IL SISTEMA TERRA LUNA

Cristian Baccani

Corso di Astronomia 2

SAF

Società Astronomica Fiorentina
www.astrosaf.it - presidentesaf@gmail.com
tel. 377 1273573

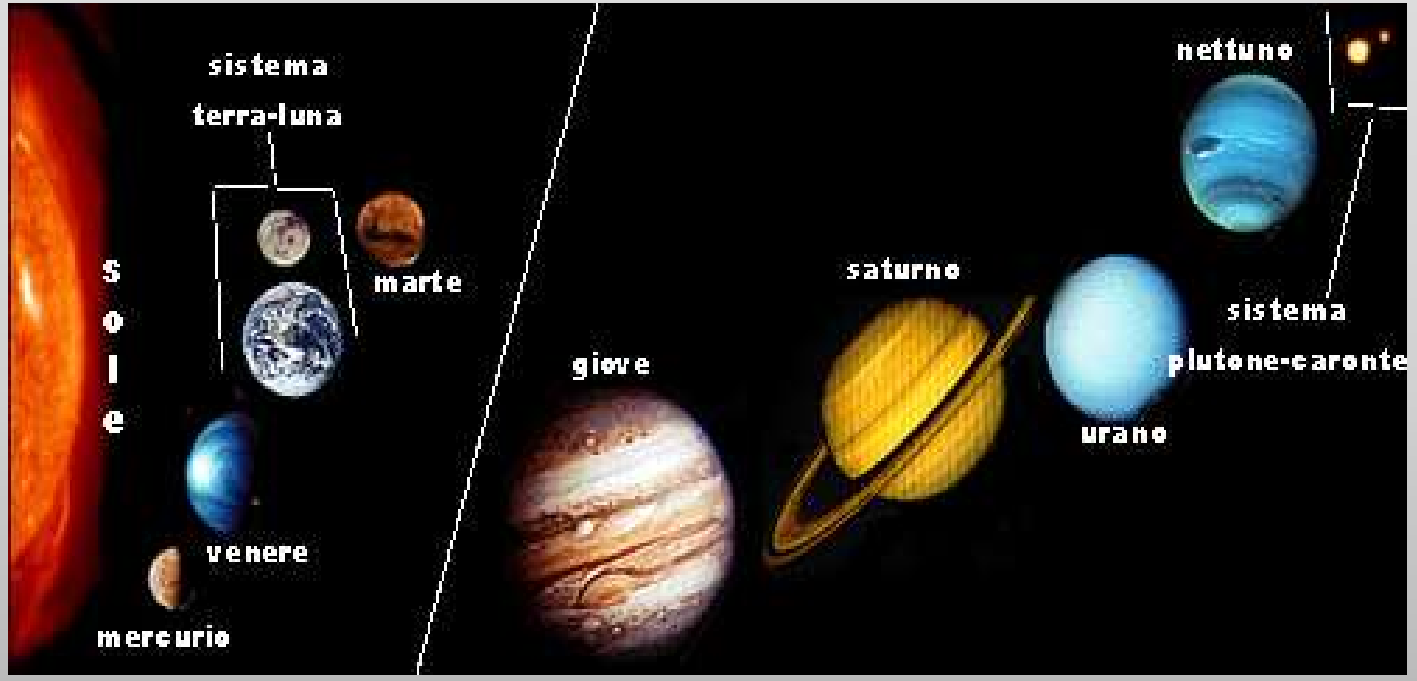
DELEGAZIONE DELL'UNIONE ASTROFILI ITALIANI

Indice Argomenti

- Introduzione al sistema Terra Luna nel sistema solare
- Formazione della Terra
- Fisica della Terra
- Prime osservazioni della Luna
- Teorie sulla formazione della Luna
- Fisica della Luna
- Importanza della Luna e vita sulla Terra
- Le fasi lunari
- Orbita della luna e librazione
- Le Maree
- Eclissi lunare e solare
- Sviluppi futuri dell’esplorazione

IL SISTEMA TERRA LUNA

- Terra e Luna sono un sistema doppio planetario: due pianeti formatisi autonomamente, ma che si muovono insieme e si influenzano reciprocamente.
- Unico nel sistema solare con il satellite di dimensioni paragonabili alla Terra.
- Giove e Saturno hanno tanti satelliti, ma tutti di dimensioni molto ridotte rispetto al pianeta.
- Conseguenze molto importanti per lo sviluppo della vita e regolazioni delle stagioni.



https://www.scienzita.it/lezioni/scienze_terra/sistema_solare.html

LA FORMAZIONE DELLA TERRA

- Circa 4,6 miliardi di anni fa, il nostro sistema solare era composto da una nube discoidale di gas e polveri
- Le polveri si aggregarono a formare corpi più grandi, veri e propri ammassi rocciosi con dimensioni anche di diverse centinaia di chilometri.
- Alcuni di questi corpi planetari raggiunsero una massa tale da esercitare una forza gravitazionale sui corpi rocciosi circostanti.

FORMAZIONE DELLA TERRA

Différents états et couleurs de la Terre, Institut de Physique du Globe de Paris (Août 2012)

- 4,5 miliardi di anni fa tramite un processo di collisione e accrezione di corpi rocciosi.
- La Terra primordiale era molto diversa dall'attuale, un pianeta estremamente caldo costituito principalmente da magma fuso.
- Nel corso di centinaia di milioni di anni, iniziò a raffreddarsi. Gli elementi più pesanti formarono il nucleo, mentre la superficie si solidificò.
- Il magma rimase fuso sotto la superficie formando il mantello.
- Circa tra 3 e 4 miliardi di anni fa iniziò la tettonica delle placche.
- Il campo magnetico terrestre si è formato poco più di 3,5 miliardi di anni fa.

PIANETA TERRA

Diametro medio	**12745,594 km**
Massa	**$5{,}9726 \times 10^{24}$ kg**
Densità media	**$5{,}514 \times 10^{3}$ kg/m³**
Acceleraz. di gravità in superficie	**9,7801 m/s² all'equatore (0,99732 g) , media 9.81 m/s²**
Velocità di fuga	**11186 m/s**
Periodo di rotazione	**1 giorno pari a medi (23,93448 ore)**
Velocità di rotazione (all'equatore)	**465,11 m/s**
Inclinaz. dell'asse sull'eclittica	**23,439281°**
Temperatura superficiale	**288 K (15 °C) (media)**
Semiasse maggiore	**149 597 887,5 km**
Perielio	**147 098 074 km**
Afelio	**152 097 701 km**
Periodo orbitale	**1,0000175 anni 365,256366 giorni**
Velocità orbitale	**29,789 km/s (media)**

La Terra fotografata dagli astronauti dell'Apollo 17.
The Blue Marble, su *visibleearth.nasa.gov*, NASA.

PRIME OSSERVAZIONI LUNARI

- Nel 1609, Galileo Galilei puntò il suo telescopio sulla Luna e scoprì che la sua superficie non era liscia, bensì composta da vallate, monti e crateri da impatto.
- Notò la presenza di montagne alte fino a 8.000 metri e disegnò come le loro ombre cambiano con il movimento del Sole.
- La stima dell'elevazione dei rilievi lunari fu realizzata sfruttando la conoscenza del diametro lunare ed osservando la distanza delle vette montuose dal terminatore.
- Misurazioni moderne hanno confermato la presenza di monti che, avendo origine differente da quelli terrestri, data la minor gravità lunare giungono ad 8 km di elevazione.
- Fu il primo a vedere i crateri lunari, smentendo l'idea che la Luna fosse una sfera perfetta.

Xilografie sull'aspetto della Luna pubblicate nel *Sidereus Nuncius* (1610), ricavate dagli acquerelli di Galileo.

MAPPA LUNARE

- **Mari:** sono ampie depressioni piene di lava basaltica raffreddata, che appaiono più scure.
- **Montagne:** si sono formate dopo i catastrofici impatti di asteroidi su larga scala, considerando che la Luna non ha alcuna atmosfera che la protegge. Le montagne sono i bordi di questi antichi impatti.
- **Appennini:** al bordo meridionale del Mare Imbrium e si estendono per circa 600 km, la cui vetta più alta è il Monte Huygens, che con i suoi 5500 m di altezza.
- **Montes Alpes**: così noti perché ufficialmente battezzati con il nome latino delle Alpi, sono una catena montuosa situata sulla parte dell'emisfero settentrionale, a est del Mare Imbrium.
- **Crateri:** si sono formati con impatti da asteroidi e possono raggiungere diametri di 100km.

Mari sono formazioni basaltiche residue di vecchie colate laviche solidificate, che riflettono molto meno la luce, rispetto alla superficie montuosa e coperta di crateri, che risulta chiara e luminosa.

da Wikimedia Commons

https://www.globalscience.it/47080/leterogeneita-del-mantello-terrestre-conferma-la-teoria-dellimpatto-gigante/

FORMAZIONE DELLA LUNA

- La Luna si sarebbe formata 4,5 miliardi di anni fa, da un'enorme collisione tra la Terra e un planetoide Theia
- Durante le missioni Apollo si sono raccolte rocce, che mostrano elementi chimici corrispondenti a quelli della crosta terrestre
- La somiglianza nella composizione isotopica dell'ossigeno e nella composizione chimica tra le rocce terrestri e quelle lunari supporta la teoria dell'impatto
- L'impatto è avvenuto circa 30-40 milioni di anni dopo la formazione della Terra. L'energia liberata dalla collisione ha anche alterato la durata della rotazione terrestre
- È possibile che Theia abbia anche contribuito all'apporto di acqua sulla Terra.
- https://youtu.be/Jel3Sz432xY

FORMAZIONE DELLA LUNA

- **Teoria della cattura**, il satellite si sarebbe formato in una zona lontana dalla Terra e poi sarebbe stato attratto dal suo campo gravitazionale
- **Teoria dell'accrescimento,** si ipotizzò che la Luna fosse nata a partire da una nube di gas che avvolgeva la Terra. Questa coltre si sarebbe poi addensata a formare il corpo celeste
- **Teoria del doppio impatto,** che attribuisce la nascita della Luna a una seconda collisione della nube di detriti con la Terra. In quanto si ritiene improbabile che un solo impatto possa aver formato un satellite cosi grande

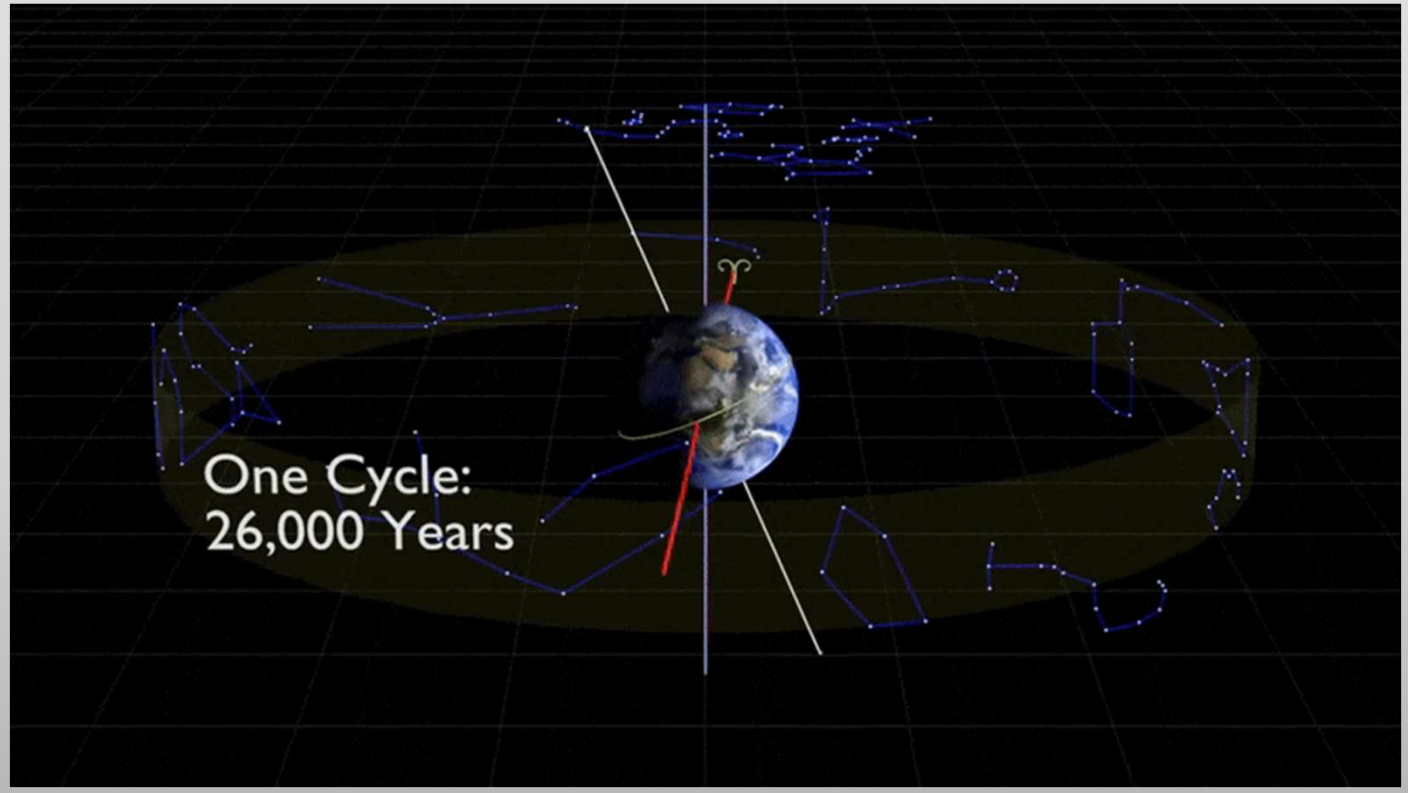
- La Luna ruota attorno alla Terra con la stessa velocità con cui ruota attorno al suo asse (impiega 27 giorni e qualche ora) e quindi vediamo soltanto una faccia, sempre la stessa. Questa accredita sicuramente la teoria dell'impatto catastrofico con un altro pianeta Theia

LUNA

Diametro medio	3476 km
Schiacciamento	0,0012[1]
Superficie	37930000 km²
Volume	$2{,}1958\times10^{19}$ m³[1]
Massa	$7{,}342\times10^{22}$ kg[1]
Densità media	$3{,}3462\times10^{3}$ kg/m³
Acceleraz. di gravità in superficie	1,622 m/s² (0,1654 g)
Velocità di fuga	2380 m/s[1]
Periodo di rotazione	Rotazione sincrona
Velocità di rotazione (all'equatore)	4,627 m/s
Inclinaz. dell'asse sull'eclittica	1,5424°
Temperatura superficiale	•40 K (−233,2 °C)[2] (min) •250 K (−23 °C) (media) •396 K (123 °C) (max)

IMPORTANZA DELLA LUNA PER LA VITA

- La presenza della Luna stabilizza l'asse di rotazione terrestre.
- Asse terrestre inclinato di 23°25' e grazie alla forza di gravità della Luna.
- Precessione degli equinozi ogni 26000 anni.
- Altrimenti l'asse terrestre subirebbe oscillazioni molto grandi, che potrebbe arrivare fino a 85°.
- I poli si troverebbero al posto dell'equatore e viceversa con effetti gravissimi sulle stagioni e sull'evoluzione della vita



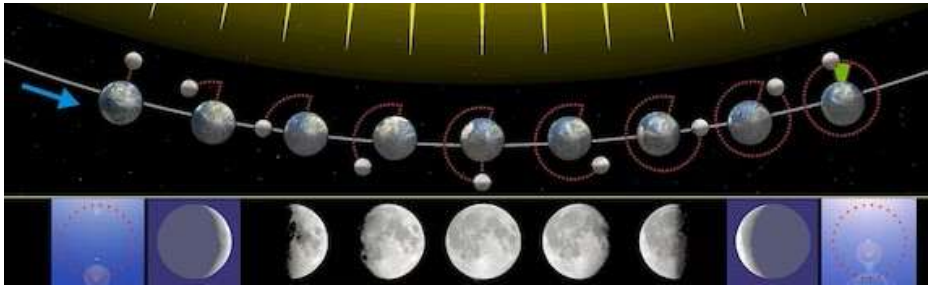
https://astronomy.stackexchange.com/questions/59504/how-would-precession-be-perceived-for-an-axial-tilt-of-only-1

IMPORTANZA DELLA LUNA PER LA VITA

- **Stabilizzazione dell'asse terrestre:** asse 0° assenza completa di stagioni, 85° (condizione estrema) zone perennemente al buio e altre per mesi al sole. L'alternarsi di queste condizioni renderebbe l'evoluzione della vita complessa estremamente difficile.
- **Alterazione del clima globale:** l'assenza di maree altererebbe la dinamica delle correnti marine, combinato con l'assenza di stagioni regolari, produrrebbe periodi di glaciazione e cambiamenti climatici repentini ed estinzioni di massa delle specie viventi.
- **Rallentare la velocità di rotazione terrestre:** la luna si allontana di 3.8cm all'anno a causa dei movimenti mareali terrestri, serviranno 50 mld di anni affinchè lasci l'orbita terrestre! Senza la Luna la Terra avrebbe dei giorni molto più brevi.
- **Conservazione momento angolare:** allontanandosi dalla terra farà rallentare lentamente la durata del giorno terrestre (24 milionesimi di secondo all'anno).

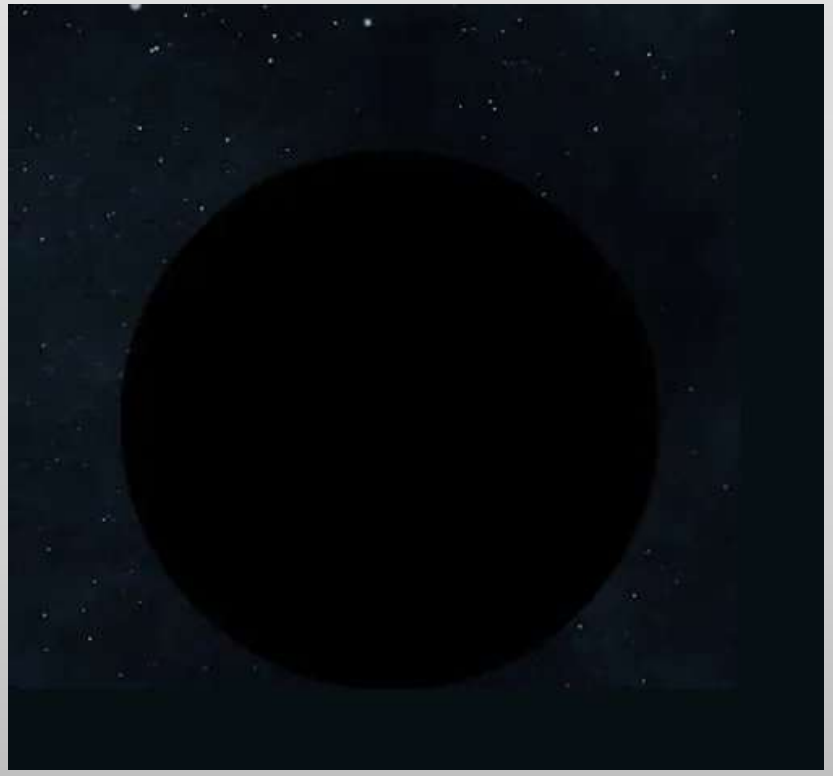
FASI LUNARI

- Le **fasi lunari** descrivono il diverso aspetto che la Luna mostra verso la Terra durante il suo moto, a causa della diversa posizione della Terra, Luna e Sole.
- La Luna compie una **rivoluzione attorno alla Terra in 27 giorni, 7 ore, 43 minuti e 11 secondi** (mese siderale).
- Il **mese lunare** (ovvero il periodo compreso fra due Lune nuove) ha invece una durata media di **29 giorni, 12 ore, 44 minuti e 3 secondi**.

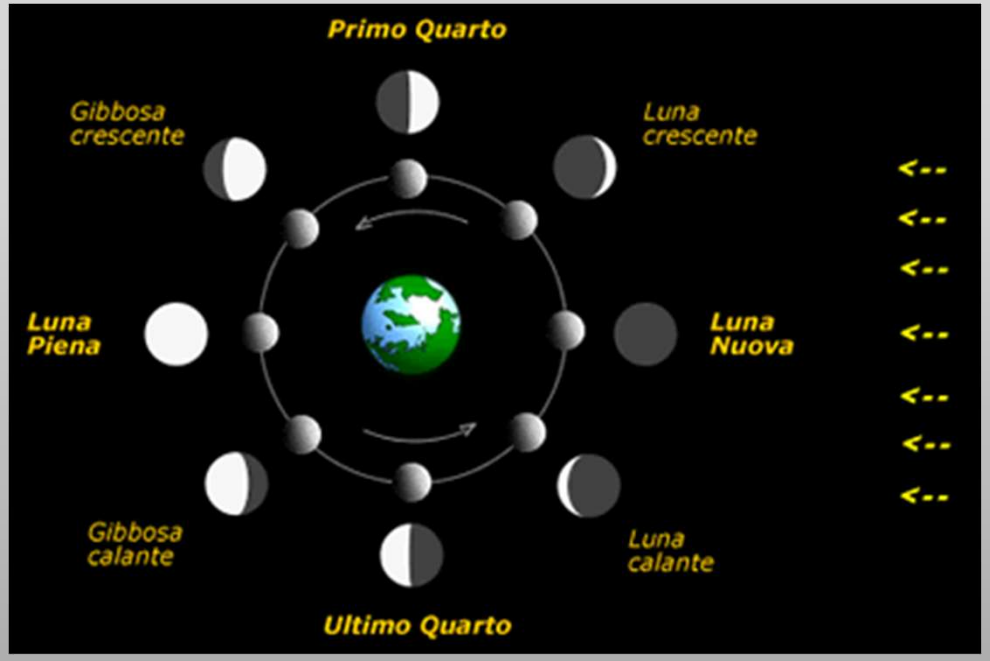


https://www.vincenzogalasso.eu/le-fasi-lunari/

FASI LUNARI



- **Luna piena (Plenilunio):** Luna completamente illuminata.
- **Gibbosa calante:** Illuminata meno della metà, a sinistra.
- **Ultimo quarto:** Viene illuminata metà della luna a sinistra.
- **Luna calante:** La porzione illuminata si riduce progressivamente fino a scomparire con la luna nuova successiva.
- **Luna nuova (Novilunio):** La Luna appare scura.



https://cultura.biografieonline.it/luna-fasi-lunari/

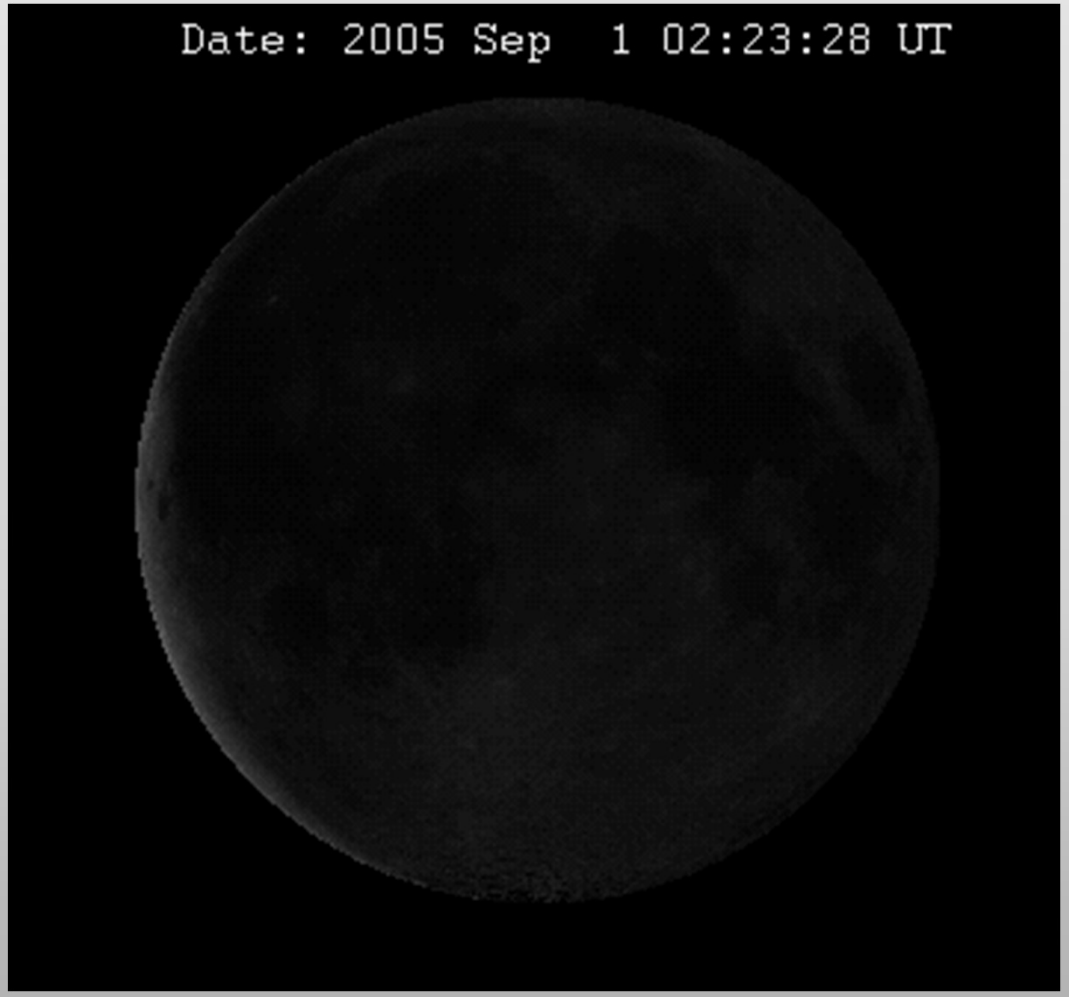
- **Luna nuova (Novilunio):** La Luna appare scura.
- **Luna crescente:** Fase crescente illuminata a destra, primo quarto.
- **Primo quarto:** Viene osservata metà della faccia lunare illuminata a destra.
- **Gibbosa crescente:** La porzione illuminata visibile è più della metà.

ORBITA DELLA LUNA E LIBRAZIONE

- La Luna è l'unico satellite naturale del nostro pianeta che brilla grazie alla riflessione della luce del Sole.
- Ha un diametro pari a circa 1/4 del nostro pianeta ed orbita intorno alla Terra ad una distanza di circa 384 mila km con un periodo di 27 giorni, 7 ore, 43 minuti, 11,5 secondi. Non ha atmosfera e la gravità sulla sua superficie è pari ad 1/6 di quella terrestre.
- Dal momento che la Luna durante la sua orbita intorno alla Terra ci mostra sempre la stessa faccia, in tutta la nostra della civiltà umana abbiamo potuto vedere solo la metà della superficie lunare, quella rivolta verso di noi: l'altra metà ci era completamente preclusa e nessuno l'aveva mai osservata.
- Grazie alle sonde spaziali lanciate nel secolo scorso, in particolare la sonda sovietica Luna 3 del 1959 riuscì a fotografare per la prima volta la parte nascosta Luna.

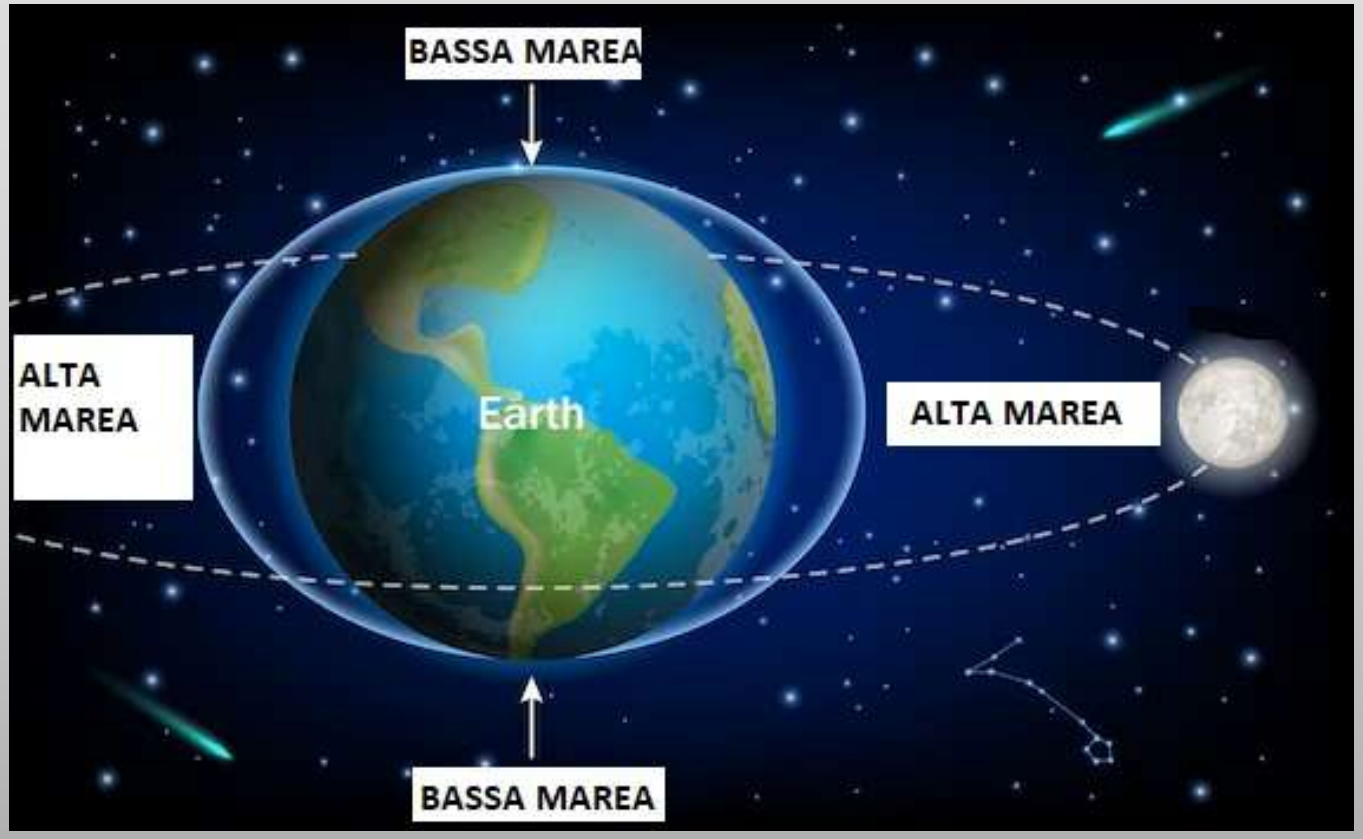
LIBRAZIONE DELLA LUNA

- L’orbita della Luna non è perfettamente circolare.
- Da Terra possiamo notare delle “oscillazioni” nell'orientamento della Luna che ci hanno permesso di conoscere una percentuale della superficie della Luna leggermente superiore alla metà esatta.
- Osservando le immagini della Luna in un mese possiamo apprezzare l’effetto della librazione.

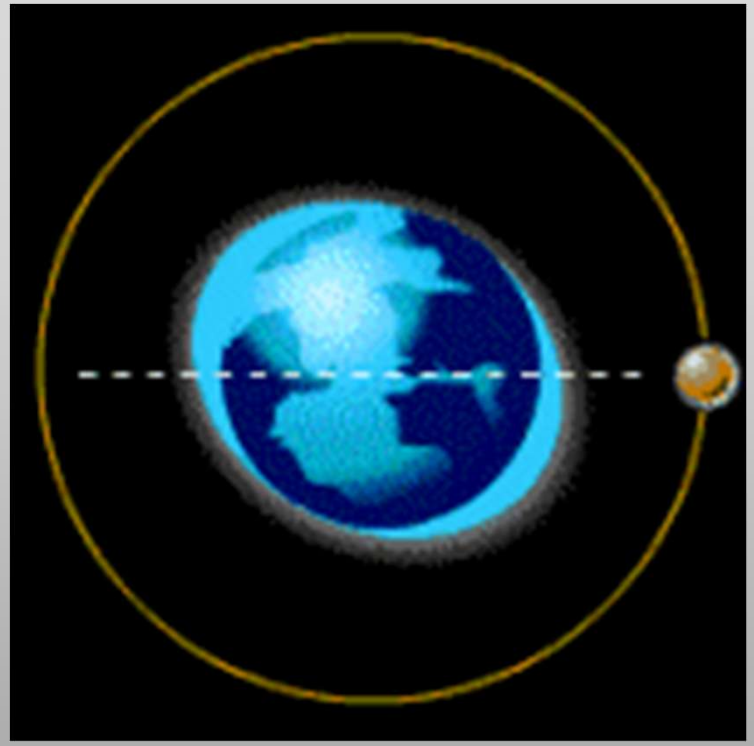


MAREE

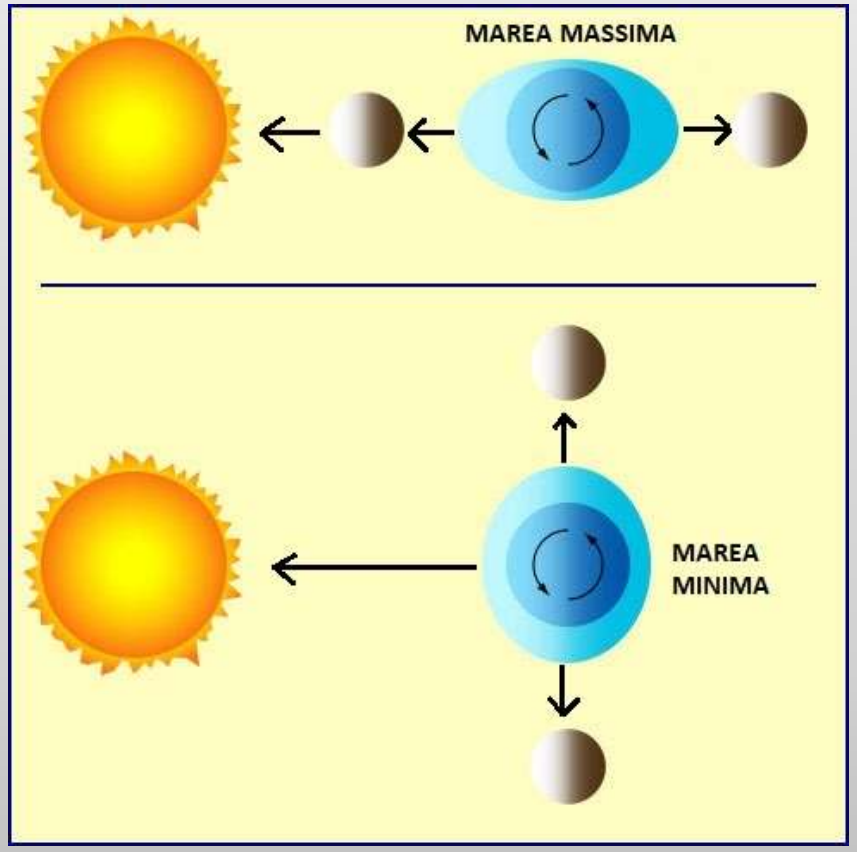
- Luna e Sole attraggono l’acqua degli oceani per la forza gravitazionale.
- La Luna è abbastanza vicino da attrarre gravitazionalmente l'acqua degli oceani formando un flusso di marea sul lato della Terra rivolto verso di essa e su quello opposto.
- Anche il Sole esercita una forza di attrazione gravitazionale che crea una marea terrestre, ma molto meno evidente dell’effetto lunare



MAREE



https://www.ocean4future.org/savetheocean/archives/28099



- Marea massima quando Luna e Sole sono allineati ed esercitano massima attrazione gravitazionale sui mari ed oceani
- Marea minima quando Luna e Sole esercitano attrazione gravitazionale in direzioni ortogonali rispetto al centro della Terra

MAREE

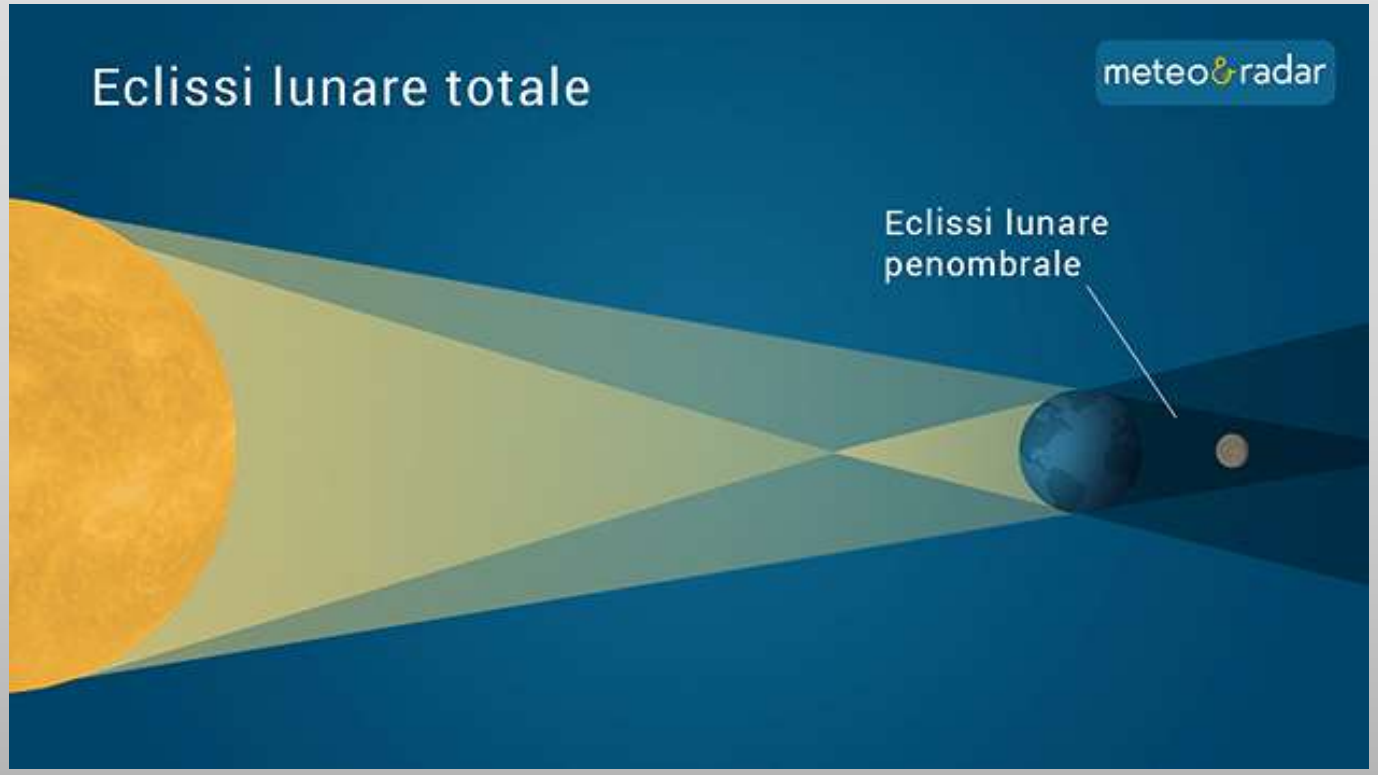
- La forma dei continenti, insieme alla topografia delle loro coste e le correnti oceaniche influiscono sulla massa d'acqua in movimento generando diversi cicli di marea con frequenze diverse:

- **maree diurne** – i picchi di alta marea si presentano ogni 24 ore (Grandi golfi e penisole)
- **maree semidiurne** – i picchi di alta marea sono più frequenti, circa ogni 12 ore. Sono le maree che si verificano nella maggior parte delle coste del mondo;
- **maree semidiurne miste** – presentano differenze di altezza tra due maree successive (Costa Ovest degli USA e sud est asiatico)

Nella foto la baia di Mont-Saint-Michel in Normandia, dove l'acqua e le sabbie che collegano la baia all'isolotto abitato si combinano per dare maree fino a 14 metri di dislivello.

ECLISSI LUNARE

- Il nostro pianeta impedisce quindi alla luce solare di raggiungere la Luna.
- Nella eclissi di Luna, il satellite non scompare ma appare rosso.



ECLISSI LUNARE

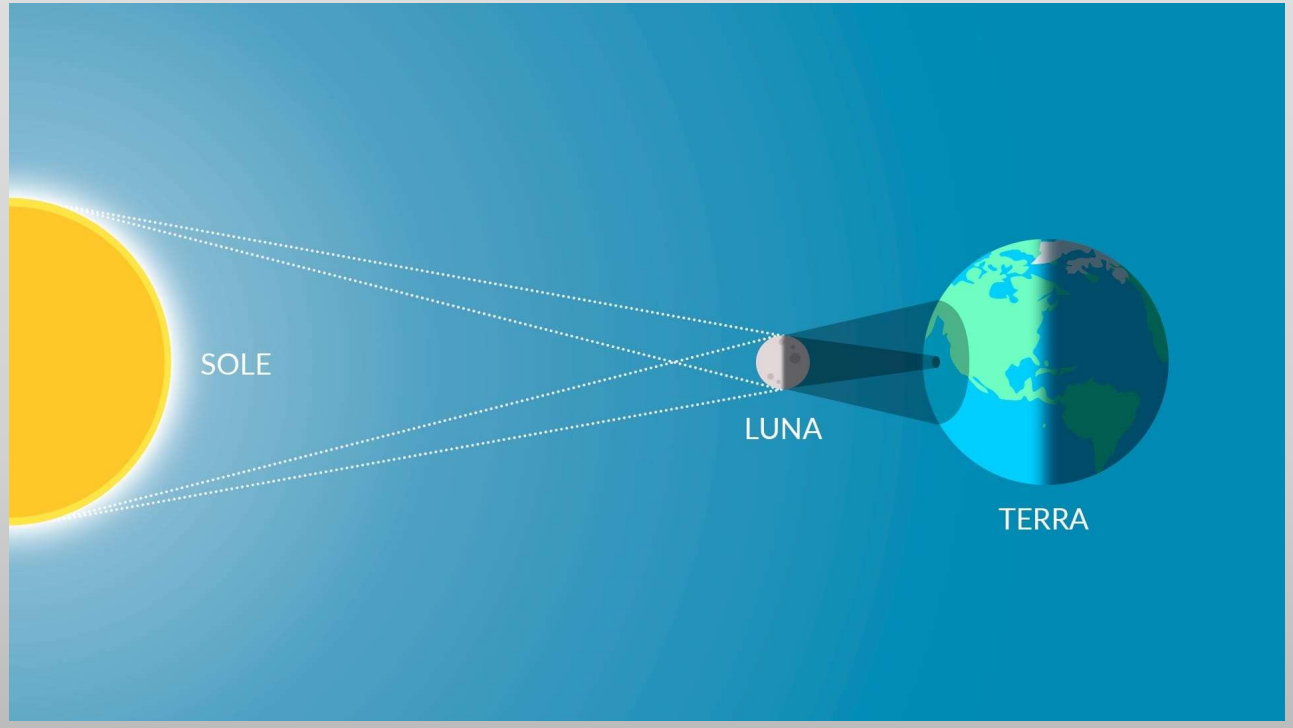
- Il colore si deve al fatto che la componente rossa della luce solare viene rifratta dall'atmosfera terrestre fino ad arrivare sulla Luna, mentre la componente blu viene dispersa nell'atmosfera.
- In un anno si verificano in genere due o tre eclissi lunari (totali, parziali o di penombra), ma il numero massimo può arrivare a cinque. La frequenza varia a causa dell'allineamento dell'orbita lunare con il piano dell'eclittica

Eclissi di Luna dello scorso 7 Settembre 2025

ECLISSI SOLARE

ECLISSI TOTALE

- Il fenomeno dell'eclissi solare è dovuta alla sovrapposizione della figura geometrica della Luna che occulta il Sole.
- Osserviamo un'eclissi totale quando la Luna blocca completamente la vista del Sole dalla Terra, creando un'ombra totale.
- L'ombra viene proiettata su piccole porzioni della superficie terrestre



https://vitotechnology.com/

ECLISSI SOLARE

- Durante una eclissi totale il cielo si fa completamente scuro e si possono vedere le stelle e i pianeti nel cielo anche in pieno giorno
- Si può evidenziare perfettamente la corona solare che può essere osservata nella sua grandezza anche se per pochi minuti
- Esistono particolari strumenti che simulano l'eclisse di Sole e che permettono di studiare la Corona Solare in un tempo decisamente più lungo.

ECLISSI SOLARI

- ECLISSI PARZIALI

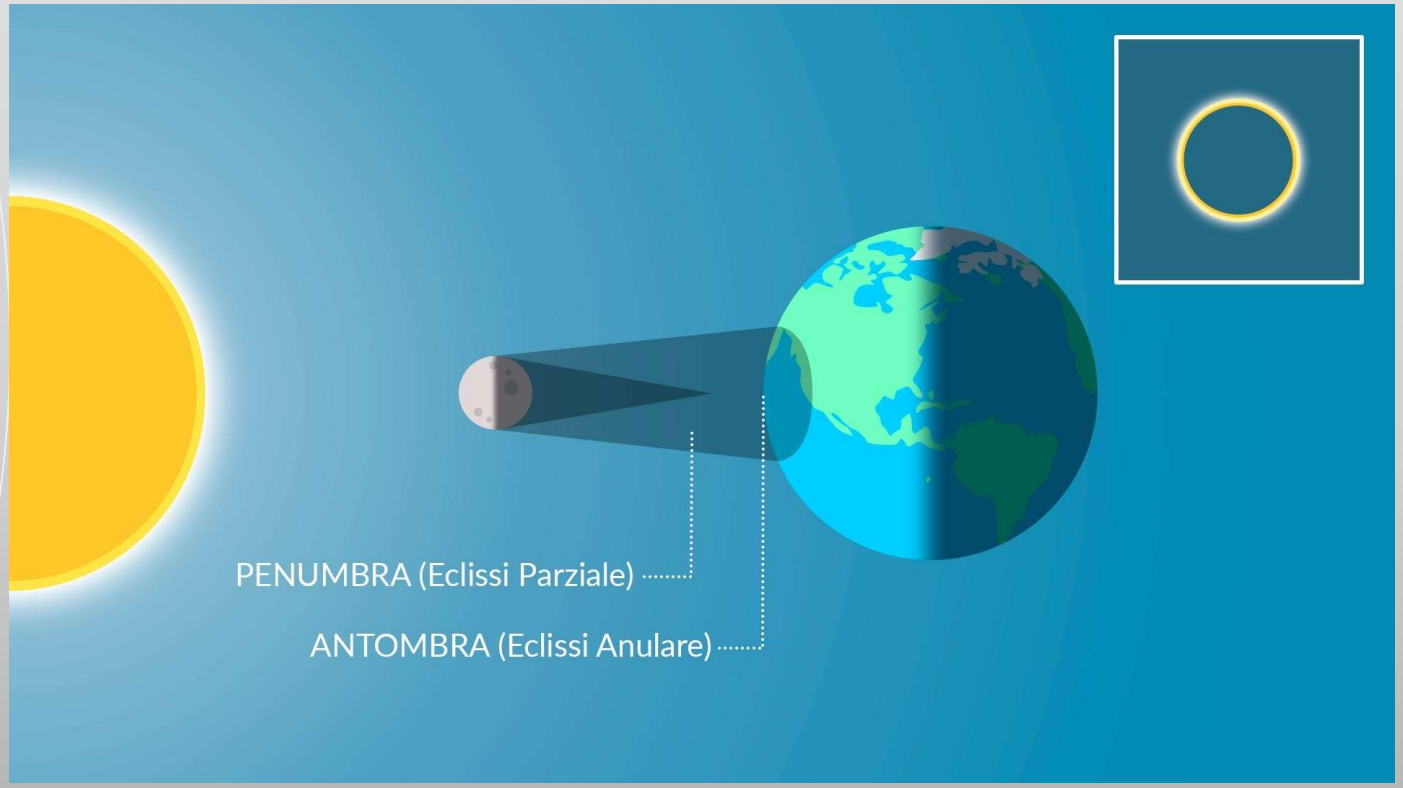
Un'eclissi solare parziale si verifica quando la Luna copre solo una parte del disco solare. Ciò accade quando il Sole, la Luna e la Terra non formano una linea perfettamente dritta, così la Luna proietta solo un'ombra parziale o penombra.

https://vitotechnology.com/

ECLISSI SOLARI

ECLISSI ANULARI

- Un'eclissi solare anulare si verifica quando la Luna passa tra il Sole e la Terra mentre è all'apogeo.
- Quando la Luna è lontana dalla Terra, la sua dimensione angolare è troppo piccola per coprire completamente il Sole e si ha l'effetto ad anello di fuoco ai bordi del disco.

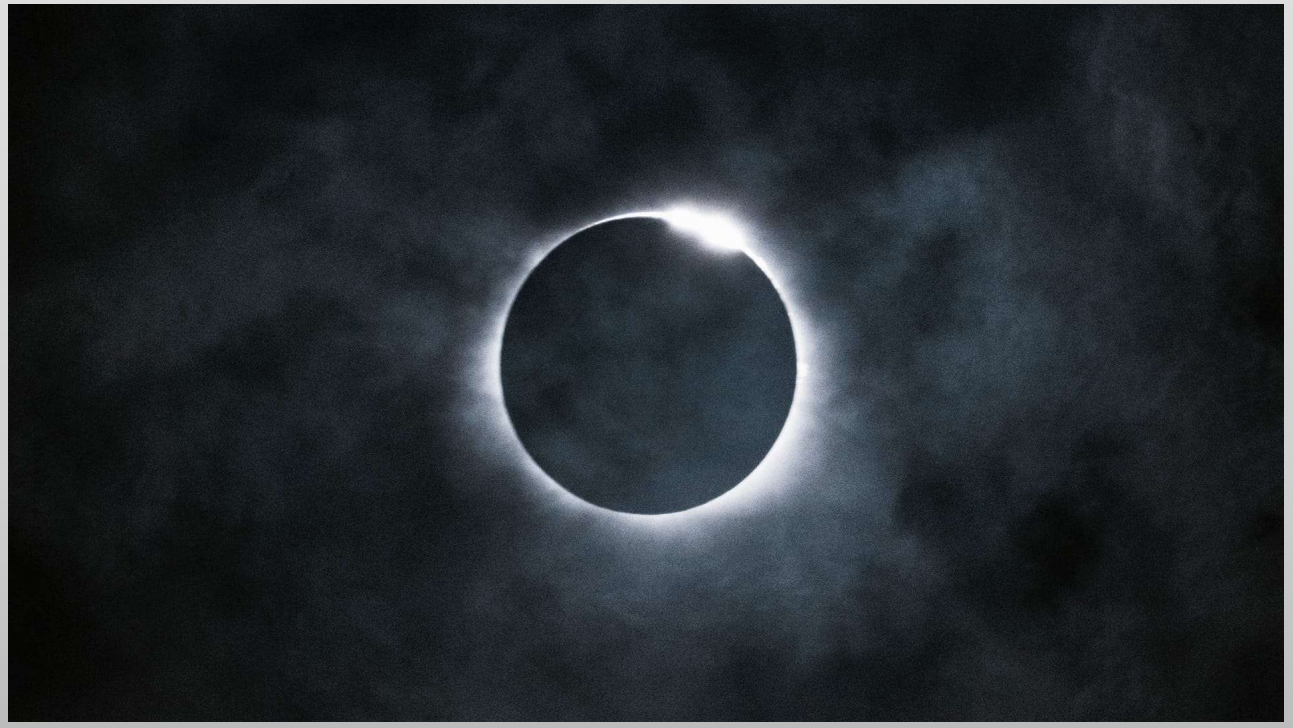


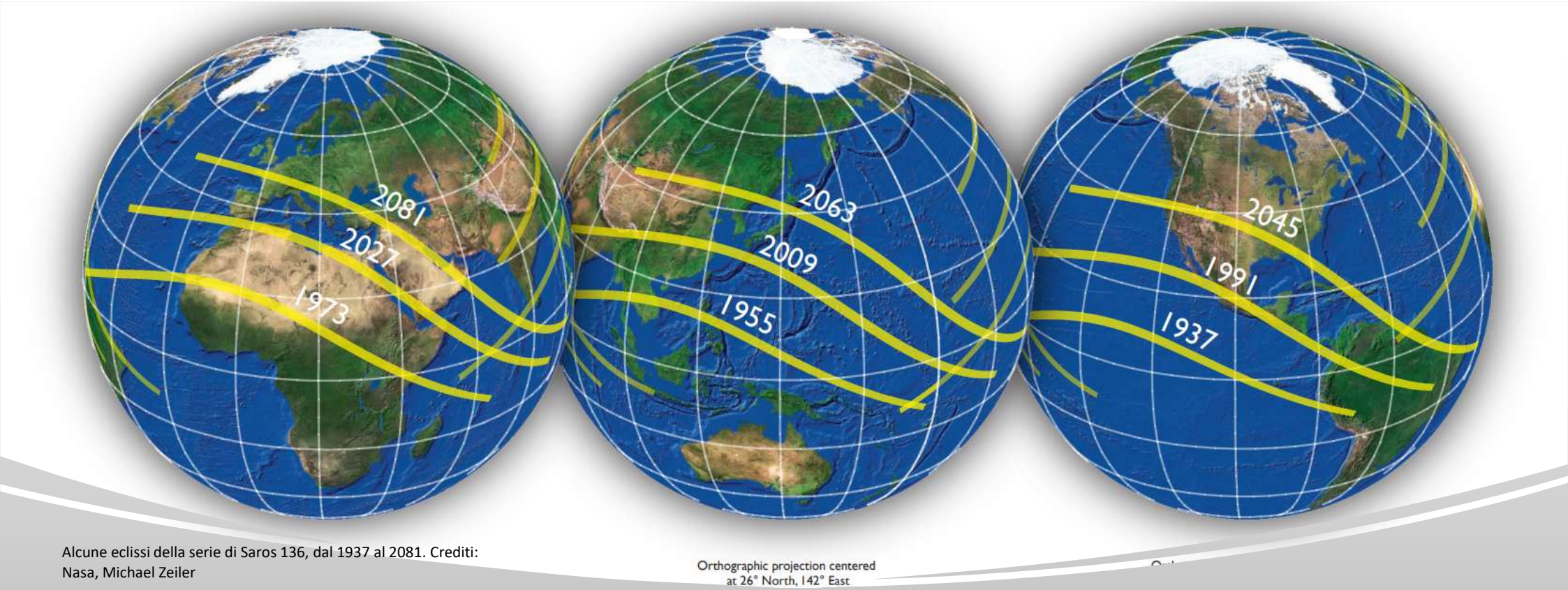
https://vitotechnology.com/

ECLISSI SOLARI

PERLE DI BAILY E ANELLO DI DIAMANTE

- Quando il disco lunare sta per coprire completamente il Sole, gli ultimi raggi di luce solare passano attraverso montagne e valli della Luna, creando una serie di punti che assomigliano a un filo di perle. Da qui il nome **Perle di Baily** - in onore dell'astronomo inglese Francis Baily.
- **L'Anello di Diamante** si osserva quando rimane solo una "perla", che appare come un diamante luminoso in un anello brillante.





Alcune eclissi della serie di Saros 136, dal 1937 al 2081. Crediti: Nasa, Michael Zeiler

ECLISSI SOLARI

CICLO DI SAROS

- Ciclo di Saros è un periodo di 223 mesi sinodici, cioè circa 18,03 anni (18 anni, 11 giorni, 8 ore e 42 minuti), al termine del quale Sole Terra e Luna si trovano quasi esattamente nella stessa posizione reciproca e possono ripetersi le stesse eclissi lunari e solari.
- Durante un saros avvengono 29 eclissi di luna e 41 eclissi di sole.
- La scoperta del ciclo dei saros è dovuta ai Caldei circa 2.700 anni fa, come testimoniano le loro tavolette d'argilla.

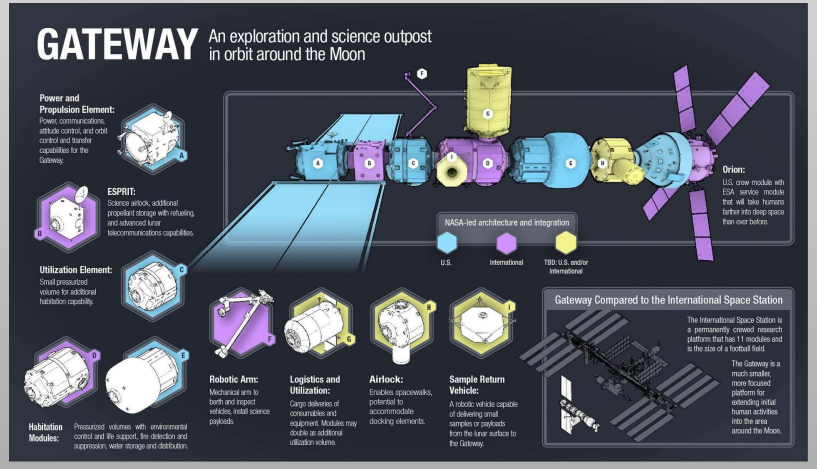
ESPLORAZIONE LUNARE

- **PROGRAMMA ARTEMIS:** trae le sue origini da Artemide, dea della caccia e della Luna, che nella mitologia è gemella di Apollo, il programma che portò l'uomo sulla Luna negli anni '60.
- Programma di esplorazione spaziale della NASA e dei suoi partner internazionali che mira a riportare gli esseri umani sulla Luna per stabilire una presenza sostenibile e gettare le basi per future missioni su Marte.
- E' iniziato dal 2011 e prevede l'installazione di una stazione spaziale orbitante intorno alla Luna permanente entro il 2030, quale centro di comunicazione a energia solare, laboratorio scientifico, modulo abitativo a breve termine e area di contenimento per rover e altri robot.

Missione	Patch	Equipaggio	Data di lancio	Sistema di Volo	Durata
Artemis 1		N.D.	16 Novembre 2022	SLS Block 1 Crew	25 giorni
Artemis 2		Gregory Wiseman Victor Glover Christina Koch Jeremy Hansen	6 Febbraio 2026 [37]	SLS Block 1 Crew	max 21 giorni
Artemis 3		TBA	2027	SLS Block 1 Crew	30 giorni
Artemis 4		TBA	Settembre 2028	SLS Block 1B Crew	30 giorni
Artemis 5		TBA	Marzo 2030	SLS Block 1B Crew	30 giorni
Artemis 6		TBA	Marzo 2031	SLS Block 1B Crew	30 giorni

OBIETTIVI PRINCIPALI

- **Ritorno sulla Luna:** Riportare astronauti sulla Luna dopo quasi 50 anni.
- **Presenza a lungo termine:** Stabilire una presenza permanente sulla Luna, creando una sorta di "villaggio lunare".
- **Esplorazione di Marte:** Utilizzare la Luna come trampolino di lancio per future missioni su Marte e altre destinazioni del sistema solare.
- **Nuovi primati:** Far atterrare la prima donna e la prima persona di colore sulla superficie lunare.



https://www.nasa.gov/feature/nasas-exploration-campaign-back-to-the-moon-and-on-to-mars

F I N E

GRAZIE PER L ’ATTENZIONE!

SAF

Società Astronomica Fiorentina
www.astrosaf.it - presidentesaf@gmail.com
tel. 377 1273573