

Mostra “Dalla Terra al Sole”

TRIANGOLAZIONE

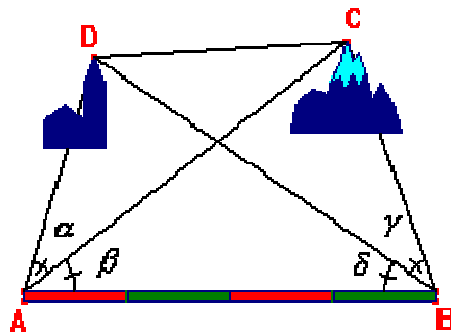
Il metodo di triangolazione si basa sulle proprietà trigonometriche dei triangoli e in particolare sul teorema dei seni e quello di Carnot. Esso permette di calcolare la distanza fra due punti non direttamente accessibili: conoscendo AB e applicando il teorema dei seni, si possono calcolare BD e BC in base agli angoli misurati α , β , γ e δ . Considerando il triangolo ABD si ricava BD dalla relazione:

$$\frac{BD}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{AB}{\sin(\alpha + \beta + \delta)}$$

Considerando poi il triangolo ABC e con lo stesso procedimento si ottiene BC . Applicando il teorema di Carnot al triangolo BCD si ricava CD :

$$CD = \sqrt{BD^2 + BC^2 - BD \cdot BC \cdot \cos \gamma}$$

Già proposta da Frisius nel 1533 e applicata da Snellius nel 1615, la triangolazione può essere usata ancora oggi qualora non si voglia ricorrere al rilevamento aereo. Una seconda operazione detta levata topografica completa la procedura. La base AB , detta base geodetica, ha normalmente una lunghezza variabile fra i 3 e i 10 km posta in zona pianeggiante. Quindi si scelgono sul terreno altri punti di riferimento CD (ad esempio la vetta di un monte, un campanile...) opposti alla base. Con opportuni strumenti e le operazioni trigonometriche descritte si calcolano la misura della linea CD e gli altri elementi dei triangoli ottenuti. Il segmento CD a sua volta sarà la base per ulteriori scelte di punti di riferimento. Procedendo in questo modo si determina il reticolo di fondo per la costruzione di una carta. Dopo un massimo di 15-20 triangoli, si scelgono altre basi di partenza.



Distanza Terra-Luna

La Luna è un satellite naturale della Terra. Fin dall'antichità si è cercato di misurarne la distanza dal nostro pianeta. Il primo ad aver ottenuto una stima, discretamente precisa, di tale distanza fu Ipparco nel 140 a.C. che la stimò servendosi delle eclissi lunari. Ma la prima determinazione rigorosa venne effettuata nel 1750 per triangolazione la cui base era composta dal segmento congiungente il capo di Buona Speranza e l'osservatorio di Greenwich. La distanza effettiva della Luna dalla Terra varia tra 356.410 km al perigeo e 384.700 km all'apogeo, e in media è di circa 384.400 km, cioè circa 60.28 volte il raggio terrestre. Nel 1959, misurazioni ripetute al radar fornirono una distanza media di (384.42 ± 1) km.



La Luna si sta allontanando ogni anno di 5,8 cm dalla Terra. G.H. Darwin fu il primo a cimentarsi nell'idea della recessione lunare.

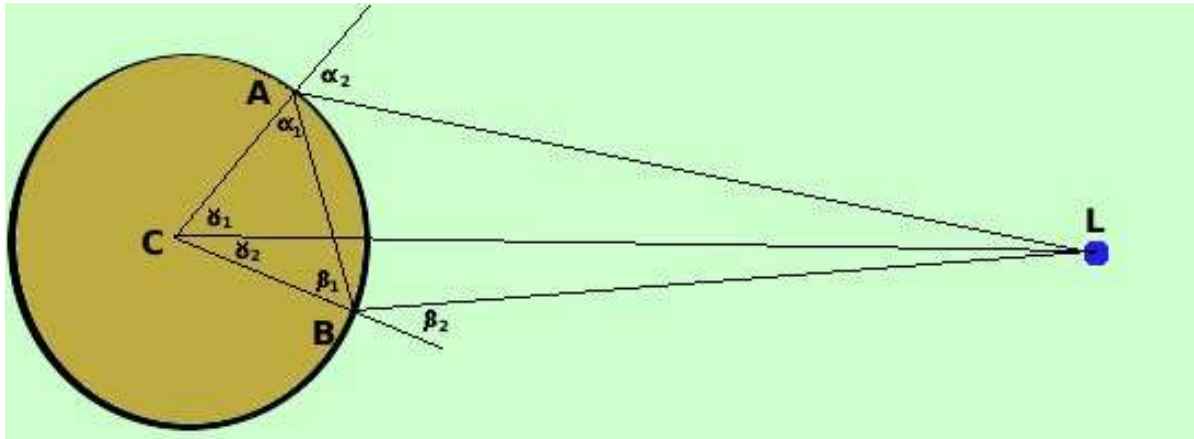
Misurazioni accurate della distanza Terra-Luna (intesa da centro a centro dei due corpi celesti) si effettuano con il laser: si inviano impulsi da un telescopio ottico verso riflettori installati sulla Luna e si calcola il tempo di ritorno. La metà di tale tempo moltiplicata per la velocità degli impulsi (velocità della luce) dà la distanza cercata. L'attuale margine di errore è di circa 1 mm. Per ottimizzare questa tecnica di misurazione bisogna osservare i deboli segnali di ritorno con telescopi tecnologicamente avanzati e posti in luoghi dove è minimo il disturbo atmosferico, in modo da raccogliere il maggior numero di impulsi riflessi. Un problema è infatti rappresentato dal fatto che il fascio laser parte ben collimato e si disperde lungo il cammino: dopo la riflessione sulla Luna il fascio torna sulla Terra disperso su vari chilometri, quindi molto indebolito.

Il primo riflettore è stato posto sulla Luna nel 1969 dagli astronauti di Apollo 11. La luce dei fasci laser si mantiene fortemente focalizzata per grandi distanze; tuttavia è presente una certa dispersione del fascio, che è di circa 7 km in diametro quando la luce raggiunge la Luna e di circa 20 km in diametro quando ritorna sulla Terra. I segnali sono molto deboli, per cui le osservazioni sono ripetute ogni volta per più ore. La distanza media della Luna dalla Terra è di circa 384.400 km.

Una misura molto precisa della distanza Terra-Luna (un errore di un millimetro corrisponde a quello di un milionesimo di milionesimo di secondo nella misura del tempo di ritorno degli impulsi laser) permette di verificare la validità di alcune teorie sulla gravitazione. In particolare, si può testare il principio di equivalenza, secondo il quale ogni corpo accelera allo stesso modo spinto dalla gravità: se l'azione della gravità terrestre sulle singole parti che costituiscono la Terra non obbedisce a tale principio, le orbite della Luna e della Terra saranno leggermente spostate l'una dall'altra.

Inoltre, si può migliorare la conoscenza dell'orbita della Luna e della velocità con cui il nostro satellite si sta allontanando progressivamente dalla Terra a causa della dinamica derivante dalle maree oceaniche (attualmente l'allontanamento è di circa 3,8 cm/anno), nonché studiare le variazioni cui è soggetta la rotazione della Luna, dovute alla distribuzione di masse al suo interno.

Distanza terra luna con il metodo della triangolazione



Consideriamo due punti **A** e **B** sulla superficie terrestre e sullo stesso meridiano, per semplicità da parti opposte rispetto all'equatore terrestre.

Conosciamo:

$$AC = BC = R$$

g_1 e g_2 = latitudine di A e di B

$$\alpha_1 = \beta_1 = (180^\circ - \gamma_1 - \gamma_2) : 2$$

$$AB = 2R \cos \alpha_1$$

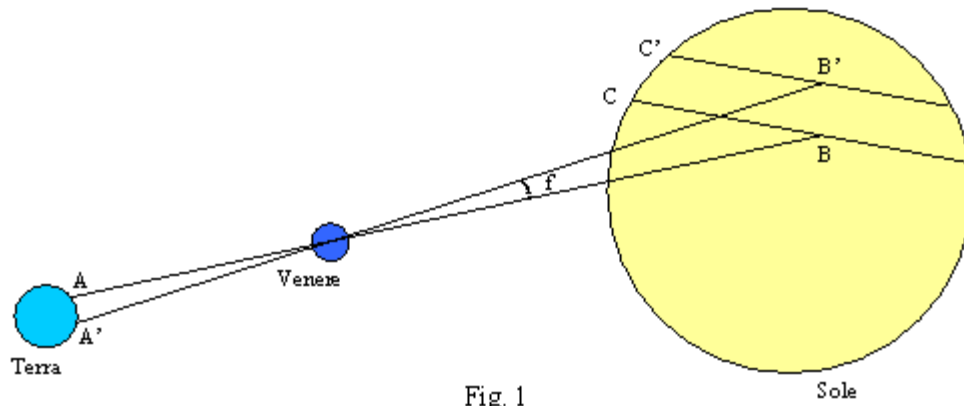
Misuriamo inoltre b_1 e b_2 = declinazione della luna rispetto alla verticale

Gli angoli interni del triangolo **CBL** saranno rispettivamente g_2 ; $180^\circ - b_2$ e $b_2 - g_2$ (angolo esterno del triangolo CBL).

Conoscendo il raggio terrestre **CB** e gli angoli interni del triangolo **CBL** possiamo applicare il metodo della triangolazione visto in precedenza per determinare la distanza terra-luna **CL**

Calcolo della distanza Terra-Sole dal transito di Venere

Il calcolo della Unità Astronomica, ovvero della distanza che separa la Terra dal Sole, mediante le osservazioni dei transiti dei pianeti interni richiede l'applicazione di un metodo geometrico basato sulle misure dei tempi di transito presi da due punti diversi della superficie terrestre, lontani il più possibile secondo la direzione perpendicolare al piano dell'eclittica.



Un osservatore posto in A (fig. 1) vedrà il pianeta descrivere la corda C, mentre un osservatore posto in A' lo vedrà transitare sulla corda C', cosicché, ad uno stesso istante, Venere apparirà in due punti diversi, rispettivamente B e B'. La separazione angolare tra B e B' (angolo f) può essere ottenuta dalla differenza della durata del transito nei due luoghi di osservazione; d'altra parte la distanza tra i due punti A e A' è nota, così che è possibile risalire alla distanza BB' ed infine alla distanza Terra-Sole cercata.