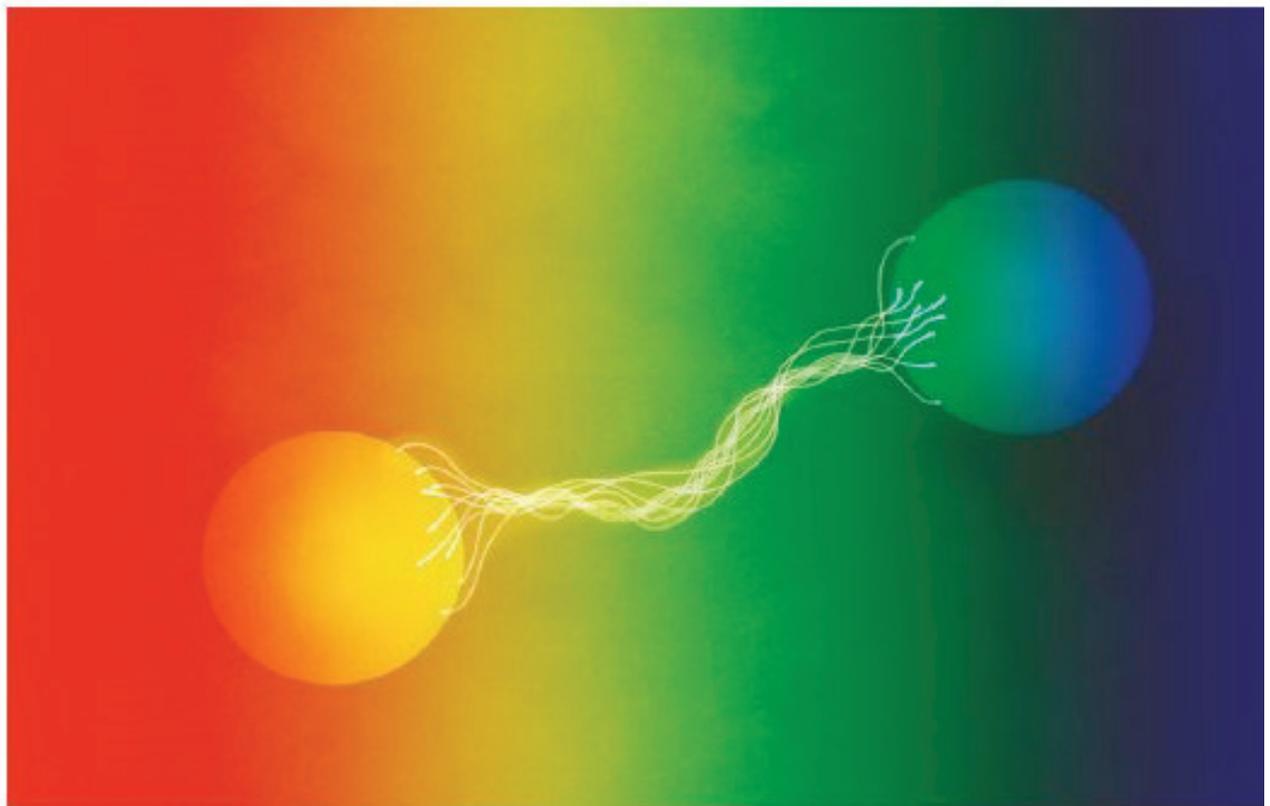


*il* **BOLLETTINO**  
del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO  
numero 72 - Gennaio 2023



**L'ENTANGLEMENT E I SUOI MISTERI:  
I PREMI NOBEL PER LA FISICA 2022**

## IN QUESTO NUMERO

### EDITORIALE

Il Ritorno dell’Uomo sulla Luna - <i>Cristiano Fumagalli</i>	3
Tunguska - <i>Mauro Nardi</i>	4
L’Entanglement e i Suoi Misteri: I premi Nobel per la Fisica 2022 <i>Stefano Spagocci</i>	14
La Cometa di Halley e i Re Maya - <i>Carlo Torrini</i>	18
Piccola enciclopedia astronomica: Le Lenti Gravitazionali, la Croce e l’Anello di Einstein - <i>Franco Vruna</i>	21
Astro News - <i>Cristiano Fumagalli</i>	24

# EDITORIALE

## IL RITORNO DELL'UOMO SULLA LUNA

*Cristiano Fumagalli*

La turbolenta partenza della missione *Artemis I* ha segnato uno dei momenti più significativi della storia dell'astronautica, quello dell'inizio del ritorno dell'uomo sulla Luna. Dopo l'ultima missione Apollo, avvenuta nel 1972, il volo umano nello spazio non si è più spostato dall'orbita terrestre e, pur avendo obiettivi sicuramente prestigiosi, come la Stazione Spaziale Internazionale (ISS) o le spedizioni di restauro di Hubble, la mancanza di voli "interplanetari" ci dava una sensazione di incompiutezza.

Certo, non esisteva più la competizione politica con l'ex Unione Sovietica, ma chi non sperava in cuor suo di rivedere quelle immagini degli uomini sul suolo lunare? Il momento ora è arrivato e l'avanzamento tecnologico degli ultimi 50 anni ci fa sperare in missioni assai più spettacolari e scientificamente rilevanti.

Soprattutto, abbiamo capito che la sicurezza sarà un capitolo importante e già *Artemis I* lo ha fatto capire con i rinvii per cause tecniche, situazione ben differente da quella del lontano 1969, dove l'obiettivo Luna era da raggiungere a qualsiasi costo. La tabella di marcia ci dice che la missione di sbarco dell'uomo sarà nel 2025 o al più tardi nel 2026, un tempo quindi relativamente breve e durante il quale capiremo come si svilupperà l'intero programma.

Molti si chiedono lo scopo di questo nuovo interesse per il nostro satellite naturale. Sicuramente la parte scientifica è preponderante; l'ampliare la nostra conoscenza su quella che è stata l'evoluzione del nostro pianeta in particolare e del Sistema Solare in generale è straordinariamente importante. Non dimentichiamo poi le ricadute che queste missioni hanno anche sulla vita quotidiana, dai computer, ai cellulari fino ai più complessi strumenti diagnostici negli ospedali sono tutti figli della ricerca spaziale.

Una cosa a noi appassionati rende ancor più entusiasmante il programma *Artemis*: questo è il banco di prova per capire se l'essere umano potrà prendere la strada verso obiettivi più impegnativi e importanti, a partire da Marte, le cui sonde dovrebbero partire proprio da una base lunare. Torniamo sulla Luna, quindi, e questa volta per restarci!

# TUNGUSKA

(Тунгусский)

*Mauro Nardi*



**TUNGUSKA** - Con questo nome si indicano i tre grandi affluenti di destra dello Jenissei, distinti più precisamente con i nomi di: Tunguska Superiore (*Verchnjaja Tunguska*), Tunguska Pietrosa (*Podkamennaja Tunguska*) e Tunguska Inferiore (*Nižnjaja Tunguska*). La prima è però più nota con il nome di Angara, soprattutto nel tratto superiore. Le sue sorgenti si trovano a nord-ovest dell'altipiano di Vitim, nel territorio della repubblica Mongola-Buriata, a una distanza in linea d'aria di circa 300 km. dal Bajkal, nel quale il fiume sbocca.

30 giugno 1908, ore 7,14 locale, 0,14 T.U. Nelle vicinanze del fiume Podkamennaja Tunguska, che scorre nella parte settentrionale del Territorio di Krasnojarsk, nella Siberia centrale, ebbe luogo uno degli eventi più catastrofici verificatisi a memoria d'uomo. In una superficie di 2.150 Km quadrati un'esplosione di un grande meteorite distrusse abbattendoli circa 60-80 milioni di alberi. L'esplosione provocò un'onda d'urto assimilabile ad un terremoto del 5 grado della scala Richter.



Il rumore fu udito sino a 1.000 km di distanza. A 500 Km alcuni testimoni affermarono di aver udito un sordo scoppio e visto una grande nube di polvere sollevarsi in cielo. A 60-65 Km di distanza dall'evento un testimone Semen Semenov ricorda di aver visto in cielo un grande fuoco, udito un fragoroso boato e di sentirsi sollevare e spostare di alcuni metri dal punto in cui era.



I fenomeni luminosi furono avvertiti entro un raggio di 600-700 km. Per dare un'idea della portata del fenomeno, se fosse accaduto a Roma, sarebbe stato visto da un capo all'altro della penisola e udito da Francoforte a Tripoli, da Barcellona a Belgrado.



L'esplosione del meteorite avvenne ad una altitudine tra i 5 e i 10 km dalla superficie terrestre. L'evento ha fatto terra bruciata nel raggio di più di 2.150 chilometri, con una portata di onda d'urto che si stima abbia causato un terremoto in grado di distruggere una città. A sei minuti dall'esplosione iniziò una tempesta geomagnetica, durata alcune ore, simile ai disturbi magnetici provocati dalla esplosioni nucleari nell' atmosfera, che fu rilevata dall' Osservatorio Magnetico e Meteorologico di Irkutsk. Nonostante la portata del fenomeno, non ci fu nessuna reazione da parte della scienza, e solo qualche giornale locale riportò la notizia dell'evento, ipotizzando la caduta di un grosso meteorite nella Taiga.



Anche il governo Russo di quei tempi nulla fece per indagare nell'immediato sull'ccaduto, perchè l'evento avvenne in una zona scarsamente popolata, ma soprattutto per le vicende politiche interne del momento.

L'evento fu così "dimenticato" fino al 1921, quando una spedizione dell' Accademia delle Scienze Russa organizzò una ricerca del presunto punto d' impatto del meteorite. L'ambiente particolare che rende inospitale e irraggiungibile il territorio, associato al misterioso evento catastrofico del 1908, ha fatto fiorire ipotesi, leggende, racconti e miti. Dagli UFO a misteriose cupole che proteggerebbero il pianeta da alieni ostili, fino a creature misteriose che vivrebbero da tempi immemori nella zona. L'Evento rimane tutt'oggi inspiegato, gli scienziati non hanno prove certe ma solo indizi per teorizzare quello che potrebbe essere accaduto. Trascorso il tornado della prima guerra mondiale e della rivoluzione bolscevica, bisognerà aspettare il 1921 perché un ricercatore del Museo di Mineralogia di Petrograd, Leonid A. Kulik, incuriosito dai ritagli ormai ingialliti dei giornali del 1908, decida di compiere il primo sopralluogo nella zona del disastro. Il ricercatore impiegherà sei anni per convincere i membri dell'Accademia Sovietica delle Scienze a finanziare l'impresa. Ma la ricognizione non darà i risultati sperati: dopo mille fatiche e difficoltà, lo studioso non trova ne' il cratere, ne' i frammenti del meteorite.



*Leonid Kulik 1921*

Asteroide o cometa. Sulla rivista scientifica 'Terra Nova' nel 2007, è stato pubblicato il lavoro di un gruppo di ricercatori italiani dell'Ismar-Cnr e delle Università di Bologna e Trieste, che hanno condotto sul luogo una spedizione scientifica. Dagli studi risulta che il lago Cheko, un piccolo specchio d'acqua, circa 500 metri di diametro, situato ad una decina di chilometri all'epicentro dell'esplosione del 1908, può essere il cratere causato dall'impatto di un 'frammento' di circa cinque metri, sopravvissuto all'esplosione principale, che si è schiantato a 'bassa velocità', ovvero a circa un chilometro al secondo.



*Lago CHEKO oggi*

La spedizione scientifica italiana del 1999, riesce a esplorare la zona dell'esplosione e in particolare un piccolo lago, il Lago Cheko, a circa 10 chilometri dall'epicentro dell'esplosione, che viene interpretato come un cratere da impatto. Si apre a questo punto un dibattito tra geologi da un lato, e i cosiddetti coloro che sostengono l'impatto dall'altro. I primi hanno raccolto evidenze molto convincenti che il lago si è formato nel 1908 per l'impatto di un grosso frammento di un corpo cosmico (asteroide o cometa) sopravvissuto all'entrata nell'atmosfera. I modelli teorici degli impatti, invece, negano la possibilità che un frammento cosmico roccioso in quelle condizioni possa giungere fino al suolo. I dubbi sollevati frenano l'impegno dei finanziamenti necessari e bloccano in qualche modo la ricerca del frammento del meteorite in fondo al Lago Cheko.

L'ipotesi più accreditata come causa del fenomeno è l'esplosione di un asteroide sassoso di circa 30 metri di diametro che si muoveva ad una velocità di almeno 15 chilometri al secondo. La resistenza offerta dall'atmosfera può aver frantumato l'asteroide la cui energia cinetica è stata convertita in energia termica. La conseguente vaporizzazione dell'oggetto roccioso ha causato un'immane onda d'urto che ha colpito il suolo.

Il team capeggiato da Giuseppe Longo, professore di fisica all'università di Bologna ha annunciato di avere scoperto le tracce di un probabile cratere d'impatto: il lago di Cheko, a 8 chilometri dall'epicentro dell'esplosione. La speranza di Longo e dei suoi collaboratori è di recuperare un frammento dell'oggetto cosmico. Il team si occupa di Tunguska dal 1991: poco per volta, ipotizzarono che la deflagrazione nell'atmosfera di un asteroide o di una cometa avesse determinato la formazione del lago Cheko, vicino al fiume Kimciu. La sua forma a imbuto, leggermente ellittica, è molto diversa da quella tipicamente piatta degli altri laghi siberiani.



Grazie ad una simulazione, della NASA e dell'Università del Wisconsin, Christopher Chyba e Kevin Zahnle e Paul J. Thomas, escludono che l'oggetto precipitato fosse di natura ferrosa o carbonacea. Nel primo caso, il corpo celeste avrebbe raggiunto il suolo senza frantumarsi, nel secondo caso, la deflagrazione sarebbe avvenuta troppo in alto nell'atmosfera per devastare una zona così ampia di taiga. Per ragioni analoghe e per considerazioni sulla densità, i tre ritengono improbabile che l'evento di Tunguska sia stato generato da una cometa. La frequenza media di impatti terrestri con oggetti simili a quello caduto su Tunguska è all'incirca di uno ogni 600 anni.

Nel 2013, lo scienziato Andrei Zlobin dall'Accademia Russa delle Scienze ha di fatto annunciato di aver individuato quello che lui crede essere tre frammenti di un meteorite caduto nella regione di Tunguska, affermando che fanno parte dell'oggetto che causò quella devastazione.

I frammenti li ha soprannominati (1) corona dentale, (2) balena, e (3) barca. I reperti devono ancora essere analizzati chimicamente in modo non vi sia alcun dubbio sulla loro provenienza. Anche il test però, non può dimostrare se l'esplosione è stata causata da un asteroide o da una cometa, perché le comete possono contenere frammenti di roccia. Se dovesse aver ragione, la scoperta oltre che eccezionale, potrebbe offrire nuovi importanti indizi e contribuire, una volta per tutte, a risolvere il mistero che ormai dura da decenni.



Il meteorite è esploso con l'energia di 10- 15 megatoni equivalente a circa N° volte la bomba atomica (dati molto controversi), che distrusse Hiroshima nel 1945. Se avesse impattato poche ore prima, avrebbe potuto distruggere San Pietroburgo, Berlino, o Londra, cambiando il corso della storia del mondo.



Tratto da:

## **RUSSIA BEYOND THE HEADLINES**

[http://it.rbth.com/articles/2012/07/04/luce\\_italiana\\_sul\\_mistero\\_di\\_tunguska\\_16510.html](http://it.rbth.com/articles/2012/07/04/luce_italiana_sul_mistero_di_tunguska_16510.html)

Anche un gruppo di scienziati dell'Istituto di Geologia Marina Ismar di Bologna da tempo si sta dedicando alla ricerca del meteorite più famoso della storia. E alcuni di loro, come ad esempio il direttore della spedizione, Luca Gasperini, conoscitore della taiga russa meglio degli abitanti della zona. Questa la loro teoria/ipotesi.

“I laghi siberiani non sono molto profondi e generalmente hanno il fondale piatto. Però il fondale del lago Cheko ha forma conica e supera i cinquanta metri, una cosa del tutto inusuale per i laghi di questa zona. C'è una sola spiegazione: si tratta del cratere del meteorite caduto quel giorno”. afferma Gasperini. E così, per comprovare la propria teoria, gli italiani sono andati ad aprire gli archivi russi”.

“Ci siamo chiesti: e se riuscissimo a trovare le prove che dimostrano che il lago non esisteva, prima della caduta del meteorite? Ci sono persone a cui questa teoria sembra strana. Però noi abbiamo trovato la prova! Da uno degli archivi di Krasnoyarsk è spuntata una vecchia mappa della provincia di Yenisei, risalente al 1883. E in questa cartina il lago Cheko non esiste. Non esiste inoltre nessun riferimento al lago né negli archivi della polizia, né in nessuna altra fonte degli anni scorsi. Perché? Forse questo lago non interessava a nessuno. O forse veramente non esisteva”.

Tra le molteplici (fantasiose) teorie sviluppate a seguito dell'evento, lo scienziato Leonid Alekseevič Kulik ipotizzò che a cadere sulla foresta fosse stato un meteorite, che però non riuscì mai a dimostrare.

Nel 1930 Fred Whipple astronomo statunitense, ricordato per aver messo in evidenza la composizione delle comete: “palle di neve sporca”. Scopritore di parecchie di esse tra cui: 36P/ Whipple e la C/1942 C1 Whipple-Bernasconi-Kulin, pensò ad una cometa il cui nucleo in parte

roccioso, in parte formato da ghiaccio, si sarebbe disintegrato nell'atmosfera, mentre la coda di gas e polvere avrebbe provocato i fenomeni luminosi sopra menzionati.

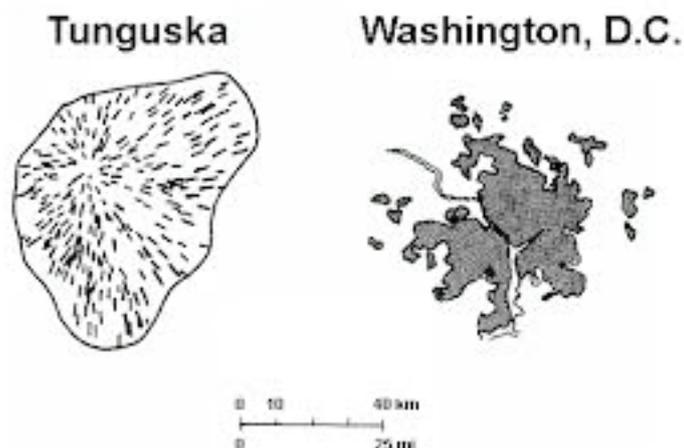


Per Andrei Ol'khovator, l'evento potrebbe essere stato prodotto da un'energia di tipo tettonico. Infatti, nel mese di giugno del 1908, sono state registrate perturbazioni geofisiche connesse ad un'intensa attività tettonica nella parte più meridionale della Siberia e nell'area del lago Baikal.

Numerosi sono gli effetti che possono accompagnare l'attività tettonica: colonne e sfere luminose, lampi, fiamme intense, cielo insolitamente brillante. A ciò si debbono aggiungere gli immancabili fenomeni sismici responsabili, forse, dello sradicamento di buona parte degli alberi della taiga.

Una ennesima teoria suggerisce che potrebbe essere stato un esperimento di Nikola Tesla. Secondo i rapporti, la sera stessa in cui l'esplosione di Tunguska avvenne, Tesla stava preparando a Long Island una dimostrazione del suo cosiddetto "raggio della morte" per l'ammiraglio Peary.

Tra le svariate ipotesi l'evento diede luogo anche a numerose teorie ufologiche, prive di validità scientifica e di prove a loro favore, che chiamavano in causa varie tecnologie di origine extraterrestre per spiegare gli avvenimenti. Lo scrittore Siberiano A. Kozantsev ipotizzò che i danni fossero dovuti all'esplosione di una nave spaziale aliena alla quota di 10-15 chilometri da terra.



27 MAGGIO 2009 - Gli alieni avrebbero intercettato e distrutto un meteorite devastante in rotta di collisione con la Terra. E' quello che afferma lo scienziato russo Yuriy Lavbin. Egli ha mostrato 10 cristalli di quarzo che sono stati ritrovati nel luogo dell'impatto. Molti di questi cristalli hanno un buco in mezzo, come se dovessero formare una catena.



Lo scienziato, afferma che quel tipo di cristallo non è presente sul nostro pianeta. Le pietre hanno delle linee e cerchi che sono stati creati artificialmente, con una logica. Sembrerebbe che uniti, formino una specie di "mappa" interstellare.

Nel 1908, l'UFO avrebbe intercettato il meteorite, che se si fosse schiantato sulla terra, avrebbe estinto tutte le forme di vita sul pianeta.

"E' probabile, che loro sapessero di questo, e con il loro sacrificio, ci avrebbero salvato. Una strana figura di una persona, sarebbe impressa su una di queste pietre.

Tra le molteplici teorie vi è anche quella di un mini buco nero entrato in contatto con il pianeta Terra nella zona di Tunguska.

Il geologo Epifanov sostenne che la responsabilità dell'evento andava ricercata in un potentissimo getto di gas proveniente dalle profondità della Terra.

Infine per spiegare il fenomeno: qualcuno lo giustificò pensando a un'esplosione nucleare dovuta ai primi esperimenti russi sull'atomica, furono poi chiamati in causa i fulmini globulari e la teoria dell'antimateria, secondo la quale un piccolo frammento di antimateria penetrato nel nostro pianeta avrebbe provocato la distruzione.

Tunguska è anche talvolta indicato come "Roswell russo".

La fantasia e l'immaginazione su questo pianeta non mancano di certo, quello che invece scarseggia è l'intelligenza, sarà forse dovuto alla carenza di informazioni veramente scientifiche, o la semplice voglia di mettersi in mostra ?



*Rappresentazione artistica di un meteorite che si frantuma, fuori dall'atmosfera terrestre.*

# L'ENTANGLEMENT E I SUOI MISTERI: I PREMI NOBEL PER LA FISICA 2022

*Stefano Spagocci*

Anche quest'anno l'interesse delle ricerche premiate dal Nobel per la Fisica (Fig.1) è tale da 'costringerci' a darne conto nel Bollettino GACB. Il premio è stato attribuito al francese Alain Aspect, allo statunitense John F. Clauser e all'austriaco Anton Zeilinger, per fondamentali esperimenti concernenti l'entanglement, un'alquanto controintuitiva proprietà di coppie di particelle soggette all'alquanto controintuitiva meccanica quantistica. Anticipiamo il contenuto dell'articolo dicendo che scienziati cinesi, applicando i principi dell'entanglement, sono riusciti a teletrasportare una particella (un fotone) a più di 3000 km di distanza!

## LA MECCANICA QUANTISTICA

Non è questa la sede per una dettagliata presentazione dei principi della meccanica quantistica ma è opportuno fare qualche cenno a proposito. Secondo la meccanica quantistica una particella non possiede valori ben definiti di ciascuna sua proprietà fisica ma ha solo una certa probabilità di avere un certo valore per quella proprietà. Esistono poi coppie di proprietà fisiche che non possono essere misurate contemporaneamente con precisione infinita.

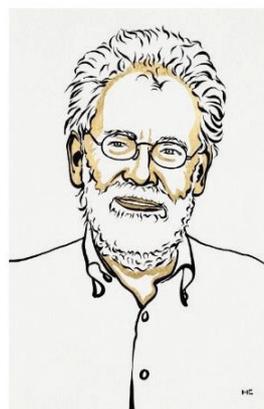
Spieghiamoci meglio con un esempio concreto, considerando la posizione e la velocità di una particella (più esattamente la quantità di moto, la massa moltiplicata per la velocità). Considerando ad esempio la posizione, in generale si potrà dire che la particella ha una certa probabilità di trovarsi in ogni dato luogo. Il fatto che la particella abbia una probabilità  $p$  di trovarsi in una posizione  $x$  significa che, ripetendo  $n$  volte la misura di posizione nelle medesime condizioni sperimentali, per circa  $n \cdot p$  volte troveremo la particella nella posizione  $x$  ma  $n \cdot (1-p)$  volte la troveremo in un'altra posizione.



Alain Aspect  
Prize share: 1/3



John F. Clauser  
Prize share: 1/3



Anton Zeilinger  
Prize share: 1/3

*Fig.1 I premiati dal Nobel per la Fisica 2022.*

Per la velocità valgono considerazioni analoghe: in generale di una particella si potrà dire che abbia una certa probabilità di avere una certa velocità ma non si potrà misurarne esattamente la velocità. Tanto più precisamente riusciremo a localizzare la particella, tanto meno precisamente ne misureremo la velocità, tanto più precisamente riusciremo a misurarne la velocità, tanto meno precisamente ne misureremo la posizione. È possibile che la particella sia localizzata esattamente ma allora la sua velocità sarà indeterminata, cioè la particella potrà avere ogni velocità con la stessa probabilità. È questo il principio d'indeterminazione di Heisenberg.

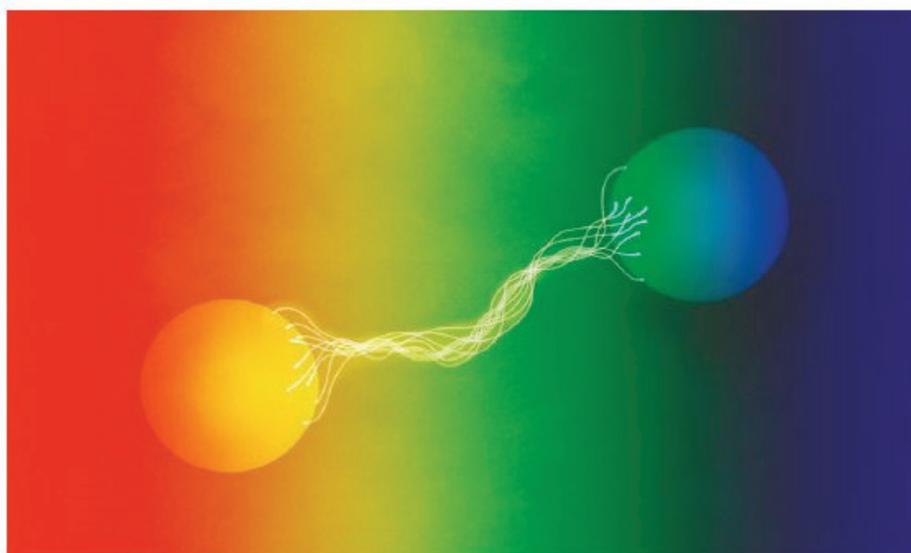
## PARTICELLE CON SPIN

Tutte le particelle elementari, tranne il bosone di Higgs, possiedono una proprietà detta 'spin' (letteralmente 'rotazione'). Lo spin, in realtà, è una proprietà quantistica che non ha un vero e proprio analogo nel mondo ordinario della meccanica classica e tuttavia, accontentandoci di una metafora, possiamo darne una descrizione approssimata.

Prendendo ad esempio un elettrone, il fatto che esso sia dotato di spin significa che la particella ruota su sé stessa. Il fatto che l'elettrone abbia due soli stati di spin (spin  $-\frac{1}{2}$  e spin  $+\frac{1}{2}$ ) significa che esso può solo ruotare, in senso antiorario od orario, con due opposte velocità angolari. Un altro esempio di particella con spin è il fotone, la 'particella di luce'. In questo caso i due stati di spin sono  $-1$  e  $+1$  e corrispondono al fatto che la particella 'si avvita' in direzione opposta o concorde rispetto al suo senso di moto.

## L'ENTANGLEMENT

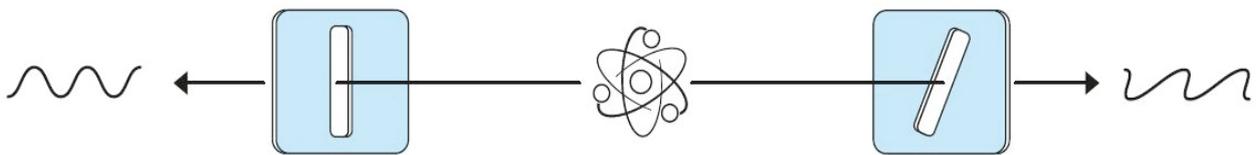
Entanglement letteralmente significa intreccio ma nell'italiano scientifico la parola non si traduce. Due particelle entangled sono tali che lo stato di una determini univocamente lo stato dell'altra, istantaneamente e a qualunque distanza esse si trovino.



*Fig.2 Due particelle entangled. Inizialmente le particelle sono in uno stato 50% spin  $-\frac{1}{2}$ , 50% spin  $+\frac{1}{2}$ . Se la misura dello spin della particella a sinistra dà un certo risultato, la particella a destra istantaneamente viene a trovarsi nello stato di spin opposto.*

Un esempio concreto chiarirà questo concetto. Consideriamo dunque due elettroni nello stato a momento angolare nullo, il che significa che se uno ruota con una data velocità angolare l'altro ruota con velocità opposta (Fig.2). In termini di meccanica quantistica, ciascuno dei due elettroni si trova in uno stato 50% spin  $-\frac{1}{2}$  e 50% spin  $+\frac{1}{2}$ . Prima di misurare lo spin dei due elettroni non possiamo affermare nulla di più; una volta che sia stato misurato lo stato di uno dei due elettroni, l'altro si troverà automaticamente nello stato opposto.

Il fatto che lo spin di una particella entangled (intrecciata) con un'altra ne determini lo stato istantaneamente e indipendentemente dalla distanza sembra essere in contrasto con la teoria della relatività ristretta. Tra le due particelle, infatti, sembrerebbe aversi un segnale che viaggia a velocità infinita ma la relatività proibisce di superare la velocità della luce!



*Fig.3 Due fotoni entangled sono diretti verso due filtri polarizzatori, le cui direzioni di polarizzazione formano un certo angolo. La conta del numero di coincidenze, cioè degli eventi in cui entrambi i fotoni passano attraverso i filtri, permette di discriminare tra genuine teorie quantistiche e teorie a variabili nascoste.*

Si trasmette veramente informazione a velocità infinita? Sfortunatamente no. Chi infatti misura lo stato della prima particella non sa quale sarà il risultato della misura e dunque misura una variabile casuale. Il suo partner, d'altra parte, constaterà uno stato di spin opposto ma si tratterà di una variabile casuale, attraverso cui non si possono trasmettere informazioni!

## VARIABILI NASCOSTE

Resta comunque il fatto che tra le particelle, come suggerito dalla Fig.2, si ha un misterioso legame istantaneo, il che per un fisico può essere difficile da 'digerire'. Le teorie a variabili nascoste si prefiggevano di eliminare la necessità di un tale legame. Per comprenderne l'essenza consideriamo di nuovo l'esperimento con elettroni entangled. Se ciascuno degli elettroni contenesse una sorta di meccanismo (una variabile nascosta) tale che i loro spin siano fissati in anticipo, non ci sarebbe più bisogno di alcun misterioso legame!

Il fisico nord-irlandese John S. Bell scoprì un test che permette di discriminare tra una vera teoria quantistica e una teoria a variabili nascoste. A Clauser si deve una serie di esperimenti quali quello descritto in Fig.3. Negli esperimenti di Clauser due fotoni entangled erano diretti verso due filtri polarizzatori le cui direzioni di polarizzazione formavano un certo angolo. La conta del numero di coincidenze, cioè di eventi in cui entrambi i fotoni passavano attraverso i filtri, permise di discriminare tra genuine teorie quantistiche e teorie a variabili nascoste.

Gli esperimenti di Clauser esclusero, in linea di massima, la presenza di meccanismi a variabile nascosta. Diciamo in linea di massima perché non si poteva escludere il fatto che la variabile nascosta fosse l'angolo tra le due direzioni di polarizzazione: proprio l'angolo tra le

direzioni di polarizzazione, infatti, avrebbe potuto influenzare lo stato di spin dei due fotoni. Aspect si dedicò a colmare una tale lacuna. Negli esperimenti di Aspect le direzioni di polarizzazione dei due filtri erano decise a caso e in un brevissimo tempo (miliardesimi di secondo), tale per cui un eventuale segnale proveniente dall'apparato che fissa l'angolo tra i filtri non avrebbe potuto influenzare i fotoni, nemmeno viaggiando alla velocità della luce. I risultati degli esperimenti di Aspect confermarono la non esistenza di variabili nascoste.

## IL TELETRASPORTO QUANTISTICO

Il teletrasporto non è solo quello immaginato dai creatori di Star Trek. È stato Zeilinger a mettere a punto i primi esperimenti sul teletrasporto quantistico. Nel teletrasporto quantistico si sfrutta l'entanglement tra particelle; prima di tutto due particelle (fotoni, nel caso in esame) sono rese entangled, poi la seconda particella è allontanata e posta a contatto con una terza particella che si può trovare anche a grande distanza dalla prima. Istantaneamente lo stato della prima particella è copiato sulla terza!

In un altro esperimento di Zeilinger (Fig.4) si produsse una coppia di fotoni entangled. Le due particelle erano rispettivamente poste a contatto con altre due particelle; queste due particelle, che non erano mai state in contatto, istantaneamente divennero entangled! Riguardo agli esperimenti di Zeilinger va detto che in realtà non si propaga alcuna informazione a velocità superiore a quella della luce, per le stesse ragioni per cui non si propaga informazione a velocità superiore a quella della luce negli esperimenti di Clauser e Aspect.

## PER SAPERNE DI PIÙ

Il documento da cui abbiamo tratto alcune delle informazioni e le figure riportate in questo lavoro è: *How entanglement has become a powerful tool*, [nobelprize.org/prizes/physics/2022/press-release/](https://nobelprize.org/prizes/physics/2022/press-release/), 2022. Un testo consigliato, opera di uno dei Nobel citati, è: A. Zeilinger, *Il velo di Einstein. Il nuovo mondo della fisica quantistica*, trad. it., Einaudi, Torino, 2022.

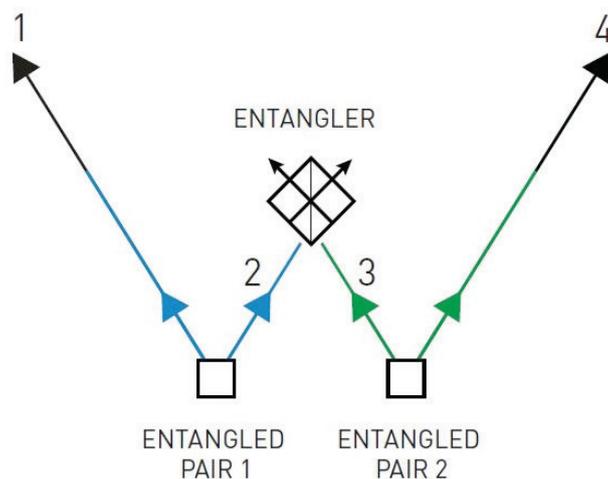


Fig.4 Una variante del teletrasporto quantistico. Si produce una coppia di fotoni entangled e le due particelle sono poste a contatto con altre due particelle. Queste due particelle, che non sono mai state in contatto, istantaneamente divengono entangled.

# LA COMETA DI HALLEY E I RE MAYA

*Carlo Torrini*

Una spettacolare pioggia meteoritica provocò l'incoronazione di un re Maya? È la sera del 10 Aprile, anno del Signore 531, nella città di Caracol, un centro politico regionale situato ai piedi dei Monti Maya. La Luna è tramontata poche ore prima e una coltre di stelle, concentrata in un ciuffo di Via Lattea, spicca nella penombra del mattino. All'improvviso una brillante stella cadente attraversa la volta celeste. Quasi subito un'altra stella cade dal cielo e poi un'altra. Quello che segue è uno degli spettacoli celesti più impressionanti a memoria d'uomo.

All'insaputa di coloro che assistono alla pioggia di meteoriti di Caracol, la Terra sta passando attraverso una gigantesca nube di detriti interplanetari lasciati dalla Cometa di Halley, il nostro più famoso e ricorrente visitatore di ghiaccio, in una serie di passaggi ravvicinati nei secoli precedenti. Per due ore brillanti strisce di luce scendono dal cielo sopra i Monti Maya, producendo una delle più intense piogge di meteoriti registrate nel primo millennio d.C.

Per gli abitanti di Caracol questa pioggia non era solo uno spettacolo unico nella vita. I cieli avevano parlato e il cambiamento politico era nell'aria. Quattro giorni dopo la pioggia la gente riconobbe K'an I, noto come Signore del Giaguaro, quale nuovo re. L'incoronazione reale fu accompagnata da cerimonie familiari, durante le quali il sangue del nuovo re era sacrificato agli dèi e la sacra bevanda saka, fatta di mais e miele selvatico, era passata tra i presenti. Sappiamo di questa serie di eventi non da un antico manoscritto ma grazie ad un recente articolo pubblicato su *Planetary and Space Science* dall'astronomo David Asher (Armagh Observatory) e dallo studioso dei Maya J.H. Kinsman, i quali affermano di aver trovato la prima prova di un'osservazione di una pioggia di meteoriti nell'emisfero occidentale.

Il Periodo Classico dei Maya si sviluppò dal 250 al 900 d.C. circa. Durante questo periodo un impero che comprendeva circa 50-75 città-stato attraversava il territorio centroamericano oggi costituito dagli stati del Messico orientale, del Guatemala, del Belize, del Salvador e dell'Honduras occidentale. Tuttavia, nonostante la portata e la longevità di questa civiltà del Nuovo Mondo, mettere insieme la sua storia si è rivelato assai complicato. Tutti, tranne quattro, dei libri antichi dei Maya, noti come codici, furono distrutti dagli Spagnoli dopo il loro arrivo nel XVI sec. Sommando il contenuto dei codici sopravvissuti a tutte le iscrizioni geroglifiche recuperate da stele, rilievi, pitture parietali e reperti quali ossa, conchiglie e vasi in ceramica, si hanno a disposizione solo un paio di migliaia di registrazioni di date in tutti i sette secoli del Periodo Classico.

Gli eventi registrati in queste date segnano non solo l'elezione dei re ma anche le nascite e le morti di persone importanti e le conquiste di una città-stato rispetto a un'altra. In questi documenti, sebbene si possano anche trovare informazioni relative a Venere e alle eclissi solari e lunari, gli studiosi non hanno trovato prove di alcuna pioggia di meteore. Asher, un esperto di modellazione matematica del Sistema Solare con interessi per la cronologia delle osservazioni astronomiche, considera questa lacuna un po' strana, dal momento che si sono rinvenute documentazioni di piogge meteoritiche da antiche civiltà cinesi, coreane, giapponesi ed europee. Inoltre, sulla base

delle registrazioni dei movimenti lunari e planetari, si deduce che i Maya avevano la capacità di predire tali fenomeni celesti.

Asher ha esperienza con le piogge di meteore, avendo usato la spettacolare manifestazione delle Leonidi del 1966, la più imponente del XX secolo, per predire il momento di arrivo delle successive piogge del 1999, 2001 e 2002. Insieme a Robert H. McNaught ha raggiunto questo obiettivo con un programma computerizzato, sviluppato per modellare il rilascio di materiale di una cometa e calcolare quando la Terra, nel suo viaggio attorno al Sole, l'avrebbe attraversato. Inserendo i dati relativi alla Cometa Tempel-Tuttle, progenitrice delle Leonidi, le previsioni per l'inizio della pioggia meteorica hanno raggiunto l'accuratezza di pochi minuti.

L'interesse di Asher per i Maya e i loro documenti storici è nato relativamente di recente, dopo un incontro casuale con Kinsman, uno studioso che passa il suo tempo a guardare al passato piuttosto che verso l'alto (aveva originariamente studiato fisica ma si è concentrato sui Maya negli ultimi 20 anni). Durante il loro primo incontro, Kinsman sollevò la questione della misteriosa assenza di registrazioni Maya di stelle cadenti.

Nel 2015 gli studiosi iniziarono a lavorare insieme per affrontare il problema della mancanza di registrazioni di meteore da parte dei Maya. L'esperienza di Asher con le Leonidi dimostrò che con una sufficiente conoscenza della posizione passata di una cometa si poteva prevedere quando la Terra ne avrebbe solcato le tracce residue. E conoscendo le date esatte degli sciame di meteore visibili agli antichi Maya, forse si sarebbero potute individuare prove indirette della loro manifestazione. In termini di cometa da scegliere, la vicinanza della Cometa di Halley all'orbita terrestre durante il Periodo Medio-Classico Maya costituì una forte argomentazione per cercare prove delle relative piogge di Eta Acuaridi che già nel 74 a.C. furono registrate dagli astronomi cinesi.

Asher e Kinsman applicarono il modello delle Leonidi per simulare particelle di dimensioni meteoritiche attribuite ai passaggi della cometa di Halley fino al 1404 a.C., al fine di identificare gli anni in cui le relative piogge potevano essere viste sulla Terra. Dopo aver validato il loro approccio riproducendo le osservazioni riportate negli antichi testi cinesi, hanno confrontato le stesse date con le registrazioni Maya di date degne di nota. Hanno ottenuto trenta riscontri (solitamente corrispondenti alle Eta Acuaridi), molti più di quanti si sarebbero potuti prevedere per effetto del caso. Per la pioggia del 531 d.C. Kinsman e Asher dimostrarono che la sua intensità derivava dal fatto che la Terra aveva incontrato particelle rilasciate dalla Halley durante tre precedenti passaggi (295, 374 e 451 d.C.)

La deposizione relativamente recente dei detriti da parte della cometa ha significato che c'era stato poco tempo per la loro dispersione, assicurando un percorso densamente popolato. Il risultato fu una pioggia che Asher crede sia stata spettacolare, forse anche pari all'incredibile uragano di Leonidi del 1833, durante il quale si stima che si siano potute osservare 24.000 meteore in nove incredibili ore. Questo spettacolo celeste fu descritto all'epoca dal professore dello Yale College, Denison Olmsted, come una successione di palle di fuoco, simili a razzi celesti che si irradiavano in tutte le direzioni.

Se una simile pioggia si fosse verificata a ciel sereno sulle città-stato Maya, sarebbe stato

impossibile ignorarla. La registrazione per il 531 d.C. potrebbe fornire prove di un'incoronazione ispirata dalla pioggia di meteore, poiché include non solo l'evento di incoronazione ma anche il numero di giorni trascorsi dalla Luna nuova. Questo riferimento lunare non è raro nelle registrazioni Maya ma, nel caso di questa voce, l'epoca relativa è stata riportata in modo errato. Kinsman e Asher interpretano questo errore intendendo che l'età registrata della Luna si riferisca alla data dell'evento Eta Acquaridi, non all'incoronazione. Il calendario segnò quindi un'età lunare di 8 giorni (l'età della Luna durante la pioggia di meteore) e non di 12 giorni (la data in cui il re fu incoronato).



*La Cometa di Halley si avvicina alla Terra ogni 76 anni.  
L'ultima sua manifestazione, osservata da astronomi, astrofili e sonde spaziali, avvenne nel 1986.*

# PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA

## LE LENTI GRAVITAZIONALI, LA CROCE E L'ANELLO DI EINSTEIN

*Franco Vruna*

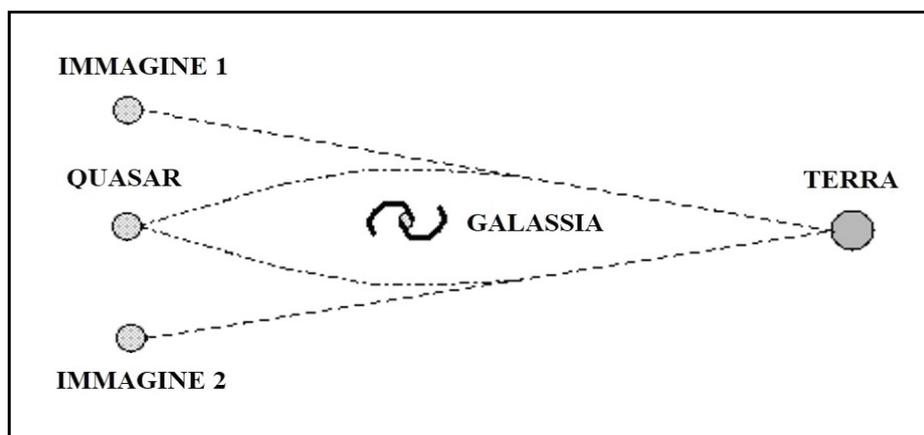
Osservare oggetti che si trovano al confine dell'Universo, distinti ma identici, può sembrare strabiliante e francamente improbabile. Se si tratta di immagini dello stesso oggetto, generalmente un quasar, le lenti gravitazionali diventano strumenti per lo studio del Cosmo.

### LO SPAZIO CURVO

Secondo Einstein lo spazio si incurva intorno alle grandi concentrazioni di materia. Cosa vuol dire che lo spazio si incurva? Per farsi un'idea di una cosa così strana si può ricorrere a un modello di spazio a due dimensioni: uno spazio a forma di foglio di gomma. Se si immagina di tenere questo foglio in piano e ci si fa rotolare sopra una leggerissima pallina, se la pallina si muove sul foglio di gomma in linea retta essa continuerà a muoversi in linea retta, a meno che non facciamo qualcosa per spostarla dalla sua traiettoria. Se il foglio non fosse in piano ma incurvato da un grosso peso, cioè da una grande concentrazione di materia, la traiettoria della pallina verrebbe deviata dalla curvatura del foglio verso la grande massa.

### LA GRAVITAZIONE SVELATA

Il fatto è che le grandi masse curvano lo spazio tridimensionale allo stesso modo che il peso curva il foglio di gomma. Così viene spiegato l'enigma della gravitazione. Non esiste nessuna forza misteriosa che attiri i corpi tra loro, è la stessa esistenza di corpi di grande massa che modifica la forma dello spazio e quindi la traiettoria dei corpi più leggeri. Quello che vale per i corpi in movimento vale anche per la luce. Muovendosi in uno spazio curvato dalla presenza di



*L'effetto lente gravitazionale da parte della galassia situata di fronte al quasar porta alla formazione di due immagini dell'oggetto celeste.*

una grande massa come quella del Sole, di una galassia o di un buco nero, il raggio luminoso deve seguire la curvatura dello spazio, allo stesso modo in cui la luce che entra o esce da una lente è deviata per effetto della curvatura delle superfici della lente. Nel caso di grandi masse può aversi un effetto tipo lente - si parla infatti di lente gravitazionale - con la produzione di miraggi cosmici, cioè immagini doppie, multiple o deformate di uno stesso oggetto celeste.

## L'ANELLO DI EINSTEIN

La prima verifica della teoria della gravitazione di Einstein fu fatta nel 1919, in occasione di un'eclissi di Sole. Per la prima volta si osservò che le immagini delle stelle vicino al lembo del Sole risultavano spostate. La curvatura dello spazio da parte del Sole defletteva la luce che gli passava vicino. Nel 1936 Einstein calcolò cosa sarebbe successo se due stelle fossero state perfettamente allineate, una dietro l'altra, in linea con un osservatore terrestre. La massa di quella più vicina alla Terra avrebbe fatto da lente gravitazionale alla luce dell'altra. L'immagine risultante doveva essere un anello - il cosiddetto anello di Einstein - intorno alla lente, un anello però così piccolo che si sarebbe perso tra la luce della stella. Ciò nonostante, l'anno seguente Fritz Zwicky dimostrò che nel caso in cui l'oggetto fosse stato al di fuori della nostra Galassia e la lente gravitazionale fosse stata di grande massa e molto più vicina a noi, allora l'anello di Einstein si sarebbe dovuto osservare.

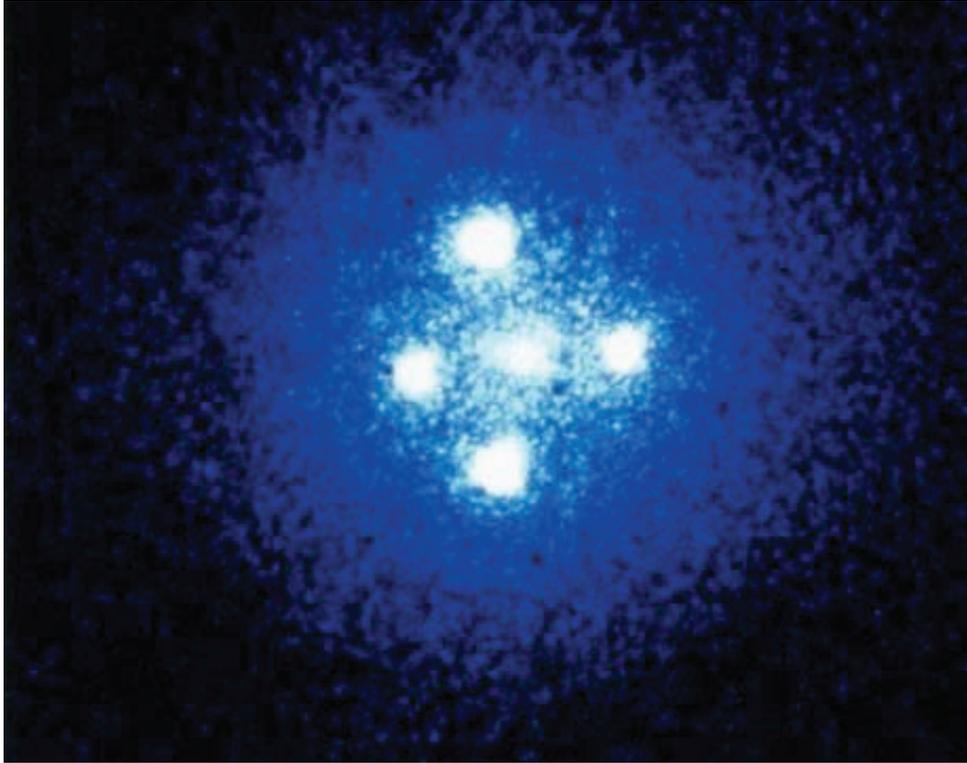


*Un anello di Einstein: la galassia al centro dell'immagine agisce da lente gravitazionale nei confronti di un quasar situato dietro alla galassia, distribuendone la luce su un anello.*

## COME DUE GOCCE D'ACQUA

Zwicky aveva calcolato che le galassie avrebbero potuto essere ottime lenti gravitazionali e avrebbero dato più immagini a seconda della distribuzione della massa della lente. Con "lenti trasparenti" come gli ammassi di galassie si sarebbe potuto vedere anche l'oggetto dietro la lente. Dopo Zwicky di lenti gravitazionali si tornò a parlare solo negli anni sessanta. Molti teorici si sbizzarrirono a calcolare le diverse immagini che avrebbero potuto fornire e le diverse forme

che avrebbero potuto assumere. Nessuno però era sicuro che se ne sarebbe mai scoperta una. Invece nel 1979 la ricerca ebbe successo. Furono osservati due lontanissimi quasar, separati per poco più di sei secondi d'arco e uguali come due gocce d'acqua: si trattava infatti di due immagini dello stesso oggetto. Nel 1981 fu fotografato anche un oggetto che fungeva da lente gravitazionale, una galassia quasi perfettamente allineata con due quasar.



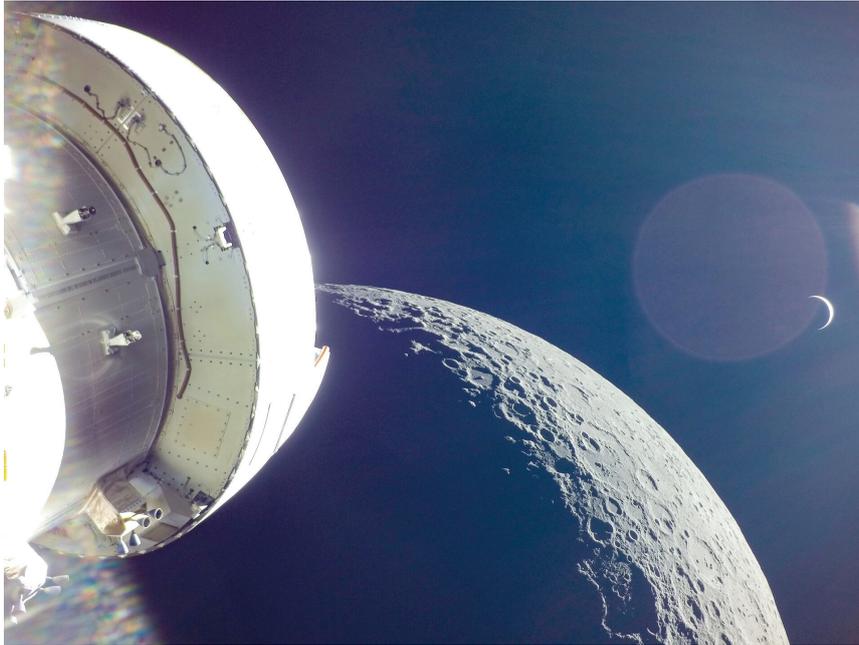
*Una croce di Einstein: l'oggetto al centro dell'immagine è una galassia che agisce da lente gravitazionale nei confronti di un quasar, dandone quattro identiche immagini.*

# ASTRO NEWS

*Cristiano Fumagalli*

## Il Sorgere della Terra

La navicella spaziale Orion (NASA) ci mostra una nuova straordinaria immagine, il sorgere della Terra dopo il sorvolo di ritorno della Luna.



## Eclissi Parziale di Sole su Marte

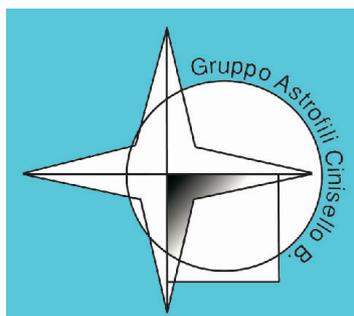
Il rover Perseverance (NASA) ha usato la sua fotocamera Mastcam-Z sinistra per riprendere questa immagine della luna marziana Phobos che attraversa il Sole il 18 novembre 2022.



## I Pilastrini della Creazione Secondo il James Webb

Ricordate la straordinaria immagine dei pilastri della creazione fatta da Hubble? Si tratta di una zona di formazione stellare nella nebulosa Aquila o M16 che si trova a 6500 anni luce da noi, nella costellazione della Coda del Serpente. L'immagine ci faceva vedere gli "embrioni delle stelle" avvolti nel gas e nella polvere. Ora il James Webb, che lavora in infrarosso, ha penetrato queste polveri e guardate quante stelle ci sono dietro ai pilastri! Sotto le due foto a confronto, a sinistra Hubble, a destra James Webb. A voi ogni altro commento.





# 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](mailto:fumagallic@tiscali.it) - Cell. 347 4268868 - Cell. 349 5116302 (Ven 21-23)

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

Google: [gacb\\_informa@googlegroups.com](mailto: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 Notturno**

### **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*

---