

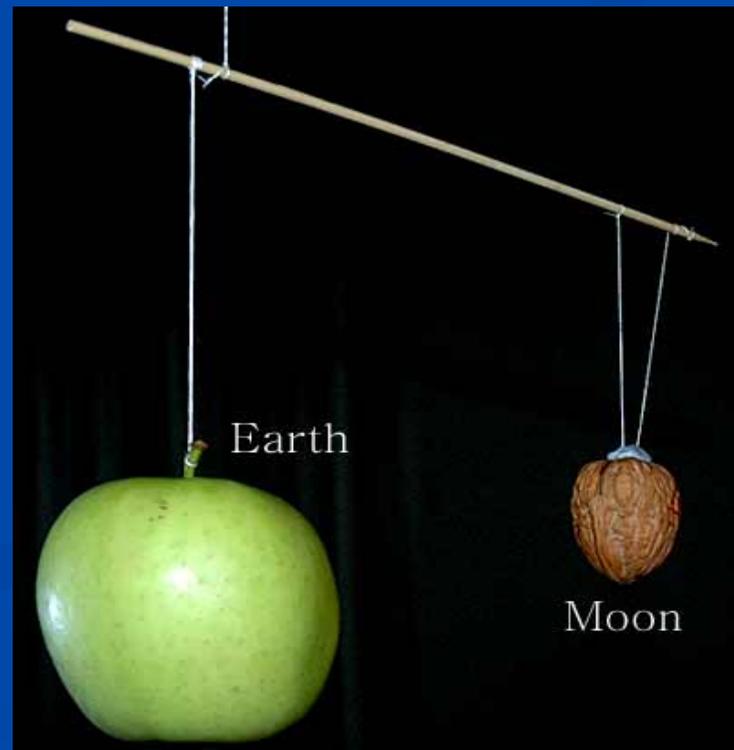
21 Giugno 2013

La Luna e i suoi movimenti

Prof.ssa Daniela Averna

Dati caratteristici

- Raggio medio: 1738 km (circa $\frac{1}{4} R_T$)
- Volume: $22 \cdot 10^9 \text{ km}^3$ ($\frac{1}{49} V_T$)
- Massa: $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ (circa $\frac{1}{81} M_T$)
- Densità: $3,34 \text{ g/cm}^3$



Forma e dimensioni della Luna

- Le sue dimensioni la collocano tra i satelliti più grandi del sistema solare.
- Ha la forma di un ellissoide a tre assi, con l'asse maggiore equatoriale rivolto verso la Terra.



- Non esiste un'atmosfera, quindi le escursioni termiche sono molto elevate: si va dai 110°C delle zone illuminate ai -150°C delle zone buie.
- Non è presente un'idrosfera, anche se sembra accertata la presenza di acqua ghiacciata nel sottosuolo polare.
- Il suolo lunare presenta zone chiare e zone scure ed è generalmente ricco di crateri meteoritici.



- **Mari**, depressioni costituite da lave basaltiche raffreddate, coperti da polveri, ceneri e detriti definiti **regolite**. Essa è conseguenza dell'attività vulcanica lunare, ora cessata, e degli impatti di meteoriti .
- **Terre alte**, vaste regioni chiare e densamente craterizzate, costituite da **anortositi**. Rappresentano più del 70% della faccia rivolta verso di noi ed il 50% dell'altra faccia.

Il paesaggio lunare



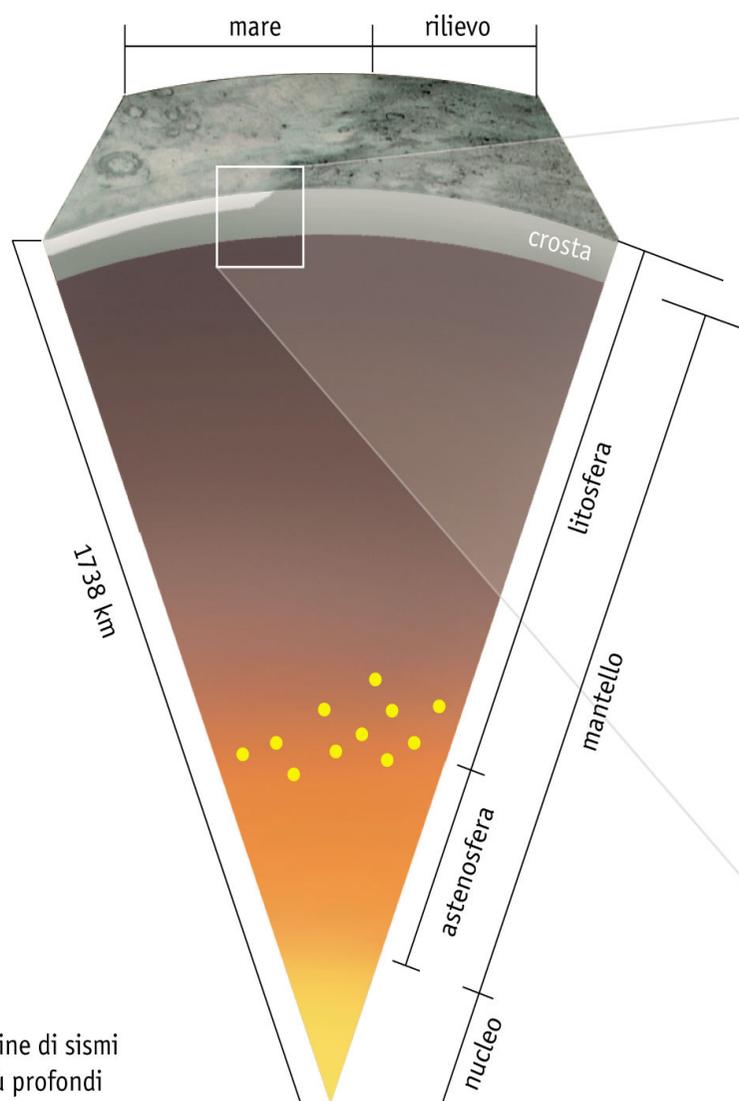
Mare della Tranquillità situato nella
faccia visibile (NASA)

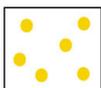


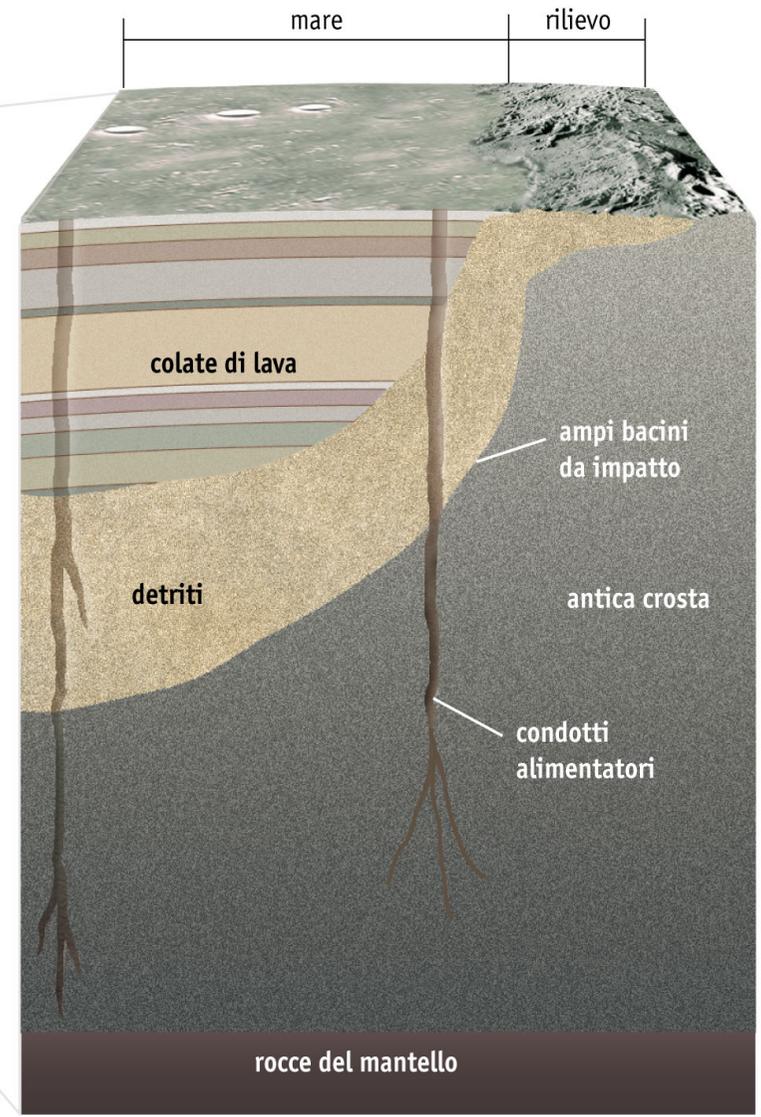
Struttura interna della Luna

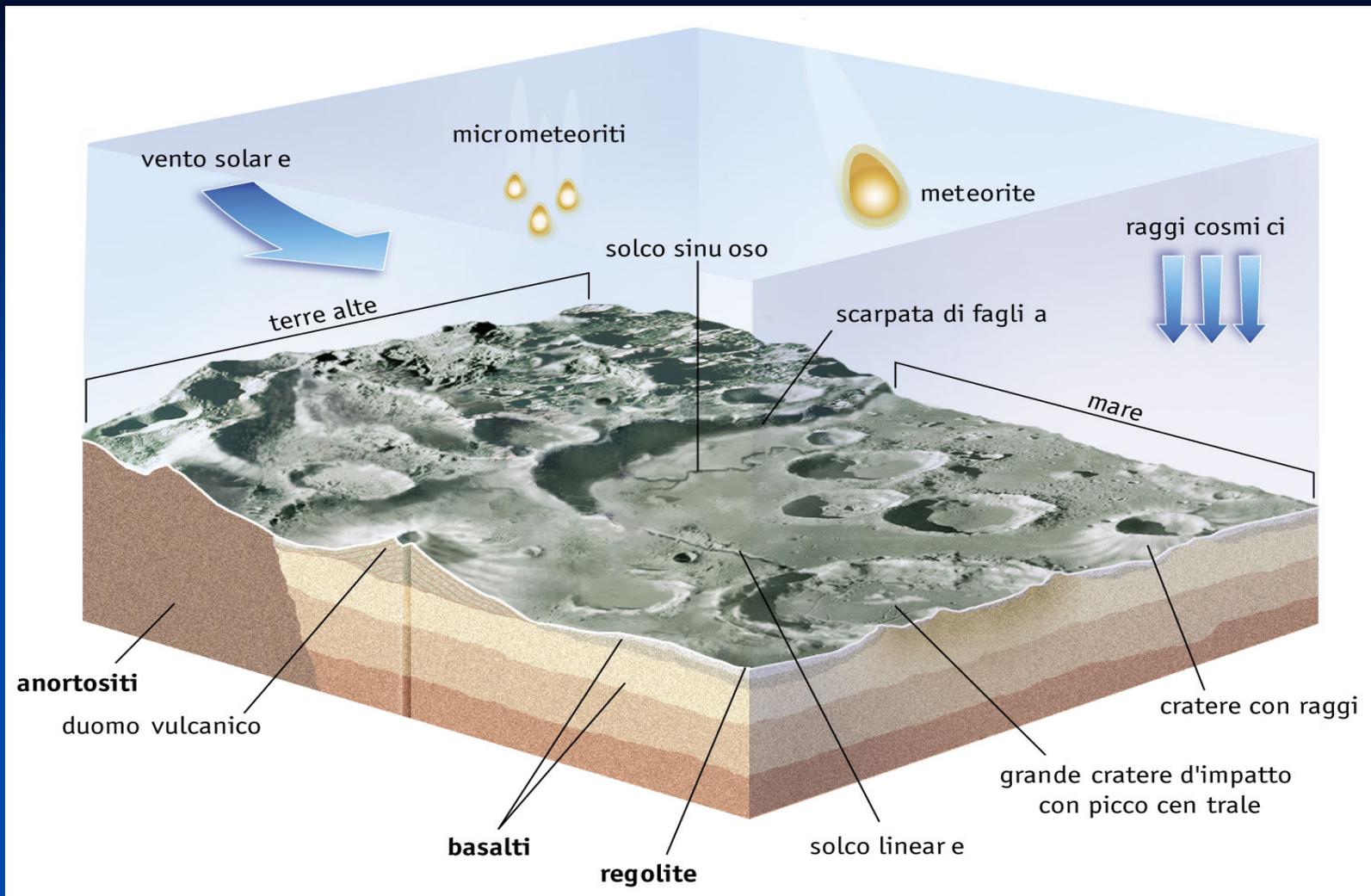
L'interno della Luna è suddiviso in:

- **Crosta** (la parte più superficiale) che ha uno spessore che varia dai 30-45 km nella zona sottostante ai “mari”, fino ai 70 km sotto le terre.
- **Mantello**, diviso in **litosfera** (rigida) e **astenosfera** (plastica).
- **Nucleo**




 origine di sismi
 più profondi





La superficie lunare è sottoposta a processi di *degradazione* e di *erosione* estremamente lenti, dei quali sono responsabili agenti esogeni molto diversi da quelli che operano sulla Terra.

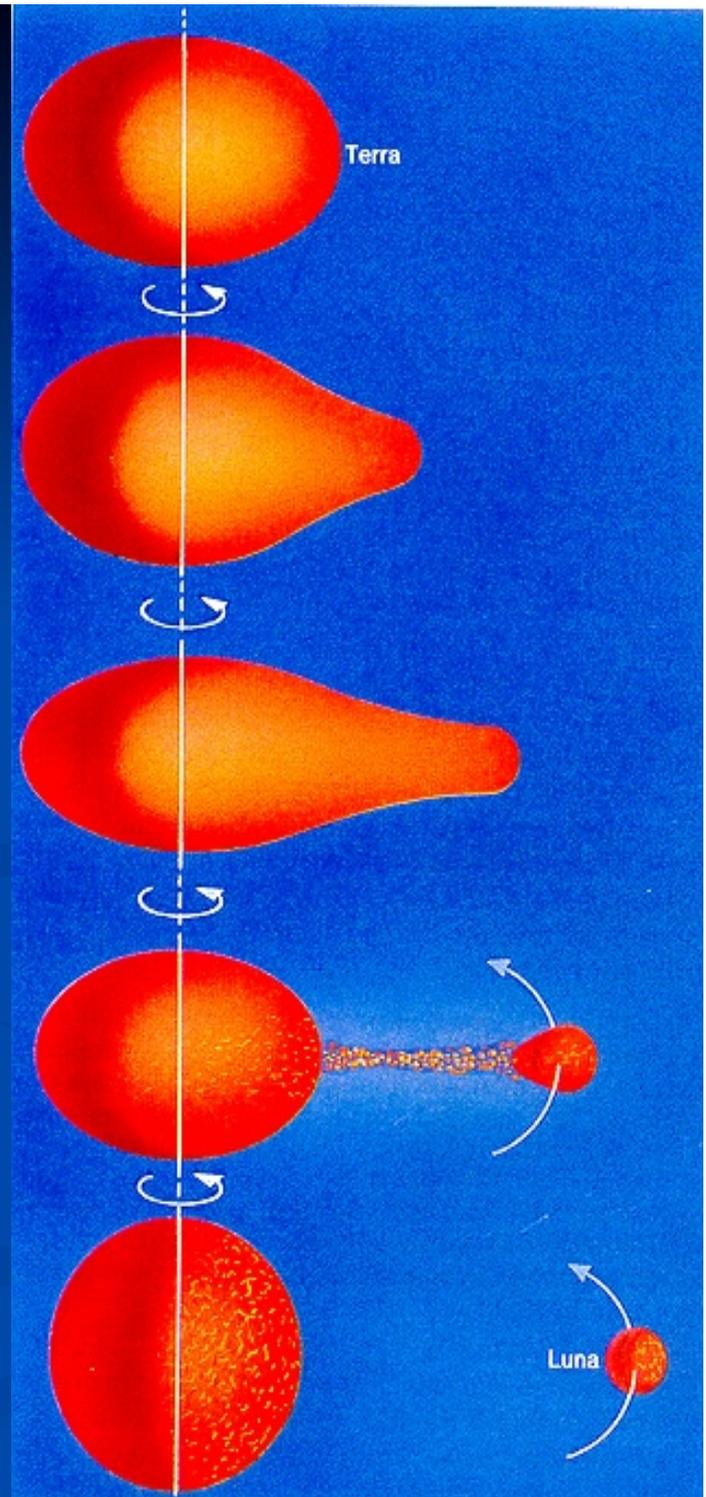
Teoria della

La ~~Luna~~ **formazione** sarebbe formata per separazione dalla Terra.

Quando sulla Terra, ancora allo stato fuso, i materiali pesanti migrarono verso il nucleo la conservazione del momento angolare determinò un aumento della velocità di rotazione.

Dalle zone equatoriali, a maggior velocità lineare, si sarebbe staccata una grossa “goccia” di materiale fluido terrestre, che avrebbe iniziato ad orbitare intorno alla Terra.

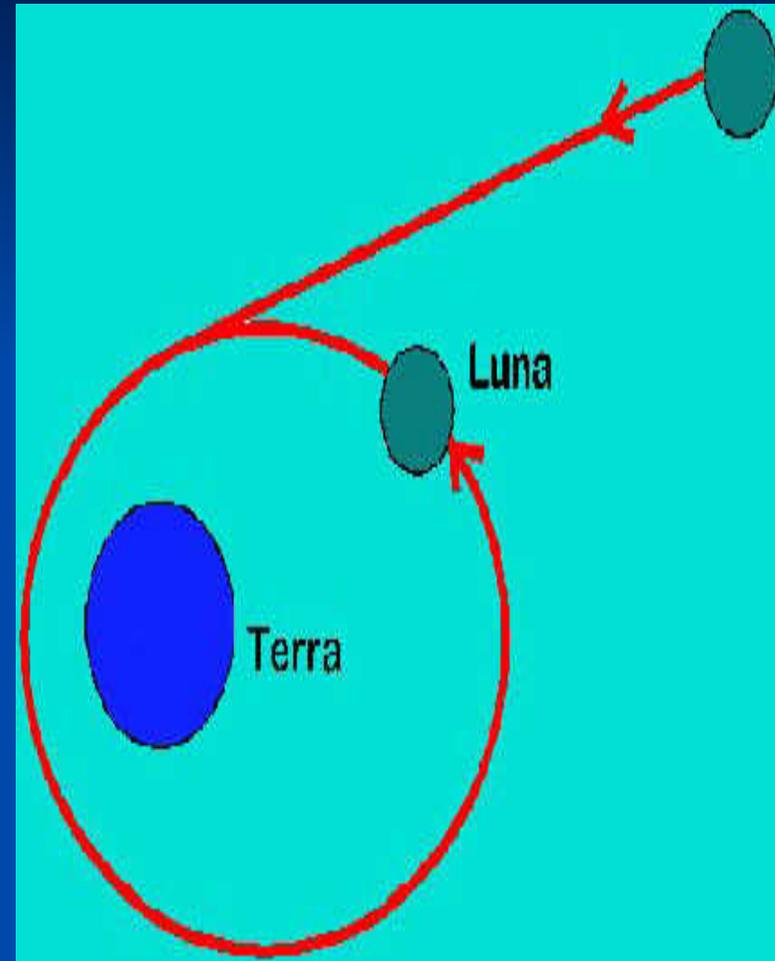
L'ipotesi spiega la minore densità lunare ma implicherebbe una coincidenza tra il piano di rivoluzione lunare e quello terrestre, che invece non sussiste.



Teoria della

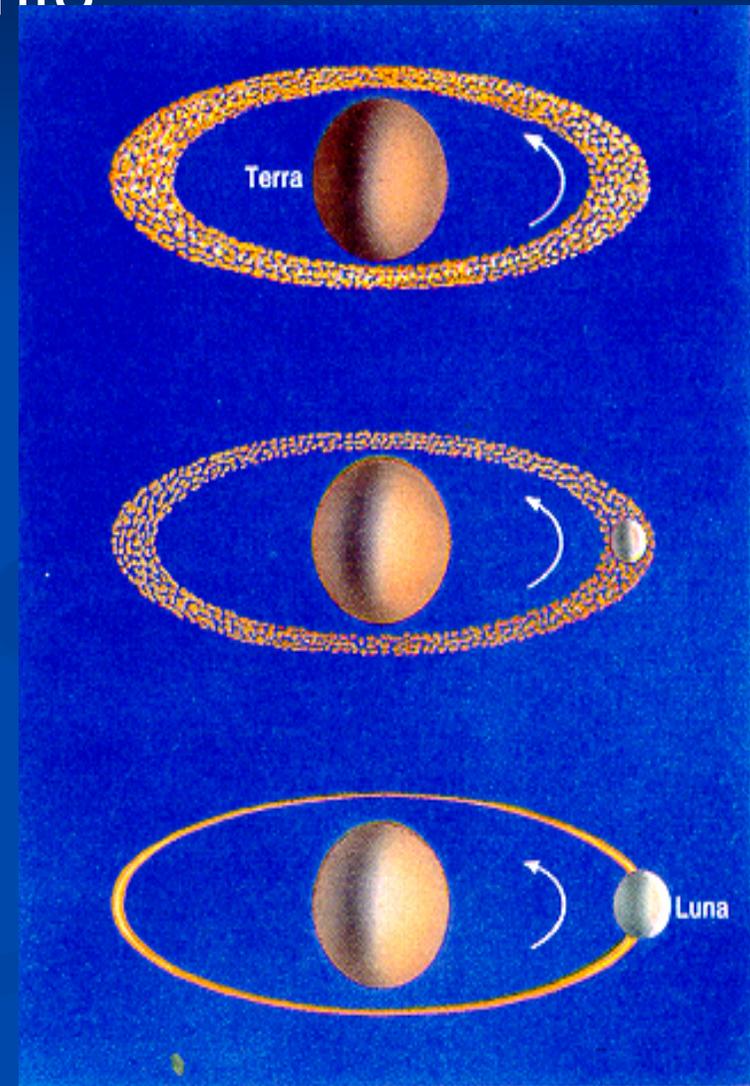
cattura era un corpo in movimento nel sistema solare che, transitando vicino alla Terra, venne catturato dal suo campo gravitazionale e si mise a ruotare intorno ad essa.

La teoria spiegherebbe le differenze nella composizione litologica della Luna e della Terra, ma appare piuttosto improbabile poiché per consentire il perfetto aggancio l'avvicinamento avrebbe richiesto velocità e distanze ben precise.

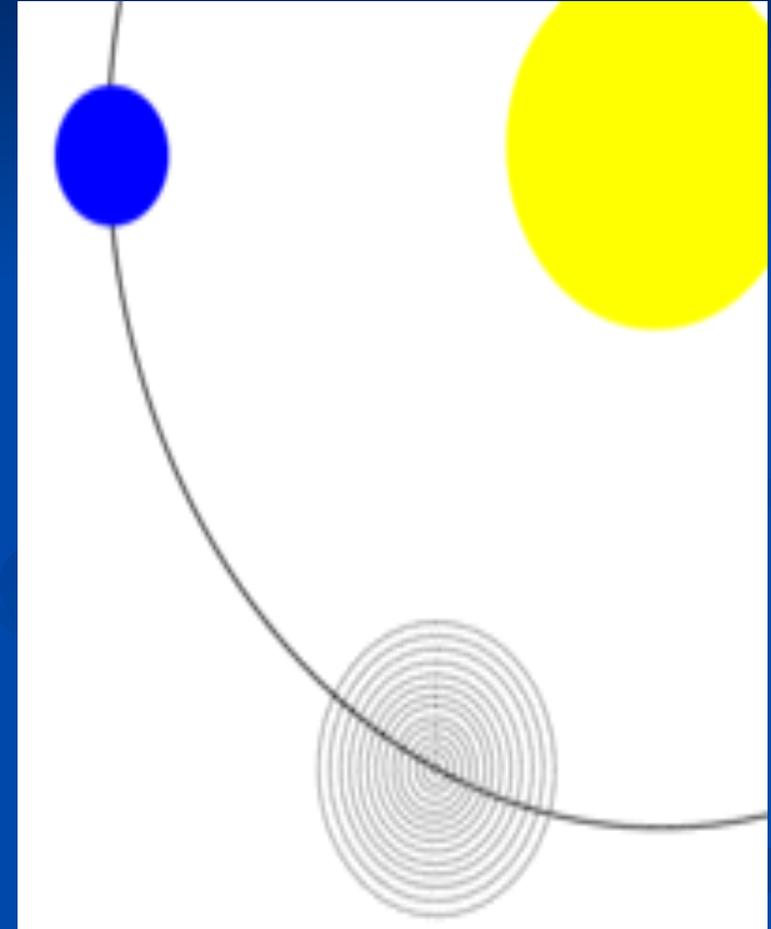
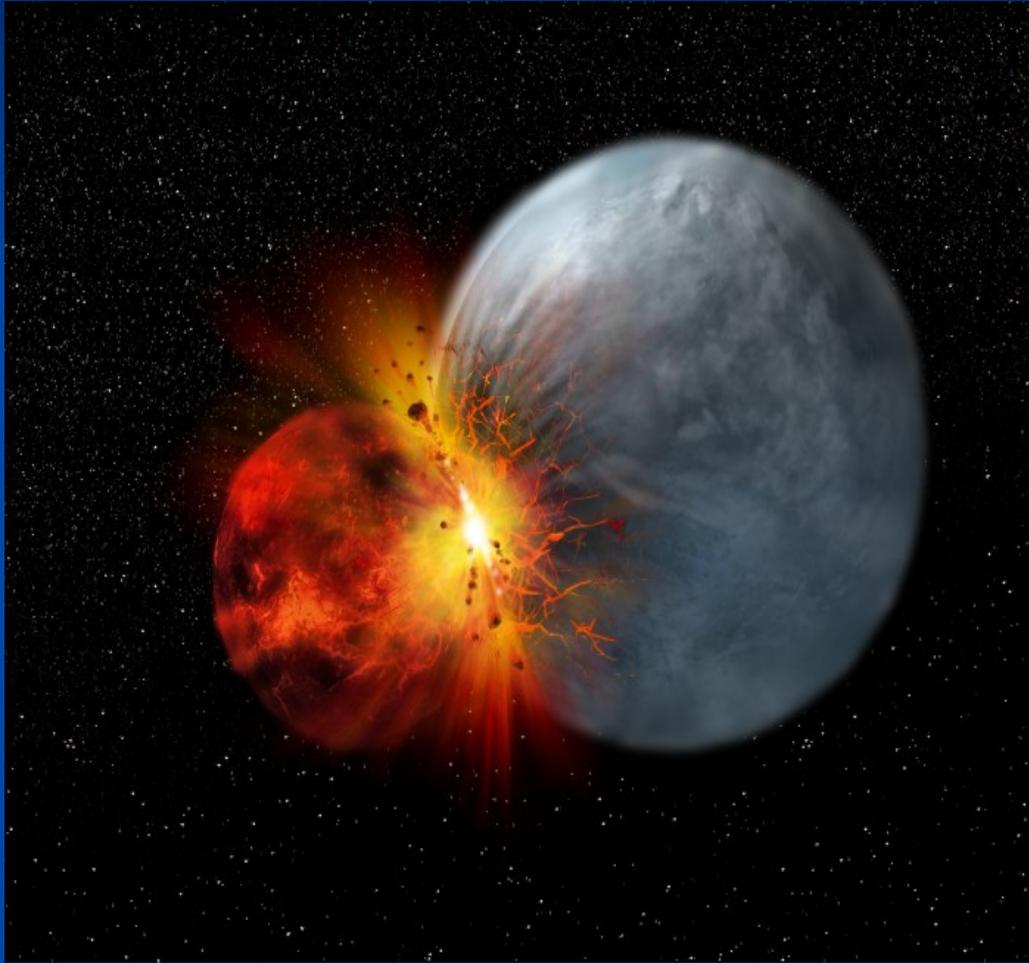


Teoria dell'accrescimento

La Luna si sarebbe formata per aggregazione di materiali un tempo in orbita intorno alla Terra. Le analisi chimiche attesterebbero infatti che i materiali di cui è formata la Luna si sarebbero formati nella stessa regione del sistema solare in cui si aggregò la Terra. Il meccanismo di formazione della Luna sarebbe quindi analogo a quello col quale si sono formati tutti i pianeti del sistema solare.



Teoria dell'impatto



Moti della Luna

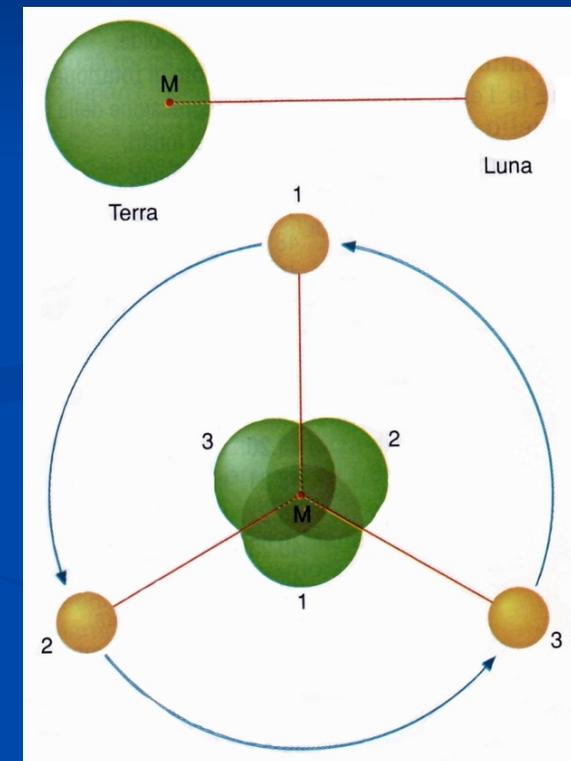
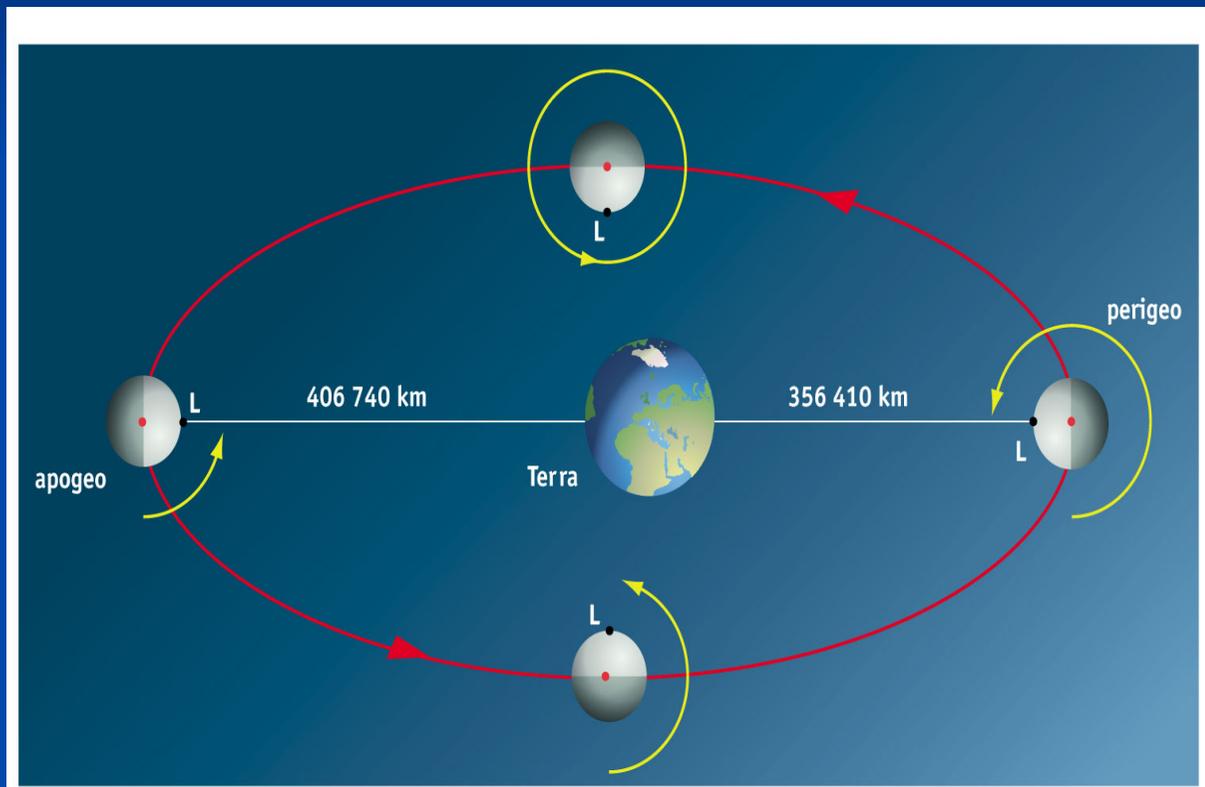
Moti “veloci”:

- **Moto di rotazione:** attorno al proprio asse
- **Moto di rivoluzione:** attorno alla Terra
- **Moto di traslazione:** intorno al Sole
assieme alla Terra

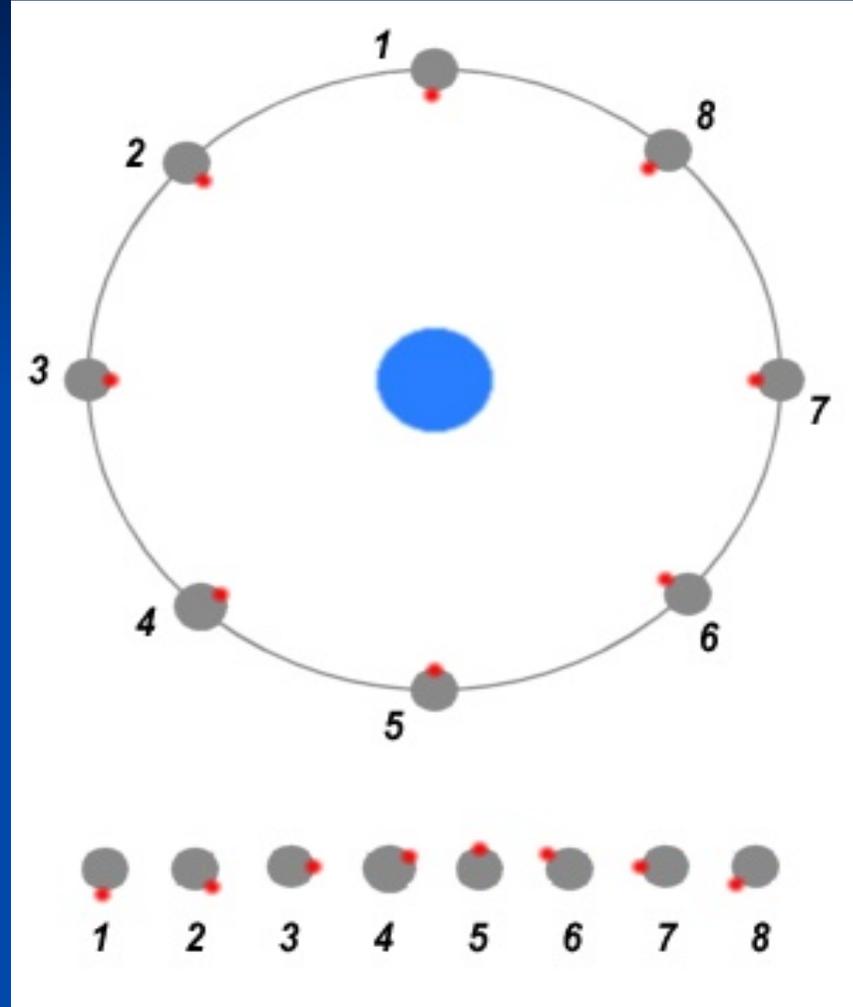
Moto di rotazione

- Avviene in senso antiorario (da ovest verso est) con una velocità angolare media di circa 13° al giorno e si compie in 27 giorni, 7 ore, 43 minuti e 12 secondi .
- L'asse della Luna è inclinato di $6^\circ 41'$ rispetto alla normale all'orbita di rotazione.
- Il moto di rotazione lunare è sincrono con il suo moto di rivoluzione.

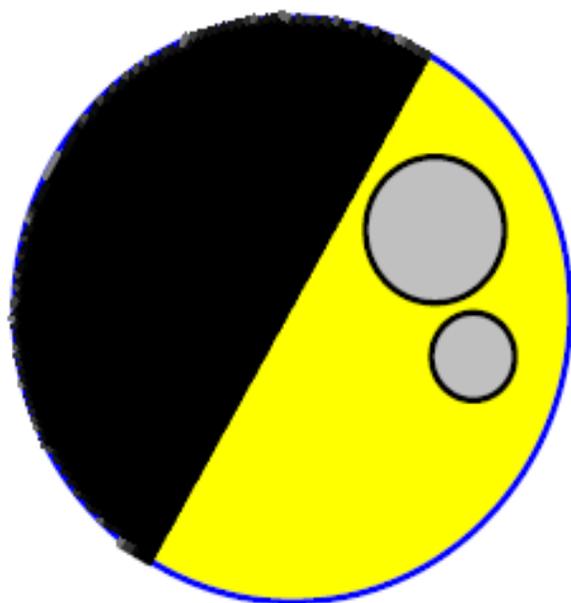
Moto di rivoluzione



Il piano orbitale lunare è inclinato di $5^{\circ} 9'$ rispetto all'eclittica



CURIOSITA': la Luna vista dall'emisfero Australe

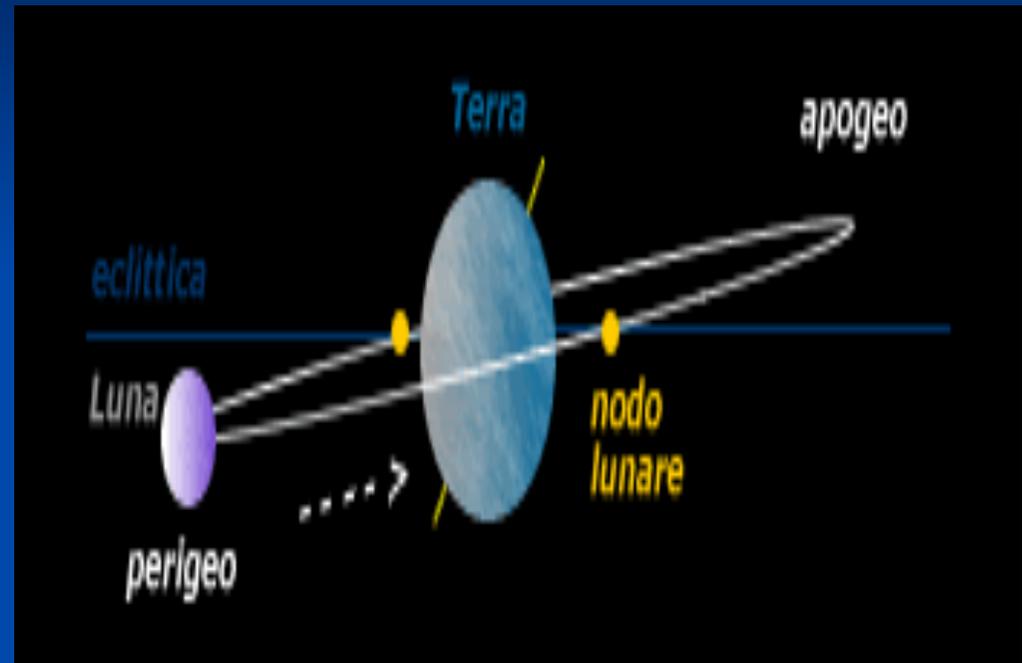


Italia

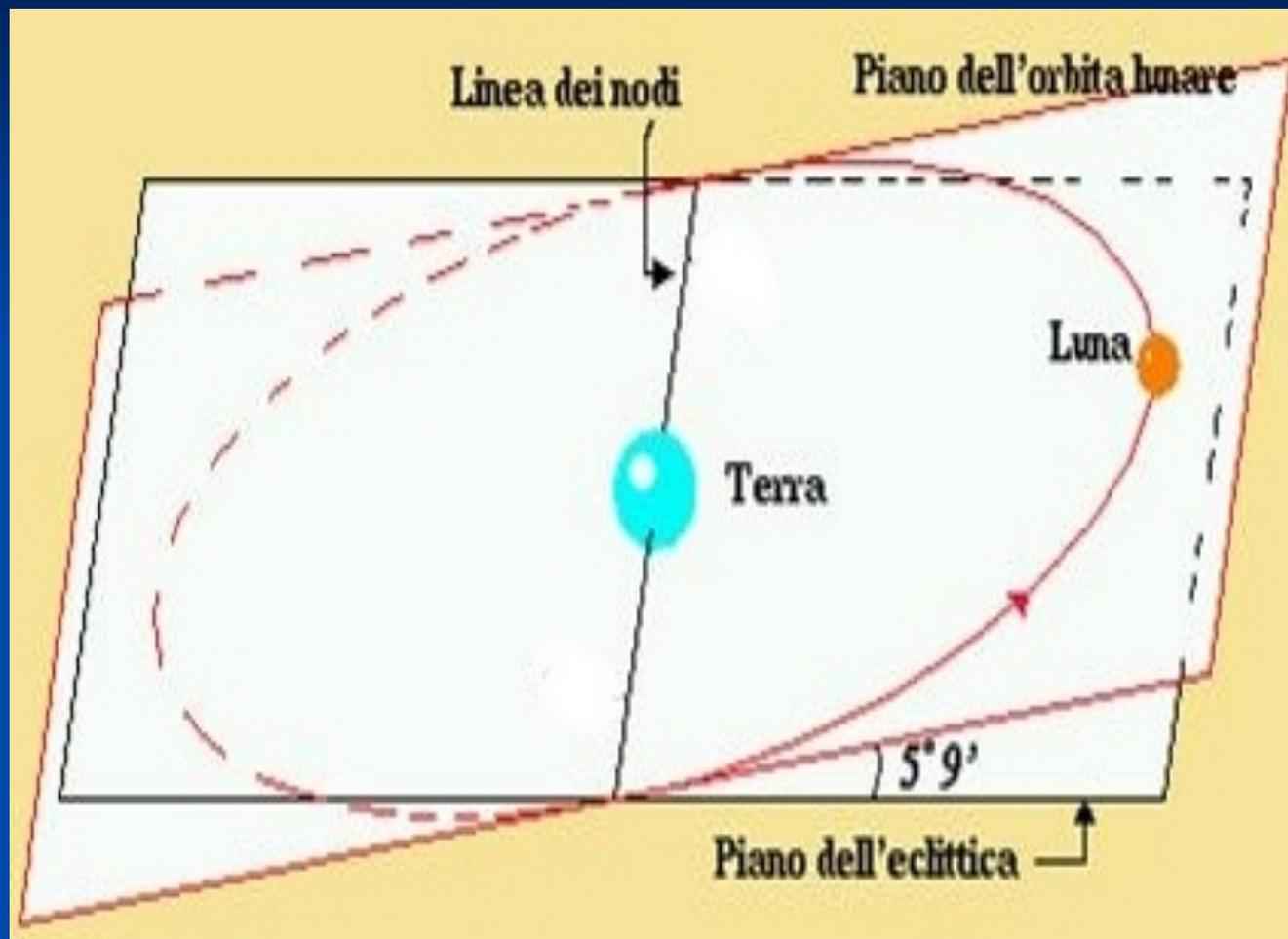


Sud Africa

Durante la sua rivoluzione intorno alla Terra la Luna si trova per metà tempo al di sopra e per metà tempo al di sotto dell'orbita terrestre e attraversa il piano dell'eclittica due volte in due punti detti nodi. La linea che li unisce, detta linea dei nodi, è la retta di intersezione dei piani delle due orbite.



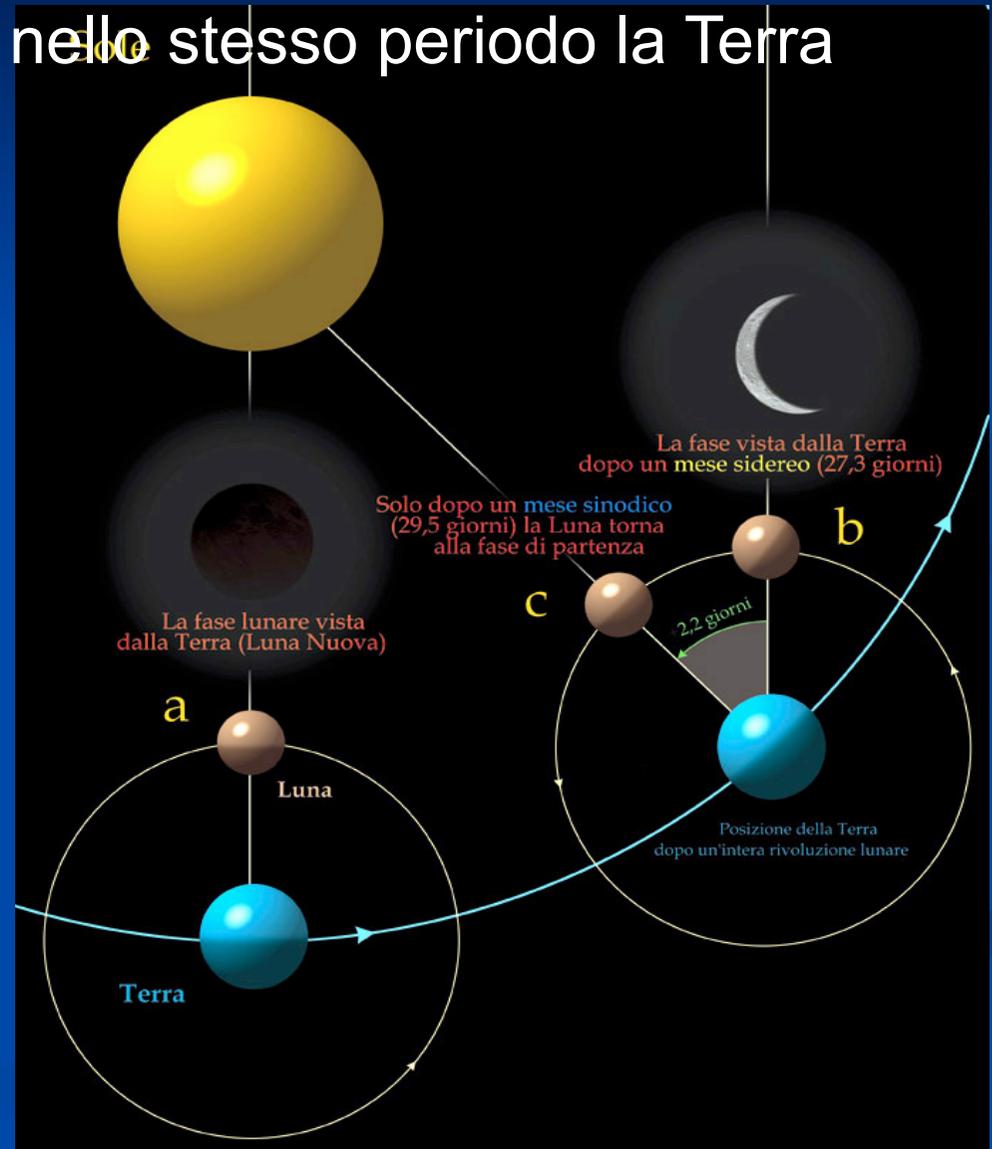
Il periodo del moto di rivoluzione della Luna viene misurato rispetto alle stelle fisse e dura esattamente 27g 7h 43' 12" ; esso prende il nome di "**Mese sidereo**".



Tuttavia per ritornare nella stessa posizione rispetto alla Terra e al Sole la Luna deve compiere un ulteriore angolo di rivoluzione, pari a quello che nello stesso periodo la Terra ha compiuto nella sua orbita attorno al Sole.

In 28 giorni la Terra percorre circa 28° della propria rivoluzione.

La Luna impiega circa 2 giorni e 7 ore per coprire un pari angolo della sua rivoluzione. La Terra e Sole sono quindi nuovamente allineati dopo $29\text{g } 12\text{h } 44' 2''$, intervallo che prende il nome di “**Mese sinodico**”

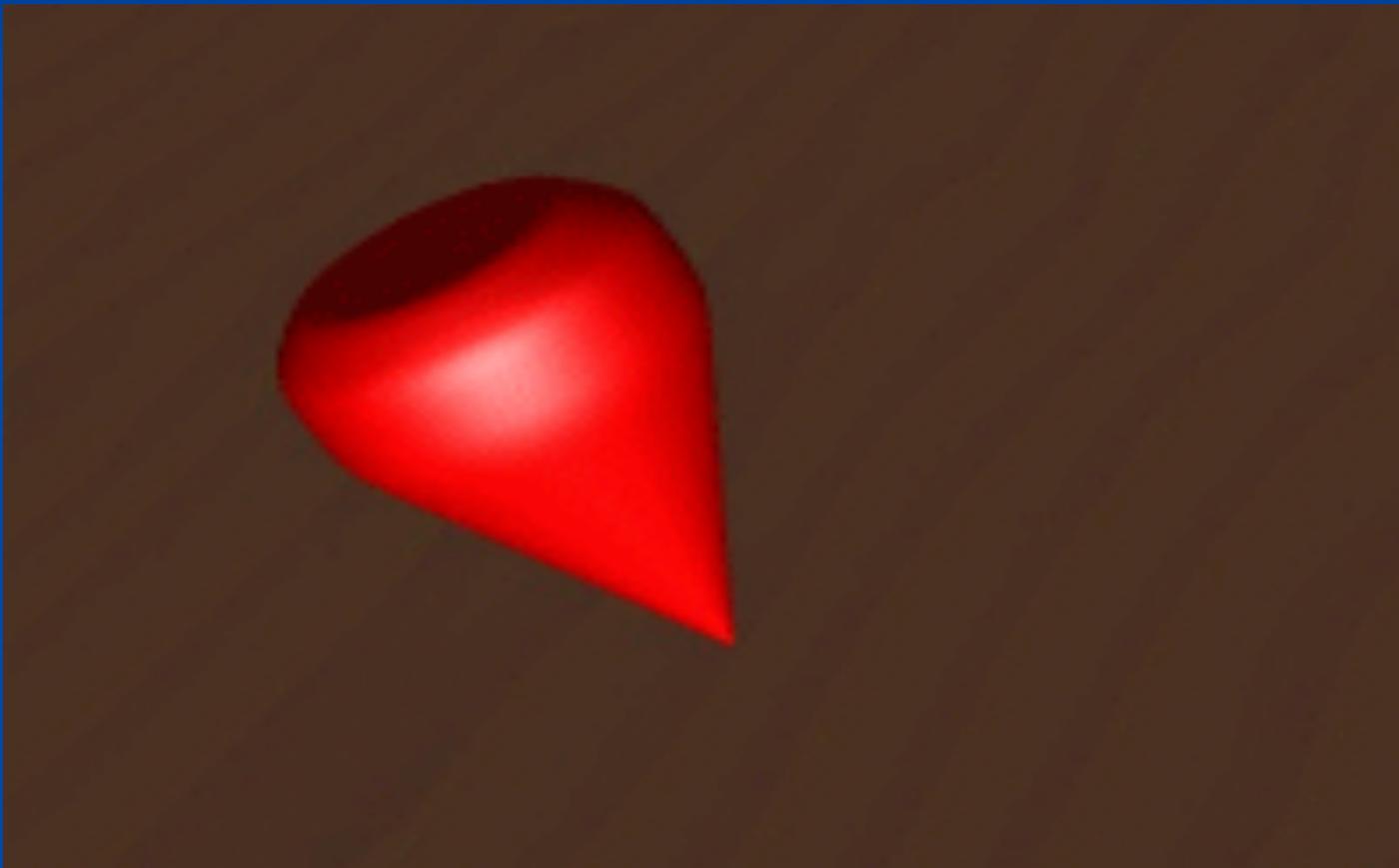


Mese sidereo e sinodico

- A noi interessa il mese sinodico, per gli effetti che le situazioni lunari hanno sul nostro pianeta (maree).
- Né il mese sinodico né quello sidereo sono sottomultipli nell'anno, che è formato da 12 mesi sinodici ed 11 giorni circa, dunque le fasi lunari non si ripetono esattamente lo stesso giorno di ogni anno.
- Occorre aspettare circa 19 anni (235 lunazioni) affinché le fasi si ripetano esattamente negli stessi giorni; questo è il cosiddetto **ciclo aureo**.

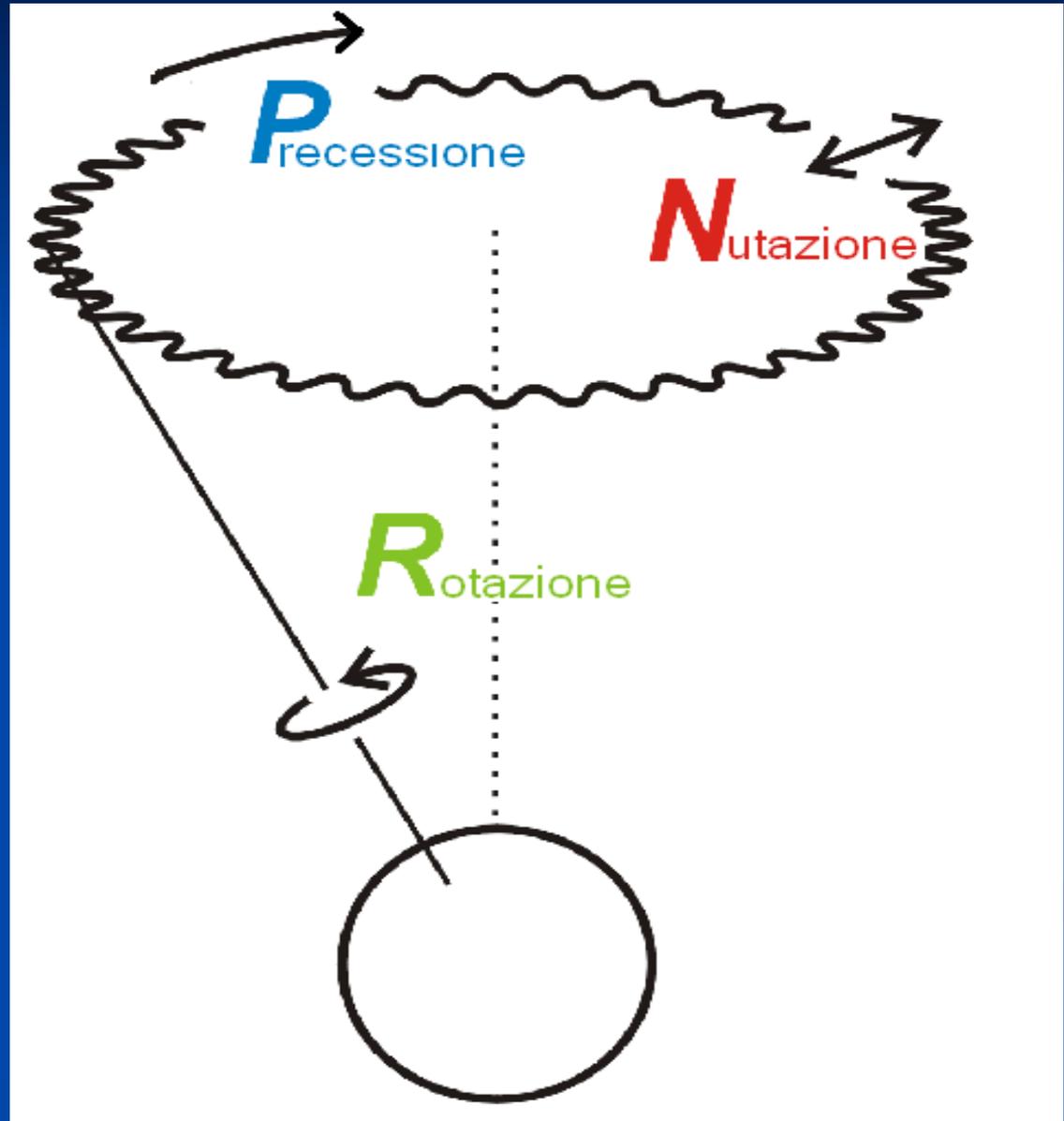
Moto di Precessione

A causa della combinazione del moto di rotazione e di rivoluzione, l'asse lunare descrive un cono



Nutazioni

Sono piccole oscillazioni del cono di precessione lunare dovute alla somma dei momenti angolari di rotazione e precessione.



Altri moti della Luna

Moti “lenti” :

Rotazione dell'asse maggiore dell'orbita

lunare: la linea che congiunge perigeo ed apogeo ruota in senso antiorario, compiendo un giro completo in 8,85 anni; l'intervallo tra due passaggi al perigeo è detto “Mese anomalistico” ed è più lungo di quello siderale.

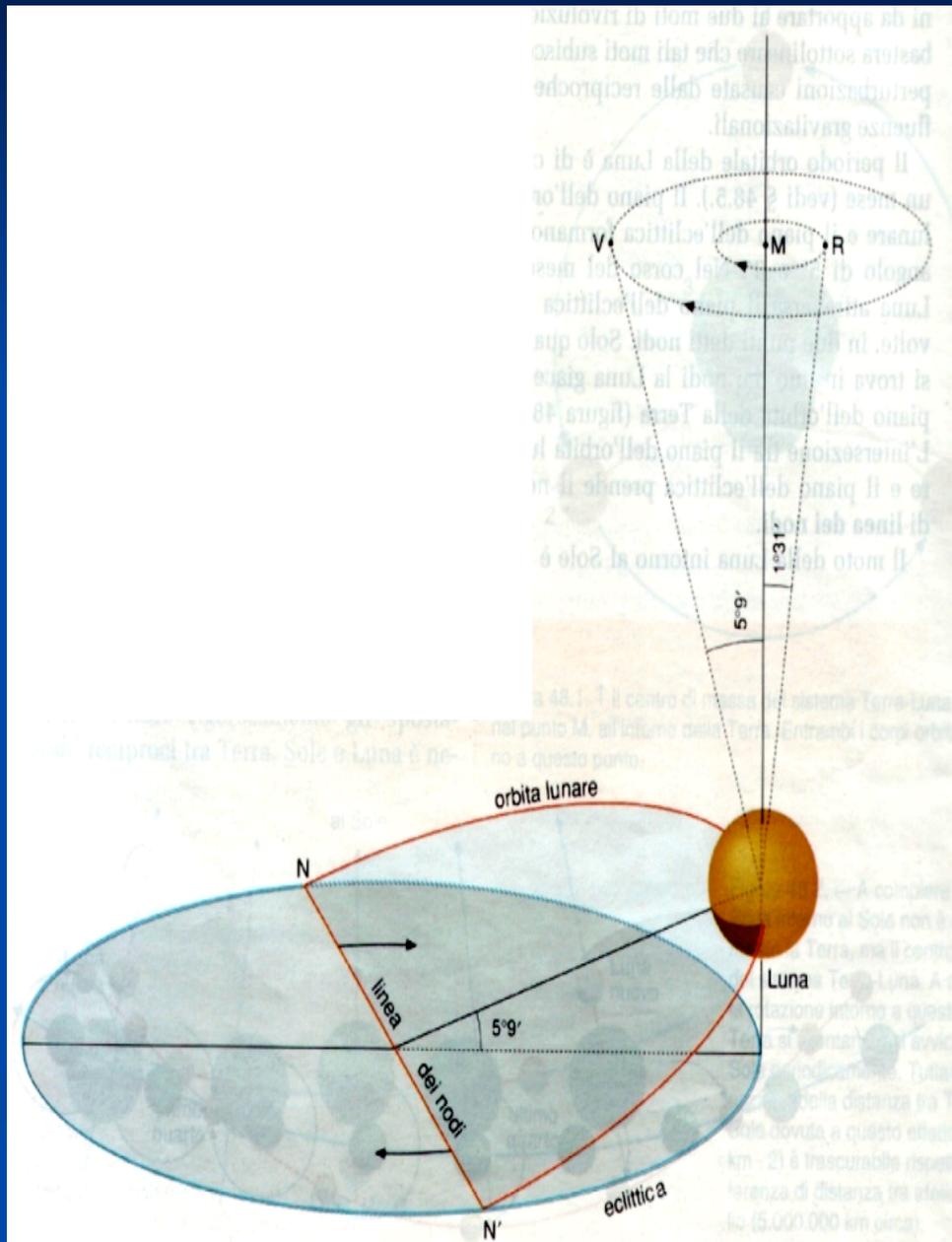
Regressione della linea dei nodi

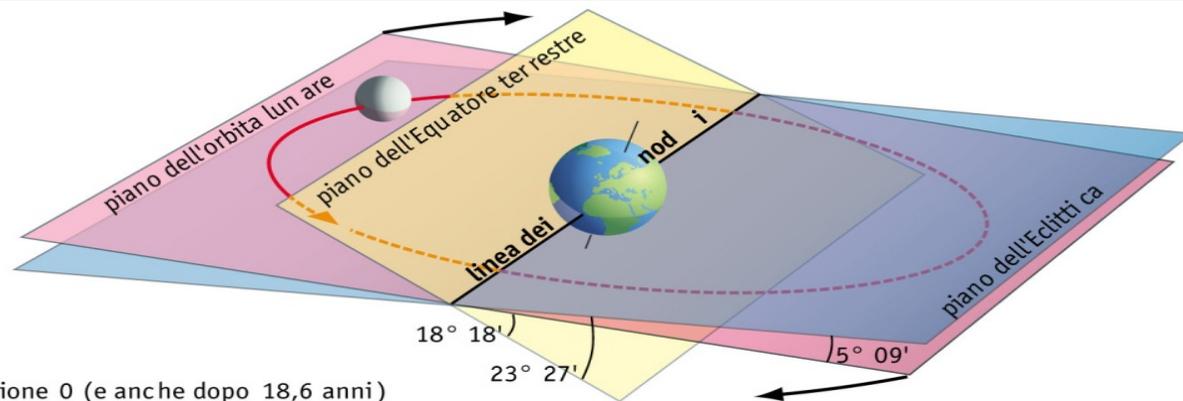
REGRESSIONE DELLA LINEA DEI NODI

La linea dei nodi ruota in senso orario con un periodo di circa 18,6 anni.

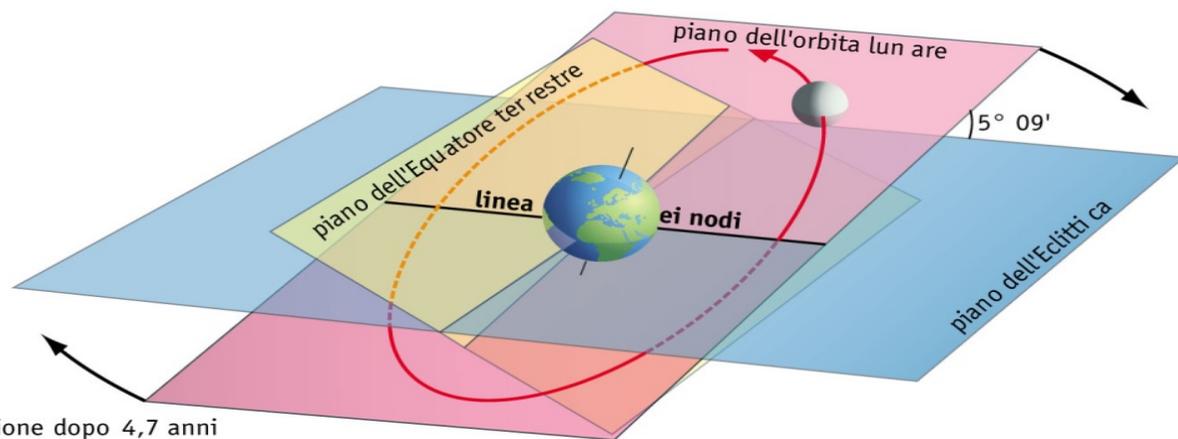
Tale regressione è provocata dall'attrazione che il Sole esercita sulla Luna e pone le condizioni per le eclissi .

Il passaggio della Luna allo stesso nodo è detto “Mese draconico“ ed è più breve di quello siderale.

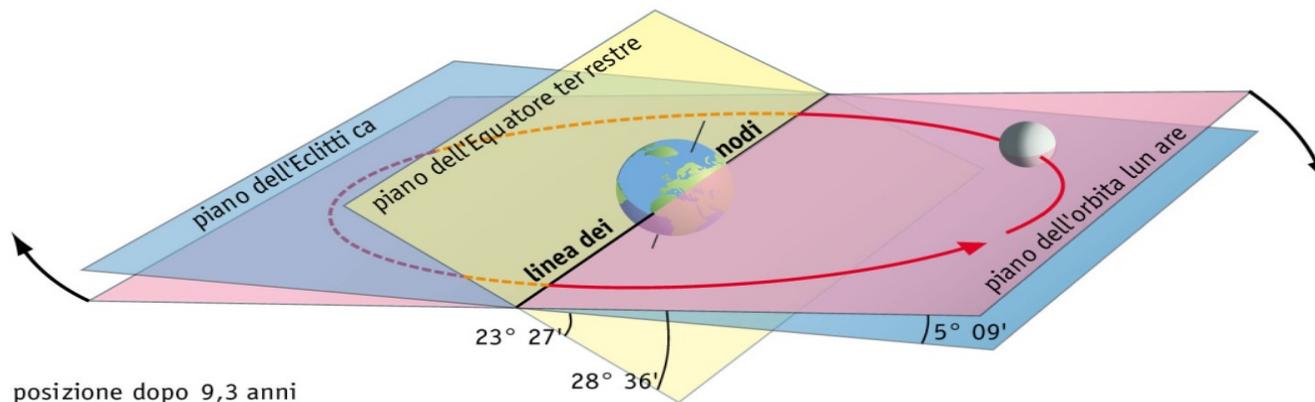




posizione 0 (e anche dopo 18,6 anni)

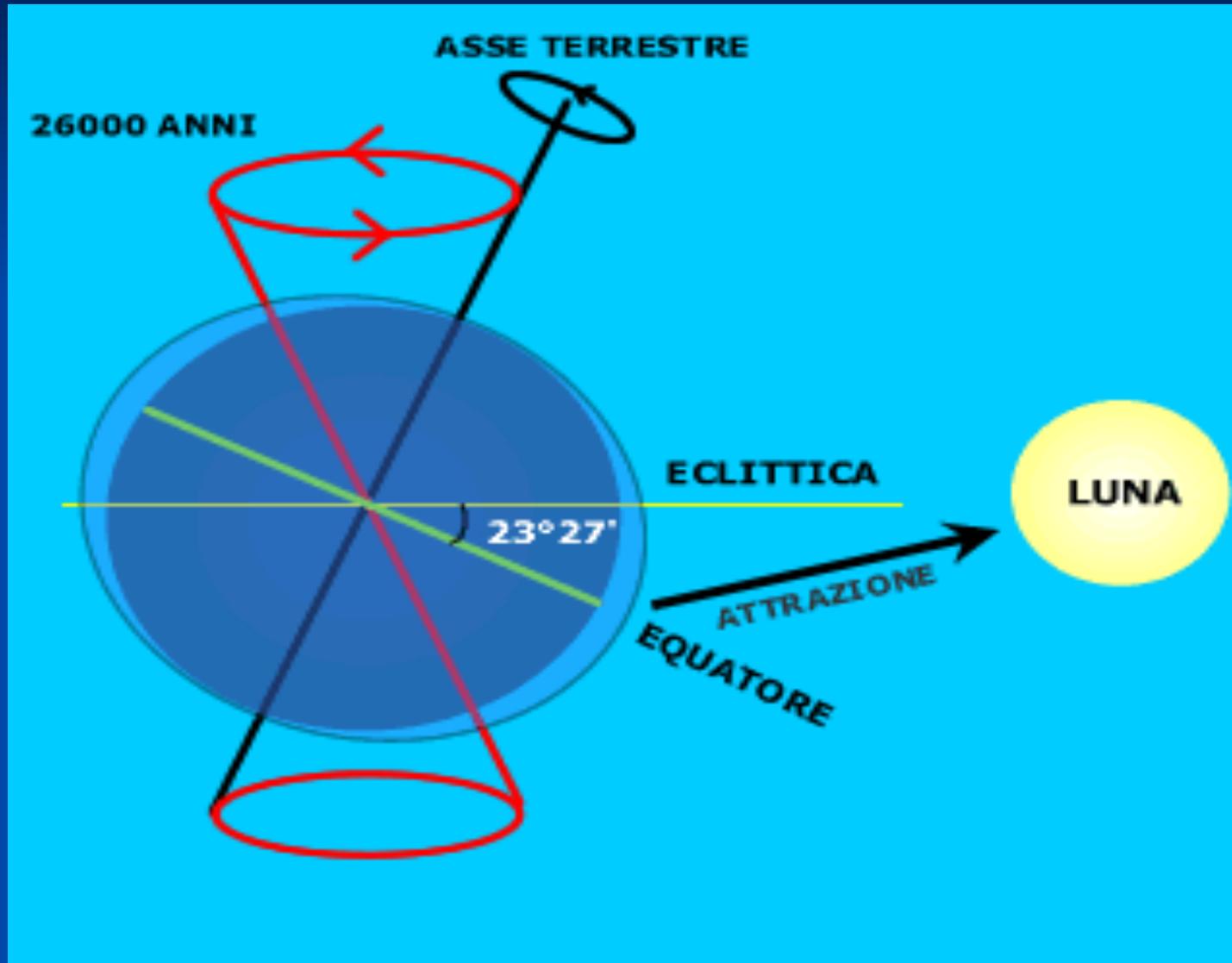


posizione dopo 4,7 anni



posizione dopo 9,3 anni

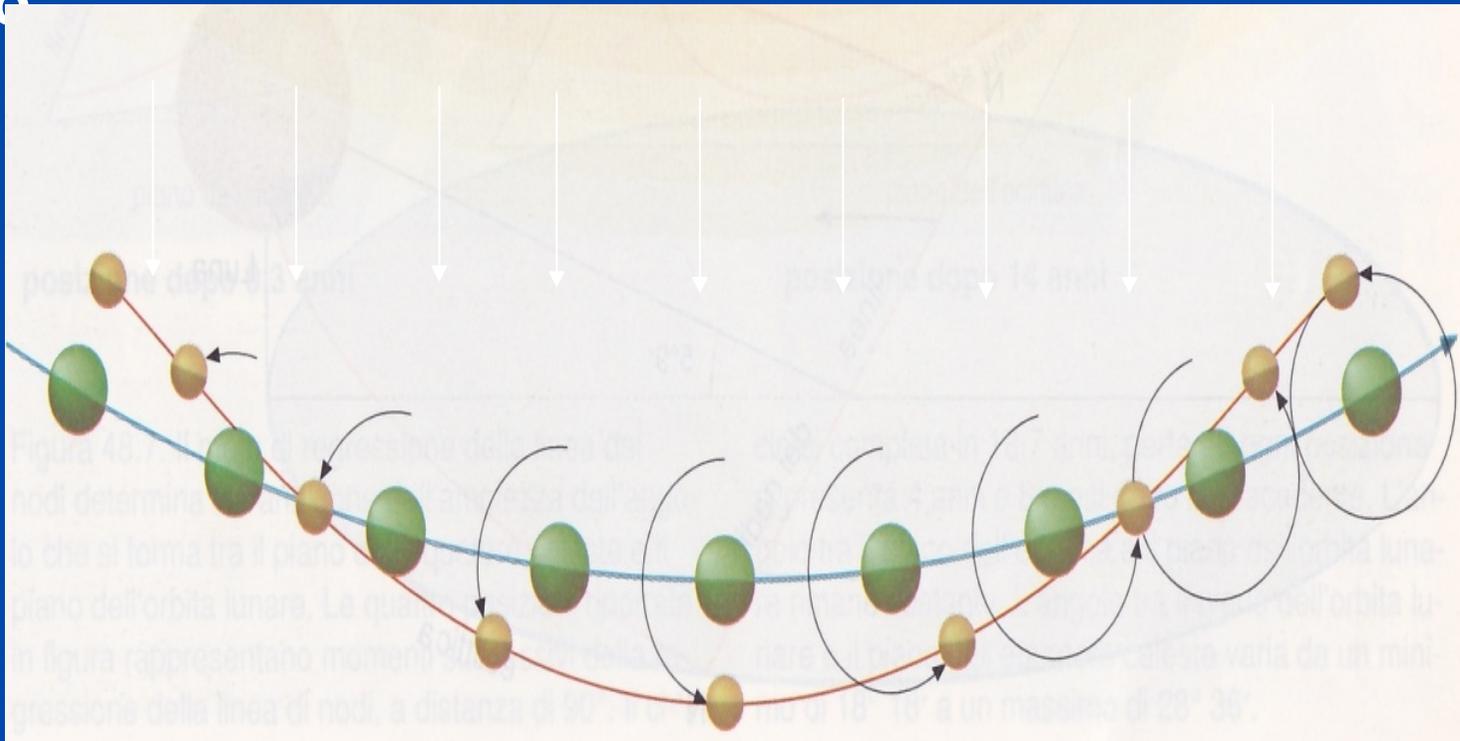
La precessione Luni-solare



MOTO DI TRASLAZIONE

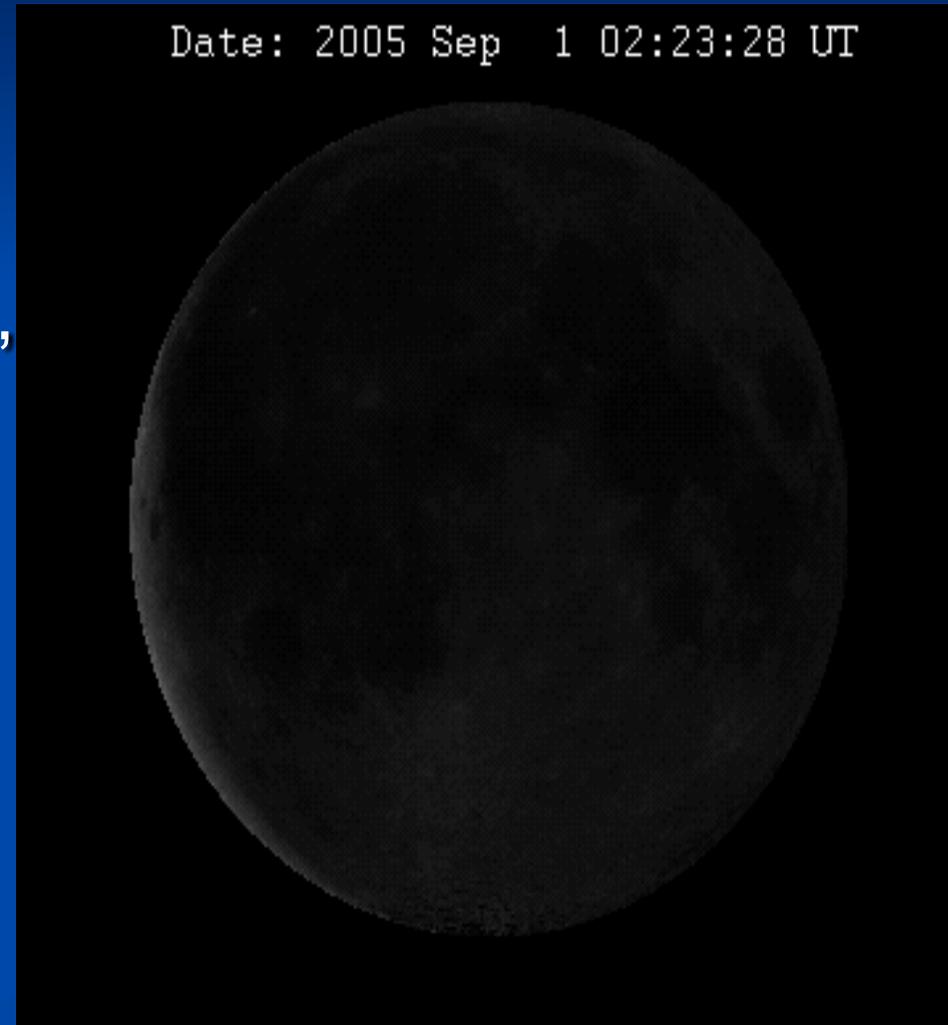
Poiché la Luna orbita intorno alla Terra seguendola nella sua rivoluzione attorno al Sole ed entrambe ruotano intorno al comune centro di massa, la curva percorsa dalla Luna assume un andamento particolare ed è detta epicicloide. L'intervallo tra due passaggi al punto d'ariete è definito “**Mese tropico**”

Raggi solari



Le librazioni

- Permettono di osservare quasi il 60% della superficie lunare.
- L'asse di rotazione lunare è inclinato di $6^{\circ}41'$ rispetto alla normale al piano dell'orbita (librazioni in latitudine).
- La velocità della luna è minore in apogeo e maggiore in perigeo (librazioni in longitudine)

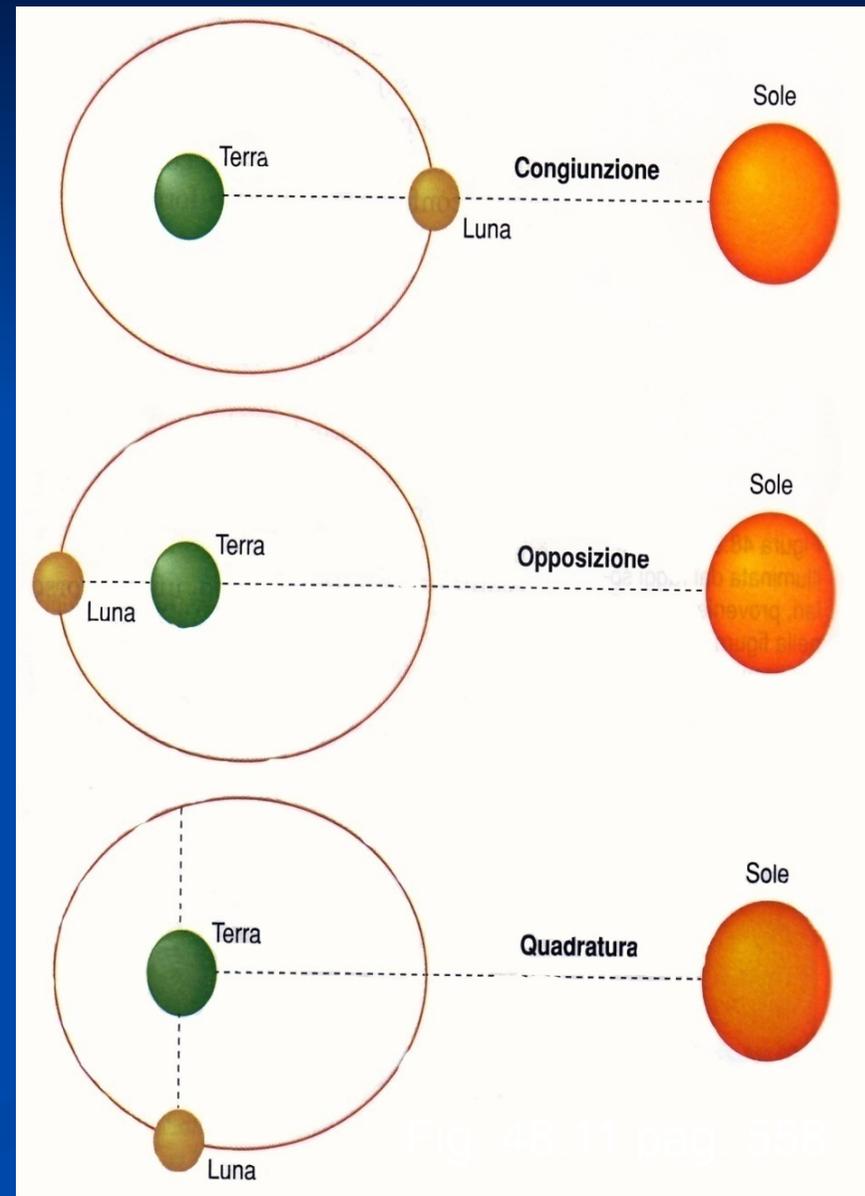


Fasi lunari

- Le condizioni di illuminazione della Luna cambiano durante il mese sinodico; ciò dipende dalla posizione della Luna rispetto al Sole, che varia durante la rivoluzione.
- Queste diverse condizioni di illuminazione vengono chiamate **fasi lunari**.

Fasi lunari

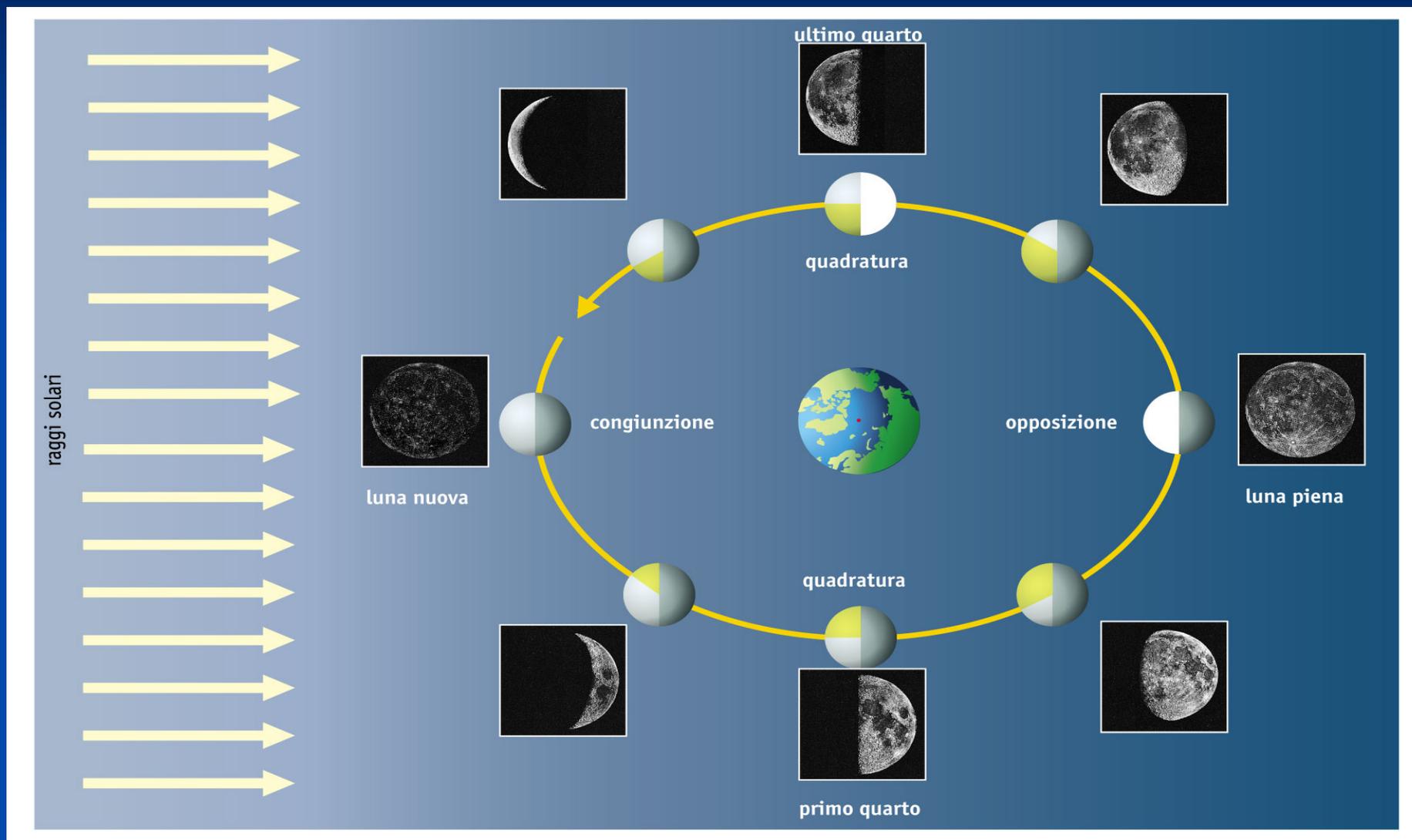
- Quando la Luna si trova dalla stessa parte del Sole, rispetto alla Terra, si dice che è in **congiunzione**: la sua faccia, essendo rivolta verso di noi, non viene illuminata e rimane quindi oscura. Si è quindi nella fase di



Fasi lunari

- Quando la Luna si trova dalla parte opposta al Sole, rispetto alla Terra, si dice che è in **opposizione**: la sua faccia viene illuminata. Si è quindi nella fase di **plenilunio (luna piena)**.
- Quando la Terra, la Luna e il Sole sono in **quadratura**, cioè disposti nello spazio in modo da occupare i vertici di un triangolo rettangolo, risulta per noi illuminato solo $\frac{1}{4}$ della superficie lunare. Le fasi corrispondenti sono quelle di **primo quarto** e **ultimo quarto**.
- Le posizioni della Luna nelle fasi di novilunio e di plenilunio vengono dette **sizigie**.

Schema delle fasi lunari



Le eclissi

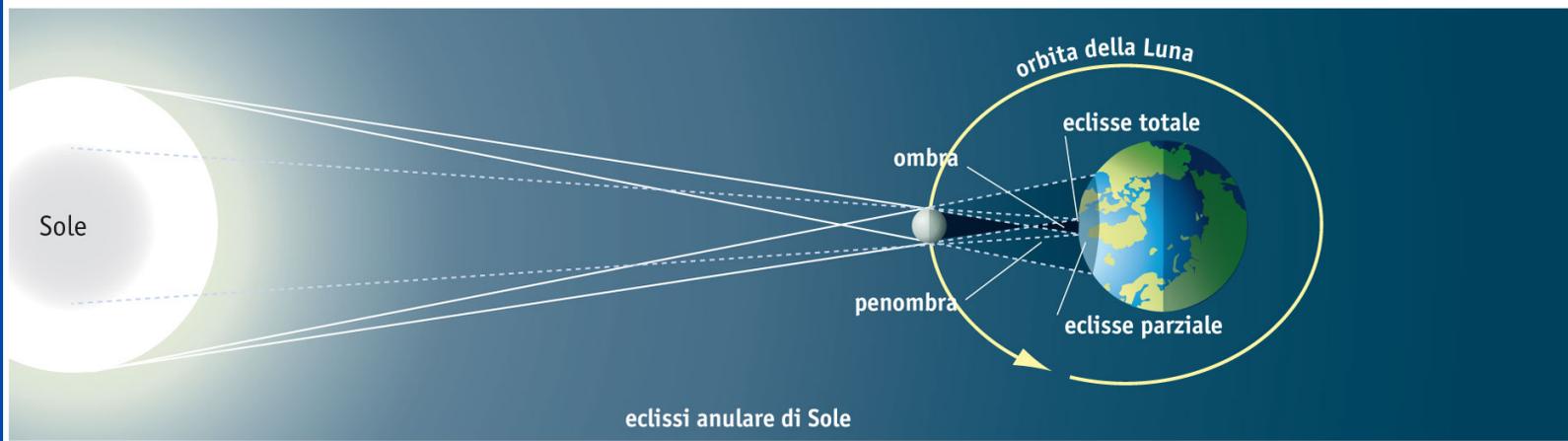
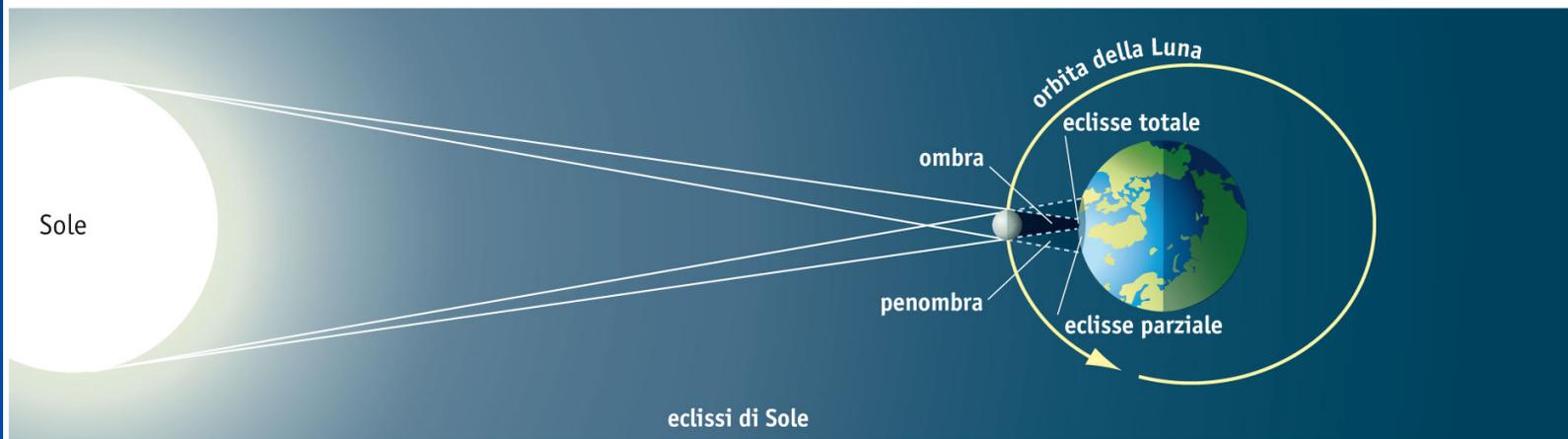
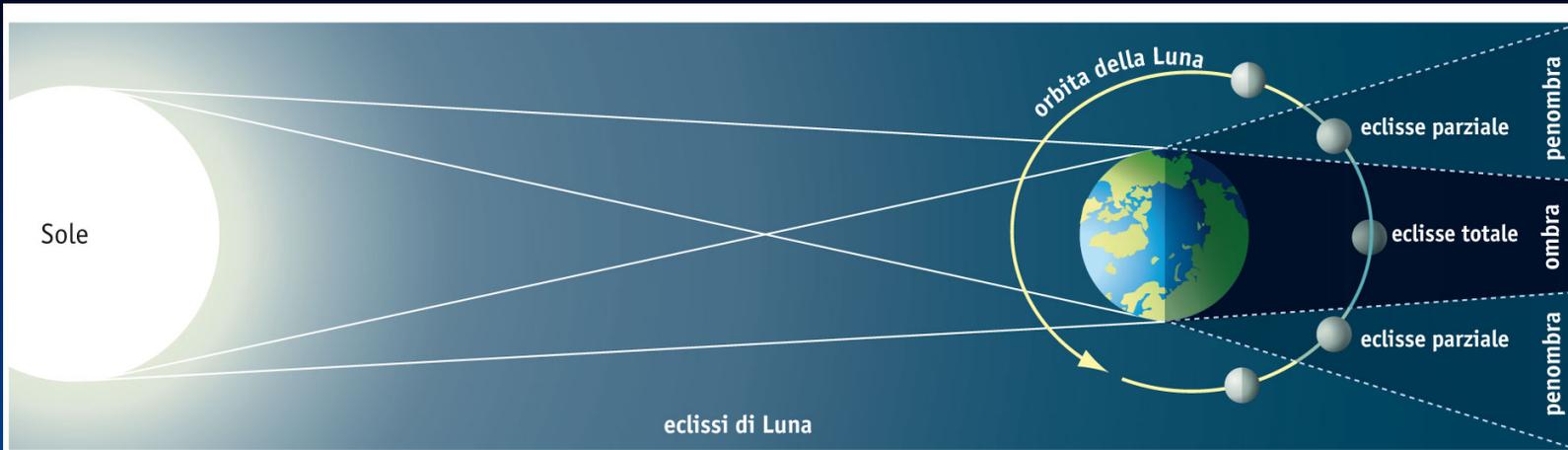
- La Terra e la Luna, essendo pressoché sferiche, investite da un fascio di luce producono un cono d'ombra.
- Quando uno di questi corpi celesti entra nel cono d'ombra dell'altro si verifica **un'eclisse**.
- Le condizioni necessarie al verificarsi di un'eclisse sono:
 - 1) Allineamento Sole-Terra-Luna
 - 2) Luna ai nodi

Tipologia delle eclissi

Le **eclissi di Luna** sono:

- **Totali**, quando la Luna è in plenilunio nei nodi
- **Parziali**, quando la Luna è in plenilunio ed in prossimità dei nodi.

L'eclisse di Sole si verifica quando la Luna, nella fase di novilunio, transita davanti al Sole: in questo caso il cono d'ombra è molto piccolo e solo nelle zone attraversate da esso è possibile osservare il fenomeno nella sua completezza (con Luna in perigeo e Terra in afelio si ha **eclisse totale** mentre con la Luna in apogeo si hanno **eclissi anulari**).



Eclissi anulare di Sole



(S. Brunière, *Ciel & Espace*)

Considerazioni sulle eclissi

- Mediante calcoli di trigonometria sferica si dimostra che, perché si verifichi una eclisse lunare, anche parziale, è necessario che la distanza Sole-nodo sia generalmente minore di circa $9^{\circ},9$ (valore che eccezionalmente può arrivare anche a $12^{\circ}15'$); per una eclisse totale tale distanza deve essere minore di $4^{\circ},6$. Affinché si verifichi una eclisse di Sole è necessario che la distanza Sole-nodo sia inferiore a $15^{\circ},5$ (eccezionalmente $18^{\circ}31'$).
- Le eclissi di Sole sono quindi più frequenti di quelle di Luna.

Il ciclo di Saros o periodo delle eclissi

- Dopo un periodo di 18 anni e 10 giorni (o 11 giorni, dipende dal numero di anni bisestili compresi in 18 anni, che possono essere 4 o 5), le eclissi si ripetono nello stesso modo.
- Tale periodo viene detto ciclo di **Saros** e comprende 84 eclissi, metà (circa) di Sole e metà di Luna.

Le occultazioni lunari



“Occultazione lunare di Saturno” - Colli Euganei, 2 marzo 2007
Somma di 40 frames per immagine, con esposizione diversa per luna e Saturno
Telescopio Schmidt Cassegrain 235 mm f-10 Web Camera Philips Vesta
Immagine di Mauro Zorzenon (Circolo ASTrofilo Talmassons)



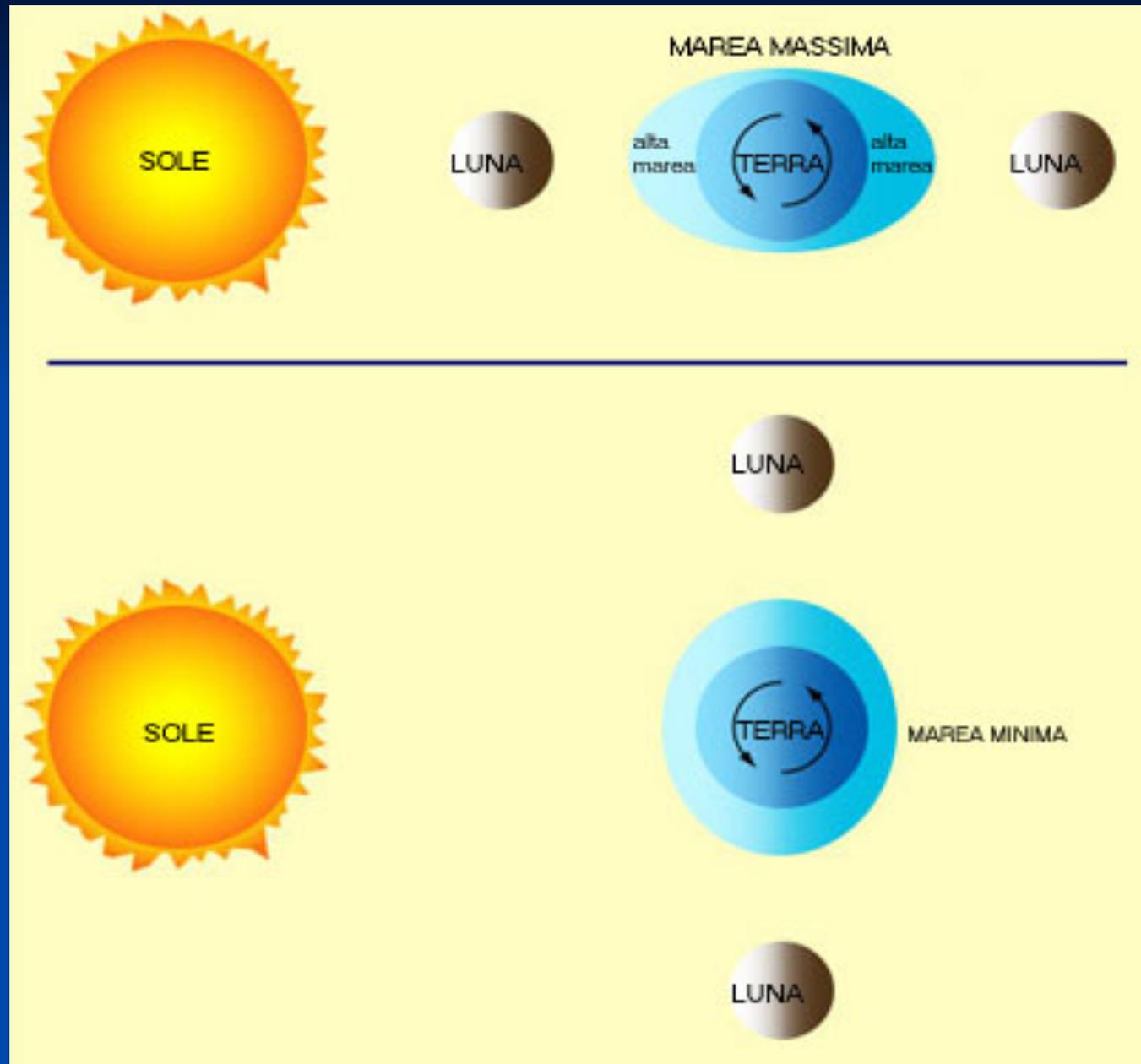
**“Occultazione lunare di Saturno - l’ingresso” - Colli Euganei, 2 marzo 2007 03:30 T.U.
Esposizioni di 1/250 sec + 1/15 sec con Canon EOS 300D a 200 ISO - Telescopio Schmidt Cassegrain 235 mm f-6,3
Immagine di Mauro Zorzenon (Circolo ASTrofilì Talmassons)**



Le Maree



Marea sigiziale

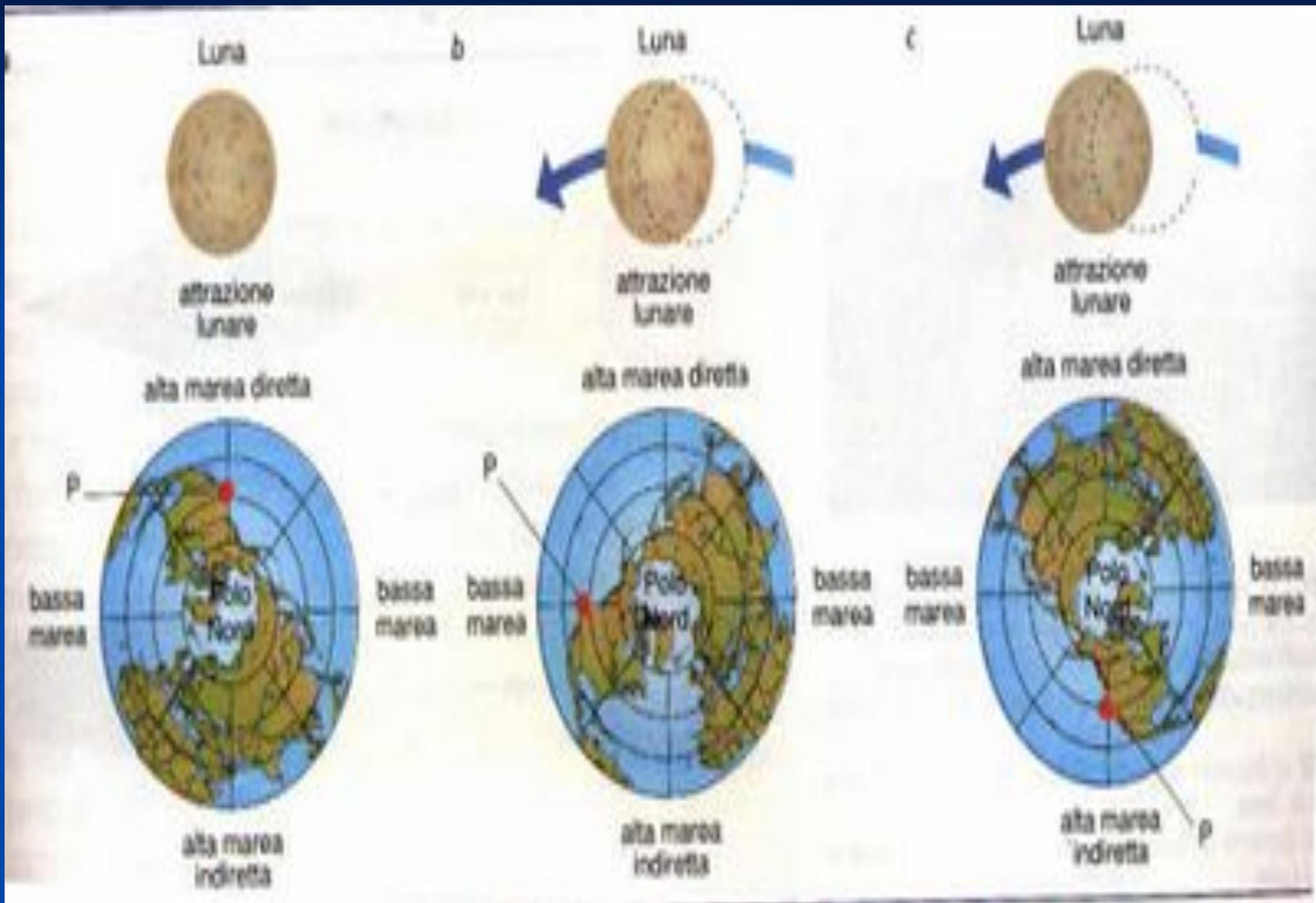


Marea di
quadratura

Maree Luni-solari

- Anche il Sole provoca due maree, la cui escursione è un po' meno della metà di quelle lunari.
- I due gruppi di maree non sono sincroni: quelle solari si ripetono ogni 24h, mentre quelle lunari si ripetono ogni 24h e 50' (giorno lunare).
- In 24h la Luna percorre infatti oltre 12° della propria rivoluzione, angolo che la rotazione terrestre copre appunto in circa 50'.
- Nelle sizigie le forze gravitazionali di Sole e Luna si sommano, generando le massime escursioni di marea.

■ L'ampiezza di marea dipende anche dalla natura



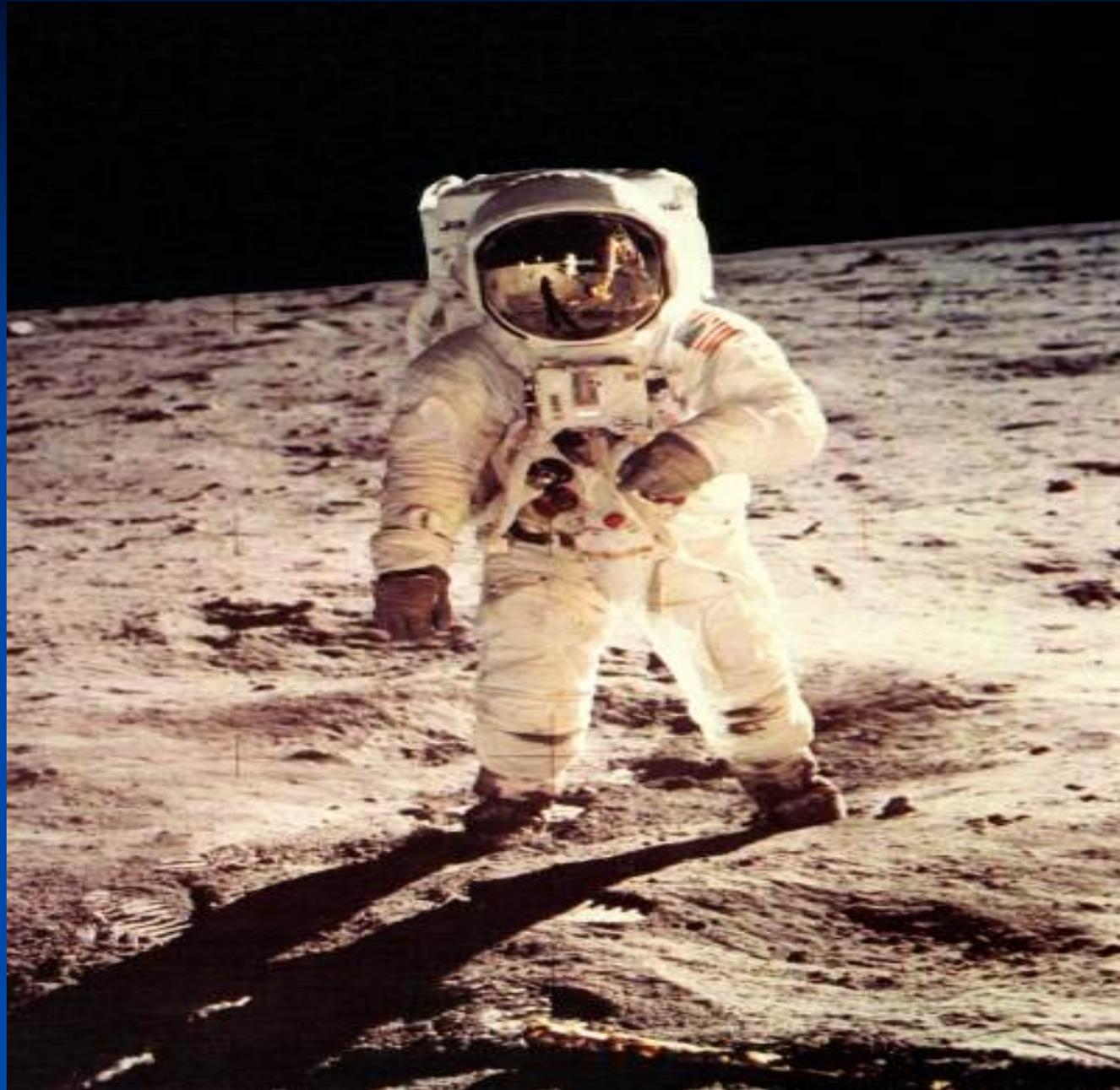


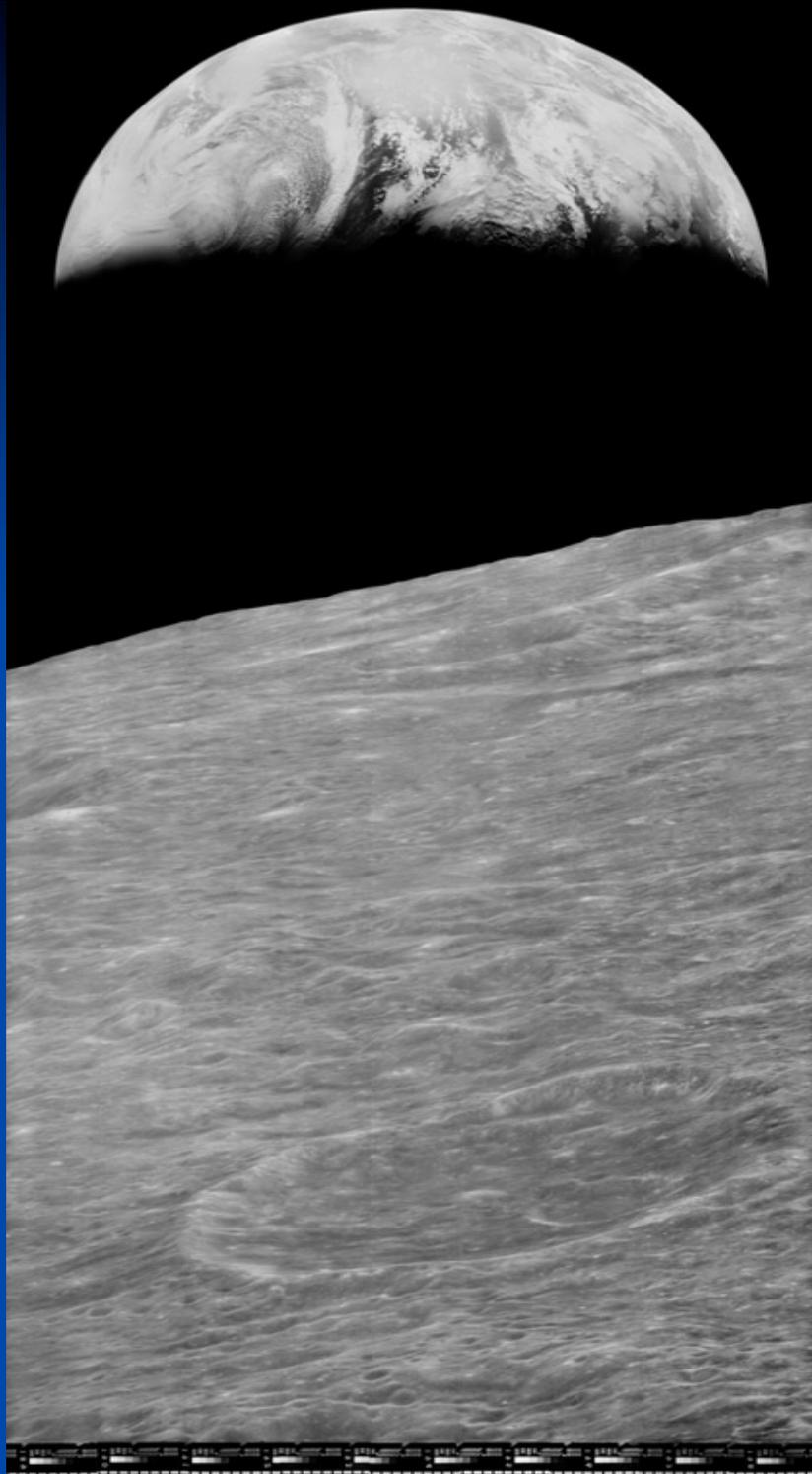






Bassa marea a St. Malò in Bretagna





**... mentre la Luna è prossima a le soglie
cerule e par che innanzi a sé distenda un velo
ove il nostro sogno si giace ...**

(La sera fiesolana – G. D'Annunzio)



Impressione Onirica – H. Rousseau (1897)