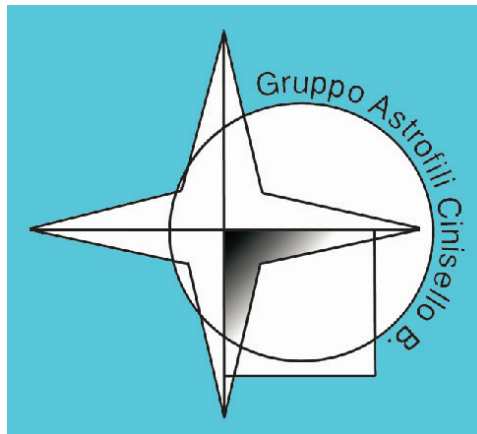
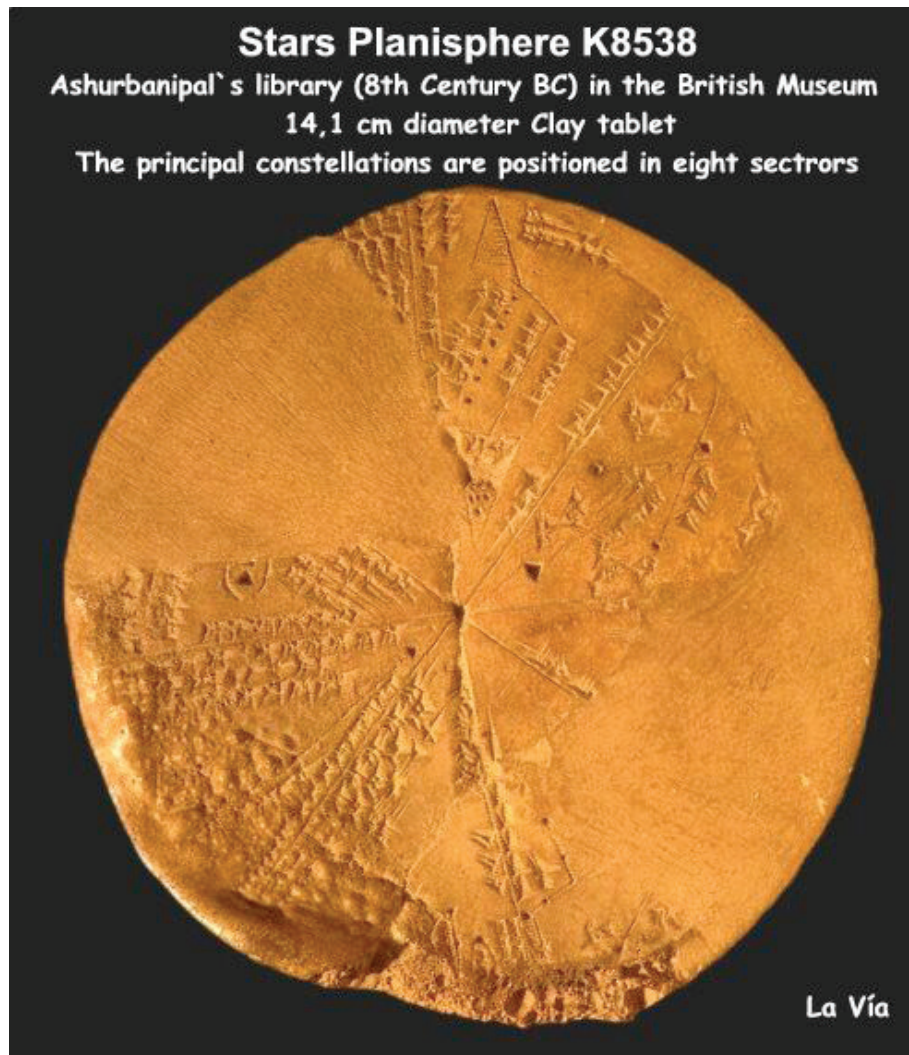




il **BOLLETTINO**
del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO
numero 76 - Ottobre 2025



TRA TIGRI E EUFRATE

IN QUESTO NUMERO

Editoriale - Star Trek senza vulcaniani e klingon - <i>Cristiano Fumagalli</i>	3
Titano, il più grande satellite di Saturno - <i>Piero Guasco</i>	5
Tra Tigri ed Eufrate - <i>Mauro Nardi</i>	9
La natura è supersimmetrica? - <i>Stefano Spagocci</i>	23
Callanish e il moto apparente della Luna - <i>Adriano Caspani</i>	30
Astro News - <i>Cristiano Fumagalli</i>	43

EDITORIALE

“STAR TREK SENZA VULCANIANI E KLINGON?”

Cristiano Fumagalli

Molti appassionati di astronomia, se non la maggioranza, lo sono anche di fantascienza, specialmente Star Trek, una vera serie di culto. Gli episodi sono popolati da tutta una serie di civiltà, alleate o avversarie, come i vulcaniani o i klingon, ma anche romulani, talassiani, tellariti, andoriani e così via, un vero e proprio zoo galattico. A prima vista potrebbe sembrare “naturale”, miliardi di stelle e pianeti nella nostra galassia, almeno qualche migliaio di civiltà, ma siamo sicuri che sia proprio così?

Fate attenzione, non stiamo parlando di vita in generale; questa potrebbe esserci veramente su tanti altri mondi, sotto forma di vegetali, animali o anche semplici microrganismi. La vita già qui, sulla Terra, mostra di avere una grande capacità di attecchire, anche in luoghi in precedenza ritenuti sterili, come lo dimostra la presenza di batteri estremofili sia ad alte, sia a basse temperature. La recente scoperta, da parte del rover Perseverance, della possibile presenza di microrganismi fossili su Marte testimonia questa possibilità anche nel nostro Sistema Solare.

Quello che vogliamo evidenziare è che la presenza del suddetto “zoo galattico” sembra essere messa in dubbio dalla tendenza dei numerosi sistemi planetari finora scoperti. Sottolineiamo, non è ancora una statistica (visto il numero relativamente basso di pianeti), ma una tendenza sì. Le osservazioni mostrano che i sistemi planetari scoperti sono tutti abbastanza simili tra loro, ma completamente diversi dal nostro. Questo sta facendo pensare a diversi astronomi che il nostro Sistema Solare sia una specie di anomalia (o, meglio, peculiarità NdA). I pianeti più comuni nella Via Lattea risultano essere le “superterre”, tra quelli rocciosi, che mediamente hanno diametri 2 – 3 volte quello terrestre e masse almeno 8 volte superiore o i “mini Nettuno”, tra quelli ghiacciati. Da noi queste classi stranamente mancano e se ci fossero tutta la disposizione planetaria sarebbe stravolta e, probabilmente, noi non saremmo qui.

Ricordiamo anche che l'essere nella zona di abitabilità conta relativamente poco, specialmente in sistemi planetari orbitanti attorno a stelle nane rosse (che sono oltre il 75% delle stelle della Via Lattea), astri assai turbolenti. La riprova è che il pianeta Trappist 1d, già descritto in maniera frettolosa dalla stampa ordinaria come “il gemello della Terra”, è risultato non avere atmosfera dalle analisi spettroscopiche di James Webb.

Non ultimo, oltre che della posizione, bisogna anche tener conto del momento della formazione del pianeta, assai importante per la presenza della giusta miscela degli elementi componenti la vita, carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto.

Allora niente vulcaniani, klingon e simili? Forse è ancora un po' presto per stabilirlo, però è una possibilità. Molto probabilmente la vita è presente nella nostra galassia, ma le possibili civiltà non sarebbero così tante come pensato (e, anche, sperato). Anche la nostra civiltà umana è frutto

di circostanze per noi fortunate come le estinzioni di massa, specialmente quella di 66 milioni di anni fa che cancellò i dinosauri e diede il nostro pianeta ai mammiferi. Un'Enterprise che viaggia con pochissimi vicini è un'immagine strana ma potrebbe essere reale!

TITANO, IL PIÙ GRANDE SATELLITE DI SATURNO

Piero Guasco

Scoperto dall'astronomo olandese Christiaan Huygens il 25 marzo 1655, Titano fu la prima luna osservata intorno a Saturno e la quinta nell'intero Sistema Solare (Luna terrestre esclusa). Titano è la luna più grande di Saturno: il suo raggio è di 5.150 km, maggiore di quello di Mercurio (4879 km) ma inferiore a quello della Terra (6.378 km) e la sua massa è circa 1/45 di quella della Terra. Per dimensioni e massa è il secondo satellite del sistema solare dopo Ganimede, una luna di Giove più grande del 2%.

Titano ha nuvole, pioggia, fiumi, laghi e mari di idrocarburi liquidi come metano ed etano. I mari più grandi sono profondi centinaia di metri e larghi centinaia di chilometri. Sotto la spessa crosta di ghiaccio d'acqua (spessore 50-100 km) si trova un oceano di acqua mista ad ammoniaca e sali (spessore 100-200 km). Seguono uno strato di ghiaccio d'acqua ad alta pressione (spessore 500-800 km) e il nucleo roccioso.

L'acqua sotterranea di Titano potrebbe ospitare la vita come la conosciamo, mentre i suoi laghi superficiali e i mari di idrocarburi liquidi potrebbero ospitare una vita che utilizza una chimica diversa da quella a cui siamo abituati. Il satellite potrebbe però anche essere un mondo senza vita.

Osservare Titano in luce visibile non ha dato agli scienziati risultati soddisfacenti come quando sono state utilizzate camere all'infrarosso. Ed è così che, nel corso della missione Cassini-Huygens, la sonda ha sfruttato le potenzialità dello strumento VIMS (Visual and Infrared Mapping Spectrometer) per studiare nel dettaglio la spessa atmosfera che avvolge uno degli oggetti più interessanti e misteriosi del Sistema Solare.

La sonda Cassini ha studiato per oltre un decennio i diversi fenomeni che caratterizzano Saturno, i suoi anelli e i suoi satelliti naturali. Titano è stato osservato in lungo e in largo e solo grazie allo spettrometro VIMS è stato possibile completare i dati raccolti sulla sua atmosfera dal *lander* Huygens durante la sua discesa sulla superficie.

VIMS ha catturato le caratteristiche che rendono così speciale questo satellite. Le mappe create combinano i dati della moltitudine di osservazioni fatte in diverse condizioni di luce, cucite insieme in una sequenza di immagini che ci regala la migliore rappresentazione della superficie di Titano fino ad oggi ottenuta. I colori riflettono le variazioni dei materiali presenti sulla superficie della luna. È facile riconoscere le distese di dune equatoriali grazie a un uniforme color marrone, mentre i colori bluastri e viola indicano materiali arricchiti di acqua ghiacciata.

La densa atmosfera di Titano nasconde un mondo incredibile, fatto di mari e laghi di metano liquido ed etano, dune di sabbia ricche di idrocarburi e possibili criovulcani. I risultati ottenuti su Titano hanno già plasmato le future proposte di missione, con una serie di indagini volte a coprire specifiche lacune lasciate dalle osservazioni compiute nel corso della missione Cassini-Huygens.

CARATTERISTICHE

Titano è composto principalmente di ghiaccio d'acqua e materiale di tipo roccioso. Geologicamente la superficie di Titano è ghiacciata e solcata da fiumi di metano liquido; sono presenti alcune montagne e dei possibili criovulcani, ma è generalmente piatta e liscia con pochi crateri da impatto osservati.

Titano è l'unico satellite del Sistema Solare in possesso di una densa atmosfera, composta al 95% da azoto; sono presenti, inoltre, componenti minori quali il metano e l'etano, che si addensano formando nuvole. La temperatura superficiale media è di -182°C , ossia molto vicina al punto triplo del metano, dove possono coesistere le forme liquida, solida e gassosa di questo idrocarburo. La missione spaziale Cassini-Huygens ha portato alla scoperta di vaste superfici ricoperte da idrocarburi liquidi, che sono genericamente denominate "laghi di Titano", nelle regioni polari del satellite.

MOVIMENTI

Titano si trova a 1,2 milioni di chilometri di distanza da Saturno. Il gigante gassoso, però, ruota sul proprio asse molto più velocemente di quanto il satellite non faccia nel ruotare attorno al pianeta. Titano ruota attorno a Saturno in 15 giorni e 22 ore, su un'orbita avente un semiasse maggiore di 1.221.870 km e un'eccentricità di 0,028, quindi relativamente bassa, e un'inclinazione di $0,33^{\circ}$ rispetto al piano equatoriale di Saturno.

Come la Luna e molti altri satelliti dei giganti gassosi, il suo periodo orbitale è identico al suo periodo di rotazione; Titano è quindi in rotazione sincrona con Saturno. L'asse di rotazione di Titano è inclinato di circa 0° (essendo in rotazione sincrona con Saturno), ma inclinato di 27° sul piano orbitale solare; per questo gli astronomi hanno notato che anche su Titano c'è l'alternarsi delle stagioni. In inverno ai poli la temperatura scende anche fino a -191°C (82,15 K).

MISSIONI

Scrutato da 360.000 km dalla sonda Pioneer 11 nel settembre 1979, Titano si rivelò completamente oscurato da una densa cappa di nuvole arancioni che non furono penetrate neanche dalla Voyager 1, che passò a soli 3.915 km. In compenso, però, le indagini spettroscopiche della Voyager diedero risultati clamorosi: Titano possedeva una densa atmosfera di azoto e metano, offuscata da uno smog di composti carboniosi complessi. Una situazione che sembra la fotocopia della Terra primordiale: fu chiaro quindi che studiare Titano era quasi come tornare su una Terra primordiale, conservatasi fino ad oggi grazie alle bassissime temperature.

Dopo un viaggio durato quasi sette anni e oltre tre miliardi di chilometri attraverso il Sistema Solare, la missione Cassini-Huygens di NASA, ESA e ASI il 1° luglio 2004 arrivò in orbita attorno a Saturno. Terminò ben 13 anni dopo, nel 2017, dopo una lunga serie di scoperte scientifiche. Scoperte possibili grazie alla tecnologia di altissimo livello introdotta dalle tre agenzie spaziali e dalle aziende che vi hanno partecipato.

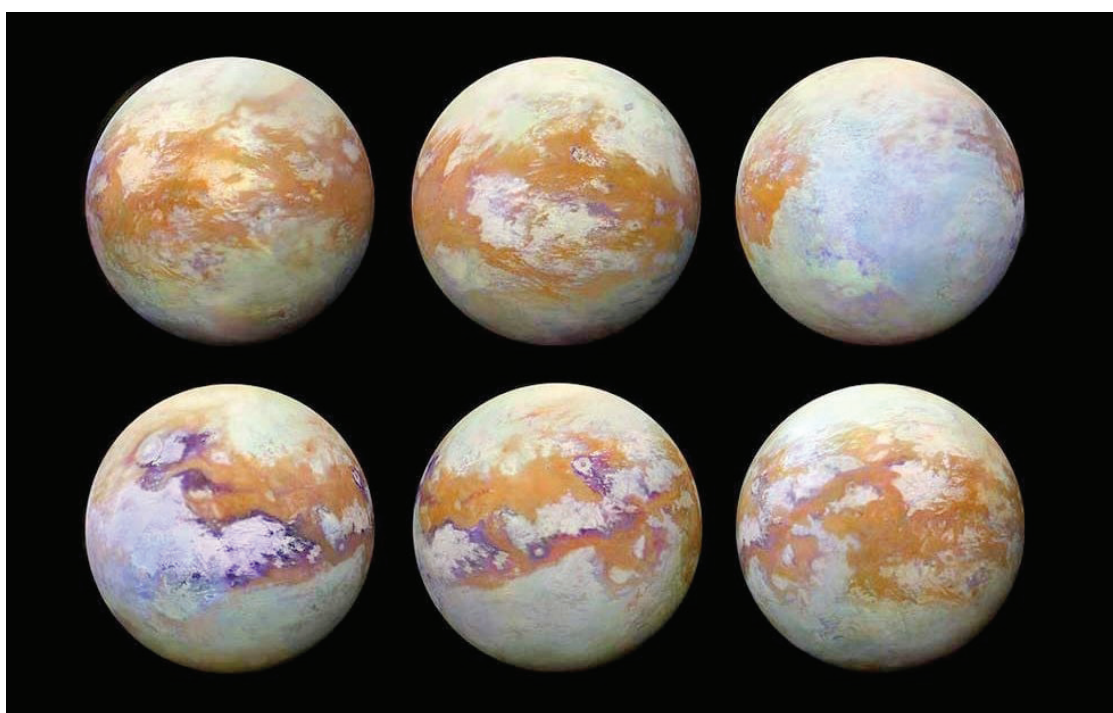
In particolare, è stato notevole il contributo di scienziati, università e istituti di ricerca italiani

e dell'industria del nostro Paese che ha costruito gli strumenti a bordo delle due sonde, in primis Alenia Spazio (oggi Thales Alenia Space) e Officine Galileo (oggi Leonardo). Cassini-Huygens è stata forse la missione planetaria che ha raccolto le immagini più belle, cartoline da oltre un miliardo e mezzo di chilometri.

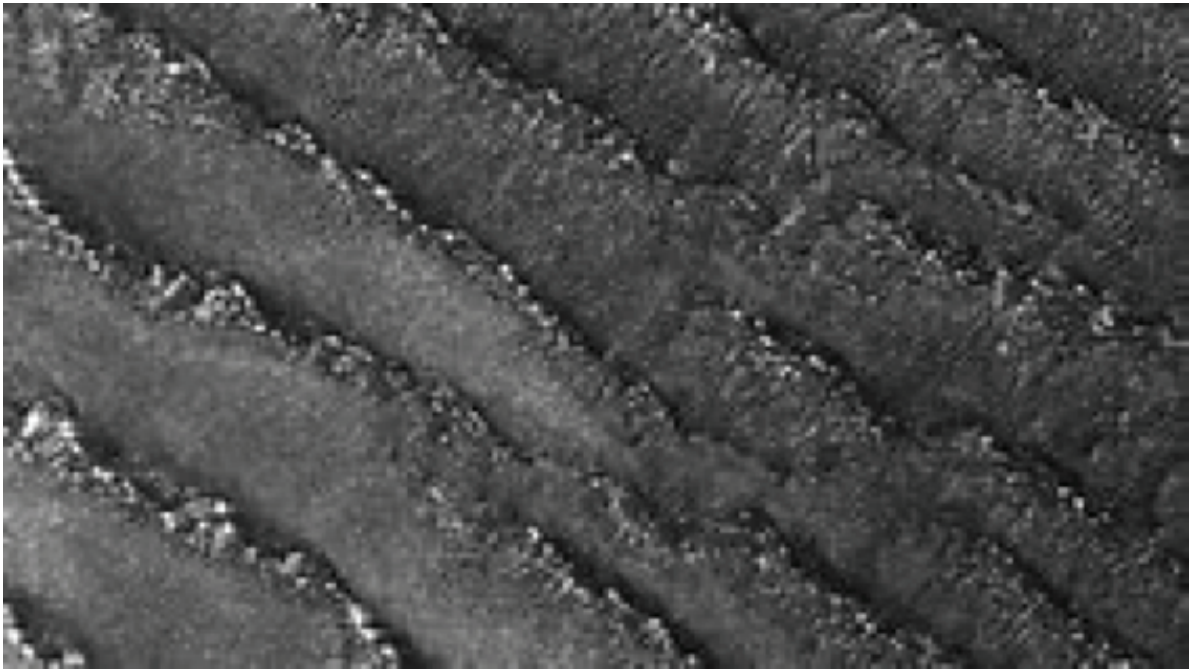
Per capire la vera natura di questo straordinario satellite era necessario violarne le nuvole per poter osservare la superficie sottostante. A compiere questa impresa fu la capsula Huygens a bordo della sonda Cassini il 14 gennaio 2015, quando riuscì a scendere sulla superficie di Titano, inviandoci immagini memorabili e quasi incredibili. La superficie ghiacciata era infatti solcata da fiumi, non però di acqua ma di metano liquido.

Negli anni successivi, la sonda Cassini perforò decine di volte le nuvole di Titano con il radar, facendo un'altra scoperta da fantascienza: sui poli di Titano c'è un gran numero di grandi laghi ripieni di metano liquido! Questi laghi verranno esplorati da vicino da una missione spaziale dedicata, Dragonfly, una specie di mongolfiera che la NASA lancerà verso Saturno nel 2027. Ricordiamo che la missione Cassini è terminata il 15 settembre 2017 con un fatale tuffo nell'atmosfera saturniana Grand Finale

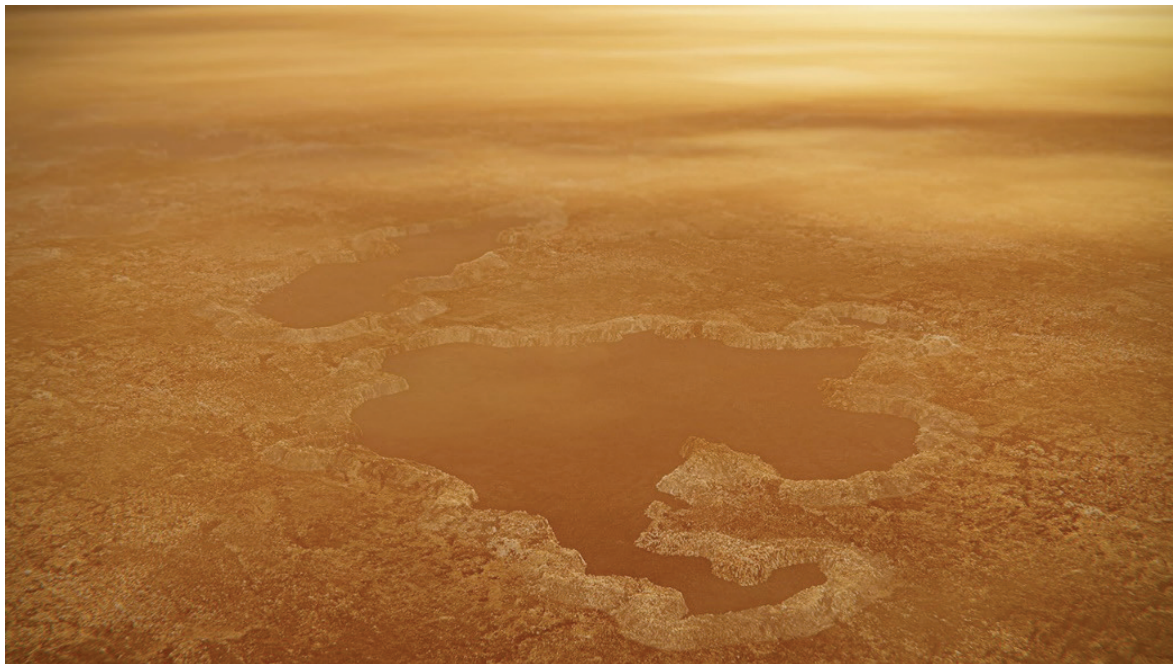
La NASA ha confermato la missione Dragonfly su Titano, con partenza a luglio 2028. Con la pubblicazione della richiesta di budget della NASA per l'anno fiscale 2025, l'Agenzia ha confermato la missione Dragonfly sulla luna Titano di Saturno



La NASA ha recentemente pubblicato una serie di immagini di Titano, sfruttando il repertorio derivante da 13 anni di osservazioni della sonda Cassini. Queste immagini super nitide sono state create grazie alla strumentazione Visual and Infrared Mapping Spectrometer (VIMS) della sonda ed effettuate in diverse condizioni di illuminazione. La particolarità delle foto è che, grazie ad un accurato lavoro di cucitura delle immagini raccolte, riescono come mai prima d'ora a fornire una rappresentazione realistica di come potrebbe apparire Titano agli occhi di un osservatore, se privato completamente della sua atmosfera.



La missione NASA-ESA-ASI Cassini-Huygens ha rivelato l'esistenza di vaste dune sulla superficie di Titano che raggiungono i 100 metri di altezza, simili per dimensioni alle piramidi di Giza. Mentre sulla Terra le dune sono composte prevalentemente da silicati, i dati di imaging della missione hanno rivelato che su Titano esse contengono sostanze organiche scure, di origine e composizione chimica finora indeterminate.



Sempre dalla missione NASA-ESA-ASI Cassini-Huygens, in questa foto vediamo uno dei laghi di Titano. Non si tratta, come si sarebbe portati a pensare, di laghi d'acqua: i laghi di Titano, infatti, sono composti da idrocarburi liquidi!

TRA TIGRI ED EUFRATE

Mauro Nardi

SUMERI

Le origini dell'astronomia presso i popoli primitivi si confondono con quelle della civiltà e della religione. In alcuni paesi lo svolgersi solenne dei fenomeni celesti ha suggerito, con la possibilità di prevederli, il concetto di legge naturale immutabile, spianando così la via al passaggio da forme grossolane di culto, quali il *totemismo*, l'*animismo*, a credenze più elevate in divinità esterne al mondo terrestre e capaci di agire sopra di esso.

Tra i due grandi fiumi dell'attuale **Iraq** nel corso dei secoli si sono sviluppate diverse civiltà: **Sumeri, Caldei, Accadi e Babilonesi**. Le avanzate conoscenze astronomiche di queste civiltà hanno influenzato le culture **Egiziana** prima, **Greca** poi, questo è paragonabile alla preistoria della moderna astronomia.

SUMER, AKKAD AND ELAM

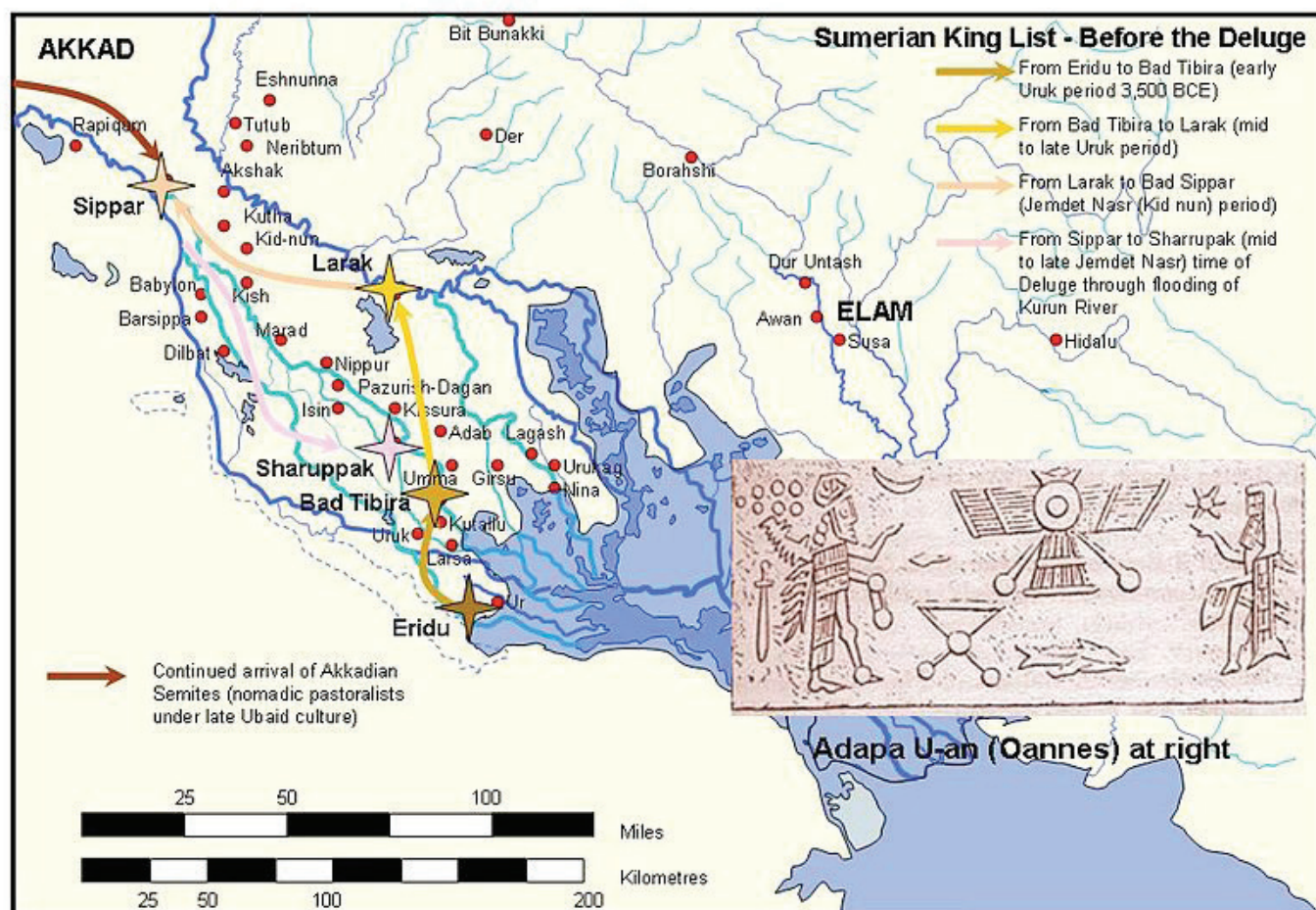


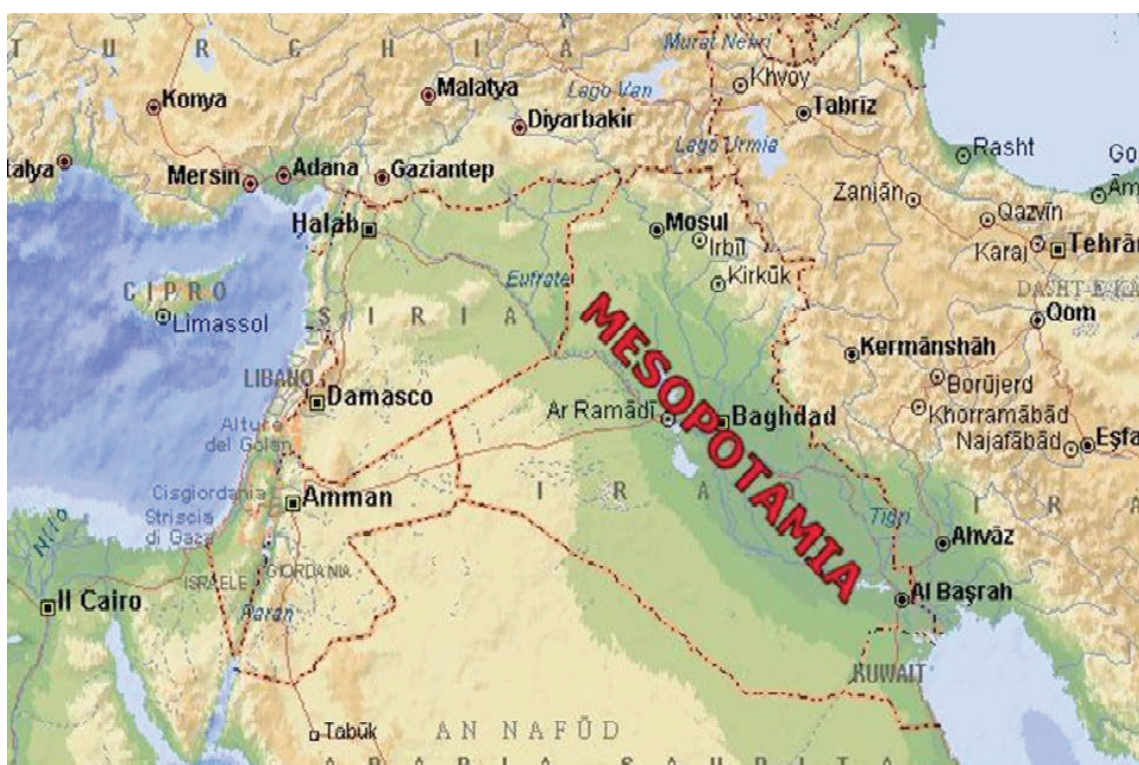
Immagine Tratta da Wikipedia

L'origine dei Sumeri è uno di quei “grandi misteri” della storia, dovuto alla loro improvvisa comparsa, con una civiltà già evoluta. Già conoscevano la scrittura, l'agricoltura, la matematica, l'astronomia, l'arte della costruzione, la lavorazione dei metalli. Ma nessuno conosce come si siano sviluppati così velocemente rispetto ai popoli coevi del tempo. Alcune indicazioni si possono trovare nei testi antichi (Vecchio Testamento) e nei rotoli di QUMRAM.

Il termine “Sumero” è in realtà il nome dato agli antichi abitanti della Mesopotamia dai loro successori, gli Accadi.

I Sumeri, (o Shumeri da Shumer) infatti, chiamavano se stessi *sag-giga*, letteralmente “la gente dalla testa nera” e la loro terra *Ki-en-gi*, “luogo dei signori civilizzati” o secondo altri “luogo della lingua sumera”.

Non autoctoni, appaiono insediati nella regione già nel 5° millennio a.C., quando diedero origine alle culture di Eridu (probabilmente provenienti da Dilmun, identificato in seguito con l'attuale Bahrein). Eridu si trovava allora sulla linea costiera del Golfo Persico ed era la più antica città della Mesopotamia meridionale. Essi non furono né il primo né l'unico popolo ad abitare le terre fra il Tigri e l'Eufrate, ma presero il posto, o meglio si integrarono, con i complessi culturali di 'Ubaid e di Uruk, gente semita che già abitava queste terre e aveva raggiunto un discreto sviluppo tecnologico e organizzativo.



Mesopotamia (Μεσοποταμία). Nome con cui l'antichità classica designava la regione dell'Asia Anteriore compresa tra i fiumi Tigri ed Eufrate, dalle pendici meridionali degli altipiani anatolico e armeno fino alla piana delimitata dalla massima convergenza dei fiumi, all'altezza della moderna Baghdad; la parte meridionale fino al Golfo Persico era denominata Babilonia.

La Mesopotamia fu terra di città: Uruk, Ur, Eridu, Shuruppak, Larsa, Girsu e Nippur nel Sud; Eshnunna, Babilonia, Kish, Isin, Sippar nel Centro; Mari (oggi in Siria), Assur, Ninive, Kalku, Dur-Sarrukin, tutte per certi periodi capitali assire, Arbela e infine Nuzi (presso Kirkuk) verso i confini con l'Iran; Harran, a occidente, vicino all'Eufrate (oggi in Turchia, presso il confine turco-siriano).

Queste sono soltanto le più importanti, ma molte altre sono fiorite e hanno costituito centri commerciali, religiosi ed economici. Molte città erano poi unite da canali che facilitavano l'irrigazione o il trasporto, mentre strade fornite di punti di sosta (antenati dei caravanserragli di epoca ottomana) rendevano agevoli i traffici commerciali.

Se si prende la nascita della scrittura come punto di riferimento per separare la storia dalla preistoria, allora i popoli che abitarono la Mesopotamia nei tre millenni precedenti la nascita di Cristo devono essere considerati coloro che hanno dato inizio alla storia.

La più antica forma di scrittura sviluppata dai Sumeri tra il 3.500 e il 3.000 a. C., il cuneiforme fu alla base dello sviluppo delle scienze astronomiche, anche se i Sumeri inizialmente si limitavano a semplici osservazioni ed annotazioni degli eventi. Utilizzarono inoltre il sistema di numerazione sessagesimale che semplificava il compito di registrare numeri molto grandi ma anche numeri molto piccoli.

Questi scritti rivelano una società dall'organizzazione complessa, con sovrani, leggi, letteratura, scuole e biblioteche.

In realtà, non si può affermare con certezza che i Sumeri siano stati i veri inventori della scrittura. Secondo alcuni studiosi, alcune civiltà precedenti (SIC!) potrebbero aver ideato i primi sistemi di scrittura tramandati poi ai Sumeri.



Diffusione del cuneiforme dal III° millennio al I° millennio a. C.

Nella storia dell'Antico Oriente, l'invenzione della scrittura è preceduta da quella del sigillo. L'uso di sigilli in forma rudimentale (l'impronta di un dito, di un lembo del proprio vestito) è probabilmente antichissimo, ed è difficile dire a quando risalga, anche perché non ci sono rimasti documenti databili che lo attestino. I più antichi sigilli giunti sino a noi sono del tipo a base piatta, e provengono dal nord della **Mesopotamia** (Tell Arpašiyya, Tell Ḫalāf, prima metà del IV millennio): essi presentano decorazioni di tipo geometrico, e raramente qualche scena con figure di animali.



Antico ziggurat

Diversi studi hanno indicato che gli ziggurat, tipici dell'architettura sumera, servivano probabilmente anche per scopi astronomici. Dobbiamo a questo popolo anche il concetto dell'astronomia sferica nel suo insieme, compreso il cerchio di 360°, lo zenit, l'orizzonte, l'asse celeste, i poli, l'ellittica, gli equinozi. Le conoscenze su Luna e Sole consentirono l'elaborazione del calendario usato per prima volta a **Nippur** nel 376 a.C. Esso era diviso in 12 mesi lunari corrispondenti a circa 354 giorni, poi vi aggiungevano altri 11 giorni per poterlo adeguare all'anno solare.

BABILONESI

L'affermazione del Regno di Babilonia si ebbe nel 1760 a.C. con il gran re Hammurabi che pose termine al regno di Sumeri e Accadi, divenendo signore di un impero che si estendeva dal Golfo Persico al Mediterraneo. Durante il suo regno, il dio Marduk, protettore di Babilonia, venne venerato in tutta la Mesopotamia. Hammurabi fu anche un grande legislatore: il Codice di Hammurabi (stele del Louvre) è un famoso documento giuridico pervenutoci.

I predecessori dei Babilonesi, i Sumeri, credevano nella pluralità di cieli e terre, influenzando così la loro cultura. L'idea di geocentrismo, in cui il centro della Terra è il centro esatto del mondo,

non esisteva ancora in cosmologia Babilonese, fu istituita in seguito dal filosofo greco Aristotele. Al contrario la cosmologia Babilonese suggeriva che cielo e Terra ruotavano insieme in un tutt'uno.



Impero Babilonese

In età **Babilonese**, l'astronomia non è una materia astratta esercitata per il gusto di conoscere la natura e il comportamento di oggetti lontani. È invece una materia vitale per condurre la vita dello Stato e degli individui che lo compongono. In particolare, l'astronomia mesopotamica si inserisce in una serie di tecniche volte a conoscere il futuro e si pone come scienza chiave per misurare il tempo.

La concezione Babilonese della Terra riteneva che essa fosse come un disco piatto intorno al quale scorreva un fiume oltre la cui sponda si innalzava un'impenetrabile catena montuosa che sorreggeva la volta celeste (costituita da un metallo molto forte). Il tutto galleggiava nel cosmo che era visto come un enorme oceano. Nelle montagne, al Nord, vi era un tunnel che si apriva verso l'esterno e che inoltre collegava con altre due porte poste ad Est e ad Ovest.

Il Sole entrando dalla porta Est sorvolava la Terra (al di sotto della volta metallica), ed usciva ad Ovest rientrando nel tunnel che l'avrebbe riportato ad Est nel periodo della notte.

Durante l'VIII ed il VII secolo a.C., gli astronomi svilupparono un sistema empirico di approccio alla materia. Fu questo un importante contributo sia per l'astronomia che per la filosofia della scienza, tanto che molti studiosi si riferiscono a questo nuovo approccio come alla prima rivoluzione scientifica. Questo nuovo sistema venne poi adottato nell'astronomia greca ed ellenistica.

Gli scopi e i metodi dell'astronomia babilonese furono molto diversi da quelli dell'astronomia greca. In particolare, i **Babilonesi** non mostrarono mai interesse per lo sviluppo di indagini finalizzate alla comprensione della meccanica del cosmo nel suo complesso.

Ai primordi di questa "scienza" lo scopo delle osservazioni fu quello del semplice calcolo aritmetico delle epoche e delle posizioni di certi particolari fenomeni astronomici, come i pleniluni e i noviluni, le eclissi, le epoche di prima e ultima visibilità dei pianeti, per trarne auspici. Ho evitato accuratamente la parola "oroscopo" perché l'uso moderno ne ha distorto il significato: infatti, i "segni" celesti letti dagli antichi astrologi-scribi non erano anticipazioni di ciò che sarebbe accaduto in futuro, ma indicazioni di quanto sarebbe potuto accadere se il Re non avesse preso provvedimenti in merito.

Le registrazioni di tutti questi calcoli aritmetici avvenivano in due particolari centri, il primo nel tempio di **Marduk** in **Babilonia** ed il secondo anch'egli di notevole importanza si trovava nella città di **Uruk**.



Marduk divinità Babilonese

Ogni osservazione veniva sistematicamente registrata su tavolette di terracotta, pervenuteci in grandi quantità, che rappresentano la più grande raccolta di dati compiuta nella storia dell'umanità (prima dell'avvento dell'elettronica).

Il più antico testo astronomico superstite datato 8° sec. a.C. è **Babilonese**: una tavoletta di terracotta: "**Venus Ammiza-Duga**", copia di un elenco di osservazioni dei moti del pianeta **Venere**, che probabilmente risale al 2° millennio a.C. Ad eccezione di questo reperto la maggior parte dei testi astronomici superstiti della **Mesopotamia** risalgono tra il 650 e il 50 a. C.



Tavoletta di argilla in cuneiforme "Venus Ammiza-Duga"

Gruppi di queste tavolette di argilla con scrittura cuneiforme vengono chiamati “**diari astronomici**” su cui vengono registrate le osservazioni dei fenomeni fatte da specialisti: **astronomi-scribi**.

Un “diario” di solito abbraccia un periodo di anno **Babilonese**, recando indicazioni su posizioni della **Luna** dall’inizio alla fine della sua visibilità in un determinato giorno dell’anno, oppure la posizione dei pianeti **Mercurio**, **Venere**, **Marte**, **Giove** e **Saturno**, in relazione alle costellazioni.

Dall’osservazione del cielo stellato e delle leggi che lo governano i **Babilonesi** di questo periodo storico avevano scoperto che, a differenza del **Sole**, della **Luna** e degli altri pianeti, le stelle nascono e tramontano sempre in uno stesso punto all’orizzonte e che la prima apparizione di una stella dopo il suo periodo di invisibilità si manifesta sempre nella stessa data nel corso dell’anno, non erano escluse le precise conoscenze della durata dei cicli motori del **Sole**, della **Luna** e dei pianeti del sistema solare: **Mercurio**, **Venere**, **Marte**, **Giove** e **Saturno**.

Gli astronomi di allora non solo riconobbero **Venere** come lo stesso oggetto che appariva al mattino o la sera, ma misero a punto anche un sistema per calcolarne la lunghezza del ciclo, che determinarono essere di 587 giorni rispetto al valore effettivo che è di 584, la lieve differenza è dovuta al fatto che il ciclo di **Venere** fu calcolato usando le fasi lunari. Sia **Assiri** e **Babilonesi** erano in grado di prevedere le eclissi di **Luna** e di **Sole**.

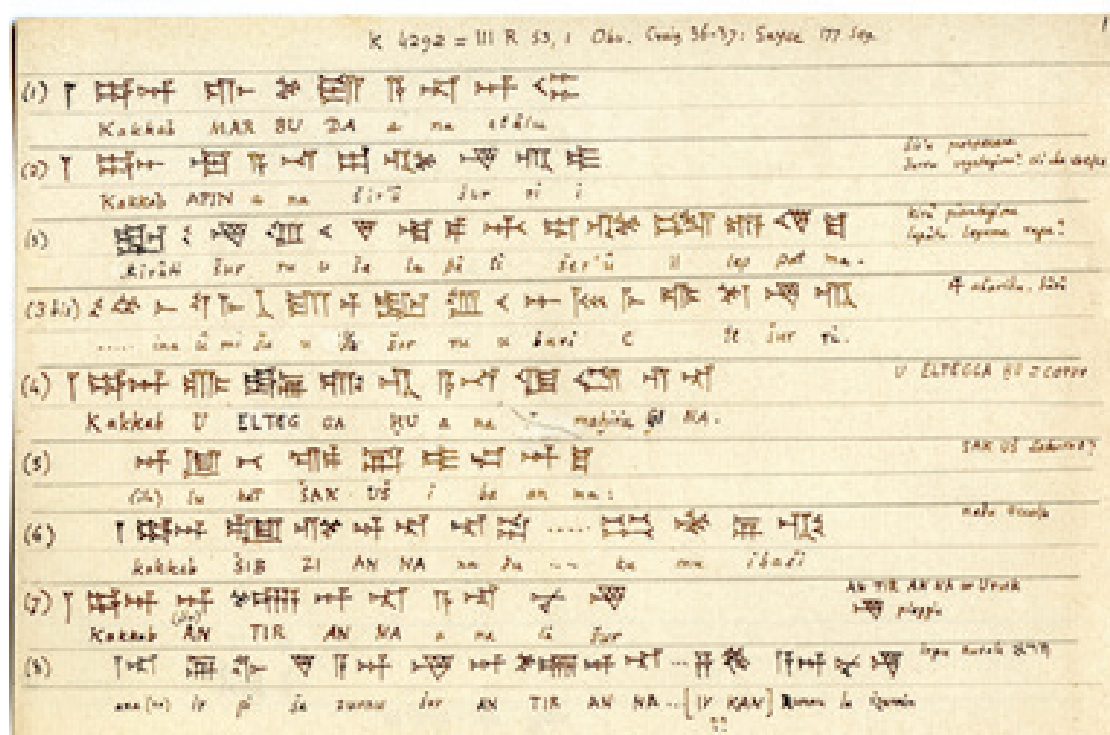


"Mappa del mondo Babilonese" 5.000 a.C. British Museum

Fondamentale risultato delle osservazioni dei pianeti per secoli e secoli fu il raggiungimento della previsione dei moti stessi (previsione sia di data che di posizione). A questo risultato arrivarono rendendosi conto che, su lunghi periodi di tempo, cioè su cicli, per ogni pianeta (e per la **Luna**) si aveva una ripetizione del percorso che il pianeta compiva nel cielo molto prossima al percorso precedente. In altre parole, il pianeta sarebbe transitato alle stesse posizioni di cielo alle stesse date (naturalmente con una certa approssimazione).

Nella **Mesopotamia** antica l'osservazione e l'interpretazione del cielo volta a predire il futuro non era considerata meno 'scientifica' di quanto lo fosse il calcolo dei tempi di riapparizione in cielo di un pianeta: non esisteva quindi l'attuale distinzione tra astronomia e astrologia

Le prime previsioni sulla vita di un individuo basate sulle posizioni dei corpi celesti alla data di nascita vengono da **Babilonia** nel V sec. a.C. Per compilare queste previsioni gli astronomi necessitavano di dati, osservati o calcolati, per il tempo della nascita di un individuo. È probabile che queste previsioni venissero commissionate dalle famiglie del nascituro o anche dagli individui in età adulta. La loro compilazione potrebbe aver rappresentato un vero e proprio lavoro per gli astronomi.



Manoscritto di Schiaparelli con la trascrizione del testo in caratteri cuneiformi di una tavoletta Assiro-Babilonese

Quando la **Mesopotamia** fu occupata dai **Persiani** e più tardi dai **Greci**, la divinazione celeste tradizionale divenne meno importante, poiché non c'era più un regnante babilonese per cui i presagi potessero valere, nacque allora una nuova forma di astrologia, diretta ad un pubblico più vasto.



LA GEOMETRIA DEI BABILONESI PER INSEGUIRE GIOVE

Le fondamenta del calcolo integrale potrebbero essere state gettate dagli astronomi e sacerdoti babilonesi, almeno 14 secoli prima di quanto conosciuto finora. È la novità più eclatante riportata nell'articolo sul metodo di calcolo geometrico del movimento di Giove rintracciato in antiche tavolette cuneiformi, in copertina sull'ultimo numero di Science. Media INAF ha intervistato l'autore, Mathieu Ossendrijver della Università Humboldt di Berlino.

Pubblicato sull'ultimo numero della rivista Science, che vi dedica anche la copertina, uno studio che costringerà a rivedere i libri di storia. La ricerca è frutto del certosino lavoro di un unico autore, Mathieu Ossendrijver, professore di Storia della Scienza Antica alla Università Humboldt di **Berlino**.

Ossendrijver, che si è specializzato nella traduzione e interpretazione di tavolette d'argilla babilonesi in caratteri cuneiformi dal contenuto matematico-astronomico, ha trovato in **cinque reperti databili tra il 350 e il 50 a.C.** la prova che **gli astronomi babilonesi prevedevano la posizione in cielo del pianeta Giove tramite sofisticati calcoli geometrici**, e quindi non solo concetti aritmetici come si riteneva finora.

In altre parole, gli astronomi babilonesi per i loro calcoli non utilizzavano solo tabelle di numeri, ma anche *figure geometriche*. **Trapezi**, in particolare, e vedremo perché. Nel nuovo studio, Ossendrijver descrive "procedure trapezoidali" contenute nelle tavolette, ovvero una lista di istruzioni attraverso le quali, calcolando delle aree di una specifica figura trapezoidale, si potevano determinare le posizioni di Giove lungo l'eclittica per i successivi 60 e 120 giorni, a partire da un determinato giorno in cui il pianeta gigante faceva la sua comparsa come "stella del mattino", appena prima dell'alba.

Ora, **l'utilizzo in epoca così antica di questo tipo di calcolo basato sulle aree**, in cui la geometria viene usata in senso astratto per rappresentare tempi e velocità, **è stupefacente**. Anche perché **costringe a retrodatare l'invenzione di tale sofisticata tecnica di almeno 14 secoli!** Come ha meglio spiegato lo stesso Mathieu Ossendrijver in questa intervista rilasciata a Media INAF.

CHE TIPO DI FORMAZIONE HA? POSSIAMO DEFINIRLA UN ARCHEOASTRONOMO?

«La mia formazione di base è in astrofisica, di cui ho anche conseguito un dottorato. Ma ho anche fatto studi orientali e sulla scrittura cuneiforme, quella che viene chiamata assiriologia, ottenendo un dottorato anche in questo campo, specificamente sull'astronomia babilonese. Mi considero uno storico della scienza antica. L'archeoastronomia è più focalizzata nel cercare la connessione tra architetture antiche e astronomia, mentre io sono più interessato ai testi storici e alla loro traduzione.»

CI PUÒ DESCRIVERE L'IMPORTANZA DELLA SUA SCOPERTA?

«Ho lavorato sull'astronomia babilonese per diversi anni, traducendo un grande numero di

tavolette contenenti istruzioni su come calcolare le posizioni dei pianeti. Queste istruzioni erano aritmetiche, si basavano cioè su operazioni numeriche. Ora, nell'articolo pubblicato da *Science*, descrivo tavolette che contengono anche geometria, provando che gli astronomi babilonesi non facevano i loro calcoli solo utilizzando numeri ma anche – almeno in certe occasioni – con figure geometriche. Questo fatto non era conosciuto e la sua scoperta rappresenta certamente un'importante novità, ma non è questa la parte più interessante.»

«L'aspetto più eclatante, nonché la ragione principale per cui *Science* ha deciso di pubblicare l'articolo, è che non abbiamo solo a che fare con la geometria, ma con un tipo veramente particolare di geometria. Un tipo di geometria di cui non si trova traccia in alcun altro luogo nell'antichità, e che troviamo per la prima volta solamente nel XIV secolo in Europa, un'infinità di tempo dopo. Si è finora ritenuto, infatti, che il tipo di geometria utilizzato in queste tavolette sia stato inventato assai più tardi, attorno al 1350 d.C. da filosofi e matematici di Oxford e Parigi. Ma ora l'abbiamo trovata nelle tavolette babilonesi!»

CHE COS'È LA PROCEDURA TRAPEZOIDALE E PERCHÉ È COSÌ IMPORTANTE?

«Queste tavolette ci parlano di una figura che è un tipo di trapezio: come un rettangolo, ma con un lato superiore inclinato. **Questa figura è menzionata su quattro tavolette**, che sono tutte danneggiate, quindi incomplete, e nessuno capiva di cosa si trattasse. Sta di fatto che i calcoli che riguardano questo trapezio sono scritti su tavolette che contengono altri calcoli, e questi altri calcoli riguardano Giove. Finora non potevamo affermare con certezza che questi calcoli trapezoidali si riferissero proprio a Giove. Ma ora è sicuro che riguardano Giove e ne descrivono il moto.»



La tavoletta cuneiforme che ha fornito la chiave per decifrare i metodi geometrici per individuare la posizione di Giove Crediti: M. Ossendrijver / Science

«L'ho scoperto grazie a una **quinta tavoletta**, che nell'articolo su *Science* è indicata con la lettera A. Questa tavoletta descrive il moto di Giove con numeri, quindi non menziona il trapezio, ma ho scoperto trattarsi dello stesso calcolo. Descrive come la velocità di Giove, espressa in gradi al giorno (quindi, per quanti gradi si muove ogni giorno rispetto alle stelle), cambi con il tempo, e descrive diversi intervalli di tempo in cui la velocità di Giove cambia. E così il primo intervallo, che dura 60 giorni, è un intervallo in cui, secondo questa nuova tavoletta, la velocità di Giove diminuisce lentamente e linearmente, da un certo valore (che è di 12 minuti d'arco al giorno) fino a un valore inferiore. Questo è in accordo con i fatti empirici. Se si osserva Giove, e si misura la sua velocità, non lo vediamo muoversi a una velocità costante, ma a volte rallenta, fa una battuta d'arresto, poi fa un movimento all'indietro, che noi chiamiamo "moto retrogrado", e infine riprende la direzione iniziale. Sappiamo che questo è essenzialmente un effetto di proiezione, perché stiamo entrambi girando intorno al Sole, ma la Terra si muove più velocemente, cosicché una volta all'anno la Terra supera Giove. In quel periodo Giove sembra andare all'indietro, ma in realtà siamo noi che lo stiamo sorpassando. Questa è la spiegazione "moderna" del perché vediamo questa diminuzione della velocità.»

«Se volessimo tracciare questo movimento con metodi "moderni", dovremmo tracciare un grafico in cui la velocità viene messa in relazione con il tempo, ottenendo proprio una figura trapezoidale. Ed è esattamente questo trapezio che viene menzionato nelle altre quattro tavolette, mentre nella quinta viene descritto. Quindi questa nuova tavoletta, che parla della velocità di Giove, è una chiave: è la chiave per comprendere tutte le altre tavolette, perché questo movimento, se lo rappresentiamo in maniera moderna, risulta un trapezio. Esattamente il trapezio in questione.»

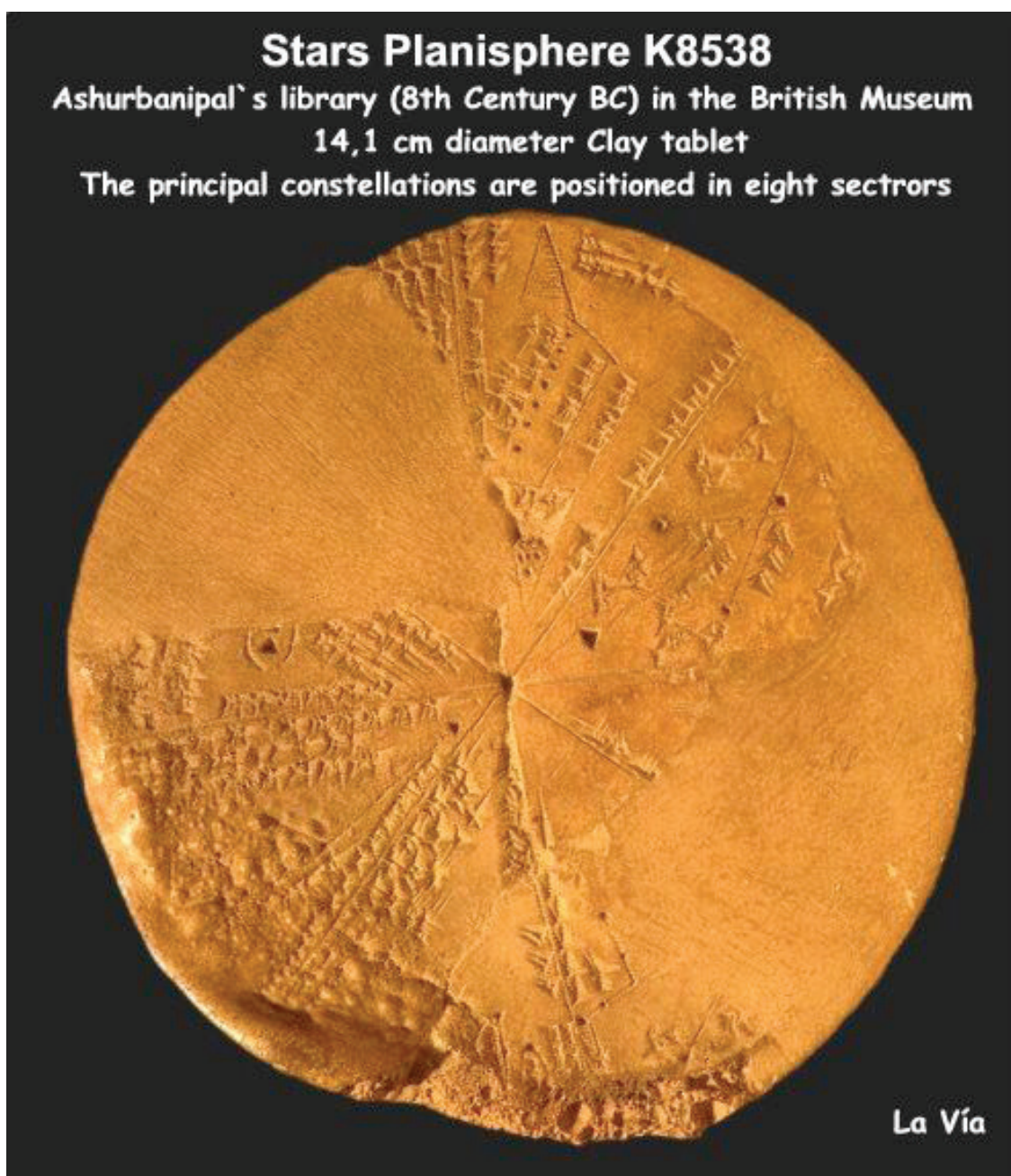
«Quello che i Babilonesi stanno facendo qui è la **visualizzazione del movimento attraverso un grafico tempo-velocità nello spazio**. Questo metodo è molto, molto moderno. E anche inaspettato, poiché si pensava fosse stato inventato intorno al 1350, nel Medioevo. Ma ora lo abbiamo su tavolette babilonesi, dove, in aggiunta, viene calcolata l'area del trapezio. Ora, chiunque abbia delle basi di fisica o matematica sa che se si calcola l'area della curva della velocità in funzione del tempo, si ottiene la distanza percorsa dal corpo in movimento. Questo è molto moderno, trattandosi di una parte del calcolo integrale. Un tipo di calcolo che è stato compiutamente sviluppato da Newton e Leibniz nel XVII secolo, ma le cui origini si presume risalgano attorno al 1350, quando si sono cominciati a fare i grafici di velocità rispetto al tempo di corpi in movimento. Quindi, qui nella tavoletta babilonese abbiamo qualcosa di molto, molto simile a quel metodo. Un metodo che ritenevamo inventato nel XIV secolo, ma che ora sappiamo essere stato già utilizzato dai Babilonesi. Questa è la cosa sorprendente.»

QUAL ERA L'IMPORTANZA DEL PIANETA GIOVE PER I BABILONESI?

«Loro calcolavano la posizione di tutti i pianeti, da Mercurio a Saturno, ma sembrano mostrare un particolare interesse per Giove. L'unica spiegazione che mi viene in mente è che questi astronomi che facevano i calcoli erano anche sacerdoti del più importante tempio di Babilonia, dove la divinità principale era Marduk, il cui pianeta simbolo era proprio Giove. Probabilmente,

per gli astronomi babilonesi Giove era particolarmente importante perché pensavano fosse una manifestazione della divinità suprema di Babilonia. Naturalmente è solo un'ipotesi, perché nelle tavolette astronomiche i Babilonesi non ci hanno lasciato scritto né che Giove fosse un dio, né tantomeno le motivazioni dei loro calcoli.»

Per saperne di più: Leggi su *Science* l'articolo "Ancient Babylonian astronomers calculated Jupiter's position from the area under a time-velocity graph", di M. Ossendrijver



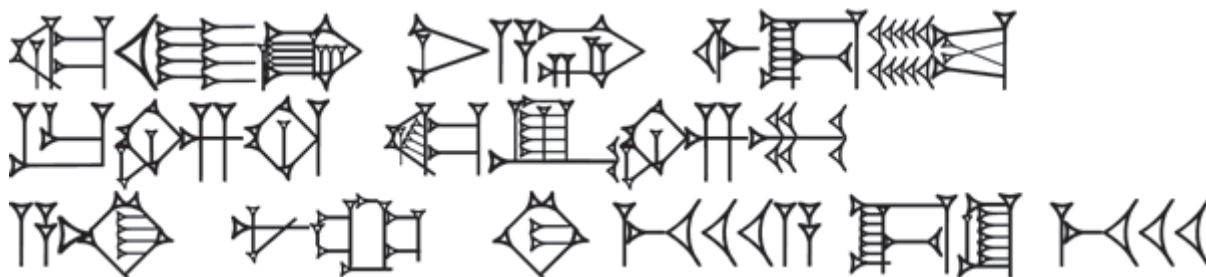
Planisfero stellare, tavoletta della collezione Kuyunjik, rinvenuta fra le rovine della biblioteca reale di Ashurbanipal (668-627 a.C.) a Nanive, capitale dell'antica Assiria. Esposta al British Museum di Londra.

La scrittura cuneiforme cita chiaramente i nomi di stelle e di pianeti. Insomma la mappa era un planisfero a 360 gradi, ossia la riproduzione di una superficie sferica su un piano dei cieli con al centro la Terra.

Ecco alcuni esempi di come i glifi sono cambiati nel corso del tempo:

Cuneiform

	3000 B.C. I	2800 B.C. II	2500 B.C. III	1800 B.C. IV	600 B.C. V	
1						an
2						ki
3						lu
4						sal
5						kur
6						geme
7						sag
8						ka
9						ninda



Traduzione

Tutti gli esseri umani nascono liberi ed eguali in dignità e diritti.

Parte dell'articolo 1 della Dichiarazione universale dei diritti umani

Traduzione da Vincent Tsin

Tratto da: <http://www.omniglot.com/writing/sumerian.htm>

LA NATURA È SUPERSIMMETRICA?

Stefano Spagocci

stefanspag@gmail.com

Da più di un secolo è noto ai fisici che la materia è composta da particelle elementari (quark e leptoni, tra cui gli elettroni) che si aggregano a formare particelle composte quali i protoni e neutroni, i quali a loro volta si aggregano a formare atomi, che generalmente si aggregano a formare molecole. A queste si aggiungono i bosoni vettori, le particelle che trasmettono le quattro forze elementari (elettromagnetica, gravitazionale, nucleare debole e nucleare forte) alle particelle di materia. Questo, in estrema sintesi, è il variopinto zoo delle particelle elementari, riguardo al quale si può vedere la Figura 1.

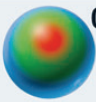
PARTICELLE DI MATERIA			PARTICELLE DI FORZA	
QUARK			BOSONI	
Queste particelle formano i protoni, i neutroni e un vero e proprio zoo di altre particelle meno note. Non sono mai stati osservati isolatamente.			A livello quantistico, ognuna delle forze fondamentali è mediata da una specifica particella o insieme di particelle.	
UP  Carica elettrica: +2/3 Massa: 2 MeV Costituente della materia ordinaria; un protone è composto da due quark up e uno down.	CHARM  Carica elettrica: +2/3 Massa: 1,25 GeV Cugino instabile e più pesante del quark up, scoperto come costituente della particella J/ψ.	TOP  Carica elettrica: +2/3 Massa: 171 GeV È la particella più pesante, ha massa paragonabile a un atomo di osmio e una vita media molto breve.	FOTONE  Carica elettrica: 0 Massa: 0 Mediatore dell'elettromagnetismo, il quanto di luce agisce sulle particelle cariche elettricamente. Il suo raggio d'azione è illimitato.	
DOWN  Carica elettrica: -1/3 Massa: 5 MeV Costituente della materia ordinaria; un neutrone è composto da due quark down e uno up.	STRANGE  Carica elettrica: -1/3 Massa: 95 MeV Cugino instabile e più pesante del quark down, è il costituente del più studiato kaone, altra particella.	BOTTOM  Carica elettrica: -1/3 Massa: 4,2 GeV Altra copia instabile e ancora più pesante del quark down, è un costituente del mesone B.	BOSONE Z  Carica elettrica: 0 Massa: 91 GeV Il mediatore delle reazioni deboli che non modificano l'identità delle particelle. Il suo raggio d'azione è di appena 10 ⁻¹⁸ metri circa.	
LEPTONI Queste particelle sono immuni all'interazione forte e si osservano isolatamente. Ogni neutrino mostrato qui in realtà è una combinazione di neutrini diversi, ciascuno con massa non più grande di pochi eV.			BOSONI W⁺/W⁻  Carica elettrica: +1 o -1 Massa: 80,4 GeV Sono i mediatori dell'interazione debole, che modifica il sapore e la carica delle particelle. Il raggio d'azione di queste interazioni è di appena 10 ⁻¹⁸ metri circa.	
NEUTRINO ELETTRONICO  Carica elettrica: 0 Immune sia all'elettromagnetismo che all'interazione forte, non prende parte a quasi nessuna interazione, ma è essenziale nei decadimenti radioattivi.	NEUTRINO MU  Carica elettrica: 0 Compare nelle reazioni deboli che coinvolgono i muoni.	NEUTRINO TAU  Carica elettrica: 0 Compare nelle reazioni deboli che coinvolgono i leptoni tau.	GLUONI  Carica elettrica: 0 Massa: 0 Otto specie di gluoni mediano l'interazione forte, interagendo con i quark e con altri gluoni. Queste particelle non risentono delle interazioni elettromagnetiche e delle interazioni deboli.	
ELETTRONE  Carica elettrica: -1 Massa: 0,511 MeV La particella più leggera dotata di carica. Trasporta la corrente elettrica e orbita intorno ai nuclei atomici.	MUONE  Carica elettrica: -1 Massa: 106 MeV Versione più pesante dell'elettrone, vita media di 2,2 microsecondi, scoperto come componente dei raggi X cosmici.	TAU  Carica elettrica: -1 Massa: 1,78 GeV Un'altra versione instabile e ancora più pesante dell'elettrone con una vita media di 0,3 picosecondi.	HIGGS  (ancora non osservato) Carica elettrica: 0 Massa: presumibilmente inferiore a 1 TeV, probabilmente tra 114 e 192 GeV Si ritiene che il bosone di Higgs conferisca la proprietà della massa ai quark, ai leptoni e ai bosoni W e Z.	

Figura 1. Le particelle elementari con le loro principali caratteristiche. Si noti che il bosone di Higgs è stato in realtà osservato nel 2012, all'acceleratore LHC del CERN di Ginevra.

Dalla fine degli anni '60 del secolo scorso i fisici dispongono di una teoria delle particelle elementari, il Modello Standard (principalmente opera degli statunitensi Sheldon Lee Glashow e Steven Weinberg e del pakistano Abdus Salam) che permette di calcolare con estrema precisione la probabilità del verificarsi delle varie reazioni tra particelle elementari. Tale modello, però, ha

lasciato aperti non pochi problemi, rispetto ai quali cosmologi e fisici teorici si arrovellano da decenni. La supersimmetria, una teoria elaborata negli anni '70 del secolo scorso ma non ancora verificata sperimentalmente, potrebbe rappresentare una soluzione a questi problemi aperti, ma la natura è veramente supersimmetrica?

FERMIONI E BOSONI

Le particelle elementari si dividono in bosoni e fermioni. I bosoni (fotoni, W, Z, gluoni) sono particelle “cui piace stare in compagnia”, ovvero tendono ad aggregarsi nello stesso stato (un esempio è il laser, un fascio di luce estremamente concentrato). I fermioni (leptoni e quark) sono particelle “cui piace stare da sole”, ovvero in un certo stato può esistere una sola particella (esempi sono gli elettroni circolanti nel nucleo atomico che si dispongono a strati).

La supersimmetria è nata negli anni '70 del secolo scorso da un “modello giocattolo” (“toy model”) nel campo della fisica delle particelle elementari. I “toy models” sono modelli matematici (cioè insiemi di equazioni) che si sanno non essere realistici ma che, per la loro relativa semplicità, possono essere studiati in dettaglio e spesso fornire preziose informazioni su come affrontare i più complicati modelli realistici. È una teoria delle particelle elementari, per la quale ad ogni tipo di bosone corrisponde un superpartner fermionico e ad ogni tipo di fermione esiste un superpartner bosonico.



Figura 2. L'acceleratore LHC del CERN di Ginevra.

Ogni particella, infatti, tra le caratteristiche che la definiscono ha quella di possedere uno spin. Lo spin di una particella può essere visto come una misura della velocità con cui la particella ruota su sé stessa. Più esattamente, esprimendo lo spin in opportune unità di misura (per gli esperti, in unità di $\hbar$ tagliato), si trova che i bosoni hanno spin intero (0, 1, 2...) mentre i fermioni hanno spin semintero ($1/2$, $3/2$, $5/2$...). I leptoni hanno spin $1/2$, i bosoni vettori (i quanti delle diverse forze) hanno spin 1 (tranne il gravitone che ha spin 2), il bosone di Higgs ha spin 0.

I superpartner dei leptoni (spin $1/2$) prendono il nome di sleptoni (spin 0) e si hanno dunque

selettroni, smuoni, stauoni, sneutrini dei tre tipi, più le relative antiparticelle. I superpartner dei bosoni vettori (spin 1) prendono il nome in -ini (spin 1/2) e si hanno dunque fotini, wini, zini, gluini, higgsini (carichi e neutri), più le eventuali antiparticelle. Se la supersimmetria fosse una simmetria esatta, le masse di una particella elementare e del suo superpartner dovrebbero essere uguali. Poichè invece la supersimmetria non è esatta (si dice che “la simmetria è rotta”), la massa di una particella elementare è più piccola di quella del suo superpartner.

VERIFICHE SPERIMENTALI

Applicando le equazioni della supersimmetria si possono fare previsioni sulla probabilità che varie reazioni tra particelle elementari avvengano, in funzione, tra l'altro, della massa dei superpartner. Tali masse devono quindi essere misurate: quando lo saranno, si potranno calcolare le probabilità dei vari processi e confrontarle con le probabilità misurate sperimentalmente.

Il primo passo sarebbe dunque scoprire i vari superpartner e, di conseguenza, misurarne le masse (previste essere dell'ordine di un Tev, mille miliardi di elettronvolt, l'energia di un elettrone spinto da un miliardo di pile da un volt, poste in serie). Se un acceleratore raggiunge un'energia E , potrà produrre particelle di massa/energia pari al massimo ad E . Poichè l'LHC (Figura 2) può mettere a disposizione un'energia dell'ordine dei dieci Tev, si prevedeva di scoprire almeno alcuni superpartner.

In Figura 4-6 mostriamo i processi mediante cui si pensava di scoprire almeno il più leggero dei superpartner (LSP), probabilmente il neutralino (miscela di fotini, zini e higgsini neutri). Tali processi, come si può vedere, sono piuttosto complicati ma, in sintesi, si può dire che le reazioni coinvolte si dividono in due gruppi: quelle in cui un elettrone si scontra con un antielettrone e quelle (LHC) in cui due protoni, o meglio i loro quark, si scontrano.

Ne risultano numerosi “prodotti di reazione”, fra cui una coppia di partner supersimmetrici (ad esempio smuoni) che quasi immediatamente decadono, trasformandosi ciascuno in una coppia costituita dal loro partner “ordinario” (ad esempio un muone) più un LSP. Ogni superparticella infatti, predice la supersimmetria, prima o poi decadrà in un insieme di particelle ordinarie e almeno un LSP. Gli LSP sono invece stabili, cioè non decadono; interagiscono molto debolmente con la materia circostante e dunque non sono registrati dai rivelatori dell'acceleratore.

Come rivelare allora la produzione di una coppia di LSP? Gli LSP appaiono come energia mancante, quando si fa un bilancio tra l'energia delle particelle che si sono scontrate nell'acceleratore e quella delle particelle prodotte nello scontro. I grandi acceleratori di particelle sono da decenni in cerca dei partner supersimmetrici delle particelle elementari “ordinarie”; tali ricerche si sono intensificate con i dismessi acceleratori Tevatron (Fermilab) e LEP (CERN), nonché con l'ancora pienamente attivo LHC del CERN, finora senza risultato.

PROBLEMI APERTI

La supersimmetria risolverebbe o allevierebbe alcuni importanti problemi aperti della fisica delle particelle e della cosmologia. Li elenchiamo qui di seguito:

Unificazione delle forze

La forza forte, nel Modello Standard, non è unificata con l'elettromagnetica e la debole. Teorie più avanzate (Teorie di Grande Unificazione), non ancora verificate sperimentalmente, includono anche la forza forte. Altre teorie (stringhe e gravità a loop), difficilmente verificabili sperimentalmente, includono anche la gravità. Secondo il Modello Standard non si arriverebbe mai a una vera unificazione; con la supersimmetria sì, nel senso che, ad altissime energie, le quattro forze elementari diverrebbero una sola, perché mediate da uno stesso bosone.

Massa delle particelle

Ogni particella elementare è circondata da una nube di altre particelle elementari che appaiono “dal nulla” e rapidamente scompaiono (principio di indeterminazione di Heisenberg). Tenuto conto di tale nube, ogni particella dovrebbe avere massa zero o “quasi infinita” (maggiore della massa di Planck). Se la natura fosse supersimmetrica, il contributo alla massa di una particella sarebbe annullato da quello del suo superpartner e il problema svanirebbe.

Meccanismo di Higgs

Secondo il Modello Standard, la massa dei bosoni di Goldstone (precursori del bosone di Higgs, la particella che dona massa alle altre particelle, Figura 1) dovrebbe essere espressa da un numero immaginario (radice quadrata di un numero negativo). Se la natura fosse supersimmetrica, la massa dei bosoni di Goldstone sarebbe espressa da un numero reale, per esperimenti ad altissime energie; per esperimenti alle energie ottenibili dagli odierni acceleratori, tale massa diverrebbe immaginaria e avremmo in tal modo spiegato il meccanismo di Higgs.

Teoria delle stringhe

Dagli anni '70-'80 del secolo scorso si è sviluppata la teoria delle stringhe, secondo la quale ogni particella elementare sarebbe in realtà una minuscola corda vibrante: diverse configurazioni di vibrazione corrisponderebbero a diverse particelle elementari. La teoria delle stringhe, per fornire risultati sensati, ha bisogno della supersimmetria. Se la natura fosse supersimmetrica e lo confermassimo sperimentalmente, avremmo una verifica (molto indiretta) della validità della teoria delle stringhe. Non si conoscono altri modi per verificare la validità della teoria.

Decadimento del protone

Le Teorie di Grande Unificazione, unite alla supersimmetria, prevedono che ogni protone decada in tempi lunghissimi, trasformandosi in altre particelle. Numerosi esperimenti in laboratori sotterranei (tra cui quello del Gran Sasso, ancora pienamente attivo) sono stati effettuati per rivelare il decadimento del protone ma finora non hanno dato risultati. Il protone allora non decade o decade con una vita media tanto lunga (maggiore di 10^{33} anni) da non poter essere misurata.

Asimmetria materia/antimateria

L'universo, oggi, è composto quasi interamente di materia ordinaria; il Big Bang,

però, produsse uguali quantità di materia e antimateria che, entro un secondo circa, si sarebbero dovute reciprocamente annichilire, trasformandosi in fotoni. Nell'universo, quindi, non si sarebbero potute formare le stelle, dunque nemmeno i pianeti e la vita. Ci devono quindi essere stati dei tipi di particelle che, decadendo, produssero più materia che antimateria: a differenza del Modello Standard, la supersimmetria prevede l'esistenza di tali particelle.

Materia ed energia oscura

Dagli anni '70 del secolo scorso, sappiamo (dallo studio del moto delle stelle nelle galassie e delle galassie negli ammassi di galassie) che una parte consistente dell'universo (27%) consiste di materia oscura, materia che non emette radiazione elettromagnetica ma i cui effetti gravitazionali sono ben evidenti. Gli unici candidati al ruolo di materia oscura (ammesso che esistano) sono i neutralini e gli assioni, che però non abbiamo ancora scoperto.

Dalla fine degli anni '90 del secolo scorso sappiamo che l'universo non solo si espande ma lo fa in maniera accelerata, cioè la sua velocità di espansione da circa cinque miliardi di anni cresce col tempo. Tale espansione è provocata da un'energia oscura che permea l'universo. Secondo il Modello Standard, il valore di tale energia oscura risulta enormemente più grande (10^{120} volte!) di quello osservato sperimentalmente. Se la natura fosse supersimmetrica, il problema si allevierebbe ma solo parzialmente (10^{60} e non 10^{120}).

Inflazione

Spiegare certi fatti sperimentali della cosmologia (sui quali non ci soffermiamo) implica il supporre che l'universo, negli istanti immediatamente successivi al Big Bang, abbia subito una rapidissima ed enorme dilatazione, dovuta a un campo detto "inflatone". Il Modello Standard non prevede l'esistenza di un campo di tale tipo e con le giuste caratteristiche; la supersimmetria implica invece l'esistenza di un tale campo.

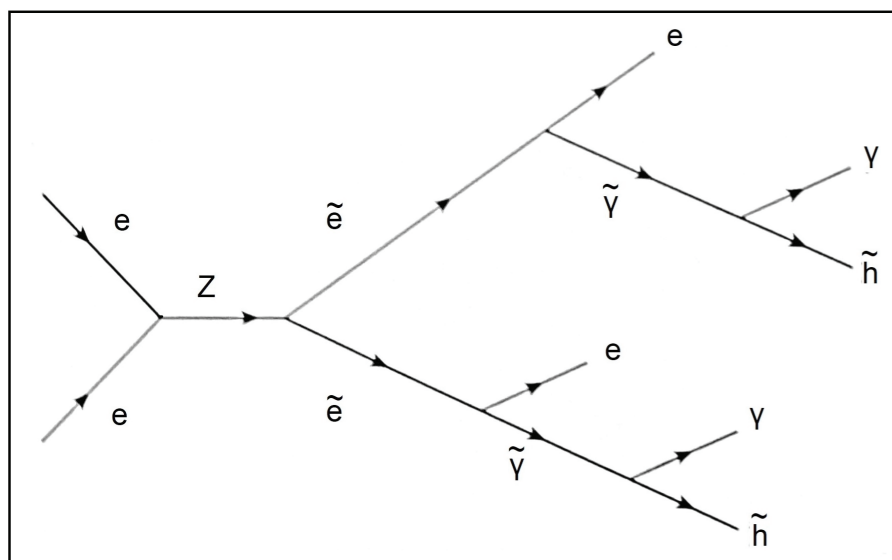


Figura 3. Una collisione tra elettrone e antielettrone, con produzione di due LSP (higgsini).

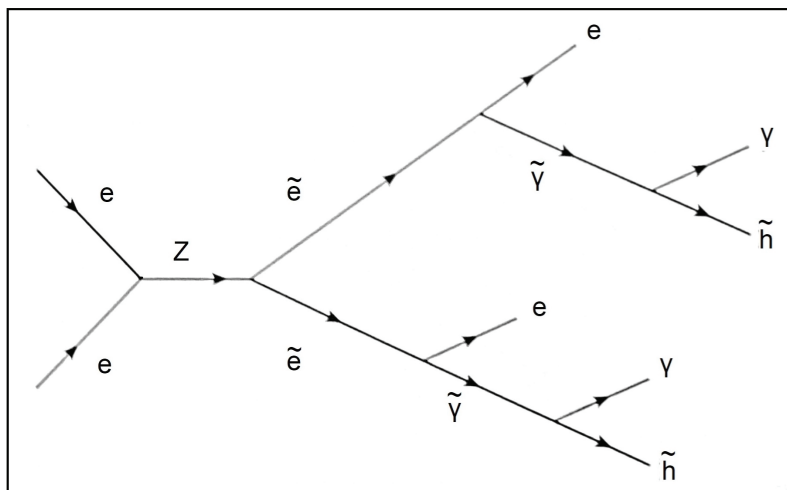


Figura 4. Un'altra collisione tra elettrone e antielettrone, con produzione di due LSP (higgsini).

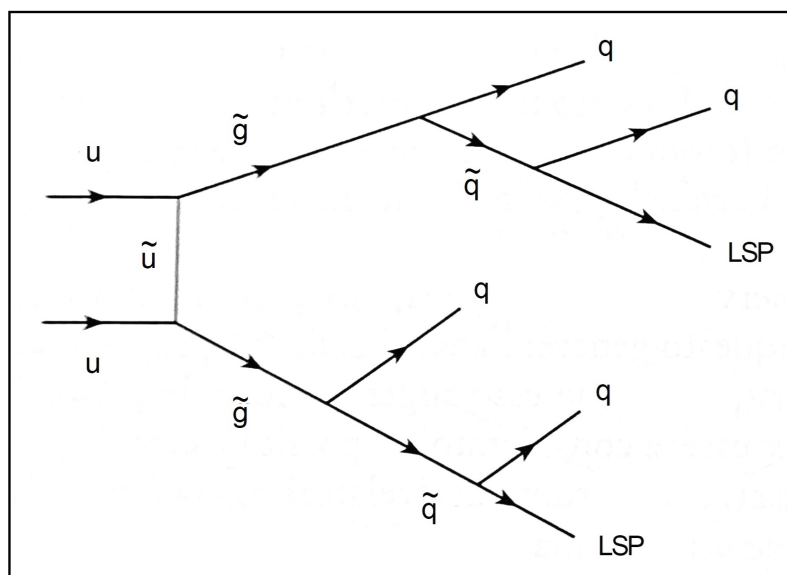


Figura 5. Una collisione tra i quark di due protoni, con produzione di due LSP.

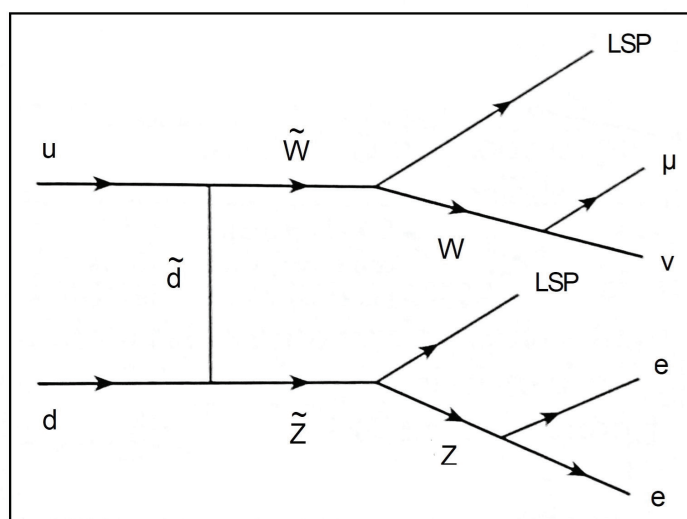


Figura 6. Un'altra collisione tra i quark di due protoni, con produzione di due LSP.

CONCLUSIONI

La supersimmetria, se confermata sperimentalmente, costituirebbe una nuova e potente visione dell'universo, in grado di risolvere molti dei problemi posti dalla teoria delle particelle elementari e dalla cosmologia. Il problema è che si pensava di confermarla sperimentalmente, quantomeno con gli esperimenti all'LHC, il che non è ancora avvenuto. Il problema è rimandato al futuro e potenziato LHC e/o a più potenti acceleratori futuri e/o agli esperimenti di ricerca della materia oscura. Se la natura si dovesse rivelare non supersimmetrica, dovremmo rimetterci al lavoro ed escogitare una nuova teoria del tutto, in quanto la teoria delle stringhe, come già sottolineato, ha bisogno della supersimmetria.

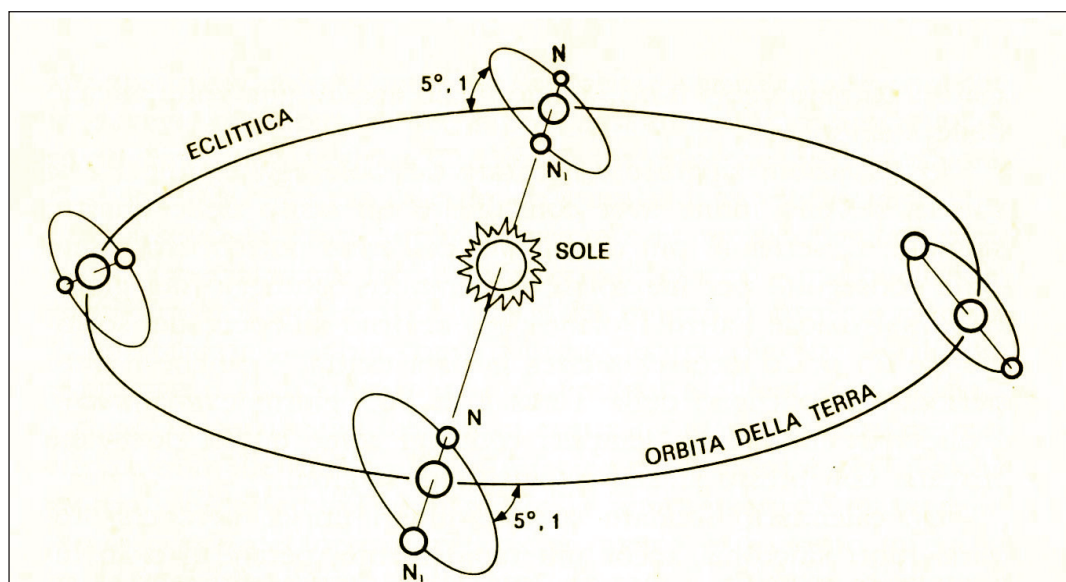
CALLANISH E IL MOTO APPARENTE DELLA LUNA

Adriano Gaspani

S.E.A.C. – European Society for Cultural Astronomy

S.I.A. – Società Italiana di Archeoastronomia - adriano.gaspani.astro@gmail.com

Un corpo celeste che anticamente assunse per le popolazioni preistoriche e protostoriche un'importanza fondamentale è la Luna. Al fine di comprendere la problematica connessa con l'osservazione della Luna da parte degli antichi è necessario descrivere le caratteristiche principali del suo complicato moto apparente nel cielo. La Luna rivoluisce intorno alla Terra muovendosi su un'orbita ellittica, la cui orientazione nello spazio è variabile lentamente nel tempo, ad una distanza media di circa 60 volte il raggio del nostro pianeta.



Orbita della Terra intorno al Sole e della Luna intorno alla Terra.

La distanza tra la Terra e la Luna aumenta di circa 4,4 cm ogni anno a causa del continuo trasferimento di momento angolare dalla Terra alla Luna come conseguenza dell'attrito mareale, di origine gravitazionale, tra questi due corpi celesti. Ad esempio, mediamente, durante il I millennio a.C., la Luna era più vicina alla Terra di circa 110 metri. A causa delle leggi della meccanica orbitale, il trasferimento di momento angolare dalla Terra alla Luna causa anche il rallentamento del moto di rotazione del nostro pianeta e quindi la durata del giorno siderale si allunga leggermente durante i secoli e i millenni.

LINEA DEGLI APSIDI – LINEA DEI NODI

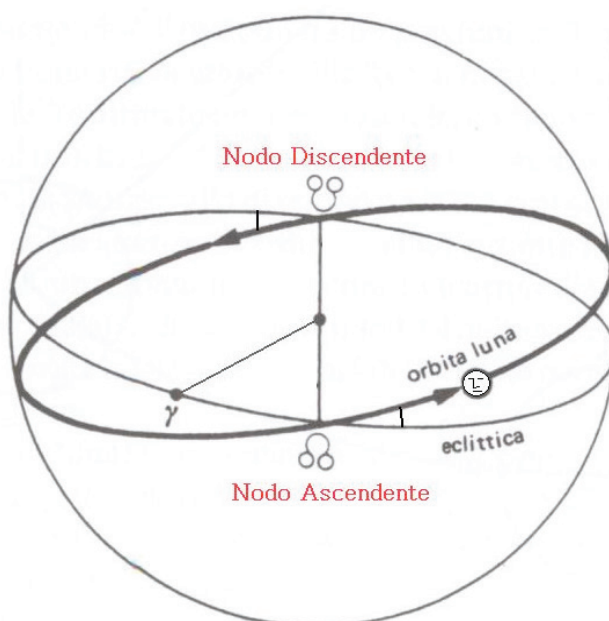
Quando si ricostruiscono le condizioni di visibilità delle eclissi avvenute nell'antichità è sempre necessario tenere conto di questa variazione. Le distanze estreme raggiunte dalla Luna duran-

te la sua orbita sono rispettivamente 55,4 volte il raggio medio terrestre, la minima al perigeo e 66,1 volte, la massima all'apogeo. La linea ideale congiungente l'apogeo con il perigeo è detta "linea degli apsidi", la quale ruota in senso diretto, cioè in direzione del moto orbitale della Luna, a causa delle perturbazioni gravitazionali combinate dovute alla Terra e al Sole, in modo tale che in 3232,59 giorni solari medi venga compiuto un giro completo rispetto alla posizione delle stelle sulla sfera celeste.

I punti di intersezione tra l'orbita lunare e il piano dell'orbita terrestre sono detti "nodi". Il nodo ascendente corrisponde al punto in cui la Luna attraversa il piano orbitale della Terra salendo da latitudini eclittiche negative (australi) a latitudini positive (boreali). Il nodo discendente, invece, corrisponde al punto di intersezione in cui la Luna scende dalle latitudini eclittiche boreali a quelle australi. Questi due punti si muovono sotto l'effetto combinato dell'attrazione gravitazionale del Sole e della Terra sulla Luna. Il moto dei nodi dell'orbita lunare è retrogrado, cioè diretto nel senso opposto rispetto alla direzione del moto della Luna nella sua orbita.

Una rotazione completa dei nodi richiede 6793,39 giorni solari medi, che corrispondono a 18,61 anni solari; questo valore è molto importante dal punto di vista storico e archeoastronomico. Durante una rivoluzione sinodica media, pari a 29,5306 giorni, cioè un ciclo completo di fasi lunari, la Luna descrive sulla sfera celeste poco più di un cerchio completo inclinato di $5^{\circ},15$ rispetto al cerchio dell'Eclittica, valore anche questo soggetto a variazione. La variazione in questo caso è di tipo periodico e ha una ampiezza di $0^{\circ},15$ gradi e un periodo di 173,3 giorni.

Anche questo valore rappresenta un numero importante dal punto di vista storico, infatti esso è la metà del cosiddetto "anno delle eclissi" che quindi comprende 346,6 giorni solari medi. Il particolare valore dell'inclinazione dell'orbita della Luna implica che nelle regioni geografiche corrispondenti all'Europa, durante l'inverno, nelle notti di plenilunio la Luna sia visibile molto alta nel cielo. Durante l'estate, invece, si verifica la situazione opposta, cioè nelle notti di plenilunio la Luna è posizionata bassa sull'orizzonte.



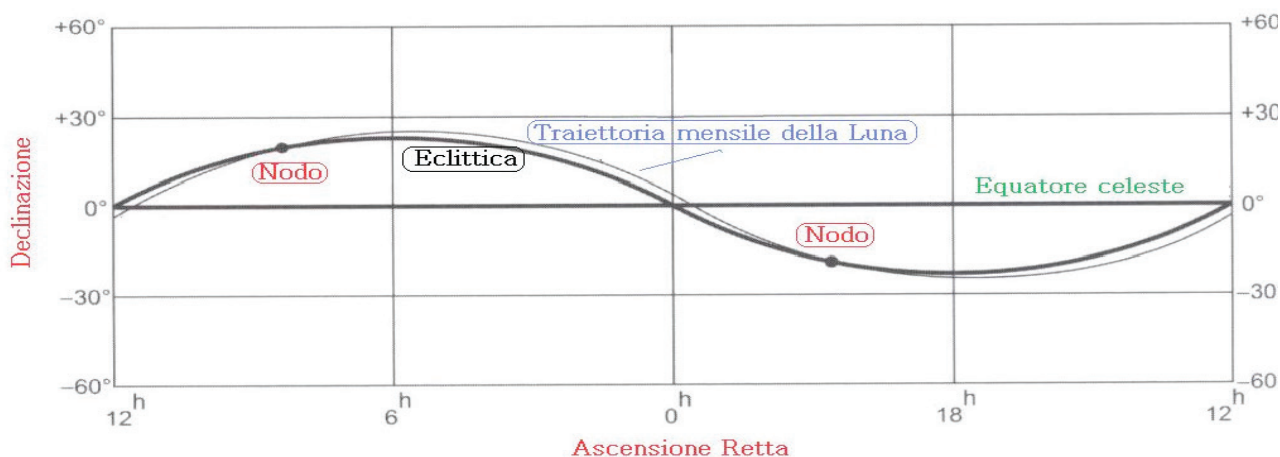
I nodi dell'orbita della Luna.

MESE SIDERALE – MESE SINODICO

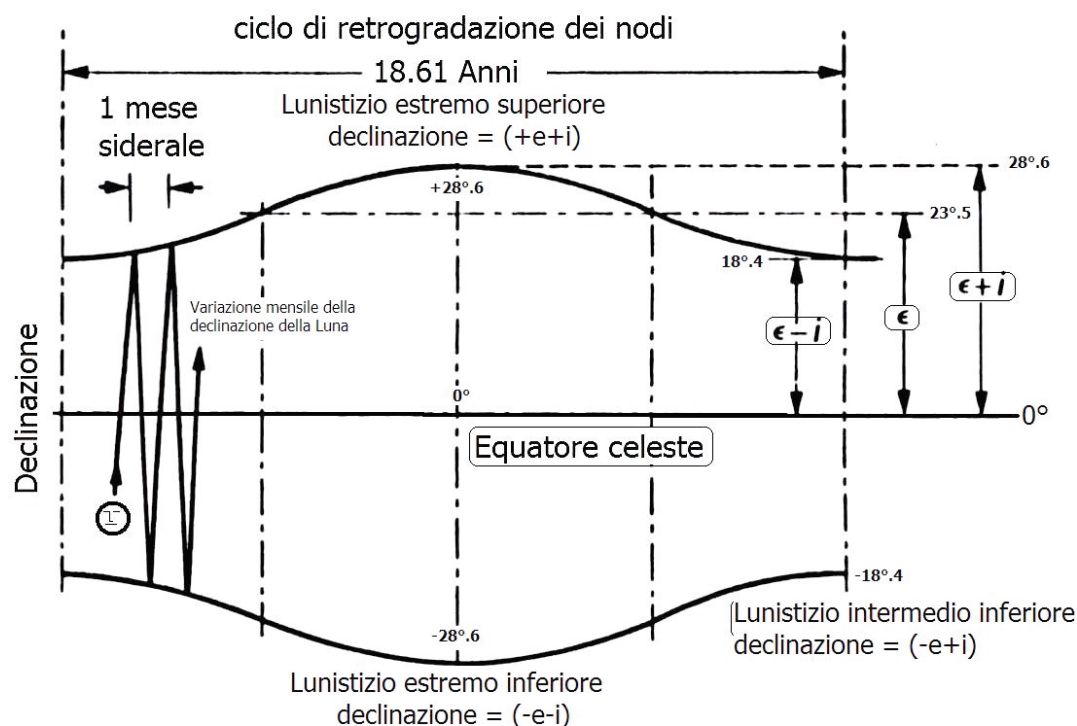
La Luna presenta molte periodicità, tra le quali annoveriamo il mese sinodico e il mese siderale, di grande importanza dal punto di vista archeoastronomico. Il mese sinodico è definito come l'intervallo richiesto alla Luna per passare da una determinata fase alla successiva dello stesso tipo, per esempio da un plenilunio al successivo. La lunghezza del mese sinodico lunare vale 29,5306 giorni solari medi. Il mese siderale lunare, invece, è l'intervallo che intercorre tra due passaggi consecutivi della Luna presso la medesima configurazione di stelle. La lunghezza del mese siderale vale 27,322 giorni solari medi, quindi risulta essere più corto di circa 2 giorni rispetto a quello sinodico.

Appare quindi evidente che il moto apparente del nostro satellite naturale (riguardo al quale si potrebbero aggiungere altre considerazioni che qui omettiamo) è così complesso che un gran numero di famosi matematici, tra i quali Newton, Gauss, Eulero, Laplace, Delaunay e molti altri, dedicarono gran parte della loro vita a sviluppare metodi di calcolo in grado di prevedere con la massima accuratezza possibile la posizione apparente della Luna nel cielo. Tutti questi sforzi vennero compiuti negli anni che vanno dal XVII secolo in poi, sotto la spinta della necessità di determinare con la massima accuratezza possibile la posizione delle navi in mare durante la navigazione oceanica.

I matematici dei secoli scorsi affrontarono il problema armati delle più efficienti tecniche di calcolo disponibili a quei tempi; invece, con molta probabilità, chi osservava il cielo durante la preistoria e la protostoria tentò, senza formalismo matematico ma utilizzando il ragionamento, di raggiungere il maggior accordo possibile tra le posizioni previste e la effettiva ubicazione apparente della Luna sulla sfera celeste, riuscendoci, a quanto pare, piuttosto bene. Questo lavoro venne svolto soprattutto per la necessità di sviluppare dei calendari efficienti, ma anche la ritualità trasse indubbio vantaggio dalla conoscenza del complesso moto apparente del nostro satellite naturale sulla sfera celeste.



Traiettoria percorsa mensilmente dalla Luna lungo l'eclittica.



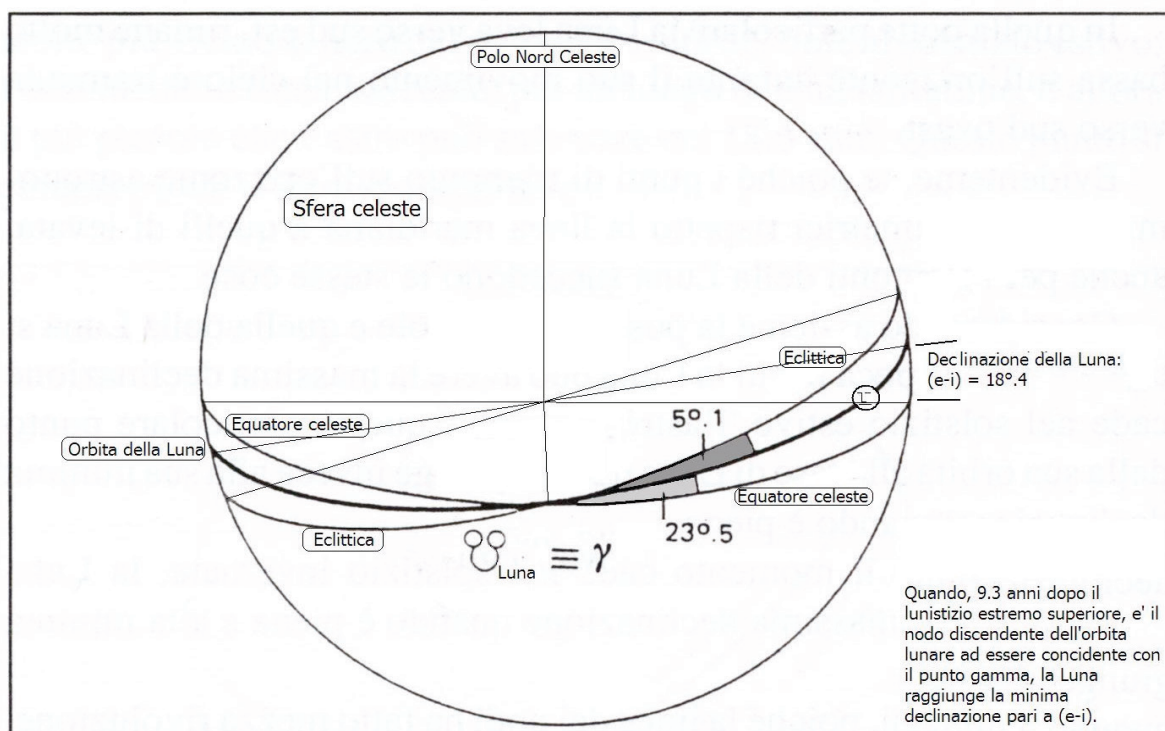
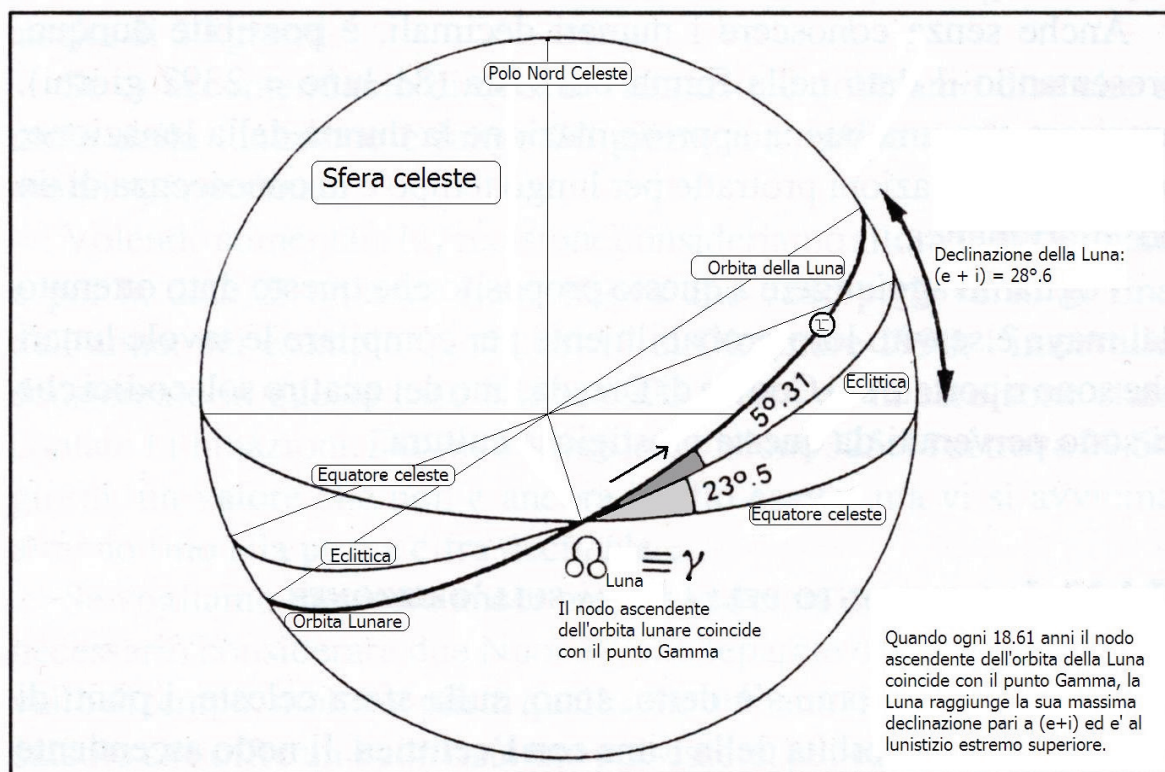
Variazione periodica della declinazione della Luna in 18.6 anni solari tropici corrispondente ad 1 ciclo di retrogradazione dei nodi. Ogni mese siderale lunare la declinazione della Luna oscilla entro gli estremi stabiliti dalla posizione dei nodi in quel mese ed indicati, nella figura, dalle due curve simmetriche poste una sopra ed una sotto la linea dell'equatore celeste. I valori di massima e minima declinazione lunare sono soggetti anche ad una variazione periodica con un periodo pari a 173.3 giorni a causa della variazione dell'inclinazione della sua orbita.

RETROGRADAZIONE DEI NODI

L'orbita della Luna interseca quella della Terra in due punti, i nodi, che sono soggetti al fenomeno periodico della retrogradazione; inoltre l'orbita del nostro satellite è inclinata rispetto a quella della Terra di un angolo, chiamato "i" e pari, in media, a $5^{\circ},15$. L'eclittica, invece, è inclinata rispetto all'equatore celeste di un angolo, detto "e", pari a $23^{\circ},45$ e lentamente variabile nel tempo, oscillando grosso modo da 22° a 24° in un periodo di 41013 anni.

Durante la retrogradazione dei nodi può accadere che, ad una certa epoca, il nodo ascendente vada a coincidere con la posizione del "punto gamma", cioè il punto di intersezione tra l'equatore celeste e l'eclittica, corrispondente alla posizione del Sole nell'istante dell'equinozio di primavera. In questo caso la Luna, muovendosi lungo la sua orbita, può raggiungere il punto di massima distanza angolare al di sopra dell'equatore celeste, cioè la sua massima declinazione boreale geocentrica, la quale sarà pari a $\delta=(+e+i)$, vale a dire $28^{\circ},6$.

In quel giorno la Luna, in un dato luogo, sorgerà molto più a settentrione rispetto al punto di levata del Sole al solstizio d'estate, durante il quale l'astro diurno arriva ad una declinazione pari solamente a $\delta=+e$. La Luna allora si dice essere al "lunistizio estremo superiore". Una situazione interessante si verifica qualora il luogo di osservazione sia posto ad una latitudine maggiore o uguale a $\varphi=(90^{\circ}-e-i)$: in questo caso l'astro notturno diventa temporaneamente circumpolare e anche questo fenomeno si ripete ogni 18,61 anni. Attualmente la latitudine critica perché il fenomeno avvenga vale $61^{\circ},4$.

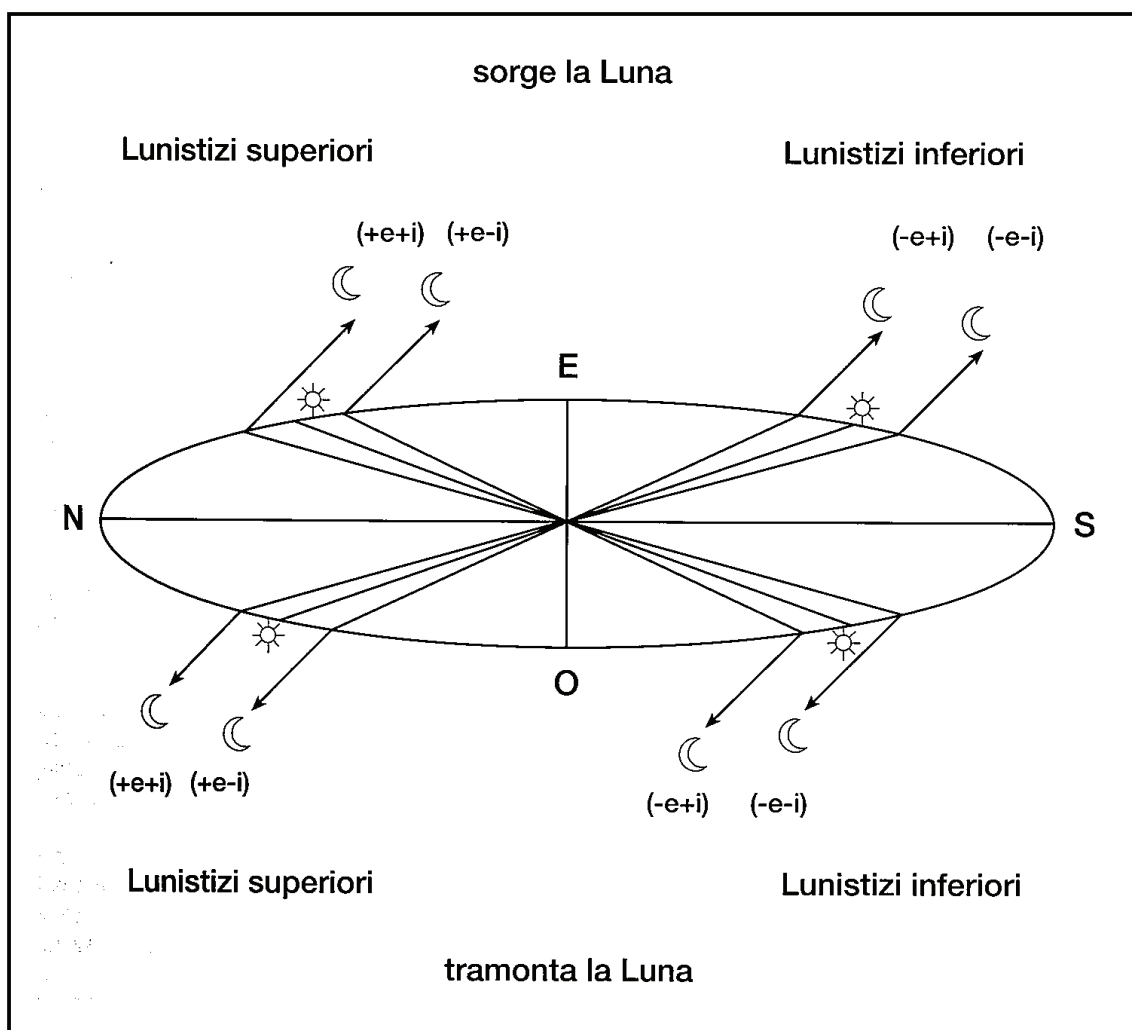


Quando la Luna si trova al lunistizio estremo superiore, quella notte l'astro culminerà molto alto e passerà al meridiano alla sua massima altezza. Mezzo mese draconitico dopo, avendo la Luna percorso metà della sua orbita, essa si troverà nella posizione opposta, per cui la sua declinazione raggiungerà il minimo valore possibile, pari a $\delta = (-e-i)$, raggiungendo il "lunistizio estremo inferiore", quindi $-28^\circ,6$ di declinazione. Va detto che le considerazioni precedenti valgono per un ipotetico orizzonte piatto, caso che difficilmente si verifica. Per ricostruire quindi l'orientamento astronomico di un sito occorre tenere conto dell'altezza dell'orizzonte locale.

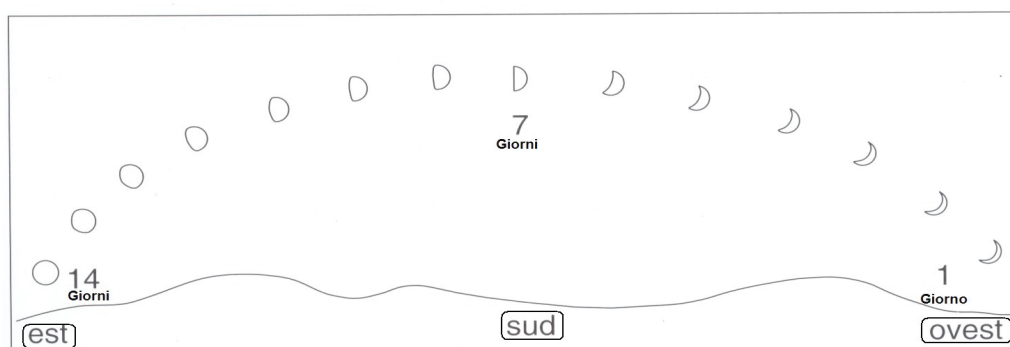
LUNA CIRCUMPOLARE

A questo proposito è interessante ricordare l'affermazione di Ecateo di Abdera che nel VI secolo a.C. riferiva di un tempio circolare, posto nel paese degli Iperborei (definiti come "coloro che vivono sotto l'Orsa Maggiore"), in cui la Luna ogni 19 anni "danzava lungo l'orizzonte", senza mai tramontare. Il tempio fu per molti anni erroneamente identificato con Stonehenge, cosa impossibile a causa del fatto che la latitudine del complesso megalitico britannico è troppo bassa affinché questo fenomeno potesse mai verificarsi.

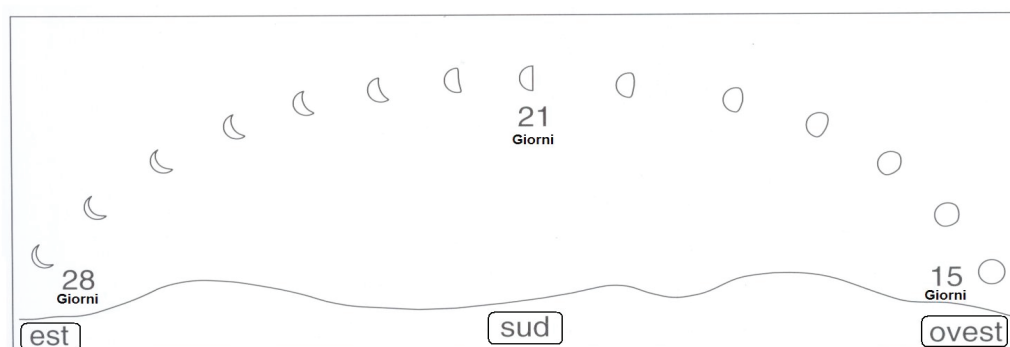
In seguito a studi recenti, chi scrive ha proposto l'identificazione del tempio citato da Ecateo di Abdera con il sito megalitico di Callanish, nell'Isola di Lewis, a nord della Gran Bretagna, luogo in cui il fenomeno poteva effettivamente essere osservato e che si è nuovamente ripetuto nel 2006. Nei luoghi, come Callanish, posti a latitudini maggiori di $\varphi = (90^\circ - e - i)$, mezzo mese draconitico dopo il lunistizio superiore, cioè 13,6 giorni, l'astro percorrerà la sua traiettoria nel cielo rimanendo sempre sotto l'orizzonte astronomico locale. In prossimità di quei giorni la traiettoria lunare andrà abbassandosi, fino ad essere percorsa interamente sotto l'orizzonte.



Punti di levata e di tramonto della Luna ai lunistizi.



**Visibilità della Luna durante la prima metà del mese sinodico lunare:
aspetto e posizione della Luna nel cielo al tramonto del Sole**



**Visibilità della Luna durante la seconda metà del mese sinodico lunare:
aspetto e posizione della Luna nel cielo all'alba**

LEVATA E TRAMONTO

I punti di levata e di tramonto della Luna all'orizzonte astronomico locale dipendono oltre che dalla latitudine φ dell'osservatore, soprattutto dalla declinazione della Luna, la quale può variare tra i valori estremi $\delta = (+\varepsilon + i)$ e $\delta = (-\varepsilon - i)$ con un periodo di 18,61 anni solari tropici. Le fasi della Luna si ripetono seguendo il periodo sinodico di 29,5306 giorni solari medi, quindi l'astro può sorgere e tramontare all'orizzonte mostrando una fase qualsiasi, a seconda dell'evolversi dei mesi sinodici lunari.

È erroneo pensare che si possa vedere sorgere o tramontare la Luna con qualsiasi fase, in quanto la fase è determinata dalla posizione reciproca nello spazio tra la Luna, la Terra e il Sole e corrisponde per ogni giorno a un ben preciso angolo di fase. Questo fatto, quindi, stabilisce un vincolo sulla visibilità dell'astro:

Al novilunio la Luna è in congiunzione con il Sole, quindi sorgerà, passerà al meridiano e tramonterà con esso. Assumendo che sia l'orbita della Terra intorno al Sole che quella della Luna intorno alla Terra siano circolari, al novilunio essa sorgerà intorno alle 6:00 del mattino, transiterà al meridiano alle 12:00 e tramonterà alle 18:00.

Al primo quarto, l'angolo di fase della Luna sarà pari a 90° , quindi essa sorgerà all'orizzonte astronomico locale 6 ore dopo il Sole, quindi a mezzodì, passerà al meridiano alle 18:00 e tramonterà alle 24:00.

Al plenilunio la Luna sorgerà alle 18:00, transiterà al meridiano alle 24:00 e tramonterà alle 6:00 del mattino.

All'ultimo quarto la levata avverrà alle 24:00, il passaggio al meridiano avverrà alle 6:00 del mattino e il tramonto avverrà alle 12:00.

VISIBILITA' DELL'ASTRO

Tenendo conto del fatto che sia la Terra che la Luna hanno orbite ellittiche, gli orari indicati varieranno di poco durante l'anno. Appare allora evidente che sarà possibile assistere al sorgere della Luna solamente quando la sua levata avviene di notte, altrimenti la luce diurna renderà l'astro completamente invisibile, salvo in prossimità dell'ultimo quarto con il cielo particolarmente limpido. Questo implica che sia possibile osservare la levata della Luna all'orizzonte quando la sua fase è compresa tra il plenilunio e il novilunio, quindi quando la Luna è calante, e il tramonto dell'astro quando la sua fase è compresa tra il novilunio ed il plenilunio, quindi quando la Luna è crescente.

Nei siti archeologici di rilevanza astronomica dove sono presenti allineamenti diretti verso i punti di levata della Luna alle declinazioni comprese tra $\delta = (+\varepsilon + i)$ e $\delta = (-\varepsilon - i)$, essi si devono riferire alla Luna piena (limitatamente alla stagione invernale) oppure calante, mentre gli allineamenti diretti verso il tramonto dell'astro notturno si riferiranno al novilunio che però è sempre invisibile e alla Luna crescente.

La possibilità di osservare al plenilunio sia la levata che il tramonto della Luna all'orizzonte sarà possibile, per un sito di osservazione posto lontano dall'equatore terrestre, solo durante la stagione invernale, quando le ore di buio sono sufficienti a mostrare entrambi i fenomeni, mentre durante la stagione estiva la luce diurna impedirà di fatto, salvo situazioni locali di cielo particolarmente limpido, la visibilità di entrambi i fenomeni.

Questa situazione deve essere tenuta in grande considerazione quando si interpretano gli allineamenti astronomicamente significativi diretti verso i punti di levata e tramonto lunistiziali rilevati nei siti archeologici. La letteratura archeoastronomica mostra numerosi studi in cui si mette in evidenza la presenza di allineamenti lunistiziali lunari, ma in fase di interpretazione non vengono assolutamente prese in considerazione le effettive condizioni di visibilità dell'astro quando sorge e tramonta lungo quelle particolari direzioni.

IMPORTANZA DEI LUNISTIZI

Rimane ora da porsi una domanda fondamentale e cioè a cosa servisse a una popolazione antica conoscere le epoche e la posizione dei lunistizi. Questa è una domanda a cui, allo stato attuale delle ricerche, è molto difficile rispondere, in quanto il ciclo di retrogradazione dei nodi non ha rilevanza pratica, per esempio dal punto di vista agricolo, anche se un'interessante ipotesi è stata avanzata in passato da chi scrive.

Potremmo ipotizzare che qualora la Luna fosse stata prossima al lunistizio corrispondente alla declinazione massima essa avrebbe percorso un grande arco in cielo, rimanendo quindi

sopra l'orizzonte per quasi tutta la notte, soprattutto qualora l'astro fosse stato al plenilunio e la latitudine del luogo relativamente alta. In questo caso la Luna poteva essere molto utile per il fatto che la sua luce poteva illuminare il cammino durante gli spostamenti notturni, mentre mezzo mese dopo la declinazione della Luna era la minima possibile, l'arco descritto sopra l'orizzonte durante la notte era piccolo e l'illuminazione notturna durava poche ore.

Questa ipotesi, però, risulta poco convincente, in quanto le declinazioni massime si ripetono ogni 18,61 anni, periodo per la verità piuttosto lungo per programmare spostamenti da effettuarsi in un numero limitato di notti. L'esistenza dei numerosi allineamenti diretti verso questi particolari punti d'arresto sperimentalmente rilevati in una grande quantità di siti europei che si collocano cronologicamente dalla preistoria alla protostoria è, però, un dato di fatto che non può essere trascurato; ecco che la valenza rituale della Luna potrebbe forse essere una giustificazione più appropriata per spiegare l'esistenza degli allineamenti rilevati.

Un altro fatto importante è che la conoscenza del ciclo lunistiziale lunare poneva in mano, a chi lo conosceva, lo strumento per prevedere alcune eclissi, soprattutto quelle di Luna. Infatti, qualora la Luna si trovi alla massima o minima declinazione possibile e contemporaneamente al primo o all'ultimo quarto, allora sette giorni dopo è possibile il verificarsi di un'eclisse di Sole o di Luna, in quanto l'astro si troverà al nodo e contemporaneamente al novilunio o al plenilunio, quindi con il Sole anch'esso posizionato ad uno dei due nodi dell'orbita lunare. Questo metodo è in teoria possibile e praticabile ma permette la predizione di un numero piuttosto limitato di eclissi e soprattutto a scadenza breve: solo 7 giorni.

A questo punto appare molto chiaramente quanto sia complicato e aleatorio attribuire grande accuratezza agli allineamenti lunistiziali lunari rilevati nei siti archeologici di rilevanza astronomica e quanto sia parimenti azzardato ritenere che in epoca preistorica e protostorica sia stato possibile materializzare sul terreno tali linee con un'accuratezza superiore a certi limiti.

DIMENSIONE ANGOLARE APPARENTE

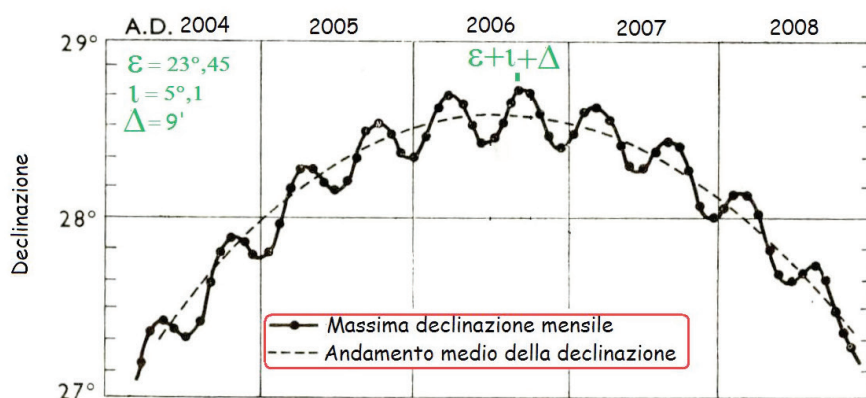
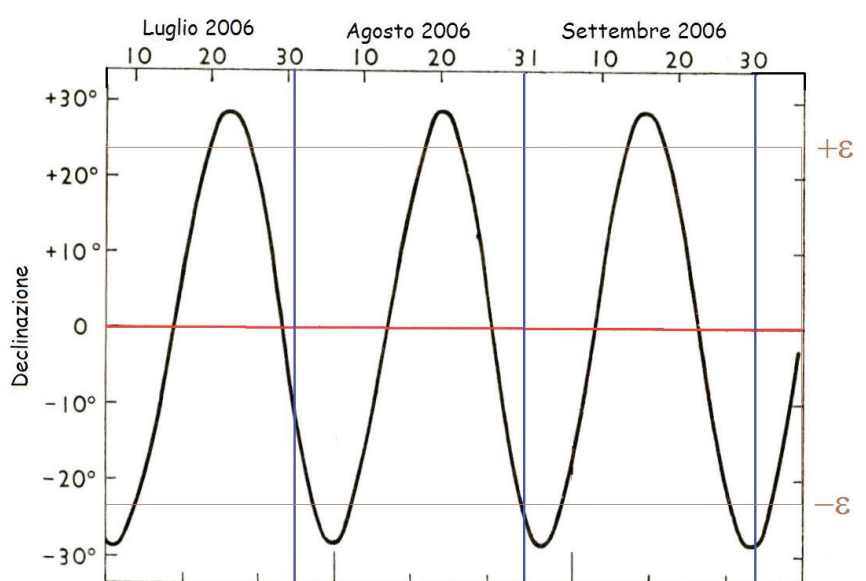
Esiste ancora un fatto da prendere in considerazione, riguardante la dimensione angolare apparente del disco lunare. Il ragionamento esposto fino ad ora riguarda la declinazione del centro geometrico del disco della Luna visibile da terra, ma dal punto di vista osservativo è più facile stimare a occhio nudo il momento del sorgere oppure del tramontare di uno dei due lembi del disco lunare: quello superiore o quello inferiore. Il diametro apparente medio della Luna è dell'ordine di $0^{\circ},5$ e anche questo valore, leggermente variabile nel tempo, va a sommarsi oppure a sottrarsi alla declinazione dell'astro, variando l'azimut astronomico di levata oppure di tramonto all'orizzonte naturale locale.

Questa variazione di declinazione, che a prima vista sembra trascurabile, in realtà produce consistenti variazioni dell'azimut di levata o tramonto quando la latitudine geografica del sito di osservazione è elevata. Ad esempio a una latitudine di 60° N, quando la Luna sorge lungo la linea equinoziale, la variazione dell'azimut di levata per il solo effetto del diametro angolare lunare è dell'ordine di 1° .

AFFIDABILITA' DEGLI ALLINEAMENTI

A causa di tutti questi fattori è estremamente difficoltoso stabilire il livello di affidabilità degli orientamenti lunistiziali lunari nei siti archeologici di rilevanza astronomica in quanto, dal punto di vista osservativo ad occhio nudo, nella preistoria e nella protostoria era estremamente difficile materializzare sul terreno le direzioni della levata e del tramonto della Luna ai lunistizi con sufficiente precisione utilizzando traguardi costituiti da pali, mentre era possibile ottenere un risultato più accurato utilizzando qualche particolare orografico dell'orizzonte di sfondo quale "mirino".

Esistono molte ragioni per affermare questo. In primo luogo, la Luna giunge alla sua massima e minima declinazione una volta al mese e la sua declinazione sarà vicina al valore estremo mensile per due o tre giorni prima e dopo la data del valore estremo. A meno che la levata o il tramonto della Luna capitino casualmente molto vicino al preciso momento di declinazione estrema, la massima o la minima declinazione dell'astro in quel preciso mese non saranno direttamente osservabili, quindi esiste sempre un errore positivo o negativo nell'azimut di levata o di tramonto rispetto ai valori massimi o minimi mensili.



Andamento della Declinazione della Luna

Andamento della declinazione della Luna in prossimità del lunistizio estremo superiore del 15 settembre 2006. In basso è mostrato come la successione dei massimi mensili che raggiungono una declinazione molto prossima a quella estrema non permettano la determinazione della data di lunistizio se non entro un intervallo di un paio di mesi.

Nel caso peggiore, cioè quando gli estremi di declinazione capitano a metà giornata rispetto alla levata oppure al tramonto, esisterà un errore dell'ordine dei 10' d'arco in più o in meno rispetto all'azimut teorico estremo mensile: in più rispetto all'estrema digressione meridionale e in meno rispetto a quella settentrionale.

In secondo luogo, quanto la massima o minima declinazione mensile siano prossime ai valori estremi lunistiziali dipende da dove il mese considerato è posto entro il ciclo di 18,61 anni solari tropici. In terzo luogo, l'oscillazione dell'inclinazione dell'orbita lunare con periodo pari a 173 giorni implicherà una variazione di declinazione variabile da mese a mese, la quale implicherà, a sua volta, una corrispondente variazione nell'azimut di levata o di tramonto che si amplifica in funzione della latitudine, spostandosi dall'equatore ai poli.

In pratica, il tramonto della Luna sarà direttamente osservabile con un'approssimazione di 2 o 3 primi d'arco se l'istante del tramonto coincide con il massimo di declinazione mensile entro circa 5 ore; questo implica che il ripetersi di massimi mensili di declinazione poco differenti dal valore estremo lunistiziale man mano che ci si avvicina alla vera data di lunistizio e nei mesi immediatamente seguenti conduca, dal punto di vista dell'osservazione ad occhio nudo, alla possibilità di stabilire la data del lunistizio estremo superiore entro un intervallo di 20 settimane, senza essere in grado di stabilire quale sia la esatta data del lunistizio.

Esiste anche l'effetto della variazione mensile della parallasse lunare, che aggiunge un ulteriore elemento di incertezza. Ma non è tutto: questa critica situazione è peggiorata dal fatto che la levata della Luna può essere osservata solo nelle fasi successive al plenilunio e il tramonto solo nelle fasi che lo precedono e che il bordo del disco lunare per essere visibile deve essere illuminato. Questo implica un'incertezza dell'ordine di oltre mezzo grado tra le direzioni di levata e tramonto determinabili mediante l'osservazione e a ciò va aggiunto l'effetto perturbatore della rifrazione astronomica, molto consistente a livello dell'orizzonte.

ALLINEAMENTI A CALLANISH I

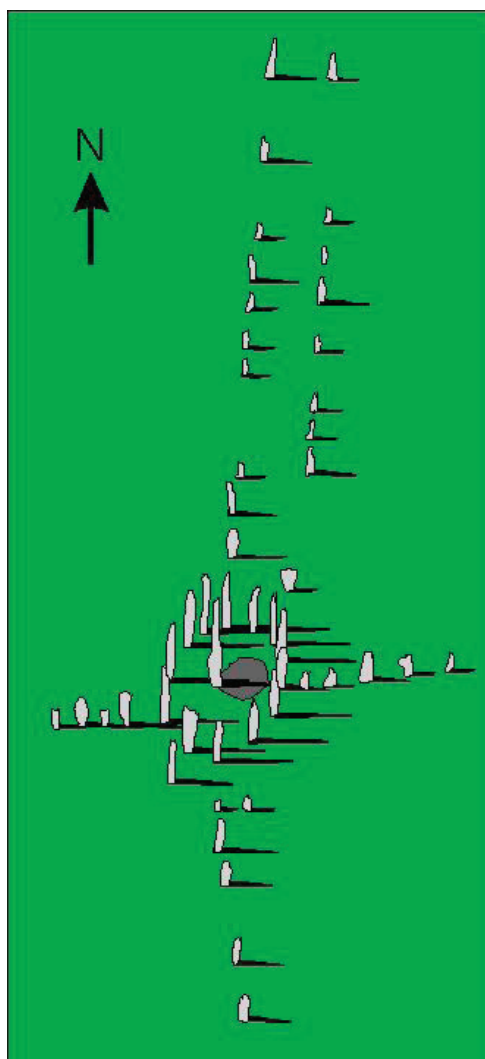
Durante l'analisi archeoastronomica di un sito che si sospetta essere astronomicamente significativo dal punto di vista lunare non si può prescindere dal tenere ben presente il livello di incertezza insito nell'osservazione visuale delle posizioni di levata e tramonto del nostro satellite naturale all'orizzonte naturale locale; d'altro canto la quantità di allineamenti lunistiziali lunari riscontrabile nei monumenti megalitici, non solo nord-europei, eretti dal Neolitico fino all'età del Bronzo è molto elevata, superiore anche a quella degli allineamenti solstiziali solari.

In questa sede prenderemo in esame Callanish I, un sito molto significativo non tanto per gli allineamenti diretti verso i punti di levata e tramonto della Luna ai lunistizi, di cui il monumento ne mostra uno solo e neanche quello molto sicuro, quanto per la sua posizione geografica che fa

sì che quando la Luna raggiunge la massima declinazione negativa essa percorra una particolare traiettoria nel cielo.

Il sito di Callanish I è posto sull'Isola di Lewis, nell'arcipelago delle Ebridi, a nord della costa scozzese, a una latitudine di $58^{\circ} 11' 51'',25$ N e a una longitudine di $6^{\circ} 44' 41'',71$ W, secondo l'ellissoide geocentrico WGS84. La costruzione del monumento risale grosso modo al 2900 a.C., ma è ancora molto difficile sia datarlo con precisione sia definire le reali funzioni che esso ebbe quando fu in uso.

Callanish I consiste in un circolo ellittico di pietre di $13,1 \times 11,3$ metri, formato da 13 monoliti alti e sottili in gneiss di Lewis. Al centro del circolo ellittico è posto un altro monolite che è il più alto di tutti, raggiungendo i 4,75 metri di altezza. Dalla struttura ellittica si dipartono quattro viali delimitati da file incomplete di grosse pietre erette, diretti verso est, sud e ovest e una doppia fila nella direzione nord-nord-est. I loro allineamenti assiali si incrociano in corrispondenza del menhir posto al centro della struttura ellittica. All'interno del circolo di pietre sono stati ritrovati i resti di un tumulo circolare a camera di epoca neolitica che fu eretto dopo che il circolo centrale e gli allineamenti di pietre furono posti in opera. Nell'area circostante esistono diversi altri circoli di pietre, come Cnoc Ceann a' Gharaidh (Callanish II), Cnoc Filibhir (Callanish III) e Ceann Hulavig (Callanish IV).

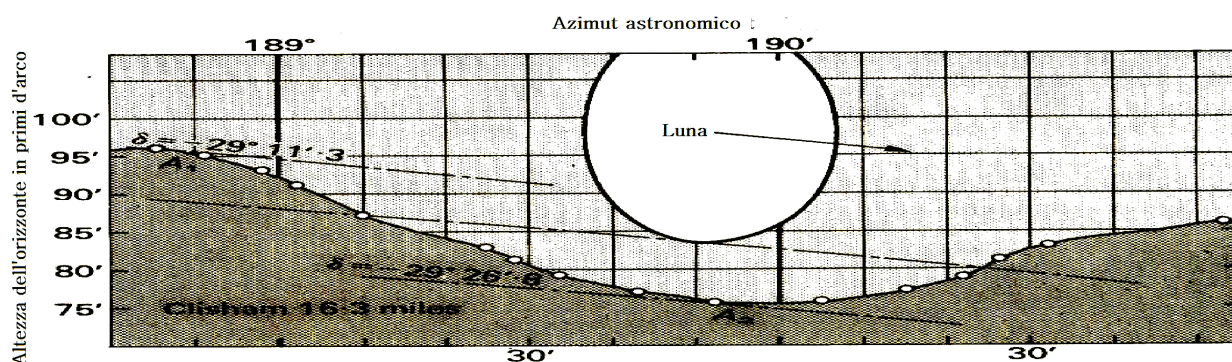


Struttura del monumento megalitico di Callanish I.



Il sorgere del Sole tra le pietre dell'anello centrale di Callanish I.

Il professor Alexander Thom, nel suo accurato studio eseguito negli anni '60, propose che guardando verso sud, lungo il viale di pietre allineate secondo un azimut astronomico pari a $189^{\circ},2$, si trovi il punto nel quale tramontava la Luna al lunistizio estremo inferiore, quando essa raggiungeva la sua minima declinazione. Questo è possibile in quanto la latitudine geografica del sito è elevata e quindi al lunistizio estremo inferiore la Luna sorge a circa 10° di azimut astronomico prima della direzione Sud, passa al meridiano bassissima sull'orizzonte per poi tramontare a circa 10° dopo il meridiano.



Tramonto della Luna al lunistizio estremo inferiore all'orizzonte naturale locale lungo il corso meridionale di pietre di Callanish I. Questo fenomeno si è ripetuto nei primi giorni di ottobre 2006.

Secondo una tradizione locale, le pietre sarebbero giganti che in tempi antichissimi vivevano sull'isola e che vennero tramutati in pietra da San Kieran, quando rifiutarono il Cristianesimo. Per un'altra credenza della locale comunità, ancora di lingua gaelica scozzese, quando il Sole sorge il giorno del solstizio d'estate una "entità splendente" si incamminerebbe per il viale di pietre allineate, annunciata dal canto del cuculo; questo potrebbe rappresentare una reminescenza dell'antichissimo significato astronomico delle pietre di Callanish I.

ASTRO NEWS

Cristiano Fumagalli

RAGGIUNTI I 6000 PIANETI EXTRASOLARI

I pianeti extrasolari confermati raggiungono i 6000 in soli trent'anni. Il numero ufficiale di esopianeti – pianeti al di fuori del nostro Sistema Solare – monitorati dalla NASA ha raggiunto quota 6.000. I pianeti confermati vengono aggiunti al conteggio in modo continuativo da scienziati di tutto il mondo; quindi, nessun pianeta viene considerato il 6.000° elemento. Il numero è monitorato dall'Exoplanet Science Institute (NExSci) della NASA, con sede presso l'IPAC del Caltech a Pasadena, in California. Ci sono più di 8.000 altri pianeti candidati in attesa di conferma, con la NASA leader mondiale nella ricerca di vita nell'universo. Al momento, però, il gemello della Terra non c'è...



LA DANZA DEI “DIAVOLI DI POLVERE”

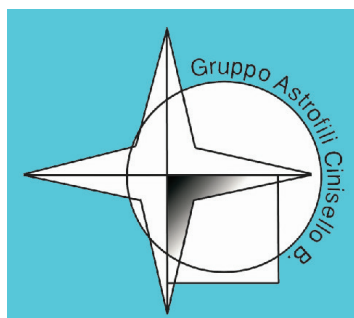
La danza dei “diavoli di polvere” svela il clima di Marte. Analizzando vent’anni di immagini provenienti dalle sonde Mars Express e ExoMars Trace Gas Orbiter, un gruppo guidato da Valentin Bickel dell’Università di Berna ha tracciato 1.039 vortici simili a tornado. Lo studio, pubblicato su Science Advances, mostra come la polvere venga sollevata nell’aria e trasportata attraverso la superficie del pianeta.



MOLECOLE ORGANICHE COMPLESSE NELL'OCEANO DI ENCELADO

Gli scienziati, analizzando i dati raccolti dalla sonda Cassini, hanno scoperto nuove molecole organiche complesse provenienti dalla luna di Saturno, Encelado. Questo è un chiaro segno che all'interno del suo oceano sotterraneo si stanno verificando complesse reazioni chimiche. Alcune di queste reazioni potrebbero far parte di catene che portano a molecole ancora più complesse, potenzialmente rilevanti dal punto di vista biologico.





G.A.C.B.

Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

Sede riunioni Ex scuola Manzoni Via Beato Carino 4 20092 Cinisello Balsamo (MI)

c/o dott. Fumagalli Cristiano via Trieste 20 20092 Cinisello Balsamo (MI)

e-mail: fumagallic@tiscali.it - Cell. 347 4268868 - Cell. 349 5116302 (Ven 21-23)

Sito: <http://gacb.astrofili.org>

Google: gacb_informa@googlegroups.com

FaceBook: Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

FaceBook: Osservatorio Astronomico Presolana

Osservatorio: Castione della Presolana - Località Lantana

Planetario: c/o Punto di Vista - Piazza Garibaldi, 18 Muggiò (MB)

Delegazione UAI per la provincia di Milano

GACB e membro di CieloBuio - Coordinamento per la protezione del Cielo Notturmo

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente - *Cristiano Fumagalli*

Vicepresidente - *Nino Ragusi*

Segretario - *Mauro Nardi*

Tesoriere - *Franco Vruna*

Consiglieri:

Stefano Spagocci

Sergio Brighel

SEZIONI

Astrofotografia

Cristiano Fumagalli - Matteo Morelli

Planetario

Nino Ragusi

Stelle variabili

Stefano Spagocci - Cristiano Fumagalli

Tecnica autocostruzione

Leonardo "Gianni" Vismara

Responsabile Bollettino - *Stefano Spagocci*

Impaginazione - *Nino Ragusi*
