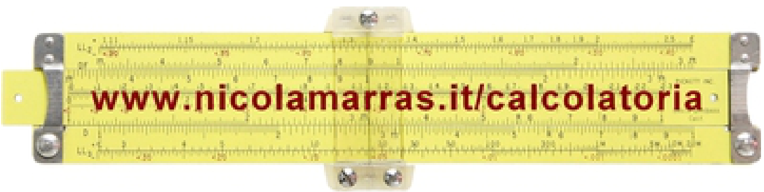
Calcolatoria Educational Solutions Nicola Marras *make learning easier*

I Regoli Calcolatori

Buzz Aldrin in rotta per la Luna col suo regolo calcolatore

"Houston, Tranquility Base here: the Eagle has landed"

Così Armstrong annunciava il 20 luglio 1969 l'atterraggio sulla Luna. Uno dei calcolatori di bordo era un regolo tascabile: inventato nel 1622 questo antico strumento arrivò infine nello spazio esterno! Una storia dimenticata, superata da un'era digitale che sembra esistere da sempre.



Il regolo calcolatore, un computer analogico

Il matematico John Napier (Nepero) sosteneva: *“Eseguire dei calcoli è operazione difficile e lenta e spesso la noia che ne deriva è la causa principale della disaffezione che la gente prova nei confronti della matematica”*. Trovò la soluzione nel 1614 con l'invenzione dei logaritmi, un sistema in grado di esprimere qualsiasi numero positivo tramite potenze, subito pubblicati nel *“Mirifici logarithmorum canonis descriptio”.*

Il prodotto di due potenze con uguale base è una potenza con la stessa base ed esponente dato dalla somma degli esponenti: moltiplicazioni e divisioni si possono quindi effettuare come semplici addizioni e sottrazioni.

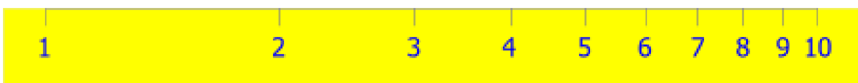
Per moltiplicare due numeri basta cercare i loro logaritmi nelle apposite tavole e sommarli: otterremo il logaritmo del risultato e consultando di nuovo le tavole lo trasformeremo nel risultato vero. In pratica il logaritmo di un numero in una certa base è l’esponente a cui bisogna innalzare la base per ottenere il numero stesso. Il logaritmo di 100 in base 10 è 2 (10^2 = 100) e 10.000 x 1.000 si trasforma in 10^4 x 10^3 = 10^{4+3} =10^7 = 10.000.000. Moltiplicando e dividendo gli esponenti troveremo i quadrati, i cubi e le relative radici.

Le cose si complicano quando trattiamo numeri diversi da 10 (es. il logaritmo di 2 è 0,301029, di 113 è 2,053078, di 1.415 è 3,150756 ecc.) ed occorrono tavole molto voluminose, ma i logaritmi ebbero comunque lunga vita: erano economici e la loro precisione li rendeva indispensabili ad astronomi e naviganti. Dal 1959 le tavole vennero elaborate al computer e le pubblicazioni cessarono solo attorno al 1975.

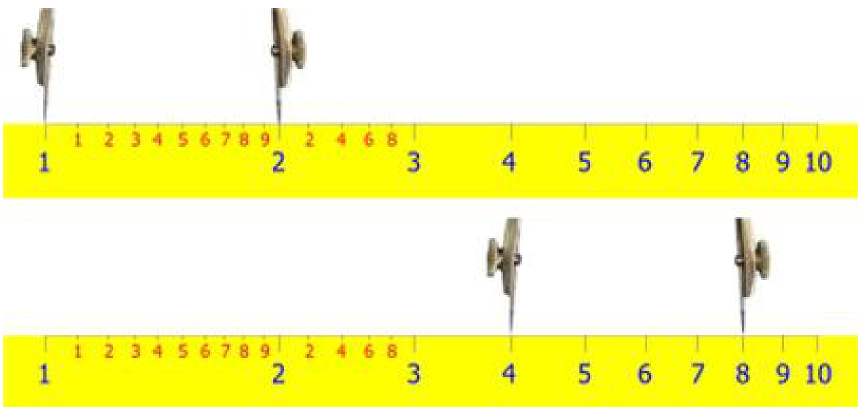
Nel 1620 Edmund Gunter, per evitare il lungo lavoro con le tavole, disegnò la scala logaritmica marcando i numeri su di un righello ad una distanza dall'origine proporzionale al valore del loro logaritmo. In questo modo si sostituiscono le funzioni matematiche con misurazioni lineari operando così per analogia. Ecco la tabella:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,301	0,477	0,602	0,699	0,778	0,845	0,903	0,954	1

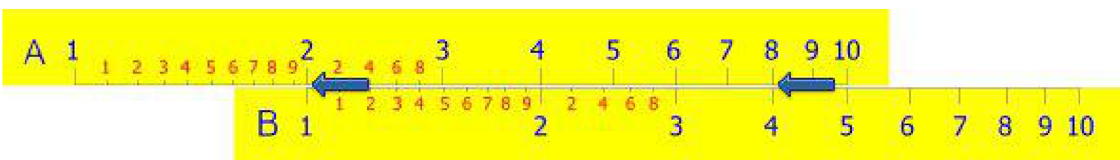
Costruiamo ora la scala: l'1 è il punto di partenza, il 2 si trova a 3,01 cm, il 3 a 4,77 e così via fino a 10. Possiamo quindi rappresentare ogni numero in quanto possiamo leggere, per esempio, il numero 3 anche come 30, 300, 0,003, 0,3, ecc. I risultati sono meno precisi rispetto all'uso delle tavole, ma si lavora rapidamente.



Invece di cercare i logaritmi nelle tavole basterà addizionarli con l'aiuto di un compasso. Per eseguire 2 x 4 apriamo il compasso fra 1 e 2 e poi, mantenendo la stessa apertura, poggiamo una punta sul 4: l'altra punta indicherà il risultato e per dividere opereremo al contrario.



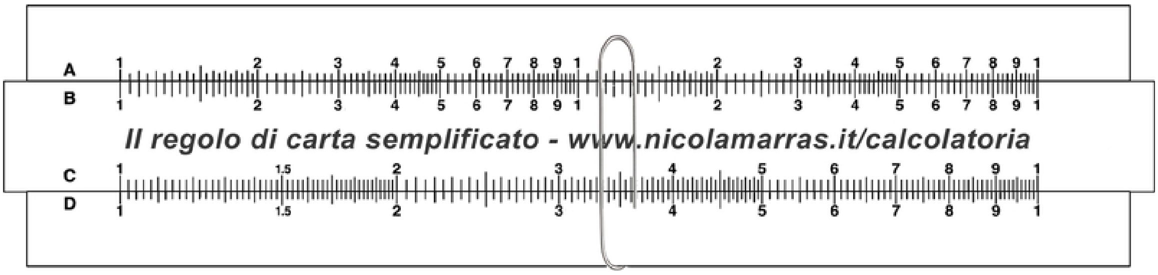
Questo strumento, chiamato *Gunter's scale*, rimase in uso fino agli inizi del '900, nonostante il regolo calcolatore fosse stato inventato già nel 1622. In quell'anno infatti William Oughtred duplicò le scale logaritmiche facendole scorrere parallelamente: Volendo eseguire 2 x 4 allineiamo l' 1 della scala B in corrispondenza del 2 della scala A e leggeremo il risultato sulla scala A sopra il 4 della scala B. Per dividere opereremo al contrario.



Calcolare era finalmente diventato facile ed il regolo, dopo più di 300 anni, arriverà sulla Luna!

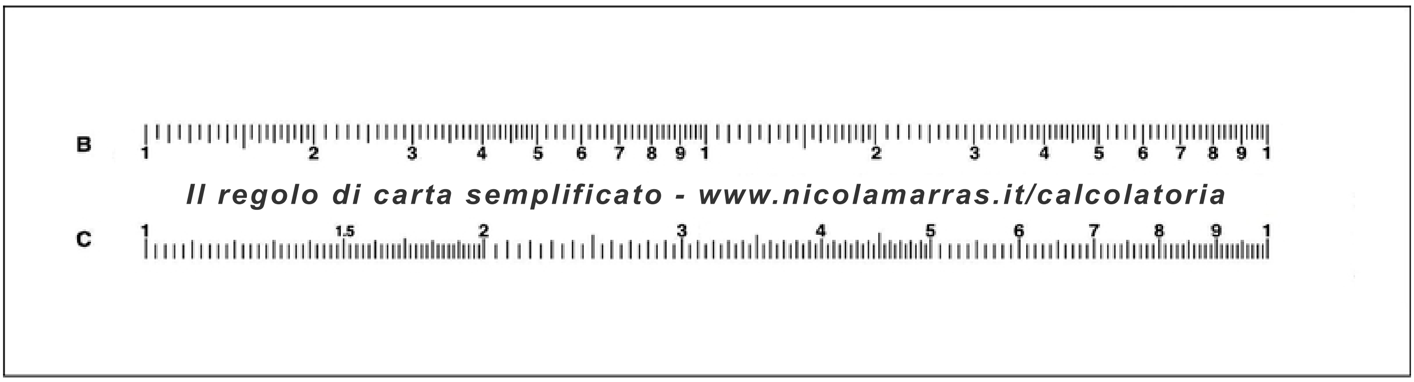
Il regolo di carta

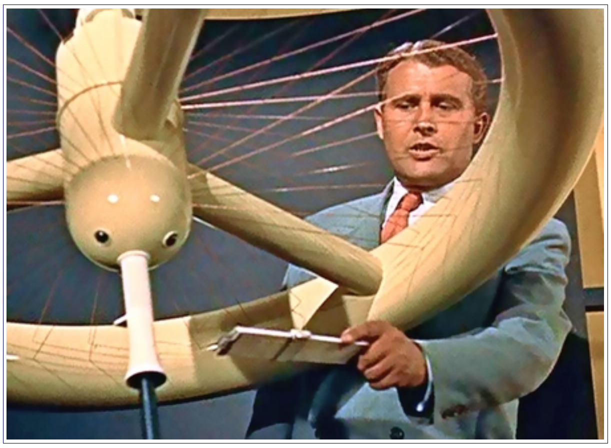
Questo regolo è ideale per fare pratica senza confondersi fra troppe scale. Ritagliate lungo le linee piene, piegate il corpo lungo le linee tratteggiate ed inseritevi lo scorrevole. Come cursore utilizzate una graffetta di ca. 5 cm.



Corpo

Scorrevole





Il regolo è stato l'unico computer per centinaia di anni: a sx Bousfield, 1857, a dx von Braun, 1959

Calcolare col regolo

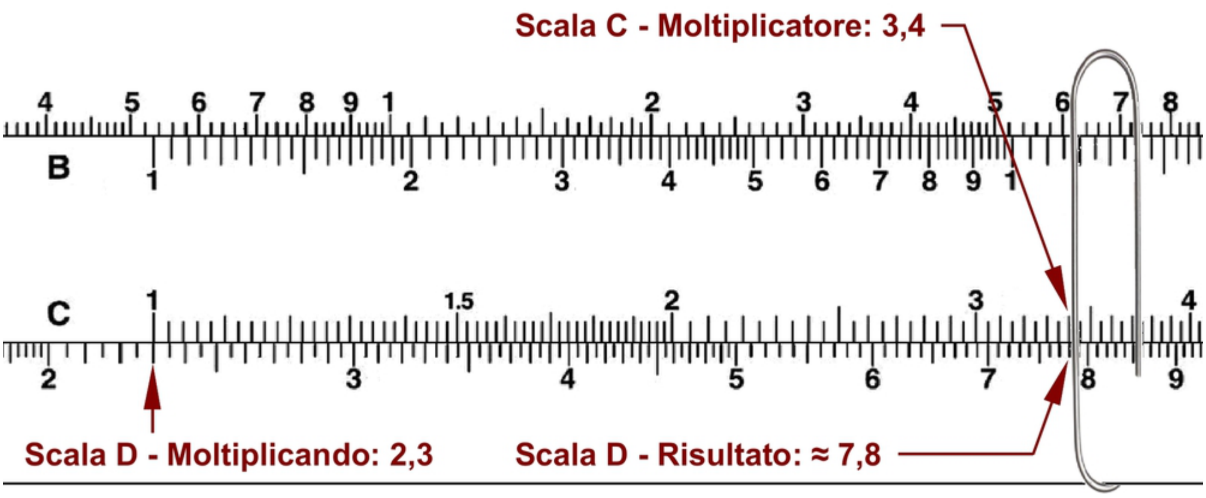
Sui regoli calcolatori le scale sono indicate da lettere: due sono le basiche, una sullo scorrevole (C) e una sul corpo (D). Le altre servono per semplificare i calcoli quando si è in presenza di quadrati e radici (A e B), cubi e radici cubiche (K), elevazione a potenza (LL), seni e tangenti (ST e T), ecc. fino ad un massimo di oltre 30.

In questo semplice regolo troviamo solo le essenziali: A-B-C-D. Come cursore utilizzeremo una graffetta e quindi i numeri non vanno posizionati sotto di essa, ma immediatamente a suo fianco.

Moltiplicazione (scale C e D)

Esempio: 2,3 x 3,4.

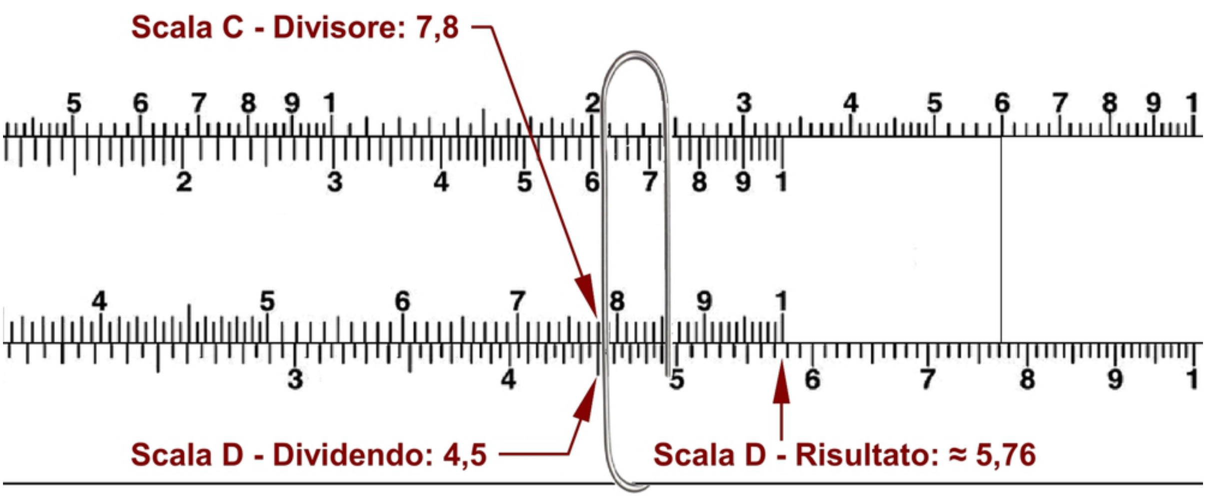
- posizionare l' 1 situato a sinistra della **scala C** sopra il 2,3 della **scala D**;
- posizionare il cursore a fianco del 3,4 della **scala C**;
- sulla **scala D**, a fianco del cursore, troviamo ca. 7,8. La risposta corretta è 7,82.



Divisione (scale C e D)

Esempio: 4,5 / 7,8.

- posizionare il cursore a fianco di 4,5 sulla **scala D**;
- posizionare il 7,8 della **scala C** a fianco del cursore;
- l' 1 situato a destra sulla **scala C** indica ca. 5,75 sulla **scala D**; posizioniamo a mente i decimali ed otteniamo ca. 0,576. Il risultato esatto è 0,576.



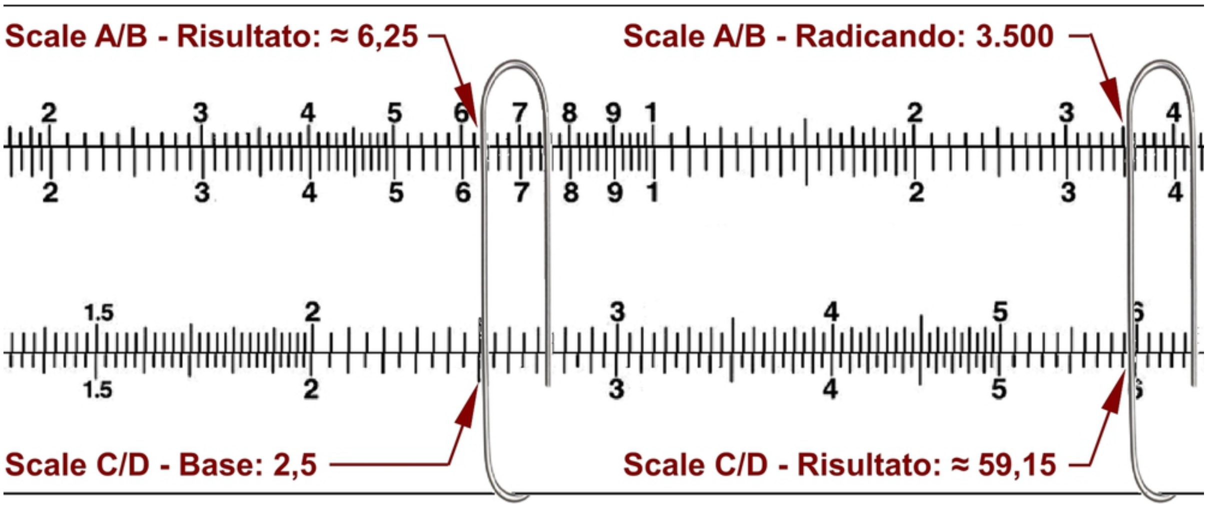
Quadrati e Radici (scale A e D oppure B e C)

Esempio: $2{,}5^2$.

- posizionare il cursore a fianco di 2,5 sulle **scale C o D:** il cursore è a fianco di 6,25 sulle **scale A o B.** Il risultato esatto è infatti 6,25.

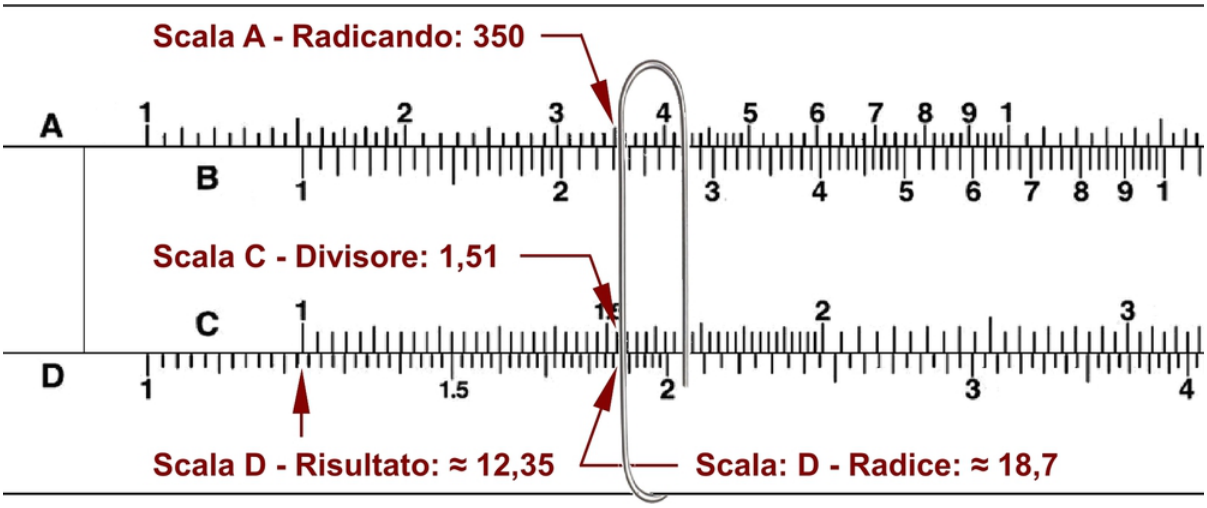
Esempio: √3.500.

- le **scale A e B** sono divise in due parti uguali: la metà sinistra serve per trovare la radice dei numeri con una quantità dispari di cifre, la metà destra per quelli con un quantità pari. 3.500 ha un numero pari (4) di cifre ed utilizzeremo la metà destra. Spostando il cursore a fianco di 3,5 nelle **scale A e D** troviamo sulle **scale C e D** ca. 59,15. La radice esatta è 59,16.



Eseguiamo ora: √350 / 1,51.

- spostando il cursore su 350 della scala A (3 cifre dispari, quindi lato sinistro) troviamo sulla **scala D** la sua radice quadrata:18,7;
- ora facciamo coincidere 1,51 della scala C a fianco del cursore: sulla scala D, in corrispondenza dell' 1 sinistro dello scorrevole leggiamo il risultato:12,35.

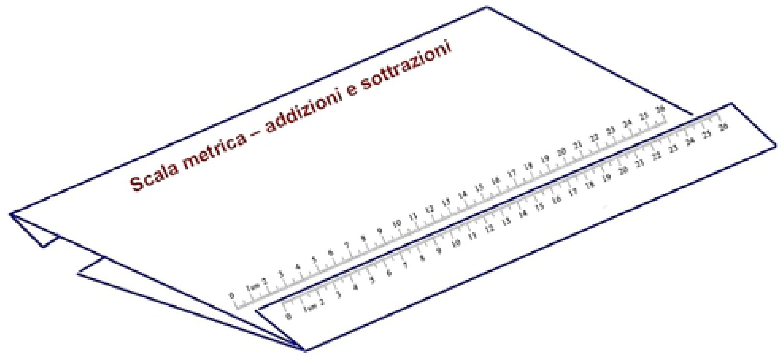


Non male in un paio di secondi, muniti solo di un pezzo di carta e una graffetta! Utilizzando una moderna calcolatrice saremmo stati solo di poco più precisi, trovando 12,3896, ma questo grado di approssimazione non ha certo impedito a von Braun di inviare l'Uomo sulla Luna. Il regolo è infatti meno difficile di quanto sembri: il segreto è la pratica, necessaria per leggere correttamente i risultati, e chi non conosceva altri calcolatori lo trovava rapido e moderno. Come giudicheranno i nostri computer in futuro?

Scala D

--- *piegare lungo la linea* ---

La scala metrica - addizioni e sottrazioni



Con 2 scale metriche possiamo eseguire addizioni e sottrazioni, ma con la misura di questo esempio possiamo operare solo fino a 260. E' evidente che questo sistema soffre di forti limitazioni.

Per utilizzarle piegare i fogli lungo le linee tratteggiate, inserendoli uno dentro l'altro in modo che le scale metriche combacino.

ESEMPI

2 + 4:

- posizionate lo zero della scala M1 sopra il 2 della scala M2;
- leggete il risultato sotto il 4 della scala M1.

2 + 9:

- posizionate lo zero della scala M1 sopra il 2 della scala M2;
- leggete il risultato sotto il 9 della scala M1.

4 - 2:

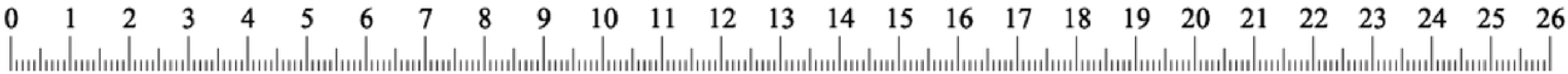
- posizionate il 2 della scala M1 sopra il 4 della scala M2;
- leggete il risultato sotto lo zero della scala M1.

8 - 2:

- posizionate il 2 della scala M1 sopra l'8 della scala M2;
- leggete il risultato sotto lo zero della scala M1.

Gli strumenti di calcolo prima dell'era digitale - www.nicolamarras.it/calcolatoria

Scala M1



La scala metrica - addizioni e sottrazioni

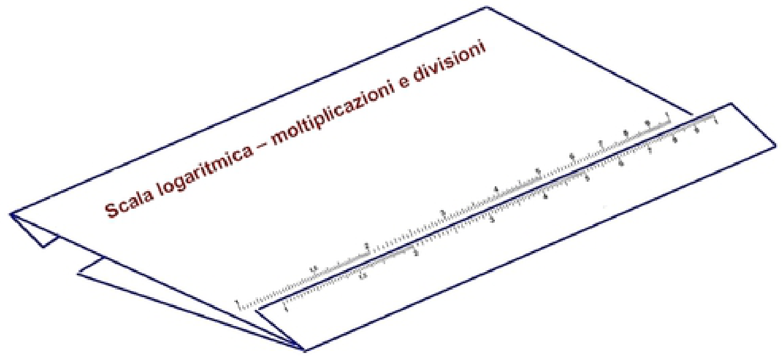
www.nicolamarras.it/calcolatoria

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

Scala M2

---------- *piegare lungo la linea* ----------

La scala logaritmica - moltiplicazioni e divisioni



Il meccanismo illustrato per sommare diventa potentissimo se le scale vengono disegnate secondo la successione logaritmica. Disponiamo adesso di un vero regolo calcolatore, molto simile a quello utilizzato sull'Apollo 11!

Per utilizzarlo piegare i fogli lungo le linee tratteggiate, inserendoli uno dentro l'altro in modo che le scale logaritmiche combacino.

ESEMPI

2 x 4:

- posizionate l' 1 (di sinistra) della scala C sopra il 2 della scala D;
- leggete il risultato sotto il 4 della scala C.

2 x 9:

- posizionate l' 1 (di destra) della scala C sopra il 2 della scala D;
- leggete il risultato sotto il 9 della scala C.

4 / 2:

- posizionate il 2 della scala C sopra il 4 della scala D;
- leggete il risultato sotto l'1 (di sinistra) della scala C.

8 / 2:

- posizionate il 2 della scala C sopra l'8 della scala D;
- leggete il risultato sotto l'1 (di destra) della scala C.

Gli strumenti di calcolo prima dell'era digitale - www.nicolamarras.it/calcolatoria

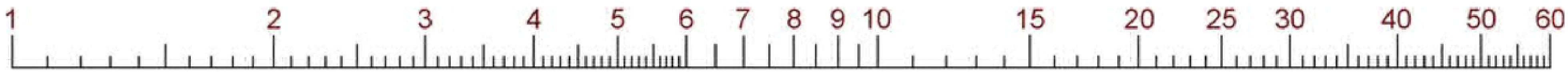
Scala C

1 1.5 2 3 4 5 6 7 8 9 1

La scala logaritmica - moltiplicazioni e divisioni

www.nicolamarras.it/calcolatoria

La scala logaritmica nautica



Trovare la velocità conoscendo il tempo impiegato a percorrere una distanza:

- posizionare la punta sinistra del compasso sul numero che indica la distanza percorsa e la destra sui minuti trascorsi;
- mantenendo la stessa apertura portare la punta destra su 60: la sinistra indicherà la velocità.

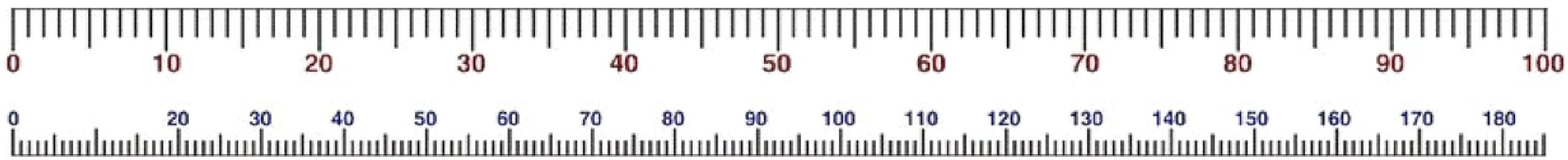
Trovare la distanza percorsa conoscendo il tempo impiegato e la velocità:

- posizionare la punta destra del compasso su 60 e la sinistra sulla velocità;
- mantenendo la stessa apertura portare la punta destra sul numero indicante i minuti trascorsi: la sinistra indicherà la distanza percorsa.

Trovare il tempo necessario a percorrere una distanza conoscendo la velocità:

- posizionare la punta destra del compasso su 60 e la sinistra sulla velocità;
- mantenendo la stessa apertura portare la punta sinistra sul numero indicante la distanza: la destra indicherà il tempo necessario.

Conversione Miglia Nautiche - Kilometri



Esempi, tavole di conversione e suggerimenti per il calcolo

Qual'è la distanza percorsa da una nave che viaggia a 13 nodi per 7 h 38' ?

- si trova prima a mente il cammino per 7 h (91 NM), poi si cerca sulla scala per i rimanenti 38';
- posizionare la punta destra di un compasso su 60 e la sinistra su 13;
- mantenendo la stessa apertura si pone la punta destra su 38: la sinistra indicherà 8,2 NM e la distanza percorsa totale sarà di NM 99,2.

Una nave percorre 4,2 miglia nautiche in 0 h 48', qual'è la sua velocità media?

- posizionare la punta sinistra di un compasso su 4,2 e la destra su 48';
- mantenendo la stessa apertura si pone la punta destra su 60; la punta sinistra indicherà il valore della velocità, cioè 5,3 nodi.

Distanza di avvistamento sulla linea dell'orizzonte (miglia)					
Elevazione oggetto (m)	Altezza osservatore (m)				
	2	4	6	8	10
10	9,34	10,53	11,45	12,22	12,90
20	12,01	13,20	14,12	14,89	15,57
30	14,06	15,25	16,17	16,94	17,62
40	15,79	16,98	17,90	18,67	19,35
50	17,31	18,50	19,42	20,19	20,88
60	18,69	19,88	20,80	21,57	22,25
70	19,95	21,15	22,06	22,84	23,52
80	21,13	22,33	23,24	24,02	24,70
90	22,24	23,43	24,35	25,12	25,80
100	23,28	24,48	25,40	26,17	26,85

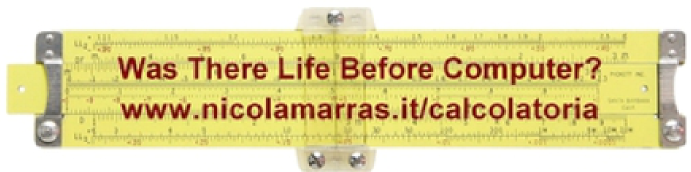
Suggerimenti per facilitare i calcoli:

Poiché a bordo è molto più utile il calcolo mentale di quello scritto è bene esercitarsi ed escogitare tutti i trucchi per renderlo semplice. E' quindi utile ricordare che:

- ogni 6 minuti si percorre un cammino che, moltiplicato per 10, darà la velocità oraria. La velocità oraria divisa per 10 darà il cammino percorso in 6 minuti;
- ogni 10 minuti si percorre un cammino che, moltiplicato per 6, darà la velocità oraria. La velocità oraria divisa per 6 darà il cammino percorso in 10 minuti;
- ogni 15 minuti si percorre un cammino che, moltiplicato per 4, darà la velocità oraria. La velocità oraria divisa per 4 darà il cammino percorso in 15 minuti;
- ogni 20 minuti si percorre un cammino che, moltiplicato per 3, darà la velocità oraria. La velocità oraria divisa per 3 darà il cammino percorso in 20 minuti;
- ogni 30 minuti si percorre un cammino che, moltiplicato per 2, darà la velocità oraria. La velocità oraria divisa per 2 darà il cammino percorso in 30 minuti.

I minuti di ogni ora favorevoli per fare il punto sono quindi: 6' - 10' - 12' - 15' - 18' - 20' - 24' - 30' - 36' - 40' - 42' - 45' - 48' - 50' - 54'.

Principali unità di misura					
1 pollice *(inch)*	=	2,54 centimetri	1 nodo *(knot)*	=	0,514 m/s
1 piede *(foot)*	=	30,48 centimetri	1 oncia *(ounce)*	=	28,35 grammi
1 yarda *(yard)*	=	3 piedi - 0,9144 metri	1 libbra *(pound)*	=	16 once - 0,4536 g
1 braccio *(fathom)*	=	6 piedi - 1,8288 metri	1 mm mercurio	=	0,75 hPa
1 miglio marino *(NM)*	=	1.852 metri	1 CV *(HP)*	=	0,735 Kw



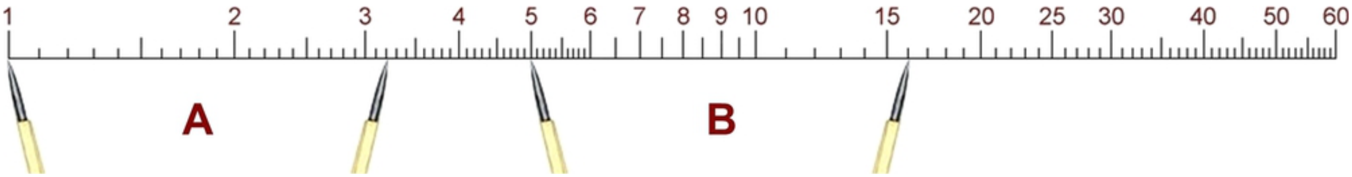
Calcolare con la scala logaritmica nautica

Questo pratico calcolatore rimase a bordo delle navi fino a tempi recenti in quanto è uno strumento di uso molto veloce, specialmente sul tavolo da carteggio dove è sempre presente un compasso. Ricordatevi che "0,9"; "9"; "90"; "900" o "9.000" si leggono sempre "9" e la virgola va quindi posizionata a mente, ma è sempre istintivo rendersi conto delle grandezze trattate. Per praticità gli esempi sono in kilometri, ma niente cambia utilizzando miglia americane o marine: la scala delle velocità fornirà sempre la risposta corretta!

Moltiplicazione

Esempio: 32 x 5.

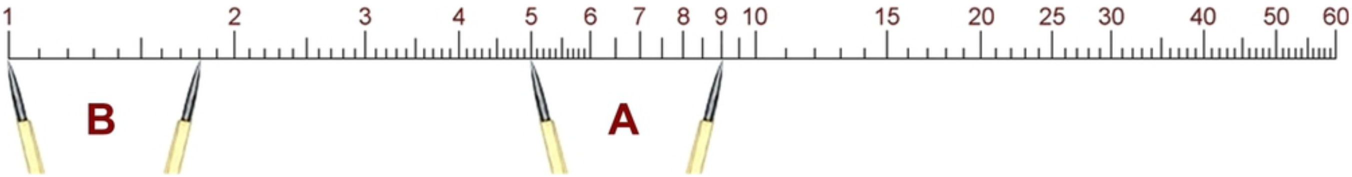
- **A)** posizionare la punta sinistra di un compasso su 1 e la destra su 3,2;
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare ora la punta sinistra su 5; la punta destra indicherà 16: aggiungere uno zero per tener conto dei decimali, il risultato esatto è infatti 160.



Divisione

Esempio: 900/5.

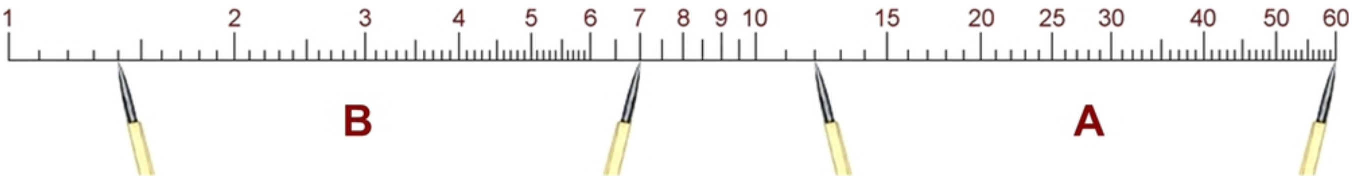
- **A)** posizionare la punta destra su 9 e la sinistra su 5;
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare la punta sinistra su 1; la destra indicherà 1,8: tenere conto dei decimali per arrivare al giusto risultato di 180.



Tempo

Esempio: determinare il tempo necessario per percorrere 140 km alla velocità di 120 km/h.

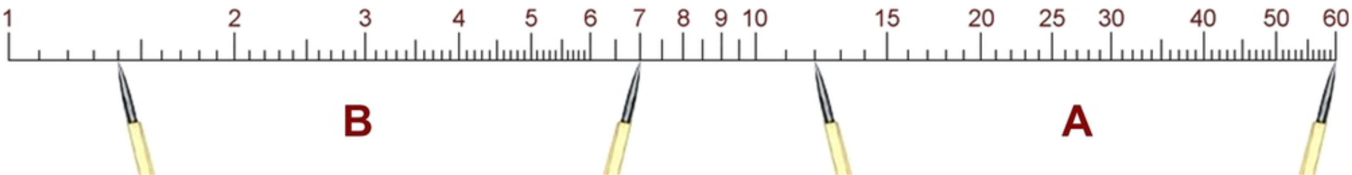
- **A)** posizionare la punta destra su 60 e la sinistra su 12;
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare la punta sinistra su 1,4; la punta destra indicherà 7: per percorrere 140 km occorreranno 70 minuti, cioè 1 ora e 10'.



Distanza

Esempio: determinare la distanza percorsa in un 1 ora e 10' alla velocità di 120 km/h.

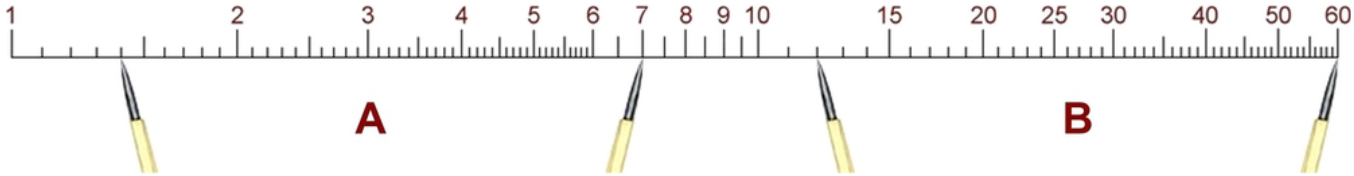
- **A)** posizionare la punta destra su 60 e la sinistra su 12;
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare la punta destra su 7 (70 minuti); la punta sinistra indicherà 1,4: si sono percorsi 140 kilometri.



Velocità media

Esempio: determinare la velocità media avendo percorso (o volendo percorrere) 140 km in 1 ora e 10'.

- **A)** posizionare la punta sinistra su 1,4 e la destra su 7 (70 minuti);
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare la punta destra su 60; la sinistra indicherà 12: la media è stata (o dovrà essere) di 120 km/h.



Consumo orario

Esempio: determinare il consumo orario avendo utilizzato 60 litri di carburante in 3 ore.

- **A)** posizionare la punta destra su su 18 (180 minuti = 3 ore) e la sinistra su 6;
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare ora la punta destra su 60: la sinistra indicherà 20; il consumo orario è stato di 20 litri/h.

Carburante richiesto

Esempio: determinare la quantità di carburante richiesta per viaggiare 3 ore con un consumo di 20 litri/ora.

- **A)** posizionare la punta destra su 60 e la sinistra su 20;
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare la punta destra su 18 (180 minuti = 3 ore); la sinistra indicherà 6: occorreranno 60 litri per effettuare il viaggio.

Tempo massimo di percorrenza

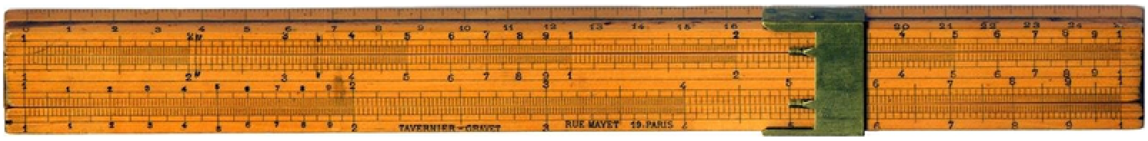
Esempio: stimare il tempo di massima percorrenza per un consumo di 20 l/h ed un serbatoio di 60 litri.

- **A)** posizionare la punta destra su 60 e la sinistra su 20;
- **B)** mantenendo la stessa apertura posizionare la punta sinistra su 6 (60 litri); la destra indicherà 18: il carburante durerà 3 ore (180 minuti = 3 ore).

All'inizio del 1700 esistevano già regoli specifici per calcolare volume ed peso dei carichi di legname e la tassazione delle botti di birra, che si trasformarono in sofisticati strumenti durante la Rivoluzione Industriale.

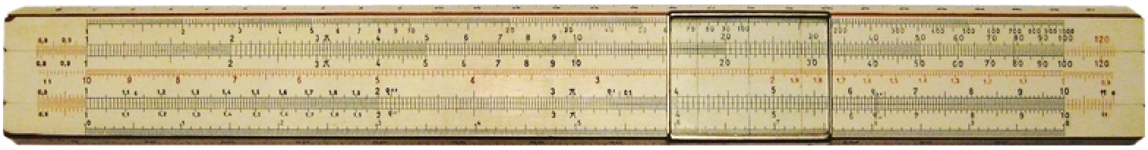
Regolo per usi fiscali, inizio del XVIII° secolo, uno dei più antichi conosciuti – cm 30

Nel 1859 il tenente di artiglieria francese Amédée Mannheim migliorò le scale ed aggiunse il cursore mobile per facilitare la lettura dei risultati: era nato il regolo moderno, subito introdotto in Italia da Quintino Sella.



Con questo modello, chiamato Mannheim, appare il cursore, ca. 1860 – cm 25

Attorno al 1920 il regolo aveva assunto la sua forma definitiva: Einstein lo utilizzò per elaborare la teoria della relatività, Fermi per la bomba atomica e von Braun per il programma spaziale. Al fine di migliorarne la precisione, proporzionale alla lunghezza delle scale, si produssero modelli circolari anche di grandi dimensioni. Le lunghezze (o i diametri) variano da 27 a 30 cm, mentre il regolo tascabile misura ca.13-15 cm.



Classico regolo Nestler 23, il preferito da Einstein, ca. 1930 – cm 30

Pickett N600 ES in alluminio, il regolo che sbarcò sulla Luna, 1969 – cm 15

Nicola Marras

Was There Life Before Computer?

gli strumenti di calcolo prima dell'era digitale

Il mondo di oggi,

il paesaggio disegnato dai grattacieli, tutto ciò che associamo alla modernità fu progettato con calcolatori concepiti nel XVII° secolo.

Il LEM atterrò sulla Luna con a bordo un regolo calcolatore, lo stesso strumento utilizzato da Newton, Einstein e von Braun. Il primo sottomarino nucleare disponeva solo di una addizionatrice meccanica.

I moderni computer sono stati realizzati grazie a questi antichi strumenti che

sembravano insostituibili:

il compasso di Galilei arrivò a tracciare le rotte delle portaerei, i calcolatori di Pascal e Leibniz furono il motore della globalizzazione finanziaria, col regolo logaritmico inventato nel 1600 si progettò tutto, dall'ammiraglia di James Cook al Jumbo Jet.

Non si immaginava un mondo senza di essi,

ma nel 1972 ...

… apparve la prima calcolatrice moderna e scomparvero regoli, eliche calcolatorie e pascaline. Nel 1980 erano già dimenticati.

Si era avverato il sogno di Leibniz

non è conveniente che uomini eccellenti perdano, come schiavi, ore di lavoro per calcoli che potrebbero essere affidati a chiunque altro se si utilizzassero delle macchine.

Riscoprendo questi antichi strumenti domandatevi:

che sarà domani delle nostre tecnologie?

TRIUMPH TR4
the world's most exciting sport car
www.nicolamarras.it/tr4

The Oughtred Society · ARC · Science on Stage Europe · International Slide Rule Museum · cagliari festivalscienza

Nicola Marras – Italy, 1954. Collector, member of ARC and of the Oughtred Society, promotes through exhibits and educational courses the memory of old calculating devices and ancient navigation systems.

Nicola wants young people to know that the world as we see it now, skyscrapers, atomic energy, space exploration and the computer, was only possible because of calculators conceived in the 17th century.

His main event is the yearly exhibit at the Italian science fair *Cagliari FestivalScienza*. In 2013 and 2015 his projects were presented at the Europe-wide education festival *Science on Stage*. Nicola's website (both in Italian and English) is: www.nicolamarras.it/calcolatoria.