



KM3NeT



**Università
di Genova**

**DIFI DIPARTIMENTO
DI FISICA**



DIPARTIMENTO
DI ECCELLENZA
MIUR



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



ECHO

IL LINGUAGGIO DELLE ONDE

**UN DIALOGO
TRA LE PROFONDITÀ
DEL COSMO E DEL MARE**

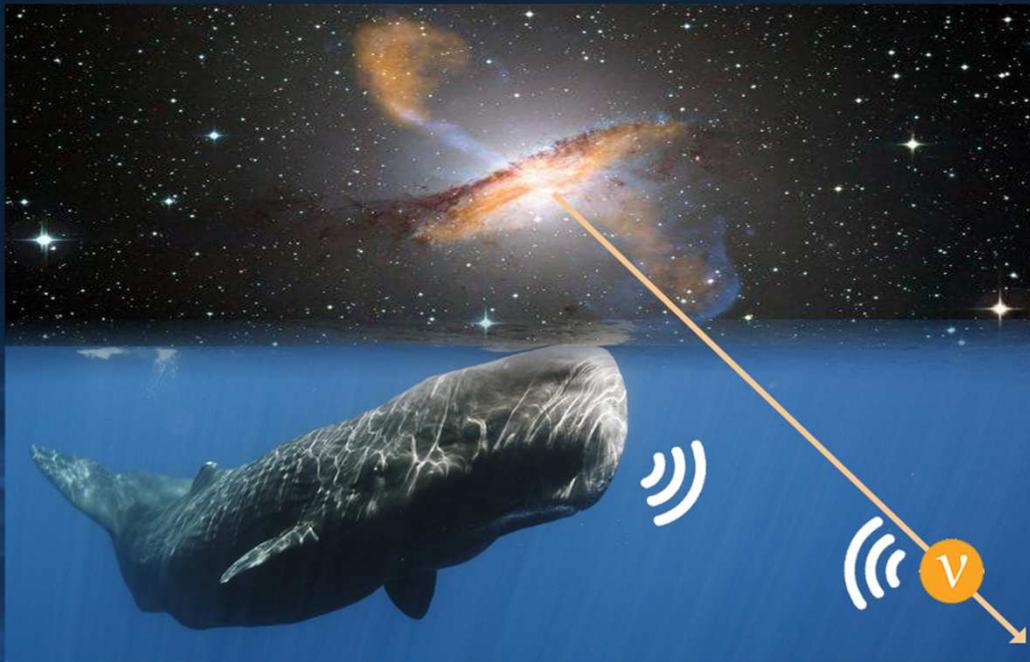


ONE OCEAN
FOUNDATION



Un incontro speciale

Le onde sonore sono il linguaggio comune tra due mondi lontanissimi

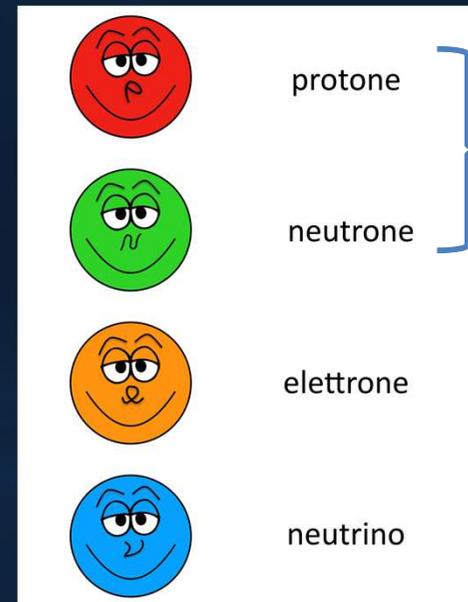
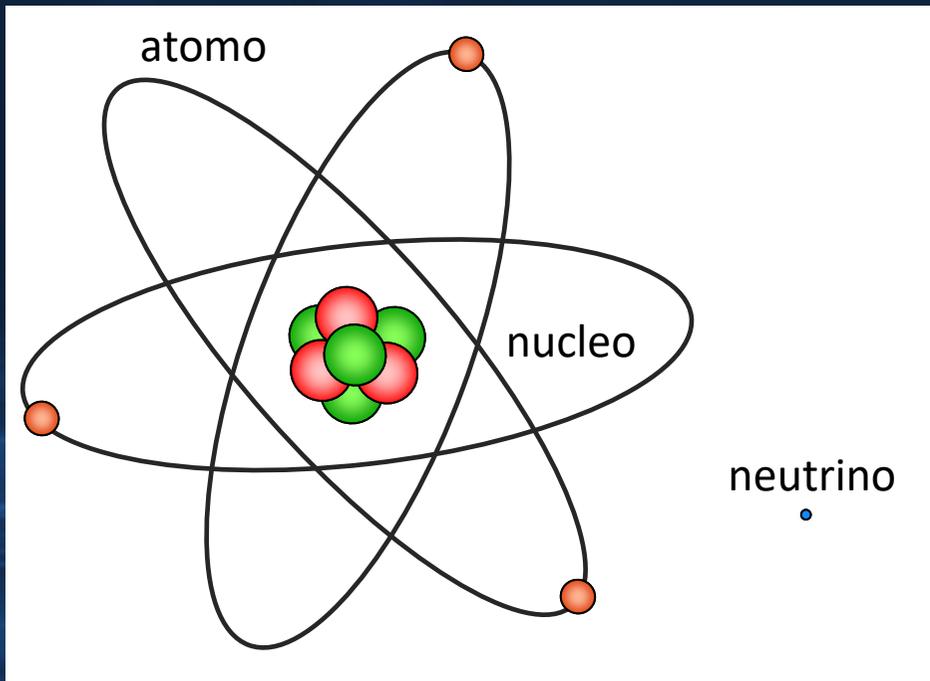


I neutrini delle profondità del Cosmo

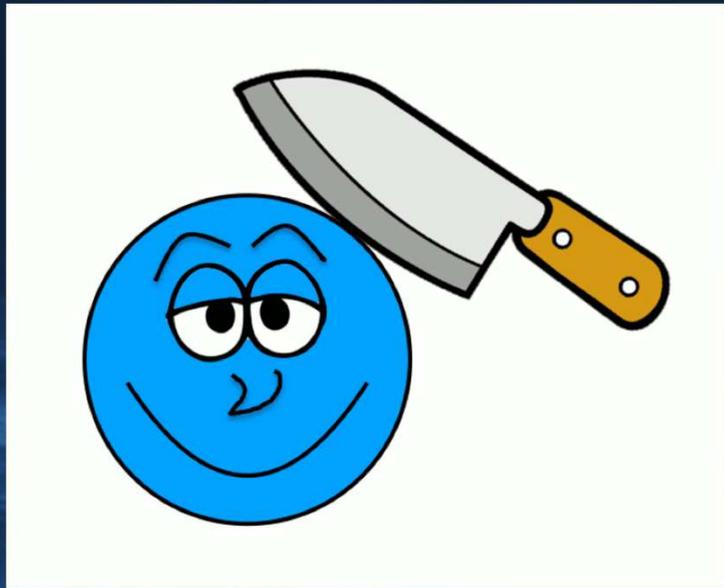
I cetacei delle profondità del mare

Cosa sono i neutrini?

Sono particelle come i protoni, i neutroni e gli elettroni
ma molto più piccole!

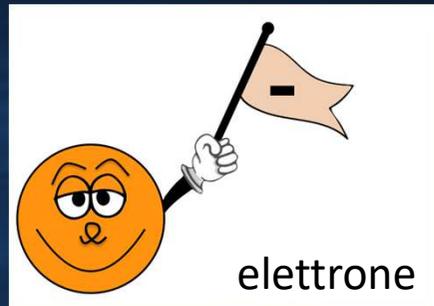
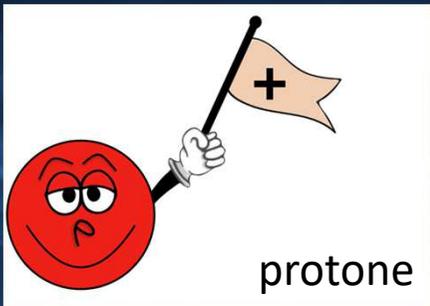
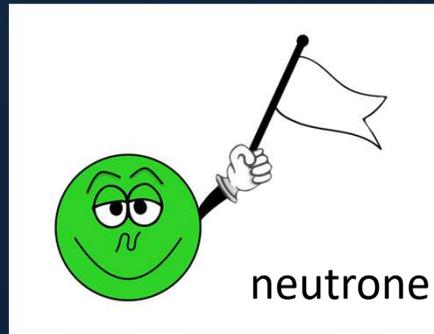
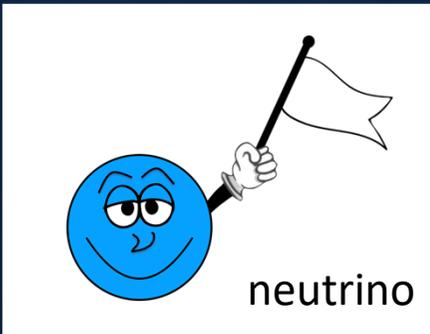


Il neutrino è uno dei mattoni elementari del nostro universo



Come l'elettrone, il neutrino non può essere suddiviso in unità più piccole.

Il neutrino è una particella neutra



Come il neutrone non ha carica elettrica!

Il protone ha carica positiva +

L'elettrone ha carica negativa -

Il neutrino ha tre diversi sapori!



Sapore elettronico



Sapore muonico



Sapore tauonico

Perché i sapori si chiamano così?



ν_e

neutrino elettronico



e

elettrone



ν_μ

neutrino muonico



μ

muone



ν_τ

neutrino tauonico



τ

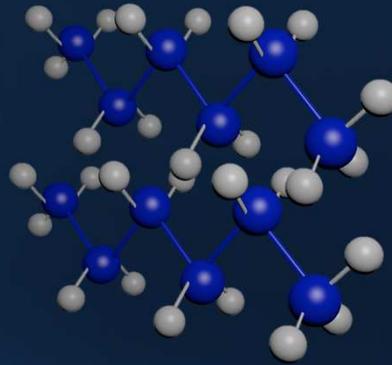
tauone

Interazione con la materia

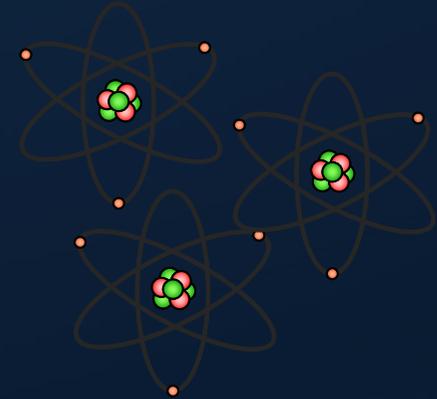
materia



molecole

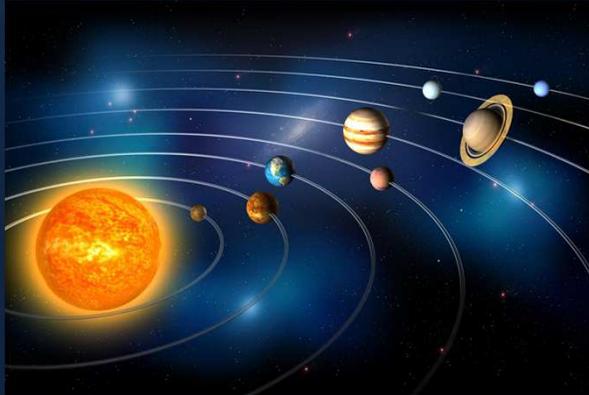


atomi



I neutrini interagiscono con i costituenti fondamentali della materia: i componenti degli atomi!

Le interazioni fondamentali dell'Universo



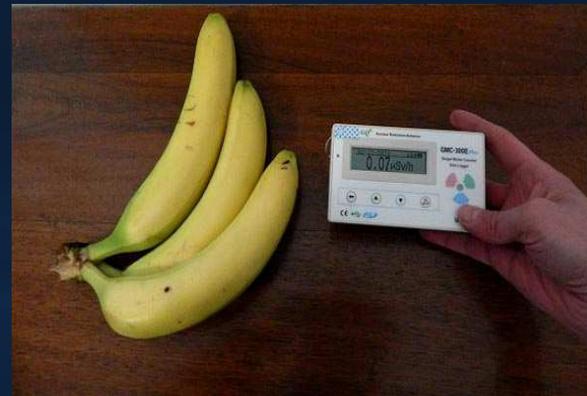
Gravitazionale



Elettromagnetica

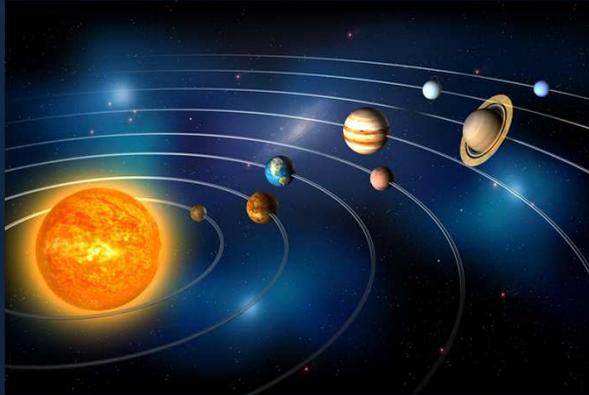


Nucleare forte



Nucleare debole

Le interazioni fondamentali dell'Universo



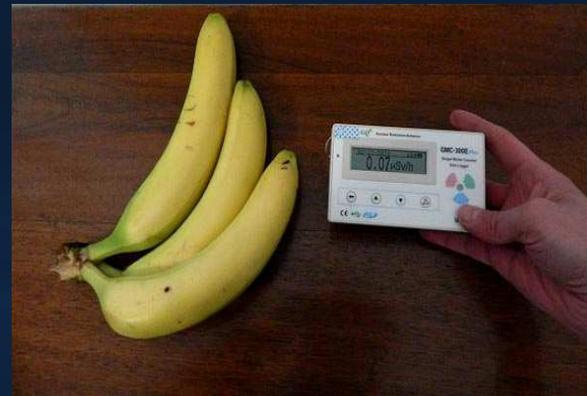
Gravitazionale



Elettromagnetica

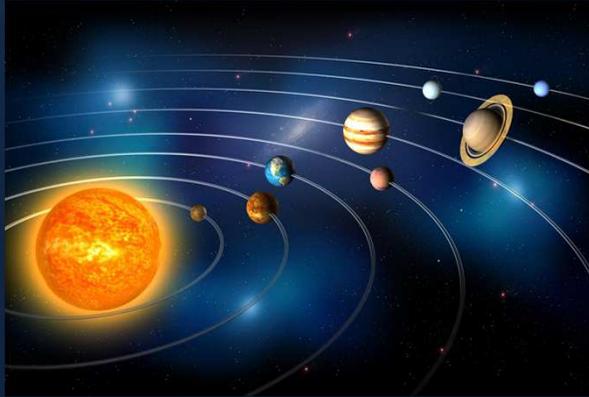


Nucleare forte



Nucleare debole

Le interazioni fondamentali dell'Universo

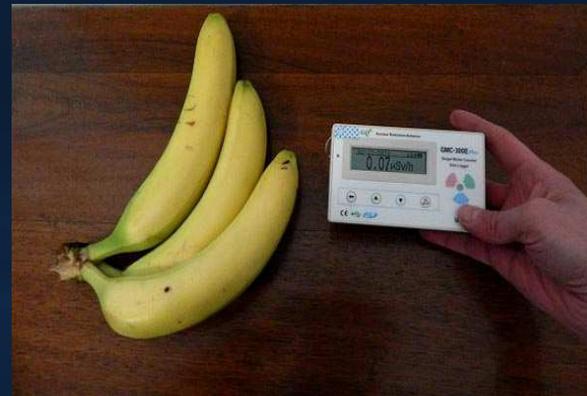


Gravitazionale

Per vedere i neutrini
dobbiamo seguire
questa strada



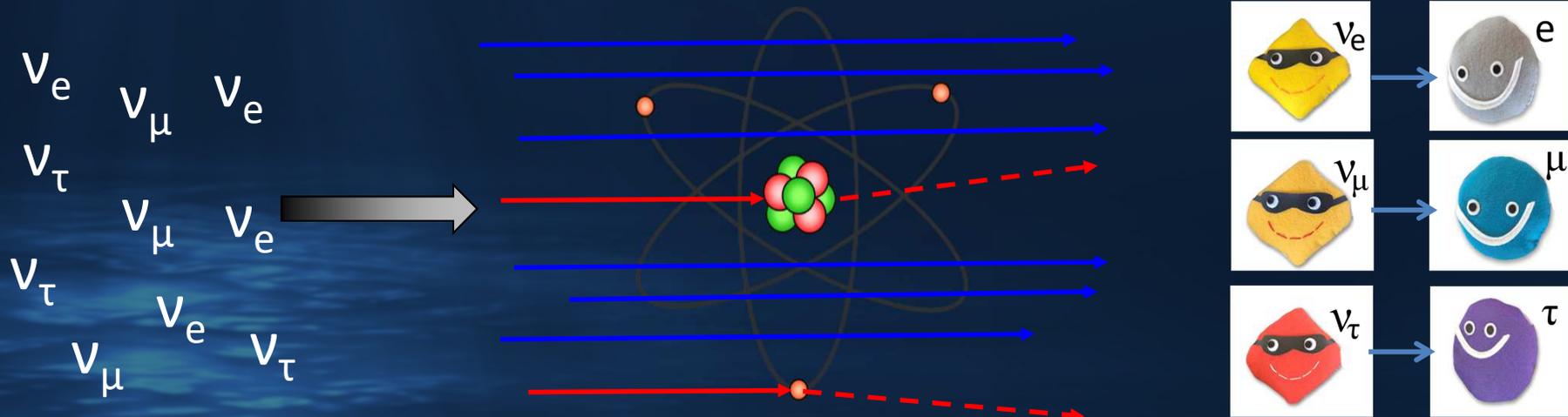
Ma abbiamo visto prima che
il neutrino è leggerissimo!!



Nucleare debole

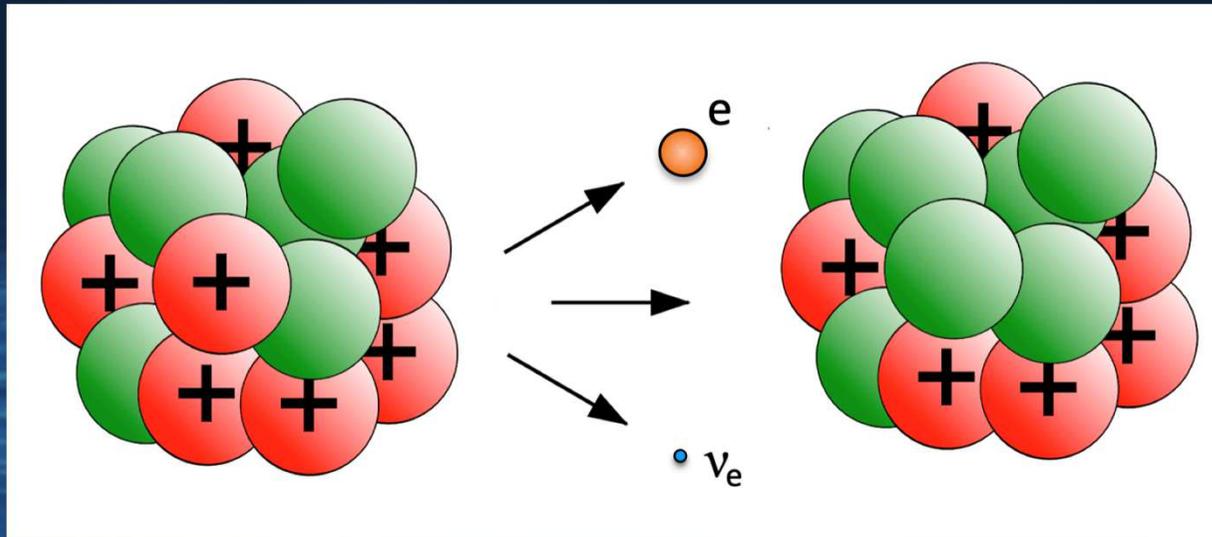
Interazione debole con la materia

Uno su **tantissimi miliardi** ce la fa ad interagire,
ma senza legarsi all'atomo!



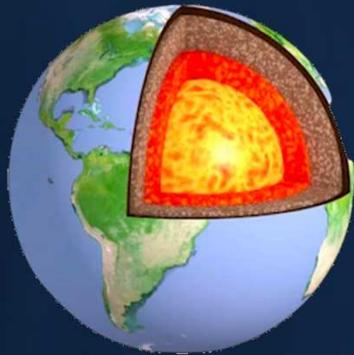
Come si producono i neutrini elettronici?

Alcuni nuclei molto pesanti “decadono” in nuclei più leggeri liberando elettroni e neutrini elettronici.



Dove avviene?

nell'interno della Terra



nelle centrali nucleari



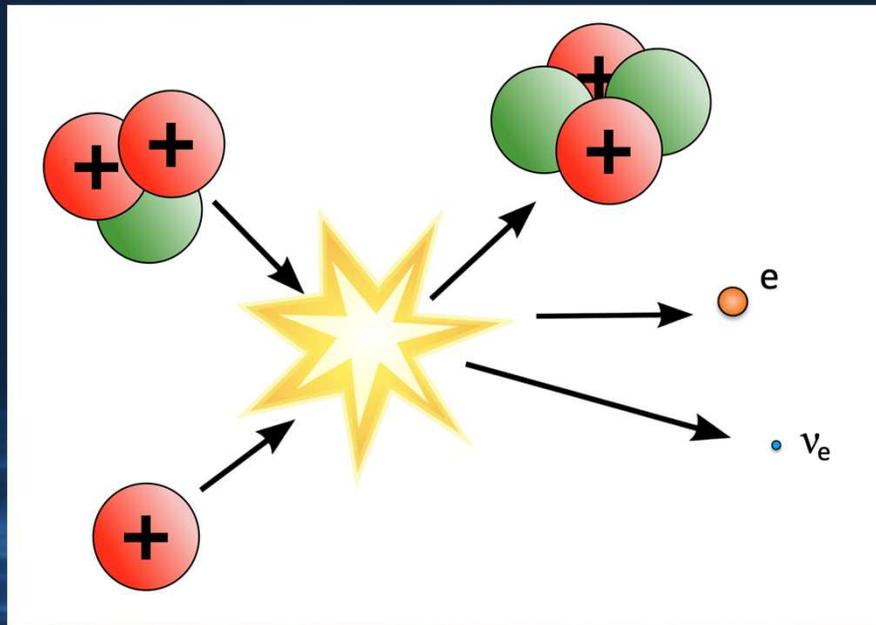
in alcuni cibi



e anche nel nostro corpo!



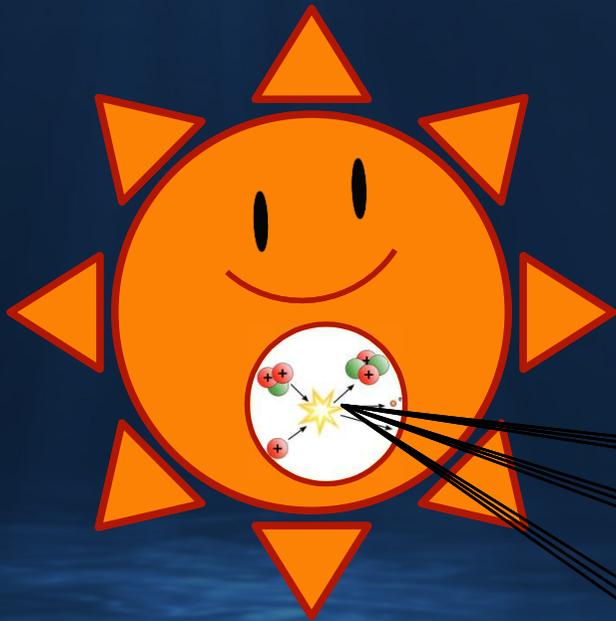
Come si producono i neutrini elettronici?



Durante la fusione di nuclei leggeri in nuclei più pesanti vengono prodotti neutrini elettronici.

Dove avviene?

Nel nucleo del Sole vengono prodotti molti neutrini elettronici che possono arrivare anche sulla Terra.



ν_e ν_e ν_e
 ν_e ν_e ν_e
 ν_e ν_e ν_e
 ν_e ν_e ν_e
 ν_e ν_e ν_e



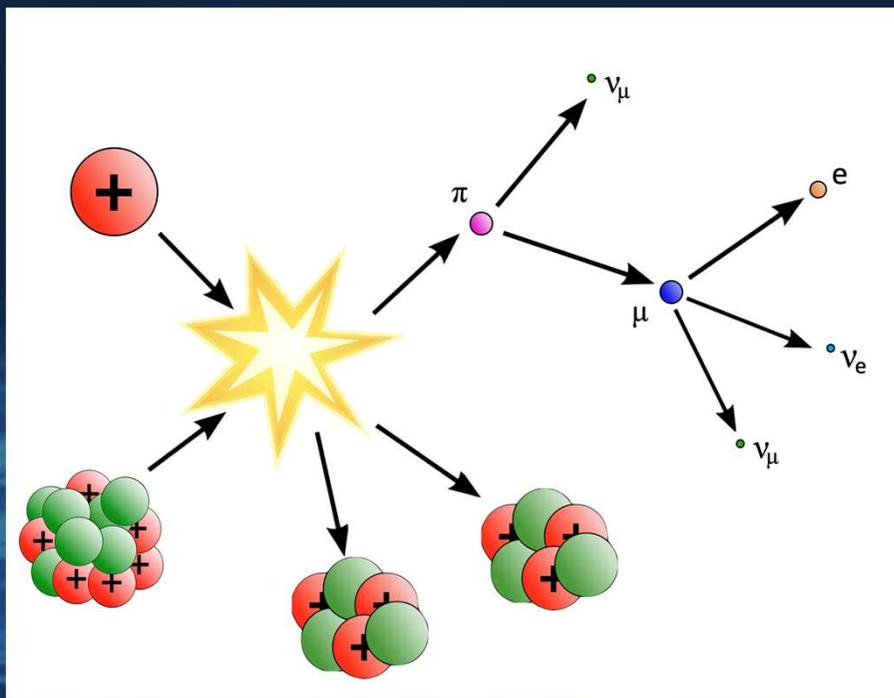
Dove avviene?

Nelle esplosioni di stelle di grandissima massa:
le supernove...

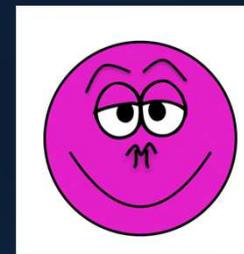


Come si producono i neutrini muonici?

Per produrre i neutrini muonici c'è bisogno di più energia per creare altre particelle chiamate pioni.



elettrone



pione



muone

Dove avviene?

Nell'atmosfera terrestre.
Sì, nell'aria appena sopra la vostra testa!

Le particelle energetiche di raggi cosmici provenienti dall'universo colpiscono la nostra atmosfera producendo anche neutrini elettronici e muonici.



Dove avviene?

Interazioni simili avvengono anche nei nuclei delle lontane galassie!



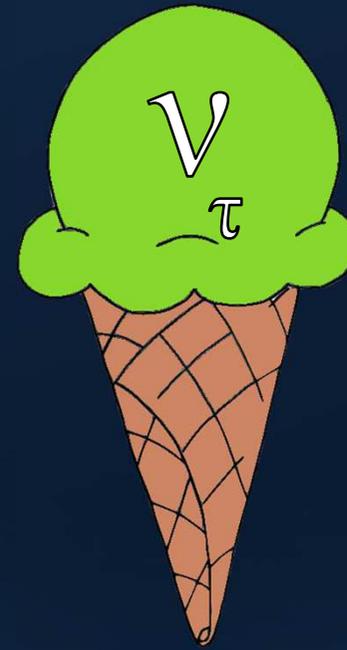
Come viene prodotto il neutrino tauonico?



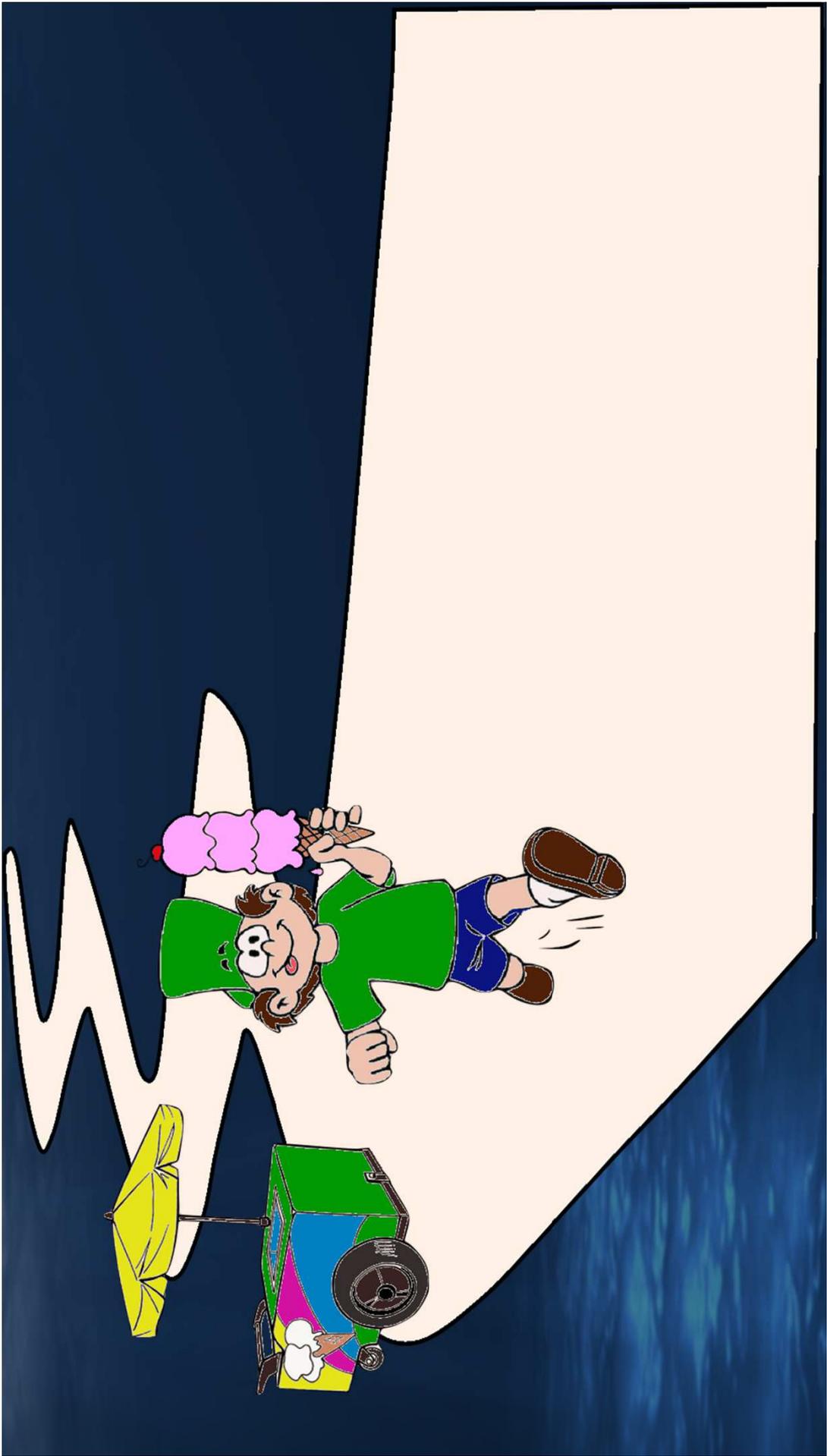
Sapore elettronico



Sapore muonico



Sapore tauonico

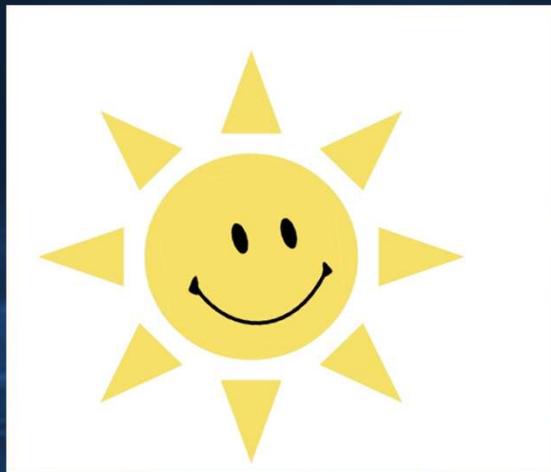




**I neutrini
possono
cambiare
spontaneamente
sapore!!!**

Facciamo un esempio!

I neutrini solari nascono tutti elettronici ma possono “oscillare” e diventare muonici o tauonici.



ν_e ν_e
 ν_e ν_e
 ν_e ν_e



ν_e ν_e ν_e
 ν_e ν_μ ν_e
 ν_e ν_e ν_τ
 ν_μ



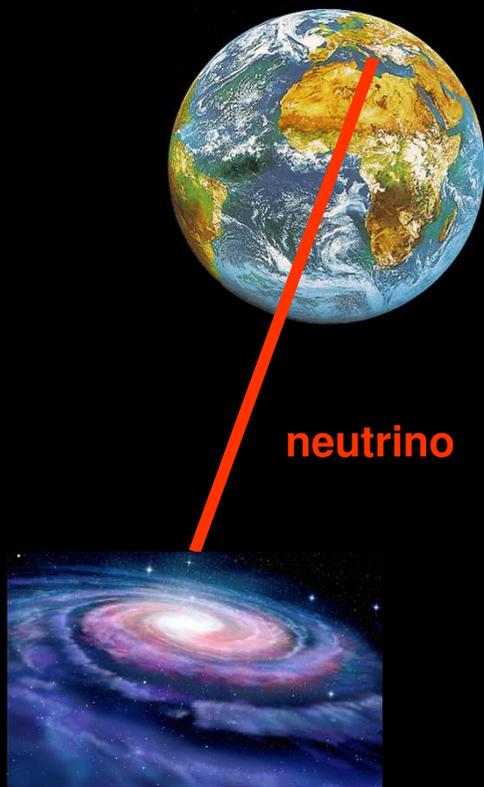


Ci servono dei coraggiosi
acchiappa fantasmi come
nel famoso film...

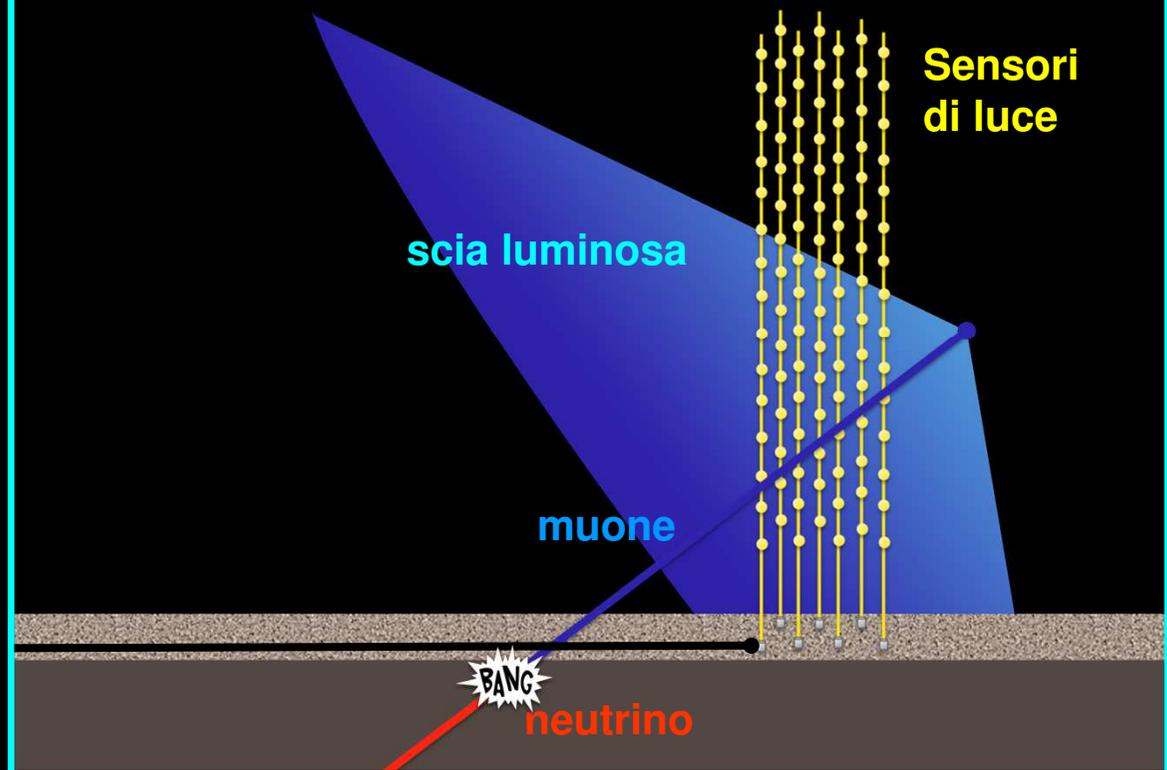
I neutrini interagiscono
debolmente con il mondo
che ci circonda!



Come si rivelano i neutrini?

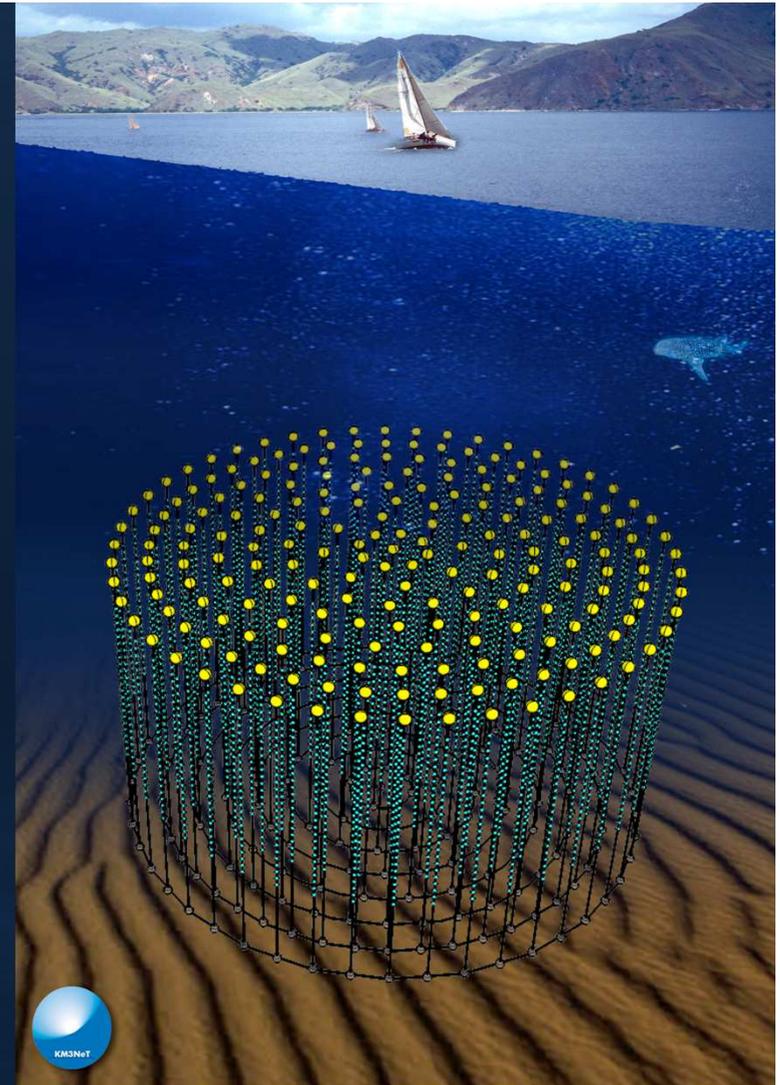


Siamo in fondo al mare!



Perché in fondo al mare?

Abbiamo bisogno di rivelatori grandissimi, grandi quanto 1 km^3 !



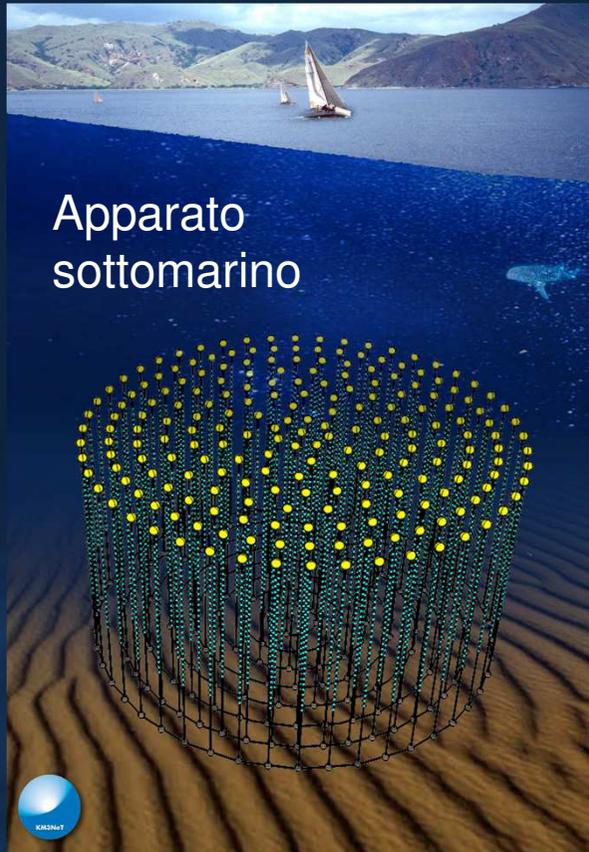
Il rivelatore KM3NeT

Stringa



Modulo ottico

Apparato
sottomarino

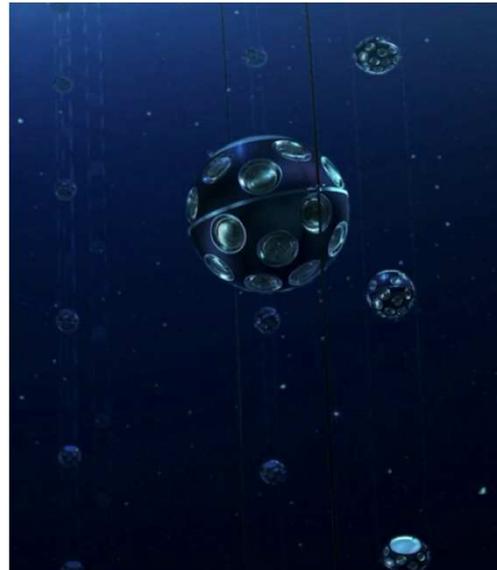


Capo Passero



Tolone

I moduli ottici: gli occhi di KM3NeT

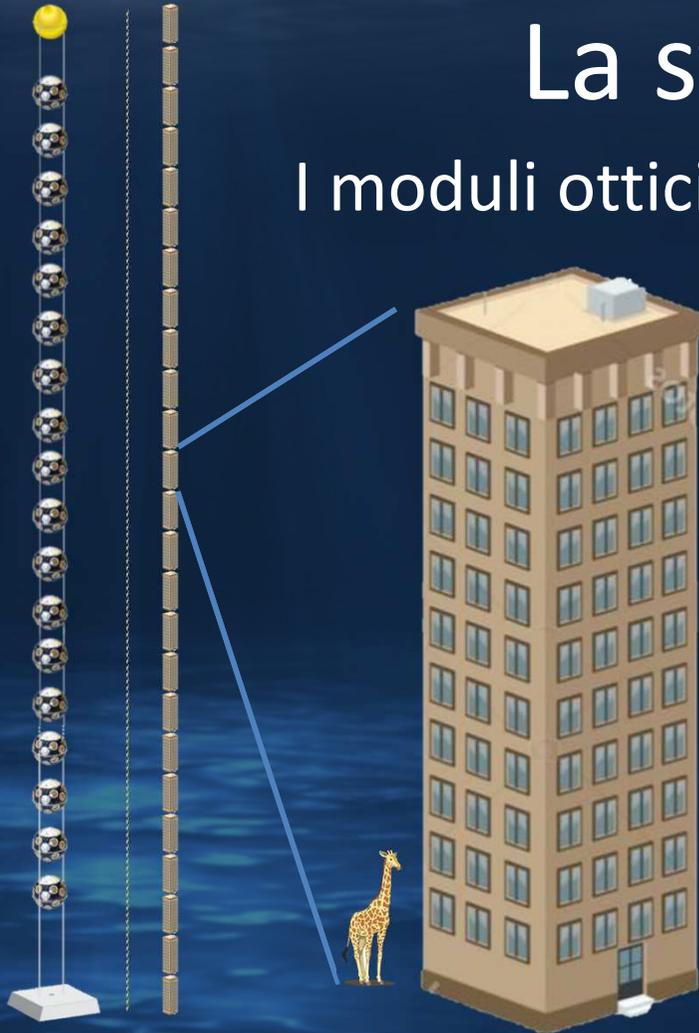


La stringa di KM3NeT

I moduli ottici sono montati su strutture verticali chiamate stringhe.

La stringa è alta 750 metri!!!

- 25 volte un palazzo di 10 piani
- 150 volte una giraffa
- 10 Lanterne di Genova
- 6 Basiliche di S. Gaudenzio
- 3000 slerfe di focaccia



Non solo luce!

KM3NeT ha una serie di microfoni sottomarini per registrare il suono prodotto dall'interazione dei neutrini.



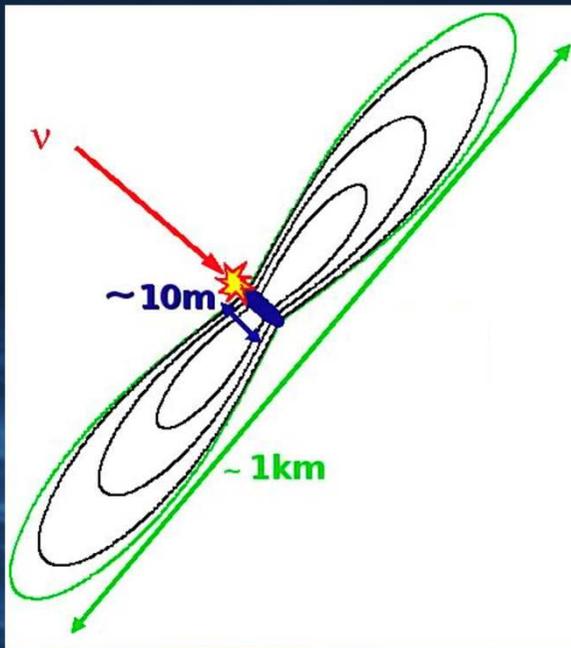
Un piccolo microfono in ogni modulo ottico



Un grande microfono alla base di ogni stringa

Il neutrino come fa?

Il neutrino quando interagisce riscalda impercettibilmente l'acqua del mare producendo un suono.



Il suono si propaga come se seguisse la superficie di un pancake



Chi altro chiacchiera in fondo al mare?

