

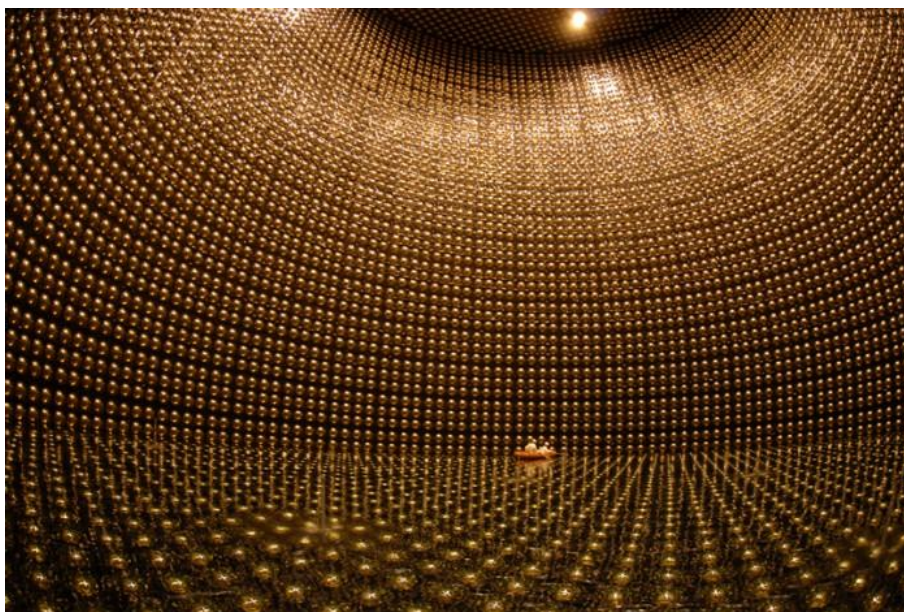
**\* NOVA \***

**N. 1729 - 21 APRILE 2020**

**ASSOCIAZIONE ASTROFILI SEGUSINI**

## **PIÙ VICINI A CAPIRE DOVE SIA FINITA L'ANTIMATERIA**

*Su Nature l'esperimento che mostra un comportamento diverso tra neutrini e antineutrini. Alla scoperta hanno contribuito fisici dell'Università di Padova. Yau spiega in un libro i segreti delle "stringhe" e dello spazio "compatto". Dal sito Internet de LA STAMPA del 20 aprile 2020 riprendiamo, con il consenso dell'Autore, un articolo di Piero Bianucci.*



Super-Kamiokande experiment. Crediti: The T2K experiment, <http://t2k-experiment.org>

“Nature” ha dedicato la sua ultima copertina a un esperimento che fa intravedere una profonda asimmetria della natura della materia: i neutrini e gli antineutrini mostrano un comportamento diverso, violando la regola generale secondo cui particelle e antiparticelle dovrebbero essere identiche fatto salvo il rovesciamento della carica elettrica, dogma che vale anche per le particelle prive di carica, come sono appunto i neutrini. È un passo molto importante per capire come mai l’universo sia fatto quasi esclusivamente di materia e non di antimateria, uno dei grandi problemi aperti in quella terra misteriosa dove si incrociano cosmologia e fisica delle particelle.

### **500 scienziati di 12 paesi**

L’esperimento (foto in alto) è noto come T2K (Tokai to Kamioka) e si svolge in Giappone. Ci lavorano 500 fisici di 12 paesi, l’Italia è presente con ricercatori dell’Università di Padova che hanno svolto un ruolo importante per raggiungere il risultato ora pubblicato su “Nature”.

### **Particelle trasformiste**

Esistono tre tipi di neutrini: il neutrino dell’elettrone, quello del muone e quello della particella Tau, ognuno con il suo antineutrino. Elettrone, muone e tau sono tutte particelle con identica carica

---

**NEWSLETTER TELEMATICA APERIODICA DELL’A.A.S. PER SOCI E SIMPATIZZANTI - ANNO XV**

La Nova è pubblicazione telematica aperiodica dell’A.A.S. - Associazione Astrofili Segusini di Susa (TO) riservata a Soci e Simpatizzanti.

È pubblicata senza alcuna periodicità regolare (v. Legge 7 marzo 2001, n. 62, art. 1, comma 3) e pertanto non è sottoposta agli obblighi previsti della Legge 8 febbraio 1948, n. 47, art. 5. I dati personali utilizzati per l’invio telematico della Nova sono trattati dall’AAS secondo i principi del *Regolamento generale sulla protezione dei dati* (GDPR - Regolamento UE 2016/679).

[www.astrofilisusa.it](http://www.astrofilisusa.it)

elettrica negativa unitaria ma di massa diversa: il muone è 206 volte più pesante dell'elettrone, tau 3.500 volte. Come per primo suggerì Bruno Pontecorvo, i neutrini di un tipo possono trasformarsi in neutrini di tipo diverso, fenomeno che è stato verificato con esperimenti in Giappone e tra i laboratori di Ginevra e del Gran Sasso. Questo comportamento trasformista è chiamato "oscillazione". T2K punta a controllare che la stessa trasformazione (oscillazione) avvenga anche tra i rispettivi antineutrini.

### **Acqua purissima**

Neutrini e antineutrini muonici partono dal villaggio di Tokai e vengono catturati a 295 chilometri di distanza nel laboratorio sotterraneo Super-Kamiokande con un rivelatore costituito da 50 mila tonnellate di acqua purissima e undicimila amplificatori di luce (fotomoltiplicatori) che catturano il minuscolo lampo prodotto quando un neutrino interagisce con l'acqua. Bene: l'esperimento T2K indica che il numero di antineutrini muonici che oscillano in antineutrini elettronici è inferiore a quello dei neutrini muonici che oscillano in neutrini elettronici. La probabilità di errore è stimata inferiore allo 0,3 per cento.

### **Da Padova al Giappone**

La collaborazione con i giapponesi è iniziata nei primi anni Novanta con Milla Baldo Ceolin e Marco Laveder. Poi, sotto il coordinamento di Mauro Mezzetto dell'INFN di Padova, si è organizzata la partecipazione italiana all'esperimento T2K. «I nostri ricercatori – dice Gianmaria Collazuol che coordina il gruppo di lavoro – sono impegnati nell'analisi dei dati raccolti da T2K e Super-Kamiokande e sono responsabili dei sensori per tracciare le particelle».

### **Al confine tra macro e microfisica**

Sapremo nei prossimi anni se questa e alte asimmetrie spiegano la scomparsa dell'antimateria. In ogni caso la partita si gioca sempre più al confine tra macro e microfisica. Eccone un altro esempio.

### **Curve nel cosmo**

Che la materia dica allo spazio come curvarsi e lo spazio dica alla materia (e alla luce) come muoversi è una realtà acquisita con l'osservazione dell'eclisse totale di Sole del 29 maggio 1919 che fornì l'attesa prova sperimentale della relatività generale di Einstein. Da allora gli astronomi hanno osservato innumerevoli volte la deviazione della luce che passa vicino a grandi masse. Come il 6 novembre 1919 scrisse in prima pagina il "New York Times" annunciando il risultato dell'eclisse, "in cielo tutte le luci sono storte". La dimostrazione più convincente e suggestiva è arrivata negli ultimi decenni con la scoperta delle lenti gravitazionali, delle quali le "croci" e gli "anelli di Einstein" sono eleganti casi particolari.

### **Universo stropicciato**

Oggi, in perfetto accordo con la relatività generale, l'intero universo profondo ci appare "stropicciato". Benché nell'insieme risulti sostanzialmente "piatto", l'universo è un susseguirsi di spazi a curvature diverse che sfumano l'una nell'altra a seconda delle masse che essi ospitano. La curva e non la retta, dunque, è la regola della geometria su scala cosmica.

### **Dimensioni nascoste**

Ma la fisica teorica è andata oltre questa concezione ormai ben verificata nell'estremamente grande e l'ha estesa all'estremamente piccolo. Su scala ultramicroscopica – 10 alla meno 30 centimetri, circa un miliardo di milionesimo delle dimensioni di un elettrone, siamo vicini alla "lunghezza di Planck" – lo spazio avrebbe sei dimensioni, curve e ripiegate su sé stesse. "Compattificate", come dicono con parola orribile i fisici teorici.

### **Conoscete Eugenio Calabi?**

In principio c'è un lavoro puramente geometrico di Eugenio Calabi, matematico nato a Milano nel 1923, naturalizzato statunitense, negli anni 50 all'Institute of Advanced Study di Princeton, dove

risiedeva Einstein. La teoria delle stringhe, che cerca di unificare le forze e le particelle elementari riconducendole alle vibrazioni di minuscole stringhe aperte o chiuse su sé stesse, o anche a minuscole superfici dette brane, prospetta l'esistenza di dimensioni nascoste, ripiegate su sé stesse e quindi non percepibili.

### **Geometria a molte dimensioni**

Questa descrizione comporta una geometria multidimensionale alla quale hanno molto contribuito Ed Witten (Medaglia Fields, il Nobel dei matematici, nel 1990), e Shing-Ting Yau, un altro dei maggiori matematici contemporanei, nato nel 1949, professore emerito all'Università di Harvard, premiato con la Medaglia Fields nel 1982, il premio Wolf nel 1997 e altri prestigiosi riconoscimenti.

### **Le varietà di Calabi-Yau**

Tra i principali lavori di Yau c'è la dimostrazione della "congettura di Calabi". Semplificando grossolanamente, oltre ad elaborare a fini esclusivamente matematici la teoria dello spazio a sei dimensioni, Eugenio Calabi si domandò se può esserci gravità dove lo spazio è vuoto. La risposta trovata da Yau è: sì. Questa soluzione costituisce il fondamento della teoria delle stringhe e della teoria dell'universo in 10 dimensioni, quattro delle quali sono quelle classiche della relatività mentre le altre sei sono "extra-dimensioni" appartenenti alle varietà di Calabi-Yau.

### **La forma dello spazio profondo**

Chi desidera essere iniziato a questa teoria esoterica in modo non solo accessibile ma anche piacevole, può leggere "La forma dello spazio profondo" di Shing-Tung Yau e del giornalista scientifico Steve Nadis. Tradotto da Claudio Piga e pubblicato da il Saggiatore, questo libro non deve scoraggiarvi con la sua mole (500 pagine, 24 euro). Addentratevi con calma nei suoi 14 capitoli ora che il Covid-19 lascia un tempo sufficiente a letture impegnative. Per la vostra intelligenza sarà un'acrobazia, ma anche una rivelazione. Incidentalmente, sarà anche un modo di rendere omaggio a Eugenio Calabi, grande mente matematica italiana arrivata all'età di 97 anni rimanendo praticamente sconosciuta nel suo paese di origine.

Ai fisici sperimentali come quelli di T2K la sfida di verificare, chissà quando, la corrispondenza alla realtà delle varietà spaziali di Calabi-Yau.

**PIERO BIANUCCI**

<https://www.lastampa.it/scienza/2020/04/20/news/piu-vicini-a-capire-dove-sia-finita-l-antimateria-1.38739986>

### **Links:**

The T2K Collaboration, "Constraint on the matter–antimatter symmetry-violating phase in neutrino oscillations", *Nature*, volume 580, pages 339-344(2020), published: 15 April 2020

<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2177-0> (Abstract)

<https://www.nature.com/articles/d41586-020-01000-9>

<https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-020-01000-9/d41586-020-01000-9.pdf>

"Cracking the antimatter mystery: A three minute guide" (video in inglese)

[https://www.youtube.com/watch?v=xdCSNakxdFg&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=xdCSNakxdFg&feature=emb_logo)

<https://www.media.inaf.it/2020/04/17/t2k-asimmetria-antimateria/>

<https://t2k-experiment.org/>

