

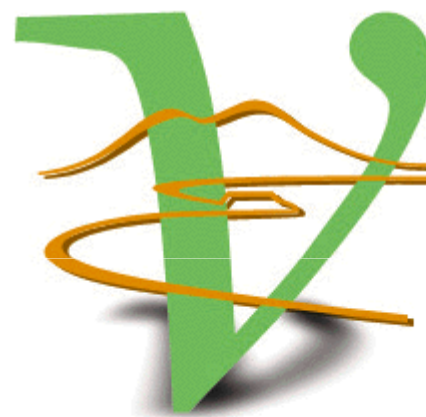
Il neutrino: verso nuova fisica

Paolo Strolin

Napoli, 8 luglio 2010

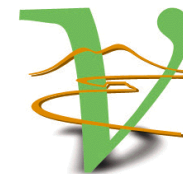
Il neutrino e Napoli

**Napoli ha avuto un ruolo
rilevante nella fisica
sperimentale del neutrino
degli ultimi trent'anni**



- **con fasci di neutrini: CHARM II, CHORUS e OPERA**
- **con neutrini atmosferici: MACRO**

Gli esperimenti con fasci di neutrini



CHARM II (1983-1995)

Misura dell'angolo di Weinberg di unificazione elettro-debole tramite il processo (puramente leptónico) di diffusione neutrino elettronico - elettrone

Studio di processi elettro-deboli

La massa del neutrino: ricerca di oscillazioni di neutrino

CHORUS (1993-2008) e OPERA (1997-....)

La massa del neutrino: ricerca di "oscillazioni" di neutrino muonico in neutrino tau con la tecnica delle emulsioni nucleari

Fisica delle particelle con quark charm (in CHORUS)

Esperimenti difficili e impegnativi
Sviluppo di nuove tecnologie

Le oscillazioni di neutrino e la loro massa

- Neutrini prodotti e osservati come “autostati di sapore” ν_e , ν_μ e ν_τ
(definiti dalle interazioni e associati ai leptoni carichi e , μ e τ)
- Nella propagazione libera contano gli “autostati di massa”, non quelli di sapore
- Gli autostati di sapore e massa sono legati da una “matrice di mescolamento”
- Se le masse sono diverse, gli autostati di massa si propagano diversamente
- Nell’interazione con l’apparato sperimentale, gli autostati di massa si devono ricomporre in autostati di sapore
- “Sparizione” di neutrini del sapore originario (es. ν_μ)
“Apparizione” di altri sapori (es. ν_τ)
- Apparente metamorfosi dei neutrini su grandi distanze:
“oscillazione” (es. $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$)
(oscillazione, perché a seconda della distanza dalla sorgente si hanno massimi e minimi)

Metodo interferometrico: Δm^2 , grande sensibilità

Per il valore assoluto: cinematica del decadimento, decadimento 2β , cosmologia

La massa del neutrino: nuova fisica

1930 Ipotesi di Pauli: emissione di un “neutrino” nel decadimento β ; $m_\nu = 0$

1934 Teoria di Fermi: “Tentativo di una teoria dei raggi β ”

1957 Ipotesi di Pontecorvo: “oscillazioni” (metamorfosi) di neutrini se $m_\nu > 0$

1968 Modello Standard (MS) delle Particelle Elementari e unificazione elettro-debole: correntemente $m_\nu = 0$

La massa del neutrino porta a fisica oltre l'attuale MS

Interrogativi:

Perché è così piccola?

Perché il settore leptoni è così diverso dal settore quarks, pur avendo la stessa struttura a “famiglie”?

Una breve storia delle osservazioni di oscillazioni neutrino

- 1968 “**Sparizione**” di ν_e solari o carenze del Modello Solare ? (Homestake):
prima indicazione di $m_\nu > 0$ per oscillazione $\nu_e \rightarrow \nu_x$
- ‘88 **Sparizione** di ν_μ atmosferici (Kamiokande):
indicazione di $m_\nu > 0$ per oscillazione $\nu_\mu \rightarrow \nu_x$
- ‘96 “Problema” dei ν_e solari non imputabile al Modello Solare (GALLEX, SAGE)
- ‘97 Proposta di OPERA: ricerca diretta di “**apparizione**” $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$
- ‘98 **Sparizione** di ν_μ atmosferici (SK, MACRO) senza aumento di ν_e (SK), in accordo con
risultati con neutrini da reattori nucleari (CHOOZ): oscillazione $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$?
- 2001 I neutrini solari globalmente non spariscono: **apparizione** degli altri sapori (SNO)
- ‘02 Misura della sparizione di ν_e con neutrini da reattori nucleari (KamLAND)
- ‘06 Misura della sparizione di ν_μ con un fascio di neutrini (MINOS)
- ‘08 Borexino: nuovi dati sullo spettro dei ν_e solari confermano le oscillazioni
- ‘10 **OPERA: primo evento con osservazione diretta di apparizione** $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$

Le proprietà del neutrino, oggi

recenti scoperte

ma ancora molto lavoro da fare

carica elettrica	0
momento angolare di “spin”	$\frac{1}{2}$
interazione con la materia	“debole”
<u>massa</u>	piccolissima ma $> 0 : ?$
<u>“mescolamento”</u>	parzialmente conosciuto: ??
violazione della “simmetria CP”	???
$\nu \neq \bar{\nu}$ (<i>Dirac</i>) o $\nu = \bar{\nu}$ (<i>Majorana</i>)	???
momento magnetico	???
neutrini “sterili”	???

Massa e mescolamento

Misurati due Δm^2 ($7.6 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$ per solari e $2.4 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$ per atm.)

Quale è la “gerarchia” delle masse, cioè il segno di Δm^2 ?

Quali sono i valori assoluti delle masse?

Misurati due angoli di mescolamento: ~ massimo!

Ancora ignoto il terzo angolo (θ_{13}): quanto piccolo?

Interrogativi di fondo

- perché le masse dei neutrini sono così piccole rispetto a quelle dei quarks e dei leptoni carichi?
- perché il mescolamento dei neutrini è così diverso da quello dei quarks (matrice CKM quasi diagonale)?

Violazione di CP: oltre la Fisica delle Particelle

**La comprensione dell'origine della
asimmetria materia-antimateria nell'Universo
è fondamentale per la scienza:**

ci salva dall'incubo di una annichilazione con un anti-mondo!

Violazione di CP nel settore adronico non sufficiente a darne conto

Modelli di “leptogenesis”



**Asimmetria materia-antimateria anche
violazione di CP per i neutrini nel settore leptonic**

Gli scienziati sono mossi dagli interrogativi

Così avanza la scienza,
come nei bambini la conoscenza

**Il neutrino pone ancora
importanti interrogativi**

Dottorandi e ricercatori in CHORUS e OPERA a Napoli

R. Acquafredda, M. Ambrosio, S. Blockhin, F. Carbonara, A. Chukhanov, A. Cocco, D. Coppola, N. D'Ambrosio, G. De Rosa, A. Ereditato, G. Fiorillo, F. Formisano, F. Garufi, T. Kawamura, R. Listone, F. Marchetti Stasi, A. Marotta, M. Messina, V. Palladino, Y. Petukhov, C. Pistillo, F. Riccardi, L. Scotto Lavina, G. Sorrentino e S. Sorrentino

E molti Laureandi

Il gruppo oggi

**A. Alexandrov, S. Buontempo,
G. De Lellis, F. Di Capua,
A. Di Crescenzo, P. Migliozzi,
A. Russo, V. Tioukov e P. S.**