

# Costruiamo un calcolatore di carta



Per esercitarsi coi sistemi di calcolo tradizionali bastano stampante, forbici, colla e righello: avremo all'istante uno strumento di precisione.

Da stampare in formato A4 e con le istruzioni complete:

- l'Abaco di Lalanne;
- nomogrammi metrici e logaritmici;
- regolo calcolatore di carta;
- regolo aeronautico E6-B;
- calcolatore nautico logaritmico.

Questi calcolatori sono ottimi per la didattica e pratici anche in occasioni reali: indistruttibili, possono cadere dal decimo piano senza rompersi!



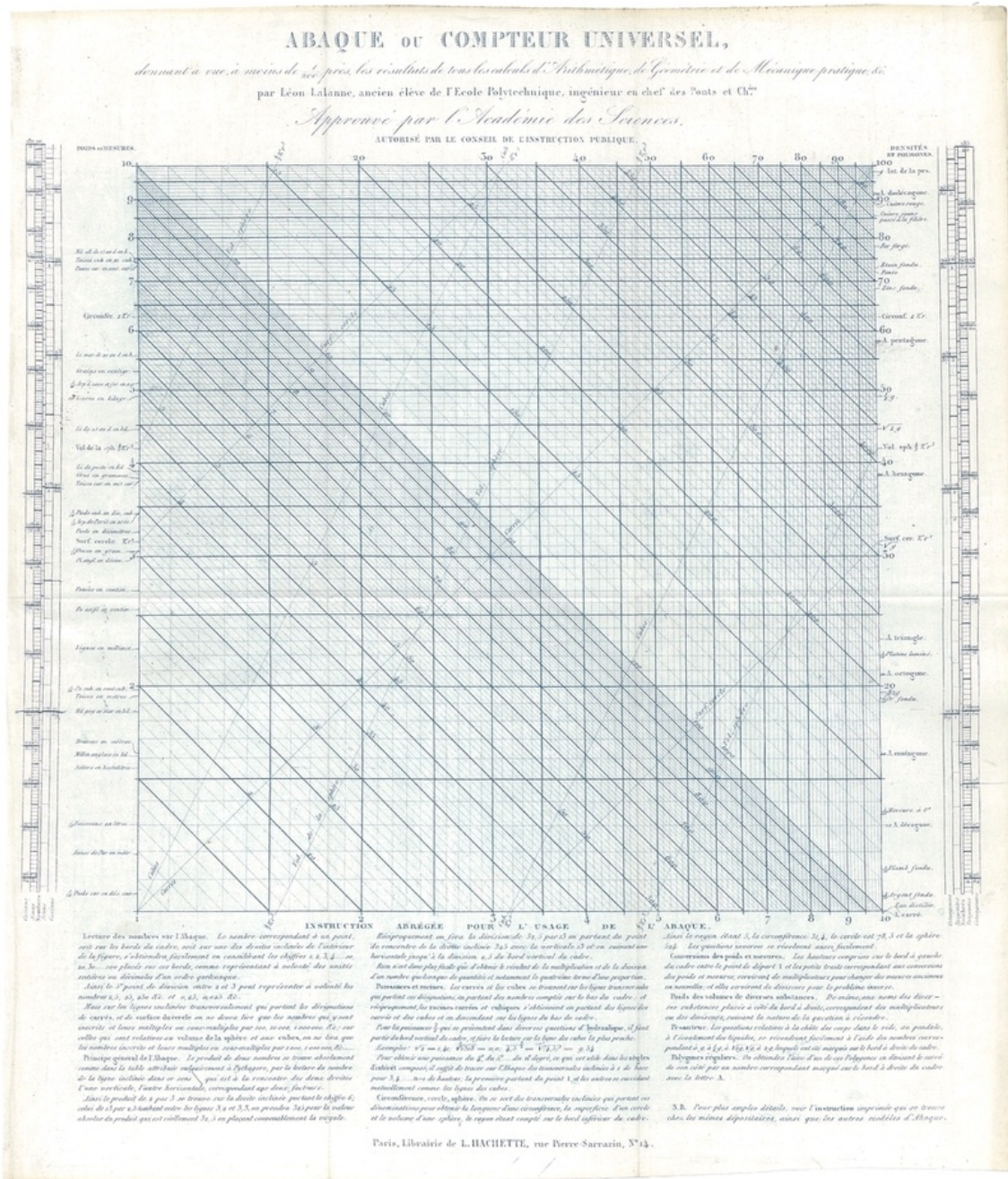
# Prima della Nomografia

Nel 1844 Léon Lalanne creò la prima tavola grafica logaritmica, o *Abaque Compteur Universelle*, pensata come sostituto economico dei regoli calcolatori.

Questo sistema di calcolo, prefigurato da Pouchet alla fine del '700, ebbe la prima applicazione pratica con Lalanne e fu in seguito sviluppato da d'Ocagne che gli diede il nome di nomografia: in sintesi è la rappresentazione grafica dei rapporti matematici, raffigurata tramite coordinate cartesiane.

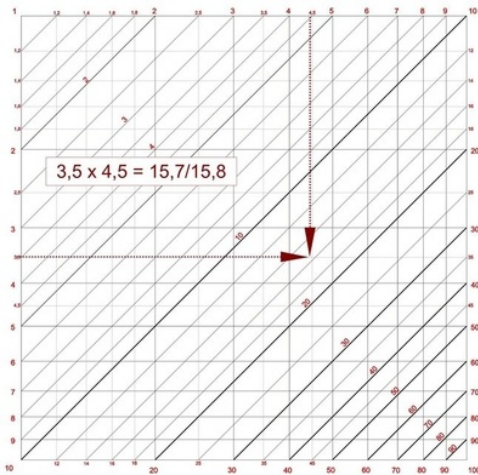
Con l'*Abaque* è possibile creare un'equazione a tre variabili: in termini attuali un programma di calcolo. Si possono così realizzare grafici per la risoluzione di problemi specifici: i calcoli complessi, prima riservati ai soliti *happy few*, divennero finalmente alla portata di tutti. Gli *Abaques* non ebbero il successo sperato in quanto surclassati dalla nomografia, ancora più facile e rapida.

L'*Abaque* venne adottato dalle Ferrovie Francesi e largamente distribuito. Indispensabile nella costruzione dei ponti ferroviari ebbe una discreta diffusione, ma è oggi divenuto rarissimo.



Una delle pochissime copie sopravvissute dell'*Abaque Compteur*. Quanti sarebbero oggi in grado di progettare un ponte ferroviario senza altro aiuto?

## L'Abaque Compteur di Léon Lalanne

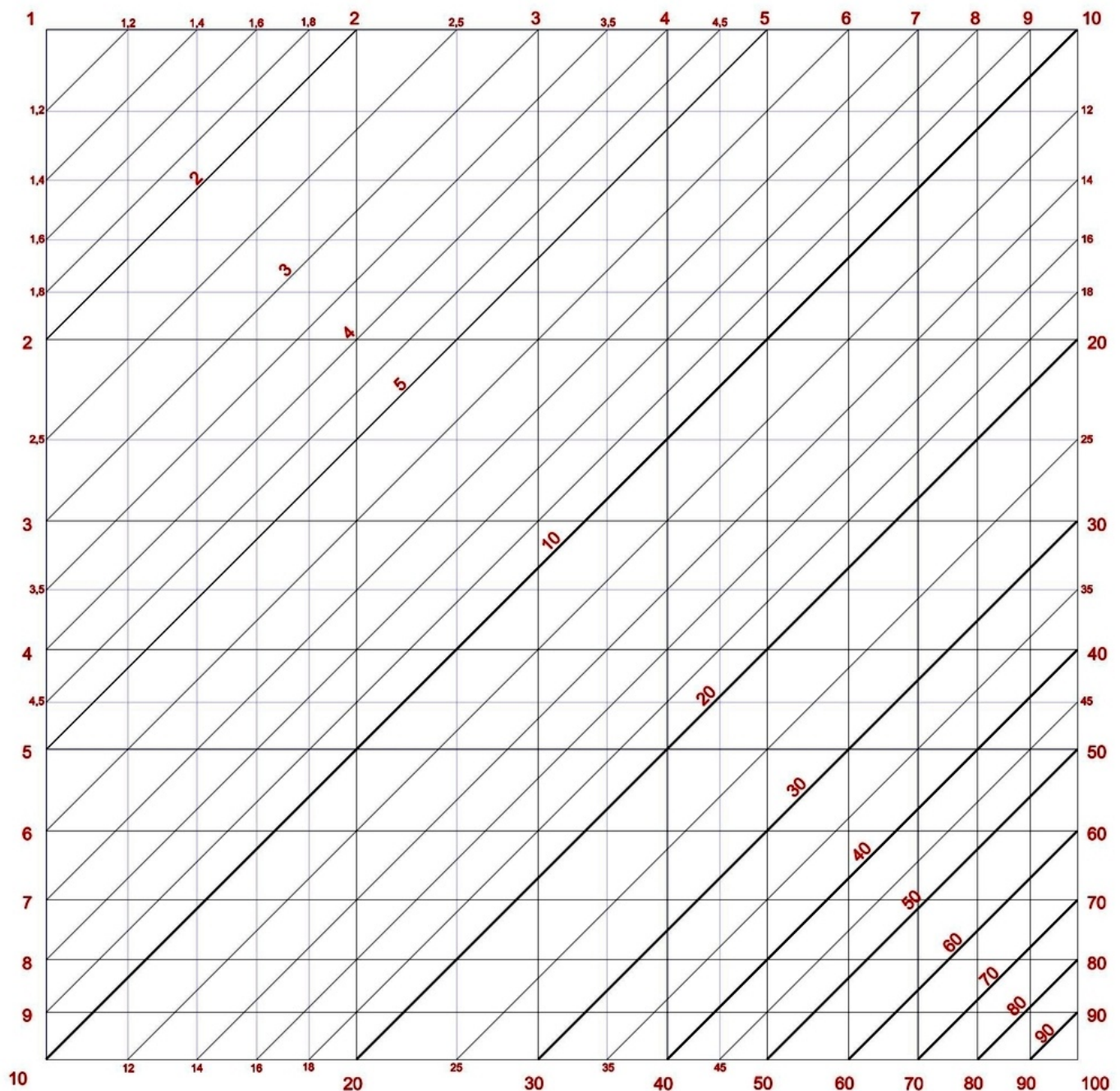


L'Abaque Compteur permette di operare molto rapidamente a scapito di una piccola perdita di precisione.

Supponiamo di voler eseguire  $3,5 \times 4,5$ : basta cercare l'intersezione dei due valori sulla diagonale e leggere il risultato. L'intersezione è vicino a 16 e valutiamo a occhio il risultato in ca. 15,7-8. In realtà  $3,5 \times 4,5 = 15,75$ , siamo entro la precisione del 2% prevista da Lalanne.

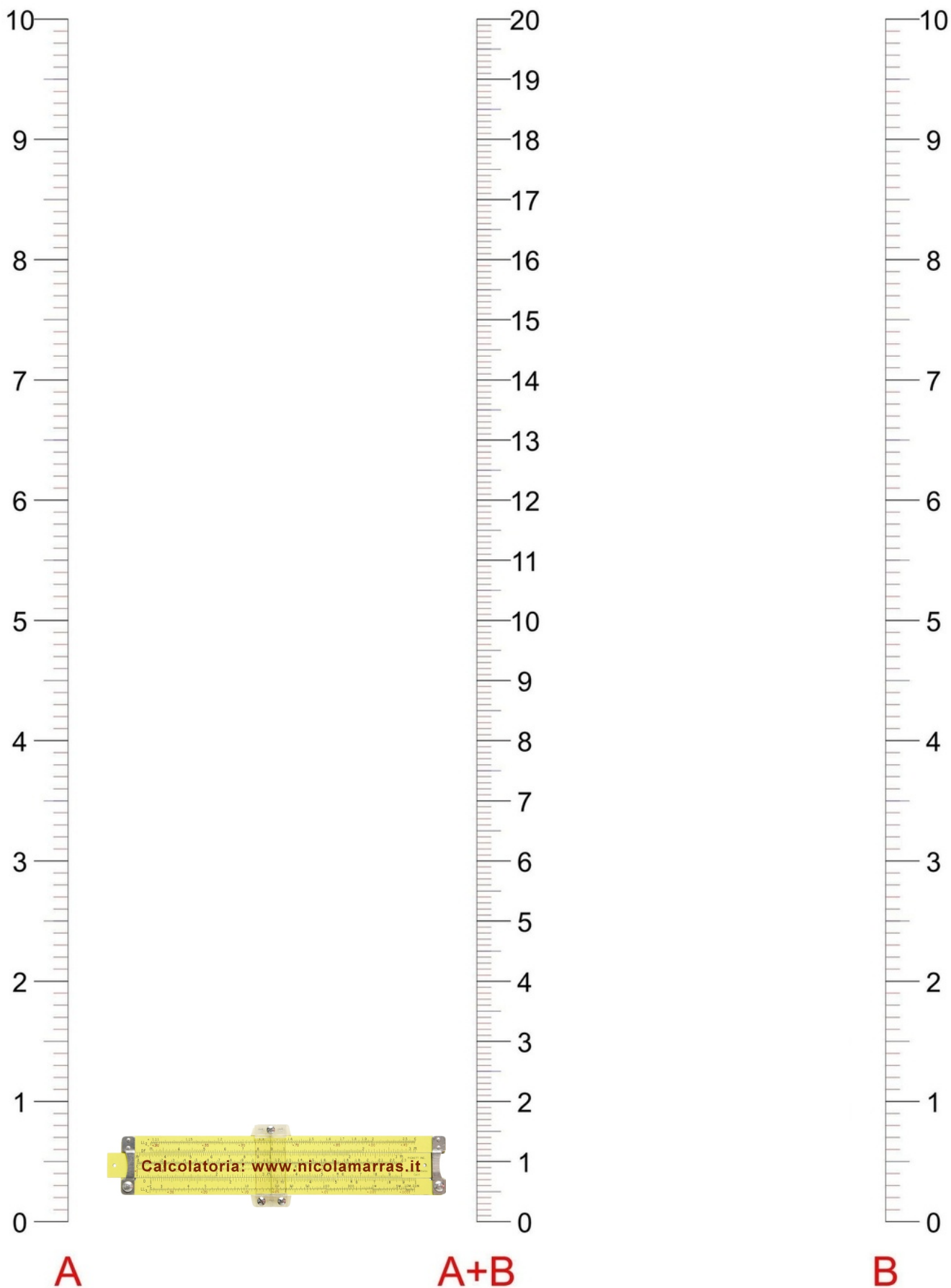
Le cose si complicano moltiplicando, per esempio,  $172 \times 37$ : bisogna ridurre a  $1,72 \times 3,5$  e poi aggiungere gli zeri al risultato.

E' possibile anche dividere: per eseguire  $35/8$  portiamoci sulla diagonale di valore 35 e cerchiamo l'incrocio con la retta orizzontale di valore 8; questo punto è vicino alla retta verticale 4,5 ed approssimeremo a 4,3. Il risultato esatto è invece 4,375: sempre un errore inferiore al 2%. L' *Abaque* originale consente di elevare a potenza, estrarre radici ed eseguire altri calcoli.



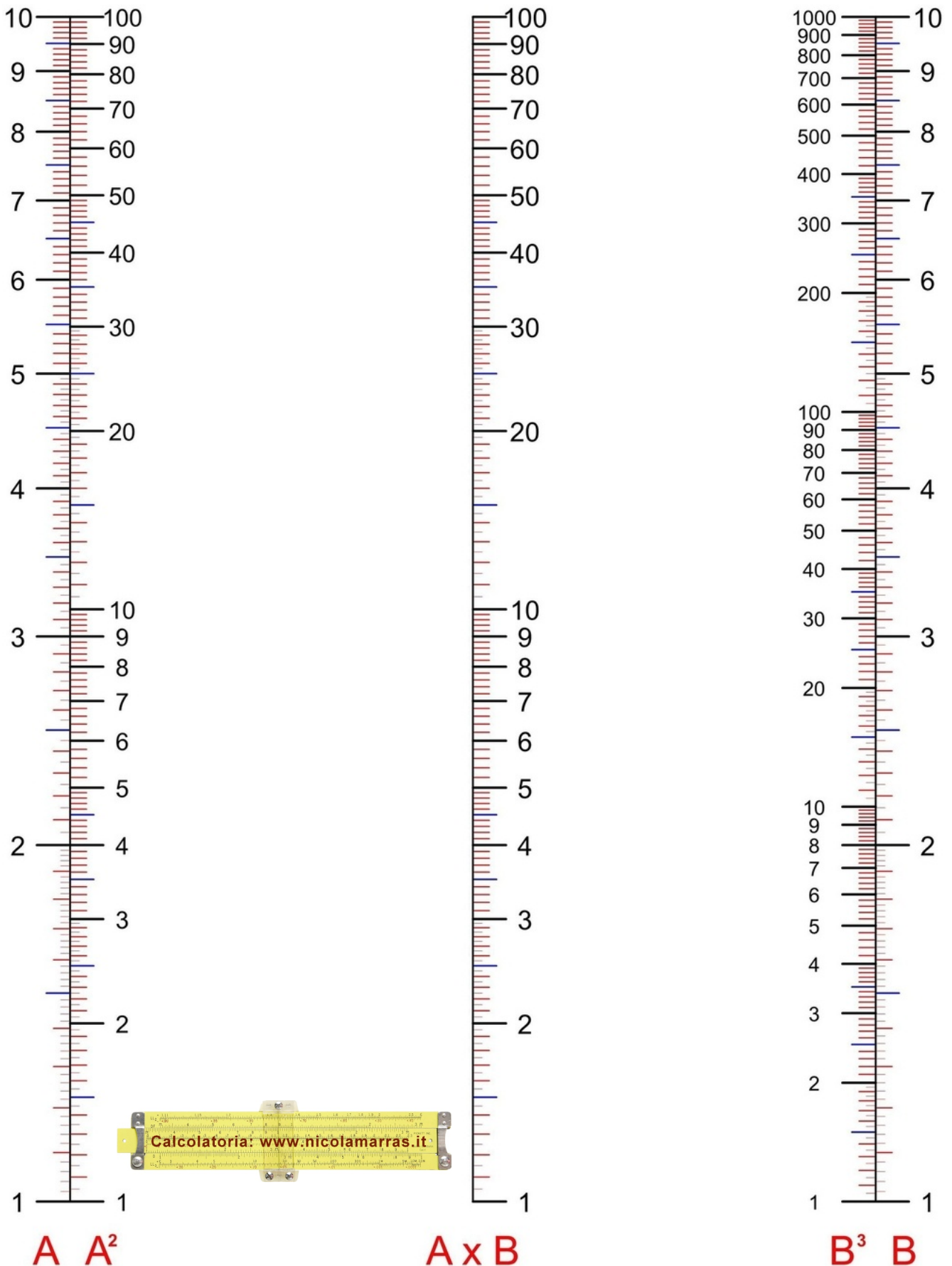
## Il nomogramma metrico

Prima delle calcolatrici elettroniche si utilizzava molto questo metodo, chiamato *nomografia*: per aggiungere con le scale metriche congiungete con un righello i due addendi delle scale **A** e **B**, il risultato si legge sulla scala centrale; per sottrarre invertite il procedimento.



## Il nomogramma logaritmico

La *nomografia* permette di risolvere con facilità calcoli complessi: per moltiplicare con le scale logaritmiche congiungete con un righello i due fattori delle scale **A** e **B**, il risultato si legge nella scala centrale; per dividere invertite il procedimento. Nelle colonne **A<sup>2</sup>** e **B<sup>3</sup>** si trovano i quadrati, i cubi e le relative radici.

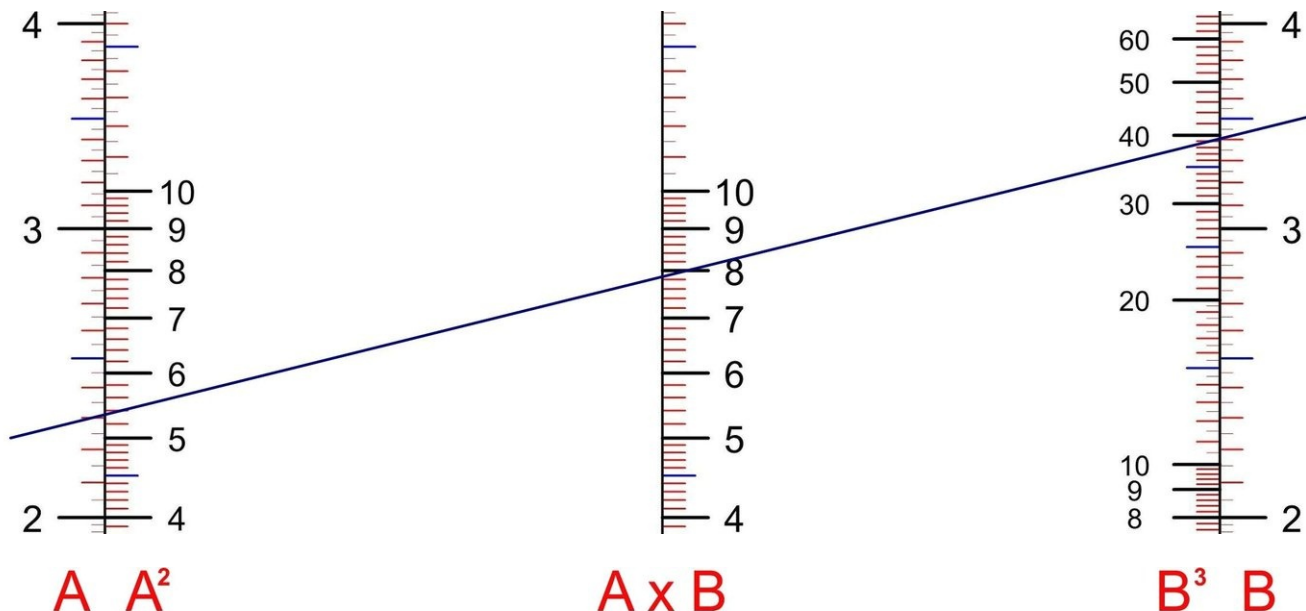


## Calcolare coi nomogrammi

### Moltiplicazione

**Esempio:**  $2,3 \times 3,4$ .

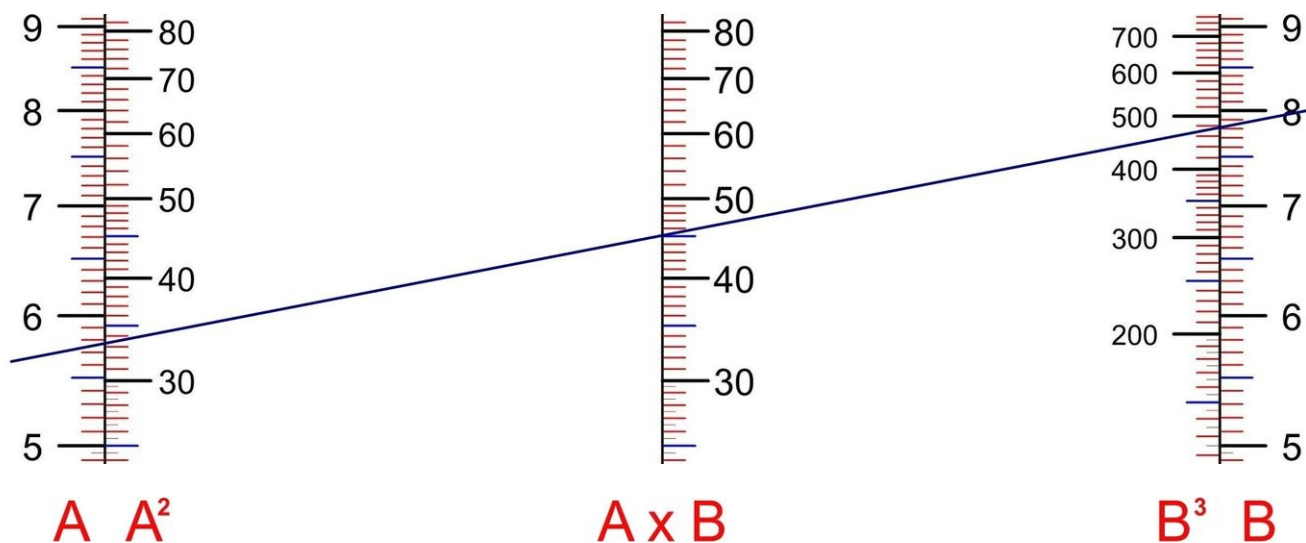
- colleghiamo con un righello il 2,3 della scala **A** con il 3,4 della scala **B**;
- leggiamo il risultato (ca. 7,8) sulla scala **AxB**. Il risultato esatto è 7,82.



### Divisione

**Esempio:**  $4,5 / 7,8$ .

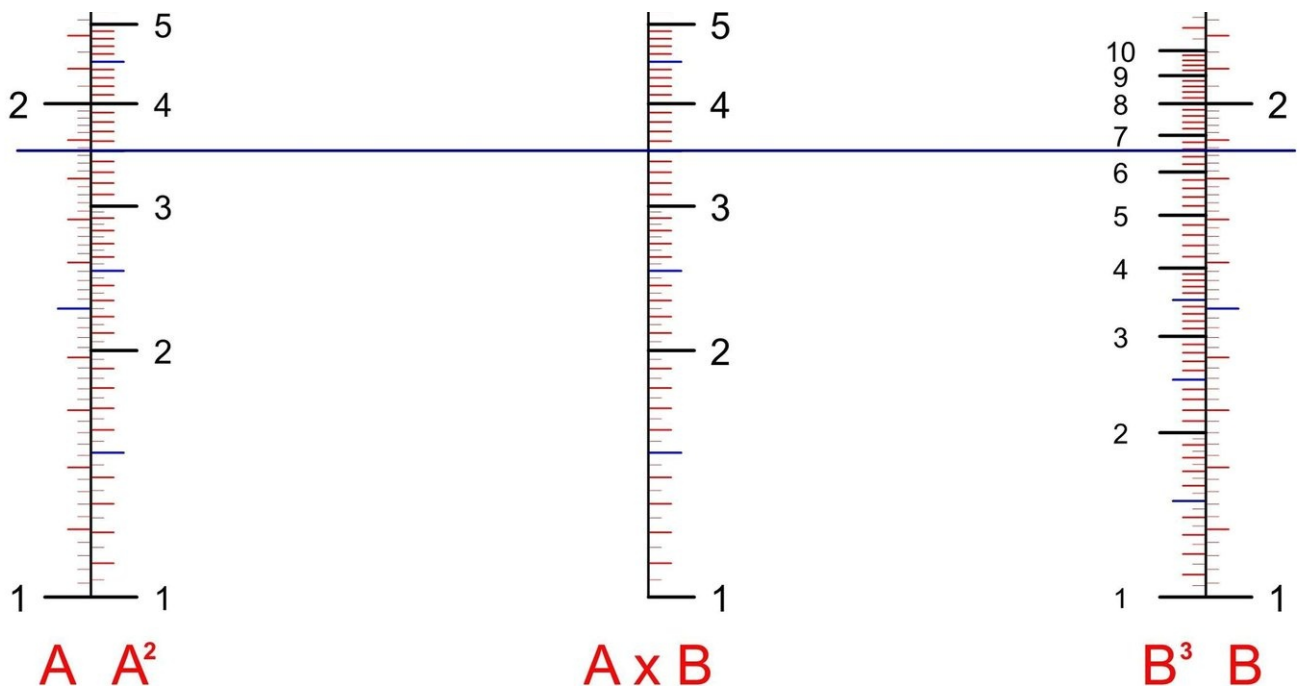
- colleghiamo con un righello il 4,5 della scala **AxB** con il 7,8 della scala **B**;
- leggiamo il risultato (ca. 5,76) sulla scala **A**. Posizioniamo a mente i decimali (sappiamo infatti che  $4/5 = 0,5$ ) ed otteniamo 0,576. Il risultato esatto è 0,576.



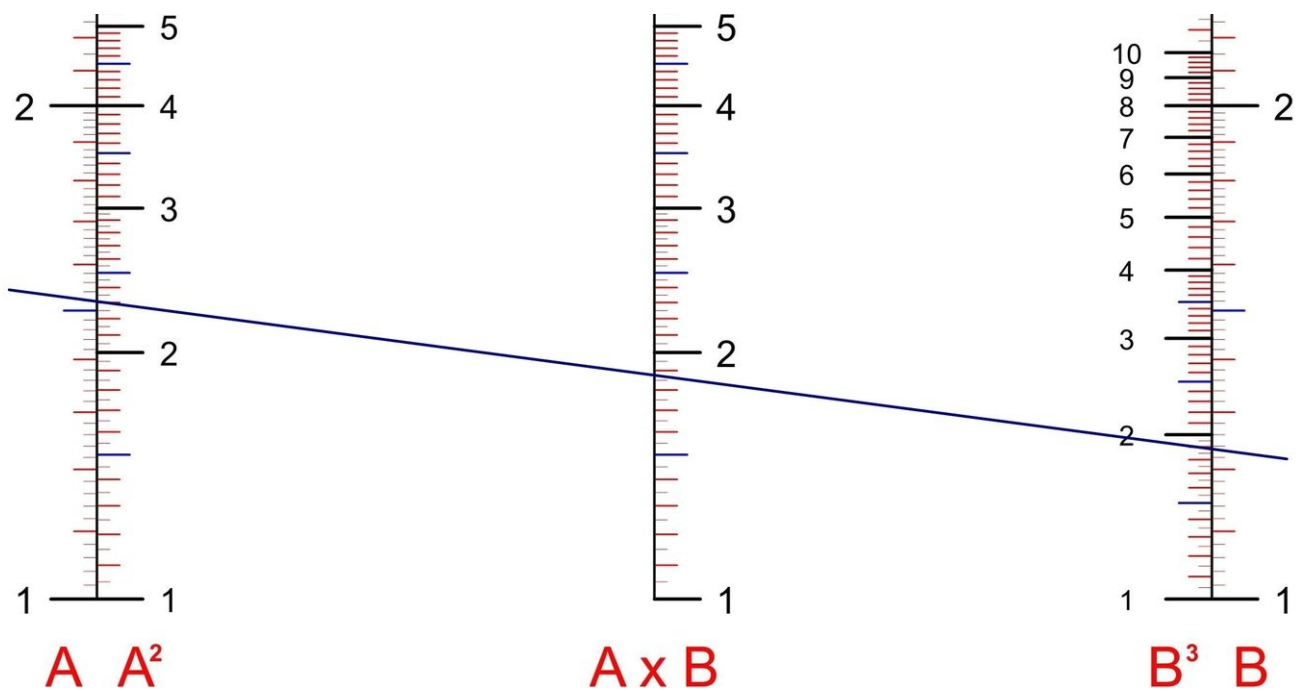
## Quadrati e radici

Eseguiamo ora:  $\sqrt{350} / 1,51$ .

- a fianco del 3,5 della scala  $A^2$  troviamo sulla scala  $A$  la radice quadrata di 350: 18,7;

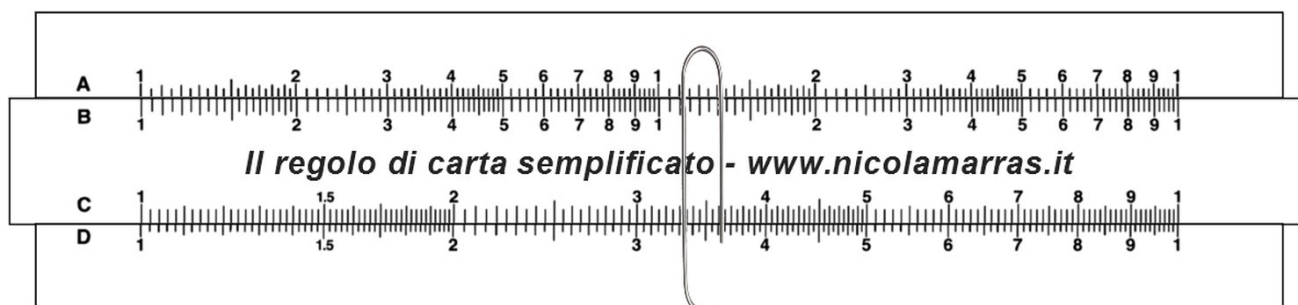


- adesso colleghiamo il 18,7 della scala  $A \times B$  col 1,51 della scala  $A$ : sulla scala  $B$  possiamo leggere il risultato, ca. 12,39. Con una calcolatrice saremmo stati un poco più precisi, trovando 12,3896.



## 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 inserite lo scorrevole. Come cursore utilizzate una graffetta di ca. 5 cm.



### Corpo



### Scorrevole





## Calcolare col regolo

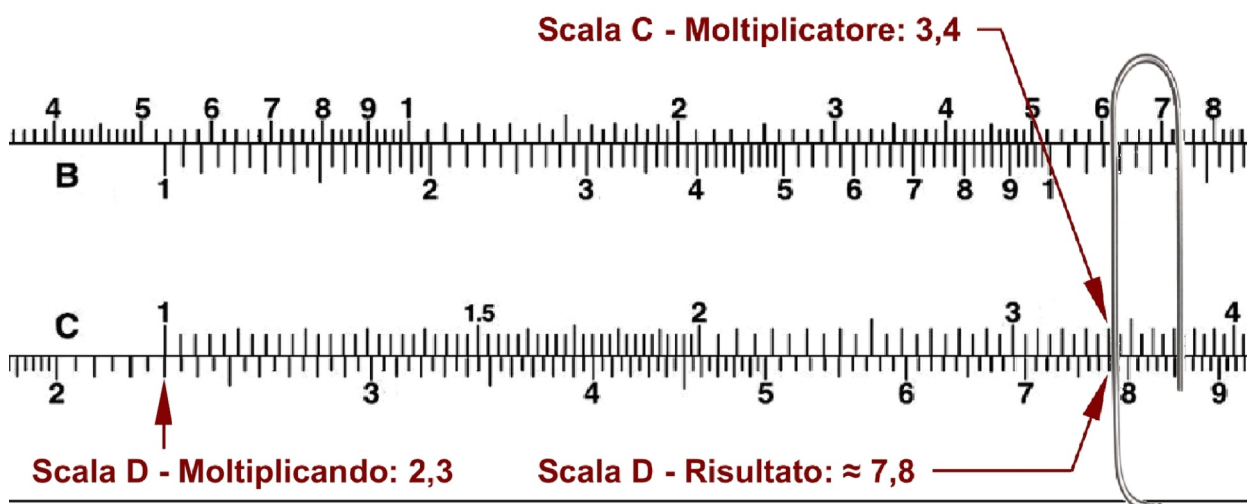
Sui regoli calcolatori le scale sono indicate da lettere: due sono le basiche, una sullo scorrevole (C) e una sul corpo (D). Le altre servono quando si è in presenza di quadrati e radici (A e B), cubi e radici cubiche (K), elevazione a potenza (LL), seni e tangenti (ST e T) ecc. fino ad un massimo di 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:**  $2,3 \times 3,4$

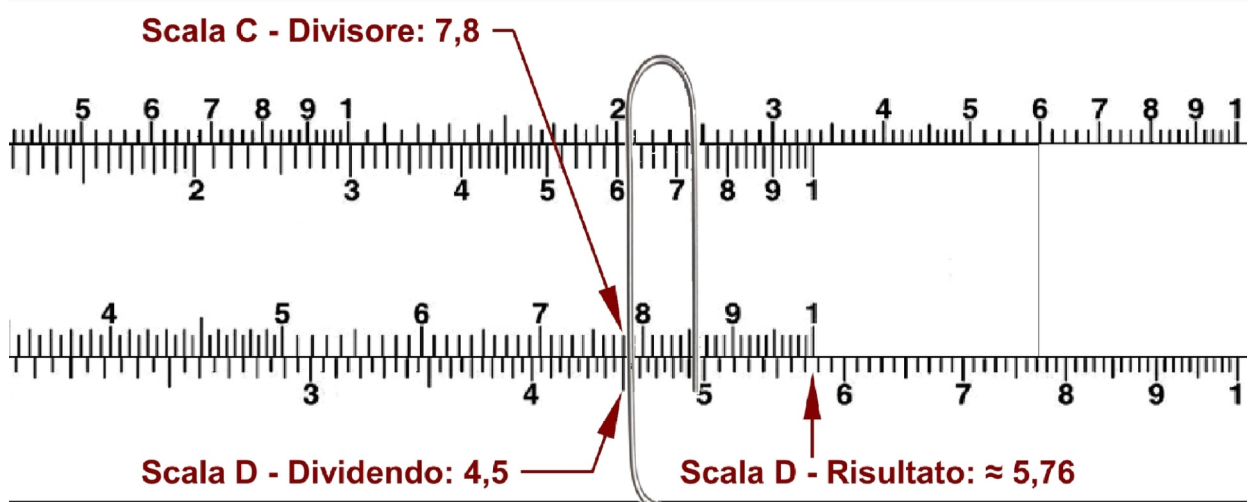
- posizionare l' 1 situato a sinistra della **scala C** sopra il 2,3 della **scala D**;
- posizionare il cursore a fianco del 3,4 della **scala C**;
- sulla **scala D**, a fianco del cursore, troviamo ca. 7,8. La risposta corretta è 7,82.



### 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.

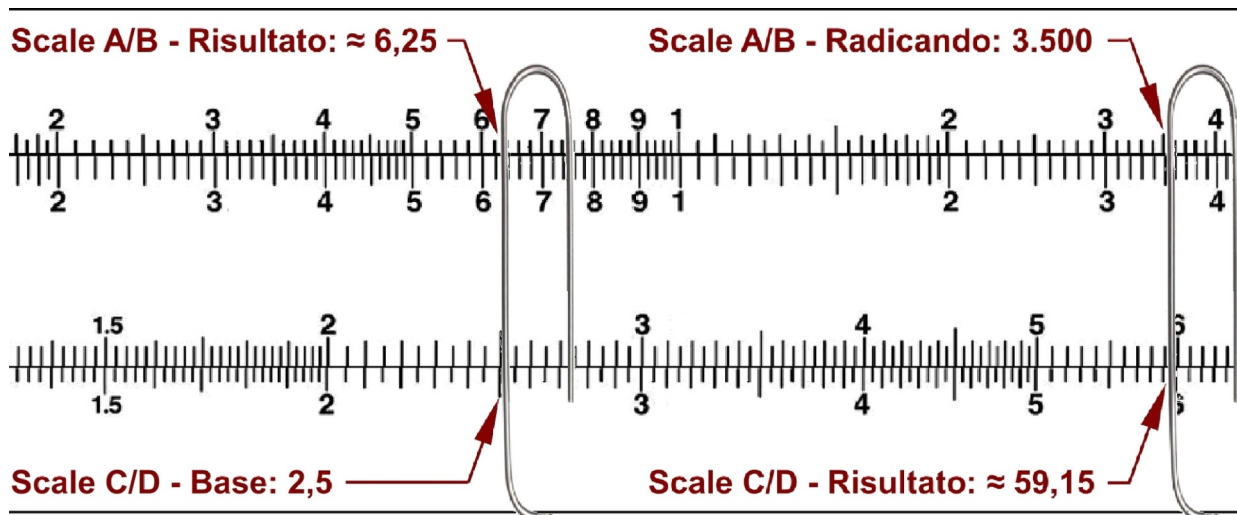
## Quadrati e Radici (scale A e D - B e C)

**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.

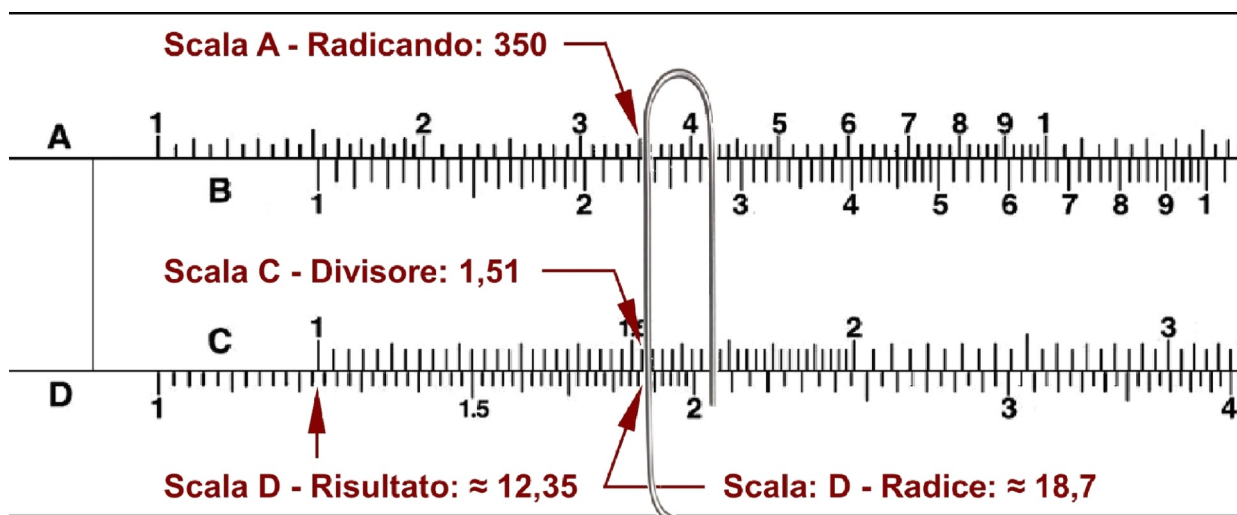
**Esempio:**  $\sqrt{3.500}$

- 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 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:**  $\sqrt{350} / 1,51$

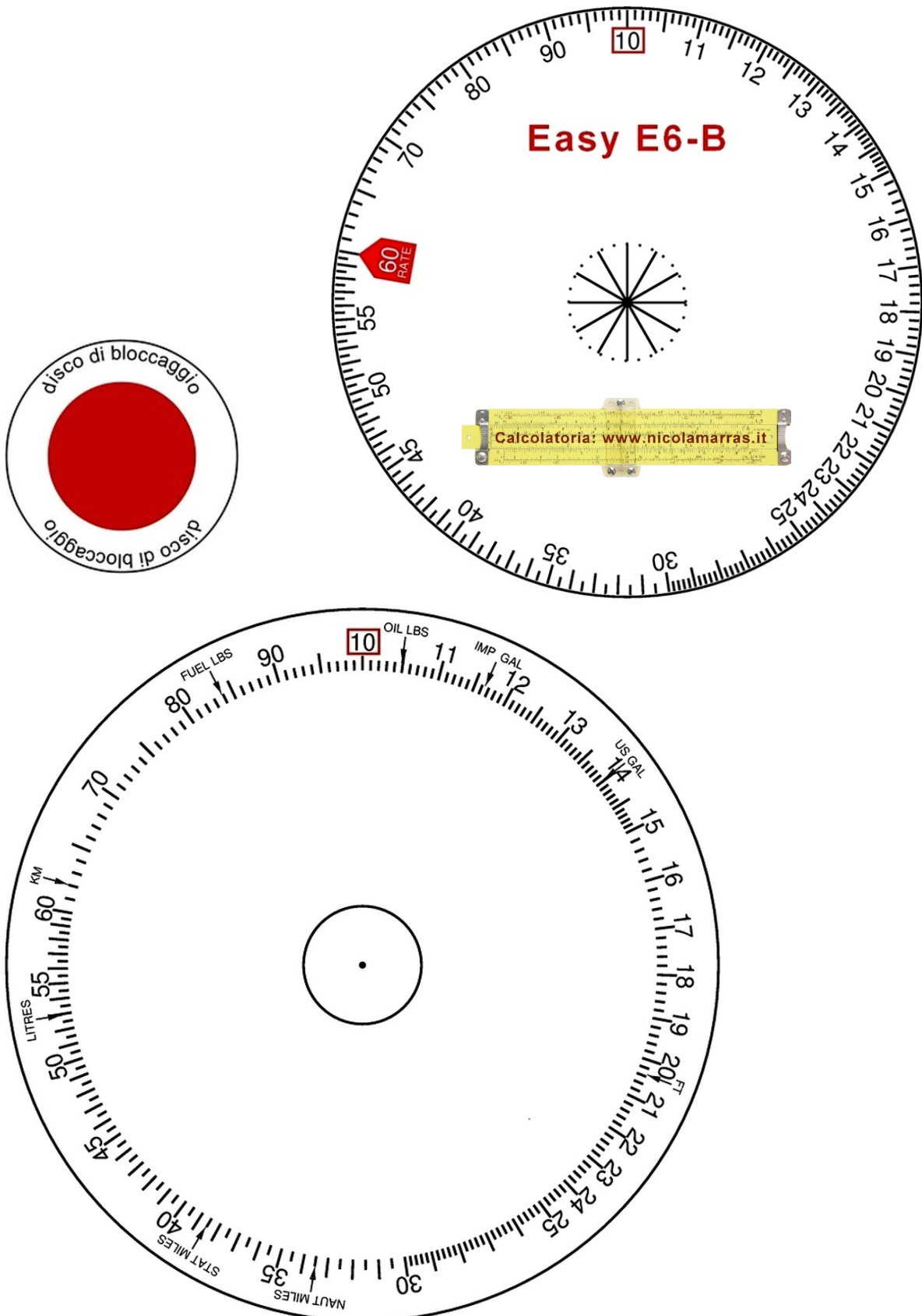
- spostando il cursore su 350 della **scala A** (3 cifre dispari = lato sinistro) troviamo sulla **scala D** la sua radice quadrata: 18,7;
- ora facciamo coincidere 1,51 della **scala C** a fianco del cursore: sulla **scala D**, in corrispondenza dell' 1 sinistro dello scorrevole, leggiamo il risultato: 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 più precisi, trovando 12,3896, ma questa approssimazione non ha impedito a von Braun di inviare l'Uomo sulla Luna. Il segreto è la pratica: chi non conosceva altri calcolatori lo trovava rapido e moderno. Come giudicheranno i nostri computer in futuro?

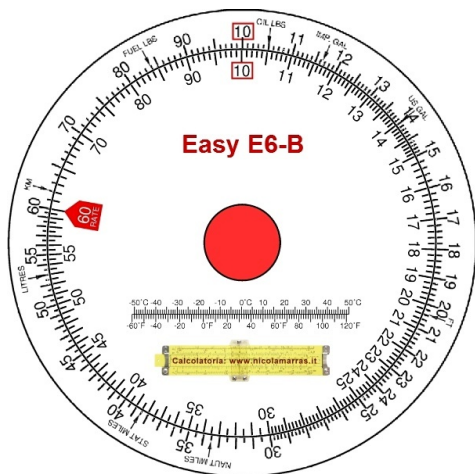
## Il regolo aeronautico E6-B

Questo regolo aeronautico E6-B risolve innumerevoli problemi di navigazione aerea o terrestre e converte le principali unità di misura. E' uguale a quello montato sugli orologi Brietling ad un costo 50.000 volte inferiore (basta 1 centesimo di colla). Ritagliate e sovrapponete i dischi ripiegando le alette del disco superiore attraverso il foro di quello inferiore. Per unire i dischi più efficacemente mettere un gocciolo di colla su ogni aletta incollandoci sopra il disco di bloccaggio e farli girare subito per evitare che si blocchino.





## Calcolare con il regolo E6-B



Questa versione del regolo aeronautico, priva della grafica per la correzione delle rotte e di funzioni specialistiche come la determinazione del numero di Mach, è comunque utilissima per risolvere problemi di tempo, velocità, consumo ed effettuare conversioni fra diverse unità di misura.

La E6-B semplificata è costituita da due scale scorrevoli, in quella interna troviamo il numero 60 marcato con una freccia rossa (Speed Index), che funge da riferimento.

Ricordatevi che, come nei comuni regoli calcolatori, i valori "0,9", "9", "90", "900", "9.000" si leggeranno sempre come "9" e dobbiamo quindi posizionare a mente virgole e decimali.

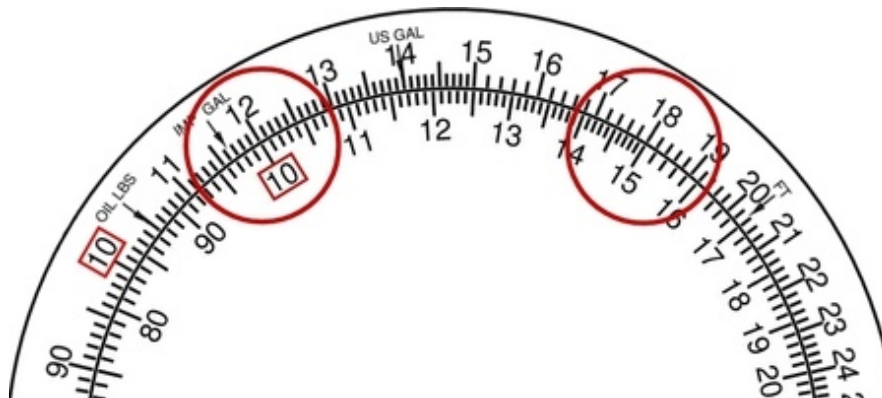
E' però sempre istintivo rendersi conto se stiamo trattando con decine, centinaia o migliaia.

## Calcoli generici

### 01) Moltiplicazione

**Esempio:**  $12 \times 15$ .

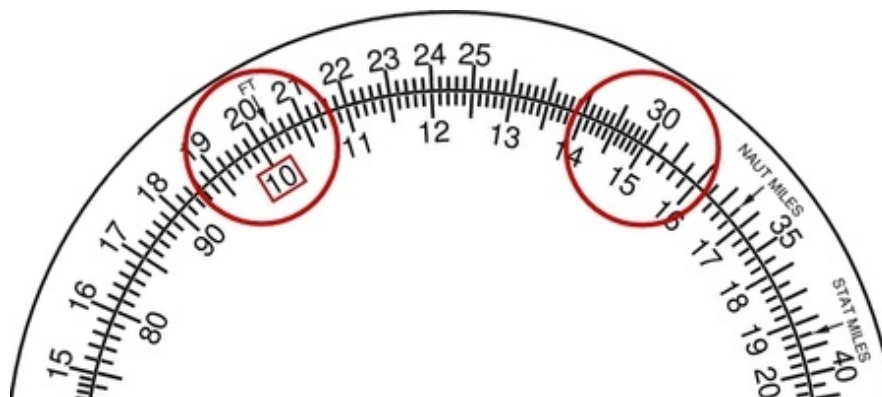
Allineare il 12 della scala esterna con il 10 della scala interna: il 15 della scala interna corrisponderà al 18 della esterna. Tenendo conto dei decimali aggiungere uno zero per ottenere il risultato: 180.



### 02) Divisione

**Esempio:**  $300/15$ .

Allineare il 30 della scala esterna con il 15 della interna: il 10 della scala interna corrisponderà al 20 della esterna. Il risultato è quindi 20. Le operazioni matematiche si effettuano come sui comuni regoli.

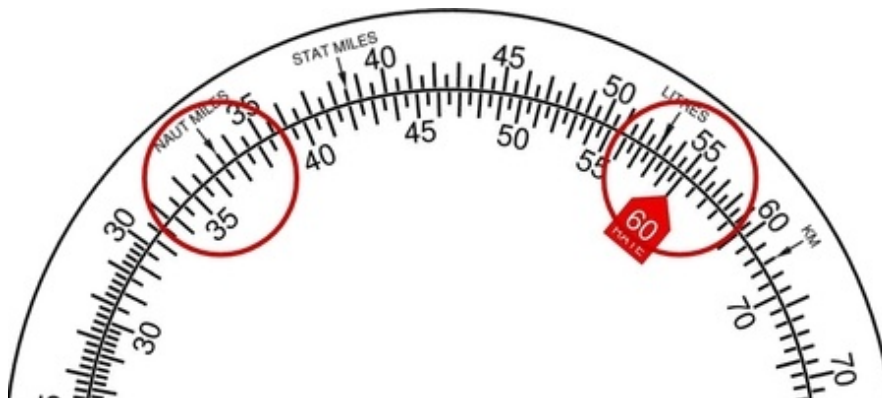


## Calcoli per la navigazione terrestre

### 03) Tempo

**Esempio:** determinare il tempo necessario per percorrere 330 km alla velocità di 55 km/h.

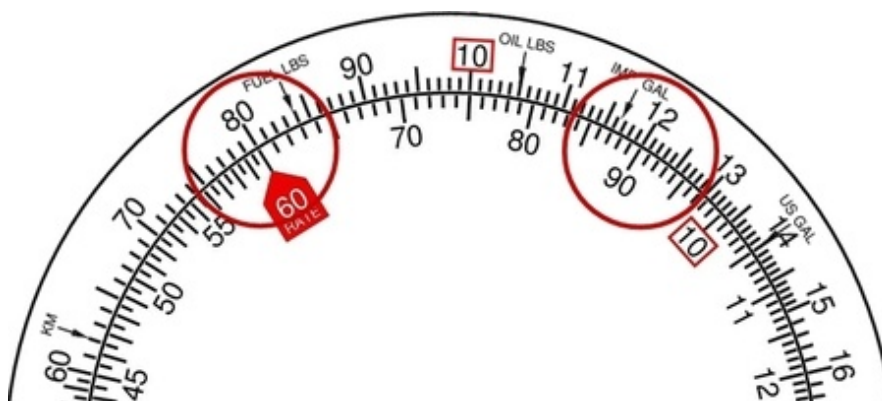
Allineare il 55 della scala esterna con Speed Index: il 33 della scala esterna corrisponderà al 36 della interna. Ci occorreranno quindi 360 minuti, cioè 6 ore. E' indifferente calcolare in miglia o chilometri.



### 04) Velocità

**Esempio:** si sono percorsi 120 km. in 1 ora e 30', quale è stata la velocità?

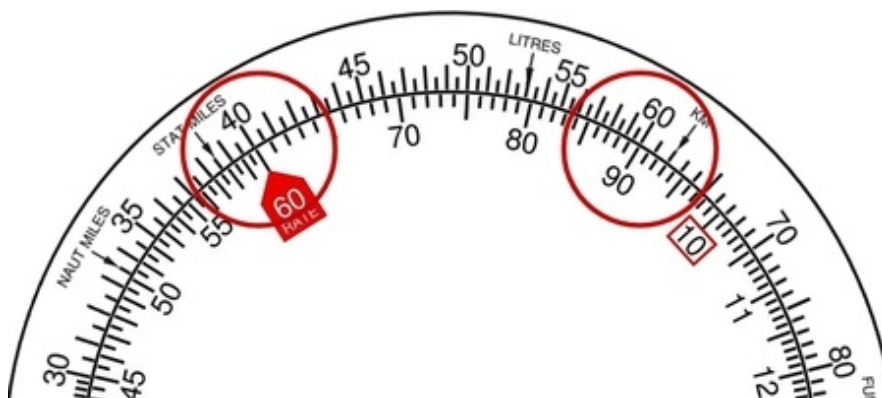
Allineare il 12 della scala esterna con 90 (i minuti): Speed Index corrisponderà ad 80. Abbiamo viaggiato ad 80 km/h.



### 05) Distanza percorsa

**Esempio:** determinare la distanza percorsa in un 1 ora e 30' alla velocità di 40 km/h.

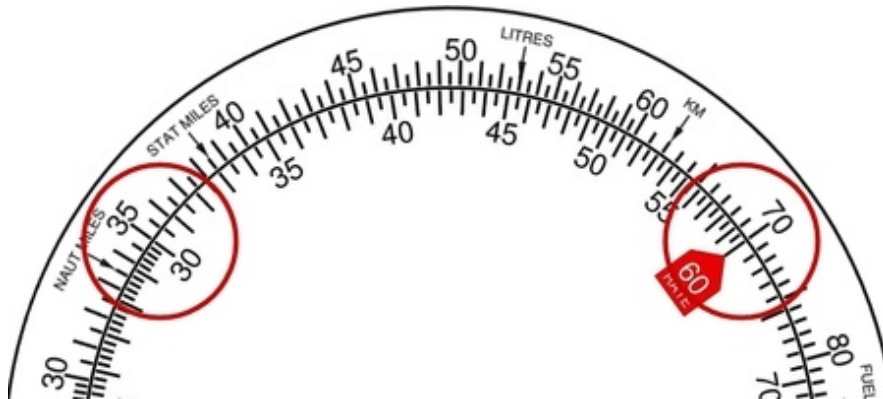
Allineare il 40 della scala esterna con Speed Index: 90 (90 minuti) della scala interna corrisponderà a 60. Abbiamo percorso 60 chilometri.



## 06) Consumo orario

**Esempio:** determinare il consumo orario avendo utilizzato 35 litri in 5 ore.

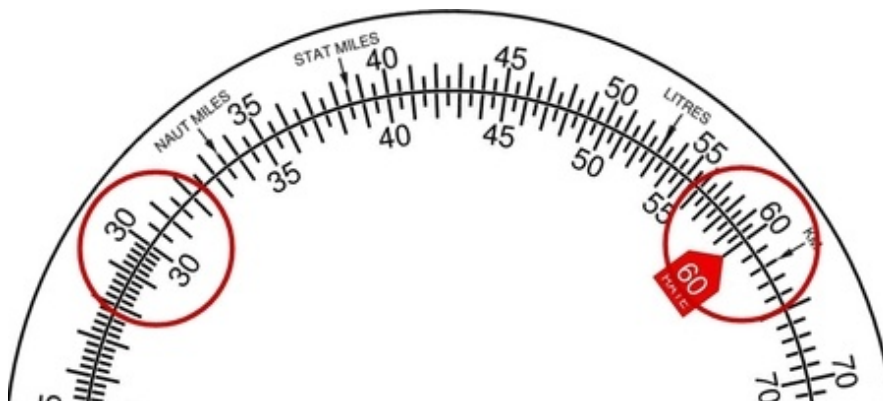
Allineare il 35 della scala esterna con 30 (300 minuti = 5 ore) della interna: Speed Index corrisponderà a 70. Il consumo orario è stato di 7 litri/h.



## 07) Carburante richiesto

**Esempio:** determinare la quantità di carburante richiesta per un viaggio di 5 ore consumando 6 litri/h.

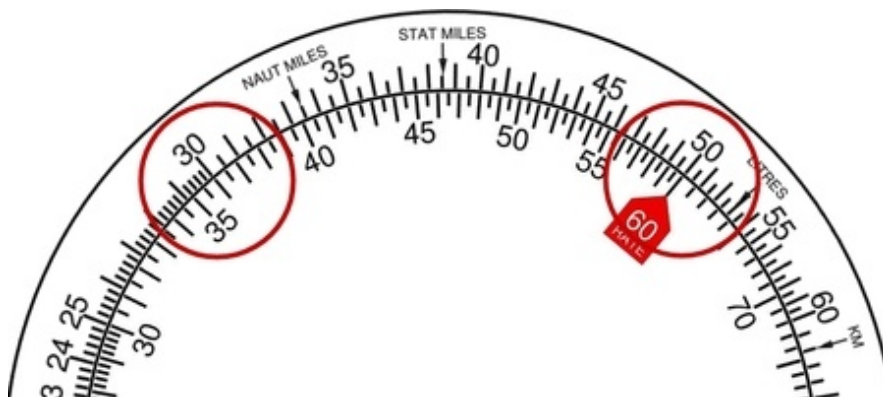
Allineare il 60 della scala esterna con Speed Index: il 30 (300 minuti = 5 ore) della interna corrisponderà al 30 della esterna. Ci occorreranno 30 litri.



## 08) Tempo massimo di guida

**Esempio:** stimare il tempo massimo di guida per un consumo di 5l/h ed un serbatoio di 30 litri.

Allineare il 50 della scala esterna con Speed Index: il 30 della esterna corrisponderà al 36 (360 minuti = 6 ore) della interna. Potremo guidare per ca. 6 ore.

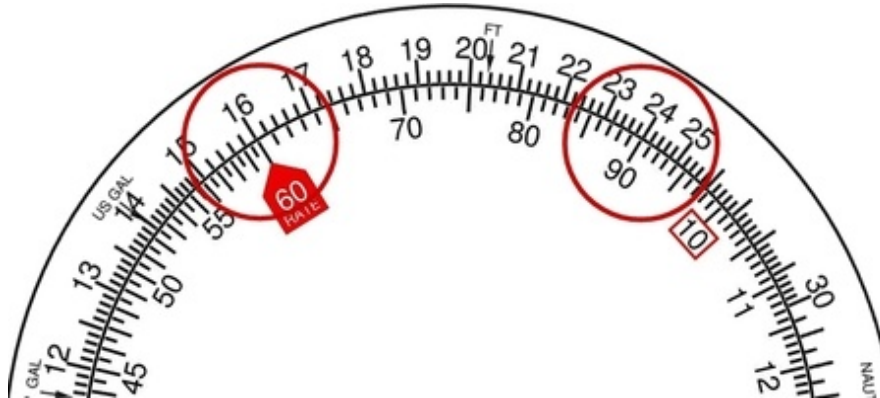


## Calcoli per la navigazione aerea

### 09) Tempo

**Esempio:** determinare il tempo di volo necessario per coprire 240 miglia nautiche ad una velocità di 160 nodi.

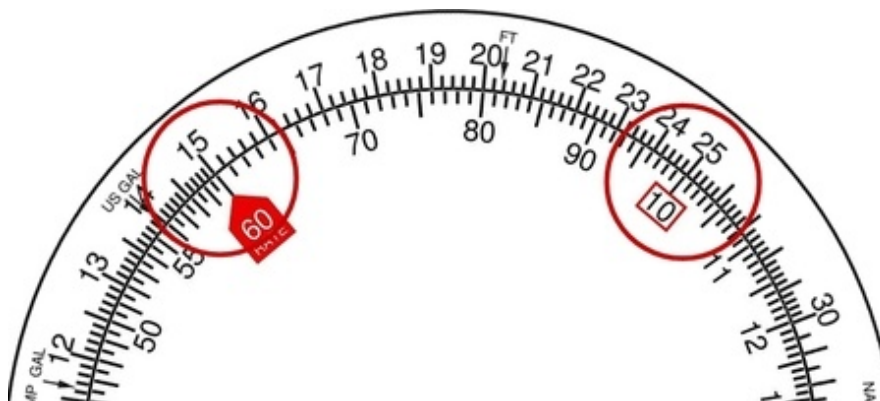
Allineare il 16 della scala esterna con Speed Index: il 24 della scala esterna corrisponderà al 90 della interna. Dovremo volare per 90 minuti, cioè 1 ora e 30'. E' indifferente calcolare in miglia, chilometri, ecc.



### 10) Velocità

**Esempio:** determinare la velocità in nodi (air speed) avendo percorso 250 miglia in 1 ora e 40'.

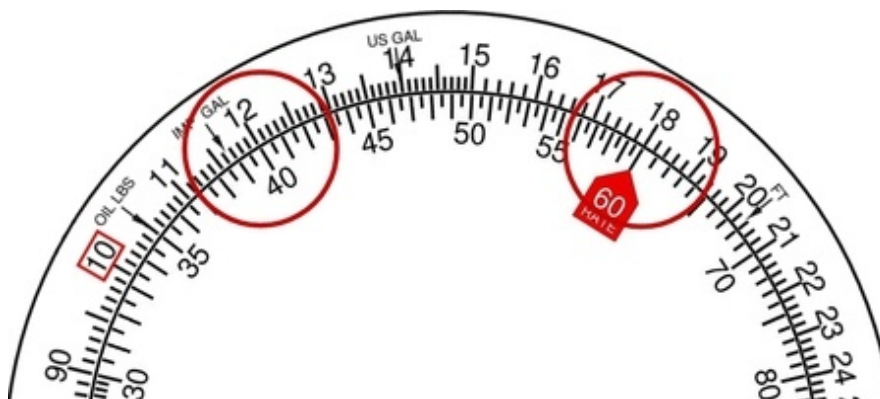
Allineare il 25 della scala esterna con 100 (100 minuti = 1 ora e 40') della interna: Speed Index corrisponderà a 15. Abbiamo viaggiato a 150 nodi.



### 11) Distanza percorsa

**Esempio:** determinare la distanza percorsa quando la velocità è di 180 nodi e il tempo di volo 40 minuti.

Allineare il 18 della scala esterna con Speed Index: il 40 della interna corrisponderà al 12 della esterna. Abbiamo percorso 120 miglia nautiche.

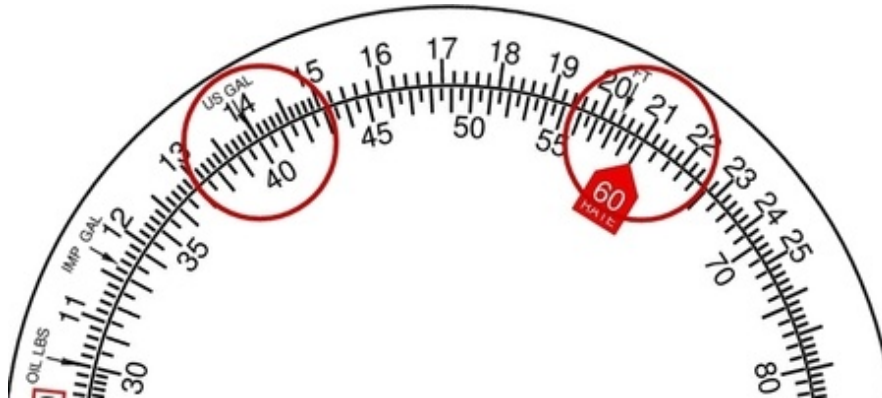




## 12) Consumo orario

**Esempio:** determinare il consumo orario per un volo di 40 minuti in cui si sono utilizzati 140 gal.

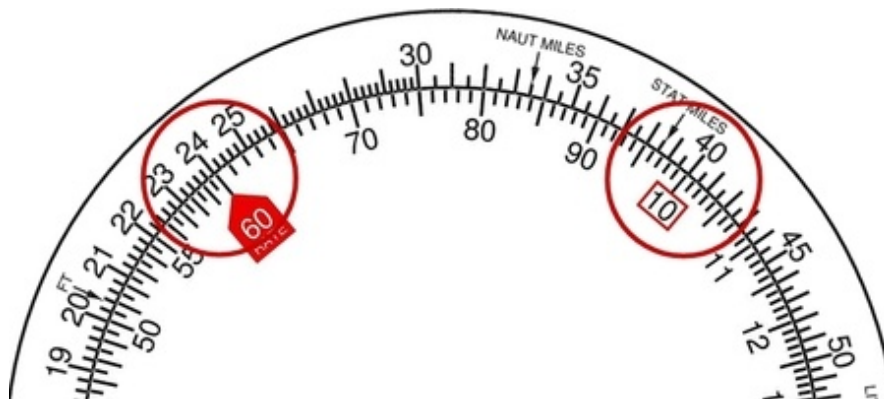
Allineare il 14 della scala esterna col 40 della interna: Speed Index corrisponderà a 21. Consumo: 210 gal/h.



## 13) Carburante richiesto

**Esempio:** determinare la quantità di combustibile richiesta per un volo di 1:40 h ed un consumo di 240 gal/h.

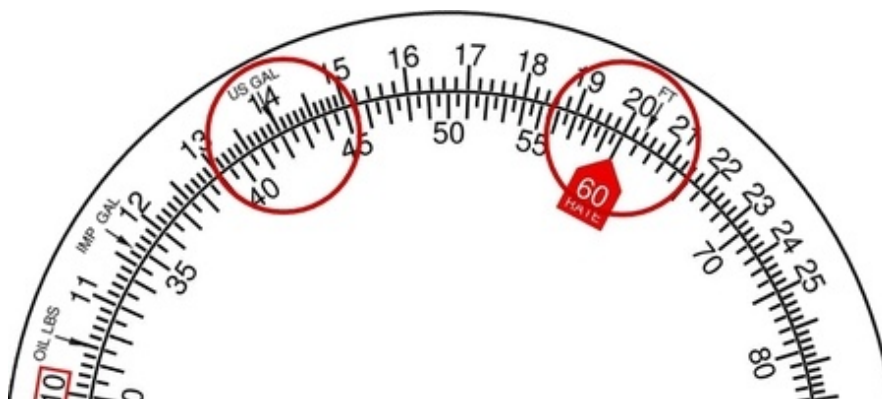
Allineare il 24 della scala esterna con Speed Index: il 10 (100 minuti = 1 ora e 40) della interna corrisponderà al 40 della esterna. Abbiamo bisogno di 400 galloni.



## 14) Tempo massimo del volo

**Esempio:** determinare la durata massima del volo per un consumo di 200 gal/ora disponendo di 1.400 galloni.

Allineare il 20 della scala esterna con Speed Index: il 14 della esterna corrisponderà al 42 della interna. Potremo restare in volo 420 minuti, cioè 7 ore.



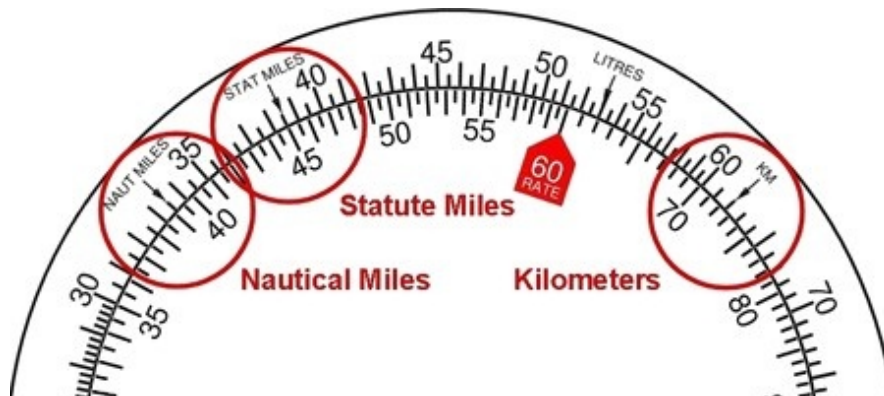
## Conversioni

### 15) Distanze

**Esempio:** convertire 45 miglia terrestri americane (Statute Miles) in miglia nautiche e chilometri.

Allineare il 45 della scala interna con STAT della esterna: NAUT corrisponderà a ca. 39 e KM a ca. 72 km.

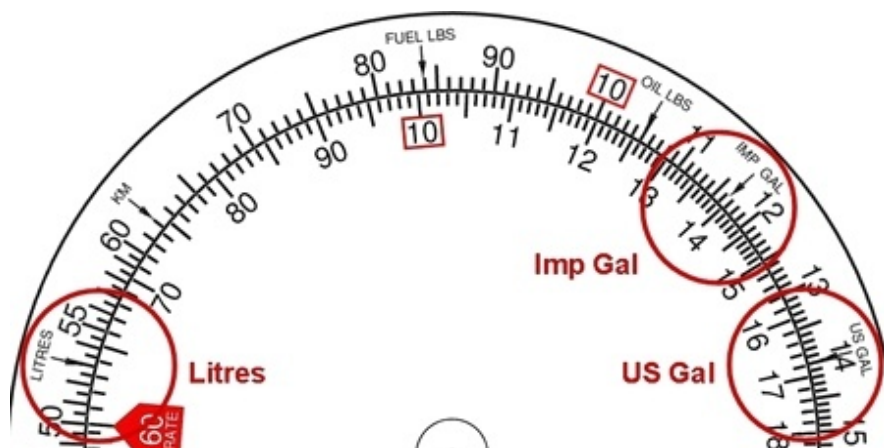
Per conversioni piedi/metri far corrispondere il valore desiderato a FT e leggere il risultato sotto KM e v/v.



### 16) Liquidi

**Esempio:** convertire 16.8 U.S. gallons in IMP. gallons e litri.

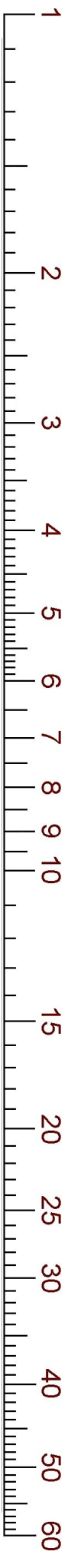
Allineare il 16.8 della scala interna con U.S. GAL: IMP. GAL corrisponderà a ca. 14 e LITERS a ca. 63.5.



Le scale si possono usare anche per la conversione di valuta. Supponiamo che l'Euro sia a 1:60 col Dollaro. Allineare il 16 della scala esterna col 10 della interna. Per convertire 4,00 Euro basta guardare a che numero della scala interna coincide il 40 della esterna. In questo caso a 25 e quindi Euro 4,00 equivalgono a \$ 2,5. Per convertire altre misure seguite questa tavola.

	Allineate il <b>10</b> della scala interna a:	La scala esterna rappresenta:	La scala interna rappresenta:
Centimetri / Pollici	<b>2,54</b>	Centimetri	Pollici
Chilometri / Miglia	<b>1,61</b>	Chilometri	Miglia
Acri / Ettari	<b>2,47</b>	Acri	Ettari
Grammi / Once	<b>28,35</b>	Grammi	Once
Libbre / Chilogrammi	<b>2,21</b>	Libbre	Chilogrammi

# 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:

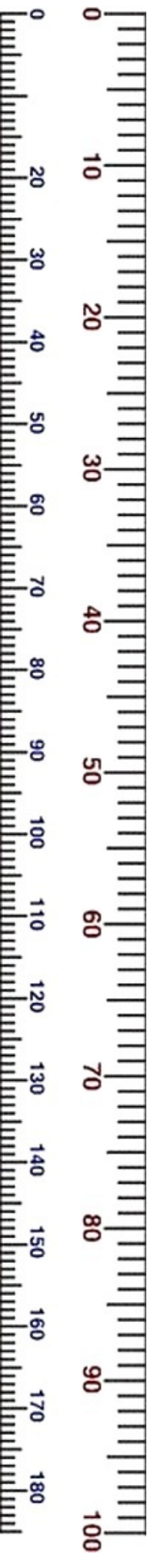
- posizionare la punta destra del compasso su 60 e la sinistra sulla velocità;
- mantenendo la stessa apertura portare la punta destra sul numero indicante i minuti trascorsi: la sinistra indicherà la distanza percorsa.



## 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 - Chilometri



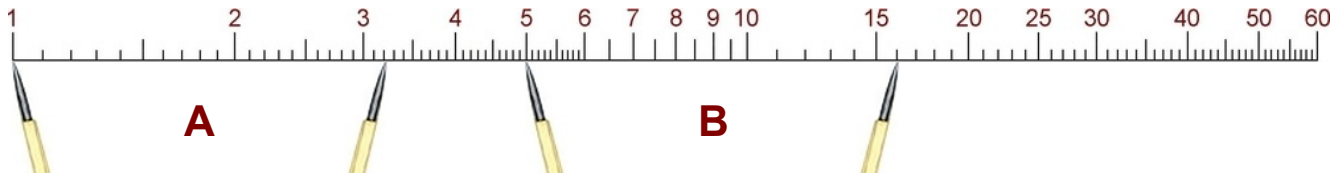
## Istruzioni per la scala logaritmica delle velocità

Questo pratico calcolatore rimase a lungo a bordo delle navi, ma ricordatevi che "0,9", "9", "90" o "900" si leggono sempre "9": la virgola va quindi posizionata a mente. Per praticità gli esempi sono in chilometri, ma niente cambia utilizzando miglia americane o marine: la scala fornirà sempre la risposta corretta!

### Moltiplicazione

32 x 5:

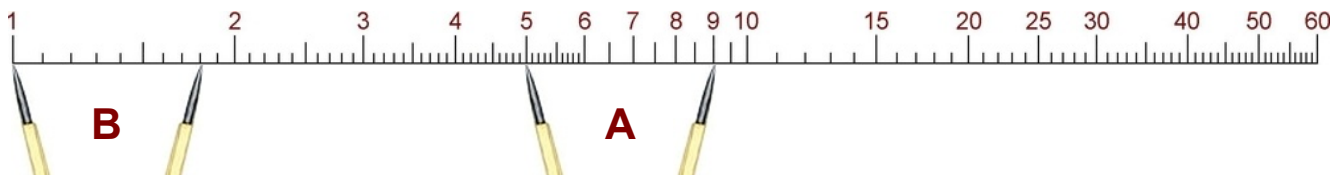
- A)** posizionare la punta sinistra di un compasso su 1 e la destra su 3,2;
- B)** mantenendo la stessa apertura, posizionare la punta sinistra su 5; la punta destra indicherà 16: aggiungere uno zero per tener conto dei decimali, il risultato esatto è infatti 160.



### Divisione

900/5:

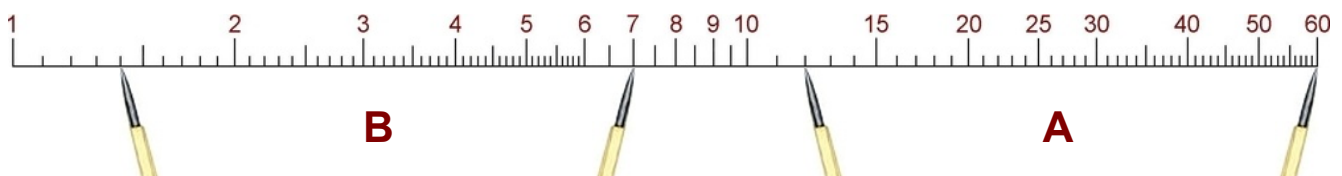
- A)** posizionare la punta destra su 9 e la sinistra su 5;
- B)** mantenendo la stessa apertura, posizionare la punta sinistra su 1; la destra indicherà 1,8: tenere conto dei decimali per arrivare al giusto risultato di 180.



### Tempo necessario

Determinare il tempo necessario per percorrere 140 km alla velocità di 120 km/h:

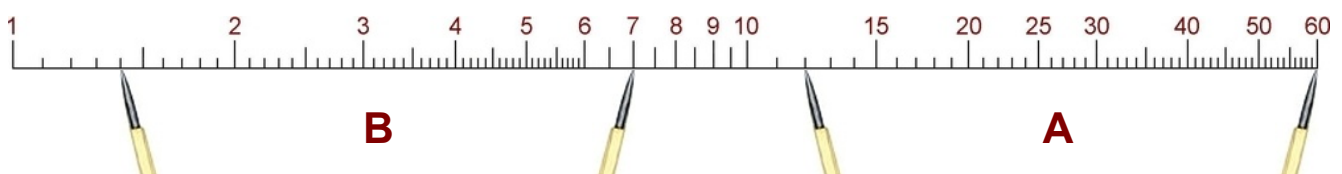
- A)** posizionare la punta destra su 60 e la sinistra su 12;
- B)** mantenendo la stessa apertura, posizionare la punta sinistra su 1,4; la punta destra indicherà 7: per percorrere 140 km occorreranno 70 minuti, cioè 1 ora e 10'.



### Distanza percorsa

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

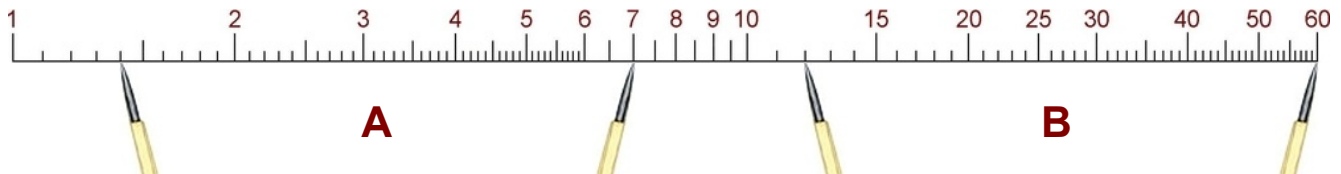
- A)** posizionare la punta destra su 60 e la sinistra su 12;
- B)** mantenendo la stessa apertura, posizionare la punta destra su 7 (70 minuti); la punta sinistra indicherà 1,4: si sono percorsi 140 chilometri.



## Velocità media

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

Determinare il consumo orario avendo utilizzato 60 litri di carburante in 3 ore:

- A) posizionare la punta destra 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

Determinare la quantità di carburante richiesta per viaggiare 3 ore con un consumo orario di 20 litri:

- 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

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).

