


Fig. 10

Ejemplo: $y = \sqrt{1-0,8^2} = 0,6$; $x = \sqrt{1-0,6^2} = 0,8$. Si se ajusta $x = 0,8$ en D, se halla en P el valor $y = 0,6$ y viceversa. Ejemplo: $\text{seno } \alpha = 0,134$; $\text{cos } \alpha = 0,991$. Ajustando en D el seno, se obtiene en P el coseno y viceversa.

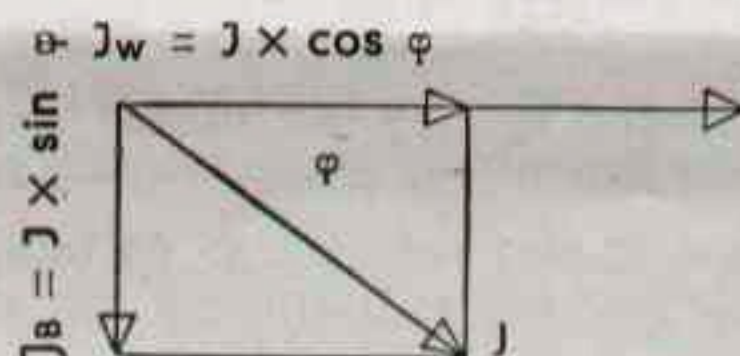


Fig. 11

Ejemplo: Calcule corriente efectiva y corriente reactiva de un circuito que absorbe 35 A con un valor $\text{cos } \varphi = 0,8$.

$$J_w = J \times \cos \varphi = 35 \times 0,8 = 28 \text{ (A)}; \quad J_b = J \times \sin \varphi = 35 \times 0,6 = 21 \text{ (A)}.$$

Se coloca C 35 sobre D 10 y se lee sobre D 8 (para $\text{cos } \varphi = 0,8$) en C el valor 28 para J_w ; bajo D 8 se encuentra al mismo tiempo en P el valor 0,6 (o sea $\text{sen } \varphi 0,6$). Corriendo el cursor sobre D 6 se obtiene en C el valor 21 para J_b . Ejemplo: Potencia aparente 530 kVA, potencia activa 428 kW. Buscado potencia reactiva y $\text{cos } \varphi$.

Se coloca C 530 sobre D 10, se corre el cursor sobre C 428 y se lee debajo en D el valor de $\text{cos } \varphi 0,807$. Se busca este valor con el cursor en P y se halla en C la buscada potencia reactiva = 313 BkW, al mismo tiempo se encuentra bajo el trazo del cursor en D el $\text{sen } \varphi = 0,59$.

15

Calcular con las escalas trigonométricas S, T₁ y T₂.

Las escalas T₁, T₂ y S están subdivididas en decimales y arrojan en combinación con las escalas básicas C y D las funciones angulares o leyéndolo a la inversa los ángulos.

Al utilizar las escalas T₁, T₂ y S en unión con las escalas D, P, CI y DI como tablas trigonométricas debe tenerse en cuenta lo siguiente: La escala S leída con cifras **negras** da en combinación con la escala D (**negra**) una **tabla de senos**, lo mismo leído en cifras **rojas** con la escala P (**roja**).

En ángulos pequeños es más exacto el primer procedimiento, en ángulos grandes el segundo.

La escala S, leída en cifras **rojas**, da con la escala D (**negro**) una **tabla de cosenos**, lo mismo leído en cifras **negras** con P (**rojo**). En ángulos grandes es más exacto el primer procedimiento, en ángulos pequeños el segundo.

Las dos escalas T, leídas con cifras **negras** dan con la escala D (**negro**) una **tabla de tangentes** hasta 84,28°, lo mismo en cifras **rojas** con CI y DI (**rojo**).

Las dos escalas T, leídas con cifras **rojas**, dan con la escala D (**negro**) una **tabla de cotangentes**, lo mismo que con cifras **negras** con CI y DI (**rojo**).

sen 13° = 0,225	/	S 13° (negro)	—	D 0,225 (negro)
sen 76° = 0,97	/	S 76° (rojo)	—	P 0,97 (rojo)
cos 11° = 0,982	/	S 11° (negro)	—	P 0,982 (rojo)
cos 78° = 0,208	/	S 78° (rojo)	—	D 0,208 (negro)
tan 32° = 0,625	/	T ₁ 32° (negro)	—	D 0,625 (negro)
tan 57° = 1,54	/	T ₂ 57° (negro)	—	D 1,54 (negro)
cot 18° = 3,08	/	T ₂ 18° (rojo)	—	D 3,08 (negro)
cot 75° = 0,268	/	T ₁ 75° (rojo)	—	D 0,268 (negro)

Estos ajustes se hacen con posición cero de la regla por medio del trazo del cursor.

o T₁ 18° (negro) — CI o DI 3,08 (rojo)
o T₂ 75° (negro) — CI o DI 0,268 (rojo)

Si se quiere pasar del seno de un ángulo a su coseno (o viceversa), no se necesita leer el ángulo. En D y P se encuentran estos valores uno debajo del otro. También al pasar de la tangente al cotangente huelga la lectura del ángulo, porque estos valores se encuentran en C y CI resp. en D y DI uno debajo del otro. Sólo si se quiere pasar del seno o coseno a la tangente o cotangente, ha de leerse el ángulo durante la operación. Puesto que la lectura de estas funciones se puede obtener bien en D, CI o en DI, se puede seguir multiplicando y dividiendo seguidamente en muchos casos. Sólo cuando la lectura se hace en P, hay que pasar el valor sobre las escalas principales.

16

Otros ejemplos para la aplicación de las escalas trigonométricas y pitagóricas en el **triángulo rectángulo**.

1. ejemplo: dado $a = 2$; $b = 3$; hallar: c y α . Fórmula: $a \times \frac{1}{b} = \tan \alpha$; $a \times \frac{1}{c} = \sin \alpha$.

C 1 sobre D 2, cursor a CI 3, lectura en escala tan = 33,7 para α .

Correr el cursor sobre la escala de senos a 33,7 y leer en CI el valor 3,6 para c .

2. ejemplo: dado $a = 8$; $b = 20$; hallar: c y α .

C 10 sobre D 8; cursor sobre CI 20 y leer en la escala tan 21,8° para α .

Cursor sobre 21,8 de la escala de senos y se lee en CI 21,55 para c .

3. ejemplo: dado $a = 20$; $b = 8$; hallar: c y α .

C 1 sobre D 20, cursor a CI 8, leer en escala-tan (T₂) 68,2° para α .

Cursor a 68,2 de la escala de senos, leer en CI el valor 21,55 para c .

4. ejemplo: dado $c = 5$; $\alpha = 36,87^\circ$; hallar: a y b . Fórmula: $a = c \times \sin \alpha$; $b = c \times \cos \alpha$.

C 5 sobre D 10, cursor a 36,87° de la escala sen, leer el valor 3 para a en C.

Leer al mismo tiempo en la escala P 0,8 para $\cos \alpha$, y correr el cursor a D 8 leer en la escala C el valor 4 para b .

5. ejemplo: dado: $c = 21,54$; $b = 20$; hallar: a y α .

C 2154 a D 10, cursor a C 2 (para $b = 20$) y leer en la escala cos el valor 21,8° para α y al mismo tiempo en la escala P 0,372. Desplazamiento total de la reglilla a la izquierda, cursor sobre D 0,372 y leer en C el valor 8 para a .

Para el **triángulo oblicuángulo** vale la relación $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$

Ejemplo: Dado: $a = 38,3$; $\alpha = 52^\circ$; $\beta = 59^\circ$; $\gamma = 69^\circ$;

Hallar: b y c .

Colocar C 383 sobre S 52°. Encima de S 59° y S 69° se puede leer ahora el resultado en C de 41,7 y 45,4 cm.

Fig. 12

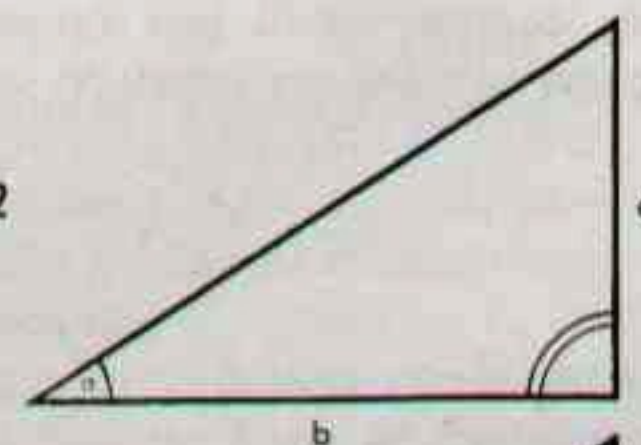


Fig. 13

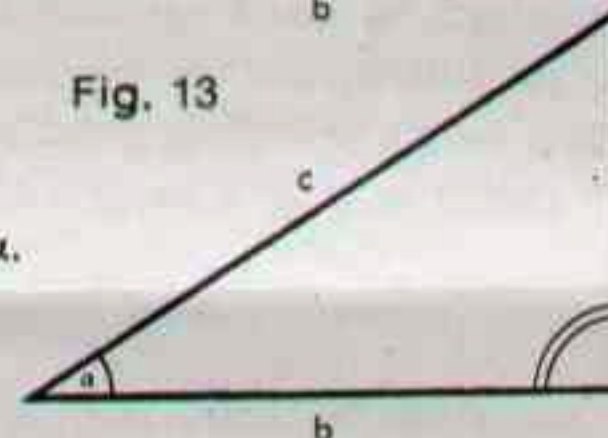
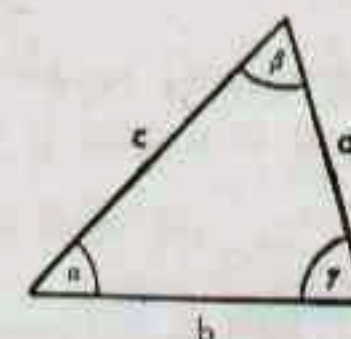


Fig. 14



La escala ST para ángulos pequeños y el signo ϱ en C, D y W_1, W_1'

Para los valores de la **funciones de los ángulos pequeños** de $0,55$ a 6° existe la **escala ST** ($\approx \text{arc } 0,01 x$) en el cuerpo inferior de la regla con la relación:

$$\text{sen } \alpha \approx \tan \alpha \approx \text{arc } \alpha$$

La escala ST coopera con la escala D (resp. C).

Todas las siguientes operaciones de esta columna se realizan únicamente con ayuda de trazo del cursor.

Ejercicios:

$$\text{sen } 2,5^\circ \approx \tan 2,5^\circ \approx \text{arc } 2,5^\circ = 0,0436; \text{sen } 0,4^\circ \approx \tan 0,4^\circ \approx \text{arc } 0,4^\circ = 0,00698; \text{sen } 0,0052^\circ \approx \tan 0,0052^\circ \approx \text{arc } 0,0052^\circ = 0,0000908.$$

Ajuste de los valores angulares en la escala arc ST, lectura de los valores funcionales en la escala C (en posición cero de la escala) o en D con ayuda del trazo del cursor.

Para el **cálculo de las funciones cos y cot de ángulos mayores de $84,5^\circ$**

$$\text{Ejemplo: } \cos 88^\circ = \text{sen } 2^\circ \approx \text{arc } 2^\circ = 0,0349$$

$$\cot 86,5^\circ = \tan 3,5^\circ \approx \text{arc } 3,5^\circ = 0,0612$$

Se coloca el trazo del cursor sobre el valor angular en la escala ST y se lee en C (en posición cero de la escala) o en D el resultado debajo del trazo del cursor.

Conversión de la medida de arco en grados de ángulo.

$$\text{Ejercicios: } \widehat{6,28} = 360^\circ; \widehat{1,11} = 63,5^\circ; \widehat{0,04} = 2,29^\circ; \widehat{0,007} = 0,402^\circ; \widehat{0,64} = 36,7^\circ; \widehat{0,32} = 18,35^\circ.$$

Ajuste de la medida de arco en la escala C o D, lectura del valor angular en la escala arc ST (con la ayuda del trazo del cursor).

También se puede obtener los valores de **funciones de ángulos pequeños** por medio del signo $\varrho = \frac{\pi}{180} = 0,01745$

$$\text{según la relación } \text{arc } \alpha = 0,01745 \times \alpha = \varrho \times \alpha.$$

En operaciones combinadas se ajusta C 1 sobre ϱ a D y debajo del valor del ángulo en C se lee el resultado en D.*

$$\text{Ejemplo: } \text{sen } 3^\circ \approx \tan 3^\circ \approx \text{arc } 3^\circ = 0,0524.$$

Se coloca C 1 sobre D 3 y se lee bajo en C ϱ el resultado en D = 0,0524.

$$\text{Ejemplo: } \cos 88^\circ = \text{sen } 2^\circ \approx \text{arc } 2^\circ \approx \varrho \times 2 = 0,0349$$

$$\cot 86,5^\circ = \tan 3,5^\circ \approx \text{arc } 3,5^\circ \approx \varrho \times 3,5 = 0,0612$$

Esta es una sencilla multiplicación, de modo que el comienzo de la reglilla C 1 encima de ϱ en D, corriendo luego el trazo del cursor sobre el segundo factor en C y se lee debajo en D el resultado.*

C 1 o C 10 sobre el signo ϱ en D, luego se lleva el trazo del cursor a D sobre la medida del arco. Lectura de los grados angulares o encima en C.*

* Nota: Mayor exactitud se logra al operar con el signo ϱ en W_1 y W_1' .

Cálculo con números complejos

Se ha de sumar dos números complejos $x = 7,5 \overline{e^8}$ é $y = 3,4 \overline{e^{10}}$. Según la ecuación de Euler $R \times e^{i\varphi} = R (\cos \varphi + i \text{sen } \varphi)$ se llevan a la forma $(a + i b)$.

Para el cálculo con la regla se escriben estas magnitudes ventajosamente en forma de vectores $x = 7,5 / 22,5^\circ$ y $y = 3,4 / 18^\circ$ y ahora se puede proceder a la operación:

1. C 75 se pone encima de D 10, llevar el cursor sobre S $22,5^\circ$ y leer en C el valor 2,87 para b_1 . Se lee al mismo tiempo en P el valor $\cos \varphi = 0,924$. Se corre el cursor a D 924 y se lee en C el valor 6,93 para a_1 .
 $(a_1 + i b_1) = 6,93 + i 2,87$.

2. Colocar C 34 sobre D 1, llevar el cursor a S 18° y leer en C el valor 1,05 para b_2 . Al mismo tiempo se lee en P el valor: $\cos \varphi = 0,951$. Correr el cursor sobre D 951 (subdivisiones rojas) y leer en C el valor 3,24 para a_2 .
 $(a_2 + i b_2) = 3,24 + i 1,05$.

$$a_1 + a_2 = 6,93 + 3,24 = 10,17 \text{ y } i(b_1 + b_2) = i(2,87 + 1,05) = i 3,92.$$

Por tanto el resultado es $\tilde{z} = (10,17 + i 3,92)$.

Si el resultado ha de aparecer en forma de vectores, se calcula:

C 10 encima de D 392, cursor sobre CI 1017 y encima sobre T_1 (escalas de tangente) y lea el valor $21,07^\circ$ para φ . A continuación cursor sobre 21,07 de la escala de senos S y por encima en CI lea el valor 10,92 para \tilde{z} .

$$\text{Por tanto es } \tilde{z} = (10,17 + i 3,92) = 10,92 / 21,07^\circ$$

$$\text{y con } \varrho \times \varphi = \widehat{\varphi}, (\widehat{\varphi} = 0,368) \text{ tenemos } \tilde{z} = 10,92 / 21,07^\circ = 10,92 e^{i 0,368}$$

$$\text{Ejemplo para el empleo de la escala } T_2 = 192 - i 256.$$

Se coloca C 10 sobre D 256 y se corre el cursor a CI 192. En T_2 se obtiene el valor del ángulo $= 53,1^\circ$. Ahora se pone C 1 sobre D 256, se corre el cursor sobre S $53,1^\circ$ y se lee en CI el resultado $= 320$.

Puesto que el número se halla en el cuarto cuadrante tiene que ser negativo el valor angular.

La **multiplicación** de números complejos se realiza según la relación:

$$x \cdot y = X \cdot e^{i\varphi} \cdot Y \cdot e^{i\psi} = XY \cdot e^{i(\varphi + \psi)} = XY / \widehat{\varphi + \psi}$$

$$\text{Ejemplo: } (1 + 2i) \cdot (3 + 1i) = 2,236 \cdot e^{i 1,107} \cdot 3,162 \cdot e^{i 0,316} = 2,236 / 63,45^\circ \cdot 3,162 / 18,42^\circ = 7,07 / 81,9^\circ = 7,07 \cdot e^{i 1,423}$$

Operaciones con las escalas de raíces W_1, W_1', W_2, W_2'

Estas escalas tienen la ventaja que con el práctico y manejable modelo normal se puede calcular con mayor exactitud. Se utilizan ante todo para los cálculos principales.

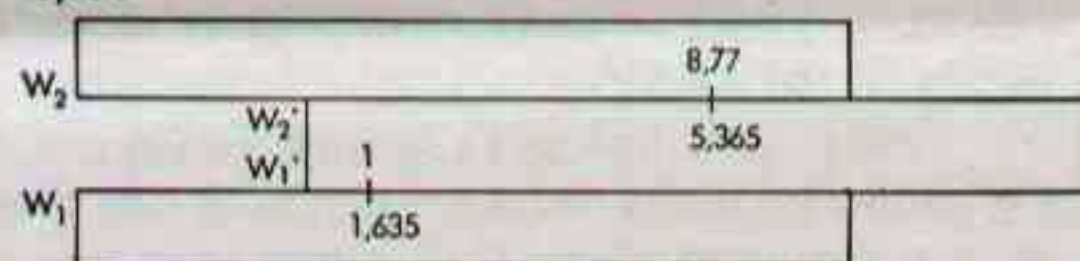
La forma de operar con las escalas de raíces discrepa en parte de la forma acostumbrada hasta ahora, pero tras un poco de ejercicio y según una regla fundamental se aprende su manejo fácilmente. Ha de tenerse en cuenta que las escalas de raíces están subdivididas de acuerdo con una longitud de escala de 50 cm.

Multiplicación

- I. **Ajustando el índice negro 1 (obtien índice 10), se lee el producto en la escala del cuerpo de la regla adjunta al segundo factor.**
- II. **Ajustando el trazo del índice rojo, se lee el producto en la escala del cuerpo de la regla opuesta al segundo factor** (esto corresponde al desplazamiento total de la reglilla, que se hace necesaria al operar con C y D cuando el segundo factor ya no puede ser ajustado en C, véase pág. 7).

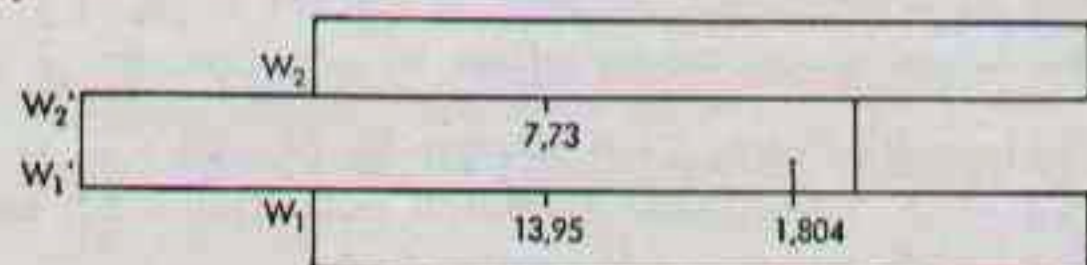
Ejemplos para I: $1,635 \times 5,365 = 8,77$.

Solución: Índice negro 1 (W_1' 1) encima de W_1 1,635; trazo del cursor sobre W_2' 5,365 y leer el resultado en $W_2 = 8,77$.



Ejercicios: $236 \times 4,06 = 958$; $2,34 \times 0,409 = 0,957$

Ejemplo a II: $1,804 \times 7,73 = 13,95$. Solución: Índice rojo sobre W_1 -1,804; trazo del cursor sobre W_2' -7,73, y se lee igualmente bajo el trazo del cursor en la escala opuesta W_1 el resultado 13,95.



Ejercicios: $14,78 \times 0,945 = 13,97$; $29,4 \times 123,6 = 3634$

$80,9 \times 1,414 = 1144$. Solución: Índice negro 10 (W_2' 10) debajo de W_2 80,9; trazo del cursor sobre W_1' 1,414 y leer el resultado en $W_1 = 114,4$.

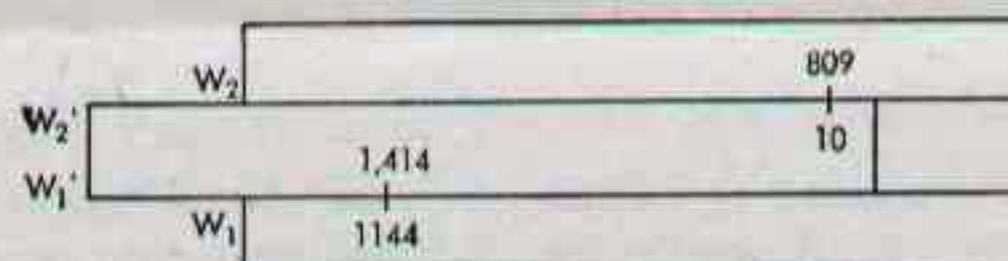


Fig. 15

$7,77 \times 66,3 = 515$; $5,165 \times 0,2265 = 1,1699$

$50,45 \times 4,64 = 234,1$. Solución: Trazo del índice rojo bajo W_2 -50,45; cursor encima de W_2' -4,64 y se lee asimismo bajo el trazo del cursor en la escala opuesta W_1 el resultado de 234,1.

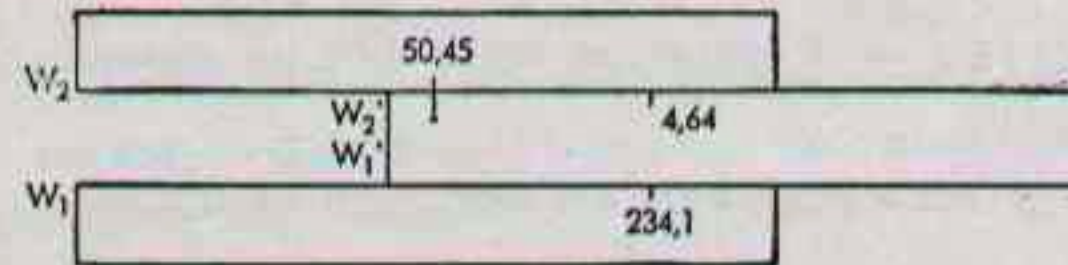


Fig. 16

$0,395 \times 0,562 = 0,222$; $3,885 \times 19,425 = 75,47$

División

- I. **Ajustando los números en escala contiguas, se lee el resultado en el índice negro 1 (resp. en 10)**
- II. **Ajustando los números en escalas opuestas, se lee el resultado en el índice rojo.**

Ejemplos a I: $3,08 : 2,135 = 1,443$; solución: enfrenar con ayuda del trazo del cursor W_1 -3,08 a W_1' -2,135 y leer bajo el índice 1 negro en W_1 el resultado = 1,443.

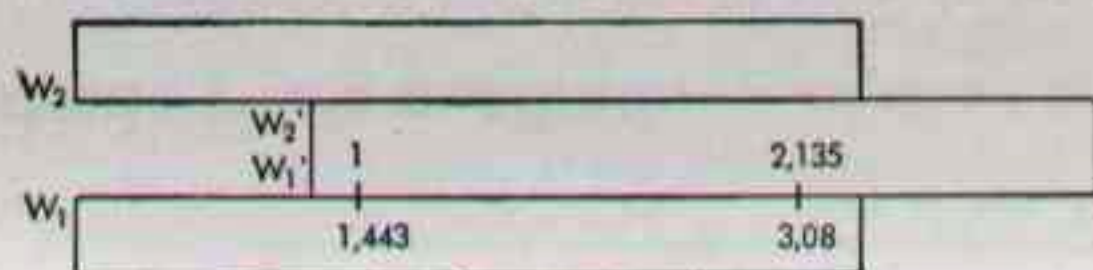
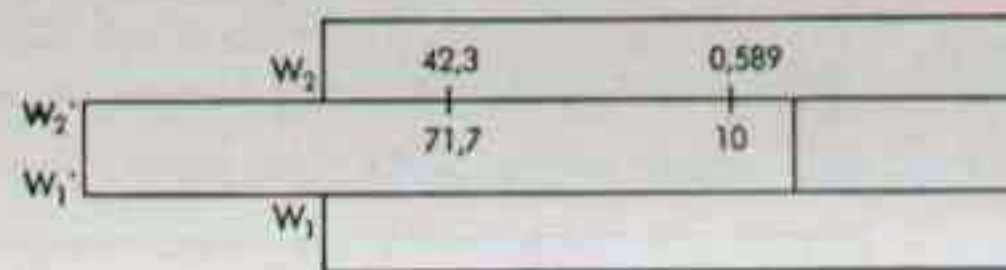


Fig. 17

$42,3 : 71,7 = 0,589$; solución: enfrenar con ayuda del trazo del cursor W_2 -42,3 a W_2' -71,7 y lectura del resultado sobre el índice 10 negro en $W_2 = 0,589$.



Ejercicios: $2,975 : 19,65 = 0,1595$; $2,075 : 148,25 = 0,014$; $48,65 : 79,05 = 0,6155$; $5,55 : 0,962 = 8,02$

Ejemplos a II: $3,745 : 1,5675 = 2,388$. Solución: Trazo del cursor sobre W_2 -3,745, correr bajo el trazo del cursor W_1' -1,5675; leer el resultado = 2,388 bajo el índice rojo en W_1 .

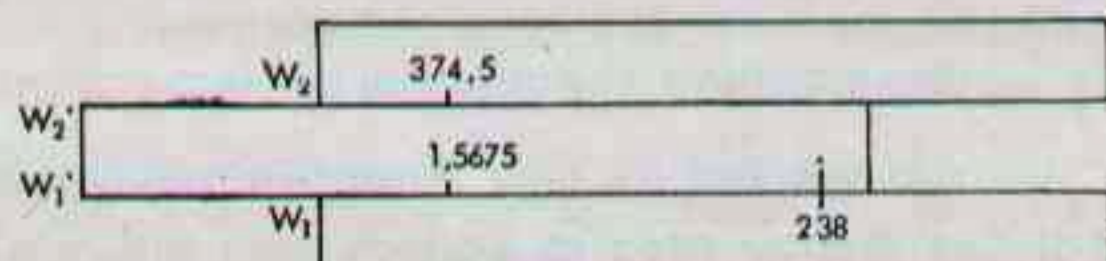
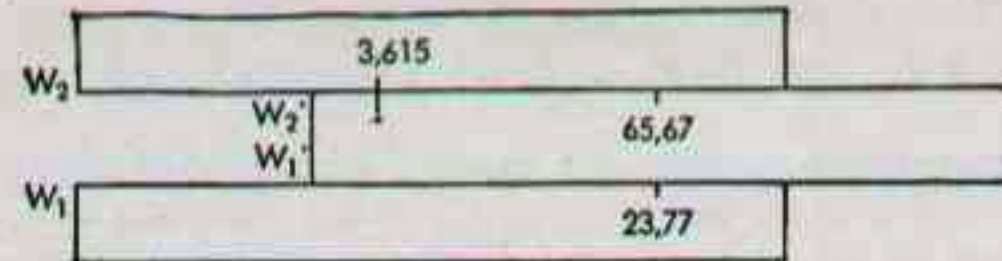


Fig. 18

$23,77 : 65,67 = 0,3615$. Solución: Trazo del cursor sobre W_1 -23,77; correr bajo este mismo trazo W_2' -65,67; resultado 0,3615 se lee sobre el índice rojo en W_2 .



Ejercicios: $689,5 : 2,505 = 275,2$; $432,5 : 1,845 = 234,4$; $1,965 : 44,45 = 0,0442$; $8,37 : 1,1575 = 7,23$.

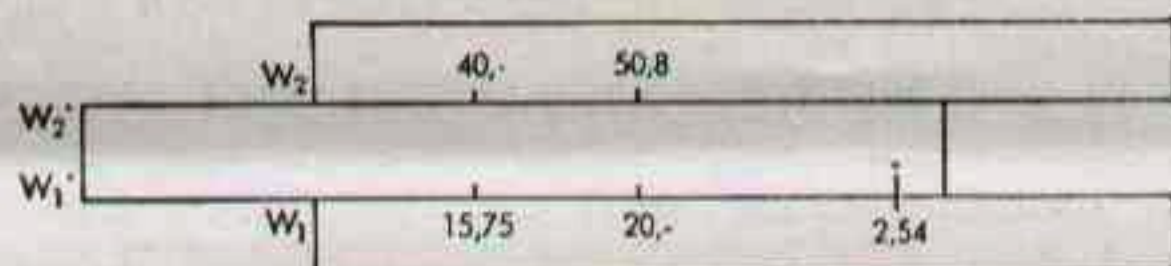
Formación de Tablas

Ajuste de la paridad o del valor de unidad y luego lectura según las reglas básicas dadas en las páginas anteriores:
Ejemplo: paridad 82 yardas = 75 metros. Con el trazo del cursor se opone W_2 -82 a W_2' -75. Ahora se puede leer así mismo con el cursor: 42 yardas = 38,4 m; 136 yardas = 124,4 m.

Este ejemplo corresponde al caso normal según la regla básica I.

Los siguientes ejemplos solo se pueden resolver según la regla básica No. II con ayuda del trazo de índice rojo.

Ejemplos: Valor de la unidad: 1 pulgada ingl. = 2,54 cm (paridad 26" = 66 cm). Al valor 2,54 en W_1 se enfrenta el índice rojo en W_1' ; ahora se puede leer en W_1' y en W_2' las pulgadas y en W_1 y en W_2 los centímetros.
 $20'' = 50,8$ cm; 40 cm = $15,75''$.



Relación de cambio: 1 US-\$ = 4,00 DM. Se coloca el valor 4,00 en W_2 frente al índice rojo y ahora puede leerse en las escalas W_1 y W_2 los DM y en W_1' y W_2' los US-\$.

$1,5 \$ = 6$ DM; $1,85 \$ = 7,40$ DM; $2,26 \$ = 9,04$ DM;
 5 DM = $1,25 \$$; 10 DM = $2,50 \$$.

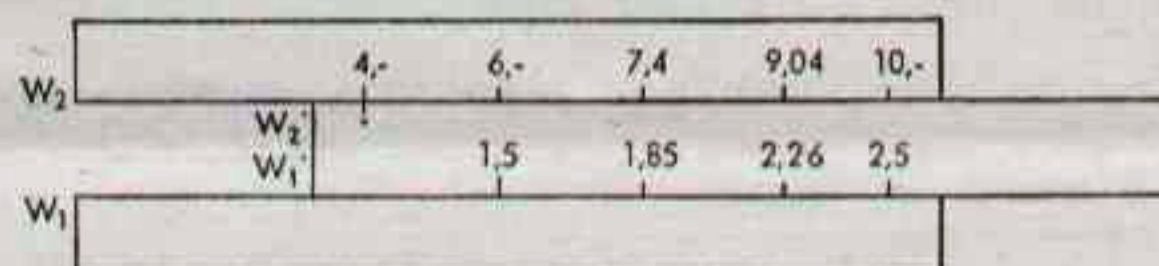


Fig. 19

Cuadrado y raíz cuadrada

a^2

Elevar al **cuadrado** se realiza por el paso de las escalas W a la escala C , situada en el centro de la reglilla, o a la escala D , que está debajo de W_1 , ayudándose con el trazo del cursor.

Ejemplos: $1,66^2 = 2,76$. Trazo del cursor a W_1 -1,66 y leer encima en C o debajo en D el cuadrado = 2,76.

$5,25^2 = 27,6$. Trazo del cursor sobre W_2 -5,25 y leer debajo en C o debajo en D el cuadrado = 27,6.

Ejercicios: $67,3^2 = 4530$; $10,7^2 = 114,5$; $2,3^2 = 5,29$; $1,345^2 = 1,81$; $7,47^2 = 55,8$.

En la extracción de **raíces cuadradas** se coloca con el trazo del cursor el valor en C del centro de la reglilla ó en D y se lee la raíz cuadrada en las escalas W_2' ó W_1' también bajo el trazo del cursor. Hay que tener en cuenta que las raíces de los radicandos de 1 a 10 se encuentran en la escala W_1 y las de los radicandos de 10 a 100 en la escala W_2 .

\sqrt{a}

22

Ejemplos: $\sqrt{4,56} = 2,135$; cursor sobre C 4,56 (ó D 4,56); resultado = 2,135 debajo en escala W_1' o bien W_1 .

$\sqrt{56} = 7,483$; cursor sobre C 56 (ó D 56); resultado encima en la escala W_2' o bien W_2 .

Para poder obtener con mayor facilidad las raíces de radicandos inferiores a 1 (p. ej. 0,76) o superiores a 100 (p. ej. 2375), se separan potencias adecuadas del radicando.

Ejemplos: $\sqrt{0,76} = \sqrt{76 : 100} = \sqrt{76} : 10 = 8,719 : 10 = 0,8719$; $\sqrt{275} = \sqrt{2,75 \times 100} = \sqrt{2,75} \times 10 = 1,658 \times 10 = 16,58$;

$\sqrt{2375} = \sqrt{23,75 \times 100} = \sqrt{23,75} \times 10 = 4,873 \times 10 = 48,73$; $\sqrt{0,00378} = \sqrt{37,8 : 10000} = \sqrt{37,8} : 100 = 0,0615$.

Al elevar al cuadrado ó sacar raíces cuadradas con ayuda de las escalas de raíces es siempre posible seguir los cálculos.

Ejemplos: $0,5735 \times \sqrt{\frac{26,2}{15,05}} = 0,7575$. Trazo del cursor a D 26,25; C 15,05 bajo el trazo del cursor; ahora el trazo del cursor sobre W_2' 0,5735; lectura del resultado bajo el cursor = 0,7575.

$\frac{52,75^2 \times 0,0243}{4,93^2} = 2,782$. Trazo del cursor sobre W_2 52,75 luego se enfila W_2' 4,93; al fin trazo del cursor sobre C 0,0243, y leer debajo del cursor en D el resultado = 2,782.

$\frac{6,34 \times 25,45}{3,252^2} = 15,25$. Trazo del cursor sobre D 6,34; W_1 3,252 bajo el trazo del cursor; trazo del cursor a C 25,45 y lectura bajo el cursor en D del resultado 15,25.

Operaciones con la escala de mantisas L

$\lg a$

Esta opera junto con las escalas W . Hay que cuidar que la regla se encuentra en posición cero.

1. Al ajustar el número en **las escalas de raíces inferiores W_1' y W_1** se utiliza para la lectura de la mantisa la característica situada **a la izquierda** del trazo de separación con las subdivisiones correspondientes que siguen hacia la derecha.

Ejemplo: $\lg 1,35 = 0,1303$. Trazo del cursor sobre W_1 -1,35; encima se encuentra a la izquierda del trazo de separación la cifra 1, además 3 décadas y el ajuste fino 03; por tanto $\lg 1,35 = 0,1303$.

Ejercicios: $\lg 2,655 = 0,424$; $\lg 0,237 = 0,3747-1$; $\lg 1938 = 3,2873$; $\lg 0,0119 = 0,0755-2$.

2. Al ajustar el número en **las escalas de raíces superiores W_2' y W_2** se emplea para la lectura de la mantisa la característica situada **a la derecha del trazo de separación** con las subdivisiones correspondientes que siguen hacia la derecha.

Ejemplo: $\lg 57,3 = 1,758$. Trazo del cursor a W_2 -57,3, debajo se halla a la derecha del trazo de separación la cifra 7, más 5 décadas y el ajuste fino 8, por tanto: $\lg 57,3 = 1,758$.

23

Ejercicios: $\lg 9,06 = 0,957$; $\lg 0,0636 = 0,8034-2$; $\lg 445 = 2,6484$; $\lg 66,5 = 1,823$.
 Cuando es dado la mantisa, el proceso inverso proporciona el número.

Las escalas exponenciales LL_0 LL_1 LL_2 LL_3 para exponentes positivos LL_{00} LL_{01} LL_{02} LL_{03} para exponentes negativos

La regla de cálculo Novo-Duplex contiene en el reverso de la regla dos grupos de escalas cuádruples para las funciones exponenciales referidos a las escalas básicas C y D. Las escalas para exponentes positivos (negro) alcanzan desde 1,00088 hasta 60000, y las de exponentes negativos (rojo) desde 0,00002 hasta 0,999. Las escalas e^x son escalas recíprocas a las escalas e^x . Aquí ha de observarse que los valores marcados en las escalas exponenciales son invariables por lo que se refiere a su posición decimal; esto significa por consiguiente que el valor 1,04 es siempre 1,04 y nunca 10,4 o 104. (Calcular con escala LL_0 véase pág. 25.)

Las escalas exponenciales dan, al pasar de una escala interior a la siguiente exterior, **potencias de diez**. Por ejemplo:

$$0,955^{10} = 0,631; 0,631^{10} = 0,01; 0,924^{10} = 0,454; 0,454^{10} = 3,7 \times 10^{-4} = 0,00037$$

$$1,04715^{10} = 1,586; 1,586^{10} = 101; 1,08^{10} = 2,16; 2,16^{10} = 2,2 \times 10^3 = 2200$$

$$\boxed{a^{10} \quad a^{100}}$$

El paso de dos escalas arroja **potencias de cien**, p. ej.: p. ej.:

$$0,955^{100} = 0,01; 1,04715^{100} = 100; 0,924^{100} = 0,00037; 1,08^{100} = 2200$$

Al pasar de fuera hacia dentro se obtiene las raíces correspondientes:

$$\sqrt[10]{0,25} = 0,8705; \sqrt[10]{0,8705} = 0,98623; \sqrt[100]{0,25} = 0,98623; \sqrt[10]{0,00007} = \sqrt[10]{7 \times 10^{-5}} = 0,384; \sqrt[10]{0,384} = 0,9087; \sqrt[100]{0,00007} = 0,9087;$$

$$\sqrt[10]{4} = 1,1488; \sqrt[10]{1,1488} = 1,01396; \sqrt[100]{4} = 1,01396;$$

$$\sqrt[10]{15000} = \sqrt[10]{1,5 \times 10^4} = 2,616; \sqrt[10]{2,616} = 1,1009; \sqrt[100]{15000} = 1,1009$$

$$\boxed{\sqrt[10]{a}; \sqrt[100]{a}}$$

Observase: En 100 de la escala LL_3 figura en LL_{03} el valor $\frac{1}{100} = 0,01$
 En 1,25 de la escala LL_2 figura en LL_{02} el valor $\frac{1}{1,25} = 0,8$ } puesto que $e^{-x} = \frac{1}{e^x}$

24

Escala exponencial para $e^{0,001x}$ LL_0

Puesto que los valores de la escala D son casi idénticos a los valores de la escala $e^{0,001x}$ ha sido incorporado la escala exponencial LL_0 en la escala D. Hasta el valor $e^{0,003} = 1,003$ la divergencia es sólo de 0,000 005. Desde $e^{0,004}$ se ha dado una corrección, poniendo al lado derecho de la cifra normal de la escala D el valor efectivo en bastardillo. Todos los cálculos pueden ser efectuados de la misma manera que los de las demás escalas LL descritos en lo que sigue.

Los logaritmos naturales

$$\boxed{\ln a}$$

Los logaritmos naturales se encuentran con el ajuste por medio del trazo del cursor en las escalas LL y lectura de la mantisa que también está bajo el trazo del cursor en D ó (con posición cero) en C. Para el valor numérico de los resultados vale, en sentido análogo, lo dicho más arriba.

Ejemplo: $\ln 25 = 3,22$; $\ln 145 = 4,97$; $\ln 1,3 = 0,262$; $\ln 0,04 = -3,22$; $\ln 0,66 = -0,416$; $\ln 0,98 = -0,0202$.

Potencias de e

$$\boxed{e^n}$$

Las potencias de e (base del logaritmo natural $e = 2,71828$) se obtiene, poniendo el exponente por medio del trazo del cursor sobre la escala D ó (con posición cero) sobre la escala C. La potencia de e se lee luego en la escala LL. En esto vale para la escala D y C el alcance 1-10 en LL_3 , el alcance de 0,1-1 en LL_2 , y el alcance de 0,01-0,1 en LL_1 .

Ejemplo: $e^{1,61} = 5$. Trazo del cursor sobre D 161, resultado = 5 leer en LL_3 .

En igual forma se puede hacer el ajuste en vez de con D también con C (en posición cero).

Más ejemplos: $e^{0,161} = 1,175$; $e^{0,0161} = 1,01622$; $e^{6,22} = 500$; $e^{0,622} = 1,862$; $e^{0,0622} = 1,0642$.

Si el exponente de la potencia es negativo, se emplea las escalas exponenciales negativos LL_{03} , LL_{02} , LL_{01} , LL_0 .

Ejemplo: $e^{-1,61} = 0,2$. Cursor sobre D 161, leer resultado en $LL_{03} = 0,2$.

En igual forma se puede hacer el ajuste en vez de con D también con C (en posición cero).

Más ejemplos: $e^{-0,161} = 0,8512$; $e^{-0,0161} = 0,984$; $e^{-6,22} = 0,002$; $e^{-0,622} = 0,537$; $e^{-0,0622} = 0,9397$;

$$e^{12,5} = e^{10+2,5} = e^{10} \times e^{2,5} = 22000 \times 12,2 = 268\,400.$$

En la formación de **funciones hiperbólicas** se fija el argumento-x con el trazo del cursor sobre la escala C. Sobre las escalas e^x y e^{-x} se pueden leer entonces las potencias e. La mitad de la suma (resp. la diferencia) indica el cosh (resp. sinh). P. ej.:

$$\cosh 35^\circ = \cosh 0,611 = \frac{e^x + e^{-x}}{2} = \frac{1,842 + 0,5432}{2} = 1,1926$$

$$\sinh 35^\circ = \sinh 0,611 = \frac{e^x - e^{-x}}{2} = \frac{1,842 - 0,543}{2} = 0,6494$$

sen h x
cos h x

Raíces de e

Se anota la raíz como potencia con exponente recíproco y se opera como se indicó anteriormente; (bajo potencias de e).

Ejemplos: $\sqrt[4]{e} = e^{0,25} = 1,284$; $\sqrt[0,25]{e} = e^4 = 54,6$; $\sqrt[8]{e} = e^{0,125} = 1,133$; $\sqrt[0,125]{e} = e^8 = 2980$;
 $\sqrt[12,5]{e} = e^{0,08} = 1,0834$; $\sqrt[0,08]{e} = e^{12,5} = e^{8,33} \times e^{4,17} = 4146 \times 4146 = 17\,189\,000$

$\sqrt[n]{e}$

Potencias de números cualesquiera

a^n

Potencias de la forma a^n se obtienen colocando C1 sobre el valor base de **a** en la escala correspondiente LL y luego se corre el cursor sobre Cn. En LL se podrá ahora leer a^n . Por ejemplo:

$3,75^{2,96} = 50$. Trazo del cursor sobre LL₃ 3,75, C 1 bajo el trazo del cursor; trazo del cursor ahora sobre C 2,96, y al fin leer en LL₃ el resultado = 50.

Otros ejemplos:

$$4,2^{2,16} = 22,2; 4,2^{0,216} = 1,364; 4,2^{0,0216} = 1,0315$$

$$4,2^{-2,16} = 0,045; 4,2^{-0,216} = 0,7335; 4,2^{-0,0216} = 0,9695$$

Con ayuda de la escala LL₀₃ los siguientes ejemplos:

$$0,05^{2,16} = 0,00155; 0,05^{0,216} = 0,524; 0,05^{0,0216} = 0,9374$$

$$0,05^{-2,16} = \frac{1}{0,05^{2,16}} = 646 \text{ (lectura en la escala LL}_3\text{)}$$

$$0,05^{-0,216} = \frac{1}{0,05^{0,216}} = 1,91 \text{ (lectura en la escala LL}_2\text{)}$$

Referente al valor numérico de las cifras vale lo dicho bajo el epígrafe "Potencias de e".

26

Raíces de números cualesquiera

$\sqrt[n]{a}$

Con ayuda del trazo del cursor se coloca el exponente de raíz en C sobre el radicando en LL (primero buscar el radicando y colocar el trazo del cursor encima) y se lee el resultado debajo de C 1 o bien C 10, ayudándose con el cursor.

$\sqrt[4,4]{23} = 2,04$; trazo del cursor sobre LL₃-23, luego se coloca C 4,4 bajo el cursor. Ahora el trazo del cursor sobre C 10 y debajo en LL₂ se lee el resultado = 2,04.

Ejemplos: $\sqrt[2,08]{1,068} = 1,03215$ (ajustar sobre LL₁-1,068, C-2,08; resultado en LL₁)

$$\sqrt[0,6]{15,2} = 93,5 \text{ (ajustar sobre LL}_3\text{-15,2, C-0,6; resultado en LL}_3\text{)}$$

$$\sqrt[20]{4,41} = 1,077 \text{ (ajustar sobre LL}_3\text{-4,41, C-20; resultado en LL}_1\text{)}$$

$$\sqrt[5]{0,5} = 0,8705 \text{ (ajustar sobre LL}_{02}\text{-0,5, C-5; resultado en LL}_{02}\text{)}$$

$$\sqrt[50]{0,5} = 0,98623 \text{ (ajustar sobre LL}_{02}\text{-0,5, C-50; resultado en LL}_{01}\text{)}$$

Otros ejemplos: $\sqrt[5]{2} = 1,149$; $\sqrt[5]{20} = 1,82$.

$$\sqrt[0,06]{2,42} = 2,42^{16,66} = 2,42^{8,33} \times 2,42^{8,33} = 1580 \times 1580 = 2\,496\,400$$

Los logaritmos decadarios

lg a

Se pone el trazo del cursor sobre LL₃-10, y se corre bajo el trazo del cursor C 1 de la escala central de la reglilla. Ahora se tiene una tabla de los logaritmos decadarios. También se puede elegir el ajuste C 10 encima de LL₃-10. Con ayuda del cursor puede ahora ajustarse y leerse:

$$\lg 10 = 1; \lg 100 = 2; \lg 1000 = 3; \lg 200 = 2,301;$$

$$\lg 20 = 1,301; \lg 2 = 0,301; \lg 1,1 = 0,0414.$$

Con ayuda de la escala LL₀₃:

$$\lg 0,1 = -1; \lg 0,01 = -2; \lg 0,001 = -3;$$

$$\lg 0,2 = -0,699 = 0,301-1; \lg 0,05 = -1,301 = 0,699-2.$$

27

Construcción de escalas logarítmicas de cualquier tamaño:*

En la construcción de diagramas con división logarítmica hay que resolver a menudo el problema: $y = a \times \lg x$ (a = factor de escala = longitud de la unidad logarítmica). Impedido el paso de C sobre L, puesto que en la escala lineal L no pueden ser ejecutadas más multiplicaciones, se pasa de LL a D, lo que corresponde también a una formación de logaritmos, y se puede seguir multiplicando con la escala C.

Ejemplo: $a = 3,33$; $x = 2; 3; 4; 6$.

Se coloca con el cursor C 3,33 sobre LL₃ 10 (unidad logarítmica) y se lee en LL₃ resp. en LL₂ 2; 3... los valores para y en la escala C. $y = 1,002; 1,591; 2,003; 2,593$.

Para obtener el resultado definitivo tienen que ser deslogaritmizado los valores leídos.

En caso necesario se hace uso de la traslación de la reglilla.

Logaritmos con base cualquiera

Se coloca C 1 ó C 10 sobre la base en la escala LL, y se obtiene una tabla de los logaritmos correspondientes; p. ej.: ${}^2\log 200 = 7,64$; ${}^2\log 22 = 44,6$; pongase C 10 sobre LL₂-2, léase sobre LL₃-200 en C el valor 7,64 y sobre LL₃-22 en C el valor 4,46 (todo con ayuda del trazo del cursor).

Más ejemplos:

${}^2\log 1,2 = 0,263$; ${}^{0,2}\log 10 = -1,431$; ${}^{0,8}\log 2 = -3,11$; ${}^5\log 25 = 2$; ${}^{0,5}\log 25 = 4,64$

Observase: ${}^a\log a = 1$; p. ej.: ${}^2\log 2 = 1$; ${}^2\log 4 = 2$; ${}^2\log 8 = 3$;

${}^{0,5}\log 0,5 = 1$; ${}^{0,5}\log 4 = -2$; ${}^{0,5}\log 8 = -3$;

${}^{0,5}\log 0,25 = 2$; ${}^{0,5}\log 0,125 = 3$.

Logaritmo con base dos

${}^2\log a$

El logaritmo con base dos (logarithmus dualis ${}^2\log x = y$) puede ser averiguado rápidamente con ayuda de los dos trazos en el borde del cursor de la parte posterior.

Ejemplo: $\lg 32 = 5$; se coloca el trazo izquierdo del borde del reverso del cursor sobre 32 en la escala LL₃ y se lee el valor = 5 bajo el trazo derecho del cursor en D.

Más ejemplos: $\lg 2 = 1$; $\lg 8,574184 = 3,1$; $\lg 1,071773 = 0,1$.

* Según Dipl. Phys. W. Rehwald del Instituto para Técnica de alta frecuencia de la TH en Darmstadt.

Significado de los signos marcados en las escalas

El valor $\pi = 3,1416$ está marcado separadamente en las escalas C, D, CI, DI, CF, DF, CIF, W₁, W₁', W₂, W₂' de este modo se ha facilitado considerablemente el ajuste de dicho valor.

Signo $e = 0,01745$ marcado en las escalas C, D, W₁ y W₁' (véase pág. 18).

En la **escala ST para ángulos pequeños** se han **marcado signos de corrección** en el margen de 4°-6°, que dan los valores correctos de funciones para senos y tangentes.

Ejemplo: $\tan 4^\circ \approx \sin 4^\circ = 0,0697$.

Para la lectura **exacta** de la tangente 4° se utiliza el signo corrector de la **derecha** de la división 4°. Se lee el valor 0,0699.

Para los signos correctores del tangente vale pues:

Tangente **mayor** que arc., por tanto signo corrector a la **derecha** de la división!

Ejemplo: $\tan 5^\circ = 0,0875$.

Si está situada el ángulo entre los grados completos provistos de signos correctores hay que trasladar correspondientemente el intervalo de corrección:

Ejemplos: $\tan 4,2^\circ = 0,0734$; $\tan 5,33^\circ = 0,0934$.

Si está dado el valor funcional y buscado el ángulo, se tiene en cuenta el intervalo corrector de la **izquierda**.

Para el seno está marcado el signo corrector a la **izquierda** de la división 6°. Vale para el margen de 5° a 6°.

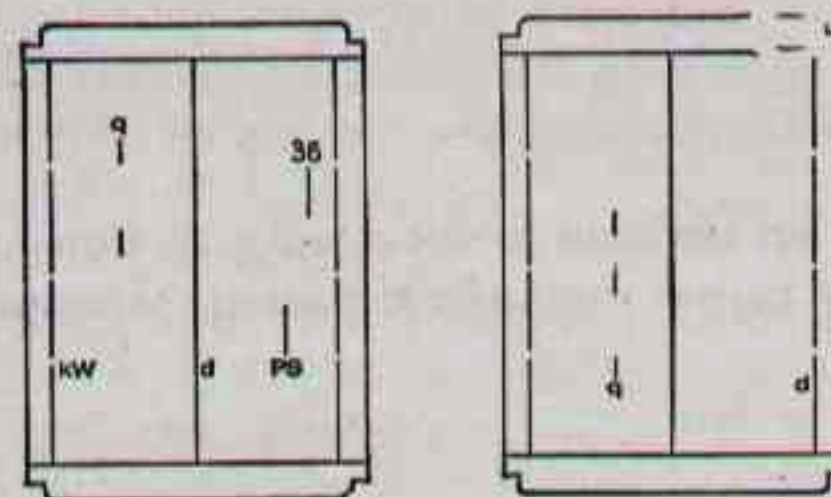
Se opera como indicado arriba, sólo en sentido contrario.

Signo $e = 2,71828$ (base del logaritmo natural) en las escalas LL₂ y LL₃.

El cursor

El cursor de doble ventanilla lleva en la parte delantera y en el reverso el trazo principal largo, central para el ajusta y la lectura en las operaciones corrientes. Además lleva en el borde de la derecha y de la izquierda un trazo lateral para la lectura de los valores suplementarios en las escalas que ya no pueden ser alcanzadas por el trazo central.

Las posibilidades de aplicación de los restantes trazos del cursor:



Cálculo de áreas circulares en el anverso de la regla (d, q).

Se coloca el trazo largo, central del cursor (d) sobre el diámetro en la escala D ó C, y se lee bajo los dos trazos cortos del lado izquierdo del cursor (q) en la escala A ó B la correspondiente sección circular.

Cálculo de áreas circulares en el reverso de la regla (d, q).

Se coloca el trazo del borde derecho (d) sobre el diámetro en las escalas W_1 ó W_2 y se lee el área de la sección circular bajo uno de los 3 trazos que están a la izquierda del trazo central.

Ejemplo: $d = 4,8 \text{ cm}$, $q = 18,1 \text{ cm}^2$; $d = 3,2 \text{ cm}$, $q = 8,04 \text{ cm}^2$.

Para facilitar el cálculo del volumen de cilindros, cubren los trazos q también la escala CI.

La **conversión de kW en PS** y al revés es posible con ayuda de los trazos marcados con PS y kW, y se hace en las escalas C y D. Ejemplos: $28 \text{ PS} = 20,6 \text{ kW}$; $4,5 \text{ kW} = 6,12 \text{ PS}$.

Para el **cálculo directo con el factor 3,6** sirve el trazo superior de la derecha de la parte delantera del cursor. Ejemplos: $150 \text{ km/h} = 41,6 \text{ m/seg}$. (Trazo 3,6 sobre D 150 resulta bajo el trazo principal en D 41,6).

Determinar los intereses de DM 2.420,— al 3,75% en 95 días. (Trazo 3,6 en DF 2420, CI 3,75 bajo el trazo central del cursor; lectura sobre CF 95 los intereses en DF = 23,94).

573 ●

Printed in Germany

1/783 N span.

A. W. FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG, GERMANY

www.reglasdecalculo.com