

[as] intersezioni

Cabibbo e la fisica del sapore.

di Guido Martinelli

professore ordinario presso Sapienza Università di Roma

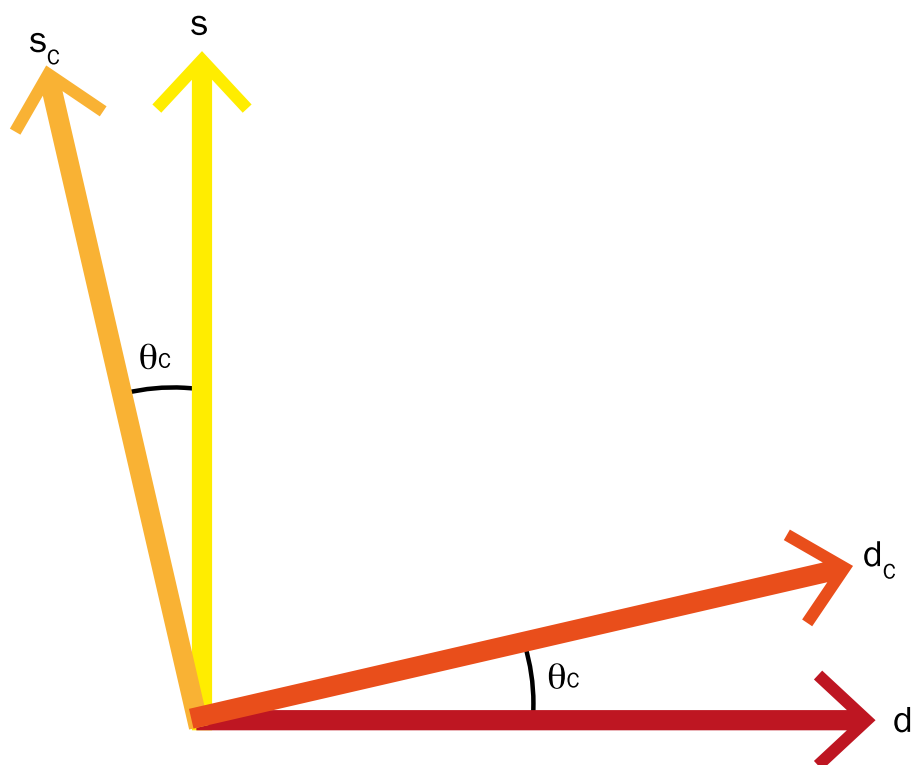


a.
Nicola Cabibbo con
Makoto Kobayashi
nel 2008.

Dieci anni fa, nell'agosto del 2010, scompariva Nicola Cabibbo, un grande protagonista della scienza del '900, il cui nome ricorre in tutti i manuali di fisica delle particelle. Cabibbo può essere considerato a buon diritto il "padre" della fisica del sapore, cioè di quel settore della fisica subnucleare che studia la dinamica dei diversi tipi (chiamati "sapori", in inglese *flavour*) di quark e leptoni. Per illustrare gli straordinari contributi di Nicola Cabibbo, bisogna fare un passo indietro. Uno dei processi fisici più importanti è il decadimento beta del

neutrone, in cui un neutrone si trasforma in un protone emettendo un elettrone e un antineutrino elettronico. Fu lo studio di questo decadimento, negli anni '30 del secolo scorso, che condusse Wolfgang Pauli a ipotizzare l'esistenza dei neutrini e Enrico Fermi a elaborare la prima teoria dell'interazione debole, responsabile del processo. Fermi mostrò che il decadimento beta può essere descritto in termini di una costante di accoppiamento (la "costante di Fermi"), che svolge lo stesso ruolo, nelle interazioni deboli, della carica elettrica, e permette di calcolare la

probabilità con cui la reazione avviene. Un fatto interessante, sperimentalmente accertato fin dagli anni '40 e '50, è che anche il muone subisce un decadimento beta, analogo a quello del neutrone, trasformandosi in un elettrone, un neutrino muonico e un antineutrino elettronico, con una costante di Fermi che è identica (o quasi) a quella del decadimento del neutrone. Nel 1958 Richard Feynman e Murray Gell-Mann interpretarono questo fatto postulando l'universalità dell'interazione debole, simile all'universalità dell'interazione



b.
 Gli stati di quark che intervengono nelle interazioni deboli non sono i sapori puri down (d) e strange (s), ma due loro miscele (che possiamo chiamare d_c e s_c). Se rappresentiamo il down e lo strange con due frecce perpendicolari (rossa e gialla), gli stati d_c e s_c (che si accoppiano rispettivamente al quark up e al quark charm) sono rappresentati da due frecce ruotate di un angolo θ_c , il cosiddetto angolo di Cabibbo.

elettromagnetica, con un intrigante suggerimento di un'origine comune delle due interazioni. Questa affascinante idea era tuttavia messa in crisi dall'osservazione sperimentale che le costanti di Fermi di altri decadimenti beta, quelli delle particelle dotate di stranezza, come la lambda, risultavano largamente inferiori alla costante di Fermi del neutrone. Fu Cabibbo a risolvere il problema e a conciliare i decadimenti delle particelle strane con l'universalità dell'interazione debole, aprendo la strada alla unificazione delle interazioni elettrodeboli nell'ambito di quello che sarebbe poi stato denominato modello standard. In termini del modello a quark (inizialmente limitato ai soli quark up, down, strange), la teoria di Cabibbo prevedeva che l'interazione debole accoppiasse il quark up a una combinazione dei quark down e strange parametrizzata da un numero, noto come angolo di Cabibbo. Il concetto di mescolamento dei quark così introdotto fu poi esteso da Sheldon Glashow, John Iliopoulos e Luciano Maiani (GIM) alla teoria a quattro quark, in cui il charm, non ancora scoperto all'epoca in cui le teorie di Cabibbo e GIM furono formulate, si accoppia a un'altra combinazione down-strange, perpendicolare per così dire alla combinazione di Cabibbo. L'universalità delle interazioni della teoria di Cabibbo e l'introduzione del quark charm hanno permesso di estendere a tutte le particelle la teoria elettrodebole unificata, proposta pochi anni prima da Steven Weinberg e da Abdus Salam, evitando

le inconsistenze che avevano afflitto lo schema a tre quark fino ad allora. Per includere la violazione della simmetria CP, scoperta sperimentalmente nel 1964 ed essenziale alla spiegazione dell'asimmetria tra materia-antimateria del nostro universo, Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa estesero ulteriormente la teoria a uno schema a sei quark, dove il mescolamento di Cabibbo è descritto da una matrice (cioè da una tabella di parametri), universalmente nota come matrice CKM (Cabibbo-Kobayashi-Maskawa). Anche nel settore dei leptoni i sapori si combinano e si mescolano. L'oscillazione dei neutrini, infatti, consiste in un mescolamento tra neutrini di sapore diverso, che dimostra come essi possiedano una massa. Il fenomeno, che costituisce un'estensione ai leptoni del meccanismo di Cabibbo, fu proposto indipendentemente negli anni '60 da Bruno Pontecorvo e da Ziro Maki, Masami Nakagawa e Shoichi Sakata. Cabibbo fu anche tra i primi a notare come fosse possibile una misura della violazione della simmetria di CP e della simmetria per inversione temporale attraverso misure delle oscillazioni di neutrino, un argomento oggi di grande attualità. La fisica del sapore, iniziata dal pionieristico lavoro di Nicola Cabibbo, costituisce uno dei capitoli più vivaci ed eccitanti della fisica delle particelle, denso di sviluppi futuri, che perpetueranno il ricordo di questo grande fisico italiano.