

## Scheda Didattica / **L'oscillazione dei neutrini**

di **Francesca E. Magni**

### DOMANDE E ATTIVITÀ

**1.** Preparate in classe alcune "carte di identità" del neutrino, con "nome e cognome", "data e luogo di nascita", "stato", "indirizzo" (cioè luogo di osservazione).

**2.** Riassumi in una serie di domande e risposte (sotto forma di intervista) la vicenda del 2011 dei neutrini "più veloci della luce" che ha riguardato l'esperimento Opera dei Laboratori del Gran Sasso. I ricercatori italiani, infatti, annunciarono che i neutrini provenienti dal Cern di Ginevra e rivelati dai loro strumenti avevano impiegato troppo poco tempo per raggiungerli, con velocità che sembravano superare quella della luce! Se il dato sperimentale fosse stato confermato, si sarebbero dovute rivedere le teorie fisiche, compresa quella della relatività di Einstein. Si dimostrò in seguito che si era trattato solo di un errore nella connessione del cavo a fibra ottica tra un rivelatore Gps e un computer usato per calcolare i tempi dell'esperimento.

**3.** Disegna la storia del neutrino, individuandone i momenti principali: dalla sua invenzione negli anni Trenta da parte del fisico Wolfgang Pauli, alla comparsa nell'interazione debole di Enrico Fermi, fino alla rivelazione sperimentale.

**4.** Realizza una tavola interattiva che riassume i principali rivelatori di neutrini e le loro caratteristiche.

**5.** Che cosa sono gli antineutrini?

**6.** Che cos'è luce di Čerenkov? Chi la scoprì?

**7.** Oltre a Takaaki Kajita e Arthur McDonald ci sono altri fisici legati alla storia del neutrino, che hanno vinto in passato un premio Nobel, anche se per altri motivi: sapresti elencarne almeno due?

## Scheda Didattica / L'oscillazione dei neutrini

di **Francesca E. Magni**

### RISPOSTE

**1.** Le carte di identità possono essere di vario tipo. Per esempio:

Nome: Neutrino  
Cognome: Tau  
Luogo di nascita: Cern di Ginevra  
Data di nascita: 12 gennaio 2010  
Stato: neutro  
Indirizzo: Rivelatore del Gran Sasso

Oppure

Nome: Neutrino  
Cognome: Elettronico  
Luogo di nascita: Sole  
Data di nascita: 2 agosto 2006  
Stato: con massa  
Indirizzo: Sudbury Neutrino Observatory, Canada

Il "gioco" delle carte di identità può portare a discussioni in classe sui vari aspetti dei neutrini. Per esempio, a causa della loro oscillazione i cognomi non sono definitivi; oppure il loro stato può essere interpretato in maniere diverse, come proprietà di carica o di massa o ancora come tipo: artificiale o naturale.

**2.** Il dialogo richiesto potrebbe svolgersi all'incirca così:

- (A) Hai mai sentito parlare dei neutrini superliminari?  
(B) Sì, è una notizia del settembre 2011, quando sembrava che l'esperimento Opera dei Laboratori del Gran Sasso avesse misurato una velocità maggiore di quella della luce per i neutrini provenienti dal Cern di Ginevra. Più in particolare, si diceva che erano stati rivelati dei neutrini muonici da 17 e 28 GeV, inviati attraverso la crosta terrestre lungo i 730 chilometri che separano il Cern di Ginevra dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso, con una velocità superiore a quella della luce per un fattore  $2.48 \times 10^{-5}$  (circa 1 parte su 40.322,58). I neutrini avrebbero quindi percorso la distanza tra il Cern di Ginevra e il Gran Sasso con almeno 60 nanosecondi di vantaggio sulla luce.  
(A) Perché quella notizia fece tanto scalpore?  
(B) Perché se fosse stato vero, ci sarebbero state implicazioni importanti sulle attuali teorie fisiche e soprattutto sulla teoria della relatività di Einstein.  
(A) Come è andata a finire?  
(B) Che si era trattato di un errore nella connessione del

cavo a fibra ottica tra un rivelatore Gps e un computer usato per calcolare i tempi dell'esperimento. La smentita definitiva è stata presentata alla XXV Conferenza Internazionale sulla fisica del neutrino di Kyoto (Giappone), nel giugno 2012, dove sono stati presentati i risultati sul tempo di volo dei neutrini da parte di tutti e quattro gli esperimenti del Gran Sasso (Borexino, Icarus, Lvd e lo stesso Opera).

Oppure si può costruire un'intervista più realistica e formale, dove un giornalista intervista uno degli scienziati coinvolti e gli chiede considerazioni personali sull'accaduto.

**4.** Un elenco dei principali rivelatori di particelle, presenti sulla Terra si trova nella rivista online dell'Istituto nazionale di fisica nucleare (Infn) "Asimmetrie" ([link.pearson.it/2558B43F](http://link.pearson.it/2558B43F)). Si può consultare anche la pagina dedicata al neutrino di Wikipedia ([link.pearson.it/BC51E585](http://link.pearson.it/BC51E585)), che distingue i vari tipi di rivelatori. La tavola interattiva si può realizzare come pagina web nella quale creare dei link ad altre sottopagine che illustrino le caratteristiche dei singoli apparati sperimentali.

**5.** Gli antineutrini sono le antiparticelle dei neutrini e possono essere anche loro di tipo elettronico, muonico e tauonico. L'annichilazione di una coppia neutrino-antineutrino è possibile teoricamente, però molto improbabile.

**6.** La luce di Čerenkov è una particolare radiazione visibile che viene emessa dalle particelle ogni volta che attraversano un mezzo materiale con velocità superiore a quella della luce nello stesso mezzo. A differenza del vuoto infatti, in alcuni materiali la luce diminuisce il valore della propria velocità e le particelle riescono a superarlo: la velocità delle particelle nel mezzo rimane però sempre minore di quella della luce nel vuoto. Per questa scoperta, avvenuta nel 1934, il fisico sovietico Pavel Alekseevič Čerenkov ha ricevuto il premio Nobel nel 1958.

**7.** Wolfgang Pauli, premio Nobel nel 1945 per la formulazione del principio che ha preso il suo nome; Enrico Fermi, Nobel nel 1938 per l'identificazione di nuovi elementi della radioattività e la scoperta delle reazioni nucleari mediante neutroni lenti.