

Violazione di CP tra i neutrini?

✍ A. Bettini 📅 29-11-2018 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/857>



Il percorso del fascio di neutrini Tokai-To-Kamioka.

L'esperimento T2K ha di recente pubblicato risultati, già presentati preliminarmente a conferenze internazionali, che mostrano evidenza, a due deviazioni standard, di violazione di CP nel settore dei neutrini. L'esperimento si svolge su di un fascio di neutrini e, separatamente, di antineutrini muonici prodotti dall'acceleratore di protoni J-PARC, che si trova a Tokai in Giappone. I neutrini sono rivelati dopo un volo di 295 km dal grande Cherenkov di Super-Kamiokande, nell'Osservatorio di Kamioka, sotto le Alpi giapponesi (da cui il nome T2K, Tokai-To-Kamioka). Si misura sia la probabilità di scomparsa del "flavour" muonico originale, sia quella di comparsa di neutrini e antineutrini elettronici, rispettivamente nei due casi. In totale sono stati osservati 89 candidati del primo tipo e 7 dei secondo, mentre se ne attendono rispettivamente 67.5 e 9.0 in assenza di violazione di CP . L'evidenza non è (ancora?) forte, ma diventa più di 2σ se si fissa l'angolo di mescolamento rilevante al suo valore misurato dagli esperimenti di precisione ai reattori nucleari (scomparsa di $\bar{\nu}_\mu$). Inoltre, il risultato sembra indicare che la violazione potrebbe essere grande (con la fase prossima a $-\pi/2$). Se realmente lo fosse, si potrebbe forse capire perché nell'Universo l'antimateria è assente, o quasi. Infatti che CP sia violata è una delle condizioni individuate da Andrei Sakharov per spiegare l'asimmetria materia-antimateria.

L'applicazione di CP comporta l'inversione degli assi del riferimento (P) e lo scambio di tutte le particelle con le loro antiparticelle (C). Tutte le interazioni fondamentali sono invarianti per P e per

C , tranne l'interazione debole, che non solo viola entrambe, ma lo fa massimamente. Quanto a CP , la sua violazione è stata osservata nei decadimenti di mesoni, composti di coppie quark-antiquark di tutti i flavour (u , d , s , c e b), fatta eccezione per il quark t che decade troppo presto, ed è ancora oggetto di intenso studio. I quark dei diversi flavour si accoppiano ai bosoni W come sovrapposizione di stati secondo la matrice "di mescolamento" CKM (Cabibbo, Kobayashi e Maskawa). In essa, come in una rotazione rigida, compaiono tre angoli, e un fattore di fase complesso. Se nessun angolo è nullo e la fase è diversa da 0 e da π , c'è violazione di CP . La violazione nel settore dei quark c'è, ma è troppo piccola per spiegare l'asimmetria materia-antimateria.

I neutrini, a differenza di quanto ipotizzato nel Modello Standard, hanno massa e sono mescolati, analogamente ai quark. Non solo, ma i loro angoli di mescolamento sono molto maggiori di quelli nel settore dei quark. Se quindi anche la fase fosse grande, come si intravede, potrebbero essere loro a spiegare perché la materia domina. Speriamo che non sia un miraggio. Potrebbe non volerci molto tempo a saperlo, sia perché il presente risultato di T2K è limitato solo dalla statistica e non dalla sistematica, e l'esperimento raccoglierà ancora molti dati, sia perché un esperimento simile, NOvA, sta prendendo dati negli USA sul fascio di neutrini del Fermilab dopo un volo di 800 km. I due esperimenti sono al lavoro per analisi comuni per estrarre i parametri delle oscillazioni da loro dati.

[Scopri di più](#)

CP violation among neutrinos?

The T2K experiment has recently published results, already preliminarily presented at international conferences, showing evidence, at two standard deviations level, for CP violation in the neutrino sector. The experiment employs a beam of muon neutrinos, and separately antineutrinos, produced with the J-PARC proton accelerator, located at Tokai, in Japan. Neutrinos are detected, after a 295 km long flight, by the big Cherenkov detector Super-Kamiokande, in the Kamioka Observatory, under the Japanese Alps. Hence the name T2K: Tokai-To-Kamioka. The experiment measures the probabilities for both the disappearance of the original muon flavour, and the appearance of electron neutrinos and antineutrinos respectively. In total, 89 candidates of the former were observed, and 7 of the latter, while 67.5 and 9.0 are respectively expected in case of CP conservation. The evidence is not (yet?) really strong, but it goes above 2σ fixing the relevant mixing angle at the value measured by the precision experiments at nuclear power reactors ($\bar{\nu}_e$ disappearance). In addition, the result hints at the violation being possibly large (with the phase in the $-\pi/2$ region). If this will turn out to be the case, we might be able to understand why antimatter is absent, or almost so, in the Universe. Indeed, CP violation is one of the conditions found by Andrei Sakharov to explain the asymmetry.

CP means inverting the reference axes, P , and exchanging all the particles with their antiparticles. All fundamental interactions are invariant under P and C , with the exception of the weak interactions, which not only violate both, but do that maximally. As for the CP violation, it has been observed in decays of mesons, made of quark-antiquark pairs of all flavours (u , d , s , c e b). Top is an exception, because it lives too shortly. CP is still the object of intense studies. The quarks of the

different flavours couple to the W bosons as a superposition of states, described by the "mixing matrix" called CKM after Cabibbo, Kobayashi and Maskawa. In the matrix three angles appear, similarly to the rigid rotations matrix, and a complex phase factor. If all the angles are different from zero and the phase is not 0 or π , we have CP violation. In the quark sector, CP violation does exist, but is too small to explain the matter-antimatter asymmetry.

On the other hand, differently from the assumptions of the Standard Model, neutrinos have non-zero masses and are mixed, similarly to quarks. Not only, but their mixing angles are much larger than those of the quarks. Hence, if the phase were large too, as we glimpse, it might be neutrinos explaining why matter is dominant. Let us hope it not be a mirage. It may not take long to know, being the present T2K result limited only by statistics, not by the systematics, and been more data being collected. In addition, a similar experiment, NOvA is taking data in the US on the Fermilab neutrino beam after a flight of 800 km. The two experiments are at work on common oscillation analysis of their data.

[Learn more about](#)