

Cacciatori di neutrini



Notte Europea dei Ricercatori 2015

Lucía Votano

Cacciatori di neutrini

Invisibili fantasmi ci circondano,
ci attraversano numerosissimi e si
aggirano per tutto l'Universo

Sono i neutrini

Che cos'è un neutrino?

Perché dargli la caccia?

Il fantasma dell'universo

- ✓ Il neutrino è una particella elementare neutra
- ✓ Ha una massa così piccola ($\approx 10^{-36}$ Kg) che l'uomo non ha ancora costruito una bilancia capace di pesarlo

Eppure

- ✓ Neutrini e fotoni sono le particelle più diffuse nell'universo di materia conosciuta (solo dal sole ne arrivano decine di miliardi al secondo per centimetro quadro)
- ✓ Sono estremamente importanti per capire l'origine e l'evoluzione dell'universo.

Antiche domande

Da sempre l'uomo si pone domande sulla sua origine e il suo destino, si chiede di cosa sia fatta la materia e l'universo che ammira nelle notti stellate.

Lucia Votano

Antiche domande



- *Cosa c'è nell'Universo?*
- *Qual'è la natura della materia dell'universo?*
- *Qual'è la sua origine?*
- *E' immutabile o cambia nel tempo?*
- *Quale il suo destino futuro?*

- *Se scomponiamo la natura in parti sempre più piccole o la osserviamo con un microscopio sempre più potente, cosa vediamo?*
- *E' possibile arrivare ai "mattoni" fondamentali **(elementari)** della materia?*



Che cosa hanno in comune?



Antiche domande

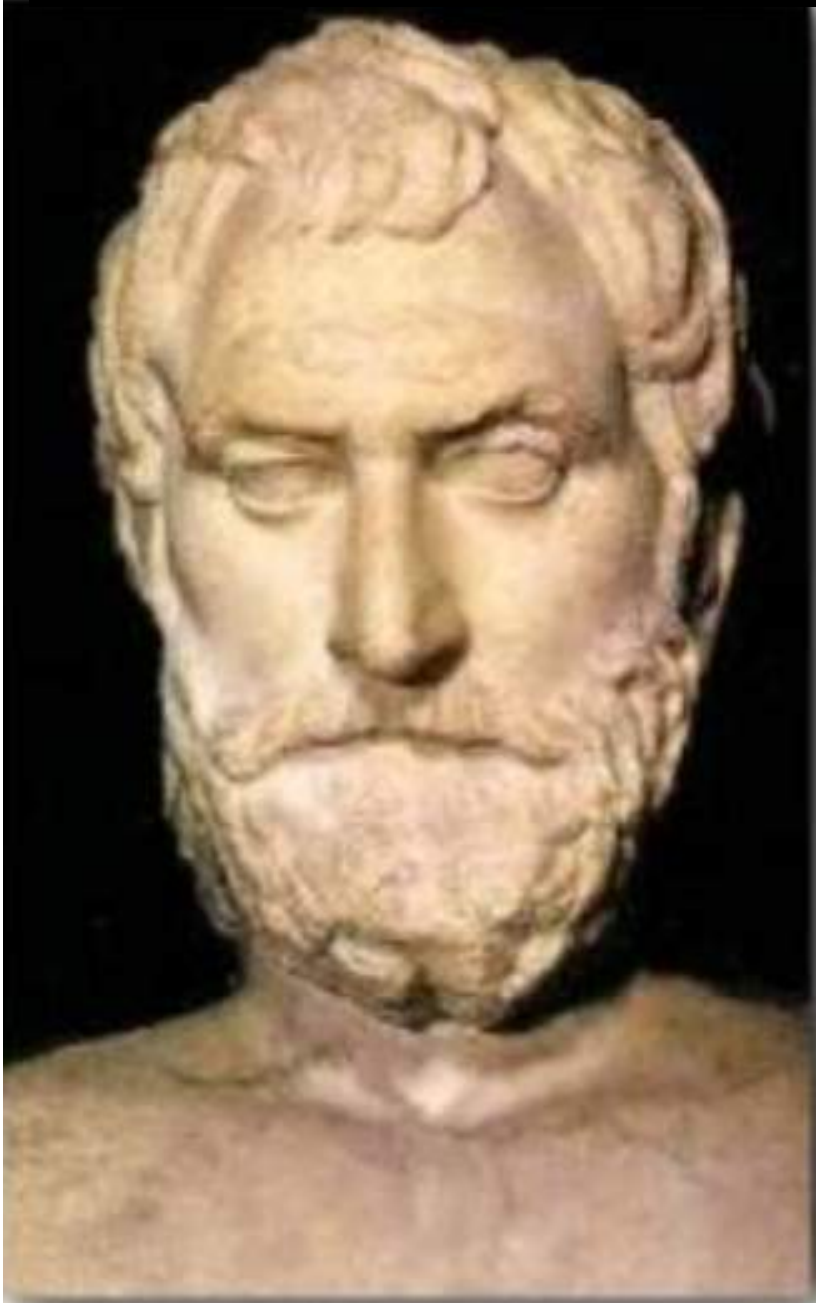
Talete di Mileto (circa 624-546 a.C.)

Generalmente considerato il primo fisico e il primo filosofo della tradizione occidentale.

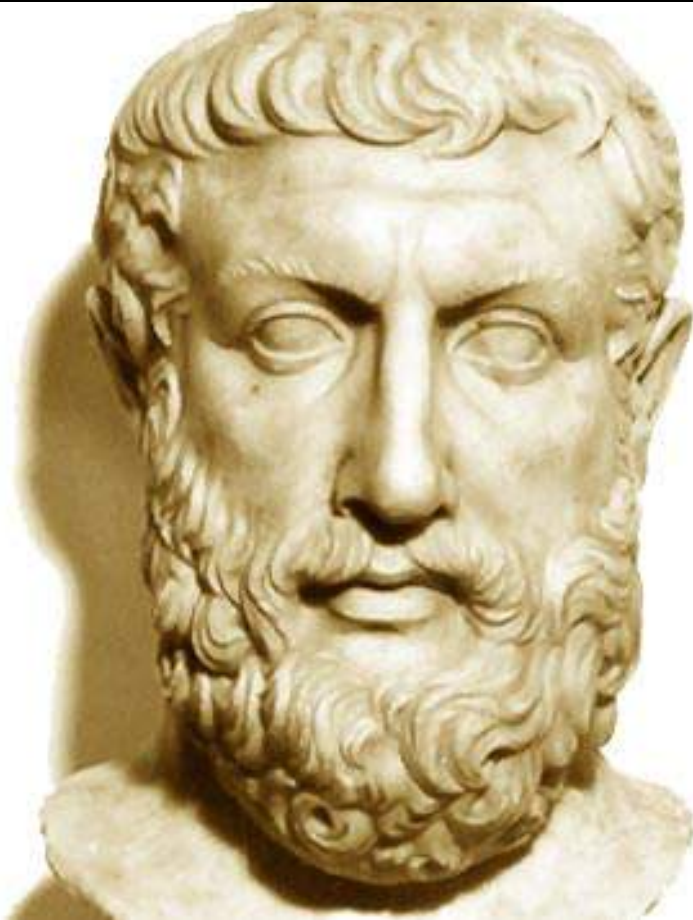
Spiegazioni naturali dei fenomeni sulla base delle osservazioni, non sul puro pensiero o facendo riferimento alla mitologia.

Per esempio, spiegava i terremoti come il risultato del fatto che la Terra riposa sulle acque, facendosi cullare dalle onde.

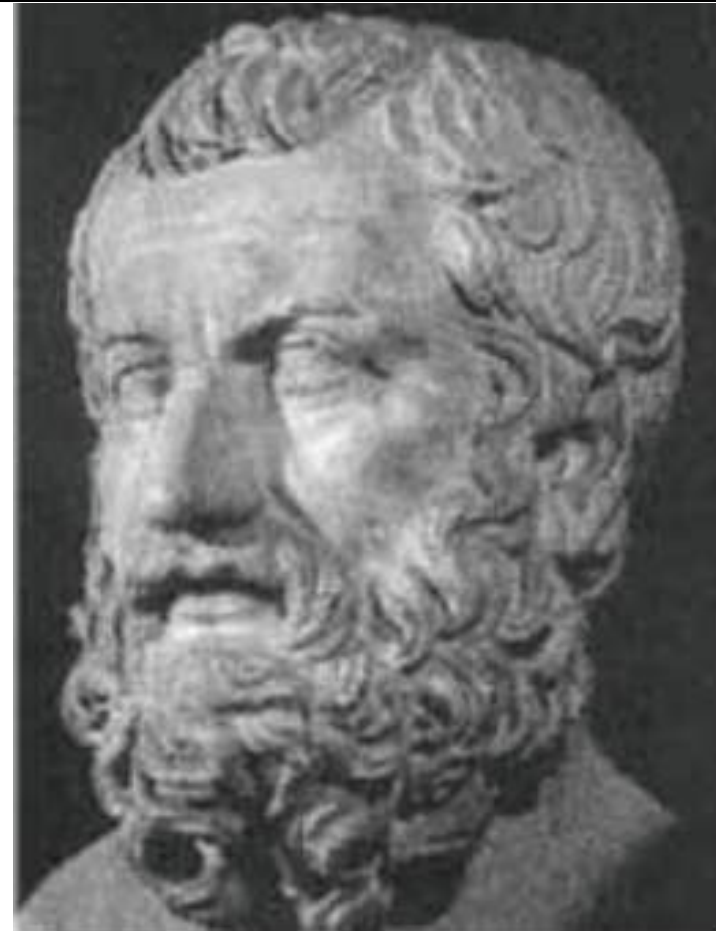
Un miglioramento rispetto alla mitologia, secondo cui erano causati dal dio Poseidone che colpisce il terreno con il suo tridente.



Antiche domande: I filosofi presocratici



Parmenide (circa 500 a.C.)



Zenone (489-431 a.C.)

La materia è divisibile e suddivisa all'infinito

Antiche domande: I filosofi presocratici

Democrito (460-370 a.C)

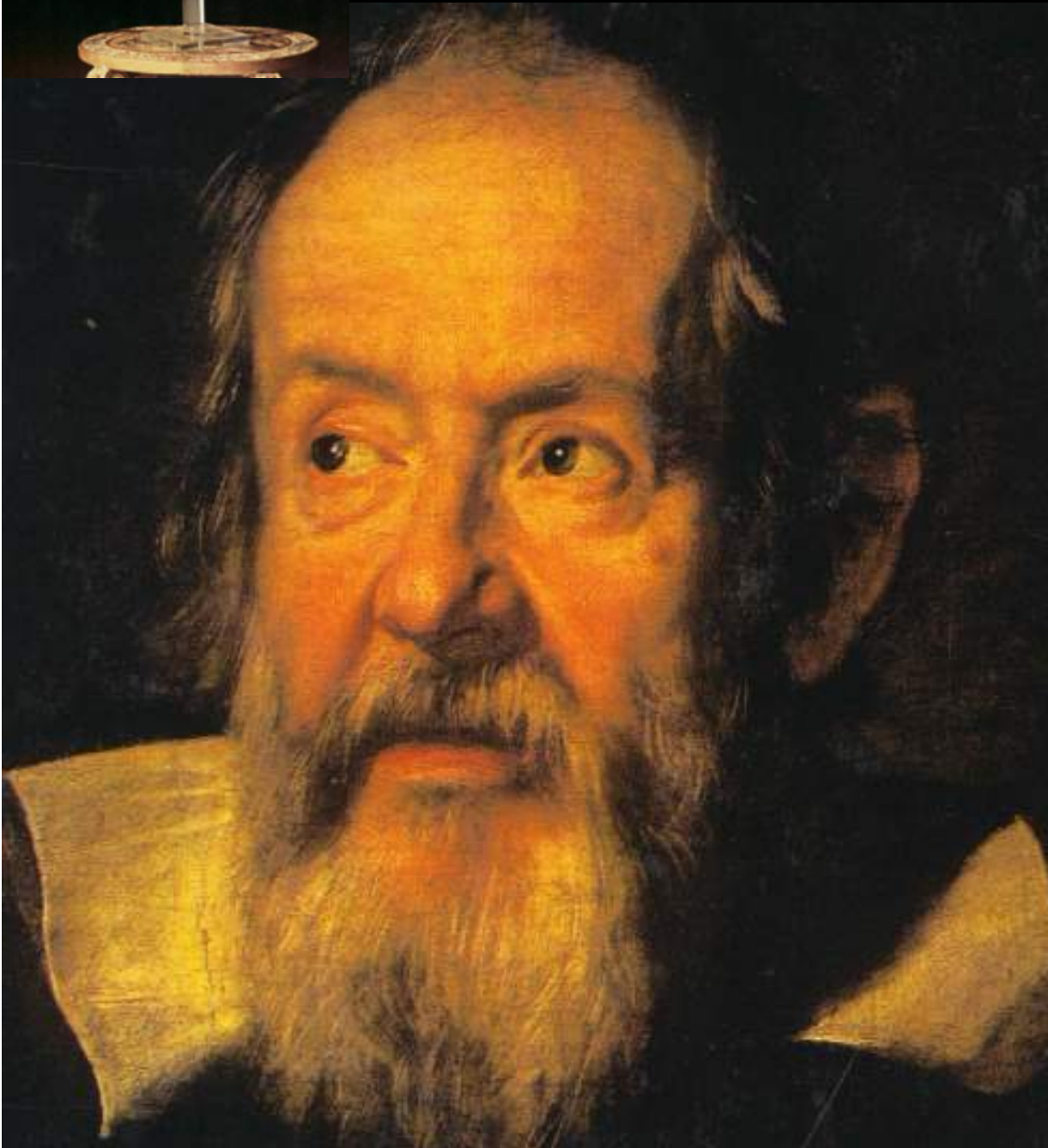


1635 Peter Paul Rubens (1577-1640)
Museo del Prado, Madrid

L'atomo di Democrito

“ Gli atomi sono eterni e immutabili, esistono in varie forme e sono animati da un continuo movimento nello Spazio Vuoto ”

La Scienza moderna



13 marzo 1610

S I D E R E V S N V N C I V S

MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens
vnicuique, præferum verò

PHILOSOPHIS, atq; ASTRONOMIS, qua à

GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO

Patauini Gymnasij Publico Mathematico

PERSPICILLI

*Nuper à se reperti beneficio sunt obseruata in LVNÆ FACIE, FIXIS IN-
NUMERIS, LACTEO CIRCVLO, STELLIS NEBVLOSIS,*

Apprime verò in

QVATVOR PLANETIS

Circa IOVIS Stellam disparibus interuallis, atque periodis, celeri-
tate mirabili circumuolutis; quos, nemini in hanc vsque
diem cognitos, nouissimè Author depræ-
hendit primus; atque

MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.

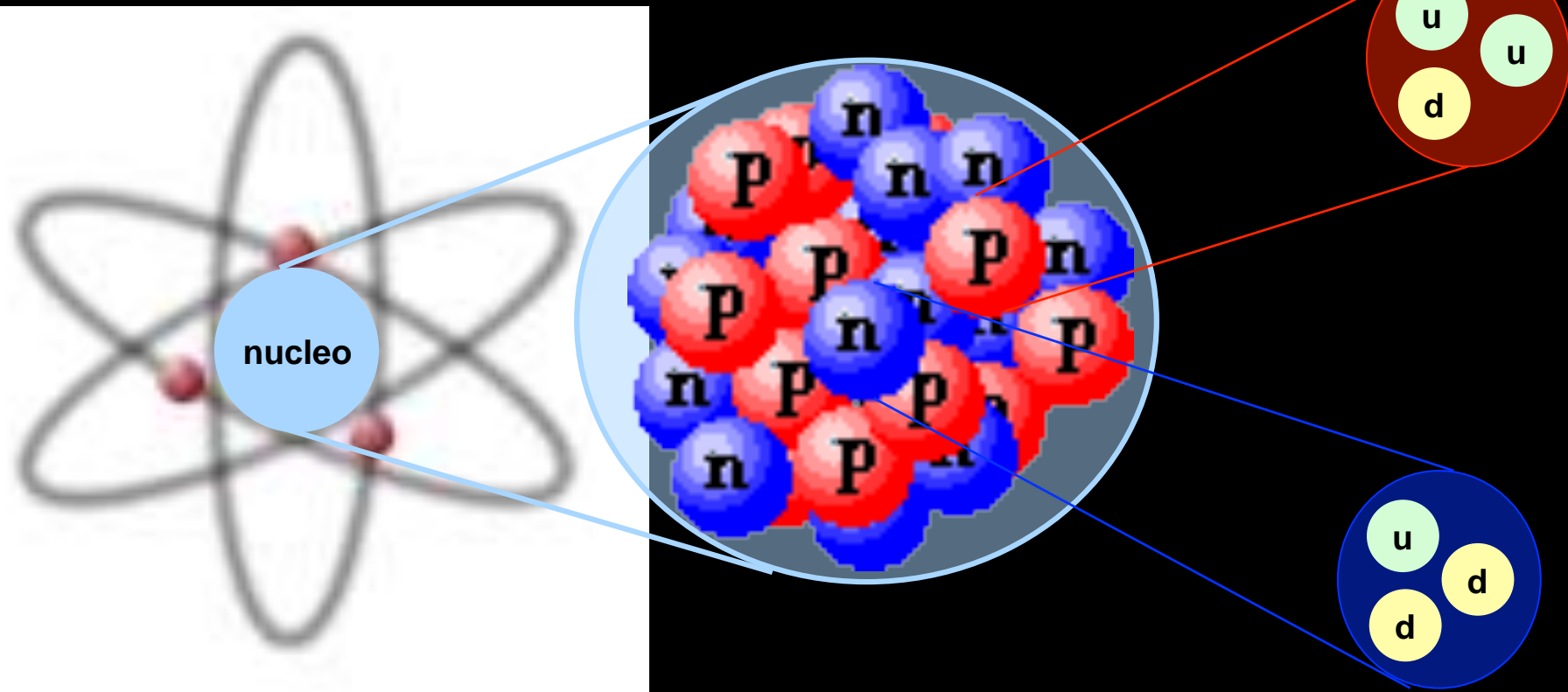


VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M D C X.

Superiorum Permissu, & Privilegio.

Il mondo intorno a noi e l'intero Universo sono popolati da una grande diversità di forme di materia, ma sorprendentemente questa grande varietà è composta da pochi e relativamente semplici mattoni fondamentali.

L'ATOMO: nucleo + elettroni

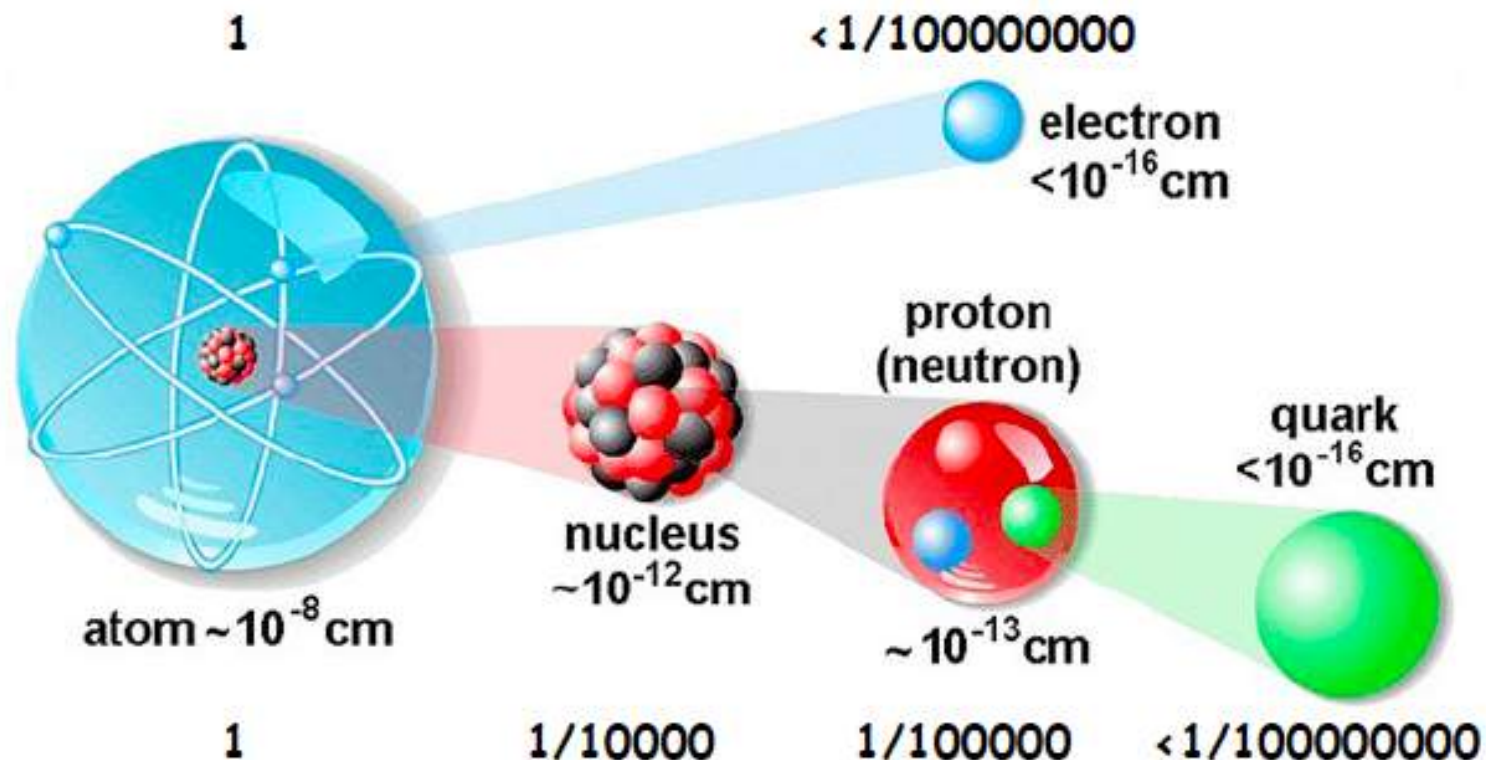


Il nucleo è
fondamentale?

Protoni e neutroni
sono fondamentali?

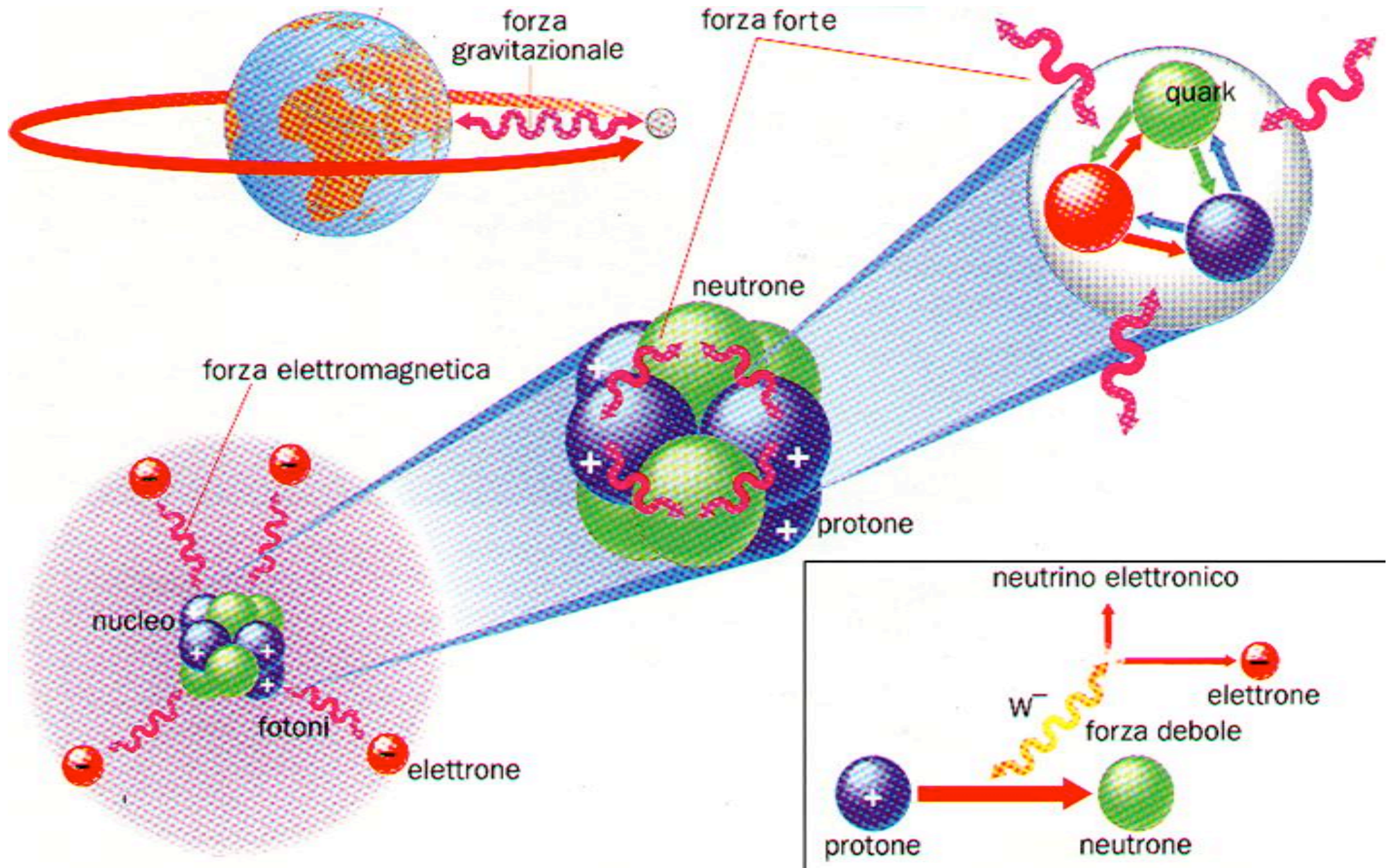
I quark
sono fondamentali?

Processo riduzionista: le dimensioni



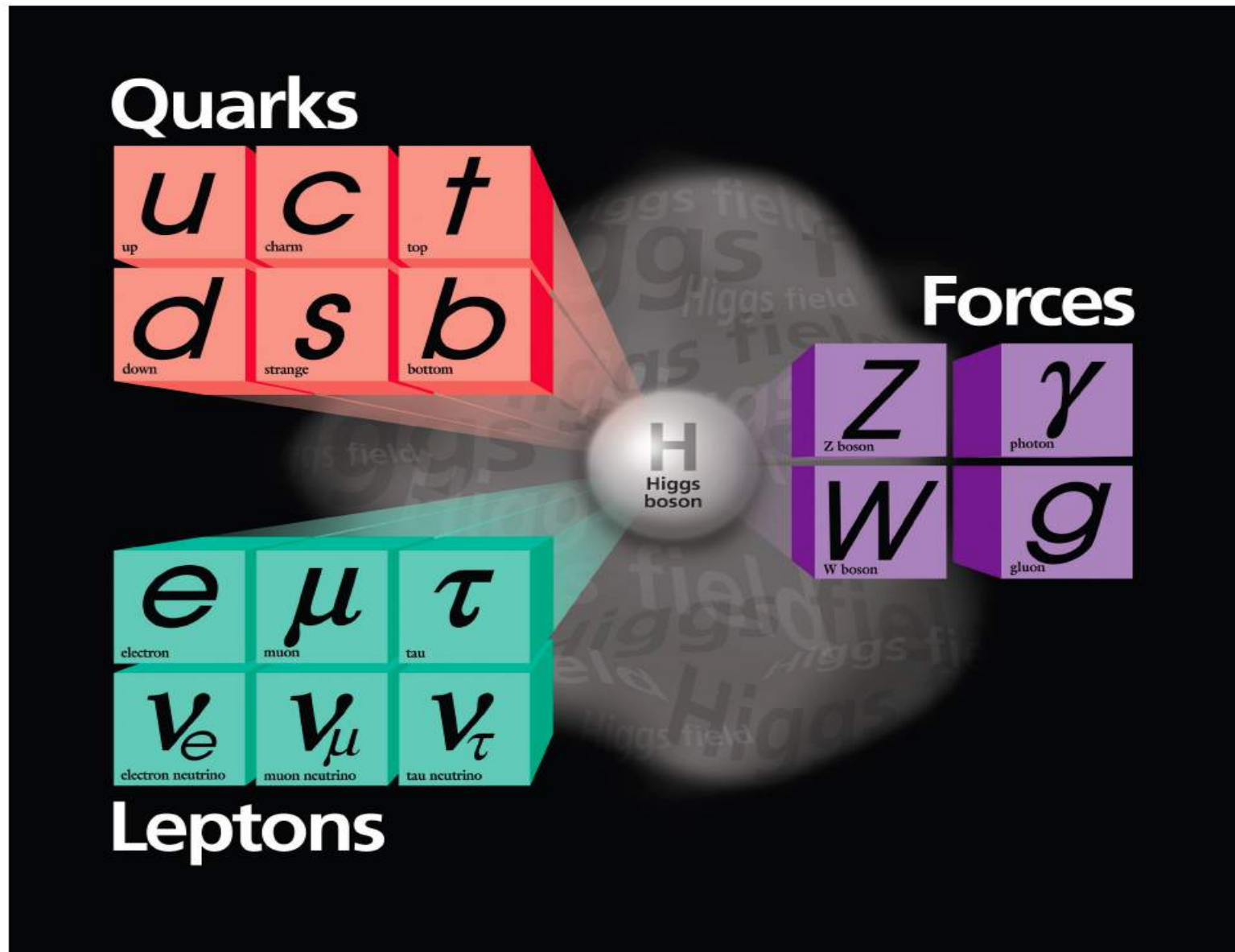
I quark e l'elettrone sono i mattoni fondamentali di cui è costituita la materia ordinaria stabile

Le forze fondamentali della natura

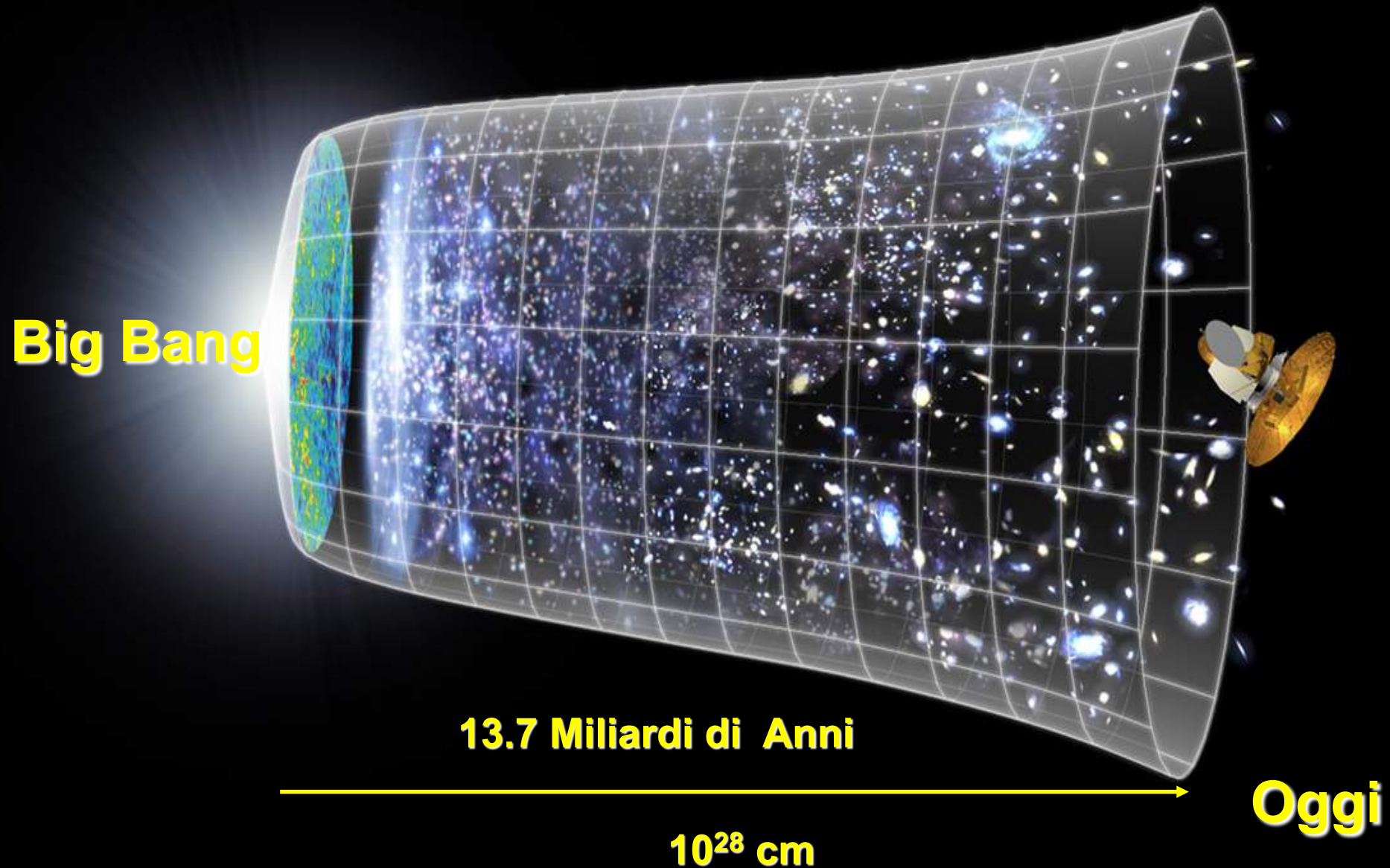


Le particelle elementari e le interazioni

Il Modello Standard e il **Bosone di Higgs**

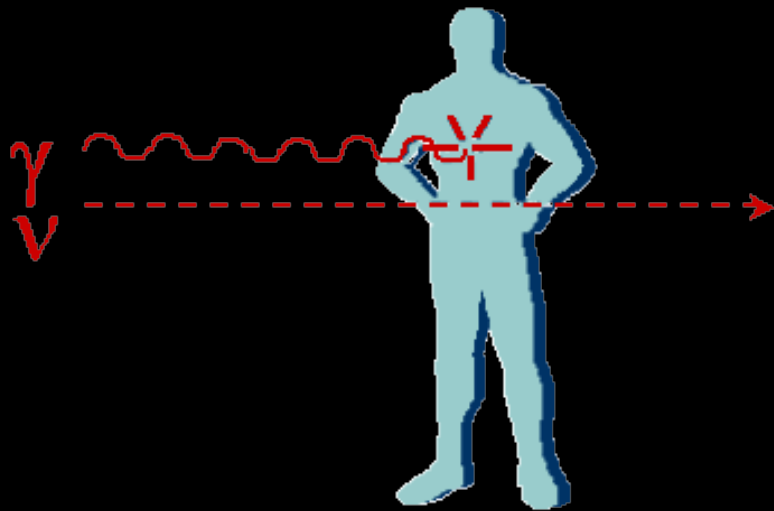


Cosa sappiamo del nostro Universo?



La radiazione elettromagnetica interagisce con il nostro corpo e vi deposita la sua energia (es: il Sole ci scalda...)

I neutrini hanno una bassissima probabilità di interazione e ci trapassano senza rilasciare energia

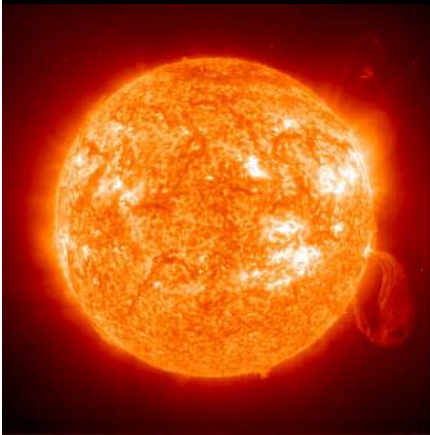


Spessore di acqua per bloccare un neutrino=
 1.5×10^{21} cm = 1585 *anni luce..*

E non è tutto... I neutrini durante il loro viaggio nell' universo possono trasformarsi da un tipo all' altro!

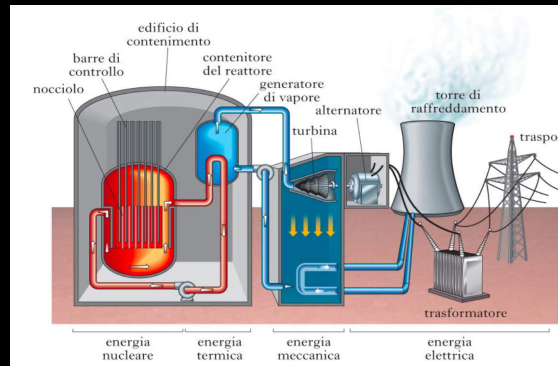
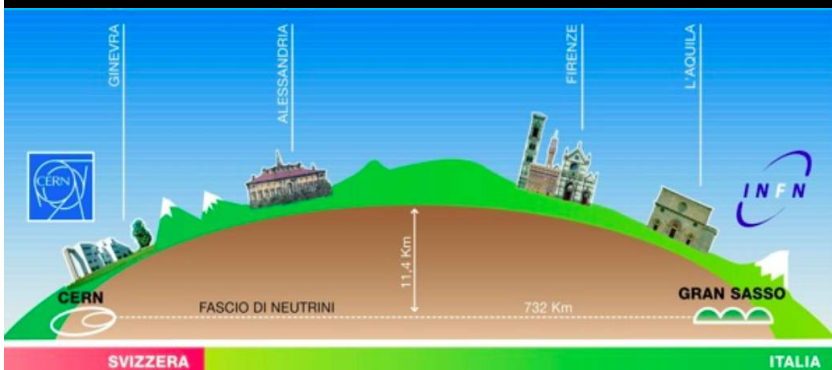
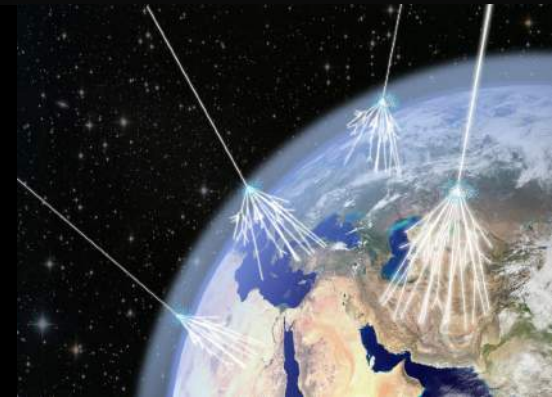
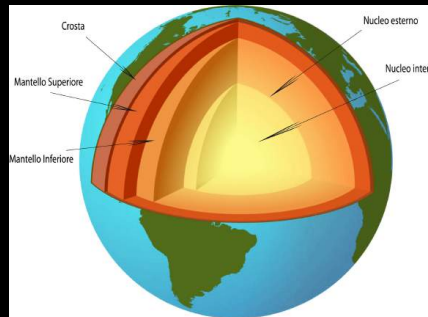
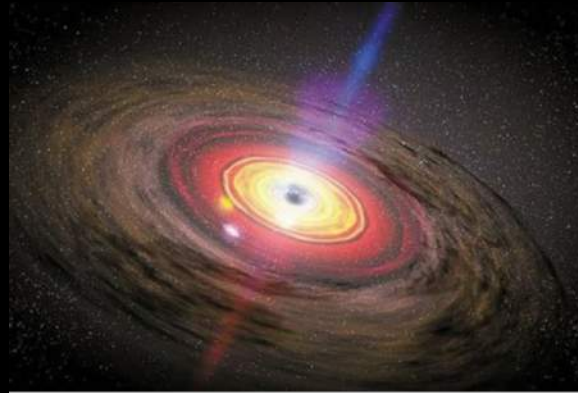
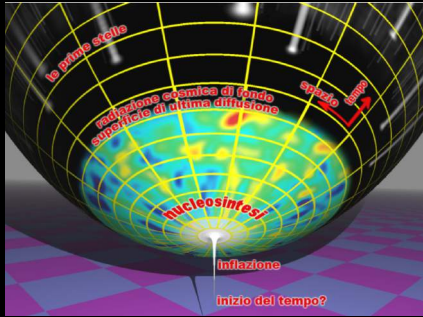
Questo fenomeno è chiamato **OSCILLAZIONE** dei neutrini.

Grazie alla sua osservazione abbiamo capito che i neutrini hanno una massa!



Da dove vengono i neutrini?

Dal Big Bang, dalle stelle, dai raggi cosmici, dalla nostra stessa Terra, dalle centrali nucleari e dagli acceleratori di particelle e non solo...



Da dove vengono i neutrini? **Il Sole**

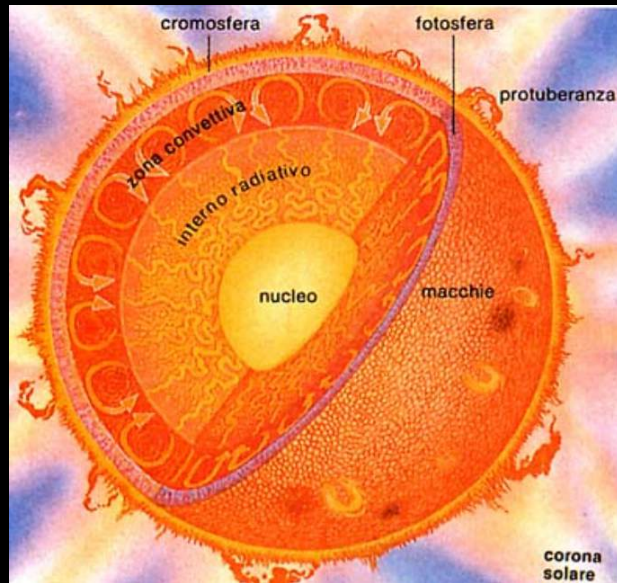


Immaginate di stare distesi su una bella spiaggia ad abbronzarvi al sole. La vostra pelle sta assorbendo tutto lo spettro della radiazione elettromagnetica visibile e non.

Certo non sospettereste che mentre vi godete il sole ogni centimetro quadrato del vostro corpo è anche attraversato costantemente da decine di miliardi di neutrini al secondo provenienti dal sole.

Perché studiare i neutrini solari ?

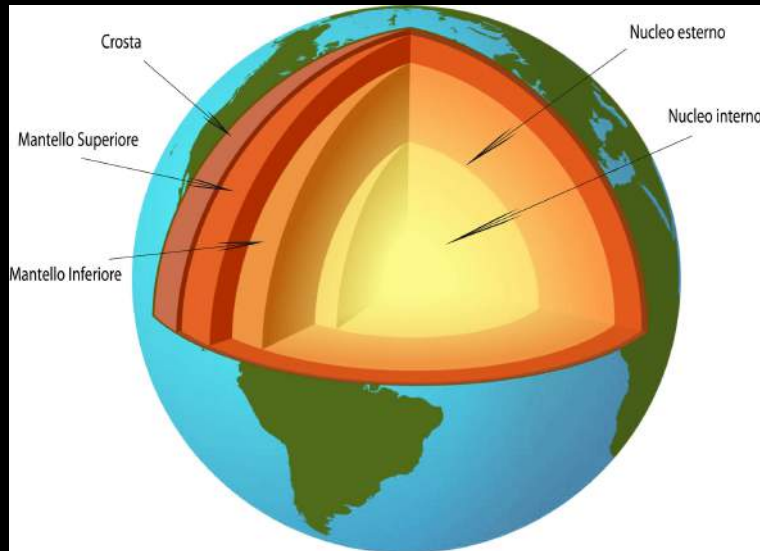
Il Sole



Nel nucleo del Sole centinaia di milioni di tonnellate di Idrogeno al secondo sono bruciate e convertite in elio, con un rilascio di energia sotto forma di fotoni, la luce che ci illumina e ci scalda, e di neutrini.

Solamente i neutrini riescono a uscire immediatamente dalla materia molto densa del nocciolo del Sole, i fotoni rimangono intrappolati all'interno per centinaia di migliaia di anni. Con i neutrini siamo in grado di scrutare la parte più interna del Sole mentre utilizzando la radiazione elettromagnetica possiamo osservarne solo la parte più superficiale.

Da dove vengono i neutrini? La Terra



I decadimenti radioattivi sono accompagnati
Quelli emessi nel di (anti) neutrini che eccitano come molto
cgeoneutrini che si trovano in natura.
Tutto ciò che è stato scoperto in questi anni è che per affiorare in
partire in natura, i neutrini hanno una meccanica che è diversa da
nei decadimenti radioattivi, e in ogni caso, i neutrini sono presenti
all'interno della Terra.

Da dove vengono i neutrini?

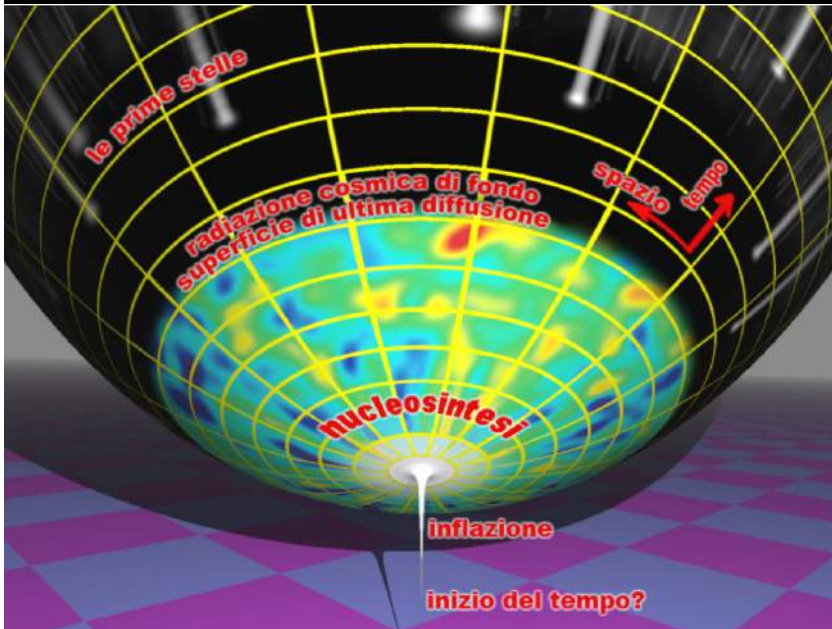
Supernovae



L'ultimo sospiro di una stella che muore è fatto di neutrini

Questo catastrofico evento che va dal collasso fino all'esplosione della stella si esaurisce al massimo in qualche decina di secondi durante i quali un violento fiotto di neutrini viene emesso in tutte le direzioni nello spazio.

Da dove vengono i neutrini? Il Big Bang e i neutrini più antichi



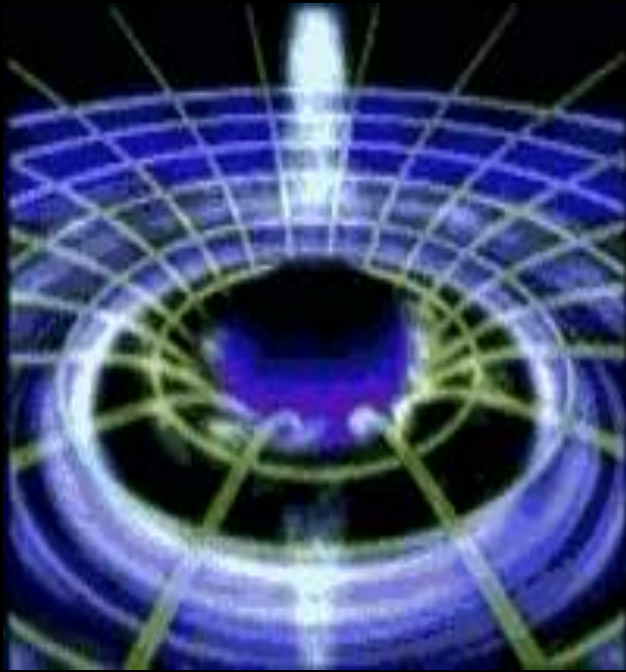
- Età dell'Universo 13,8 miliardi di anni
- La prima luce dopo 380000 anni
- Le prime stelle dopo 500 milioni di anni

Ben prima della luce, a un decimillesimo di secondo dal Big Bang, i neutrini sono apparsi nell'Universo.

Trascorso un secondo, il brodo primordiale si è raffreddato abbastanza perché essi potessero muoversi liberi e oggi, dopo quasi quattordici miliardi di anni, sono numerosissimi. (330 neutrini per centimetro cubo in tutto l'Universo)

Da dove vengono i neutrini?

Neutrini astrofisici



NGC 5128
Centaurus A

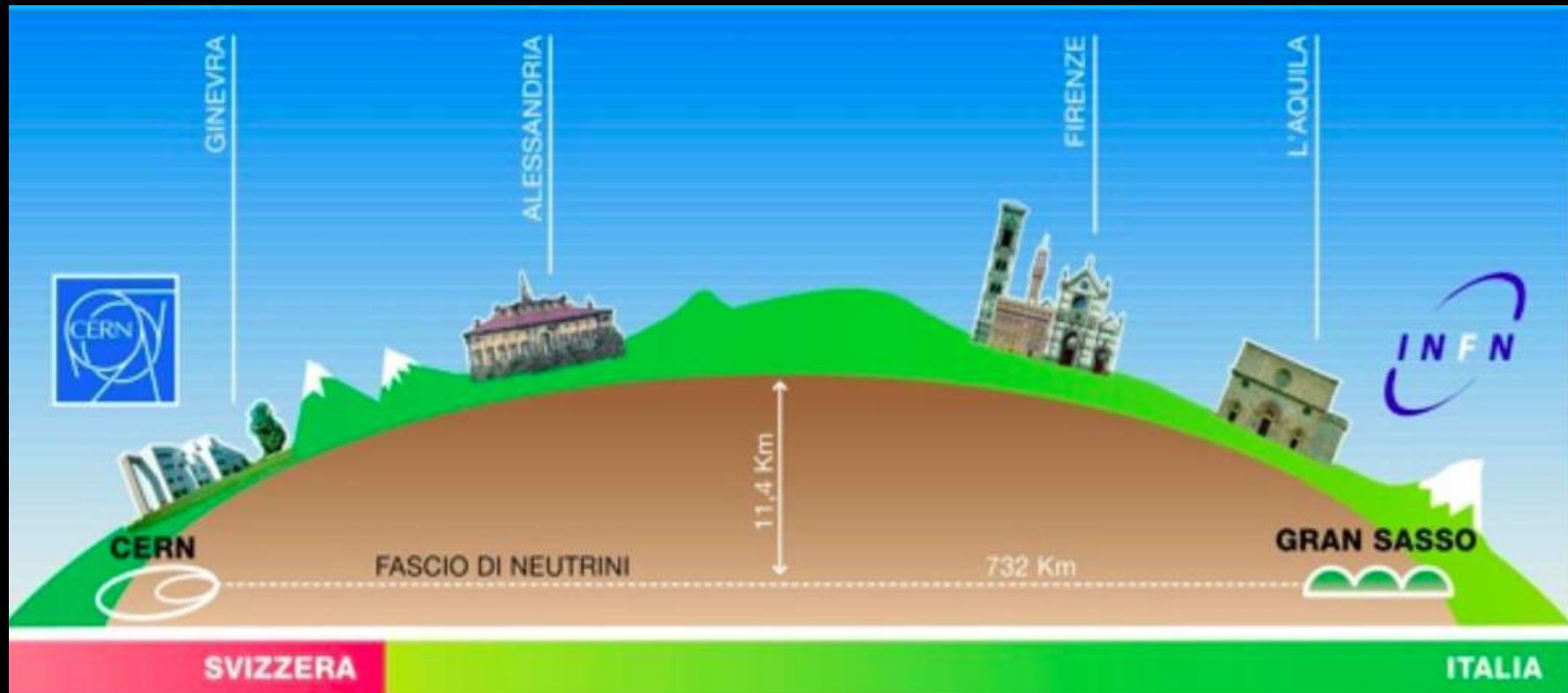


Neutrini di altissima energia ($> 10^{12}$ eV) sono prodotti dentro la nostra galassia e in tutte galassie da mostruosi oggetti cosmici quali i Nuclei di Galassie Attive (AGN), Lampi di luce Gamma (GRB), Pulsar, etc.. che agiscono come dei giganteschi acceleratori di particelle.

La nascita dell'astronomia neutrinica ha inaugurato un nuovo modo di osservare il cielo

Da dove vengono i neutrini?

Neutrini prodotti dall'uomo

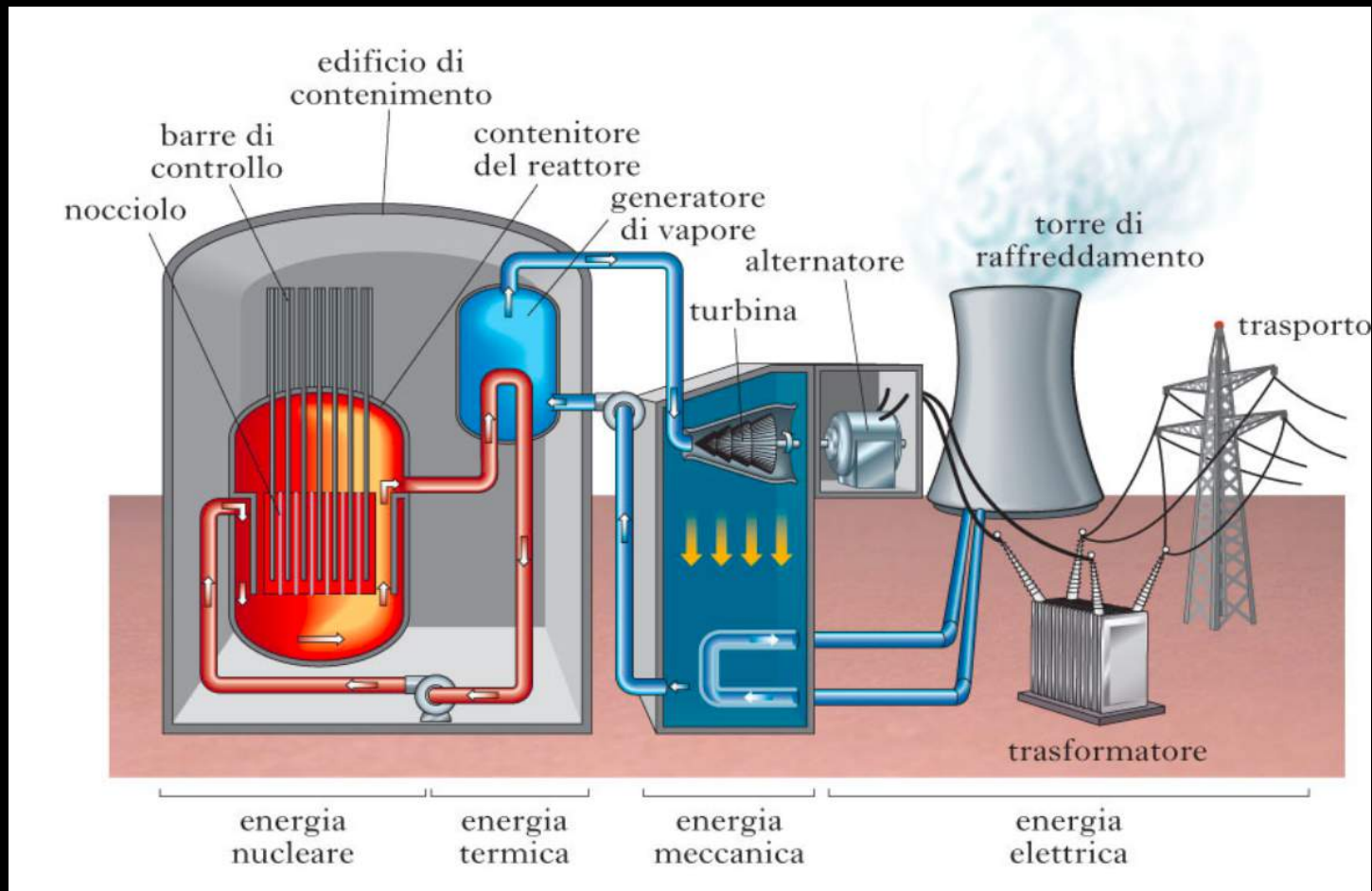


Cern-Neutrino-Gran-Sasso (CNGS)

Il fascio di neutrini prodotti a Ginevra nel complesso di acceleratori del CERN e inviato al Laboratorio del Gran Sasso passando sotto la crosta terrestre per 730 Km

Da dove vengono i neutrini?

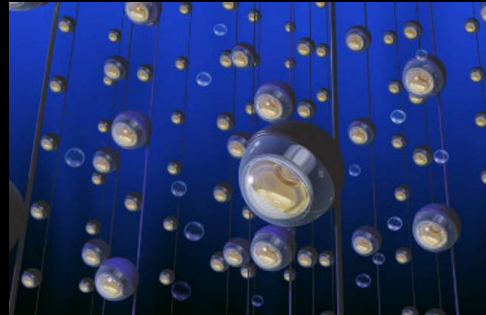
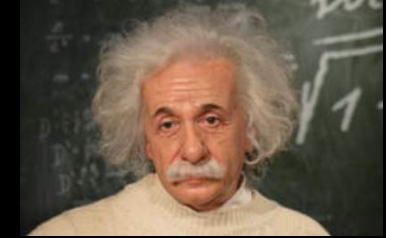
Neutrini prodotti dall'uomo



Le centrali nucleari a fissione nucleare sono sorgenti controllate di un copioso flusso di antineutrini che sono utilizzati dai fisici per studiarne le caratteristiche.

Dove si studiano i neutrini?

I fisici "cacciatori di neutrini" hanno la vita dura.



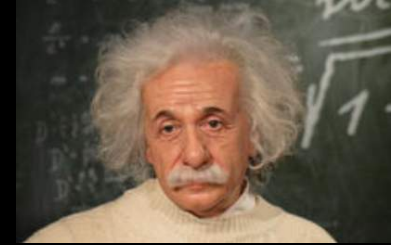
Gli esperimenti si trovano in laboratori sotterranei, nei ghiacci dell'Antartide, nelle profondità marine, in località vicine a reattori nucleari o acceleratori di particelle.

Tutti luoghi poco usuali e in qualche caso estremi.

Facciamo un "Gran Tour" scientifico in giro per il mondo a caccia di neutrini

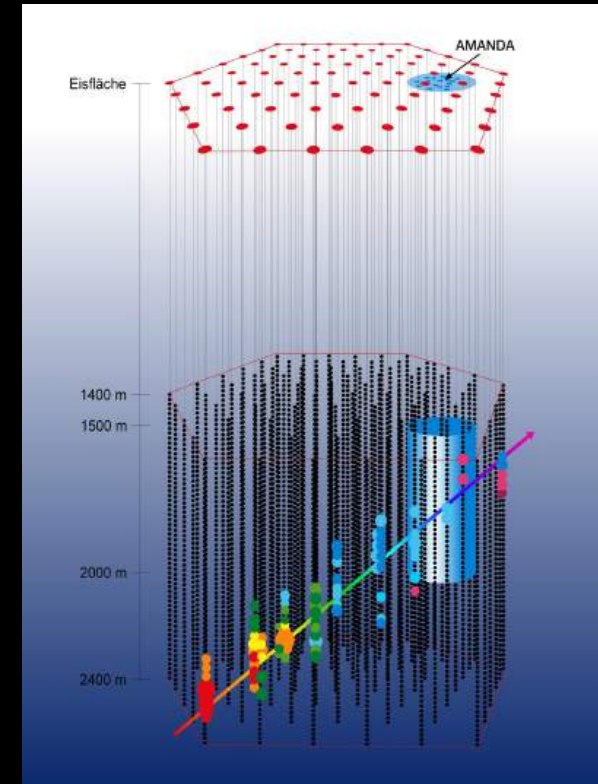
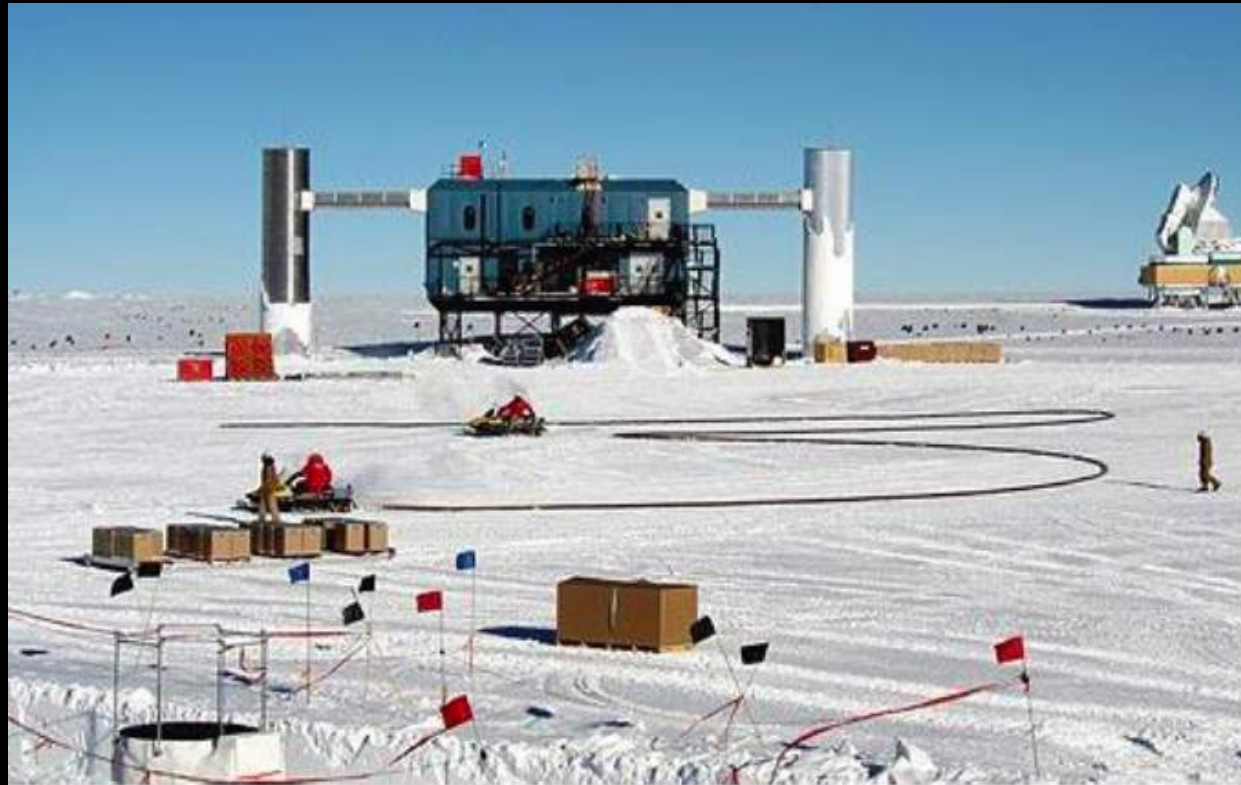
Dove si studiano i neutrini?

I fisici "cacciatori di neutrini" hanno la vita dura.



Il Polo Sud

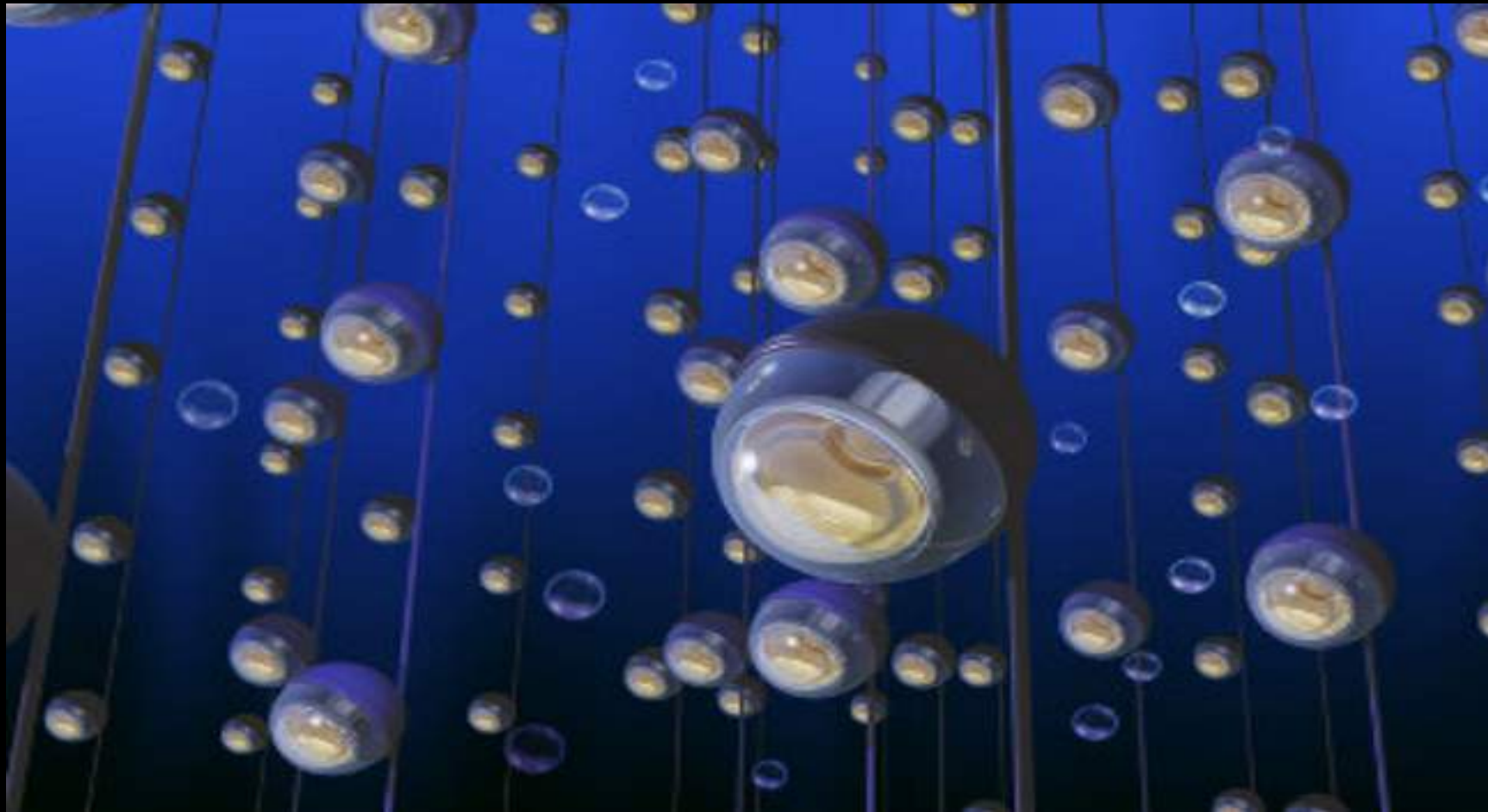
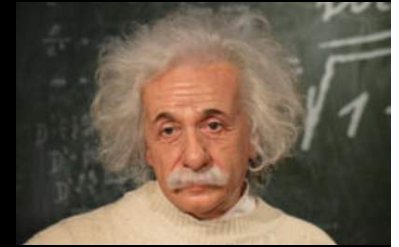
Dove si studiano i neutrini? Caccia ai neutrini astrofisici al Polo Sud



ICECube: L'osservatorio di ghiaccio:
reticolo di 5160 sensori ottici, detti fotomoltiplicatori,
distribuiti lungo 86 supporti lunghi 1000 metri, calati nel
ghiaccio a una profondità tra 1450 metri e 2450 metri.

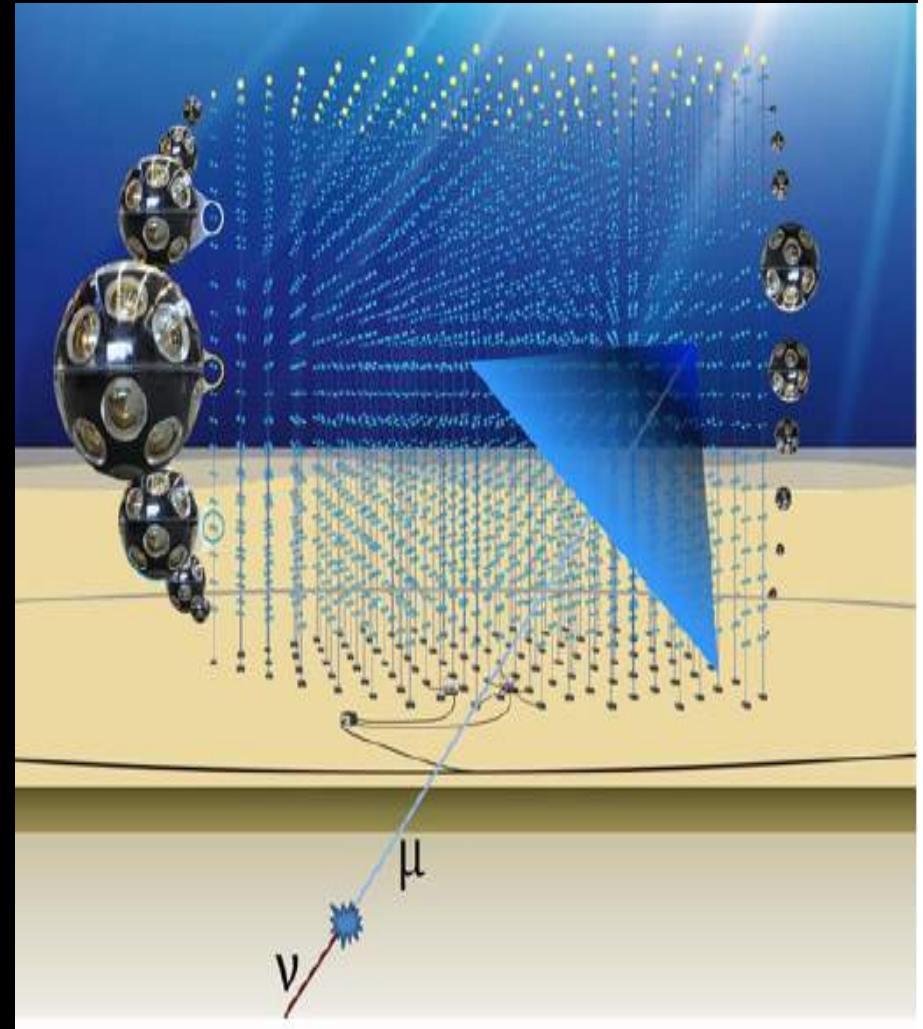
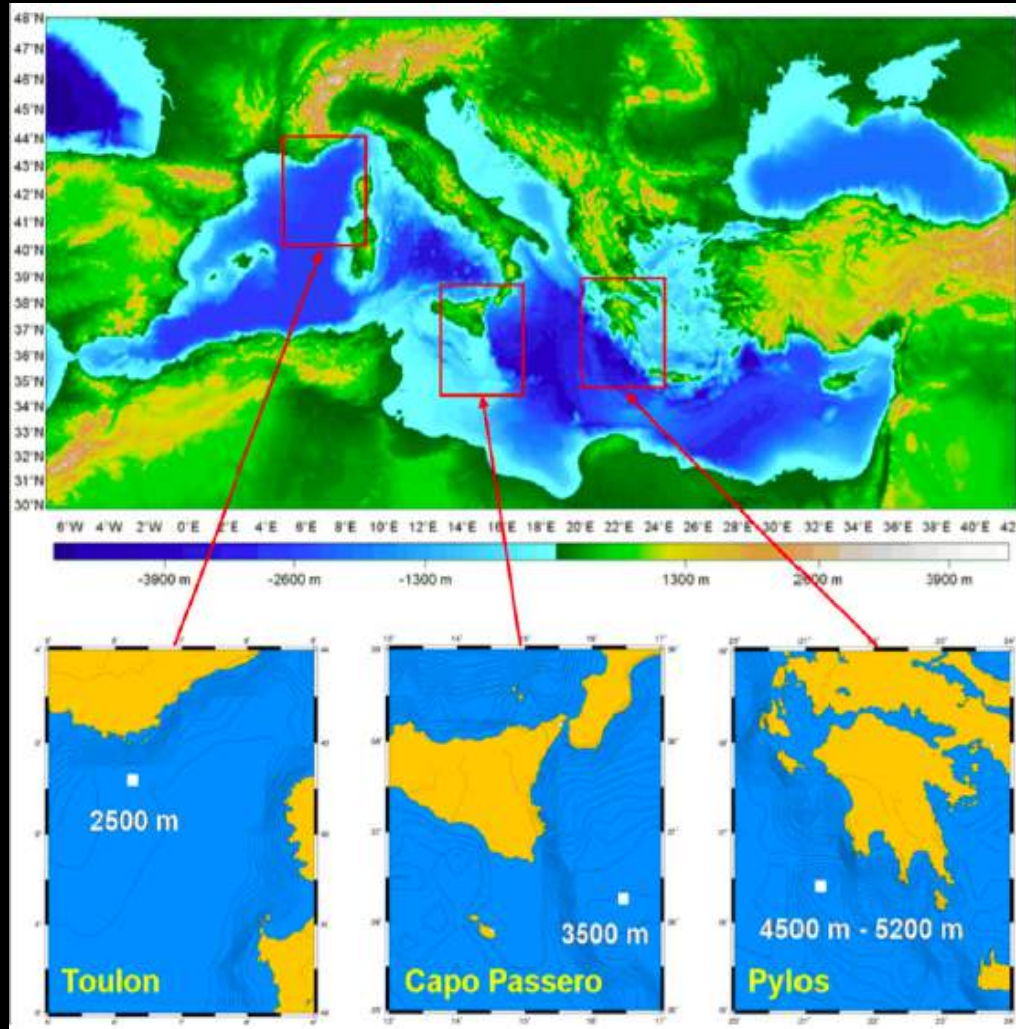
Dove si studiano i neutrini?

I fisici "cacciatori di neutrini" hanno la vita dura.



Gli abissi del Mediterraneo

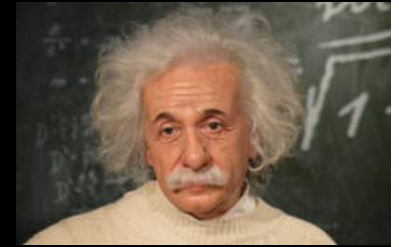
Dove si studiano i neutrini? Caccia ai neutrini astrofisici nel Mediterraneo



Progetto Km3Net: 3 osservatori sottomarini

Dove si studiano i neutrini?

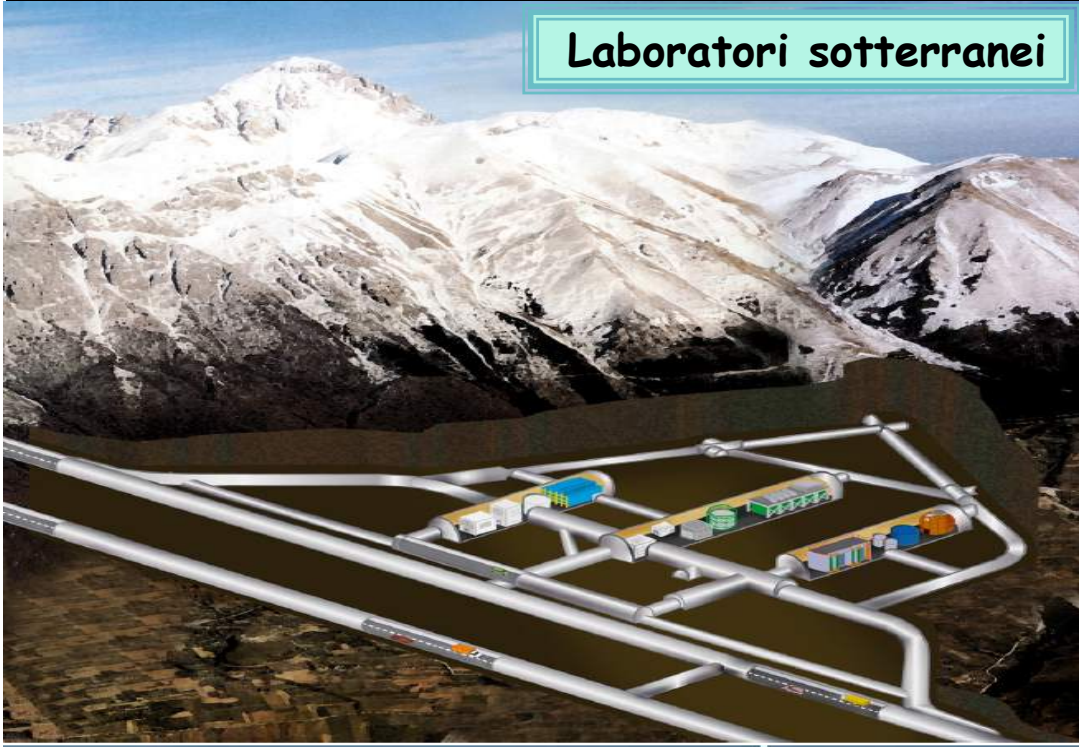
I fisici "cacciatori di neutrini" hanno la vita dura.



Il Laboratorio sotto il Gran Sasso



Laboratori sotterranei nel mondo



Laboratori sotterranei

3 grandi sale:
A B C ~100 m x 20 m x 20 m
Accesso orizzontale

1400 m di roccia sovrastante
Riduzione del flusso di $\mu : 10^6$

Volume sotterraneo: 180000m³
Superficie: 17800 m²

Ricambio volume aria in ~3ore
Potenza elettrica: 1300 kW

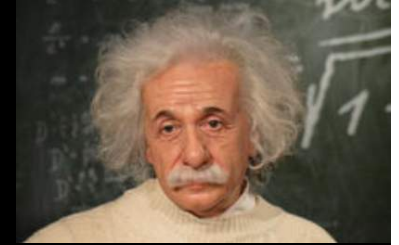


Laboratori esterni

Comunità scientifica internazionale:
(~ 1000 ricercatori)
Dipendenti 82 + 19 TD

Dove si studiano i neutrini?

I fisici "cacciatori di neutrini" hanno la vita dura.



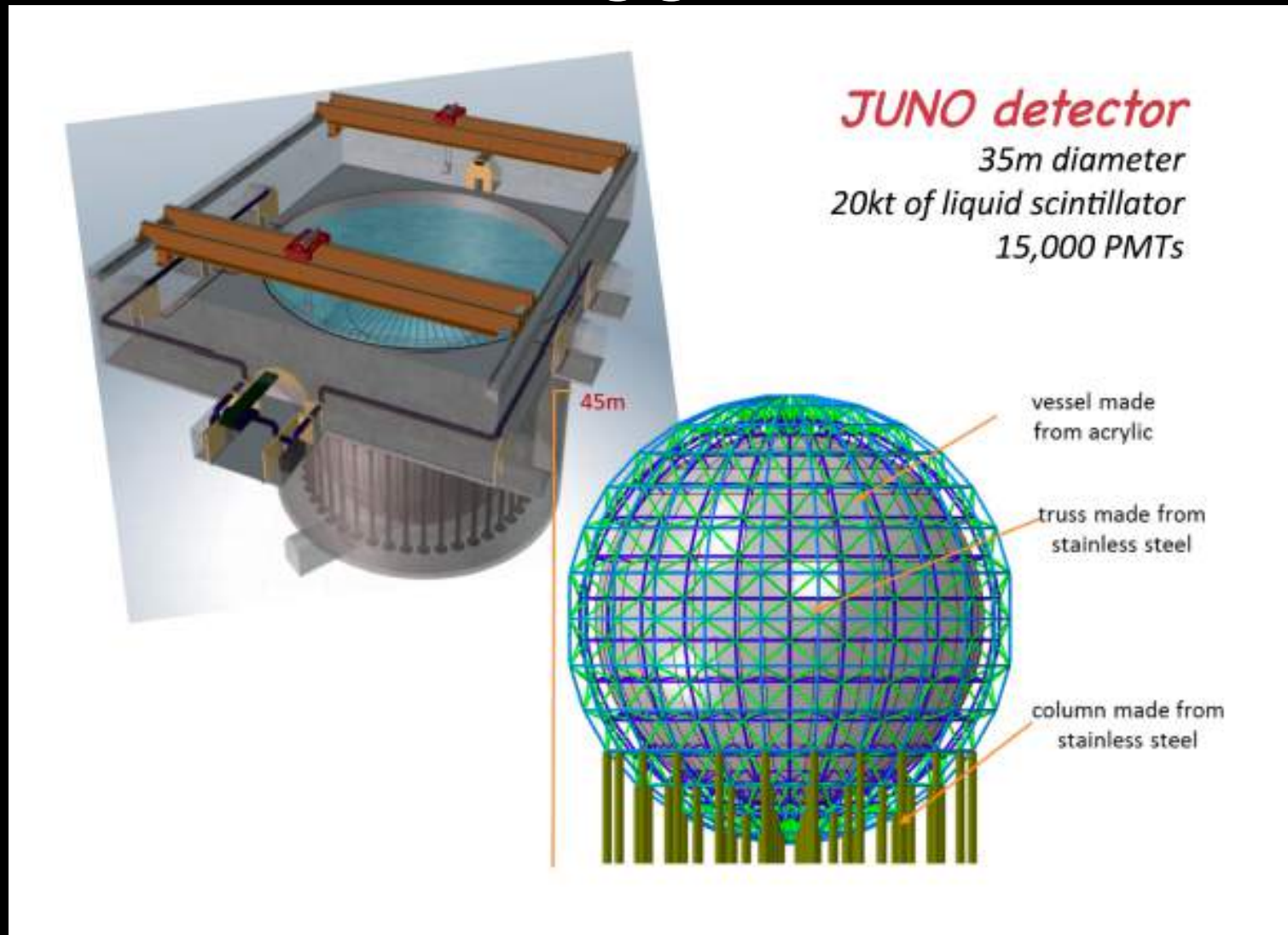
Centrali nucleari

Dove si studiano i neutrini? JUNO: il gigante cinese



The Jiangmen Underground Neutrino Observatory (JUNO)

Dove si studiano i neutrini? JUNO: il gigante cinese



The Jiangmen Underground Neutrino Observatory (JUNO)

Dove si studiano i neutrini? JUNO: il gigante cinese



**The Jiangmen Underground Neutrino Observatory (JUNO)
Gennaio 2015, Cerimonia di posa della prima pietra**

Conclusioni

I neutrini sono un argomento di grande attualità e interesse per i fisici di tutto il mondo.

Molto rimane ancora da scoprire.

Il saperne di più ci aiuterà a capire meglio sia il mondo infinitesimo delle particelle subnucleari, sia la nascita e evoluzione dell'universo.

Conclusioni

I neutrini sono un argomento di grande attualità e interesse per i fisici di tutto il mondo.

Molto rimane ancora da scoprire.

Il saperne di più ci aiuterà a capire meglio sia il mondo infinitesimo delle particelle subnucleari, sia la nascita e evoluzione dell'universo.

Carocci editore @ Città della scienza

Il fantasma
dell'universo
Che cos'è il
neutrino

Lucia Votano