

Fisica, medicina e moto di più!





Istituto Nazionale
di Fisica Nucleare
Centri di Frascati

John
Templeton
Foundation

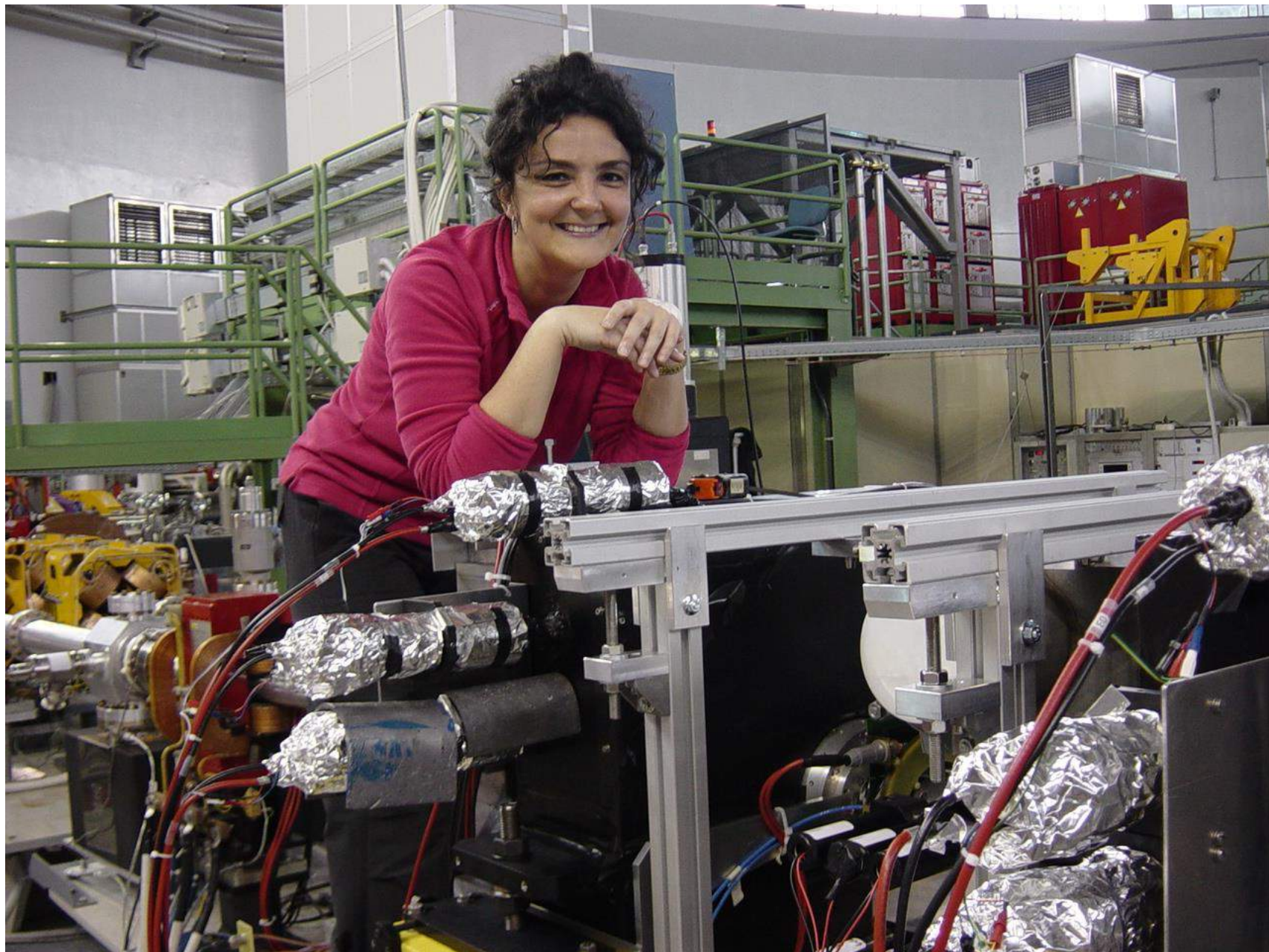
**Dal Big Bang alla terapia dei tumori
con gli acceleratori di particelle**

**Catalina Curceanu,
INFN-INFN, Frascati**

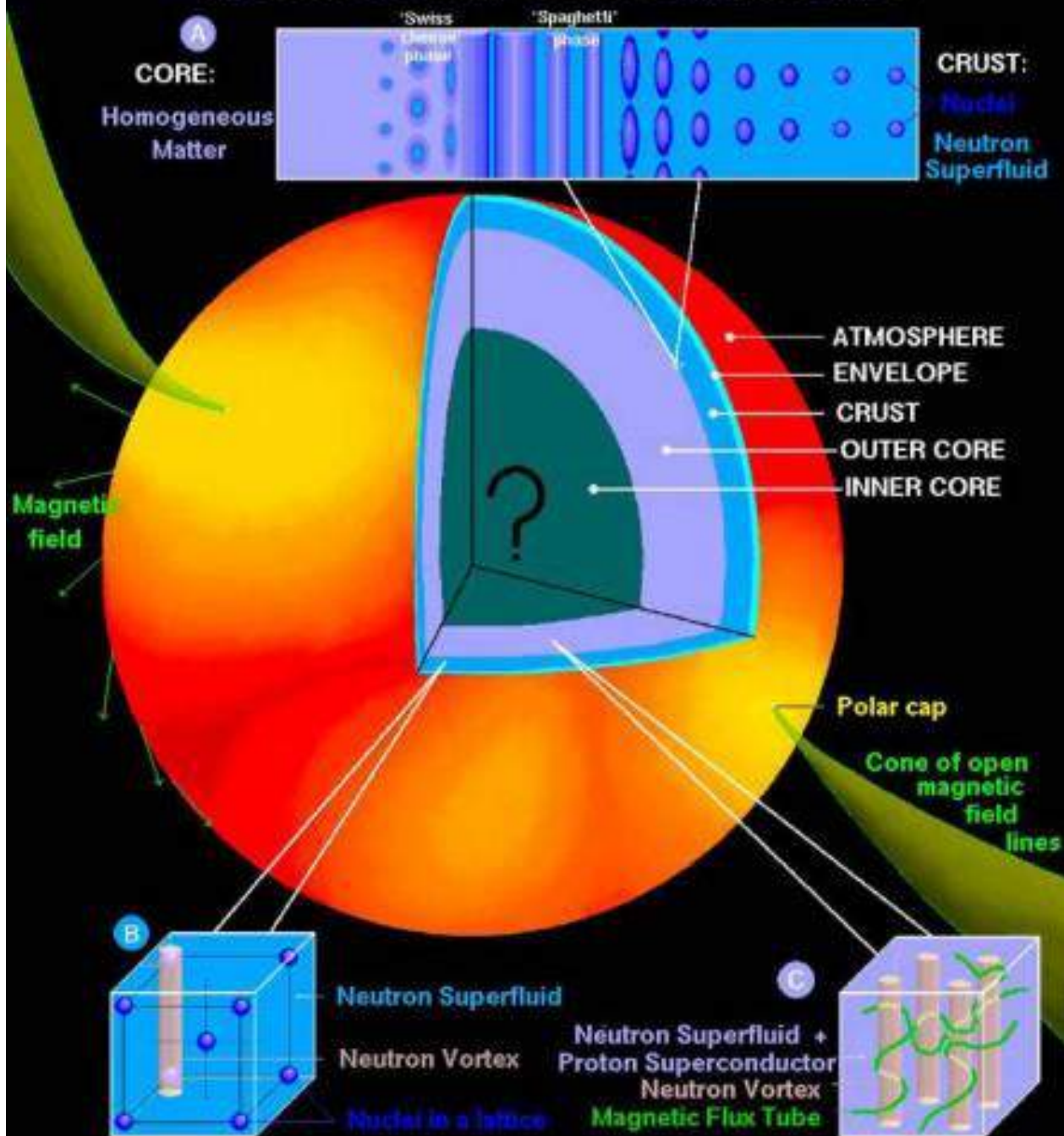
Liceo Marconi, Latina, 26 Aprile 2016





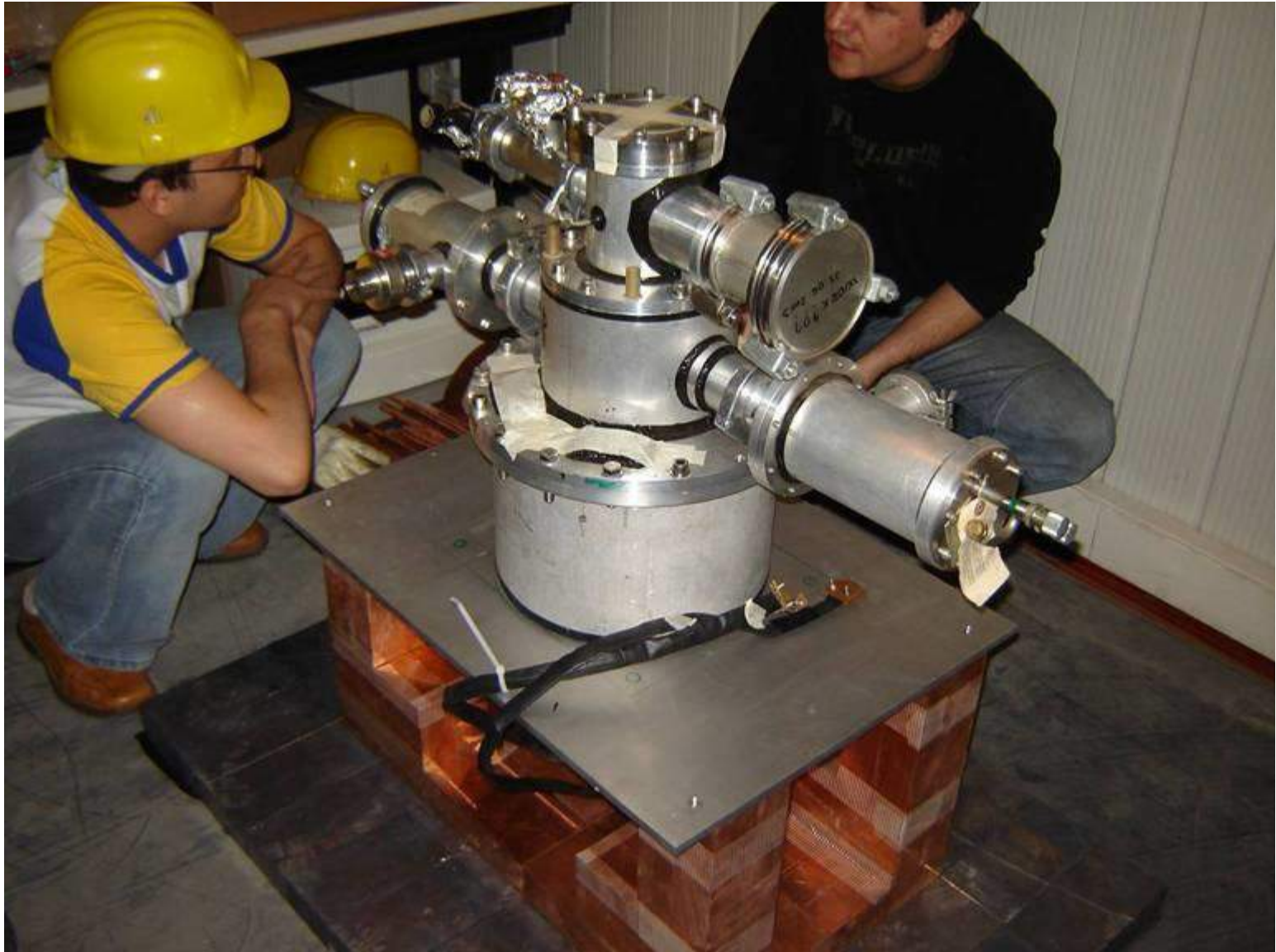


A NEUTRON STAR: SURFACE and INTERIOR

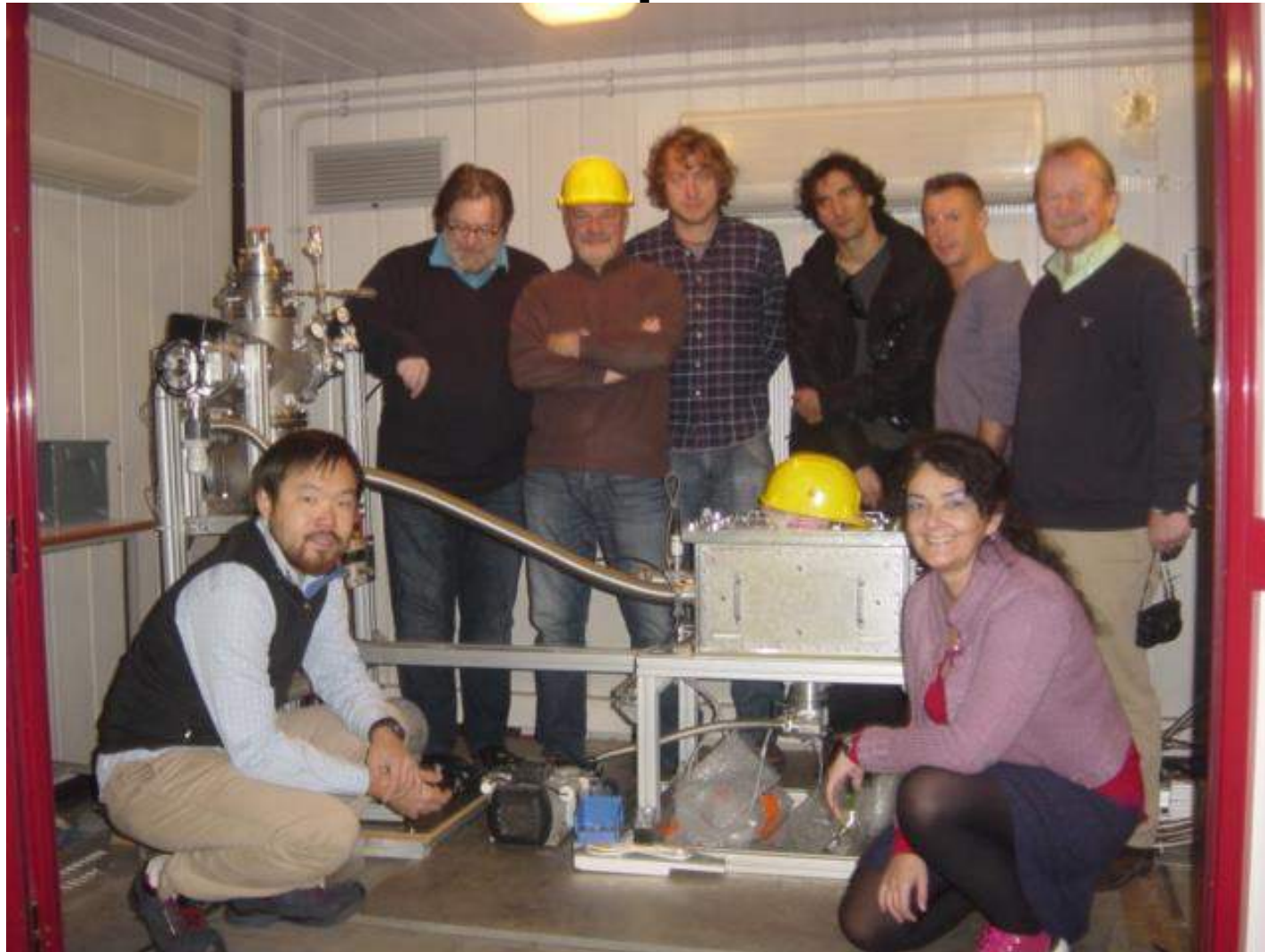




VIP setup at LNGS



Final setup at LNGS

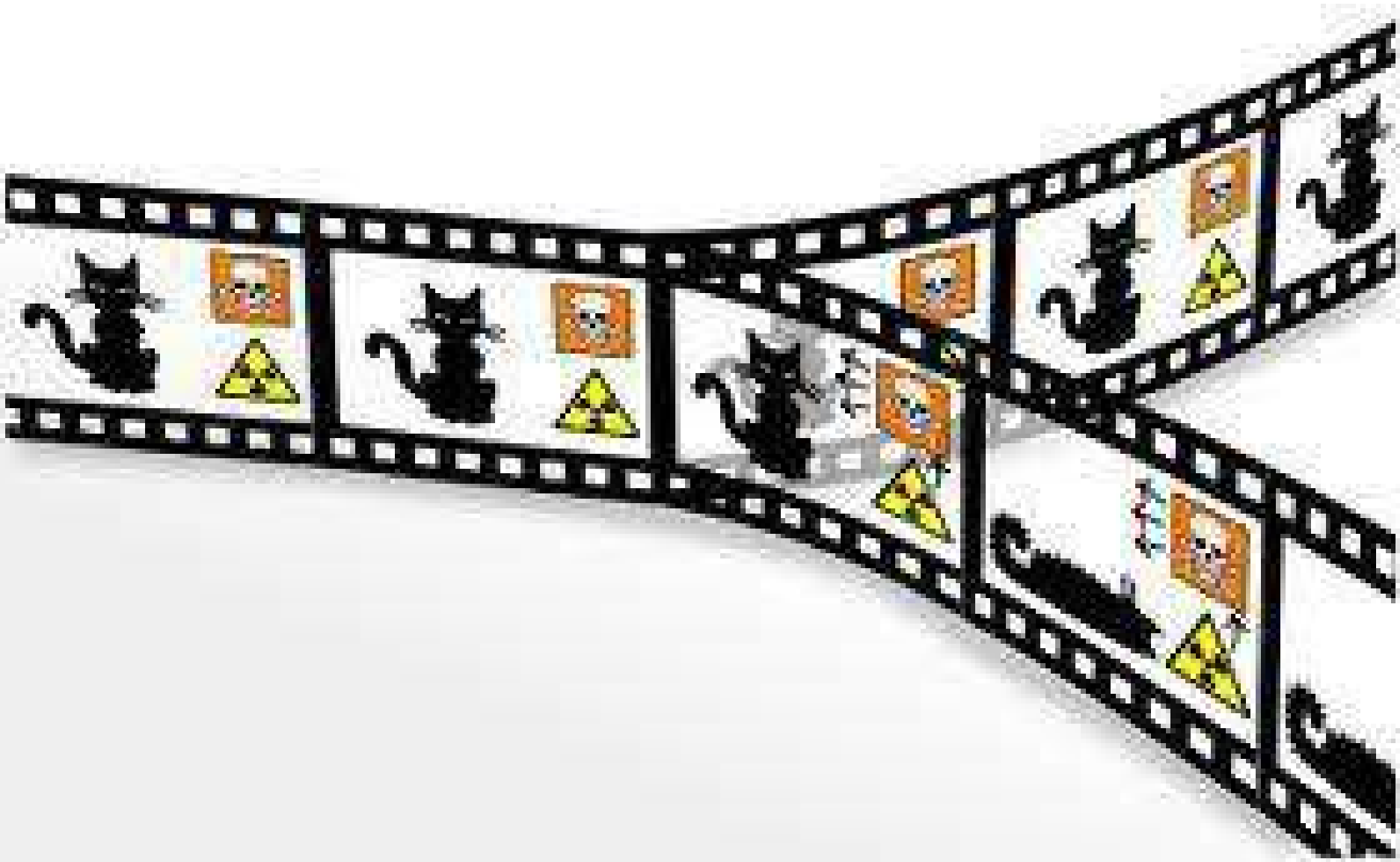


Principio di sovrapposizione quantistica

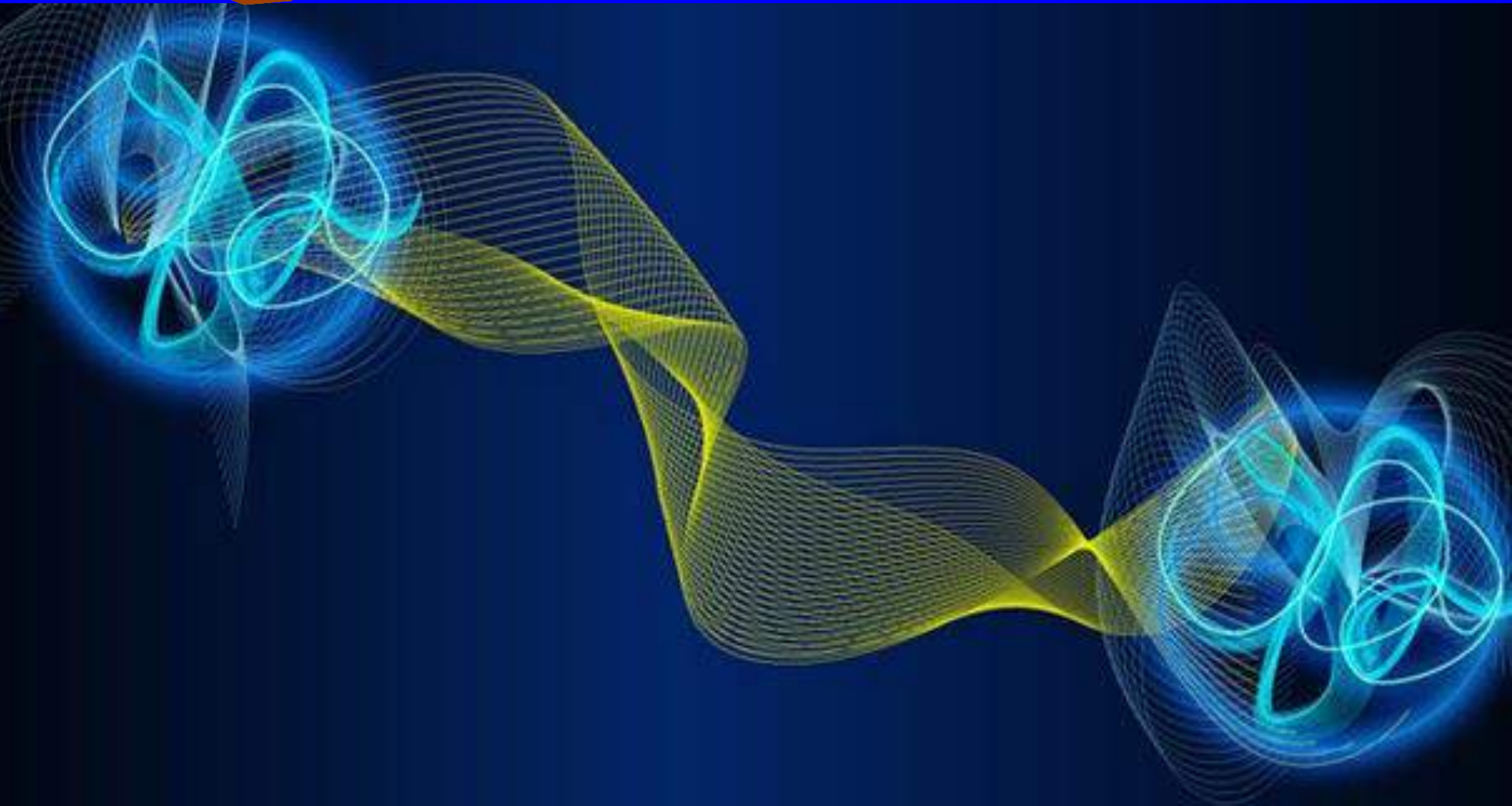
$$\Psi = c_1 \psi_1 + c_2 \psi_2$$

$$|\Psi\rangle = \frac{| \text{standing} \rangle + | \text{lying} \rangle}{\sqrt{2}}$$





L'entanglement



After 100 years of General Relativity...

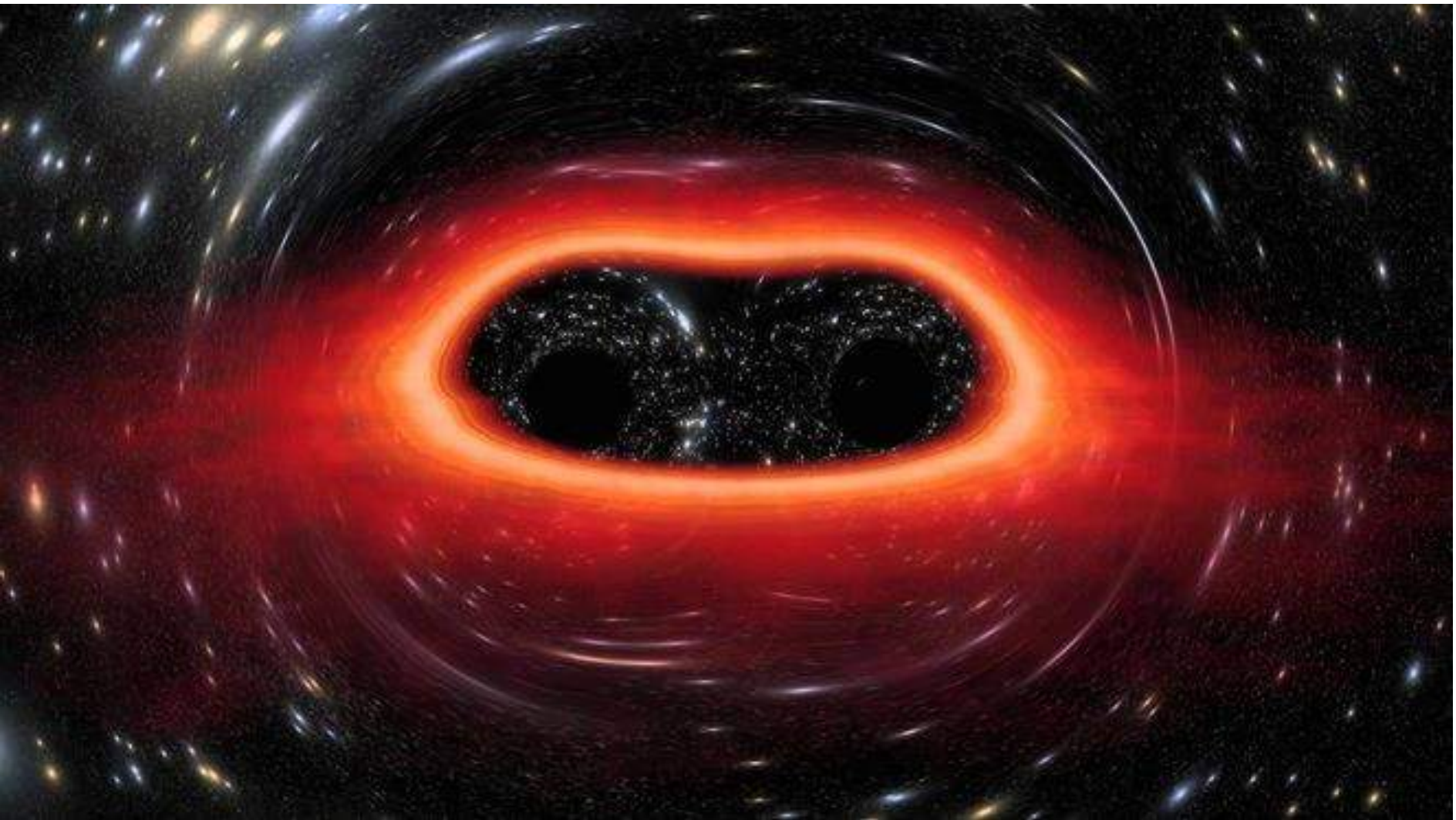
Imagine travelling through space on a beam of light at the speed of light.



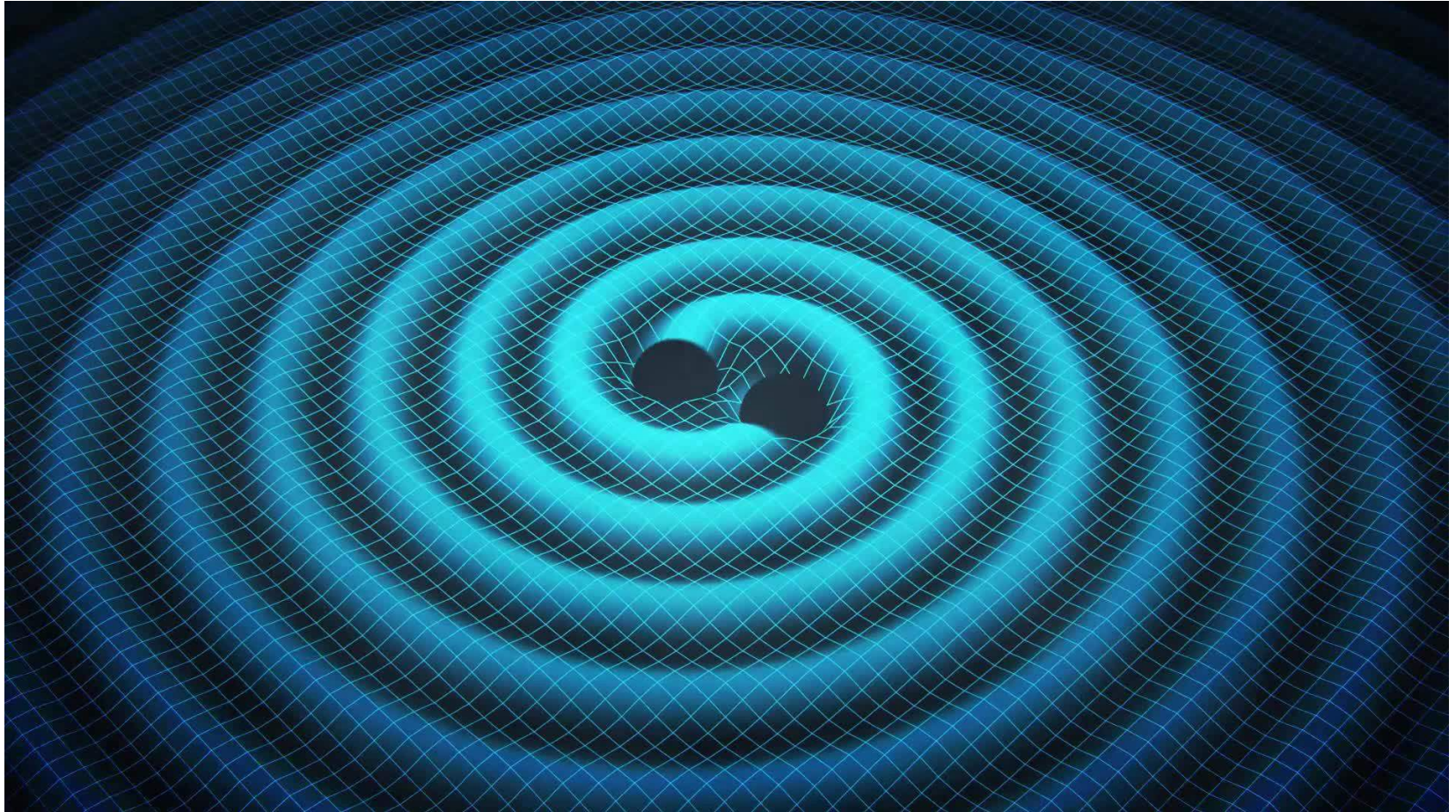
Albert Einstein, theory of relativity, gravity, velocity, energy, mass, speed, time, $E=mc^2$ Albert Ein

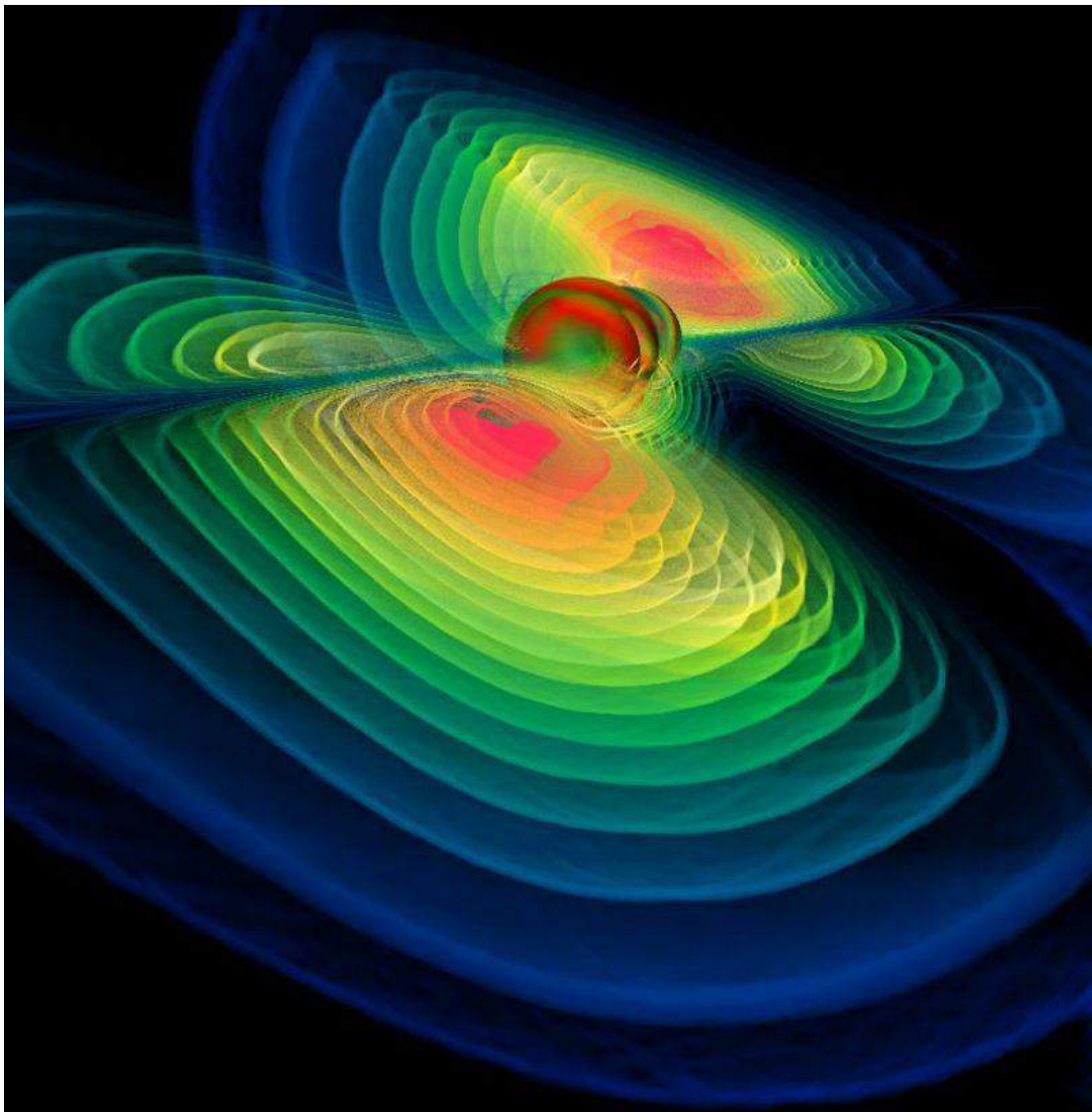
Bobonart

**Scoperta delle onde gravitazionali (14 Sept.
2015 -> 11 Feb 2016)**

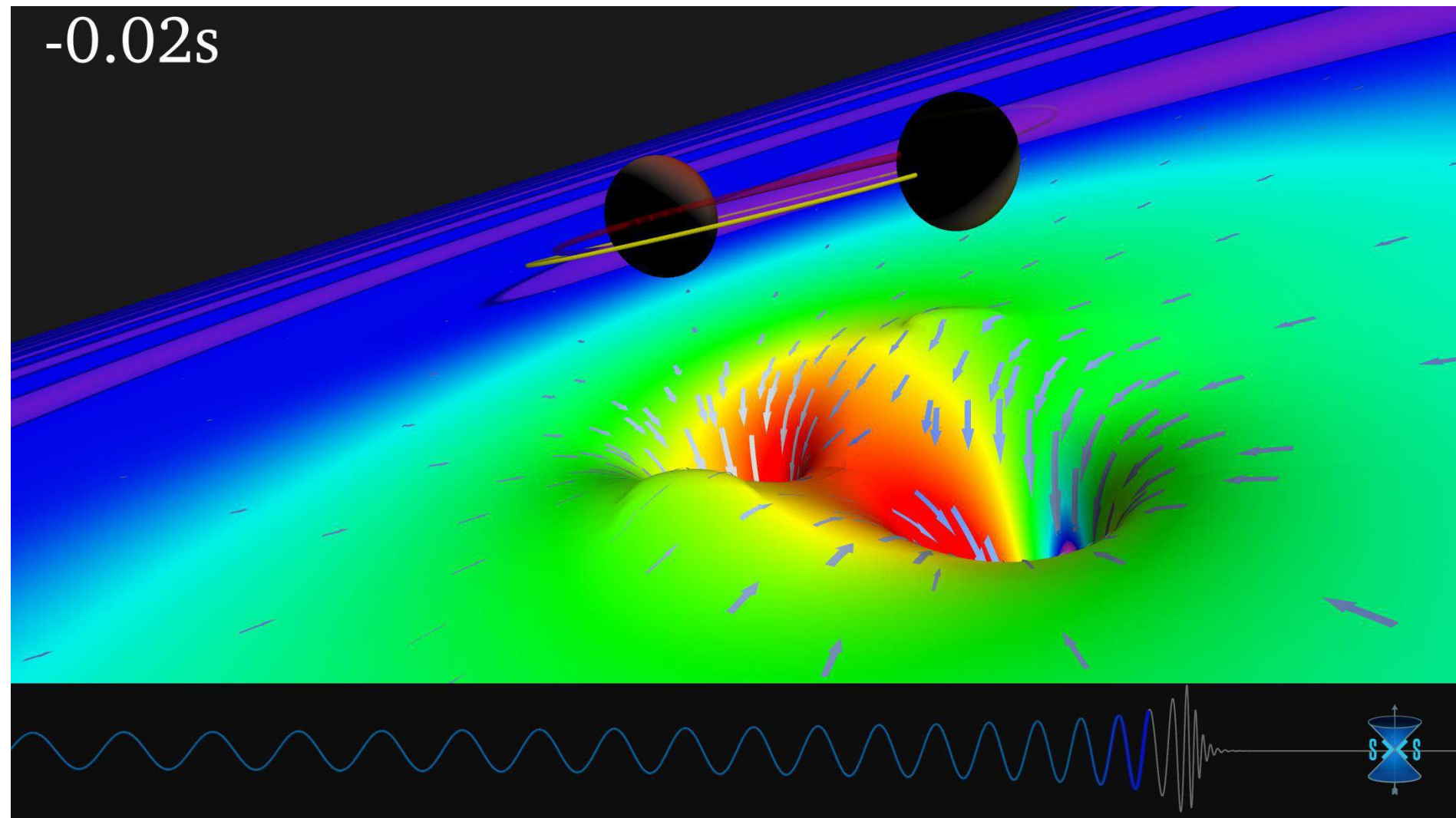


***Onde gravitazionali (14 Sept. 2015 -> 11 Feb
2016)***

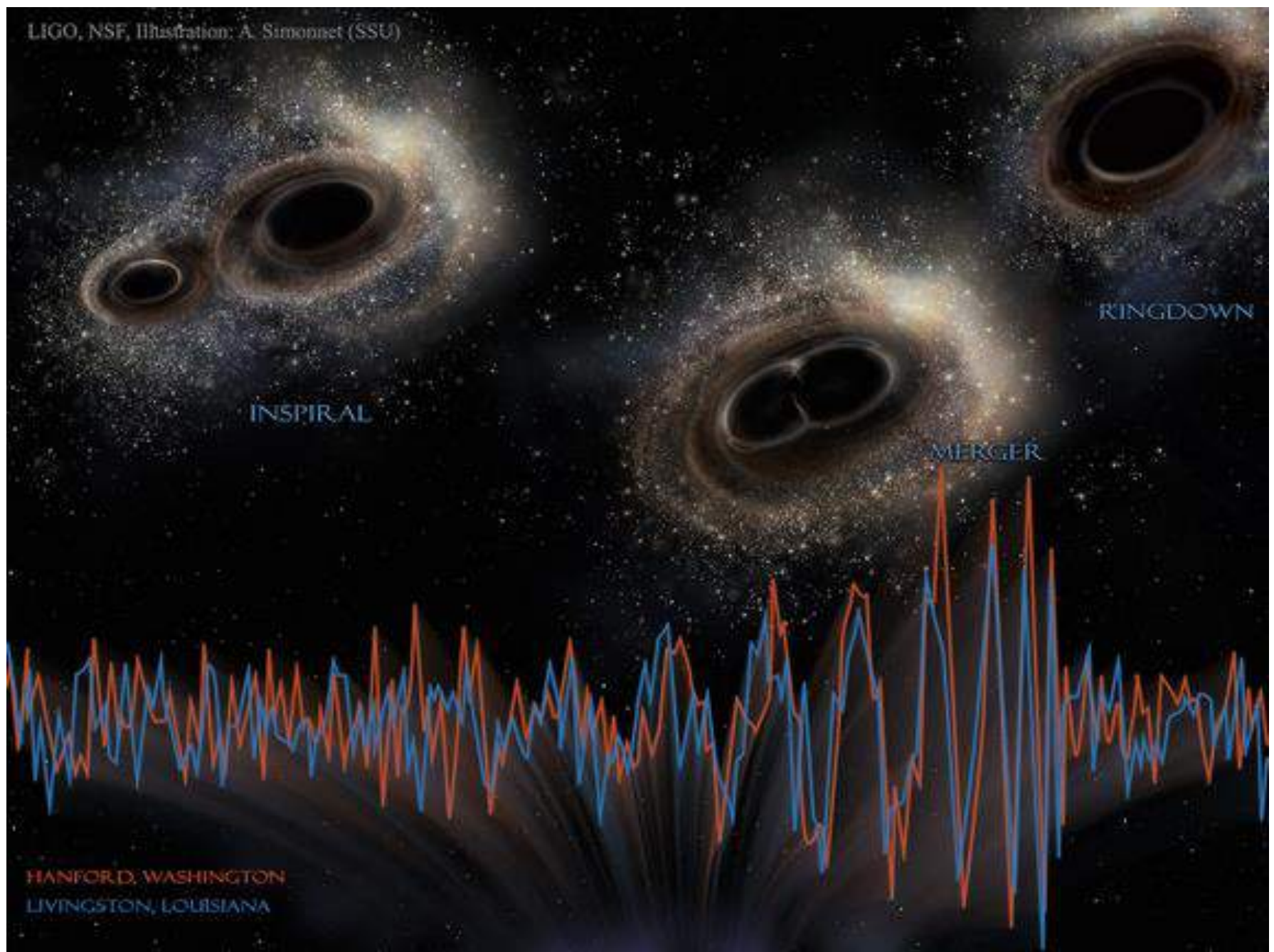




-0.02s

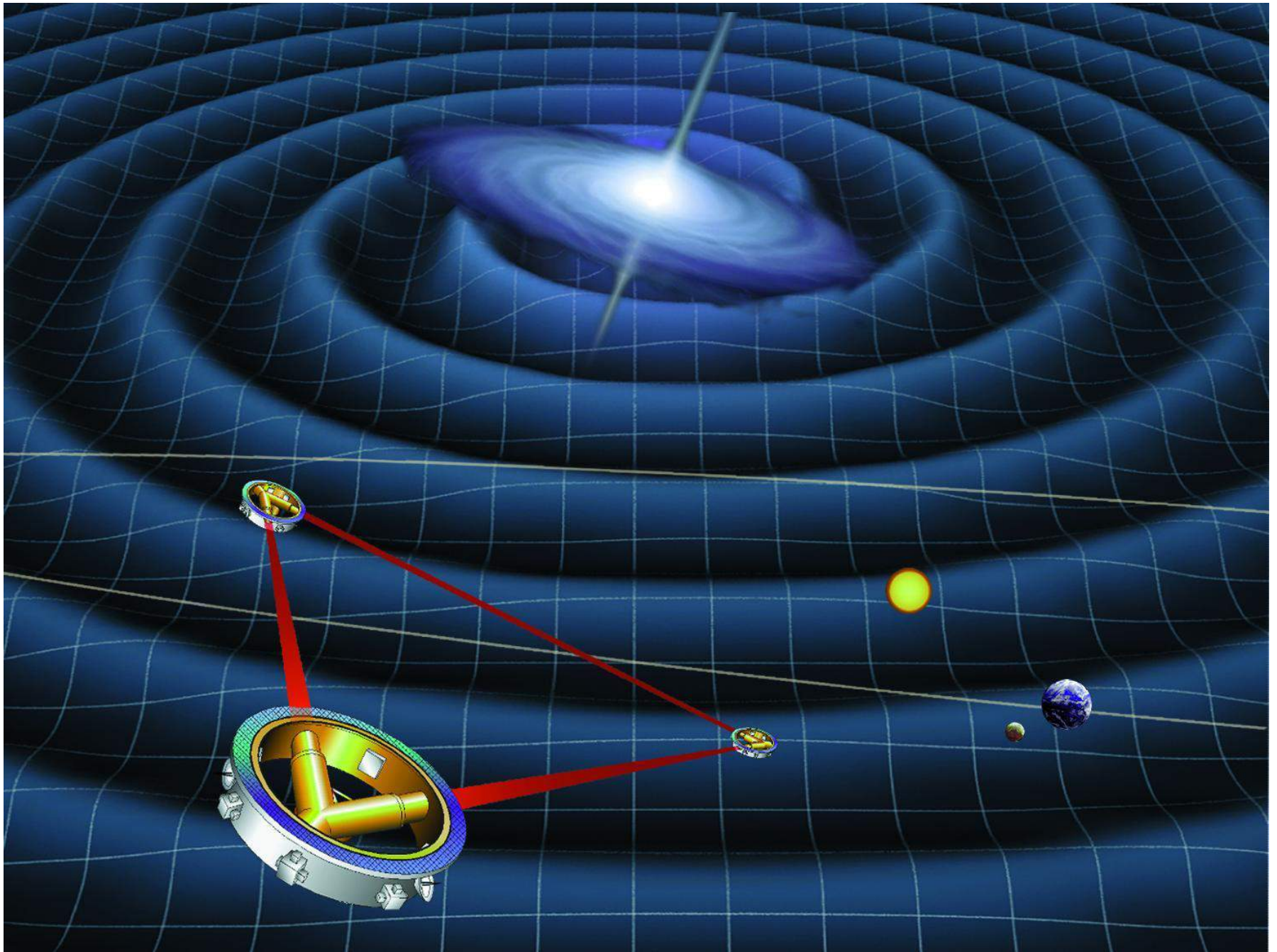


LIGO, NSF, Illustration: A. Simonnet (SSU)

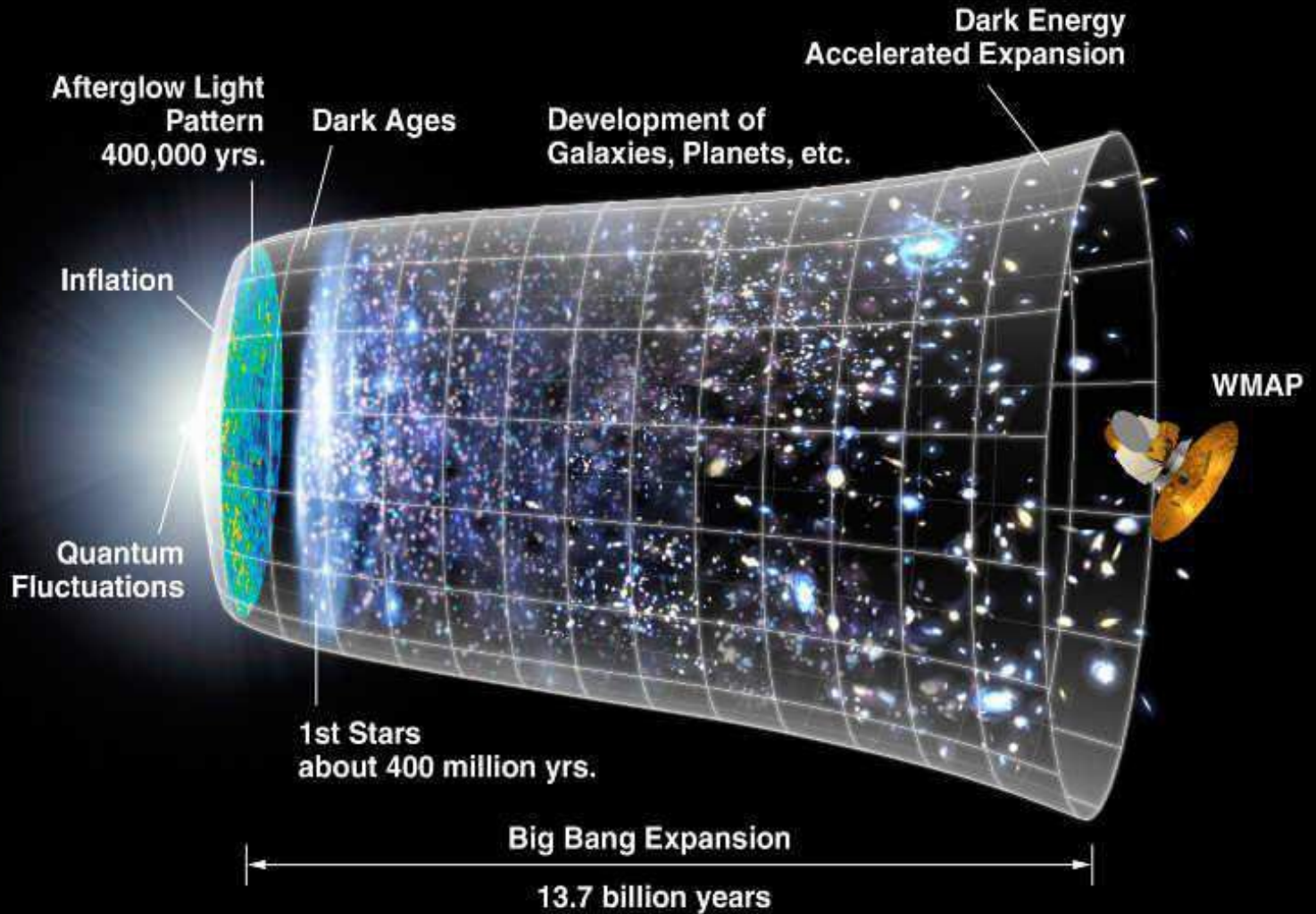


HANFORD, WASHINGTON
LIVINGSTON, LOUISIANA

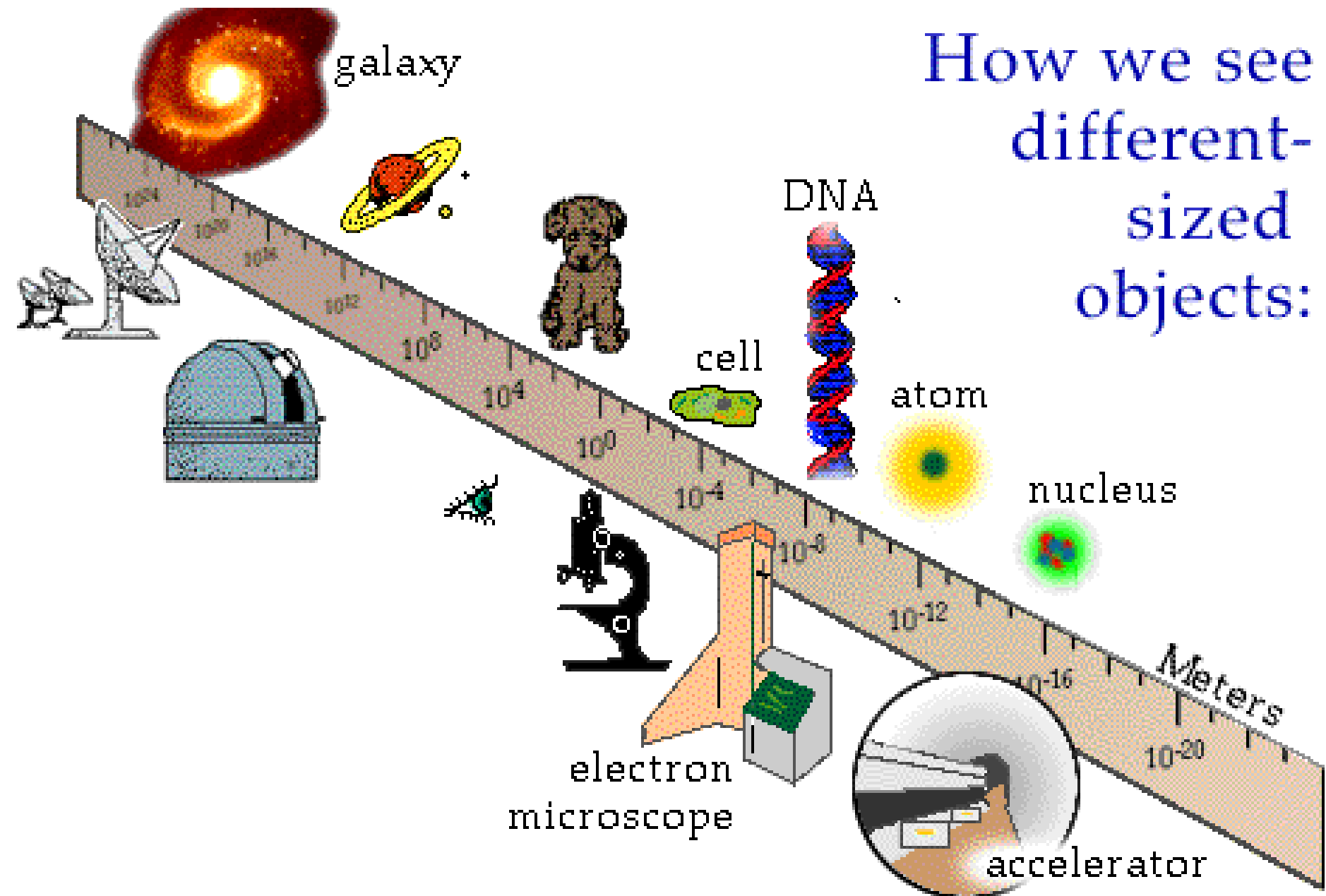




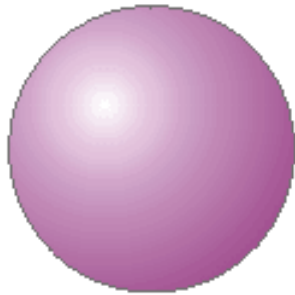
The Big Bang Model



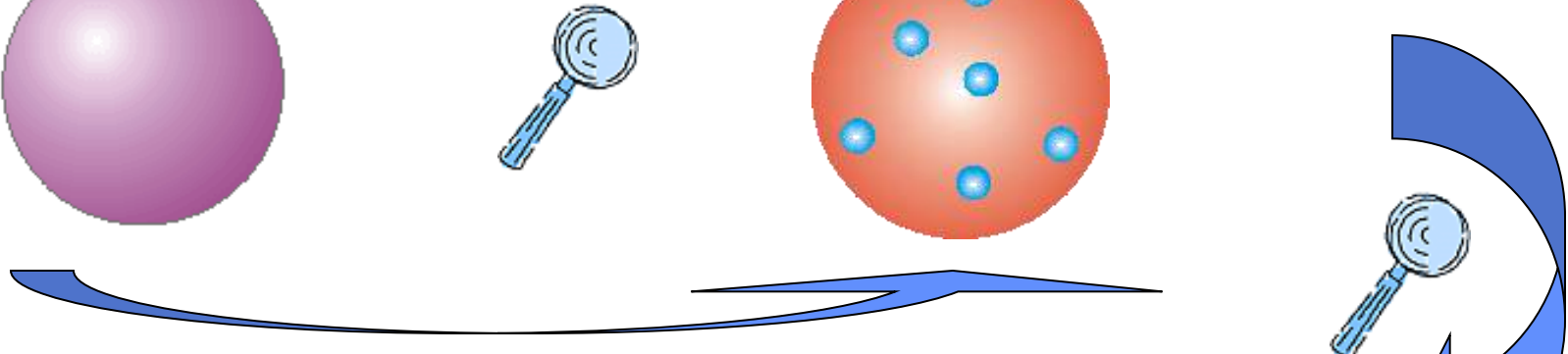
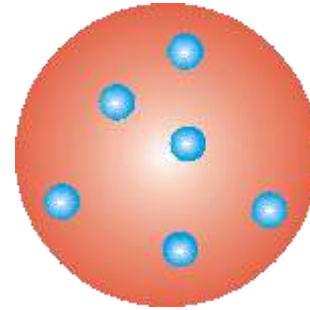
How we see different- sized objects:



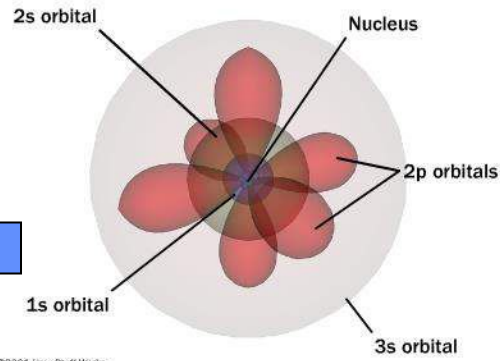
L'atomo all'inizio del '900



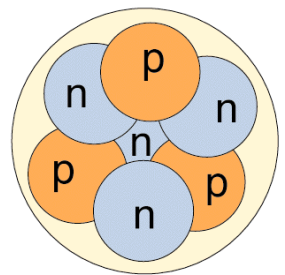
L'atomo di Thompson



L'atomo quantistico

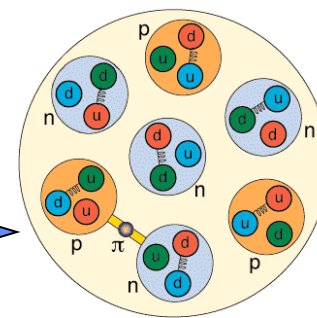


L'atomo di Rutherford e Bohr



1.6 fm
4.8 fm

La struttura del nucleo

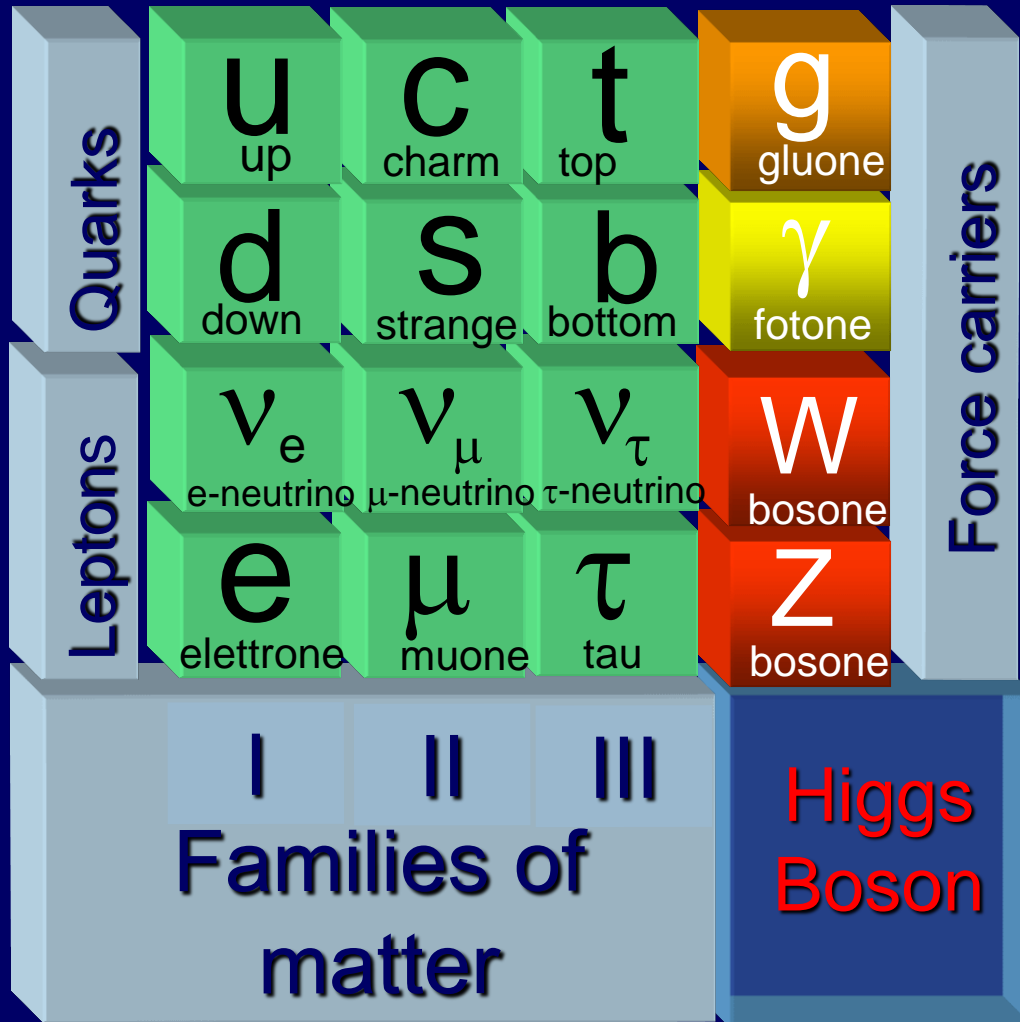


Il nucleo oggi

The Standard Model

Fermions

Bosons



Gravity



The...
“opera
Ghost”



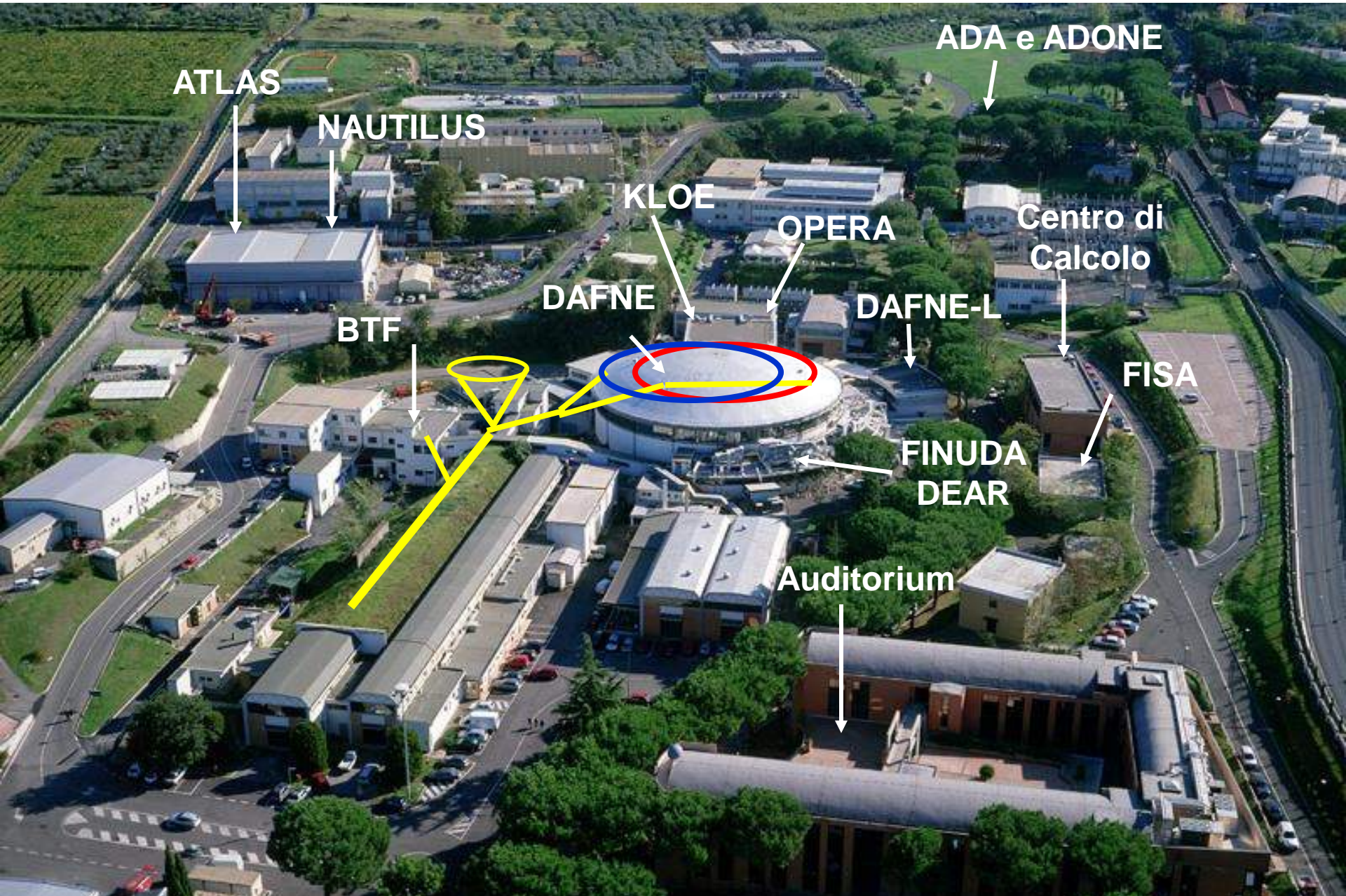
Particle-antiparticle colliders

LEP at CERN 1988

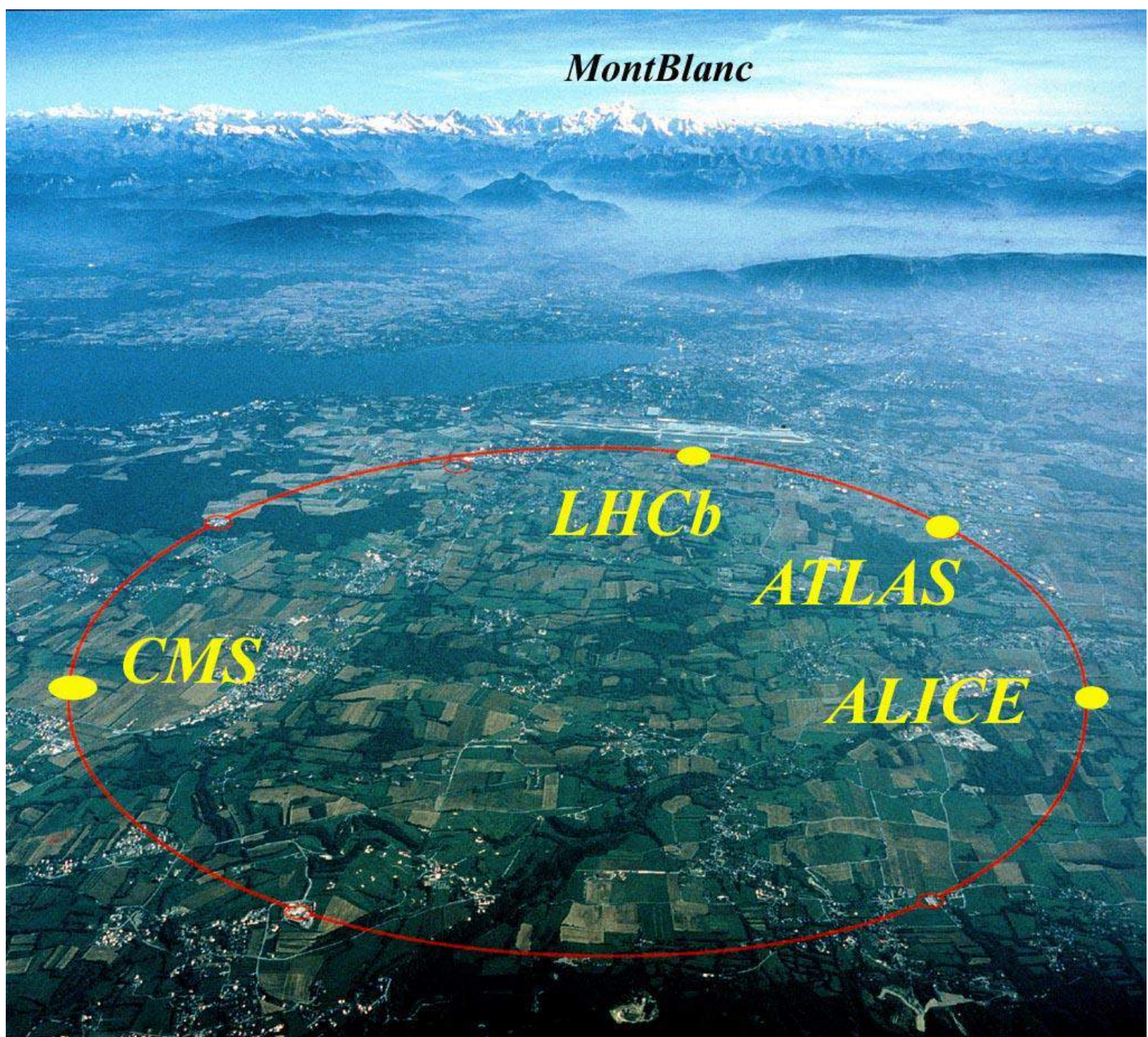


LHC at Cern (Geneve) 2008

Laboratori Nazionali di Frascati, info:
<http://www.Inf.infn.it/sis/>



MontBlanc



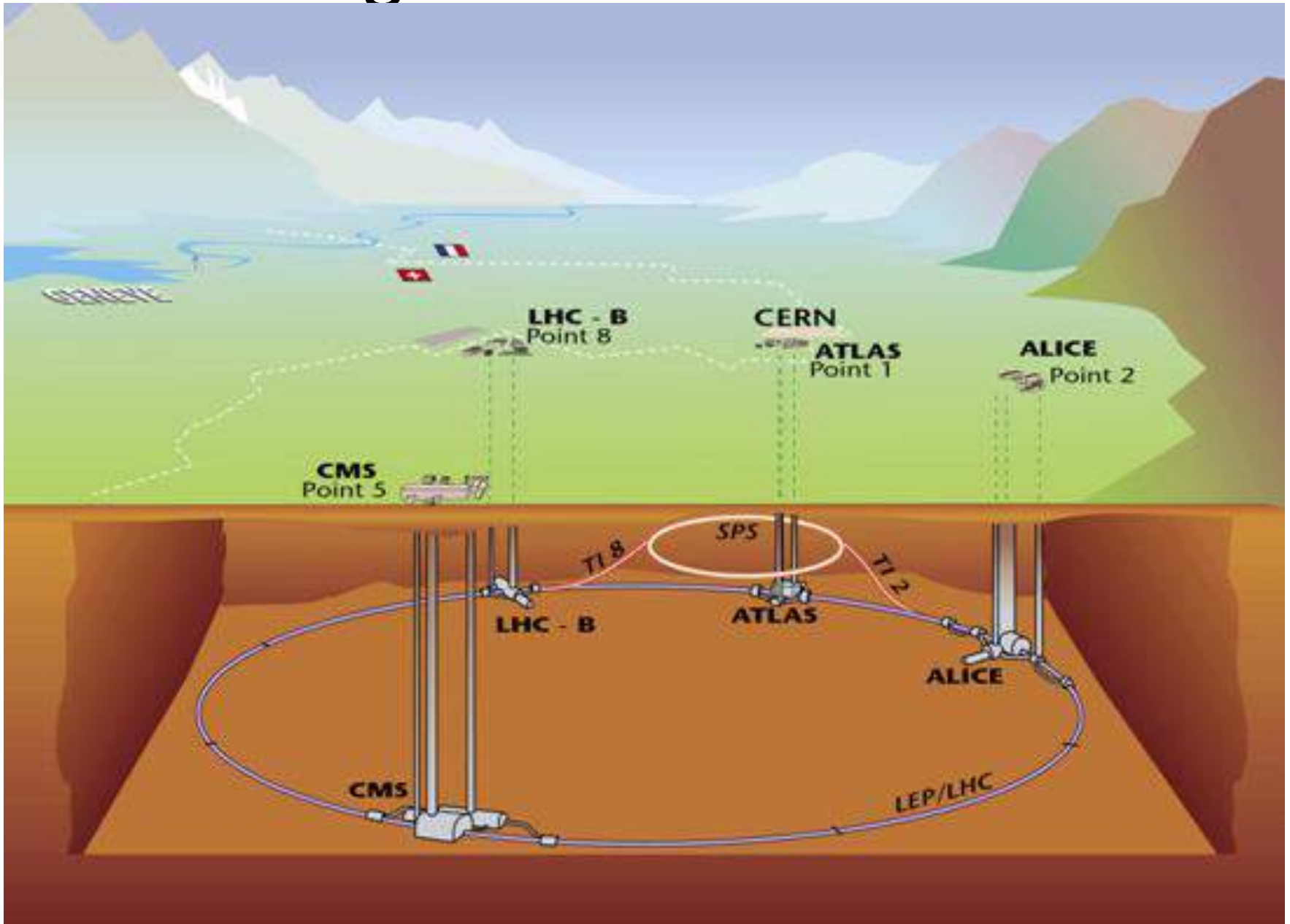
CMS

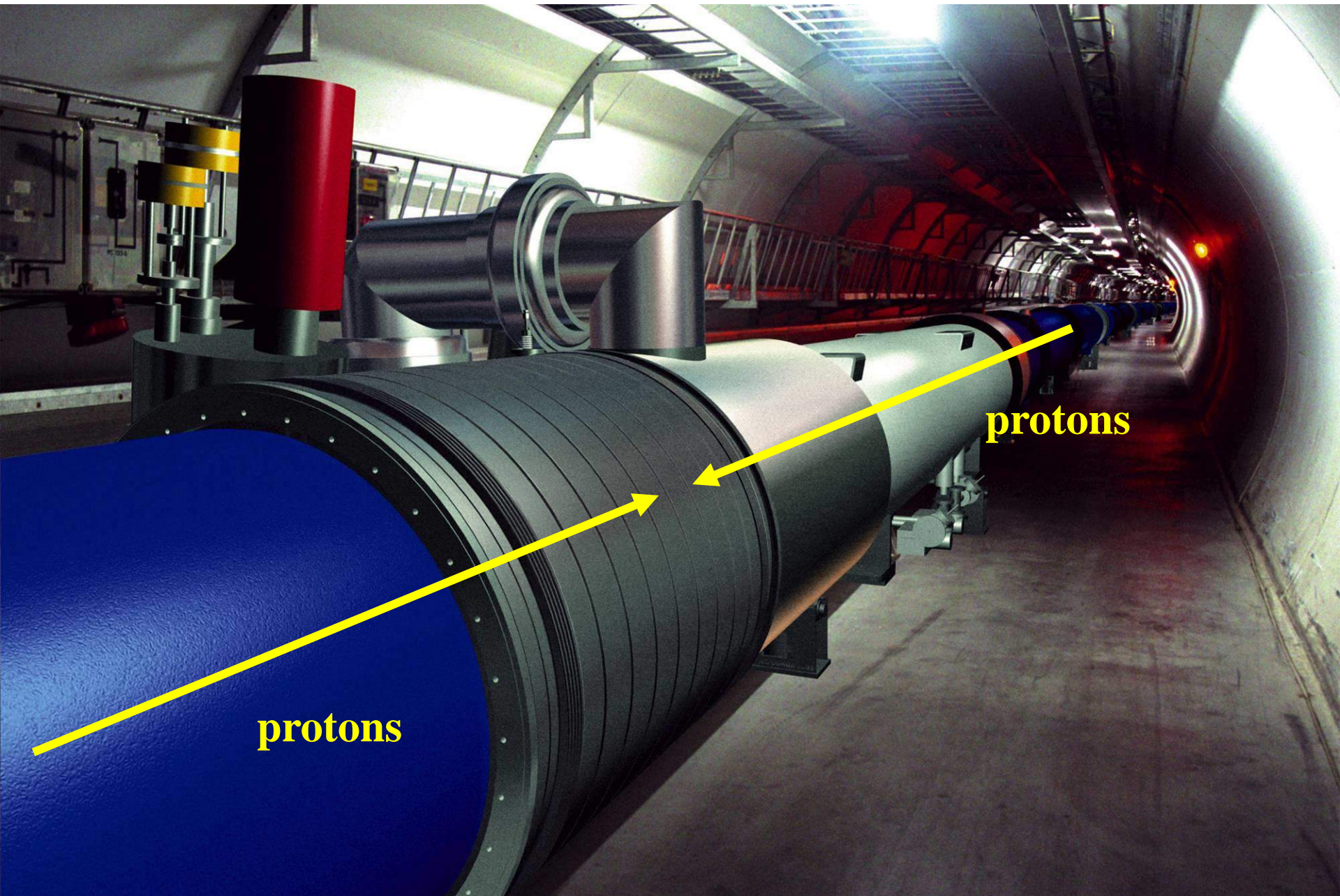
LHCb

ATLAS

ALICE

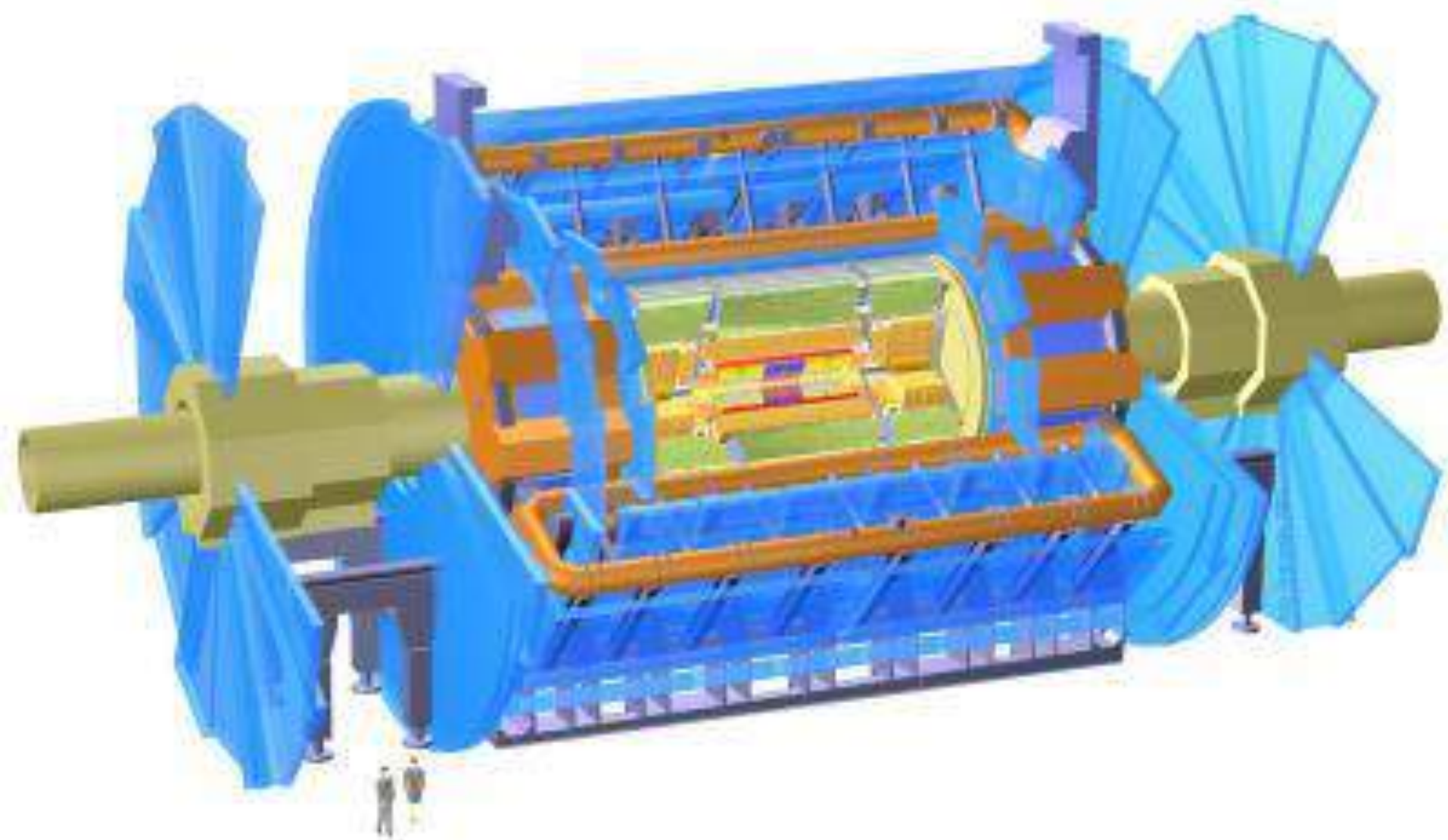
Large Hadron Collider

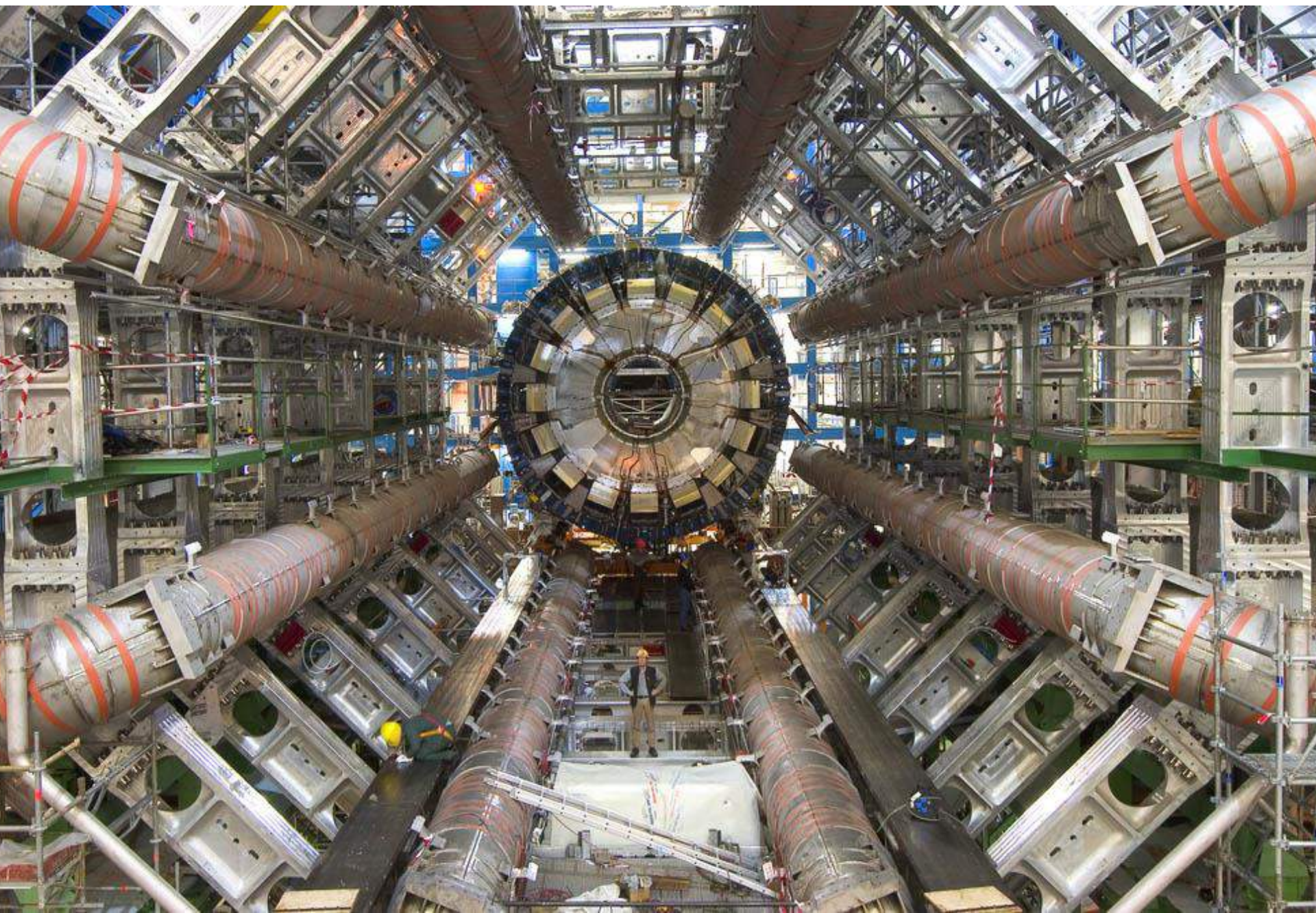




protons

protons

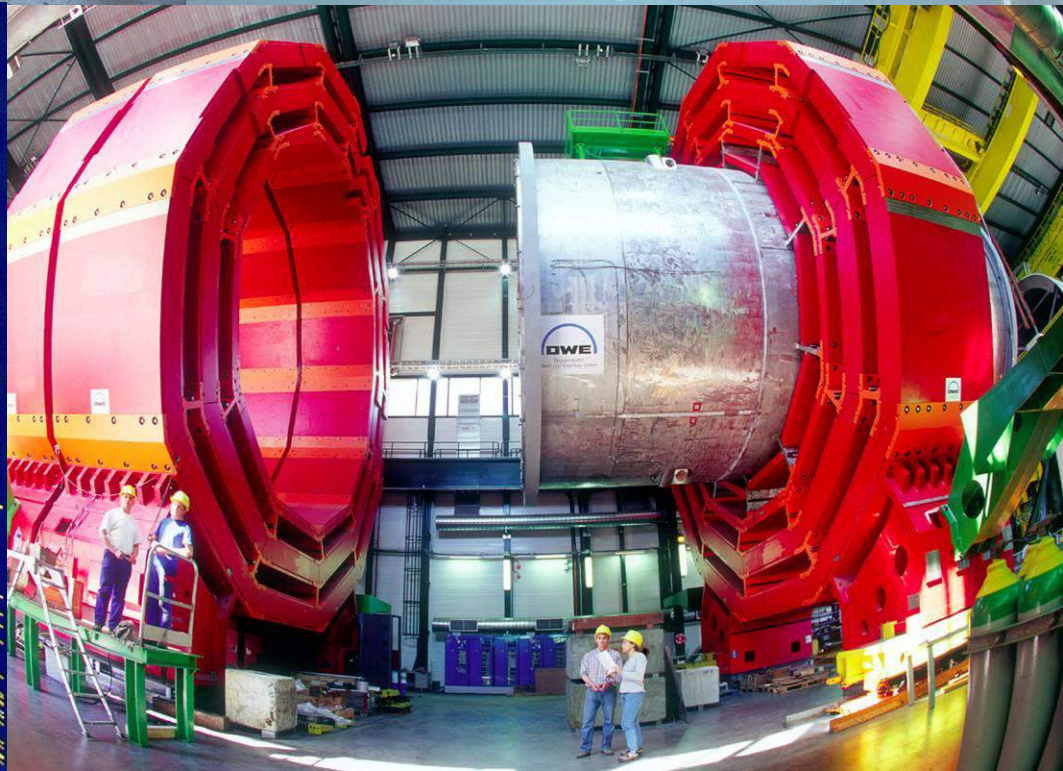
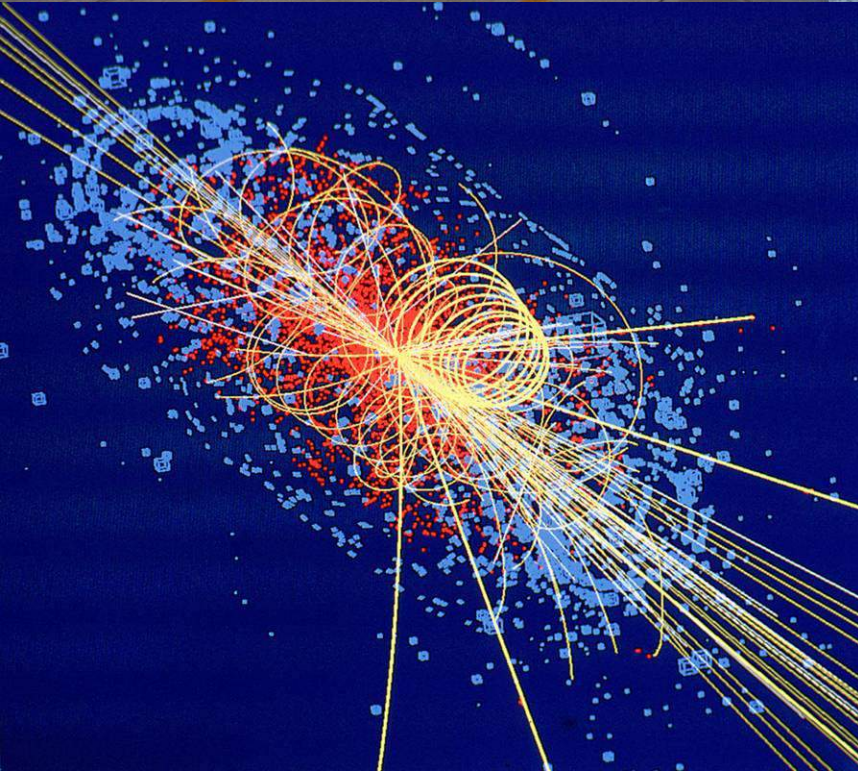






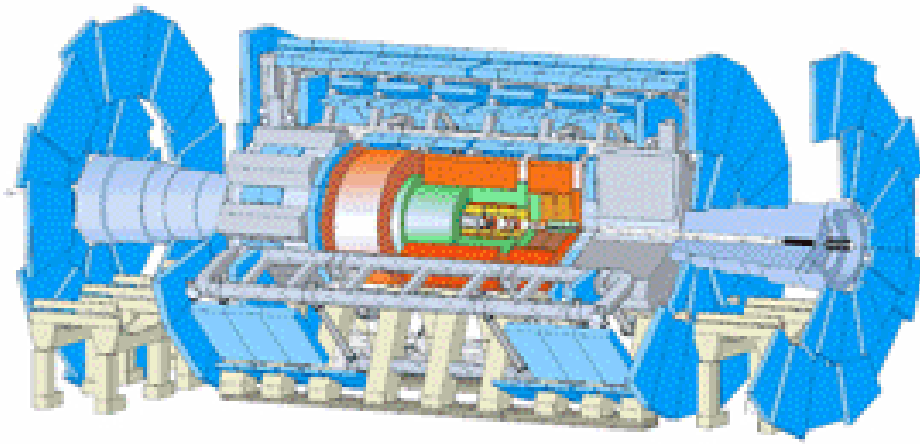


The particle accelerators and the huge detectors are demanding technological breakthrough effort as space research does

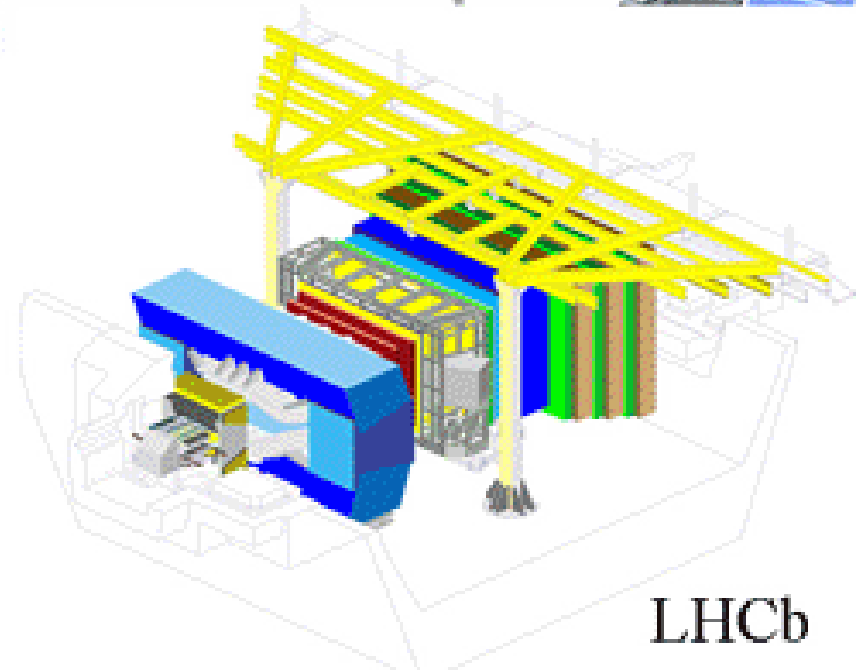
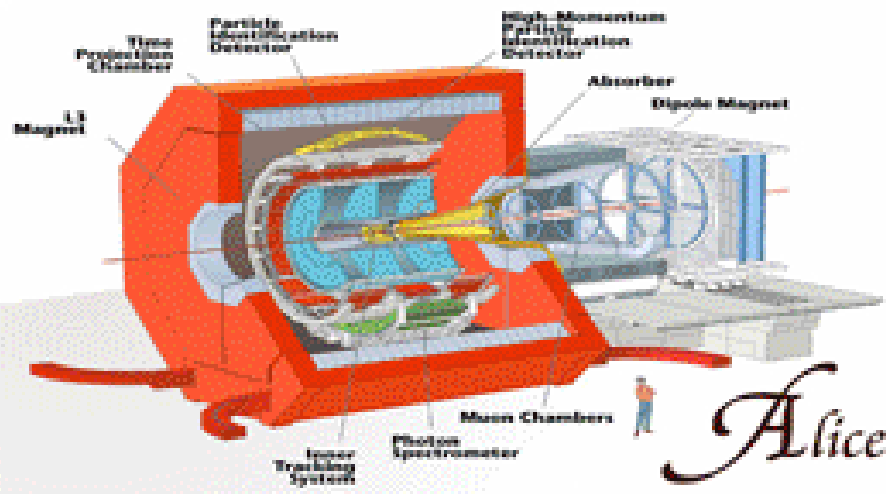


Large Hadron Collider

ATLAS

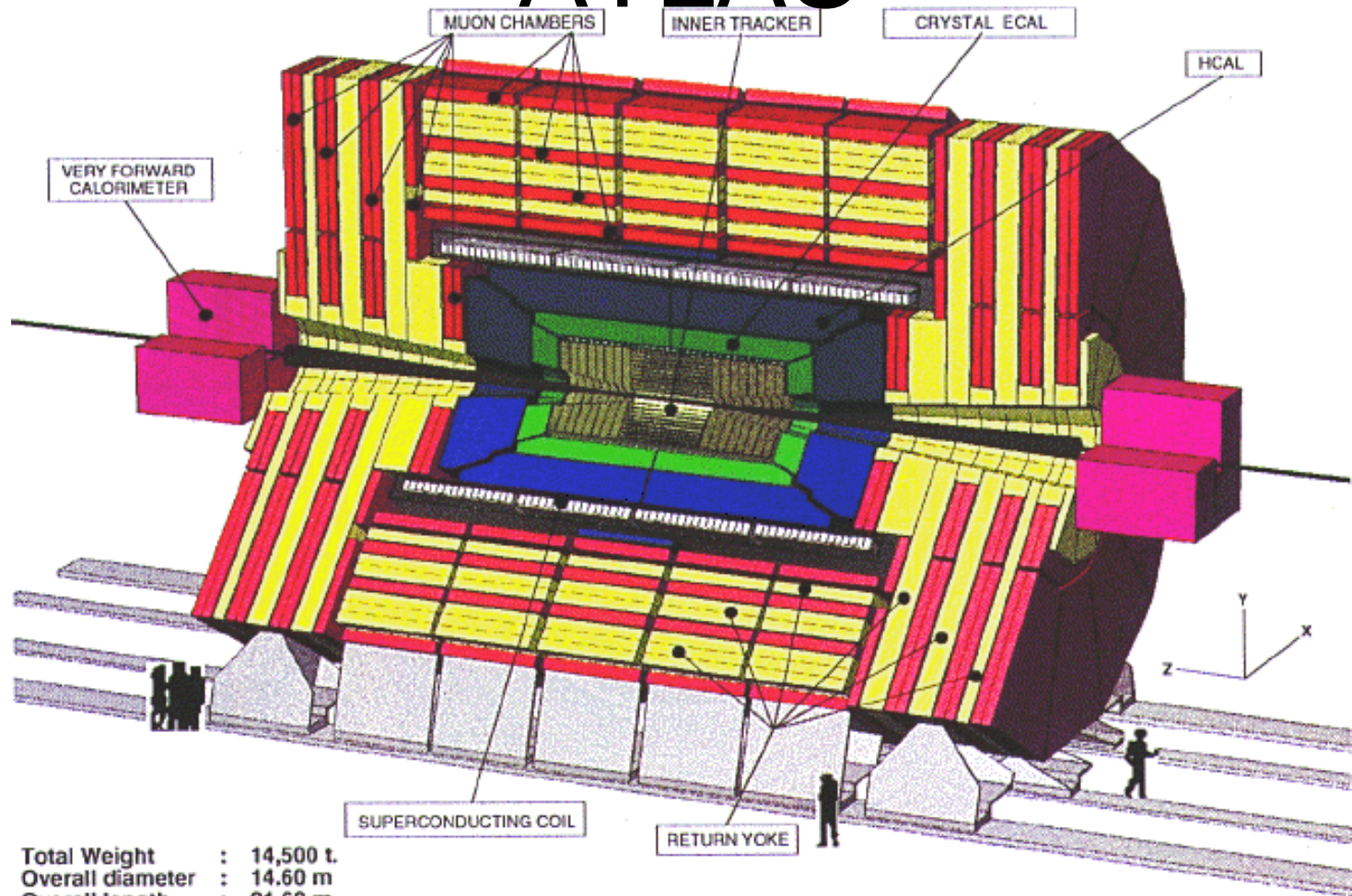


CMS

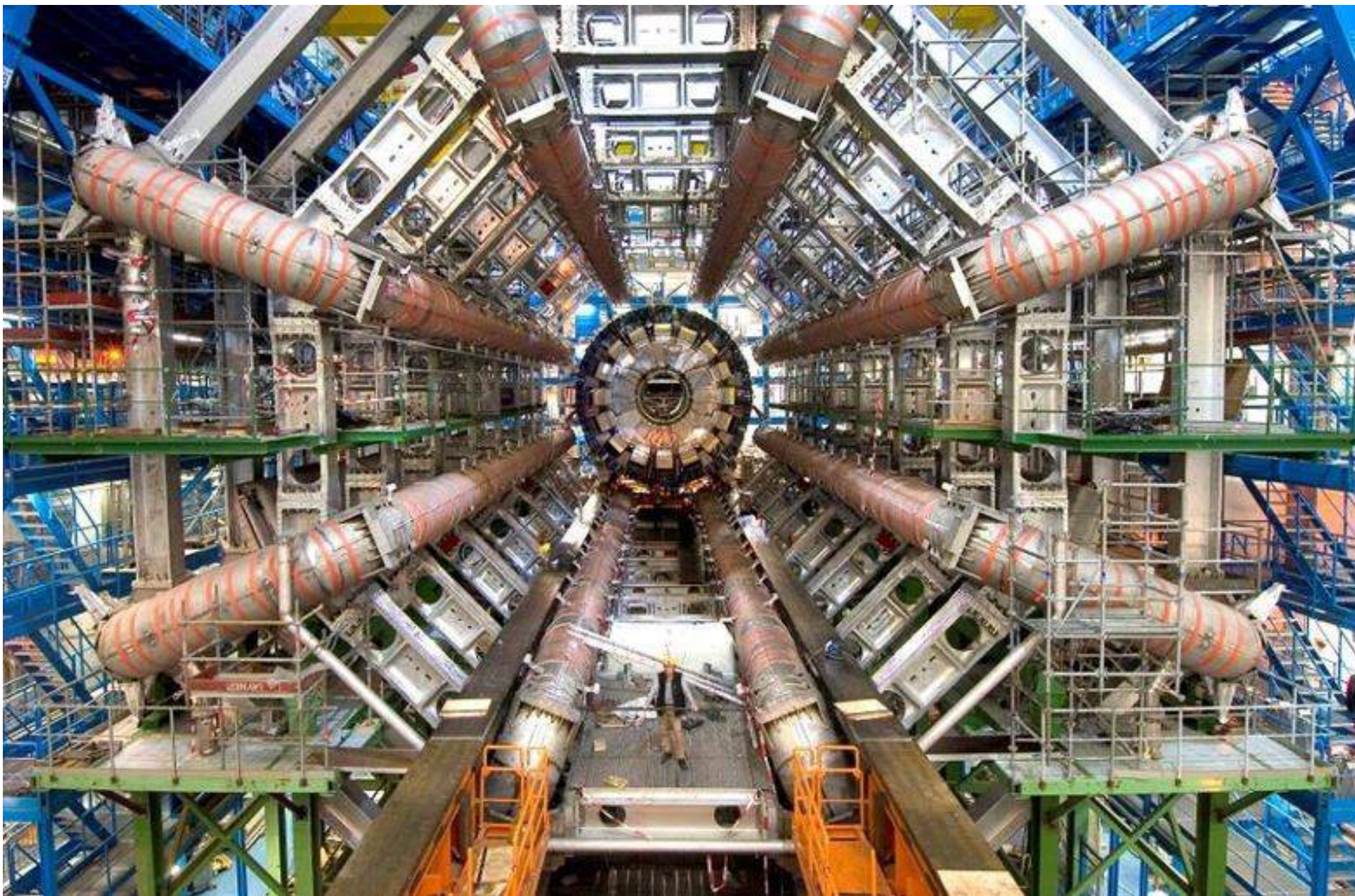


LHCb

Large Hadron Collider - ATLAS



Total Weight : 14,500 t.
Overall diameter : 14.60 m
Overall length : 21.60 m
Magnetic field : 4 Tesla





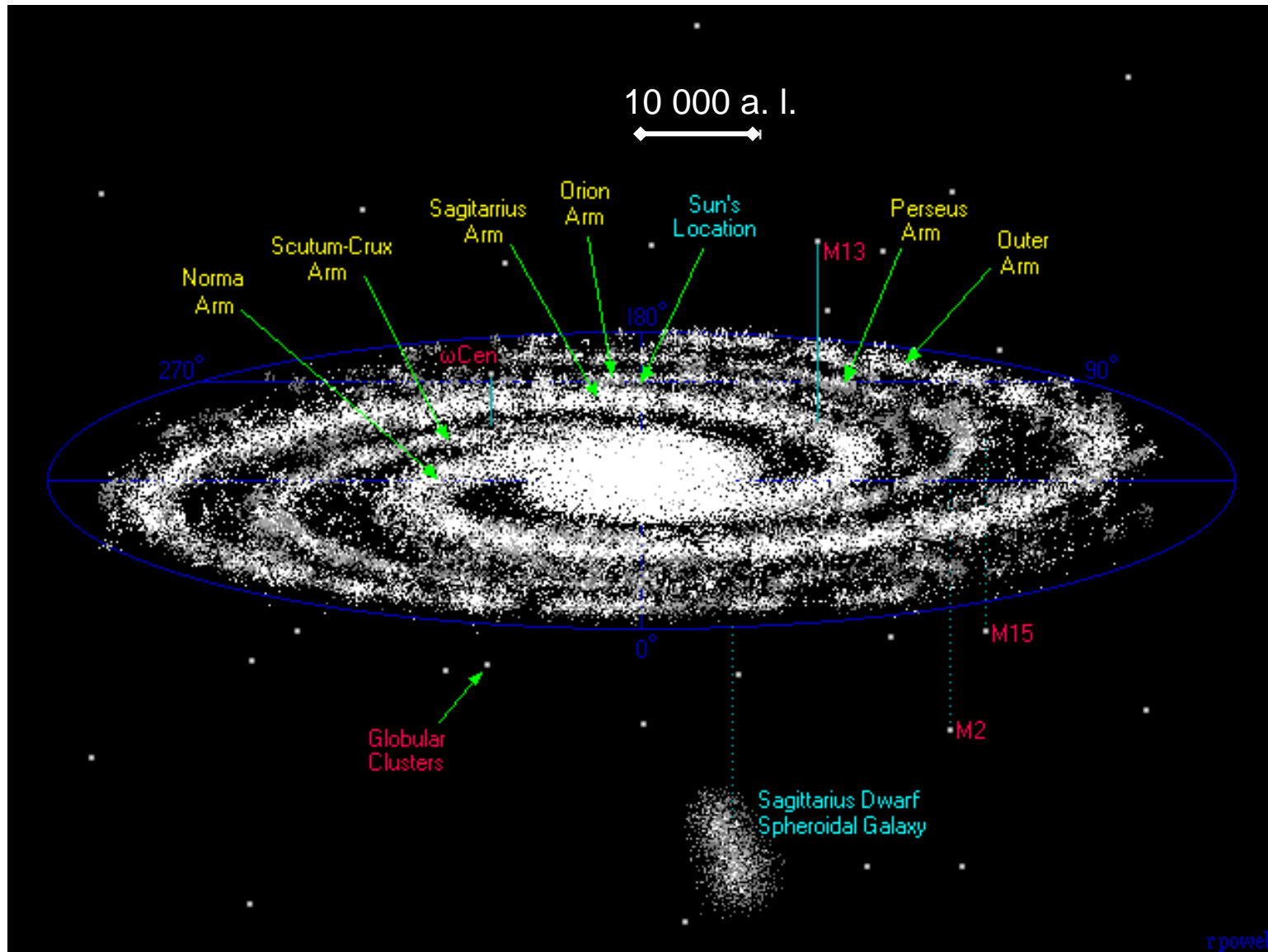
$$(\mathcal{D}_\mu \phi)^\dagger \mathcal{D}^\mu \phi - \mathcal{V}(\phi) - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$$

$$\mathcal{D}_\mu \phi = \partial_\mu \phi - ie A_\mu \phi$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$$

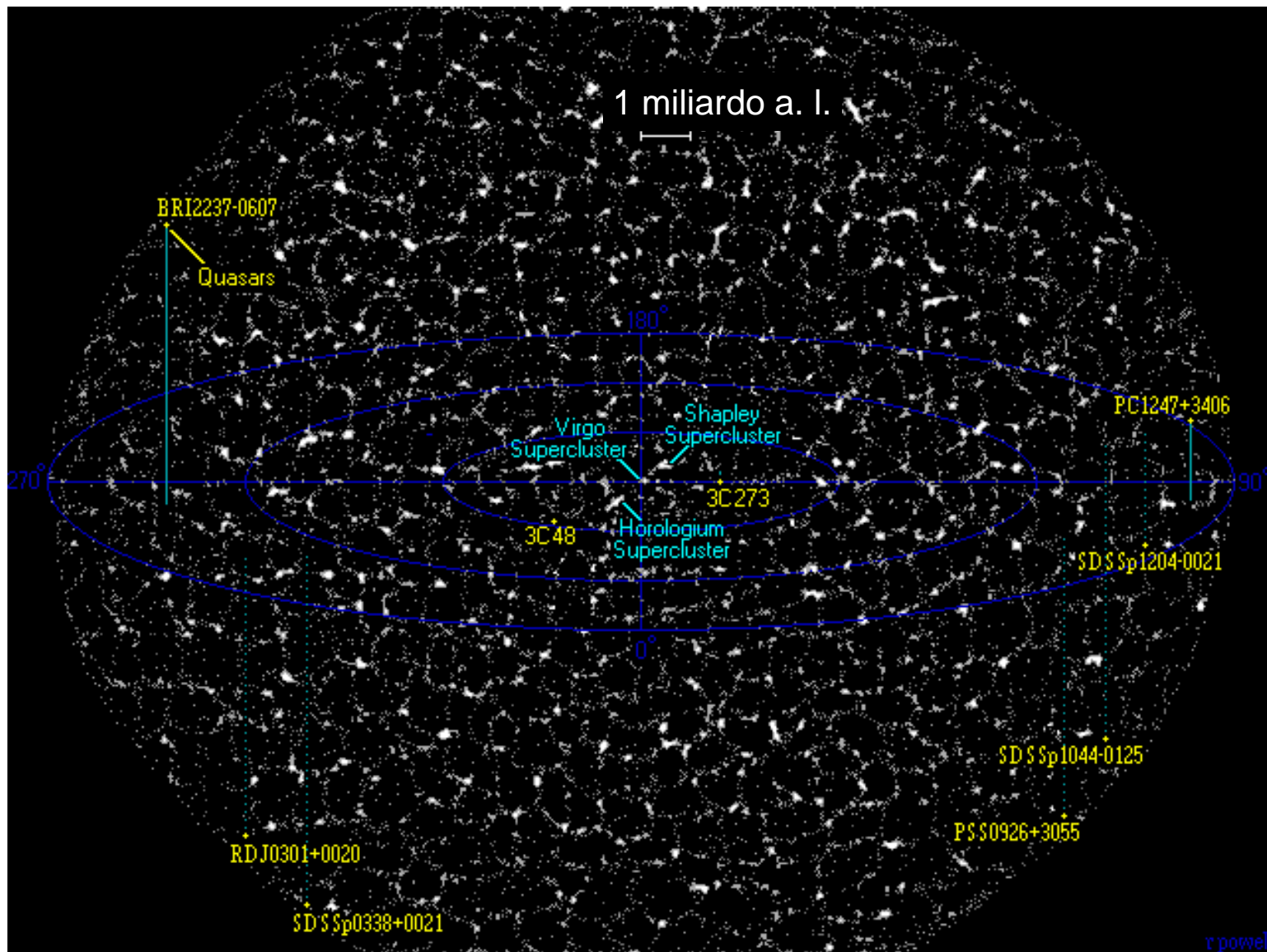
$$\mathcal{V}(\phi) = \alpha \phi^\dagger \phi + \beta (\phi^\dagger \phi)^2$$

$$\alpha < 0, \beta > 0$$



Zoom In x10

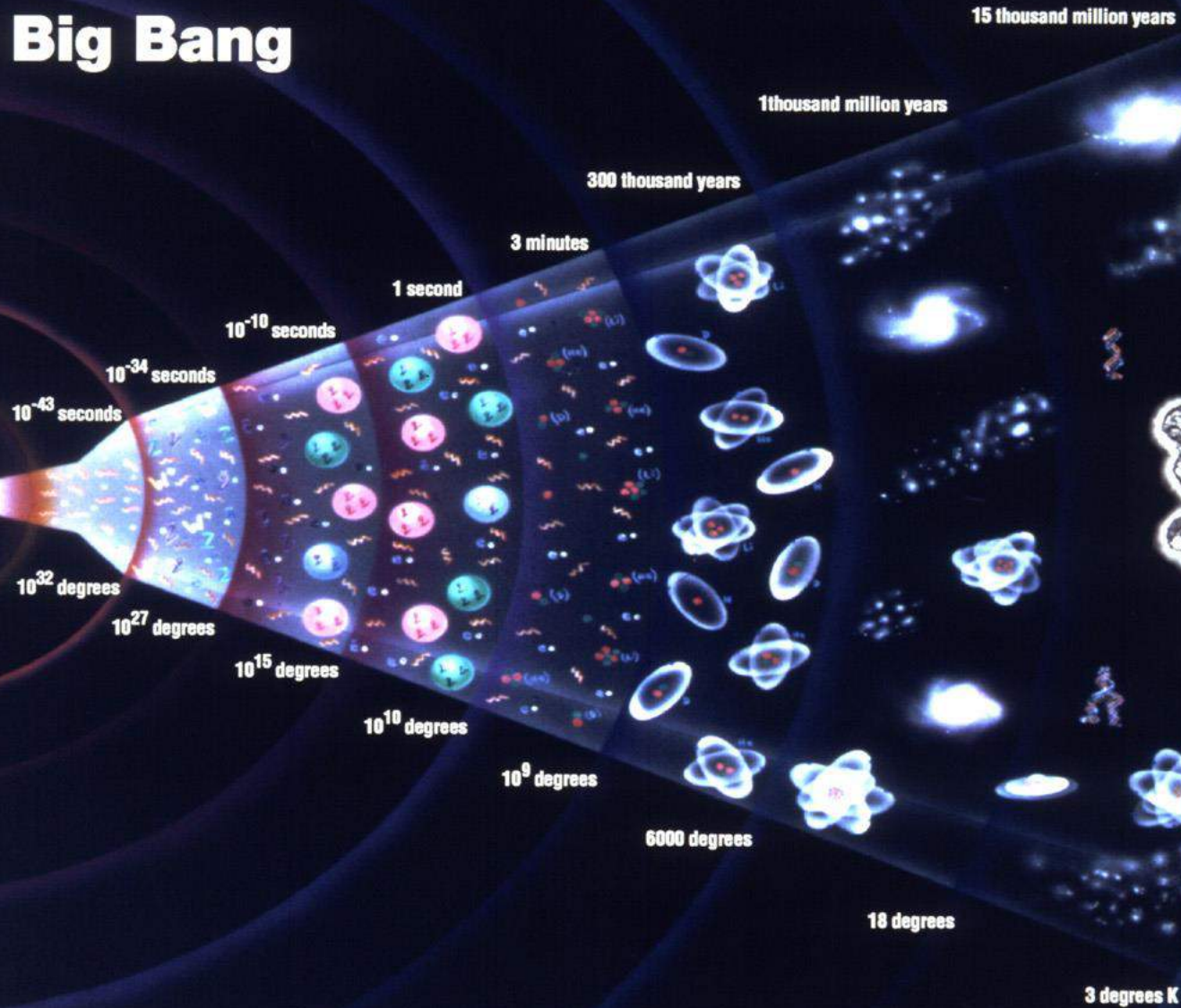
Zoom Out x10

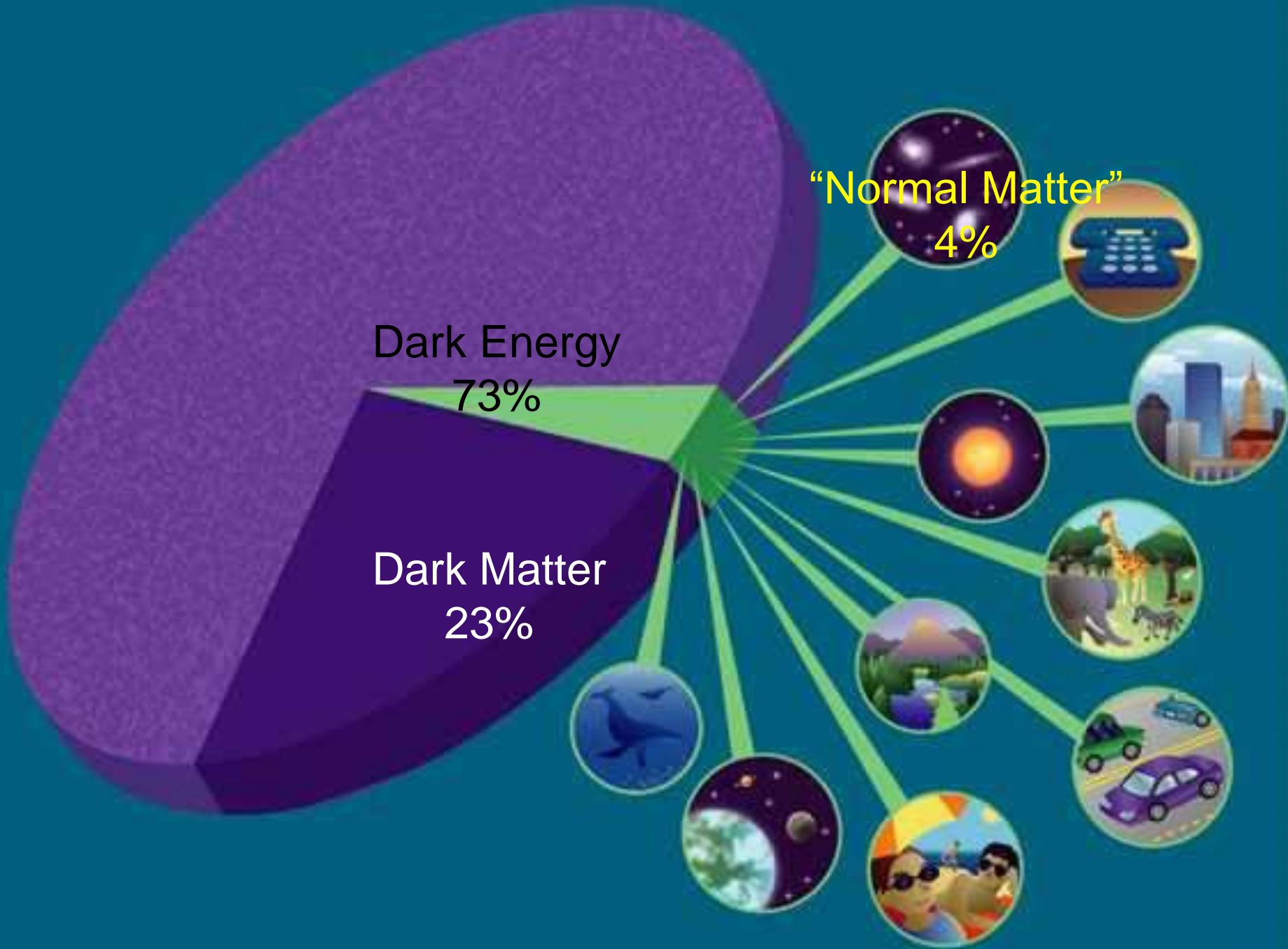



Zoom In x15

La storia dell'Universo


Big Bang







E' molto interessante
signor Faraday, ma qual è
il valore pratico di ciò?



Un giorno, signor ministro,
il governo potrebbe metter-
ci sopra una tassa





L'ADROTERAPIA è un tipo particolare di radioterapia che impiega fasci di particelle cariche (protoni o ioni carbonio) in alternativa alle terapie convenzionali (raggi x, gamma o neutroni).

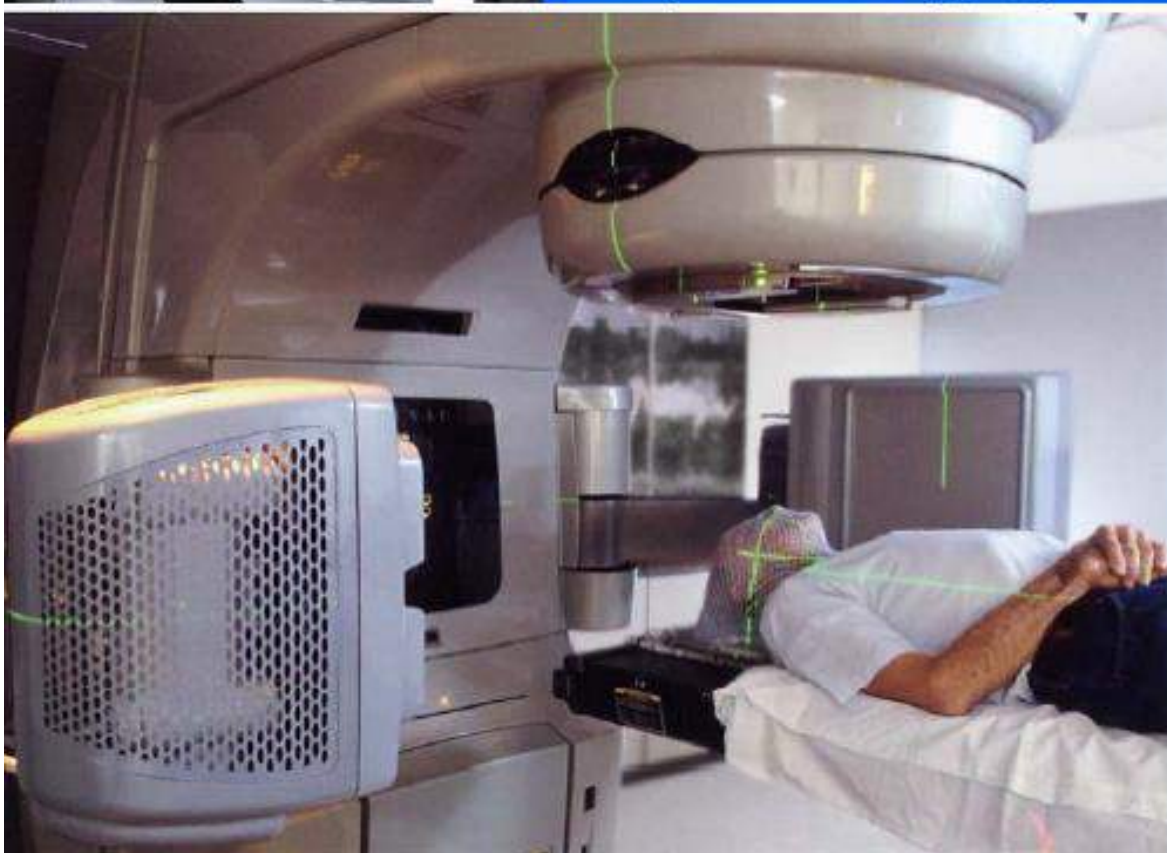
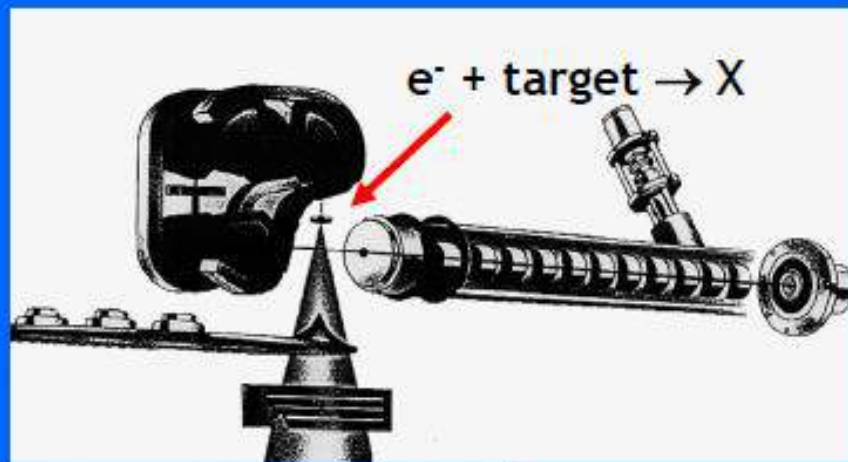
La produzione di questi fasci di particelle è complessa ma essi permettono di irradiare il bersaglio tumorale, risparmiando i tessuti sani, meglio di quanto sia possibile fare con le tecniche basate sui raggi X

Viviana Mutti (CNAO)

Perché l'Adroterapia?

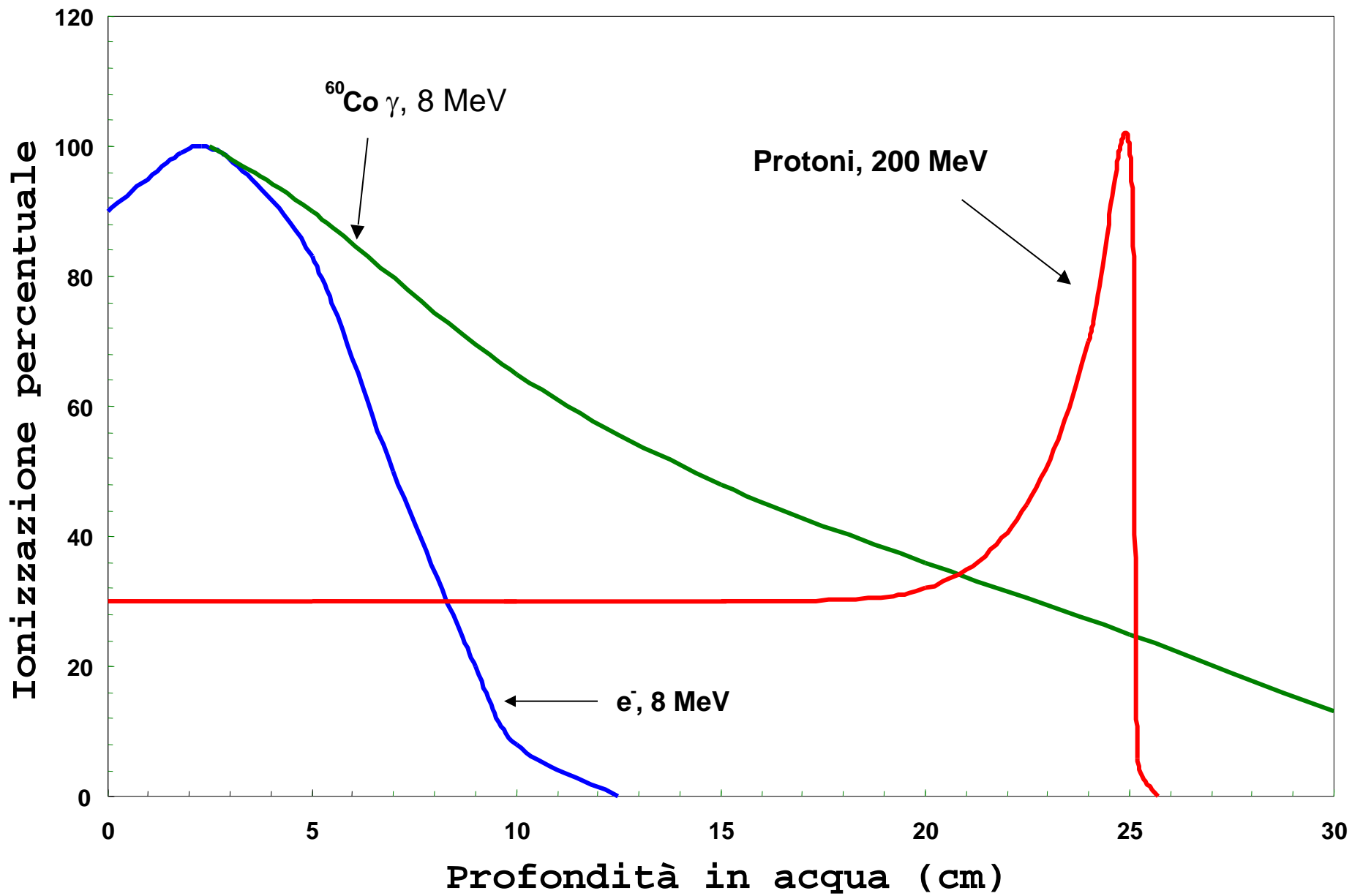
- **Gli Adroni (protoni e ioni carbonio) permettono di ottenere delle distribuzioni di dose migliori di quelle ottenibili con le più sofisticate tecniche che impiegano i raggi X**
- **Gli ioni carbonio, in particolare, hanno una maggior capacità di distruggere cellule tumorali resistenti ai raggi X**
- **Il meccanismo di rilascio dell'energia per gli adroni causa una grande quantità di rotture nei legami chimici presenti nelle macromolecole biologiche, in particolare nel DNA. Quest'ultimo ha la proprietà di autoripararsi, ma se il numero di legami rotti è eccessivo perde la sua funzione di auto replicarsi e la cellula si inattiva e muore. Nella radioterapia tradizionale il danno al DNA è modesto e ciò non si verifica nell'adroterapia con ioni carbonio nella quale il gran numero di rotture permette di distruggere anche tumori radioresistenti alla terapia tradizionale.**

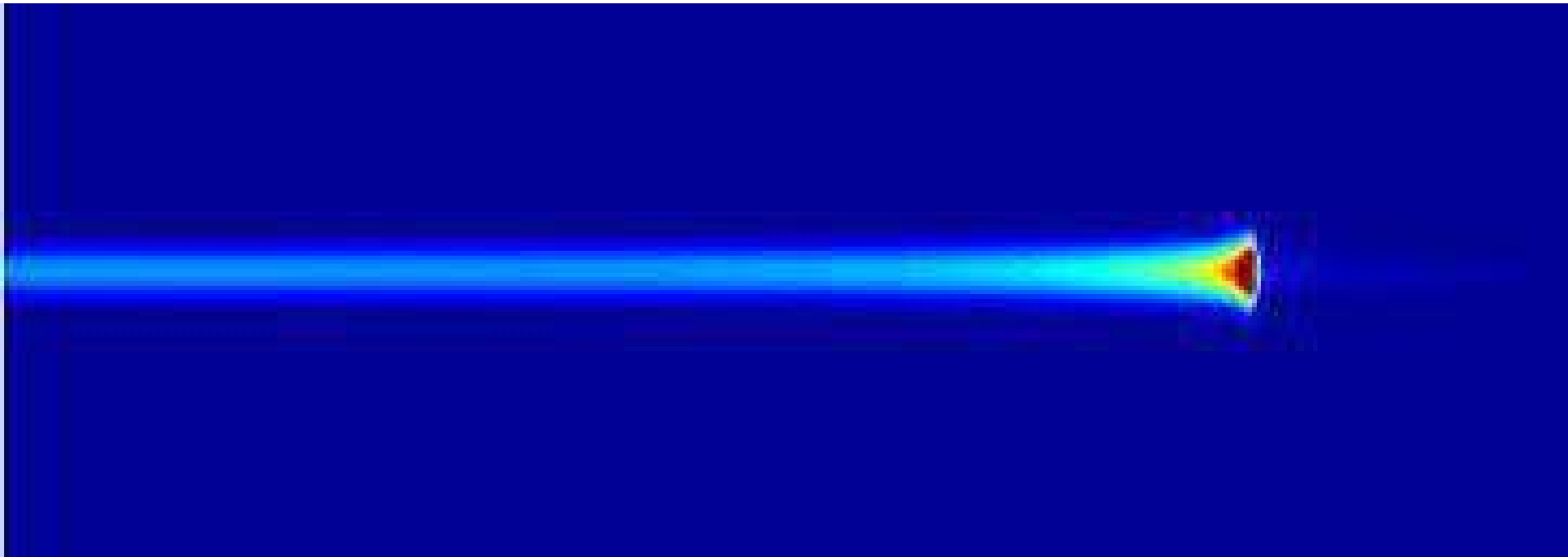
GLI STRUMENTI DELLA RADIOTERAPIA CONVENZIONALE

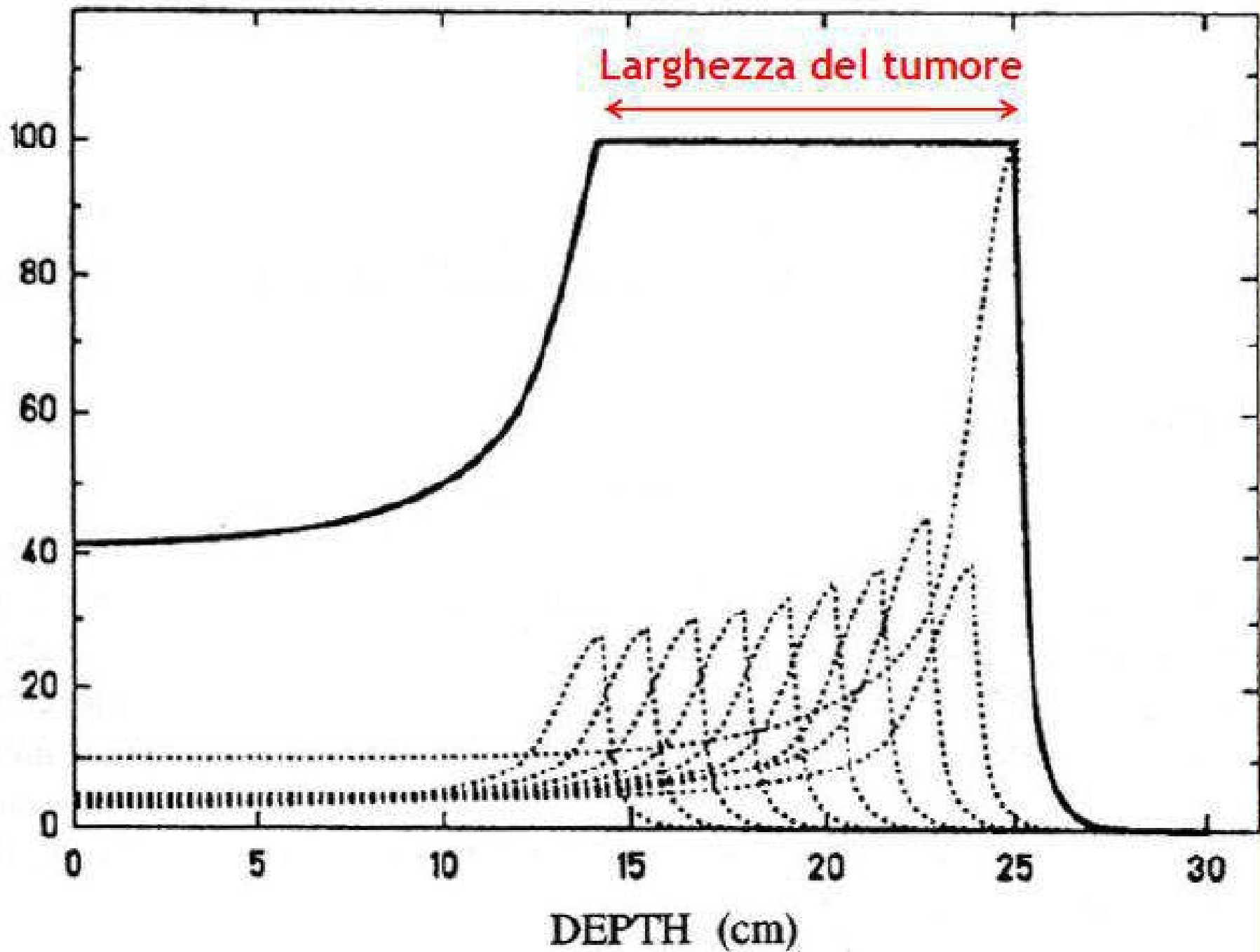


**circa 200
linac negli
ospedali italiani**

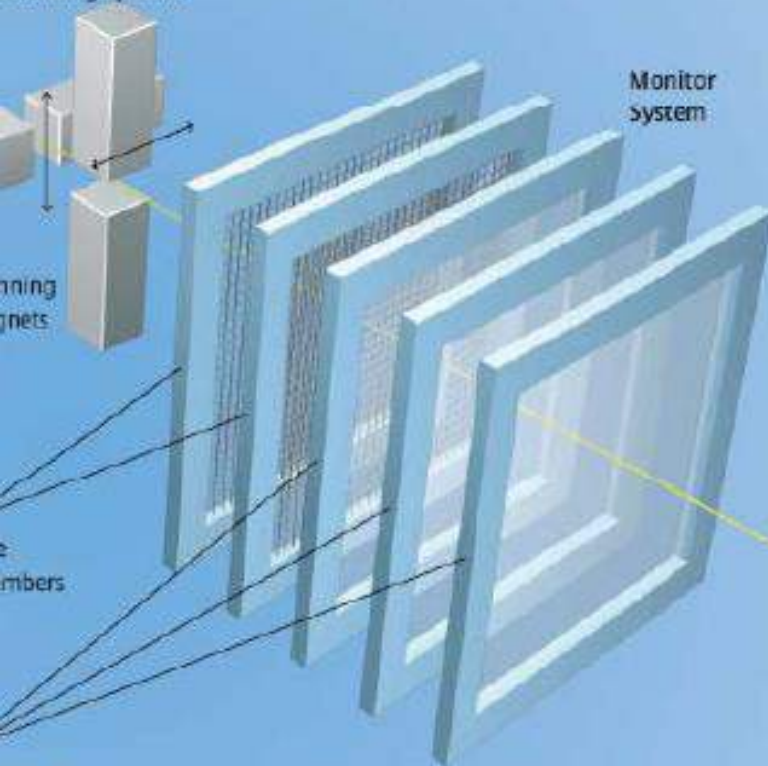
**120'000
pazienti all'anno**



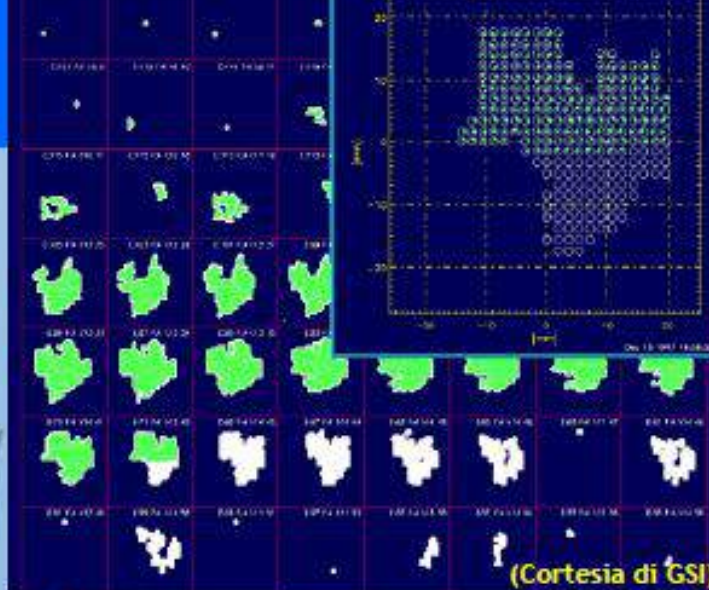




Scanning System



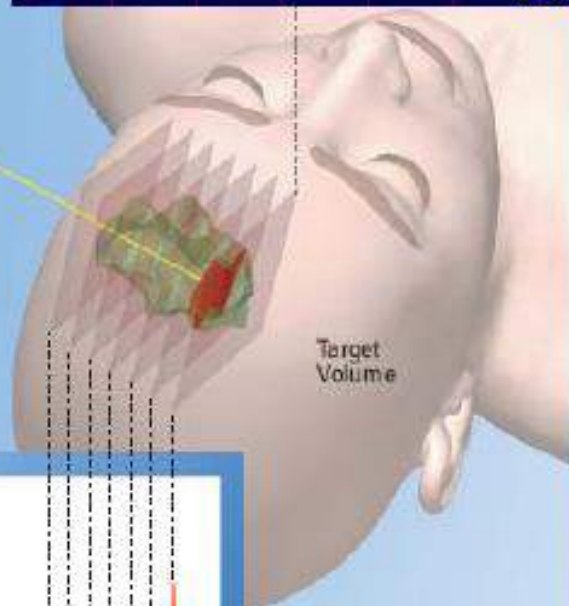
Monitor system



(Cortesia di GSI)

mbers

zation
mbers



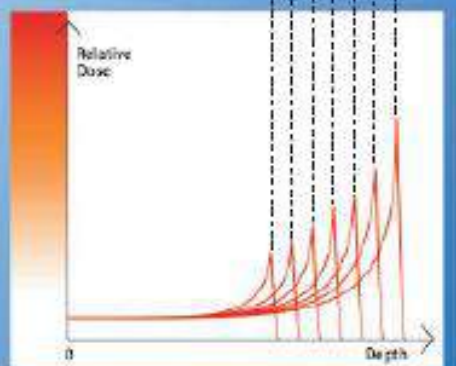
Target Volume

Tecnica di irraggiamento sistema attivo

Example:

Depth 5 cm:
Proton 80 MeV
Carbon 150 MeV/u

Depth 25 cm:
Proton 195 MeV
Carbon 380 MeV/u



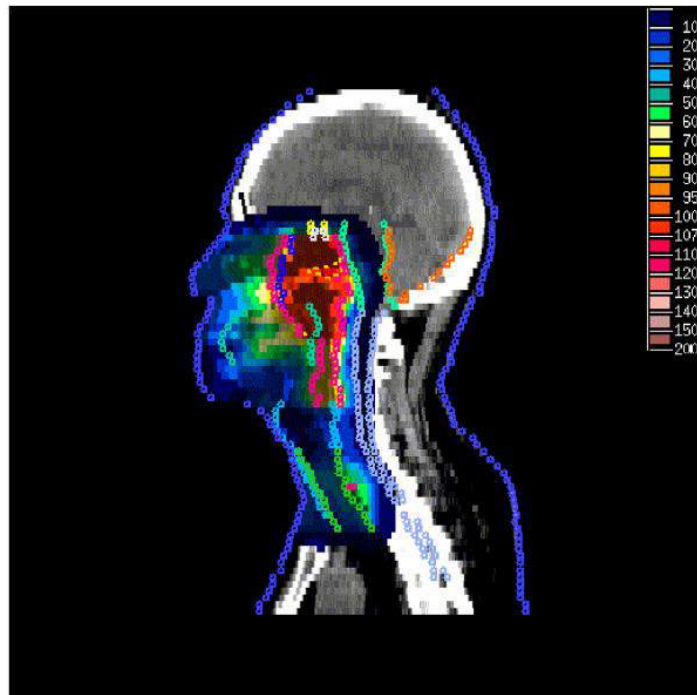
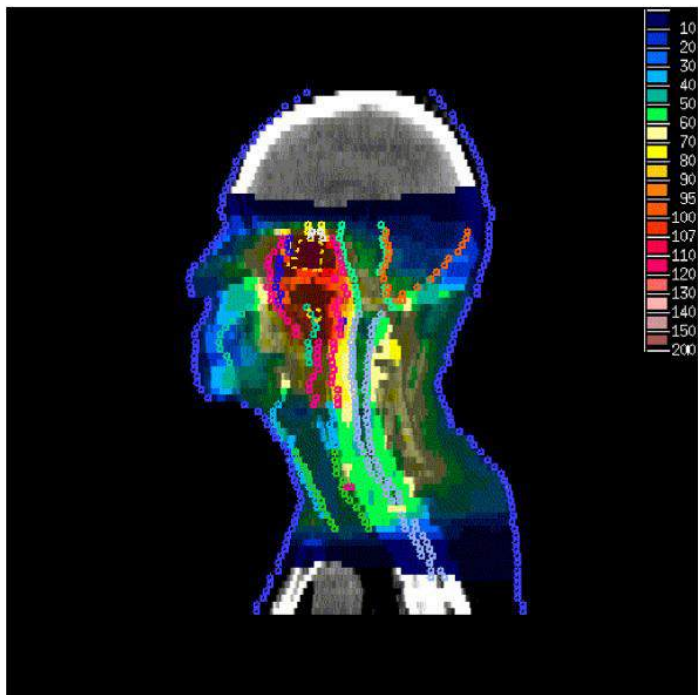
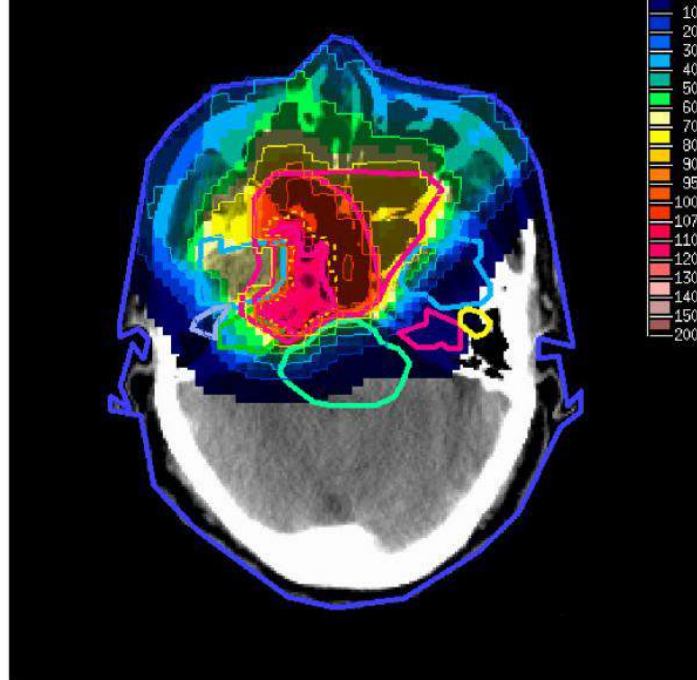
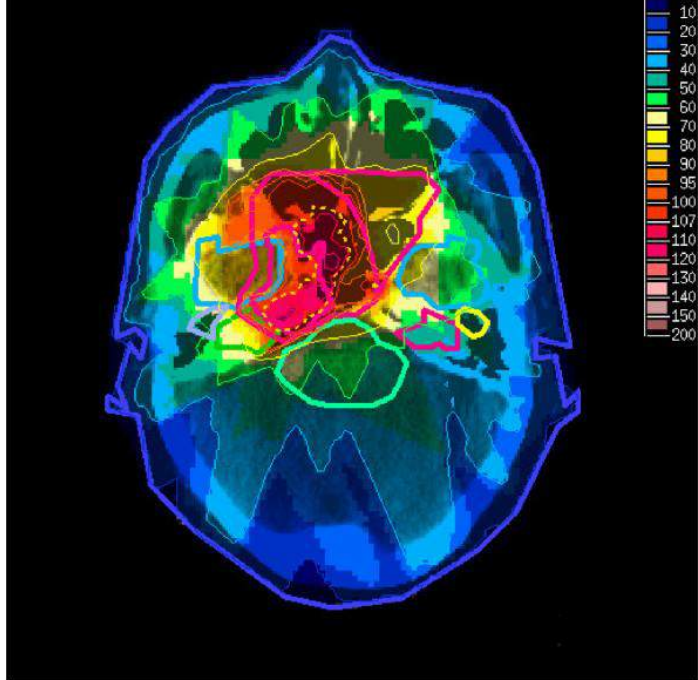
(Cortesia di Siemens Medical)

Di conseguenza

l'adroterapia consente di trattare casi "difficili"

Tumori vicini ad organi critici

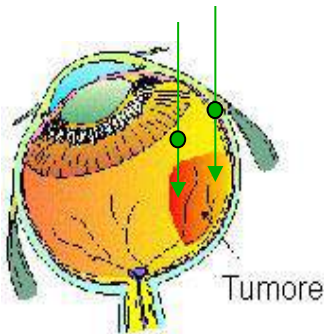
Tumori radioresistenti,
che non rispondono alla radioterapia convenzionale



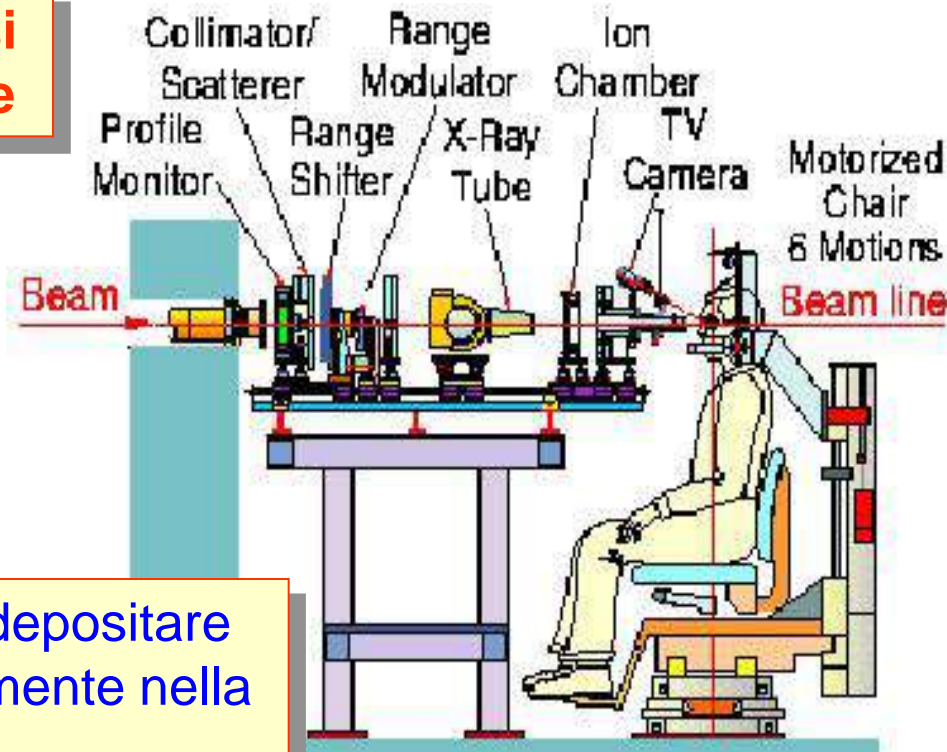
Adroterapia

Gli "Adroni" possono essere usati nella terapia di forme tumorali particolari. Infatti portati all'energia giusta da una macchina acceleratrice, sono in grado di danneggiare i tessuti malati soltanto alla fine del loro percorso nel corpo del paziente, in corrispondenza del tumore stesso

I melanomi oculari sono curabili quasi esclusivamente con terapie adroniche



Il trattamento con protoni permette di depositare quantità di energia controllate direttamente nella regione tumorale





Adroterapia in Italy (CNAO)



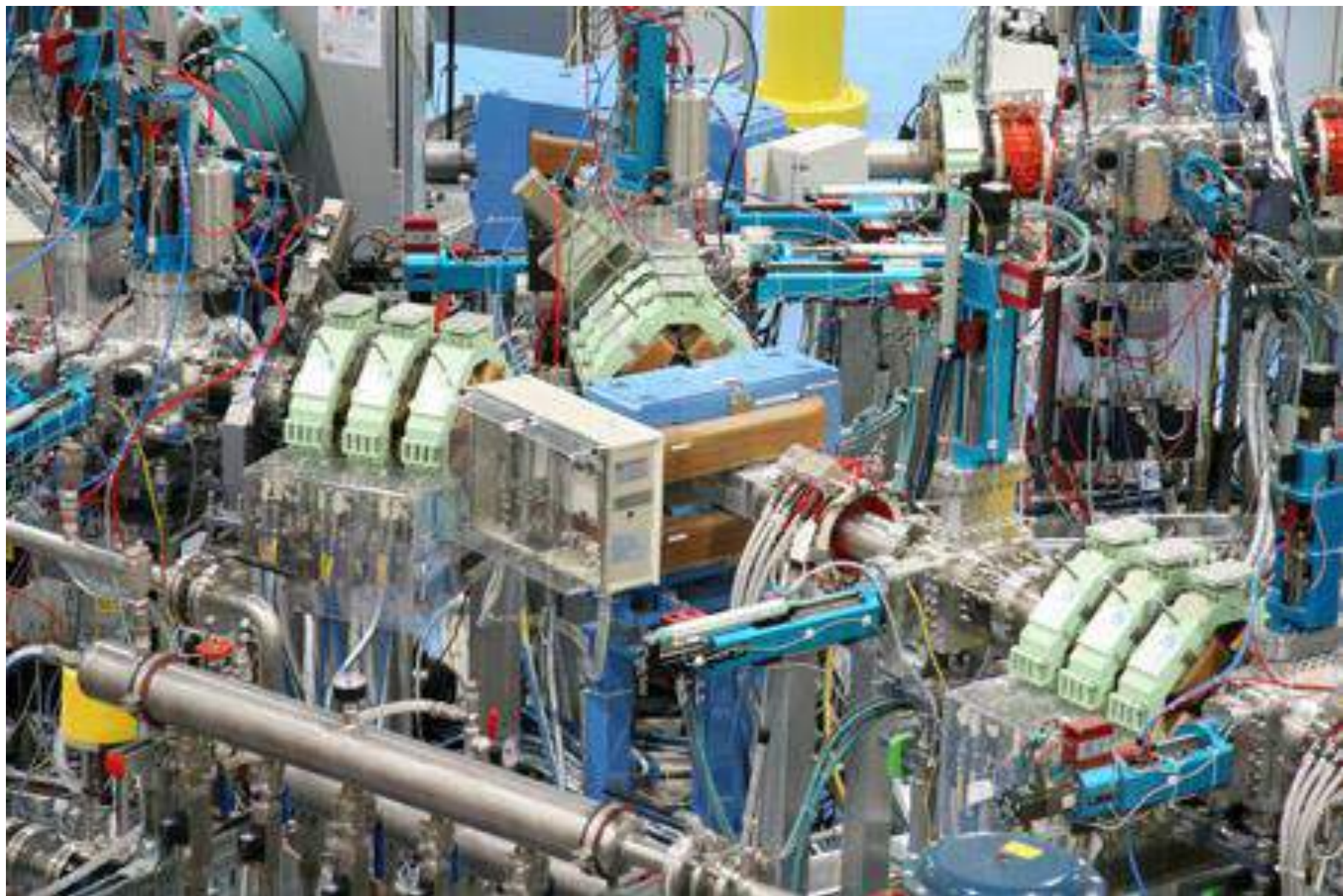
Il bunker sotterraneo del Centro Nazionale copre una superficie di 3500 metri quadrati. Nella figura si vedono tre sorgenti di ioni (protoni, ioni carbonio e ioni berillio oppure litio per sviluppi futuri), il linac iniettore, il sincrotrone di 25 metri di diametro e tre sale di trattamento. La sala centrale permette irraggiamenti orizzontali e verticali.

Conosciamo il CNAO

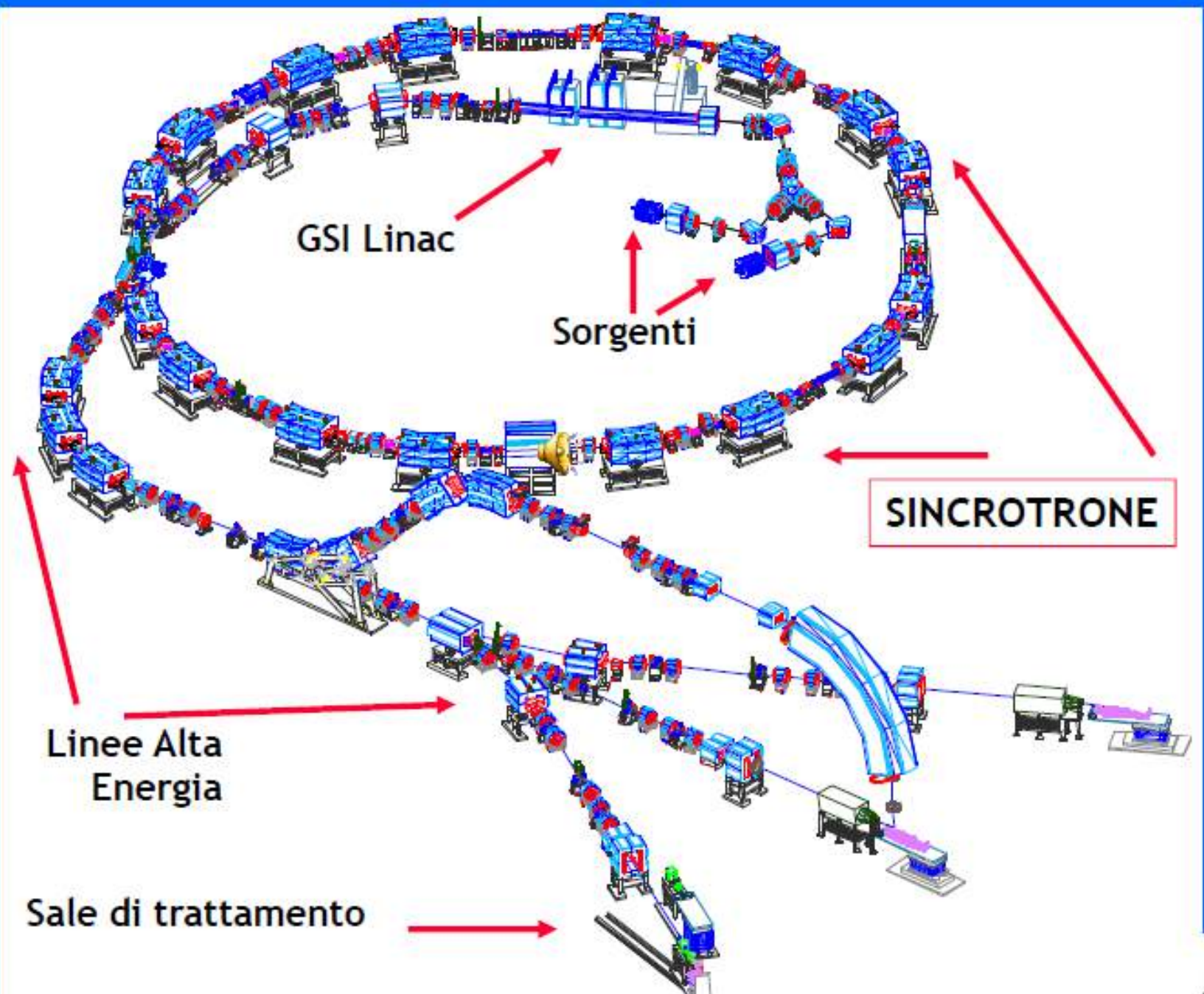


Scopriamo l'alta tecnologia del CNAO facendo un tour e seguendo il fascio dall'origine fino al paziente ...

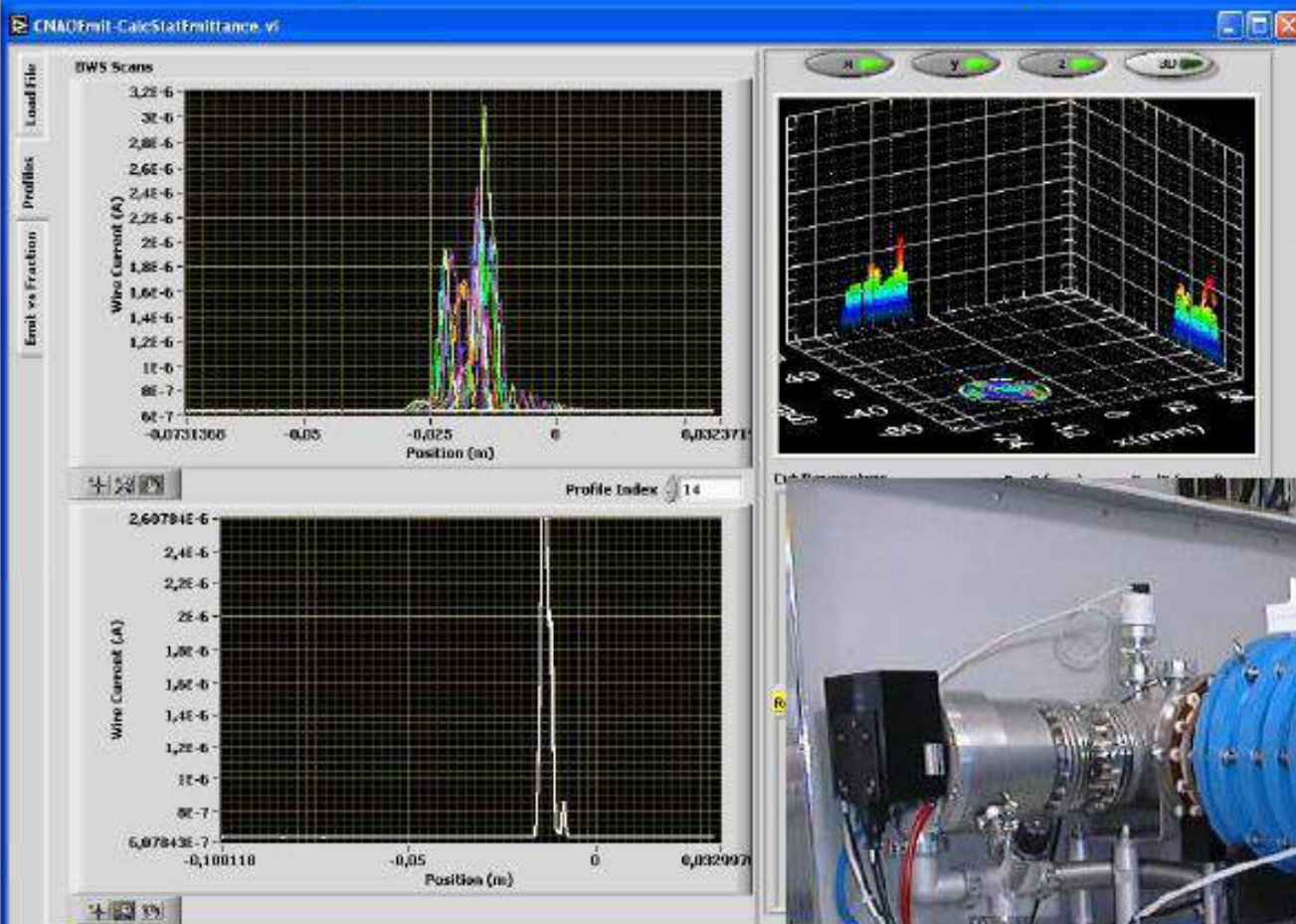




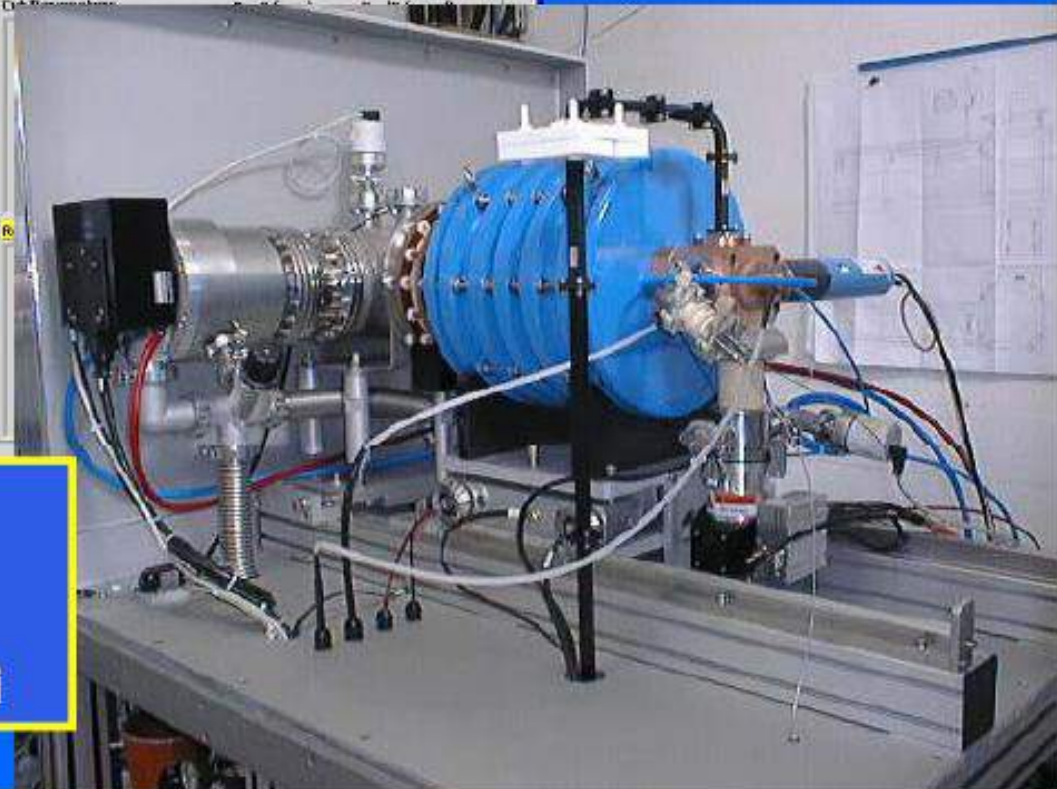




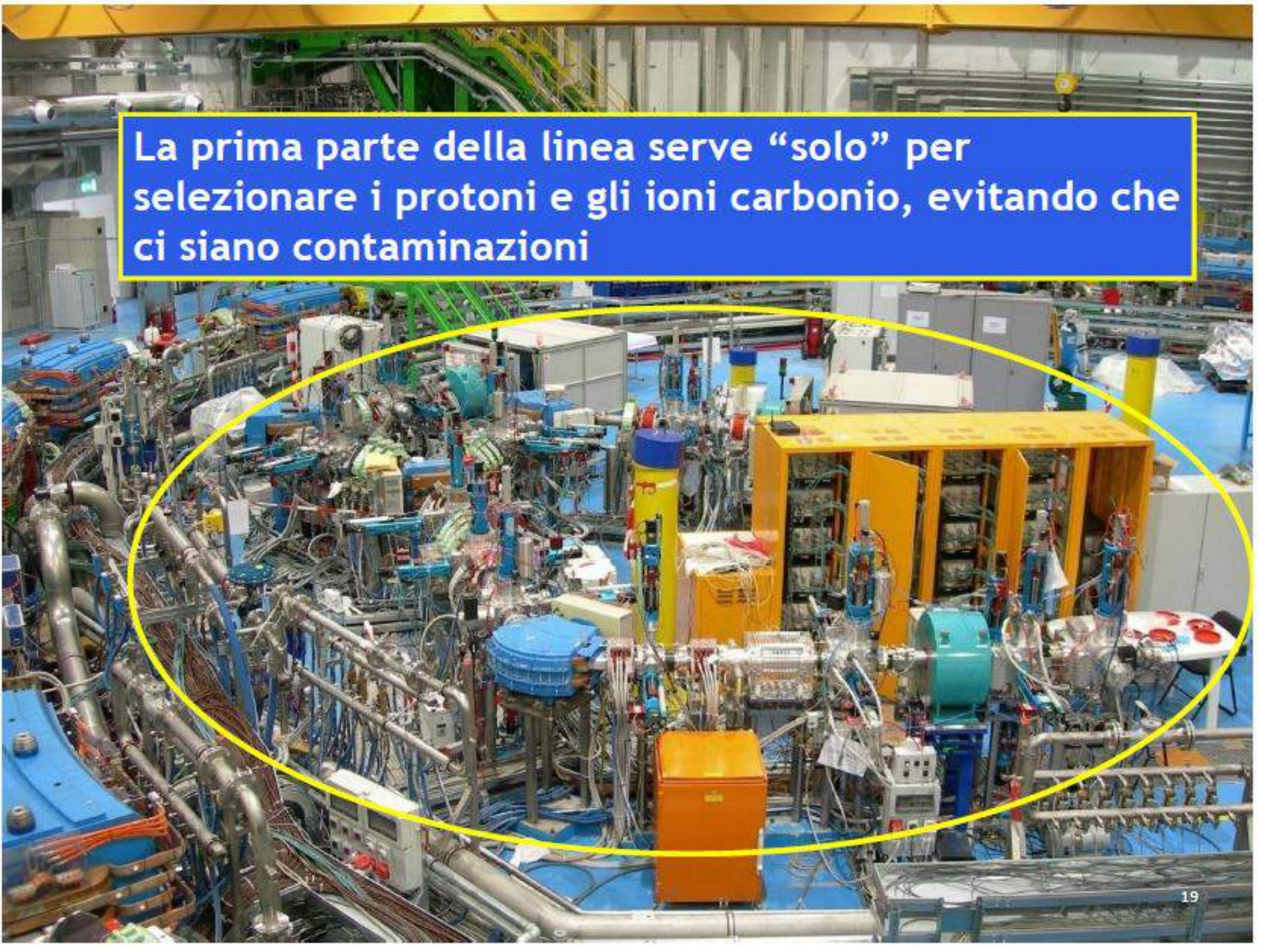
Le sorgenti ... dove si creano i protoni e gli ioni carbonio

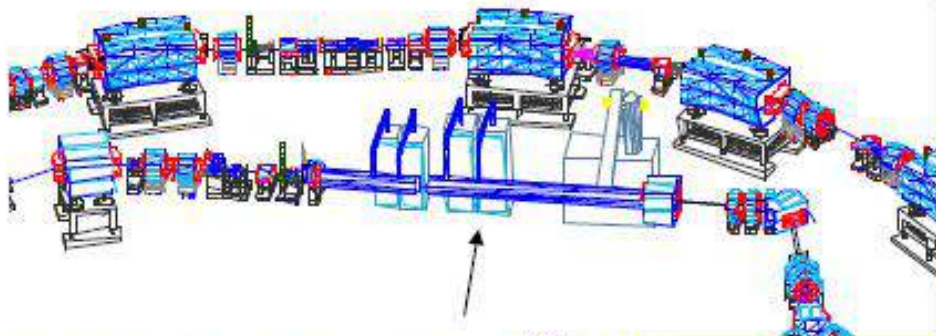


Ogni sorgente produce una nuvoletta formata da 1 miliardo di ioni carbonio oppure 10 miliardi di protoni



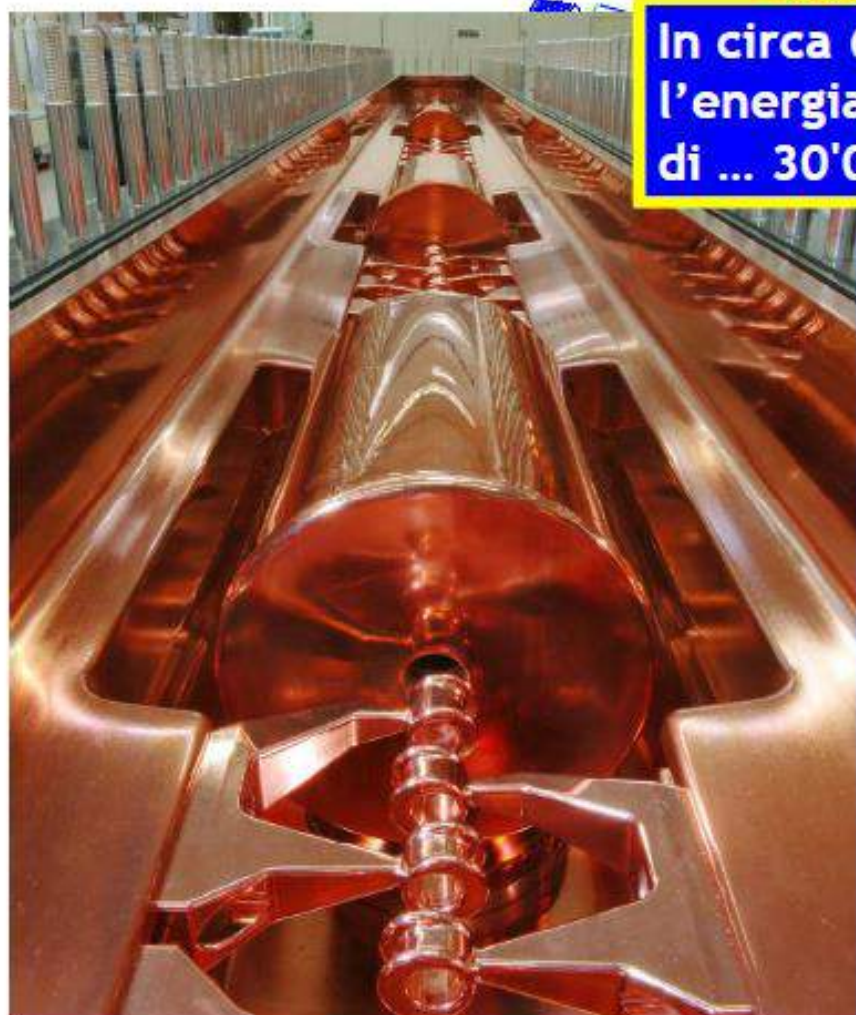
La prima parte della linea serve “solo” per selezionare i protoni e gli ioni carbonio, evitando che ci siano contaminazioni



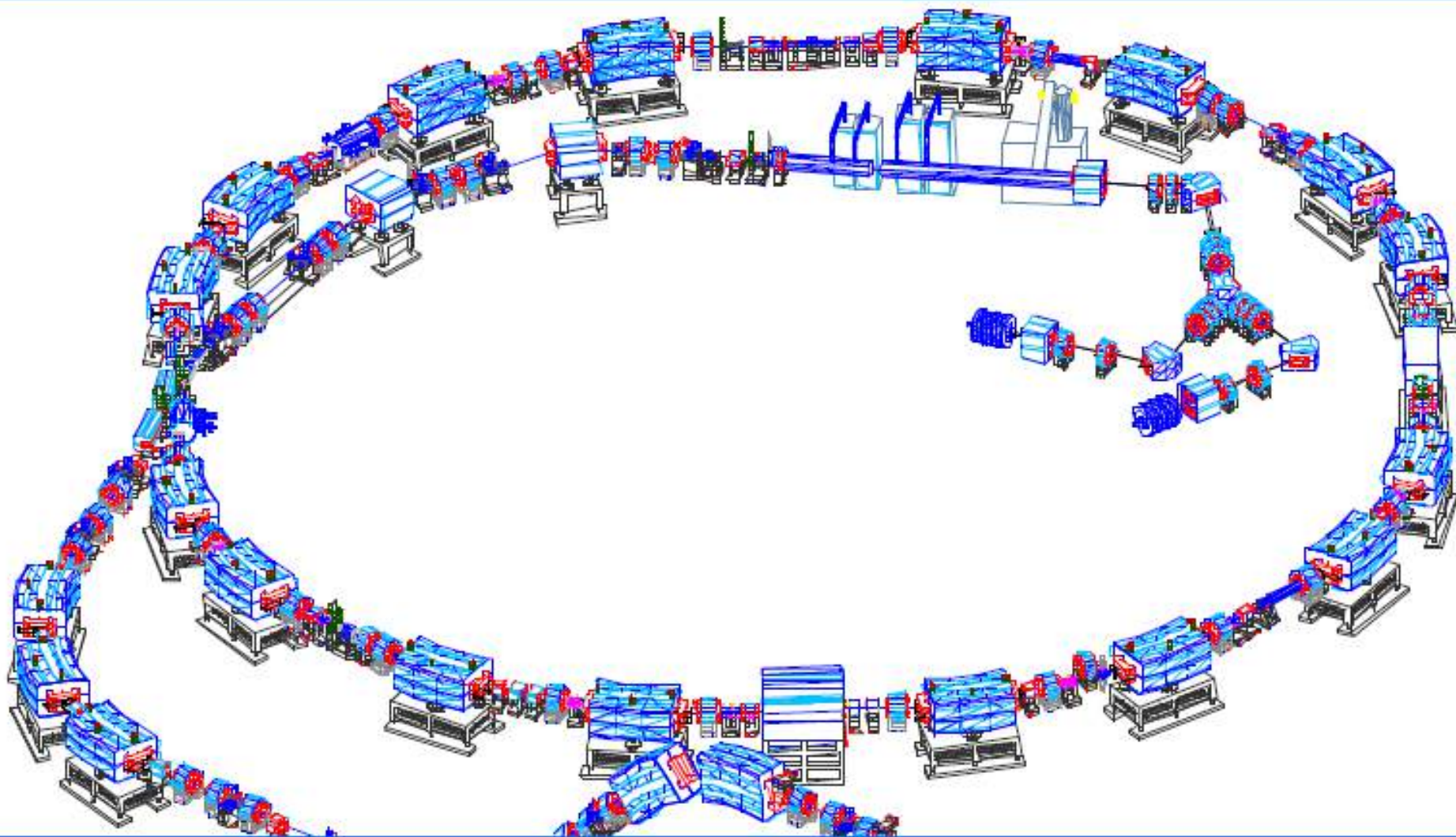


CNAO Tour - il Linac

In circa 6 metri il fascio accelera e aumenta l'energia di 1000 volte - arrivando alla velocità di ... 30'000 km/sec



Dal linac al sincrotrone ...



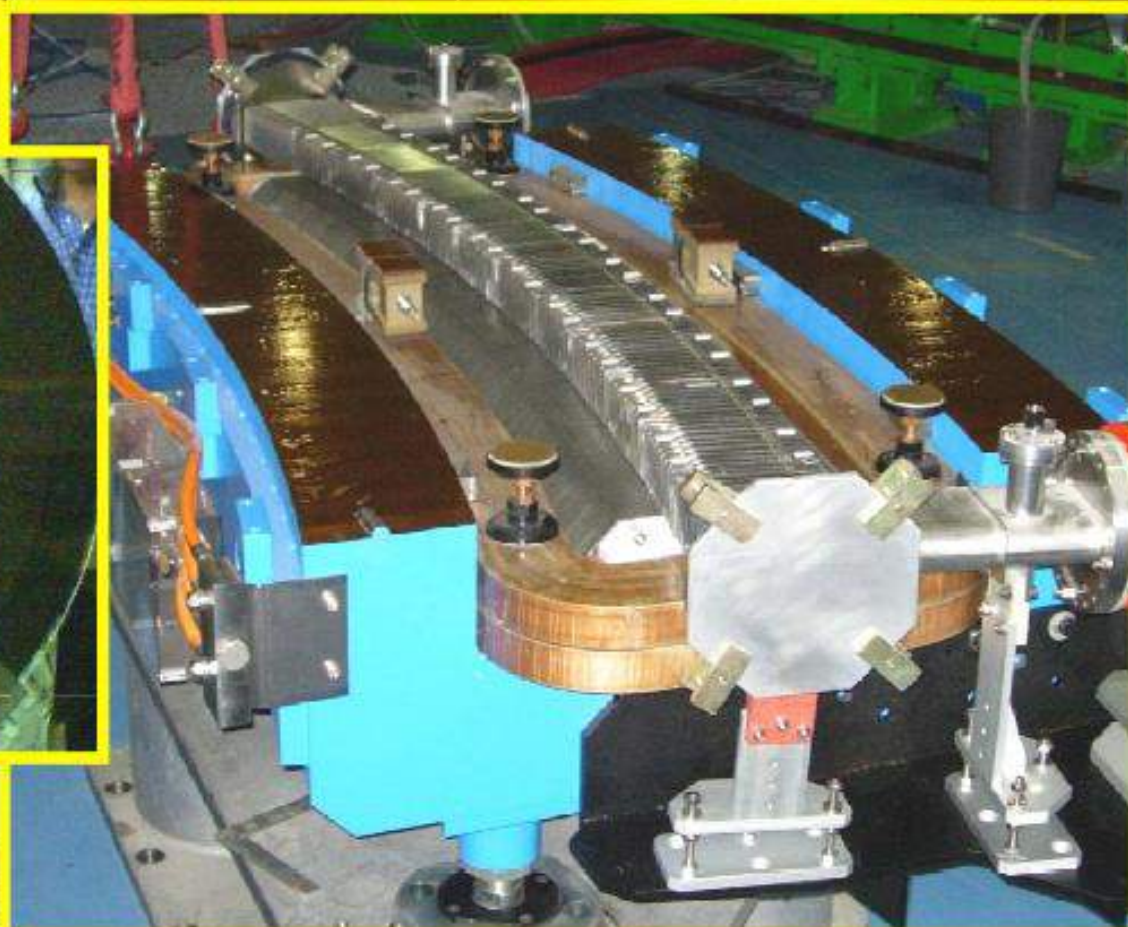
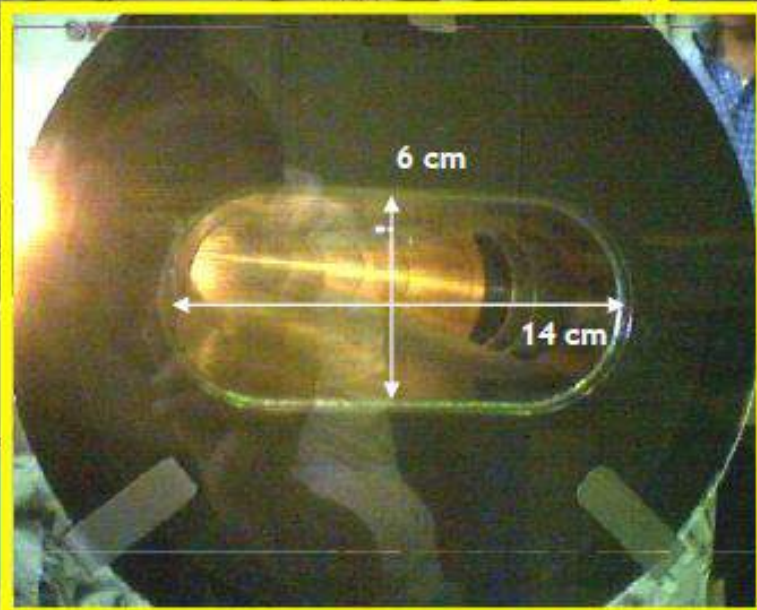
IL SISTEMA MAGNETICO

LA FORZA CRESCE CON L'AUMENTARE DELLA VELOCITA'
SINCRO-TRONE

20 Correttori
per guidare

24 Quadrupoli
per contenere

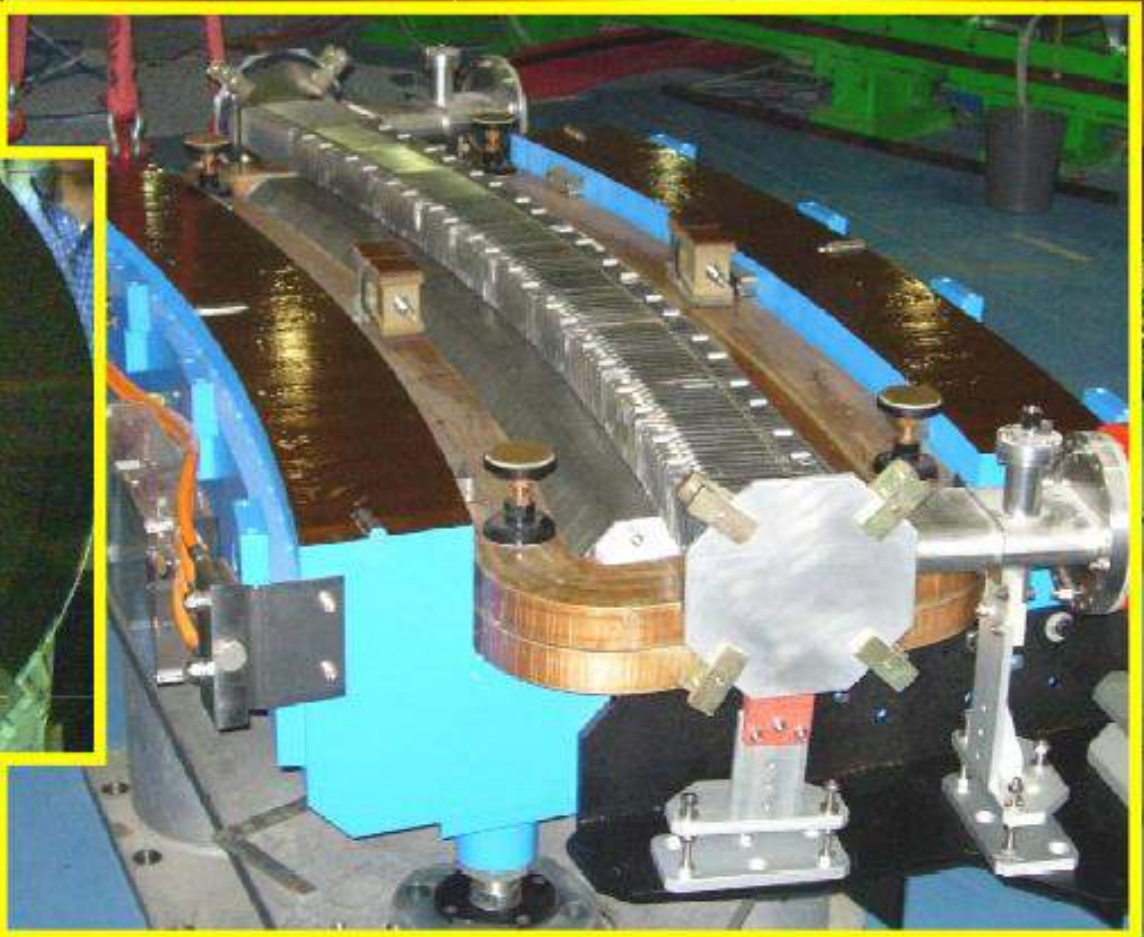
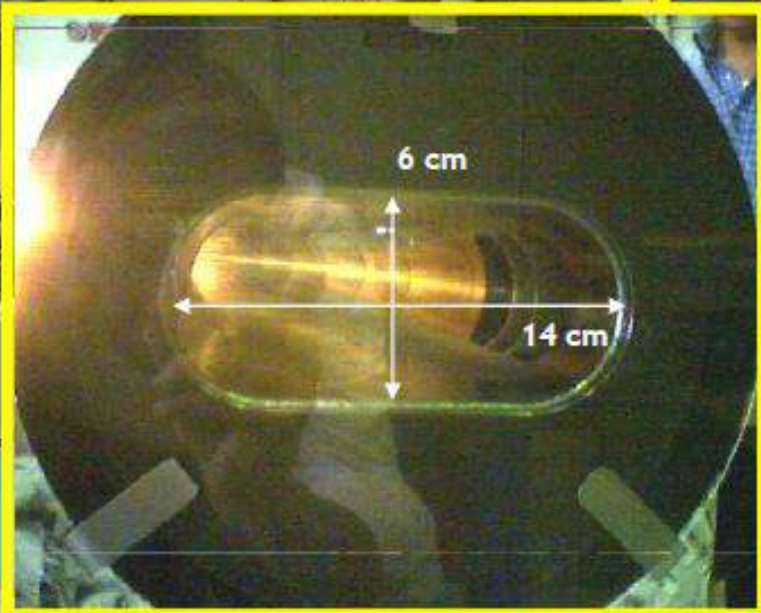
16 Dipoli
per curvare



IL SISTEMA DA VUOTO

I protoni e gli ioni carbonio circolano in un tubo di acciaio in cui è fatto il vuoto interstellare.

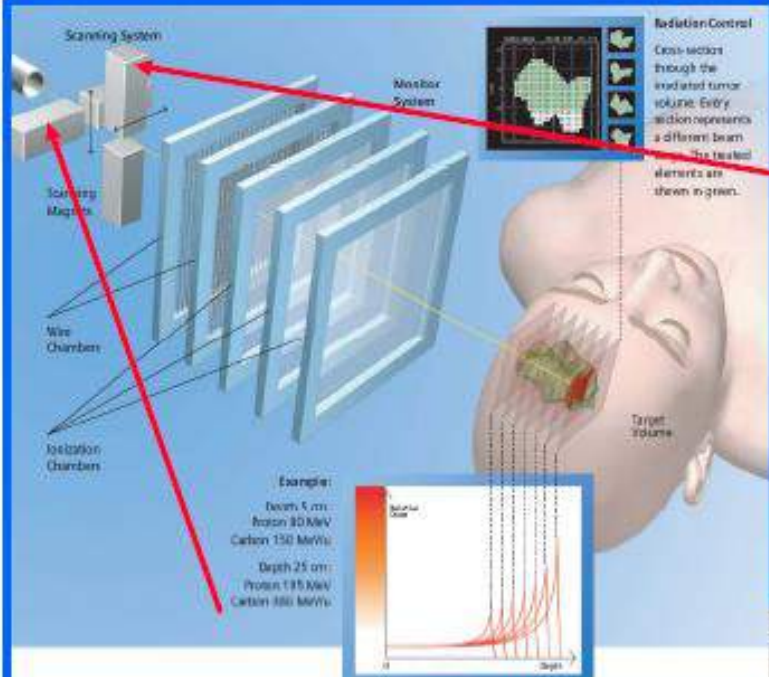
La pressione è 1 migliaio di miliardi di volte inferiore alla pressione atmosferica



IL SISTEMA DA VUOTO

I protoni e gli ioni carbonio circolano in un tubo di acciaio in cui è fatto il vuoto interstellare.

La pressione è 1 migliaio di miliardi di volte inferiore alla pressione atmosferica

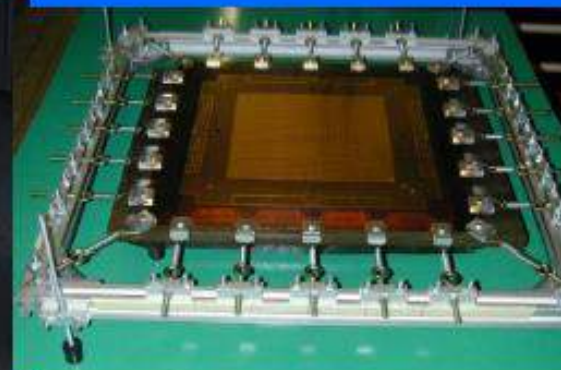
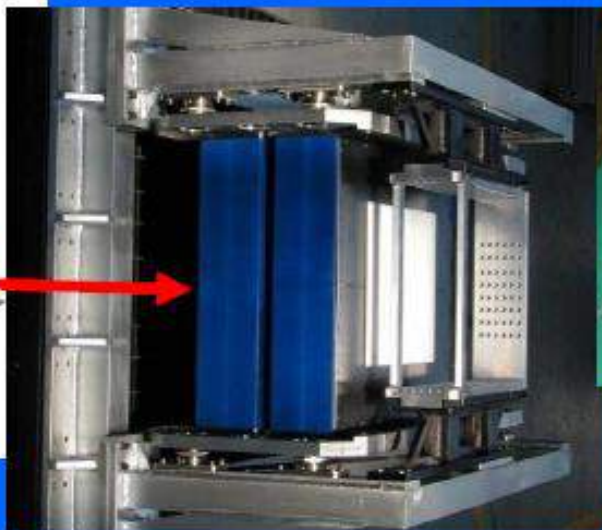
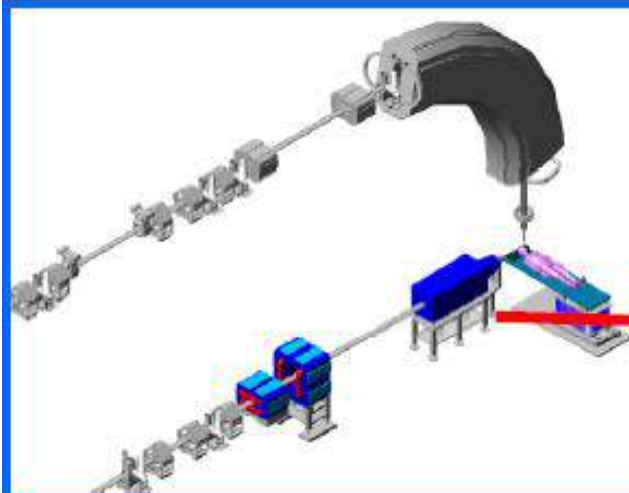


I magneti di scansione

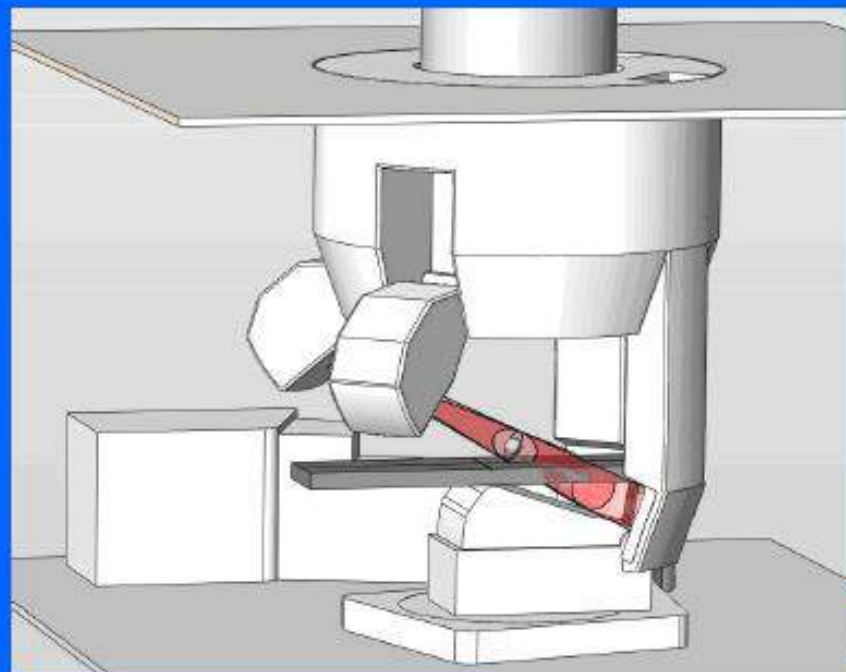


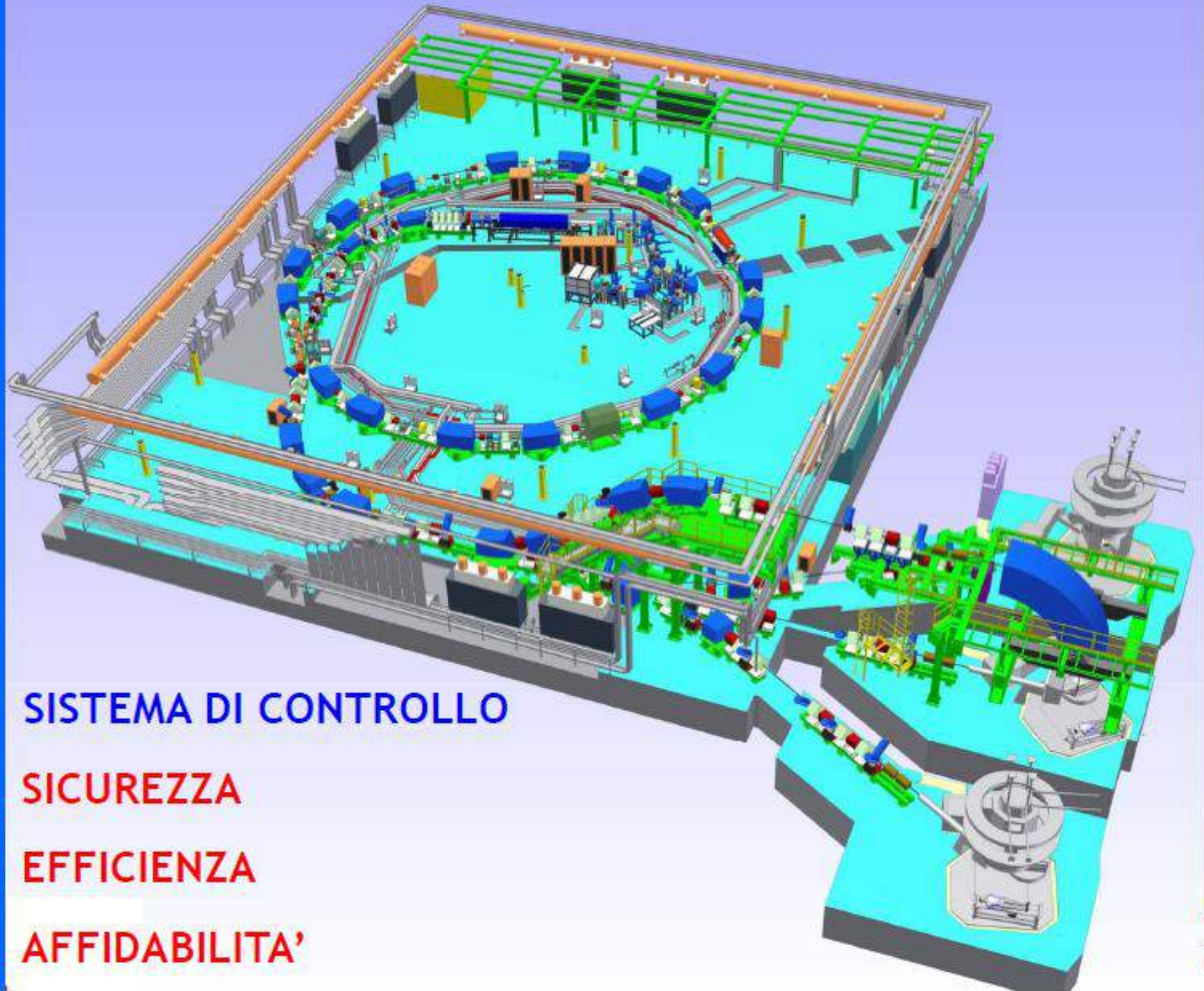
Con questi magneti si “dipingono” la fetta tumorale selezionata con il fascio.

Il fascio si muove al doppio della velocità di un corridore centrometrato.



MISURA DEI FASCE E POSIZIONAMENTO DEL PAZIENTE





SISTEMA DI CONTROLLO

SICUREZZA

EFFICIENZA

AFFIDABILITA'

La fase di funzionamento

A regime, nelle tre sale di trattamento, il CNAO effettuerà circa 20'000 sedute di adroterapia all'anno che corrispondono, secondo le previsioni mediche, a circa 3000/3500 pazienti all'anno

Nella sala sperimentale (la linea sperimentale è in fase di progettazione) e nelle aree dedicate e laboratori sarà possibile sviluppare la ricerca clinica, radiobiologica e traslazionale.

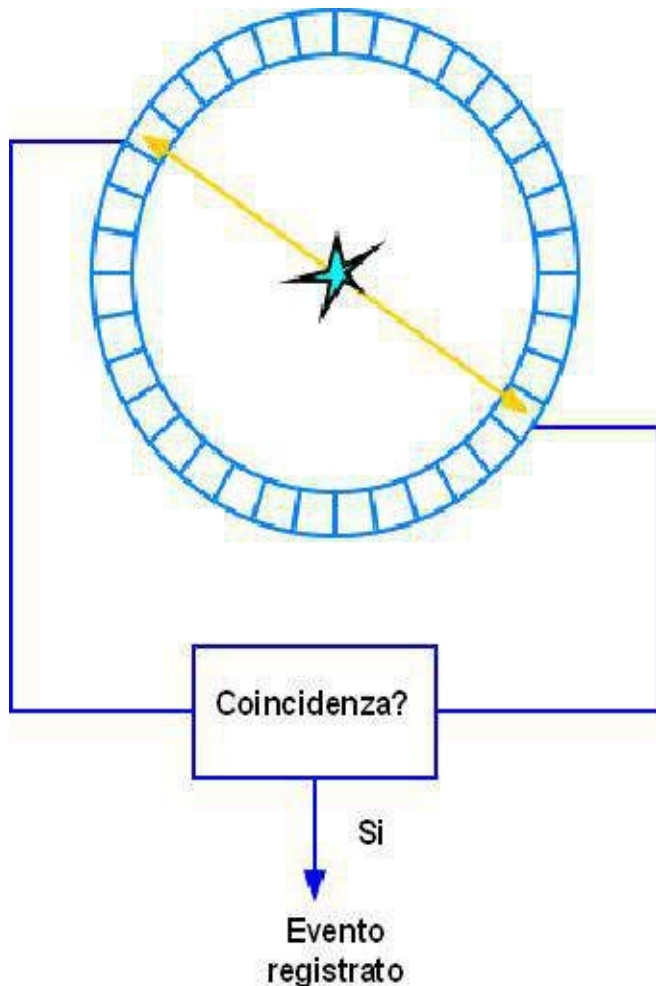
Prossimamente.....

- Gating respiratorio (tumori polmonari)
- Melanoma oculare
- Tumori pediatrici

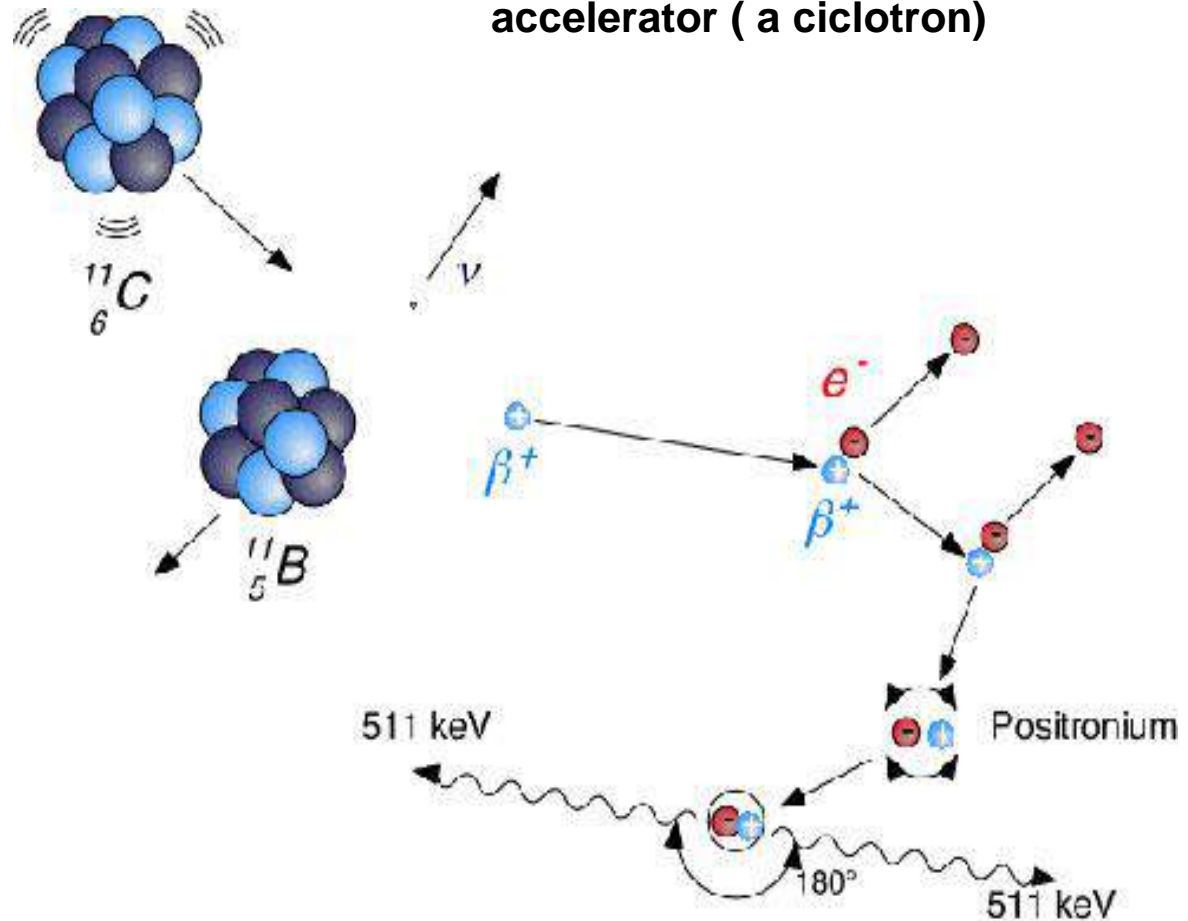
Positron Electron Tomography

It is a technique used to see inside the body

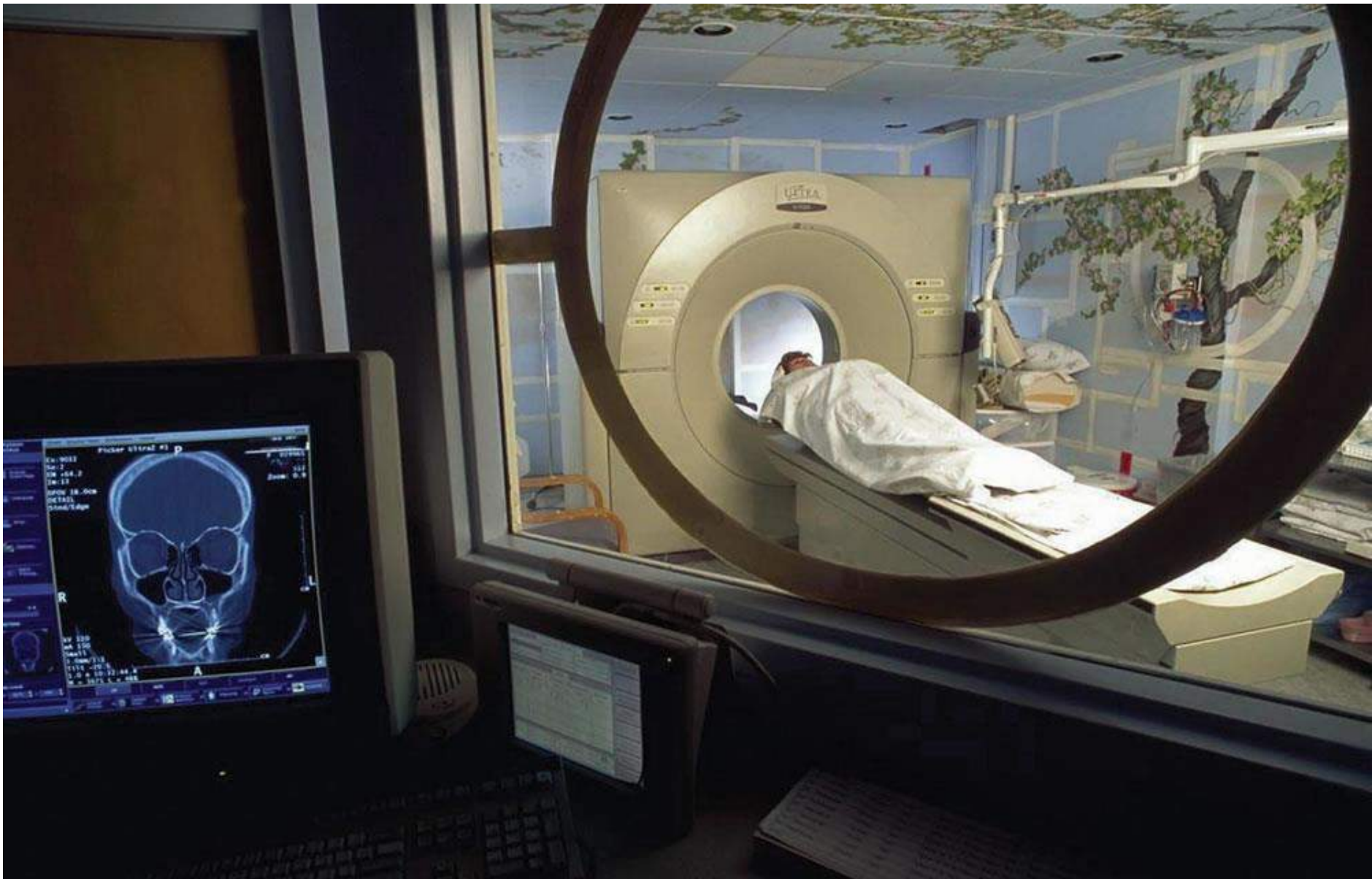
A PET apparatus has ~ 10.000
 Γ Ray detectors



One injects in the patient a substance containing a radioactive isotope (as C11 – glucosium). The radioactive substance is produced in an accelerator (a ciclotron)







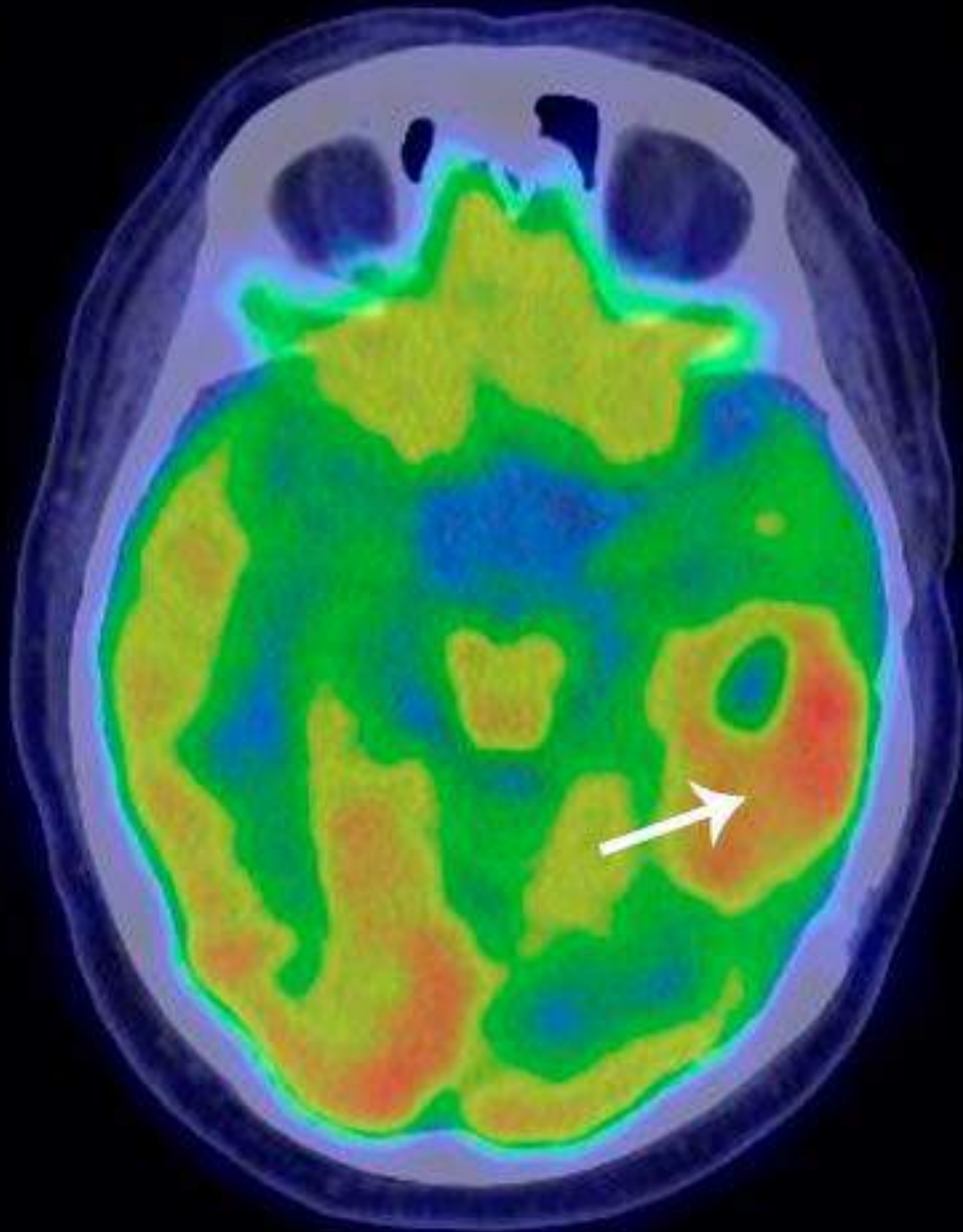
Folder: 01042 #1 p

EX: 0022
Ser: 2
IM: 164.7
IM: 13
Dose: 18.00u
DC: 12.01
Stand: Edge

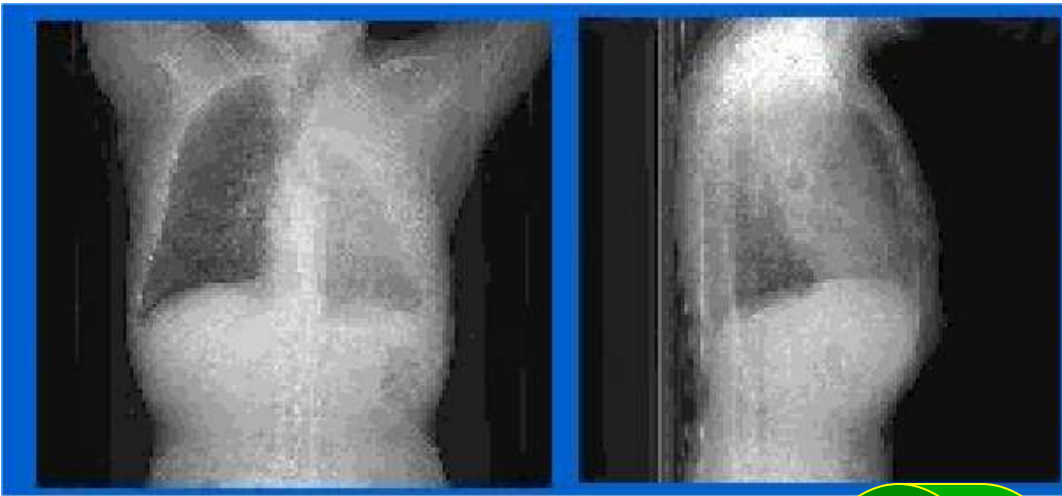
R L

EX: 200
MA: 100
Time: 11.3
1114 - 10.5
11.2 * 10.11.04.4
M: 2075 L: 208

A

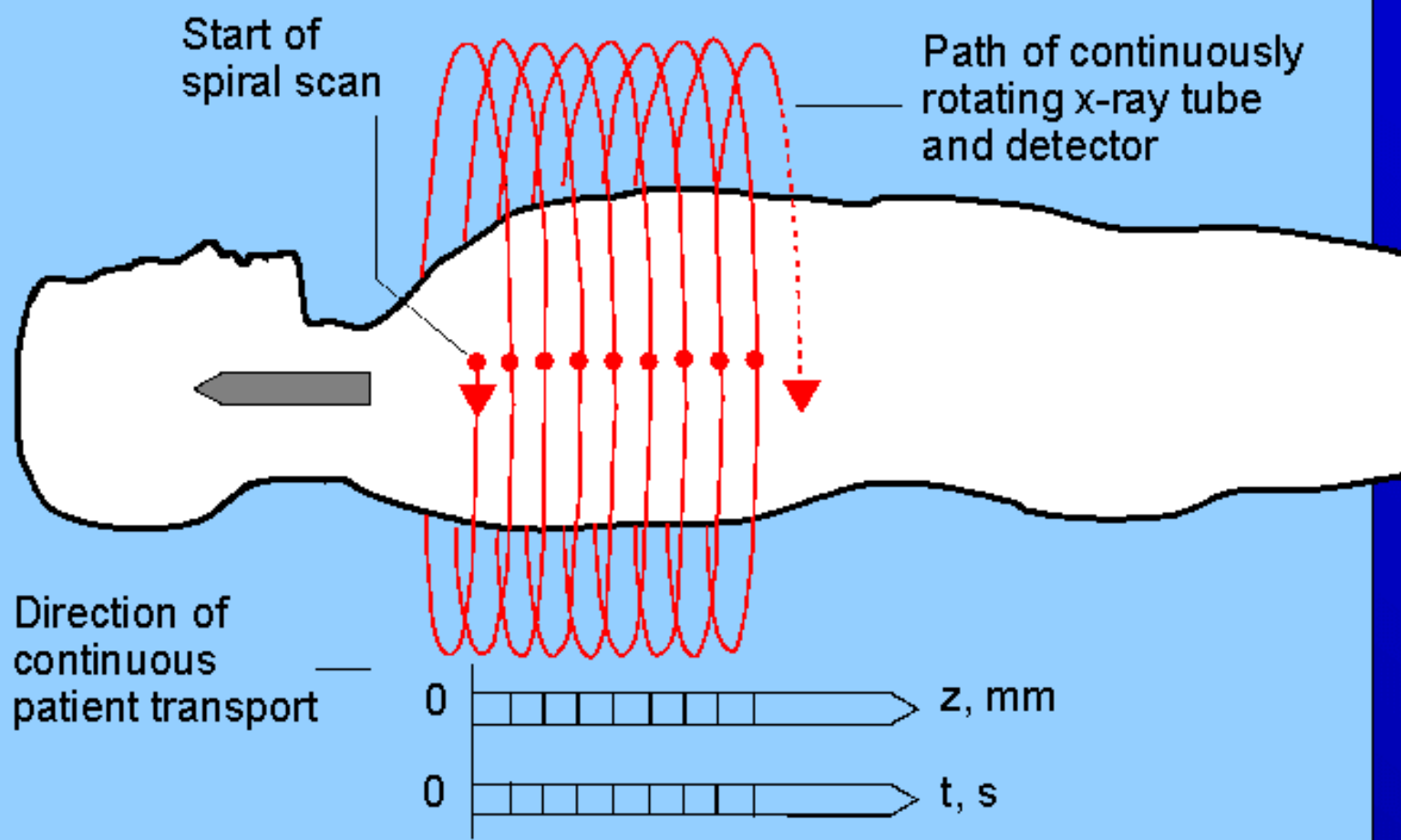


Computerized Tomography



CT allows to have a 3-dimensional map of the body

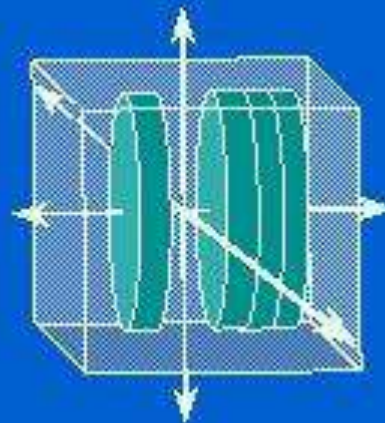
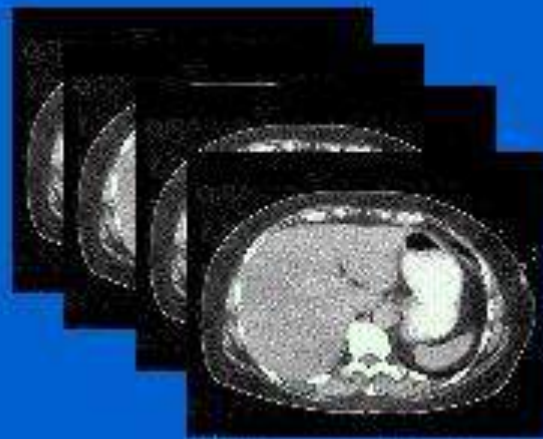






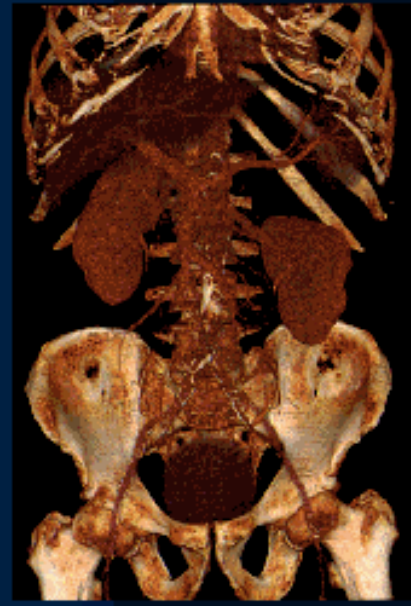
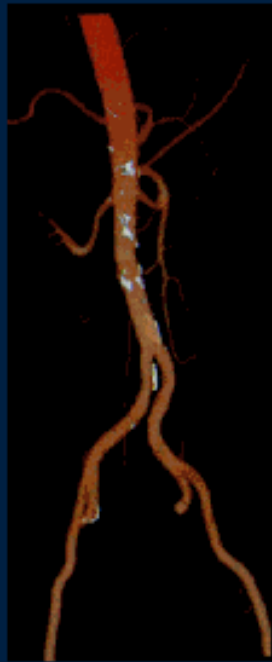
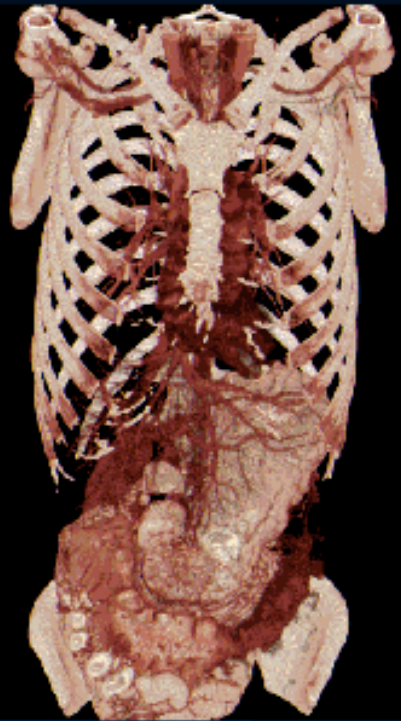
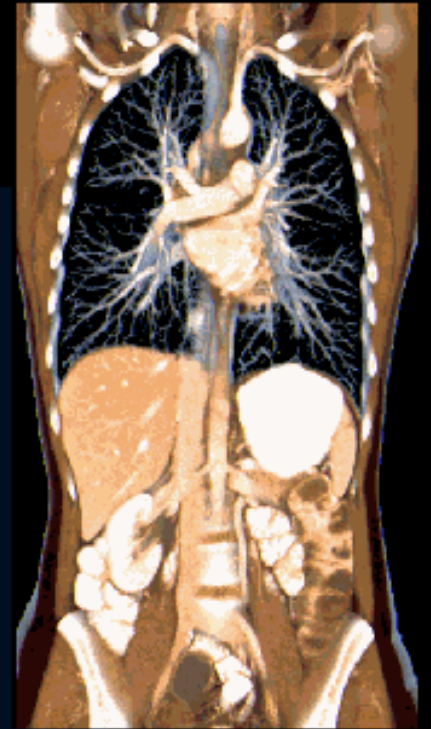
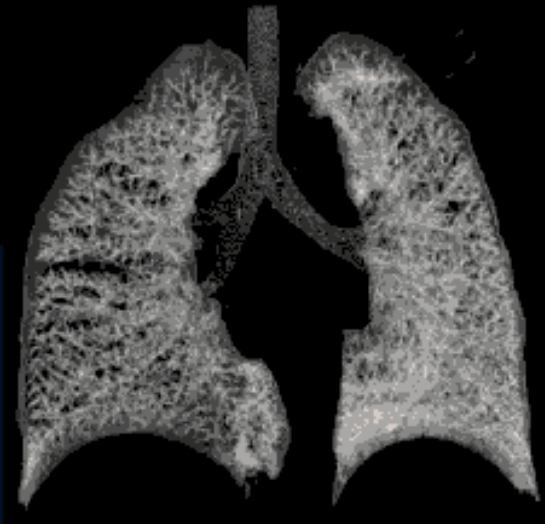
3-D Visualisation

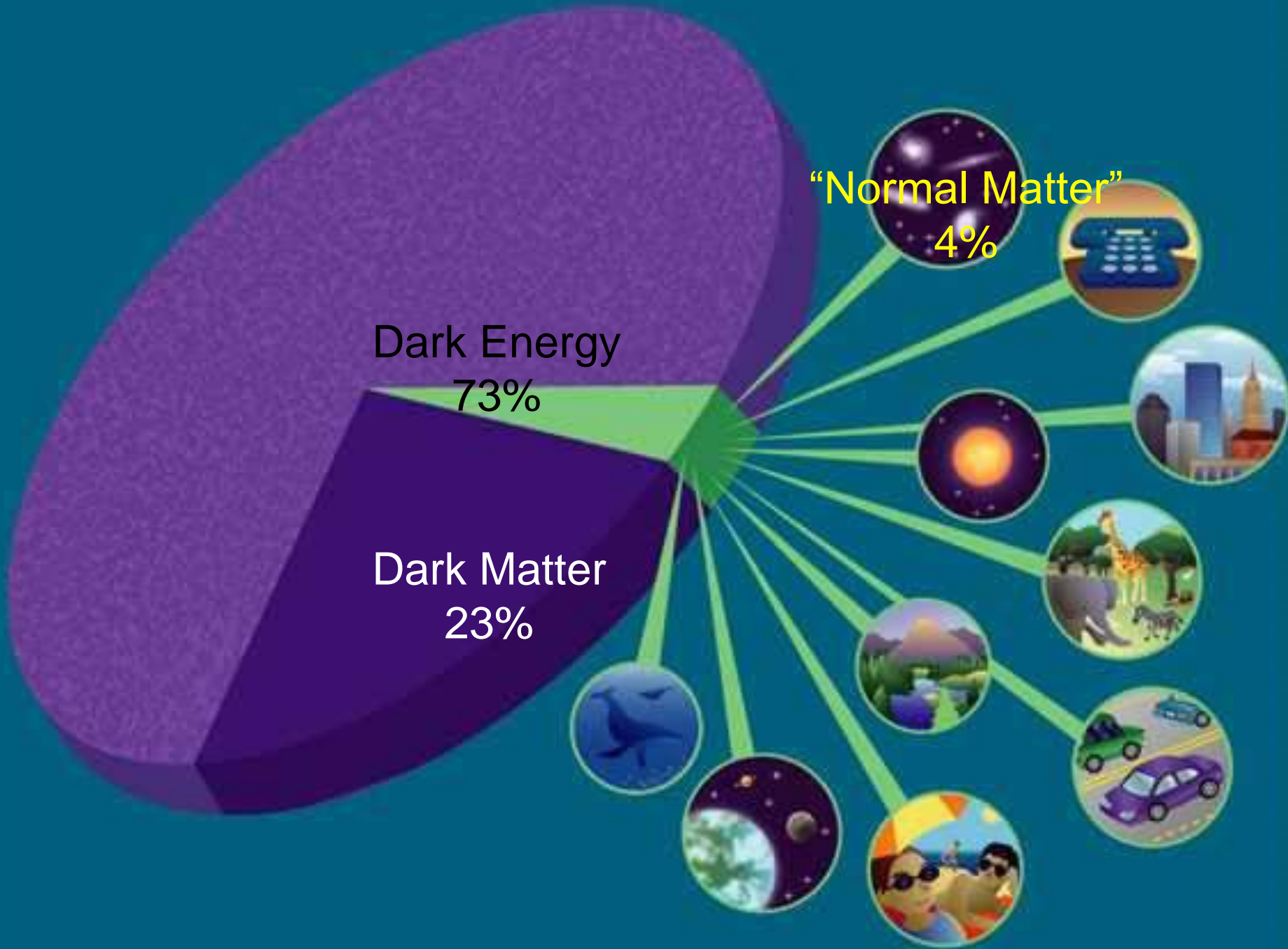
- Greater application with multi-slice



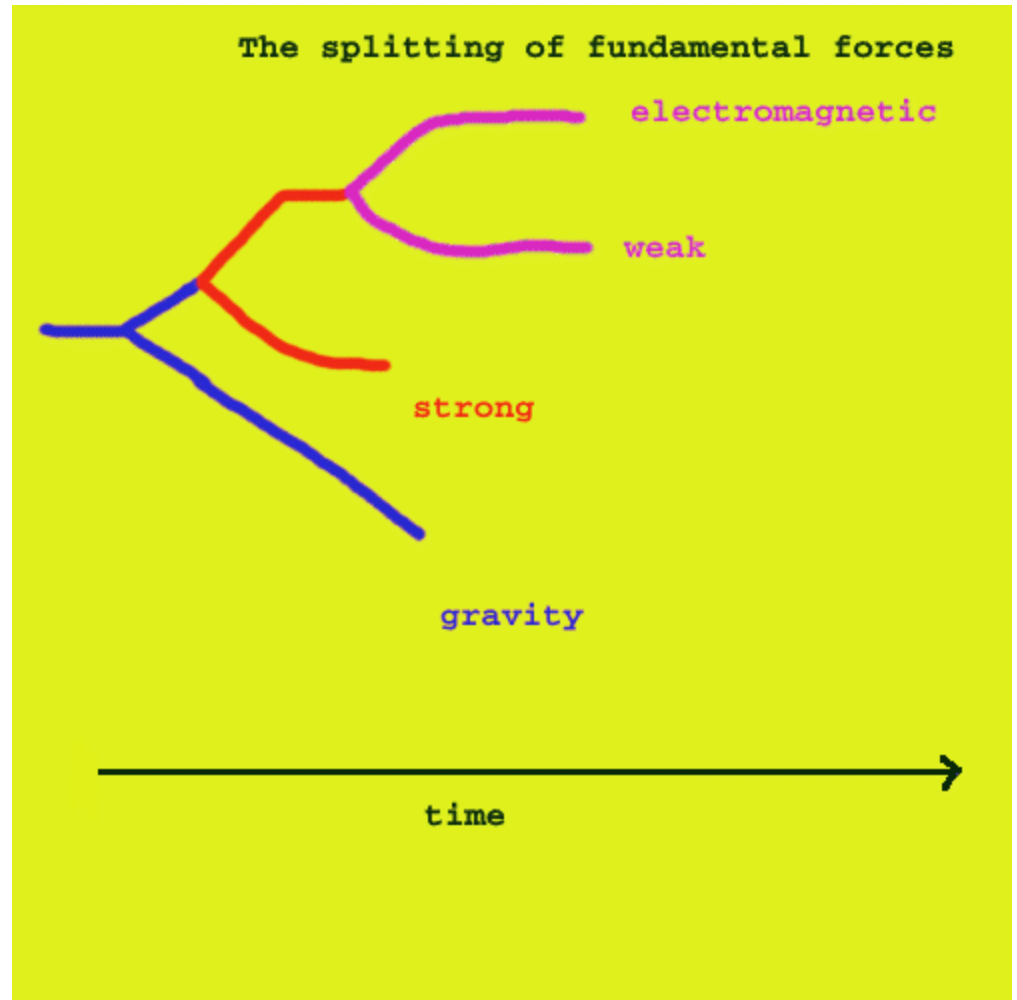
70 sec, 2.5 mm





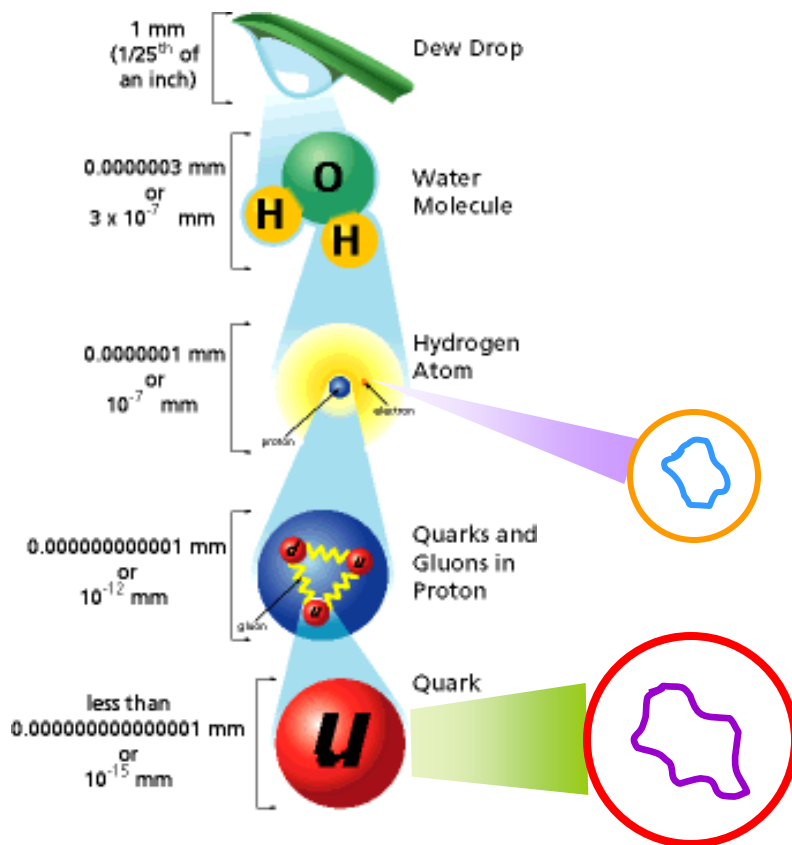


L'unificazione di tutte le forze?



Questioni Aperte

- Le particelle sono veramente puntiformi ?

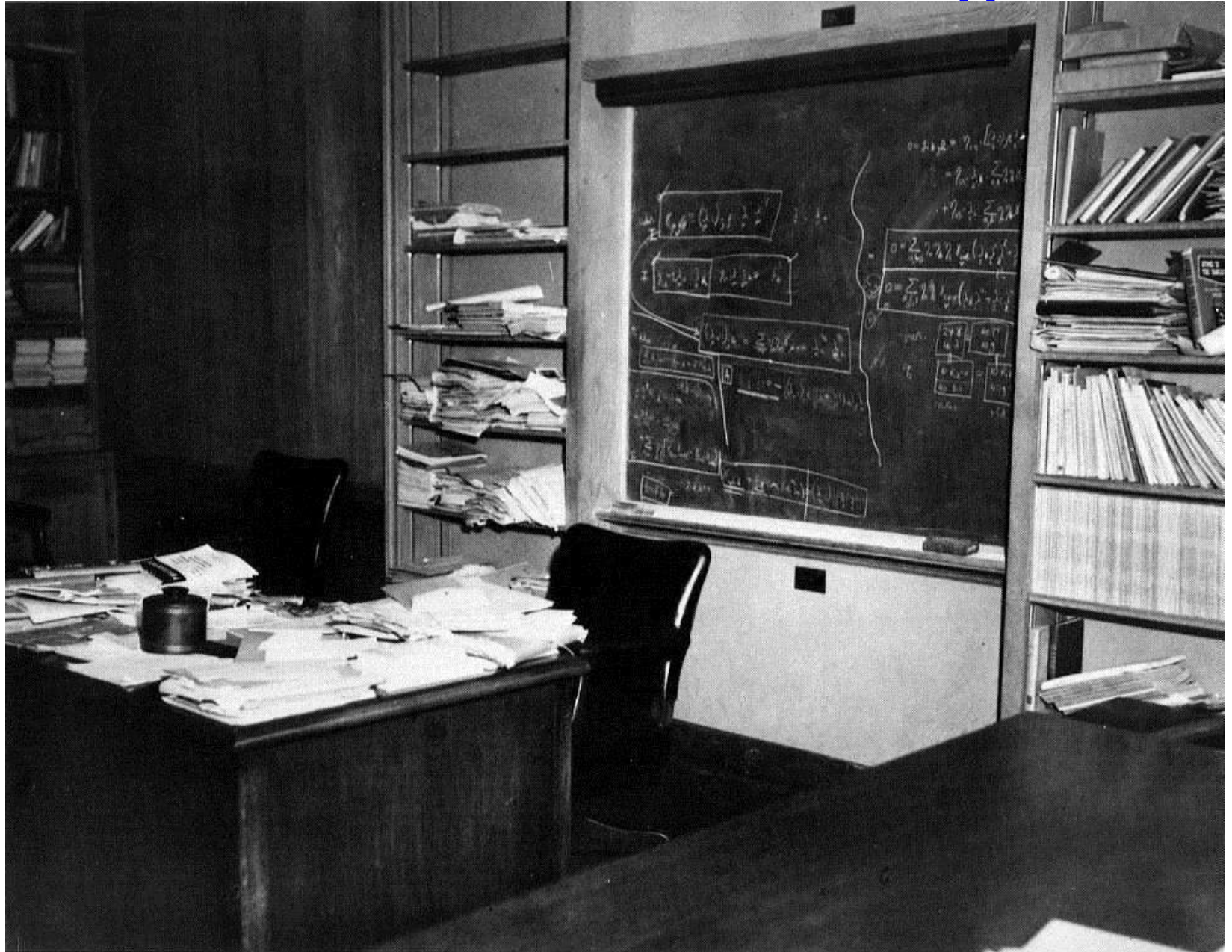


Teoria delle Stringhe

ulteriore livello
microscopico: particelle
non sono puntiformi, ma
piccoli (10^{-33} cm) anelli
oscillanti

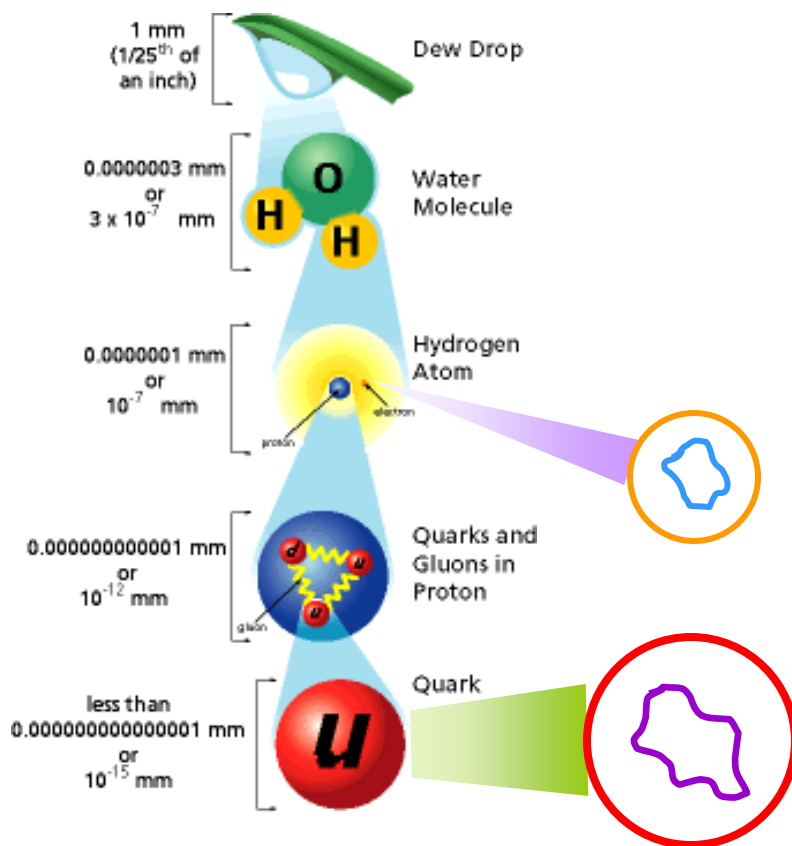
diversi stati di oscillazione
della stringa →
particelle diverse

Einstein – l'ultima lavagna



Questioni Aperte

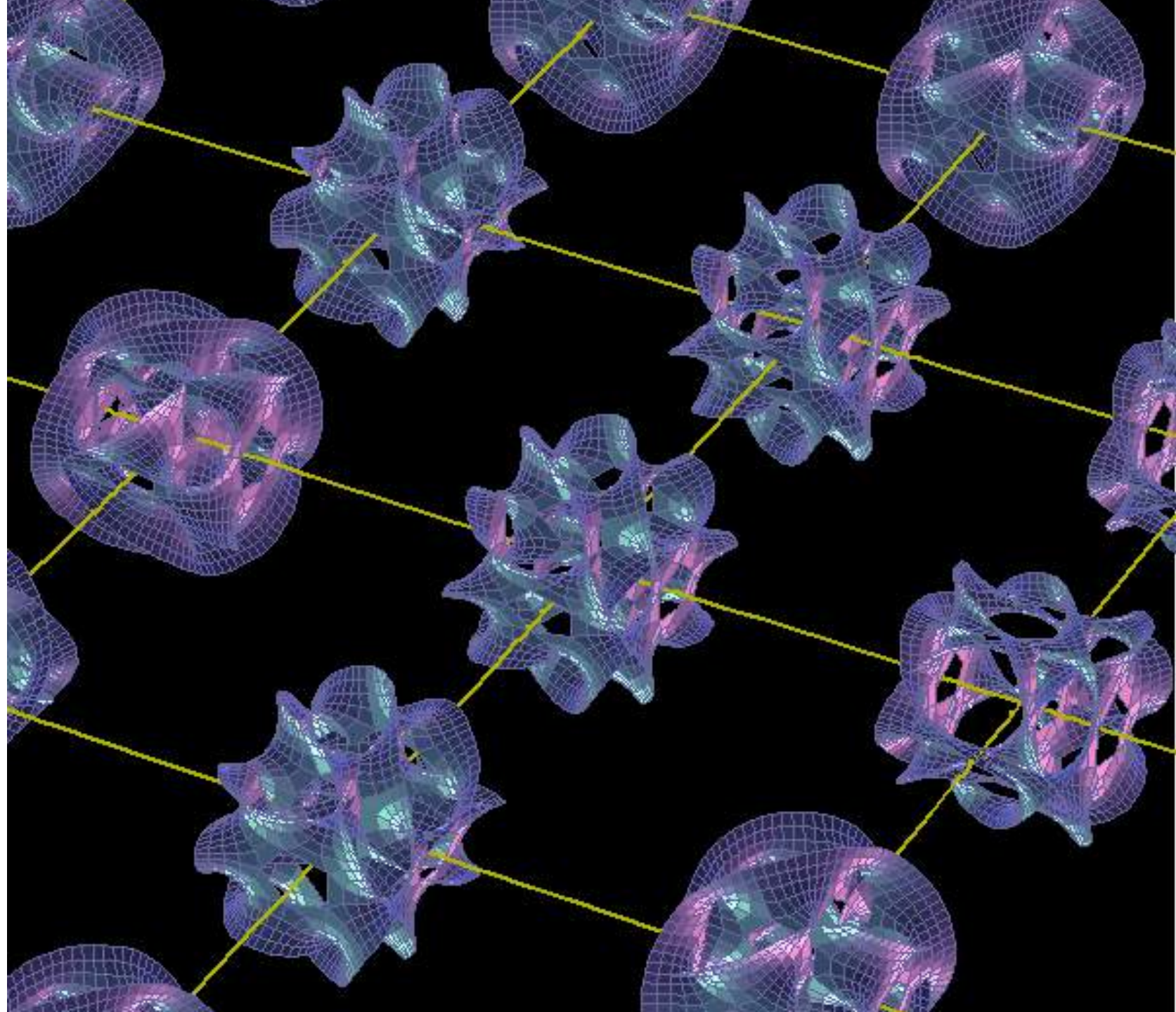
- Le particelle sono veramente puntiformi ?



Teoria delle Stringhe

ulteriore livello
microscopico: particelle
non sono puntiformi, ma
piccoli (10^{-33} cm) anelli
oscillanti

diversi stati di oscillazione
della stringa →
particelle diverse

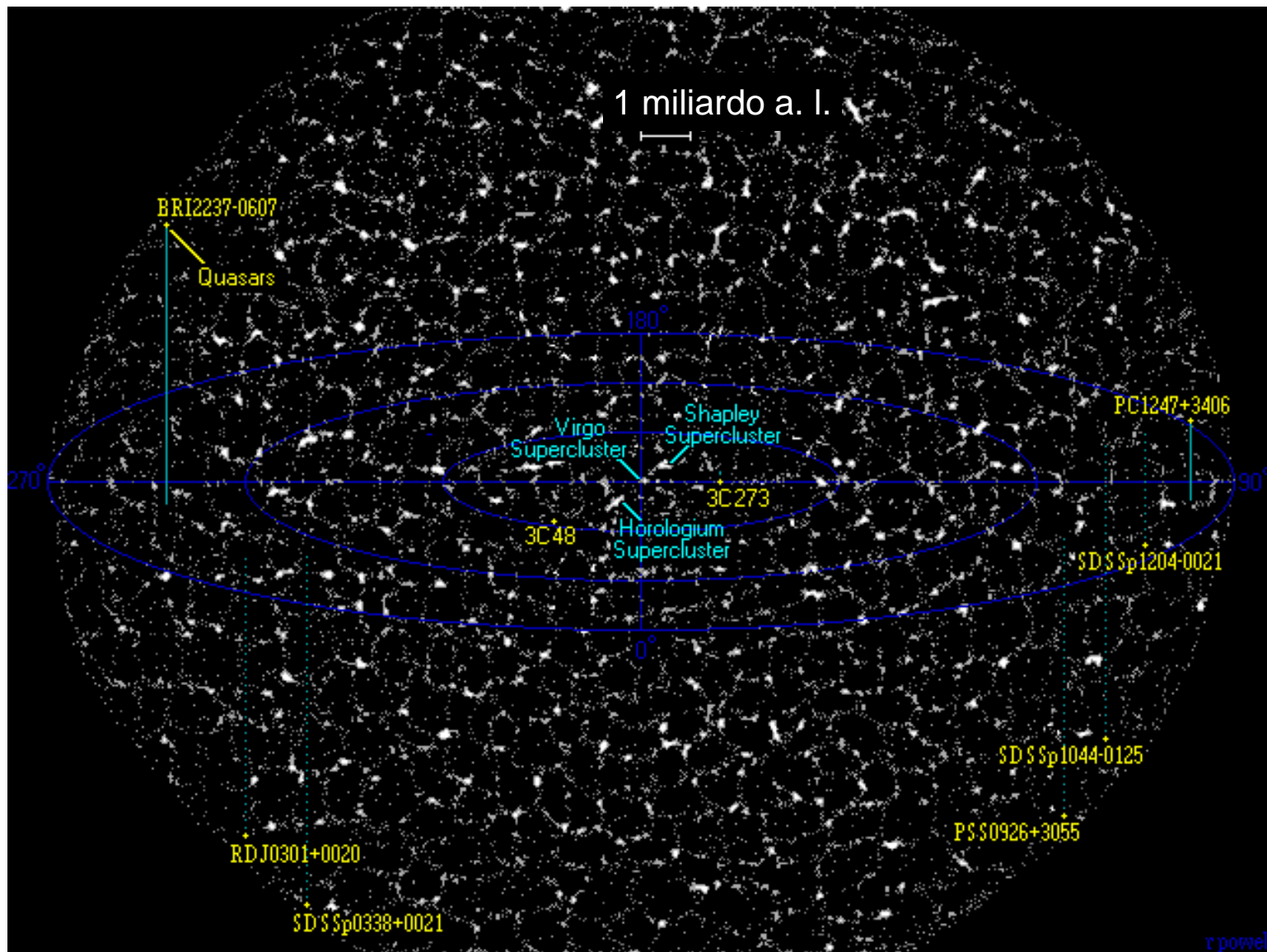


Per capire i buchi neri: gravita' quantistica!



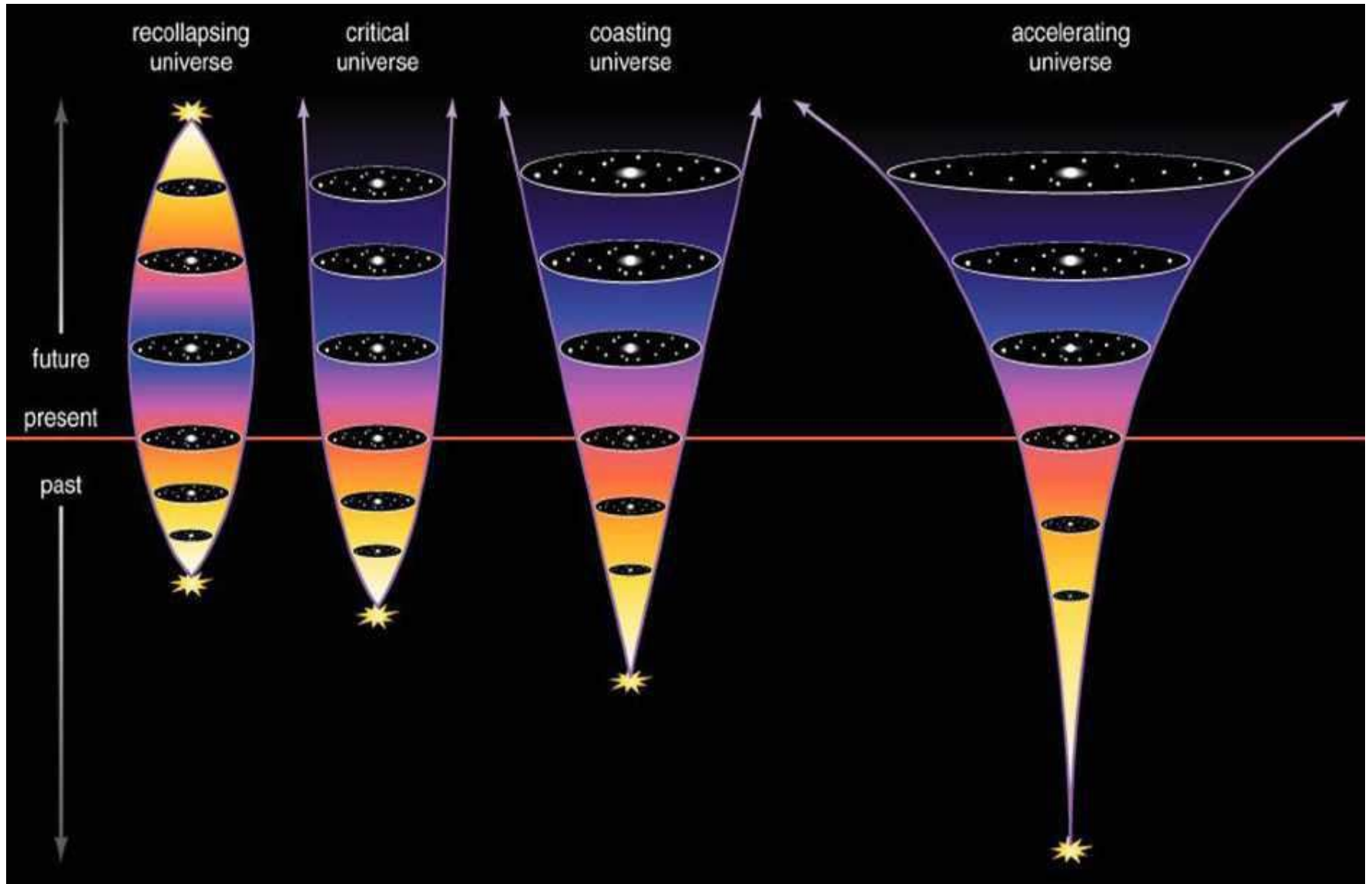
Lanciarsi in un buco nero?





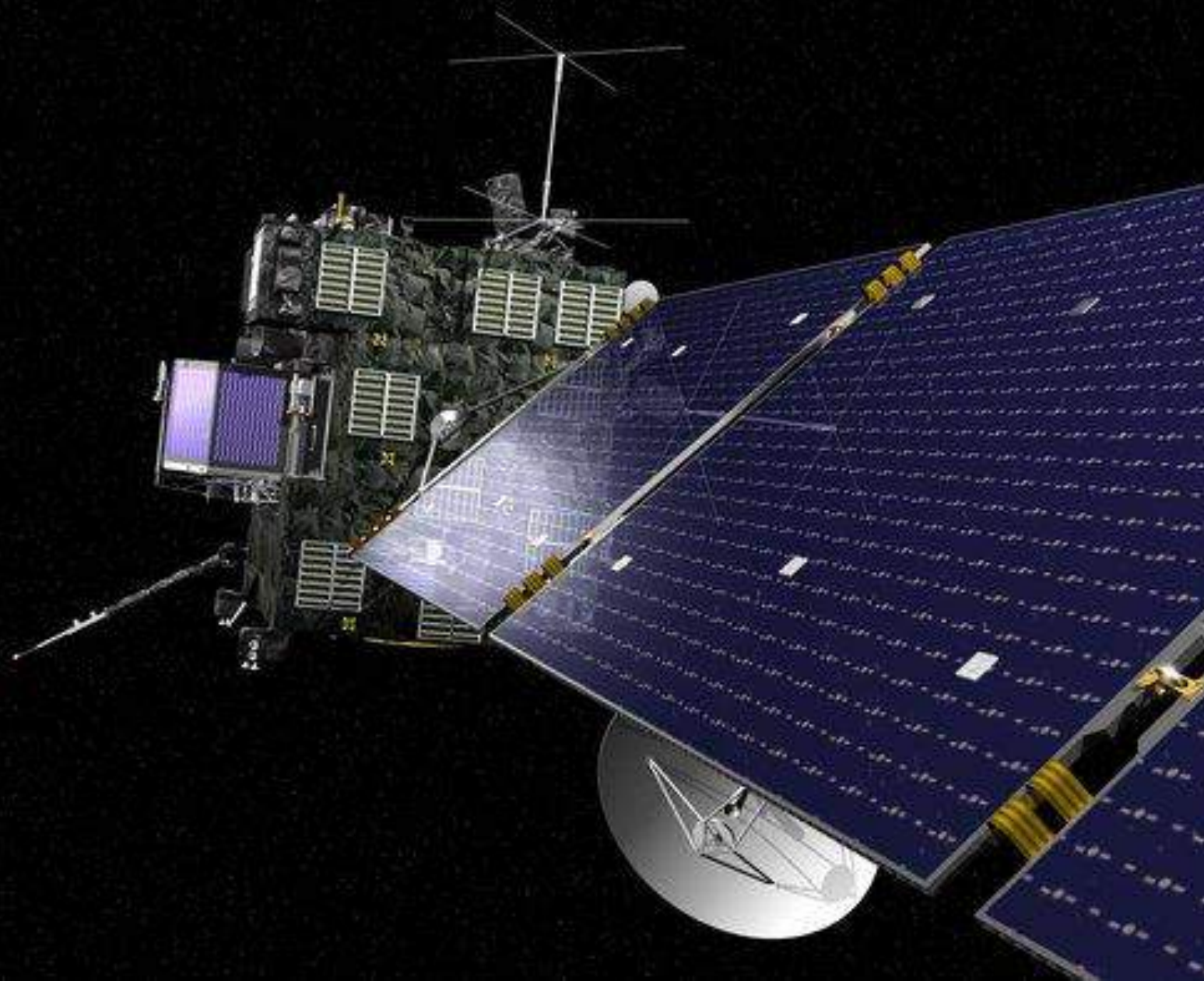
Zoom In x15

I modelli Cosmologici



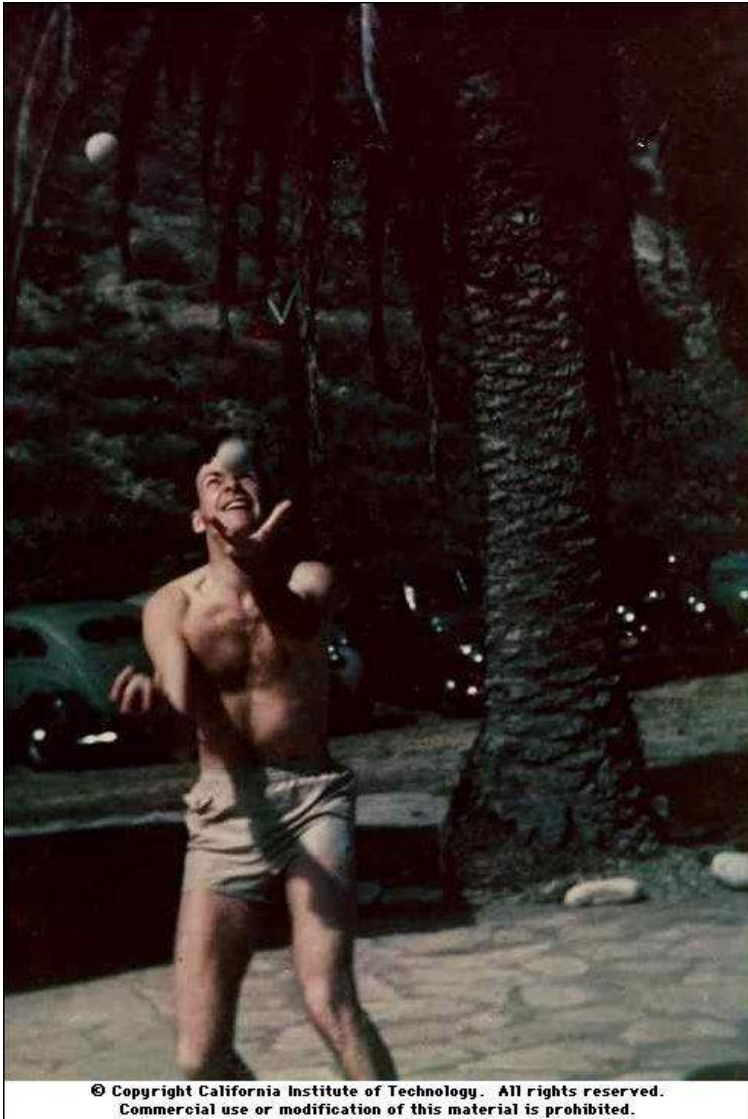






Feynman

*Fuori dalla culla
sulla terra asciutta
eccolo
in piedi;
atomi con la coscienza
materia con la curiosità.
In piedi davanti al mare
meravigliato della
propria meraviglia: io
un universo di atomi
un atomo nell'universo*



Dai buchi neri all'adroterapia

Un viaggio nella Fisica Moderna



 Springer

 izblu



Catalina Oana Curceanu, nata in Transilvania (Brasov, Romania), è Primo Ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Frascati. Dirige un gruppo di ricercatori che lavorano nel campo della fisica sperimentale adronica e nucleare, conducendo esperimenti sia in Italia sia all'estero, e coordina vari progetti europei. Ha organizzato varie conferenze internazionali ed è autrice di più di 200 pubblicazioni scientifiche in riviste internazionali. Svolge un'intensa attività di formazione e divulgazione scientifica e scrive per vari giornali e riviste italiane e rumene. Ha la passione di spiegare a tutti quanto sia bello e affascinante il mondo della scienza.