



La Luna è stato l'unico corpo celeste ad essere visitato dagli esseri umani, in tutto 12 astronauti

in 6 missioni Apollo, la prima storica del 20 Luglio 1969 e l'ultima avvenuta nel Dicembre 1972. Gli astronauti hanno portato a Terra un totale di circa 400 Kg di roccia lunare, la cui datazione fa risalire l'età della Luna tra 4,6 e 3 miliardi di anni fa e questo sembra coincidere con la formazione delle più antiche rocce terrestri la cui datazione ci dice che non sono più vecchie di 3 miliardi di anni. Lo studio quindi delle rocce lunari ci dà informazioni importanti non solo sulla storia iniziale del Sistema Solare ma soprattutto sull'origine e la formazione della Luna.

2 Ipotesi sull'origine della Luna

Prima dello studio dei campioni di roccia lunare non c'era molto consenso nella comunità scientifica in relazione all'origine della Luna. Per spiegare allora la formazione del nostro satellite, sono state proposte cinque ipotesi :

1. L'ipotesi della fissione -- la Luna è stata prodotta dalla Terra e in qualche modo si sarebbe separata durante le fasi iniziali di formazione del Sistema Solare. Il bacino dell'Oceano Pacifico sarebbe stato il luogo da cui avrebbe avuto origine la Luna.
2. L'ipotesi della cattura -- la Luna si è formata altrove ed è stata successivamente catturata dall'attrazione gravitazionale terrestre.
3. L'ipotesi della condensazione -- la Luna e la Terra si sono condensate insieme dalla nebulosa iniziale che ha dato origine al Sistema Solare.
4. L'ipotesi della collisione dei planetesimi -- l'interazione gravitazionale e la successiva condensazione di planetesimi, veri e propri pezzi di roccia di varie dimensioni e forma orbitanti intorno al Sole e alla Terra, avrebbero dato origine alla Luna.
5. L'ipotesi dell'impatto -- un corpo celeste delle dimensioni di Marte avrebbe impattato la Terra causando l'espulsione di materia nello spazio formando un disco di accrescimento dalla cui condensazione si sarebbe formata la Luna.

Per discriminare quale delle cinque ipotesi sia la più attendibile, ancora una volta dobbiamo analizzare le rocce lunari. Se ad esempio la Luna si fosse formata direttamente dalla Terra, le rocce lunari e quelle terrestri dovrebbero presentare una composizione chimica analoga rispetto

all'ipotesi che vuole la Luna formata da qualche altra parte nello spazio interplanetario. Lo

studio dell'abbondanza degli elementi chimici presenti nelle rocce lunari ci dice che la loro composizione chimica è alquanto differente rispetto a quella delle rocce terrestri e questo esclude perciò l'ipotesi che la Luna si sia formata direttamente dalla Terra. Inoltre, gli studi condotti negli ultimi 10 anni sulla composizione chimica delle rocce lunari escludono anche le prime due ipotesi e la terza risulta alquanto improbabile. Questo implica la quinta ipotesi, cioè quella dell'accrescimento di materia causata in seguito ad un impatto con la Terra di un corpo celeste delle dimensioni di Marte, come la più accreditata.

3 Il giorno in cui nacque la Luna

Per cercare di capire come si sia formata la Luna, dobbiamo andare indietro nel tempo a più di

4 miliardi di anni fa. La nube primordiale da cui si formò il Sistema Solare era composta principalmente da gas e polveri. In qualche modo, dalla contrazione gravitazionale della nube, ebbe origine il Sole e successivamente si formarono i pianeti. I pianeti rocciosi e i più interni ebbero origine dall'accrescimento di materia accumulatasi dalle rocce e dalle polveri fino a diventare i pianeti che oggi conosciamo (Mercurio, Venere, Terra e Marte).

Gli studi sulla fisica della formazione dei pianeti e le simulazioni in computer grafica ci indicano che occorrono tre fasi per formare i pianeti. Nella prima fase, pezzi di roccia e polveri più piccoli collidono e si accumulano insieme fino a diventare più grandi in modo da cominciare successivamente ad attrarre altra materia, grazie ai loro effetti gravitazionali, producendo corpi più grandi, fino a dimensioni di qualche centinaio di chilometri di diametro, che oggi noi chiamiamo asteroidi. Durante la seconda fase, avviene un periodo di rapida crescita che determina la formazione di corpi celesti molto più grandi della Luna. La maggior parte della massa del Sistema Solare più interno si forma proprio da questi embrioni planetari e

questo periodo, tra la fine della prima fase e la fine della seconda fase, dura circa 1 milione di anni. E' durante la terza fase che avviene la formazione vera e propria dei pianeti attraverso una

serie di processi dominati da enormi impatti. Le simulazioni al computer indicano che la terza fase è durata 100-200 milioni di anni che equivale circa al tempo stimato dai dati ricavati dal decadimento radioattivo degli isotopi presenti nelle rocce lunari, nelle rocce terrestri e nei meteoriti.

Se paragoniamo il tempo di formazione della Terra alla lunghezza di un giorno, cioè 24 ore, allora la Luna si è formata dopo circa 10 minuti. La Terra di fatto si è formata circa 4,56 miliardi di anni fa e questo vuol dire che la Luna si è formata dopo circa 30-50 milioni di anni. L'impatto con la Terra fu causato da un corpo celeste delle dimensioni di Marte la cui collisione liberò una potenza di alcuni miliardi di Megaton. A quell'epoca la superficie terrestre era un oceano di magma e la collisione, che avvenne in modo obliquo dando alla Terra una

inclinazione all'asse di rotazione fino a diventare successivamente quella attuale che è di circa 23,5°, espulse nello spazio gran parte del mantello magmatico assieme ai detriti prodotti dall'impatto. Questi scagliati in orbita attorno alla Terra formarono in seguito un disco di accrescimento da cui più tardi si formò la Luna. Dopo essersi formata per condensazione, la Luna si trovava molto vicino alla Terra, a circa 20-30 mila chilometri, e sarebbe apparsa in cielo circa 10-20 volte più grande rispetto alle dimensioni apparenti attuali. Si calcola che il suo periodo di rivoluzione attorno alla Terra fosse a quell'epoca di circa 20 giorni.

Il gigantesco impatto non solo provocò l'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre, ma ne determinò un'ulteriore accelerazione al suo periodo di rotazione portandolo a circa 6 ore. Inoltre, l'effetto di marea dovuto all'attrazione gravitazionale della Luna a quell'epoca era molto più grande al punto da influenzare gli oceani di magma creando una sorta di superficie terrestre convessa in movimento e sollevando onde di marea fino a circa 30.000 metri, mille metri più alte rispetto a quelle che osserviamo oggi. Durante questa fase, la Luna si allontanava

dalla Terra acquistando sempre più velocità e mostrando lo stesso lato della sua superficie, un po' come succede ad un atleta del lancio del martello dove il lanciatore, la Terra, ruota attorno a es-

sa mentre il martello, la Luna, ruota con il lanciatore ma non intorno al proprio asse.

In questo periodo iniziale, le forze di marea dovute alla Luna contribuirono a riscaldare il pianeta determinando effetti geologici sulla sua superficie e rendendo caldo l'oceano di magma,

causando con ogni probabilità moti convettivi nel mantello terrestre. Una volta che la Terra iniziava a raffreddarsi, la prima crosta terrestre cominciava a fluttuare sull'oceano di magma. Durante questo periodo sia la superficie del nostro pianeta che quella della Luna furono soggette ad un continuo ed intenso bombardamento da parte di asteroidi e meteoriti perchè la

gravità terrestre li catturava e perciò parte di essi si abbattevano sulla superficie lunare. Dopo circa 500 milioni di anni da quando si forma la Terra, o dopo circa 2 ore e 40 minuti secondo il nostro orologio, avviene una fase di incremento nel bombardamento da parte di asteroidi e meteoriti che dura almeno 100 milioni di anni. Questo periodo viene chiamato "cataclisma lunare" durante il quale si formano crateri d'impatto sulla superficie lunare con dimensioni che vanno da un minimo di 800 metri fino a un massimo di circa 800 chilometri di diametro, che sono in parte visibili ancora oggi come testimoni di un passato violento. Intanto la Luna continua ad allontanarsi e si trova ora a circa 140-150 mila chilometri dalla Terra.

Tuttavia, la Terra viene colpita molto di più rispetto alla Luna a causa della sua maggiore attrazione gravitazionale la quale determina un'ulteriore accelerazione alla velocità di impatto da parte degli asteroidi e dei meteoriti che cadono sulla superficie terrestre. Questo fu per la Terra un periodo di immensa catastrofe perchè così tanti bombardamenti avrebbero certamente

sterilizzato il pianeta. Se la vita fosse apparsa prima di questo periodo, si sarebbe quasi sicuramente estinta a meno che non avrebbe trovato un modo di proteggersi dagli impatti spaziali. Le collisioni sulla superficie terrestre facevano volare nello spazio le rocce e parte di esse cadevano sulla superficie lunare. Si stima che circa 500 Kg di roccia terrestre sarebbero sparse fino ad oggi sulla superficie della Luna a qualche metro di profondità. Sarebbe quindi interessante prelevare campioni di questa roccia rimasta inalterata per miliardi di anni visto che

niente di questa epoca è sopravvissuto sulla Terra sia a causa del rimescolamento della crosta

terrestre dovuto ai moti della tettonica a zolle sia a causa dei cambiamenti climatici avvenuti nel corso del tempo. Analizzando perciò questi campioni di roccia terrestre si potrebbero rivelare composti organici o forme di vita dandoci informazioni importanti sulla storia della chimica primordiale terrestre i cui dati che abbiamo registrato dai fossili non vanno oltre i 3,5-3,8 miliardi di anni fa.

Siamo passati ora a circa 3 miliardi di anni fa, la Luna si è allontanata ancora di più fino a raggiungere una distanza di circa 300 mila chilometri. Il moto di rotazione della Luna lungo la sua orbita cambia il volto sulla superficie terrestre, essa agita le acque degli oceani, provoca le

maree che determinano un rimescolamento di rocce e minerali e placano i venti di uragano. Molto probabilmente, il fenomeno delle maree può avere contribuito a dare l'impulso alla nascita della vita sulla Terra causando variazioni di concentrazione chimica nel "brodo primordiale". Mentre la Luna continua ad allontanarsi sempre di più, la rotazione della Terra attorno al proprio asse rallenta fino ad assestarsi al periodo attuale, circa 24 ore, quando ormai

la Luna ha raggiunto la distanza attuale di circa 400 mila chilometri.

4 Se non ci fosse stata la Luna

E' quasi certo che se non ci fosse stata la Luna il nostro pianeta non sarebbe stato lo stesso così come lo conosciamo oggi. Senza il Sole non ci sarebbe stata la Terra e senza la Luna la Terra

sarebbe stata un ambiente diverso dove con ogni probabilità la vita non si sarebbe evoluta, non

ci sarebbero stati gli esseri umani. In un certo senso la Terra si può considerare fortunata visto che è l'unico tra i pianeti più interni ad avere un satellite naturale se si fa eccezione per Marte i cui due satelliti si possono considerare degli asteroidi catturati nel corso della formazione del Sistema Solare. Vediamo ora quali conseguenze avrebbe subito la Terra se non ci fosse stata la

Luna.

4.1 Stabilizzazione dell'asse di rotazione

La Luna ha giocato un ruolo fondamentale nella stabilizzazione dell'asse di rotazione terrestre. Se si guarda ad esempio Marte il pianeta rosso è stato soggetto ad un drammatico periodo in cui la direzione del suo asse di rotazione ha subito una continua variazione dell'inclinazione dovuta all'influenza dell'attrazione gravitazionale dei pianeti vicini. Grazie a questa oscillazione dell'asse di rotazione, il ghiaccio che è attualmente presente ai poli su Marte potrebbe un giorno spostarsi verso l'equatore.

Nel caso della Terra, la Luna ha in un certo senso aiutato il nostro pianeta a stabilizzare l'asse di rotazione che rimane sempre con la stessa inclinazione. La stabilizzazione dell'asse di rotazione terrestre è stata importante perchè sulla Terra si alternano le stagioni senza le quali ci

sarebbe stata una devastazione dell'equilibrio climatico. La presenza della Luna è stata perciò fondamentale perchè ha permesso alla Terra di subire cambiamenti climatici meno drammatici se fosse stata senza un satellite e perchè ha contribuito all'evoluzione di organismi pluricellulari

complessi rispetto ad un pianeta dove variazioni climatiche drastiche avrebbero fatto sopravvivere solo organismi più semplici e robusti. Inoltre, senza la Luna, la Terra avrebbe ruotato attorno al proprio asse molto più rapidamente e anche se il Sole determina comunque un effetto mareale la sua distanza di circa 150 milioni di chilometri è tale che gli effetti dovuti alla sua attrazione gravitazionale sono molto deboli se paragonati a quelli causati dalla Luna. Assumendo che il periodo di rotazione della Terra attorno al proprio asse era inizialmente di 6 ore, si calcola che se la Terra non avesse avuto la Luna la sola influenza gravitazionale del Sole

avrebbe fatto allungare il periodo di rotazione della Terra di circa 4 ore portandolo a 10 ore. Quali potrebbero essere state allora le conseguenze di questa rapida rotazione dell'asse ?

* Il ciclo giorno/notte, con le relative escursioni di temperatura dal caldo al freddo, sarebbe stato molto breve, determinando la formazione di temporali durante il giorno.

* I pianeti che hanno un periodo di rotazione di circa 10 ore sono quelli più esterni, i pianeti gioviani che sono caratterizzati da un'atmosfera molto spessa. Ma anche Venere, il pianeta

gemello della Terra è caratterizzato da un'atmosfera spessa. E' possibile che anche la Terra abbia avuto un'atmosfera simile a quella di Venere e che nel passato la Luna abbia contribuito

in qualche modo alla rimozione dell'atmosfera ? Certamente l'assenza di un'atmosfera così

spessa è stata un fatto positivo poichè ci sarebbero state pressioni immense, circa 90

atmosfera,

sulla superficie ed un effetto serra così elevato da creare temperature dell'ordine di 700 gradi

Celsius, così come avviene sulla superficie di Venere.

4.2 Effetti di marea

Uno degli effetti più evidenti dell'attrazione gravitazionale dovuta alla Luna e che noi tutti conosciamo è quello delle maree. Esistono delle aree sulla superficie terrestre dove l'attrazione

lunare si fa sentire maggiormente che in altre zone. Ad esempio, lungo il canale tra le isole britanniche e il continente europeo l'effetto di marea può variare di 10 metri mentre nell'Oceano Pacifico è inferiore al metro. Senza la presenza della Luna, avremmo effetti di marea meno accentuati con variazioni di livelli di acqua di pochi metri. Se la Luna scomparisse

improvvisamente, avremmo una diversa redistribuzione del livello degli oceani sulla superficie terrestre. Attualmente si osserva una specie di distorsione del livello delle acque lungo l'equatore perciò nel caso in cui non ci fosse la Luna gran parte delle acque degli oceani si riverserebbero verso i poli.

Anche la crosta terrestre ne viene influenzata. Le forze di marea dovute alla Luna determinano

un importante e significativo processo di riscaldamento e di dissipazione di energia. Parte di questa energia serve a riscaldare il pianeta e parte di essa permette alla Luna di allontanarsi dalla Terra nel corso del tempo. Si ritiene che gli effetti di marea possano aver causato il processo di convezione che ha dato origine al moto della tettonica a zolle sulla superficie terrestre. Di fatto, sugli altri pianeti non si registra il movimento della crosta superficiale che rimane come una sorta di coperchio senza eseguire alcun grande movimento orizzontale mentre il magma ed il calore rimangono intrappolati sotto la superficie. Sulla Terra la situazione è diversa perché grazie ai moti convettivi la crosta viene spinta nel mantello per essere successivamente rigenerata.

4.3 Formazione della vita

L'esistenza di "pozze mareali" con il loro rimescolamento di acque, sali e minerali, sarebbe stata un elemento determinante per la nascita e lo sviluppo della vita nel corso della storia della

Terra. Ci si chiede allora se l'assenza di queste "sorgenti di acqua" non avrebbe contribuito allo

sviluppo delle forme di vita più elementari nel corso di 1-2 miliardi di anni. Studi recenti sulle

più antiche forme di vita hanno mostrato che esse favoriscono alcuni luoghi speciali nelle profondità degli oceani, in particolare vicino alle sorgenti idrotermiche. Se questo è vero, l'assenza della Luna non sarebbe stata così tanto drammatica per la nascita delle forme di vita più antiche apparse sulla superficie terrestre.

4.4 Luna piena, terremoti e tsunami

Tra i fenomeni celesti che ci affascinano di più sicuramente le eclissi di Sole sono tra quelli più spettacolari. Quando la Luna si trova tra la Terra e il Sole si ha la massima tensione che si esercita in maniera maggiore sulla superficie terrestre. E' possibile che quando la Luna si trova

alla minima distanza dalla Terra si abbiano eruzioni vulcaniche che causano terremoti ? E' quello che sostengono alcuni ricercatori che hanno studiato da qualche anno il fenomeno. Di fatto, analizzando i dati di eruzioni vulcaniche in un periodo di 20 anni, è emerso che esisterebbe una correlazione tra l'incremento dell'attività vulcanica e il ciclo lunare. Lo scopo della ricerca è stato quello di capire in che momento si sono verificati i picchi massimi dell'eruzione vulcanica confrontandoli con l'attrazione gravitazionale lunare. Quello che è stato trovato è che l'incremento nell'attività vulcanica avviene quando la Luna si trova al perigeo, ossia alla minima distanza dalla Terra, e nella fase di Luna piena. Naturalmente questo non vuol dire che possiamo semplicemente prevedere i terremoti seguendo il ciclo lunare ma che tale effetto può essere considerato assieme alle altre variabili nell'equazione che ci permette di

prevedere eventuali eruzioni vulcaniche. L'eruzione vulcanica è in fisica un fenomeno caotico per cui per trarre delle previsioni occorre considerare tutte le variabili coinvolte includendo certamente la forza di gravità esercitata dalla Luna. La sfida è quindi quella di capire come essa

gioca un ruolo importante durante la manifestazione del fenomeno.

L'allineamento Sole, Terra e Luna si verifica due volte al mese, quando la Luna si trova nella fase di Luna nuova e di Luna piena. La Terra e la Luna si trovano vicine al perigeo una volta al mese, mentre la Terra e il Sole si trovano più vicini al perielio una volta all'anno, tipicamente durante il mese di Gennaio. La massima attrazione gravitazionale combinata di Sole Terra e Luna si verifica nella stessa data in cui il perigeo e il perielio coincidono. I sismometri lasciati sulla Luna dagli astronauti hanno di fatto registrato terremoti lunari più frequentemente quando

la Luna si trova al perigeo implicando il fatto che la Terra può causare tali fenomeni sulla superficie lunare. Può essere vero anche il contrario ? Secondo alcuni ricercatori, essendo la Luna circa 80 volte più piccola rispetto alla Terra, è improbabile che ciò avvenga.

Esistono però due casi che supportano la teoria dell'attrazione gravitazionale lunare come causa

del verificarsi di terremoti e cioè il terremoto di magnitudo 9.2 del 27 Marzo 1964 avvenuto in Alaska nel giorno in cui si è verificata alta marea e quello più recente di magnitudo 9.1 del 24 Dicembre 2004 avvenuto in Sumatra, in Indonesia, il giorno di Luna piena che ha dato origine ad uno tsunami. Il verificarsi di questi due fenomeni sembra possa considerarsi più di una coincidenza e mostra come potrebbe esistere una correlazione tra la fase di Luna piena e il verificarsi di terremoti accompagnati da tsunami. Naturalmente non esistono dati scientifici certi che possano collegare il manifestarsi dei fenomeni sismici sulla superficie terrestre con gli effetti dovuti all'attrazione gravitazionale della Luna.

5 Evoluzione e fine del sistema Terra-Luna

Le misure relative alla determinazione della distanza Terra-Luna effettuate utilizzando un raggio laser che colpisce gli specchi lasciati dagli astronauti sulla superficie lunare ci dicono che il nostro satellite si allontana dalla Terra di circa 3,8 cm/anno. Il sistema Terra-Luna è un sistema fisicamente legato e ciò implica che se la Luna si allontana lungo la sua orbita la Terra deve rallentare il moto di rotazione attorno al proprio asse. Questo vuol dire che nel corso del tempo la durata del giorno sarà sempre più lunga e la Luna apparirà sempre più piccola nel cielo.

Tra circa due miliardi di anni la Luna si sarà allontanata abbastanza che i suoi effetti gravitazionali saranno talmente deboli al punto che l'asse di rotazione terrestre comincerà ad oscillare determinando drastiche variazioni climatiche sulla Terra.

Siamo a circa 5 miliardi di anni da oggi e, in seguito all'evoluzione stellare, il Sole si è espanso diventando una gigante rossa. Il suo volume è tale da arrivare a sfiorare l'orbita terrestre. Mercurio e Venere sono già evaporati mentre la Terra e La Luna, ormai talmente distanti, sono in attesa del proprio destino.