

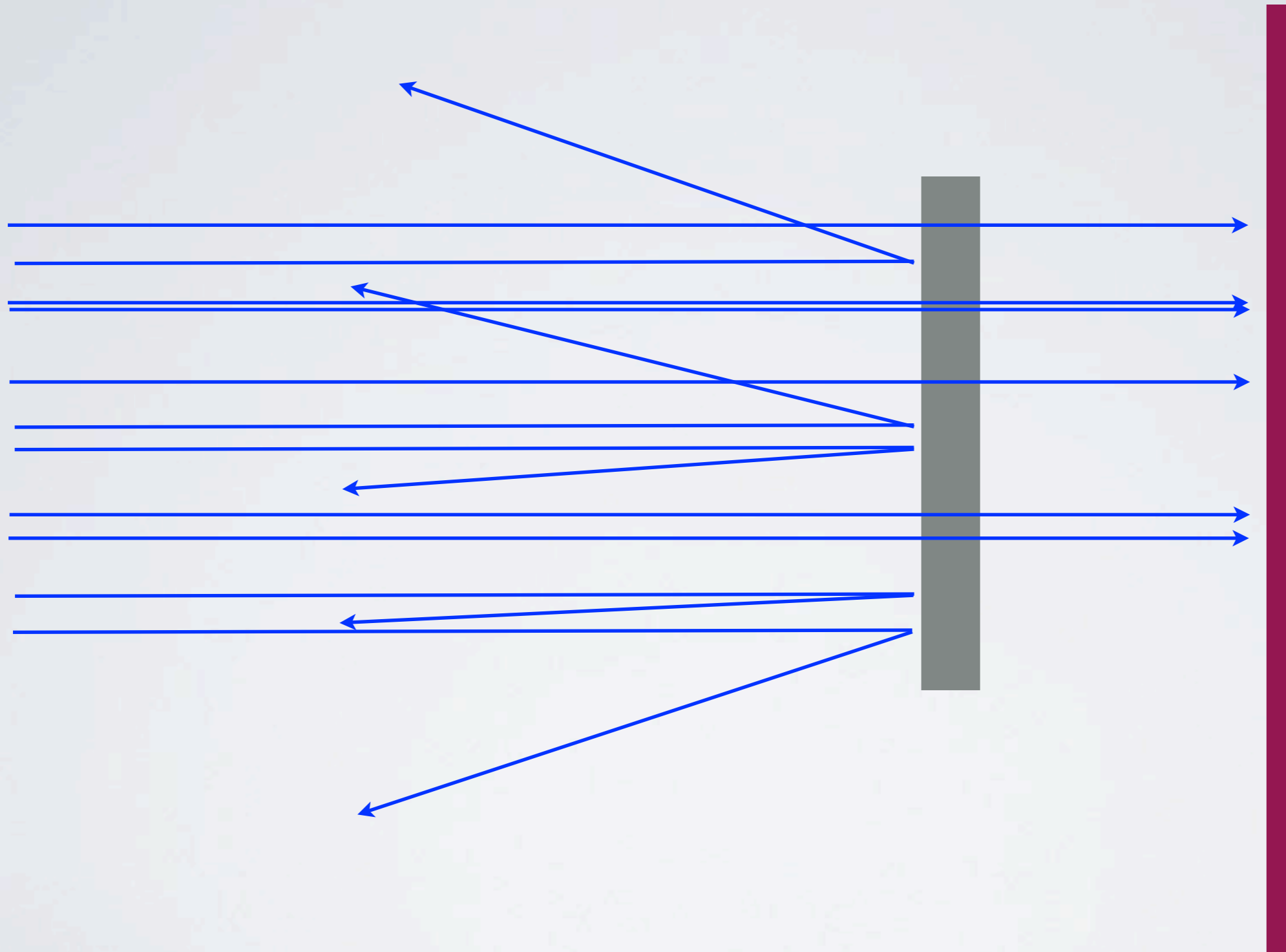
GLI ACCELERATORI DI PARTICELLE

Giovanni Organtini

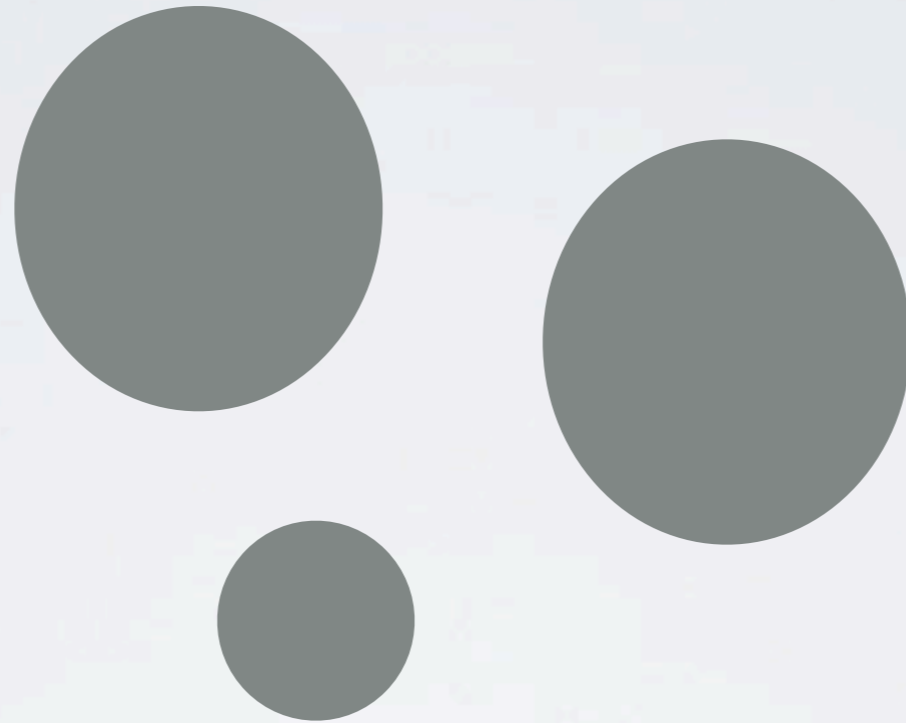
“Sapienza” Università di Roma & INFN-Sez. di Roma



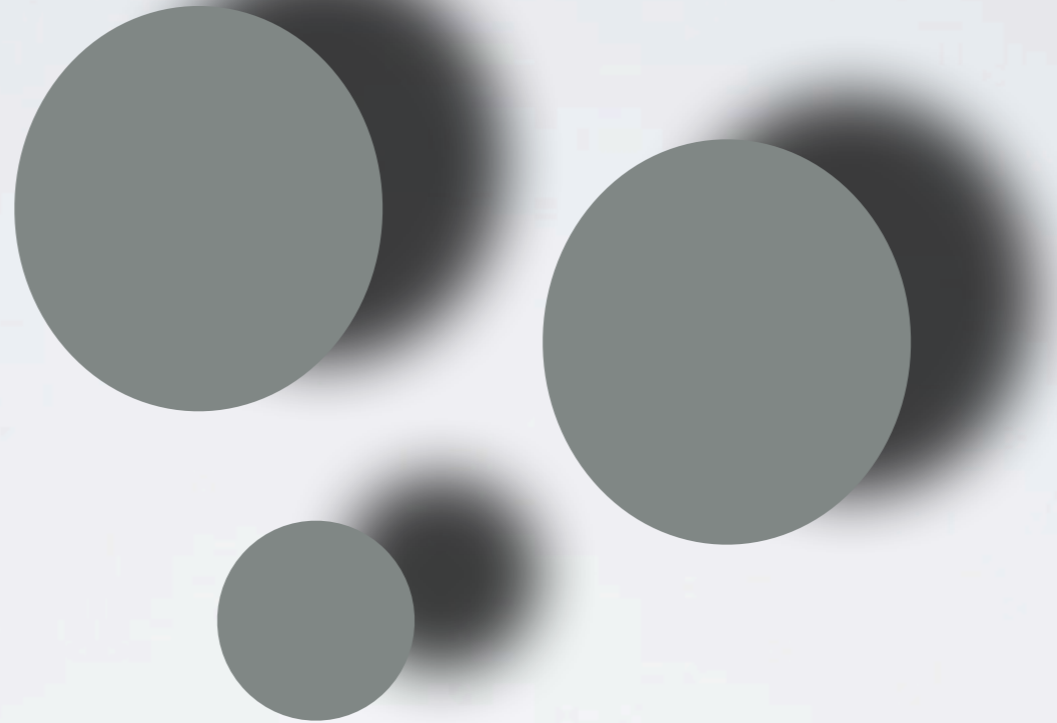
PERCHÉ SI COSTRUISCONO?



PERCHÉ SI COSTRUISCONO?



PERCHÉ SI COSTRUISCONO?

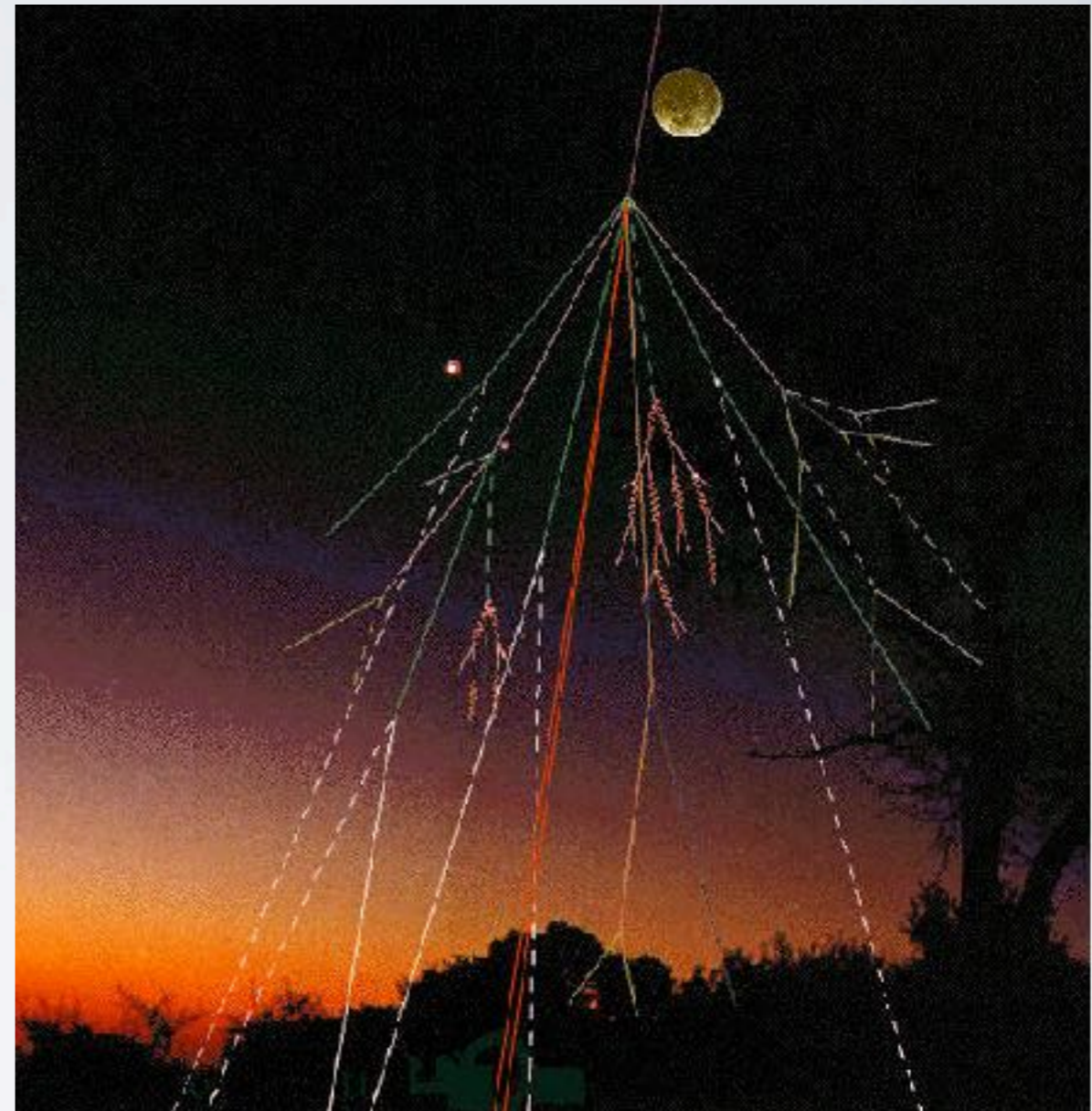


PERCHÉ SI COSTRUISCONO?



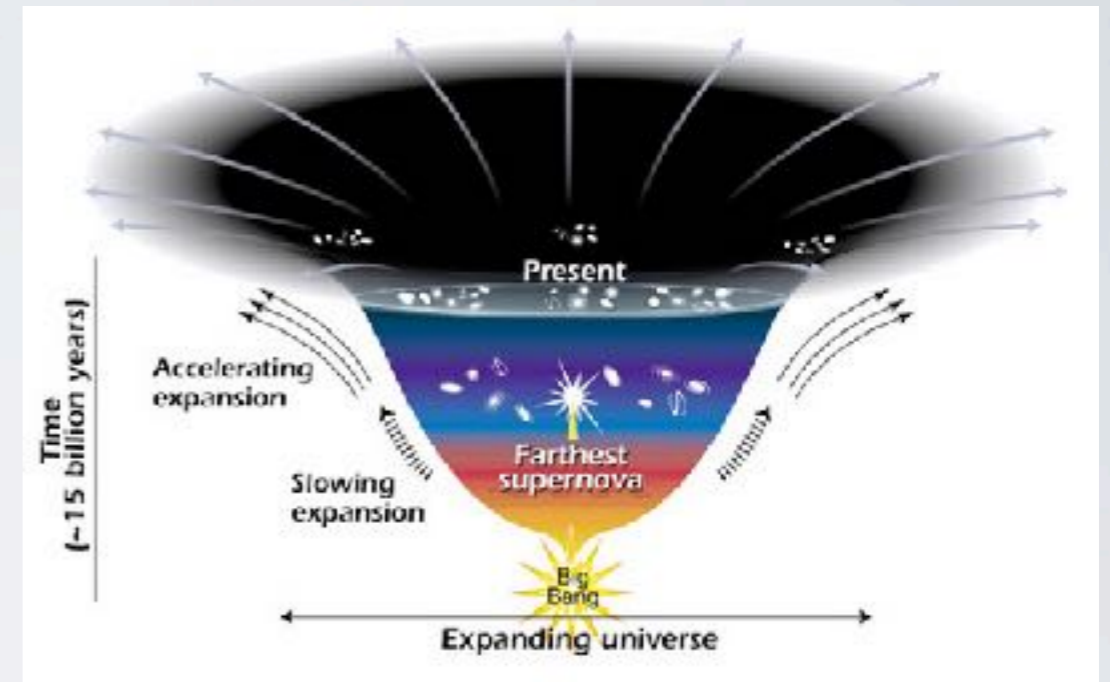
PERCHÉ SI COSTRUISCONO?

- Produzione di nuove particelle
 - Osservazione dei raggi cosmici
 - $E = mc^2$



PERCHÉ SI COSTRUISCONO?

- Studio dei primi istanti di vita dell'Universo
- alta $T \rightarrow$ alta E ($E \sim kT$)
 - Particelle libere
- $r_{\text{Universo}} \rightarrow 0$
 - Alta densità di particelle



- Urti molto probabili e ad alta energia

QUALI PARTICELLE?

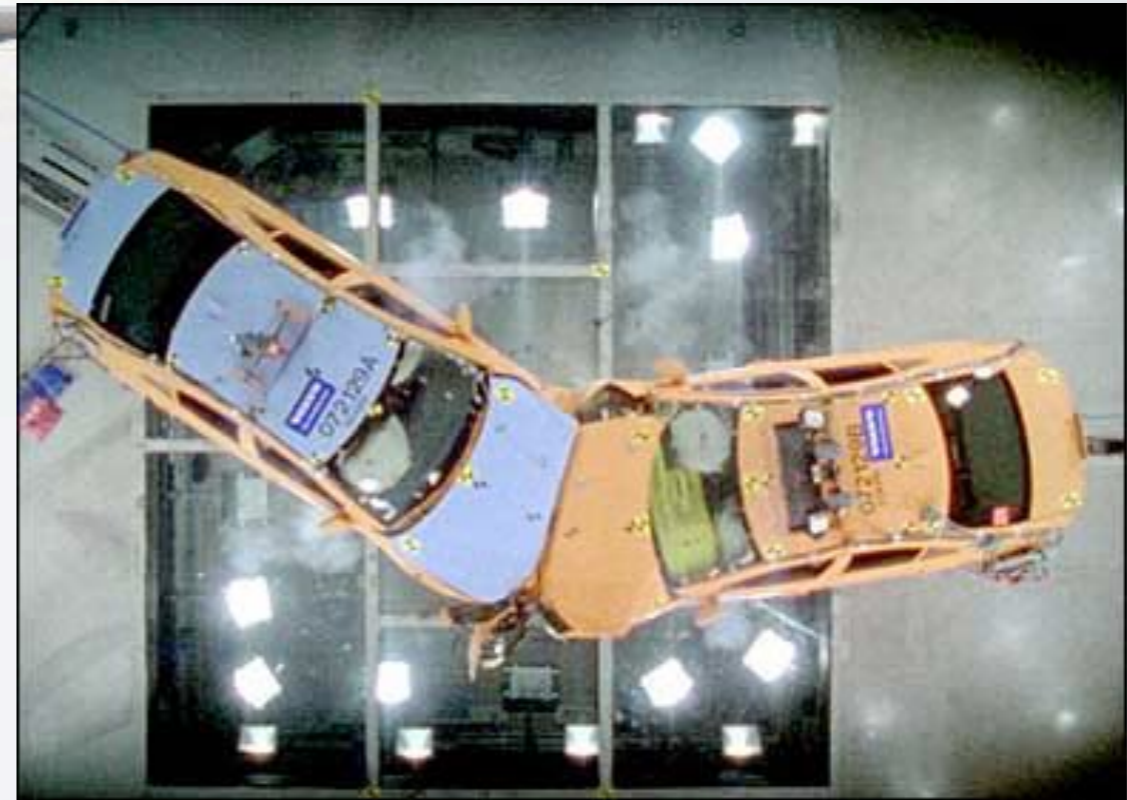
- Protoni
 - Neutroni
 - Elettroni
-
- Protoni ed elettroni facili da produrre ed elettricamente carichi

$$\vec{F} = q \left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B} \right)$$

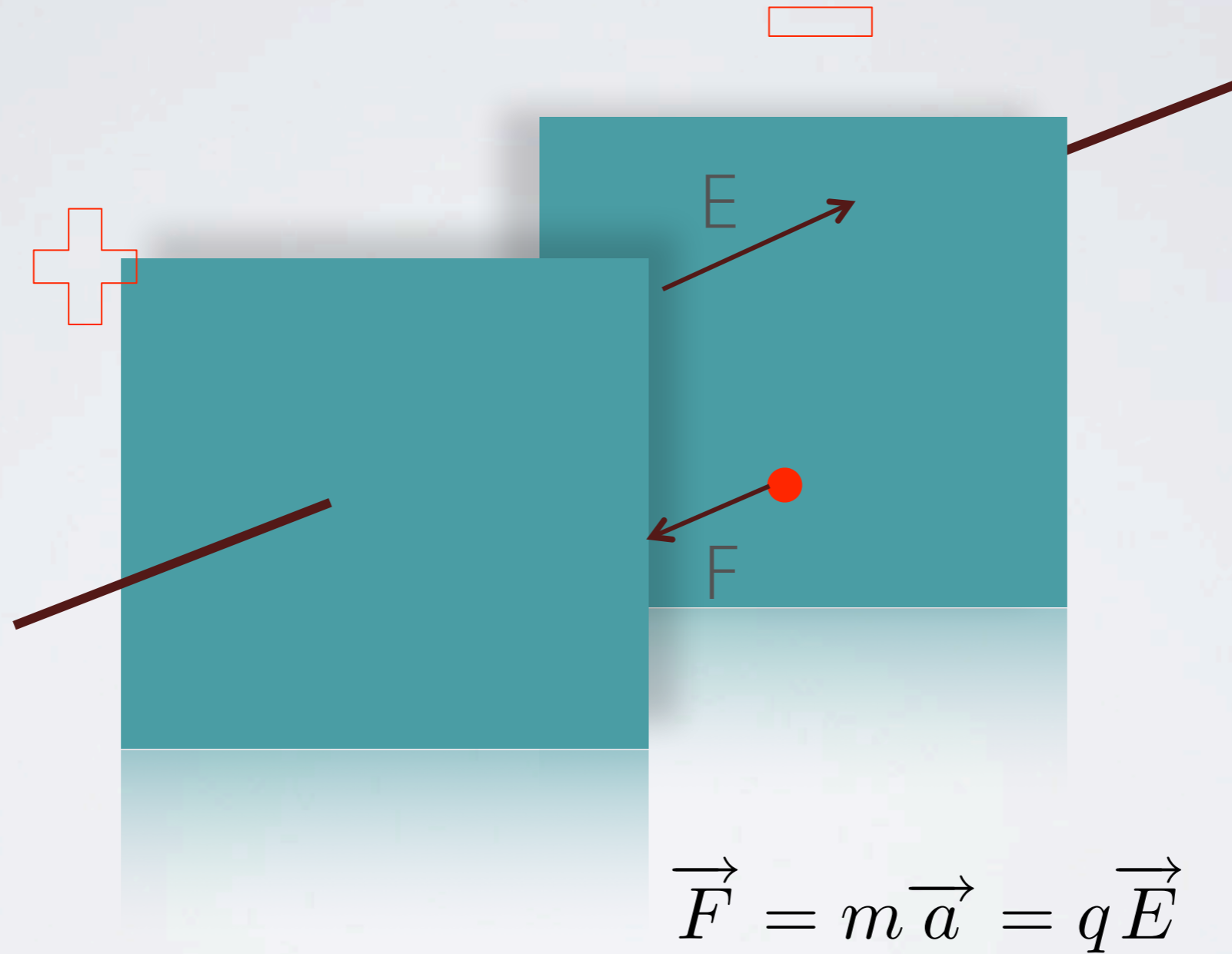
TIPI DI ACCELERATORI

- Lineari
 - Facili da costruire
 - Energia nel C.M. limitata
 - Particelle non interagenti perse
- Circolari
 - Tecnicamente più complessi
 - Energia nel C.M. molto più alta
 - Le particelle che non hanno subito interazioni si riutilizzano

TIPI DI ACCELERATORI

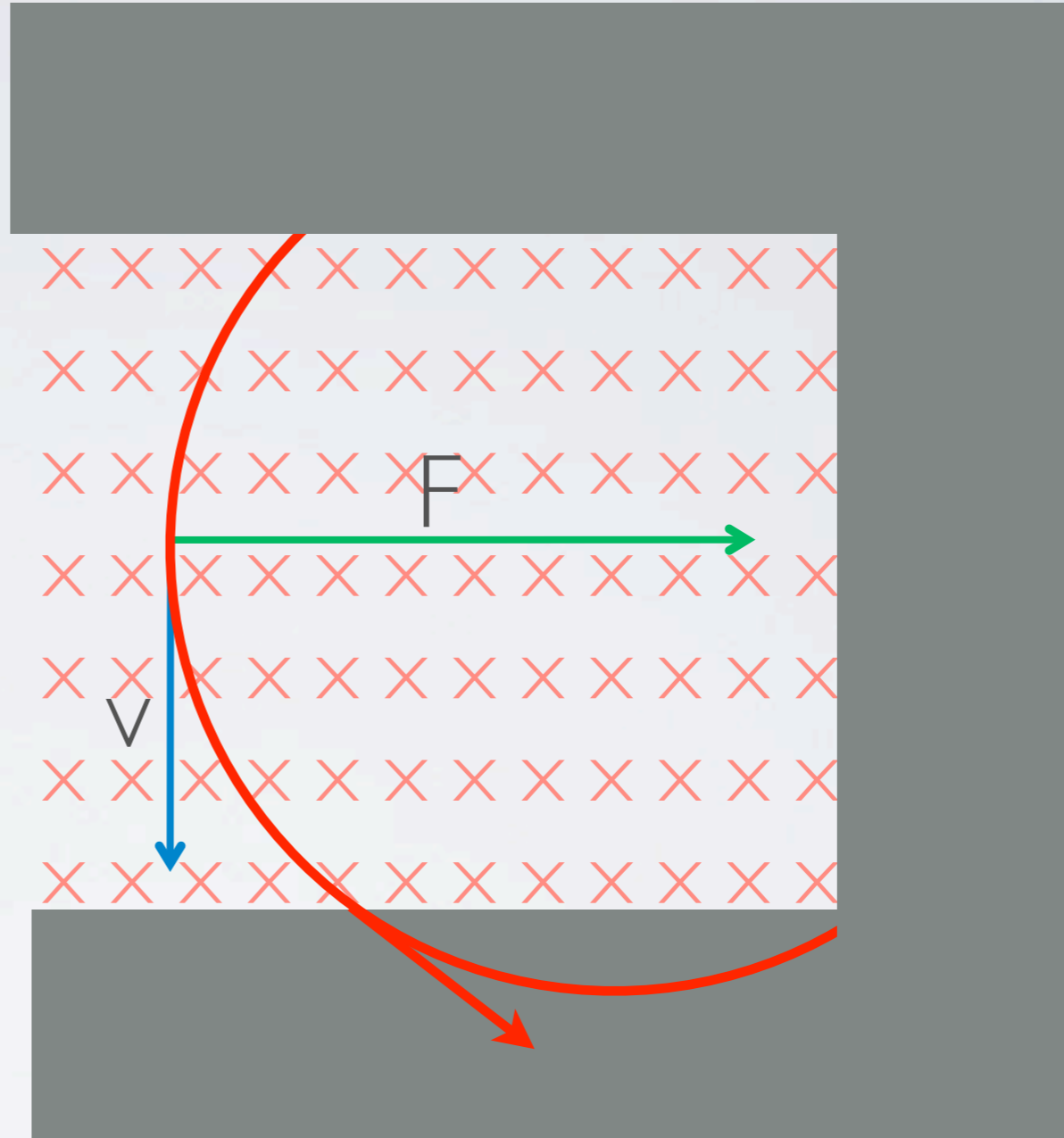


ACCELERAZIONE

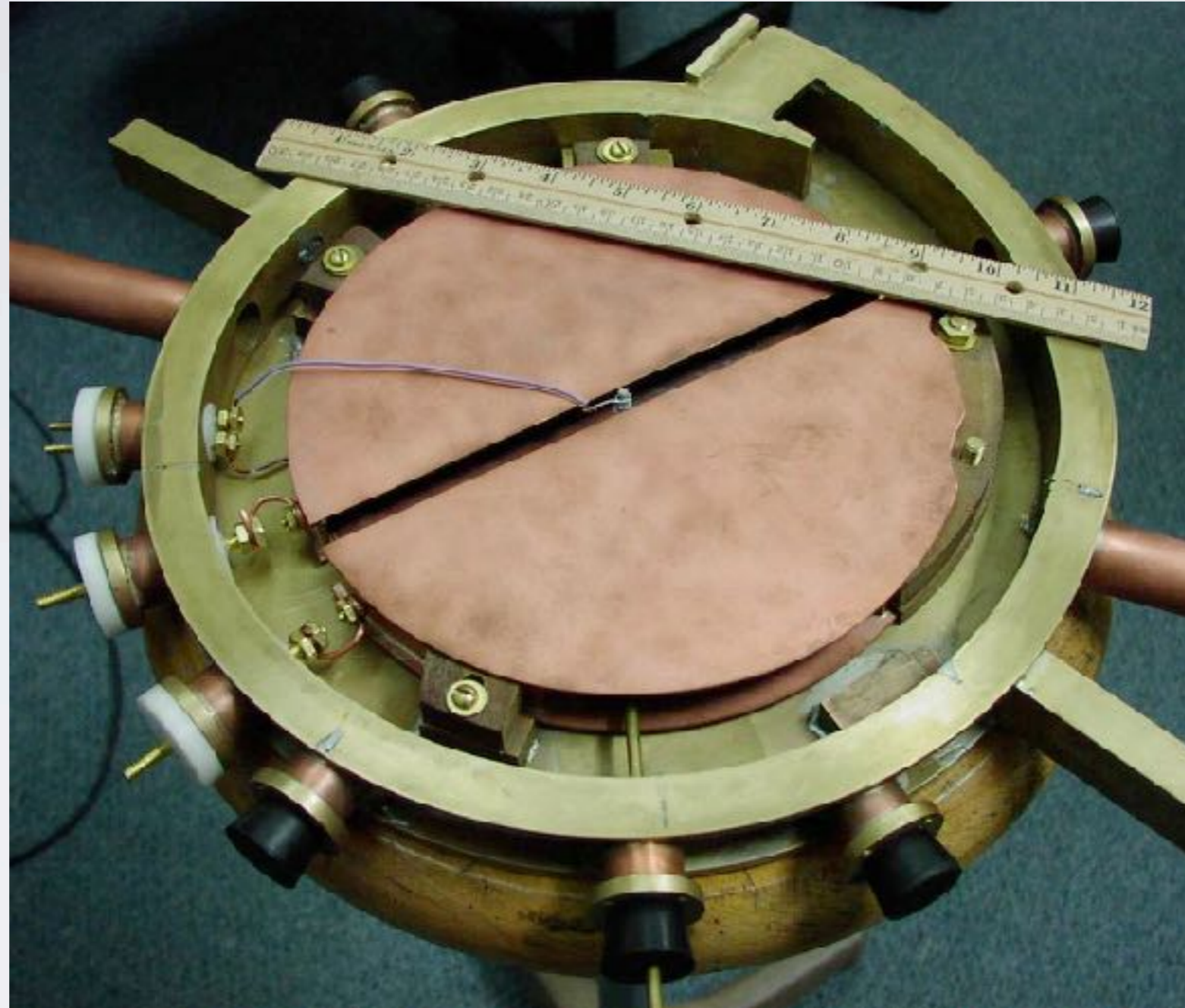


GUIDA

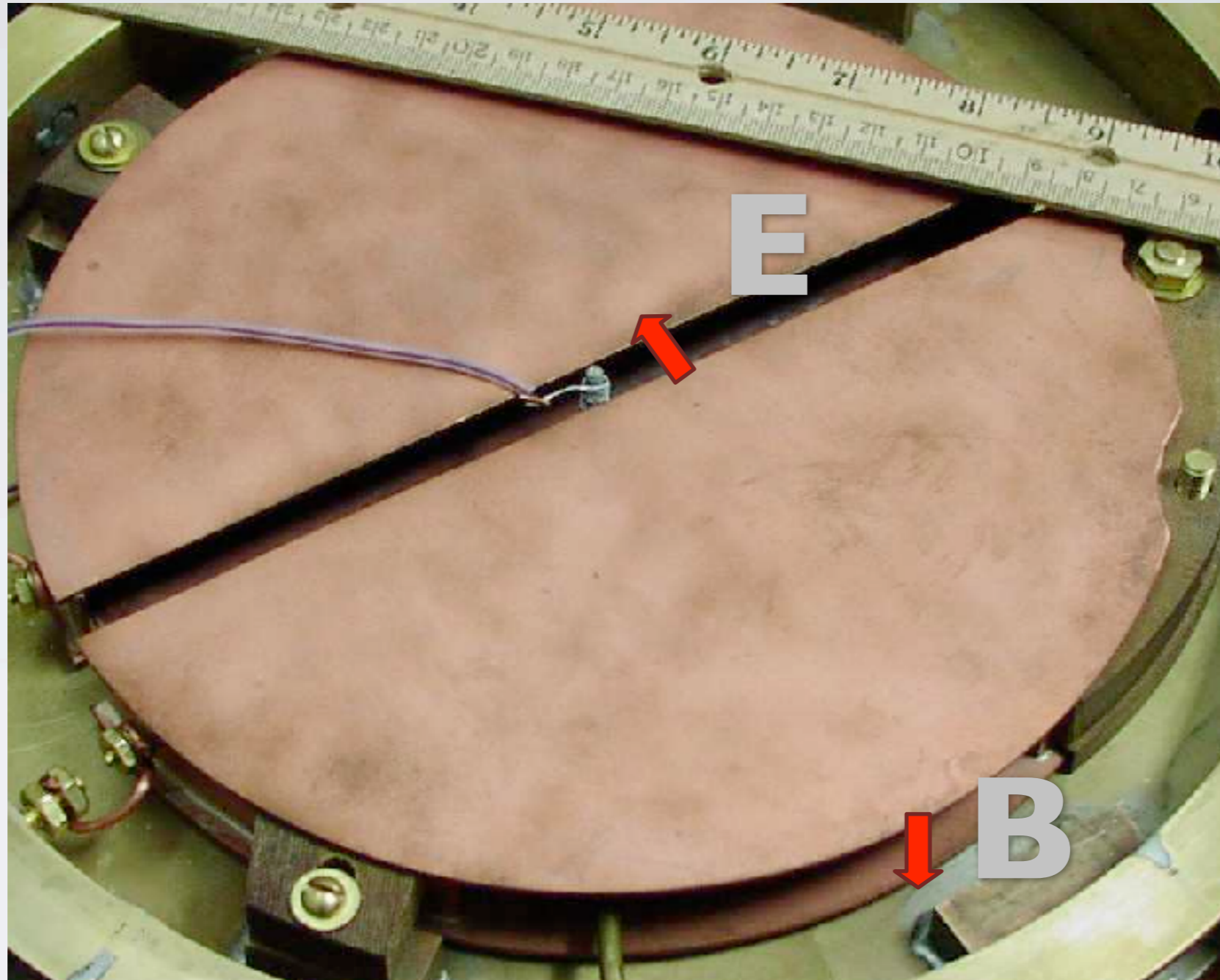
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$



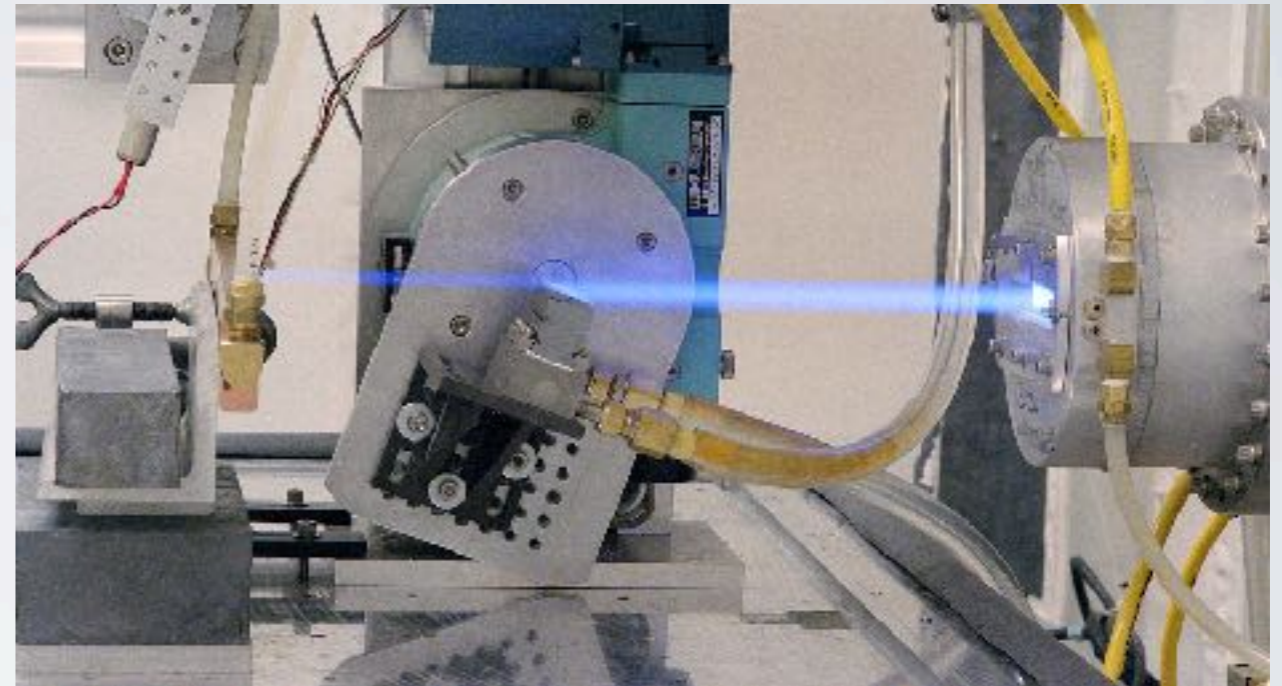
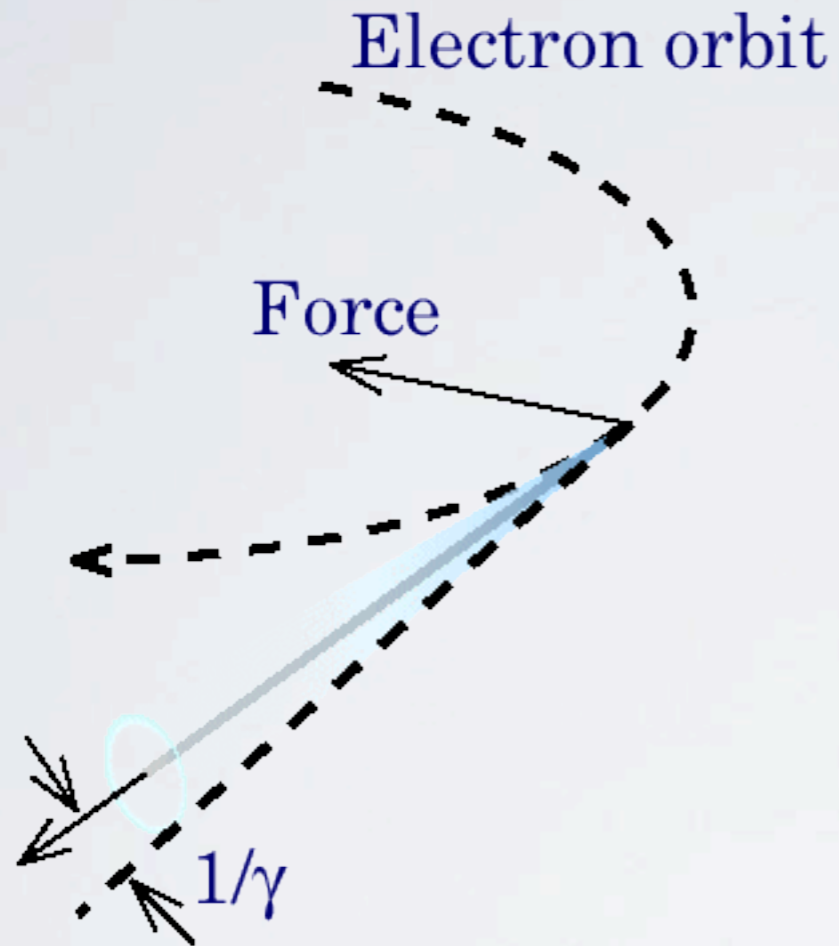
UN SEMPLICE ACCELERATORE:



UN SEMPLICE ACCELERATORE:



PERDITE DI ENERGIA



$$\Delta W \approx \frac{1}{r^4}$$

SINCROTRONE

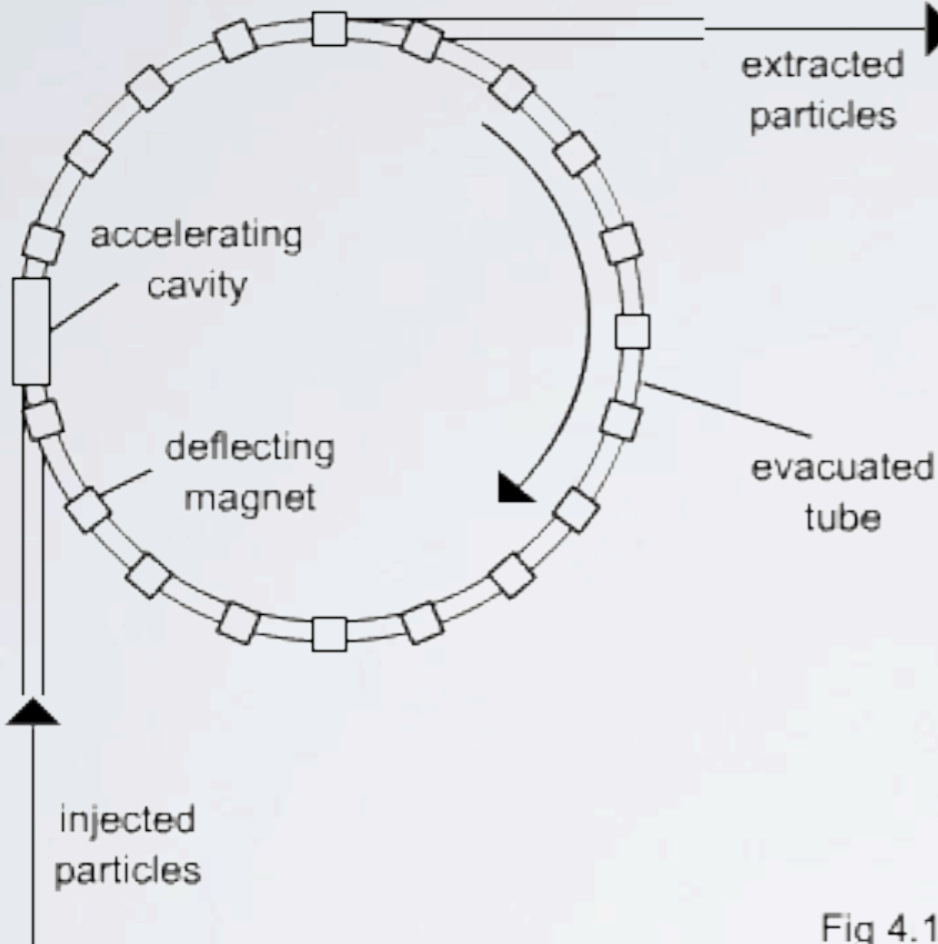
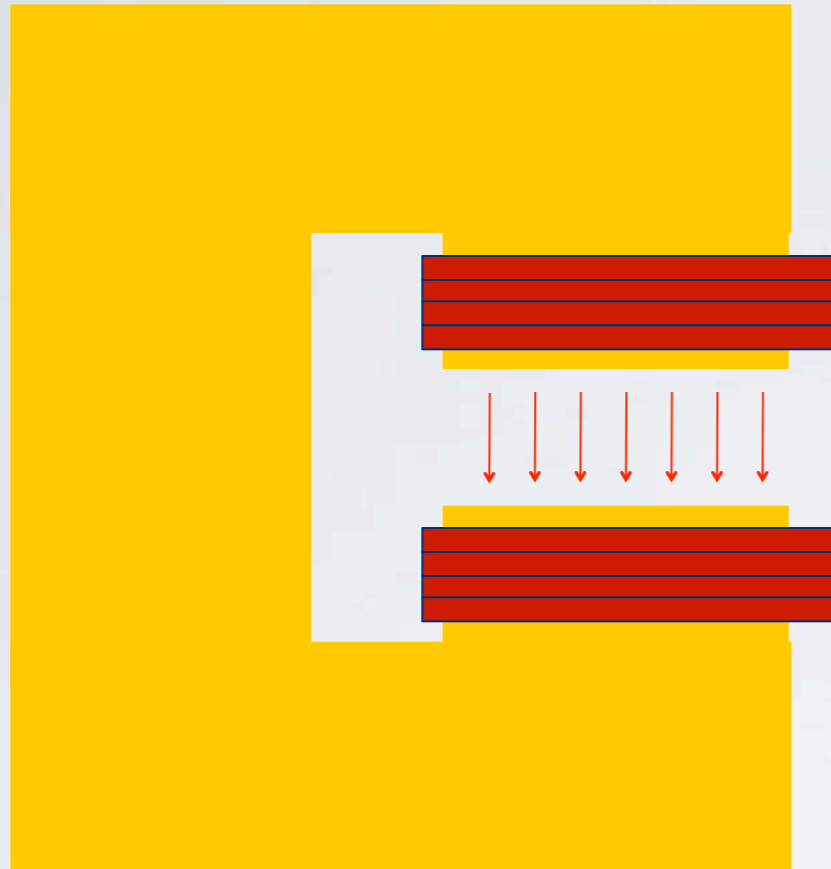


Fig 4.1

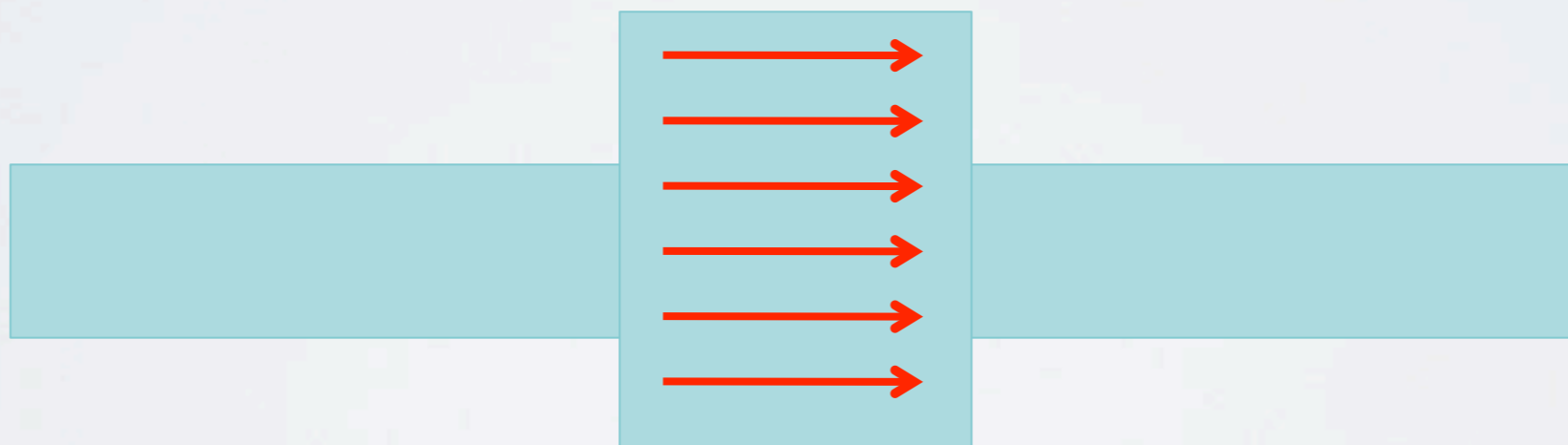
MAGNETI DEFLETTORI



CAVITÀ RISONANTI



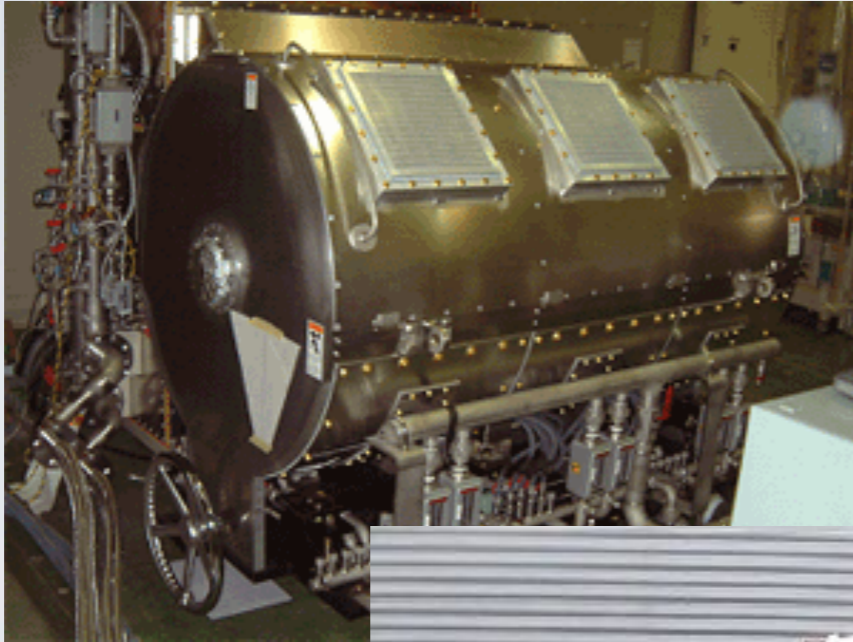
$$F(t) = qE(t)$$



CAVITÀ RISONANTI

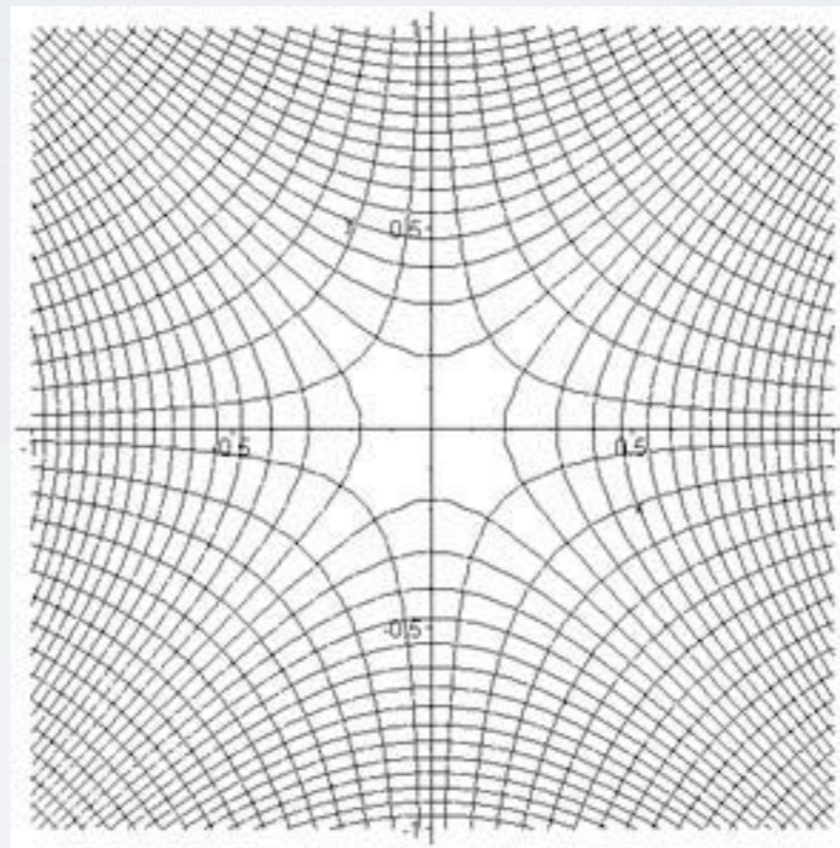
- Una corrente $I(t)$ produce un campo magnetico variabile
- Un campo magnetico variabile genera un campo elettrico variabile
- Il campo elettrico variabile genera un campo magnetico variabile
- E così via...
- Si formano delle onde e.m. nella cavità
- Le dimensioni sono progettate in modo da ridurre le perdite

CAVITÀ RISONANTI

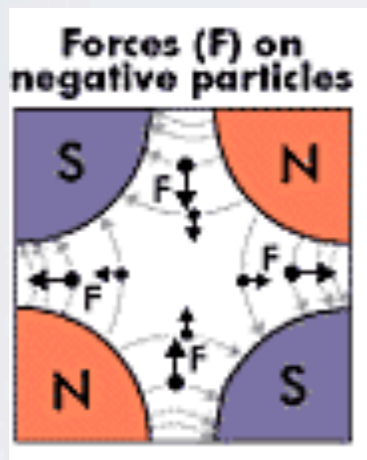
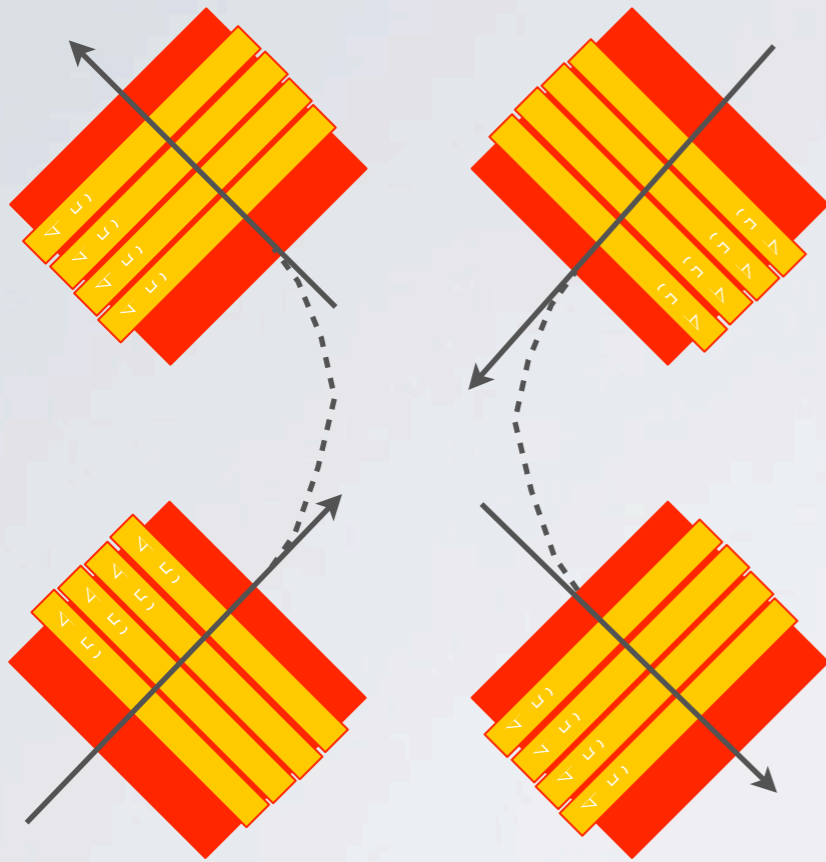


FOCALIZZAZIONE DEL FASCIO

- Il fascio tende ad allargarsi
- Un campo magnetico può riportare il fascio in sede lungo la direzione verticale o orizzontale
- Quadrupoli magnetici



QUADRUPOLI



I GRANDI ACCELERATORI



I GRANDI ACCELERATORI



TEVATRON



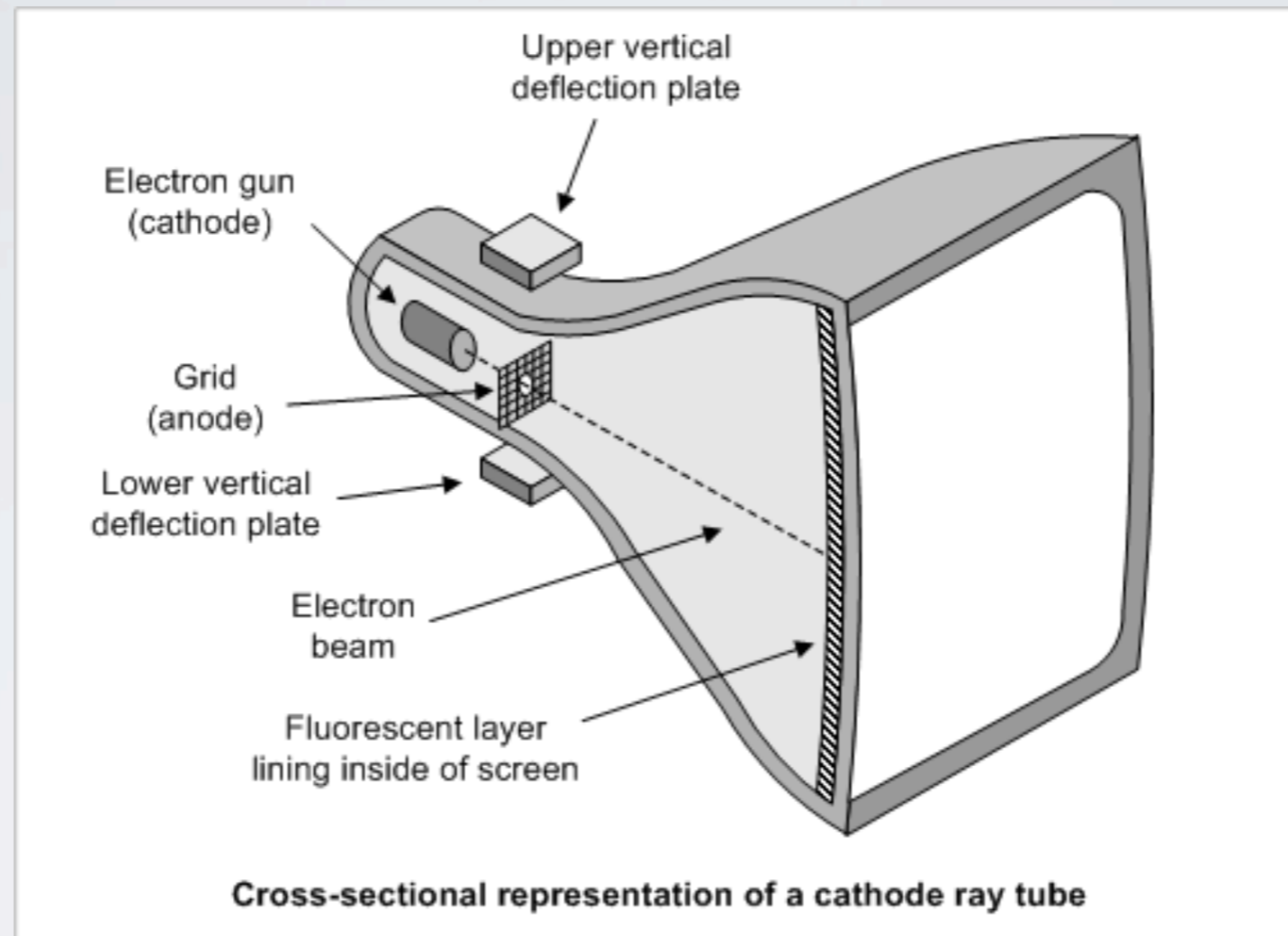
LHC



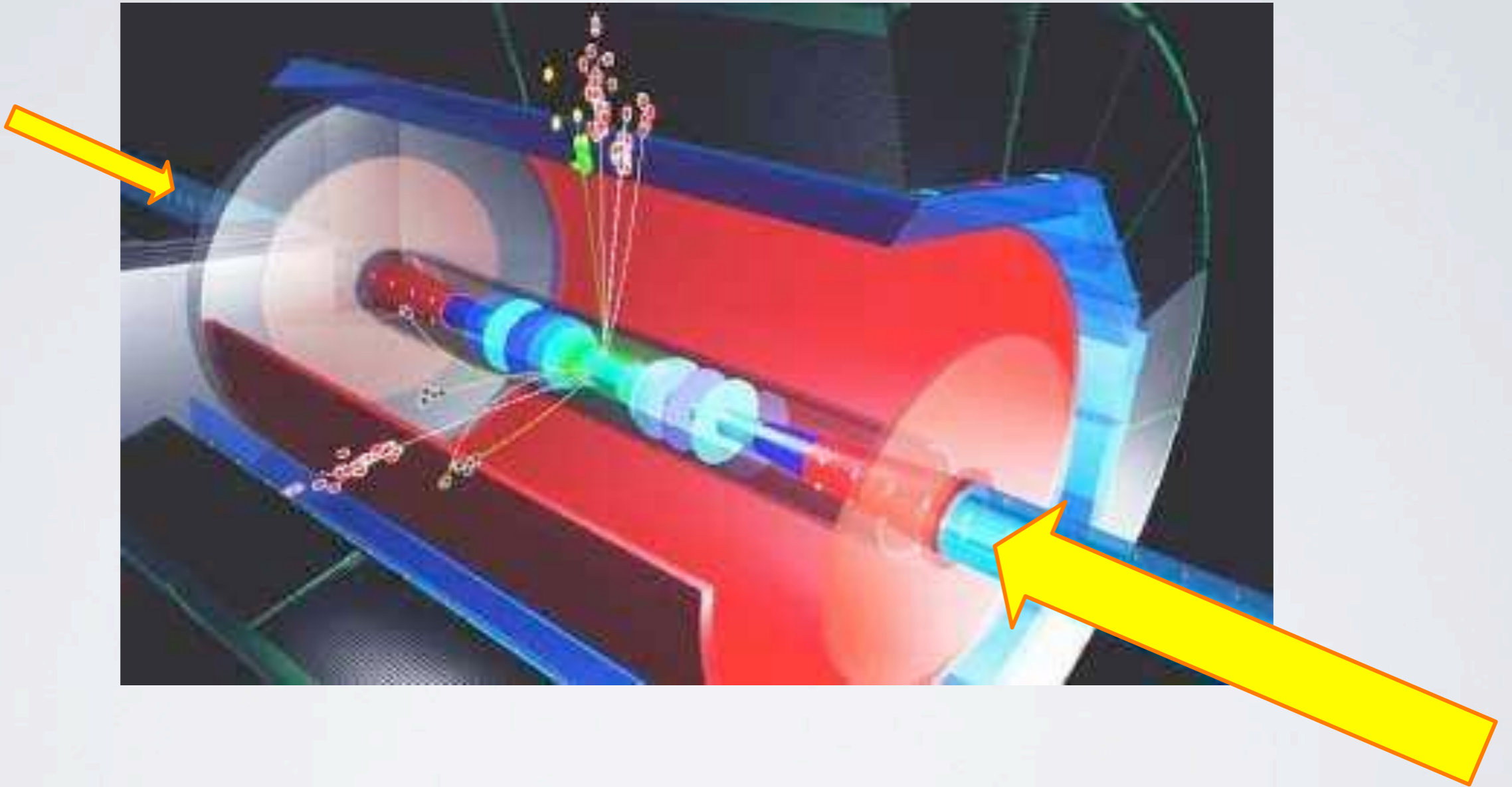
IL VOSTRO PICCOLO ACCELERATORE



IL VOSTRO PICCOLO ACCELERATORE



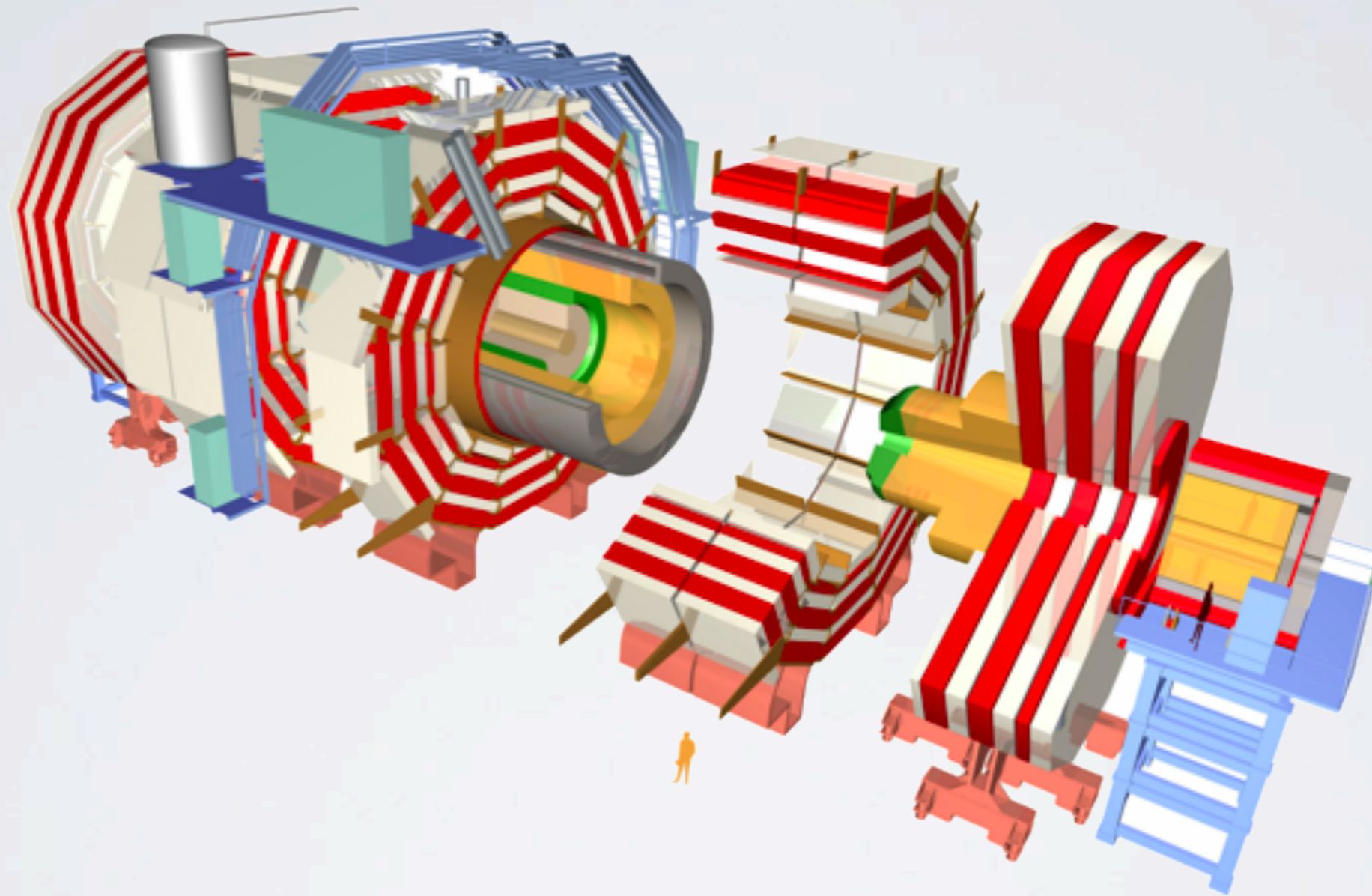
COME SI USA UN ACCELERATORE



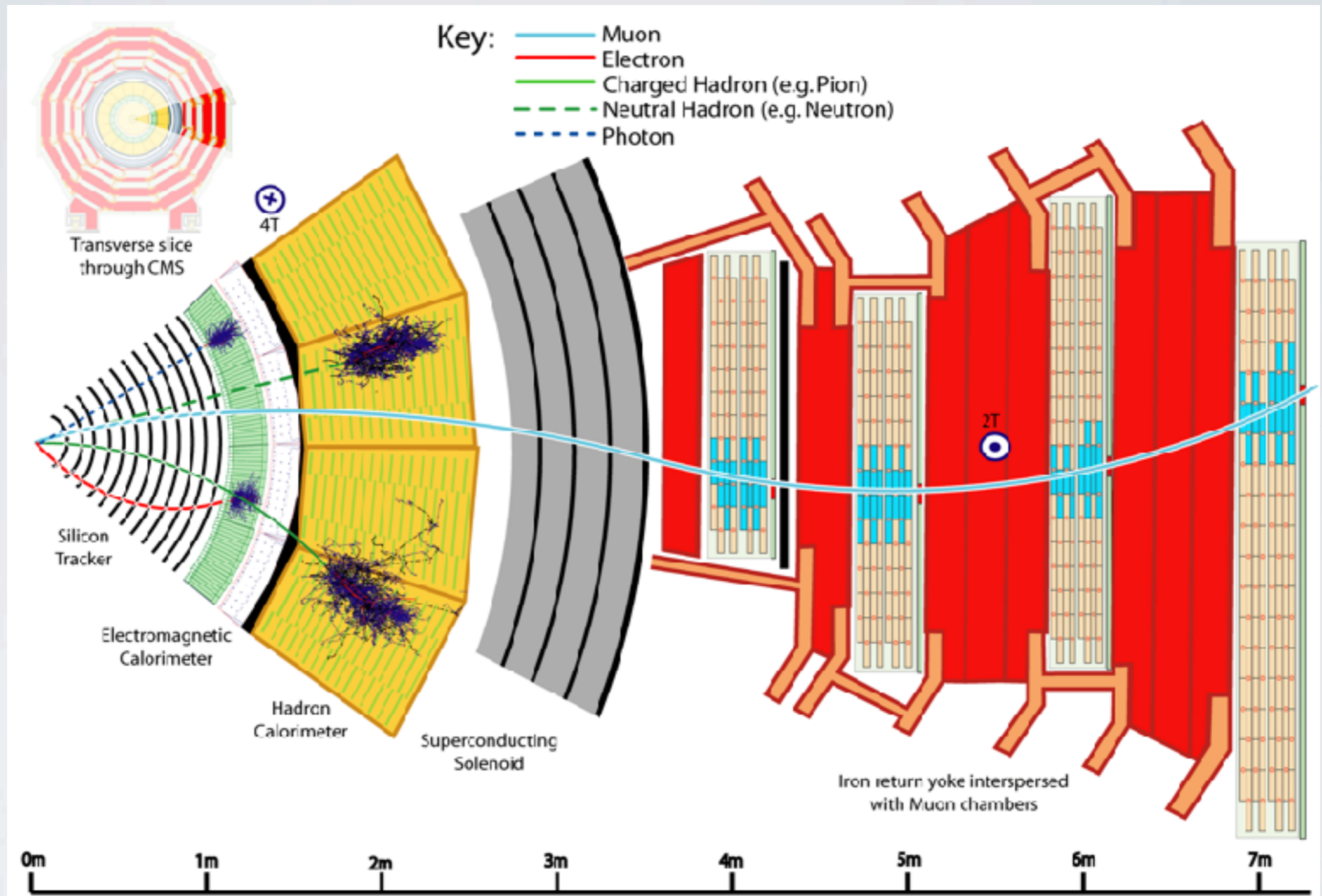
SULLE TRACCE DELLE PARTICELLE



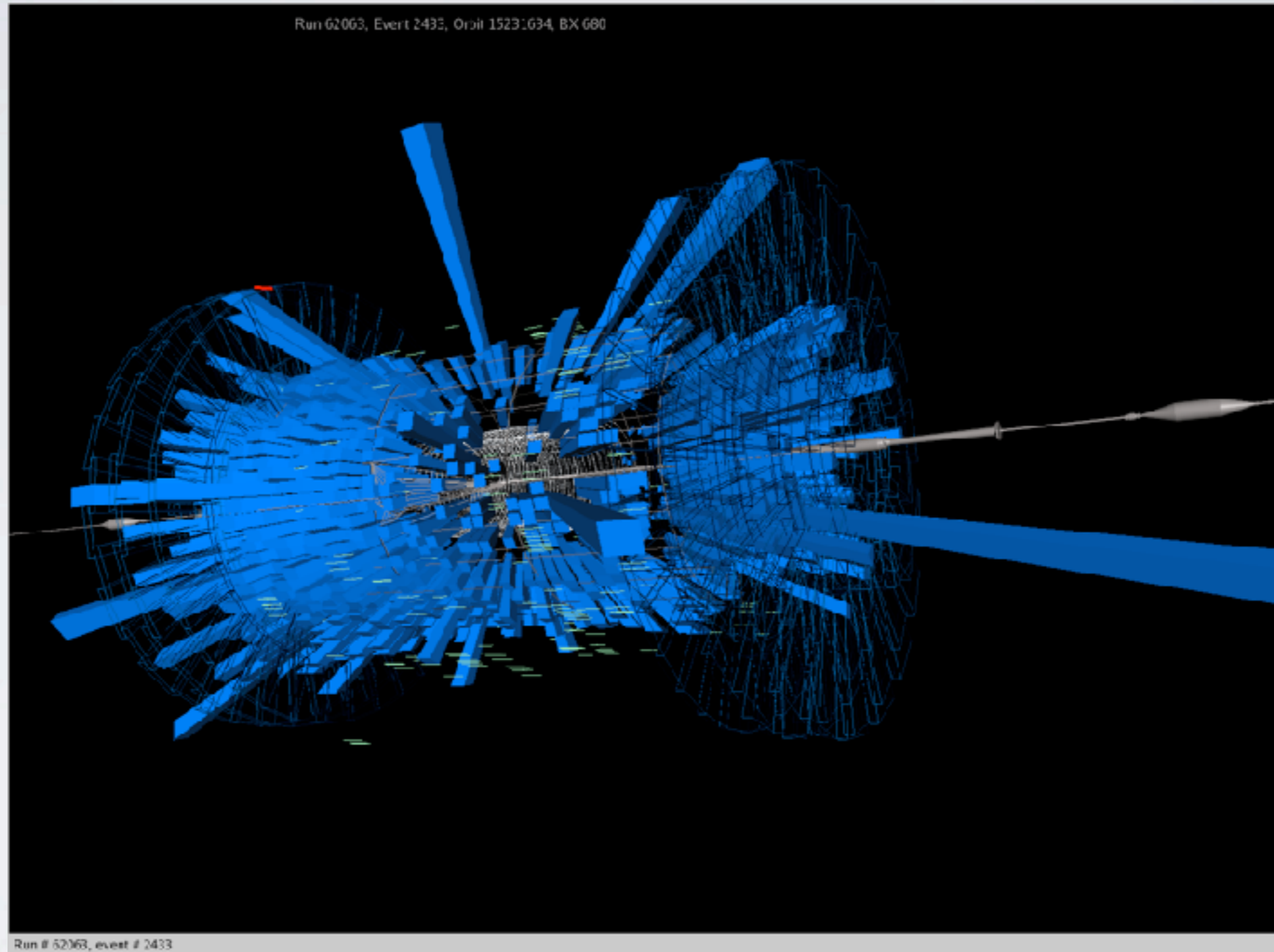
UN RIVELATORE



UN RIVELATORE DI PARTICELLE



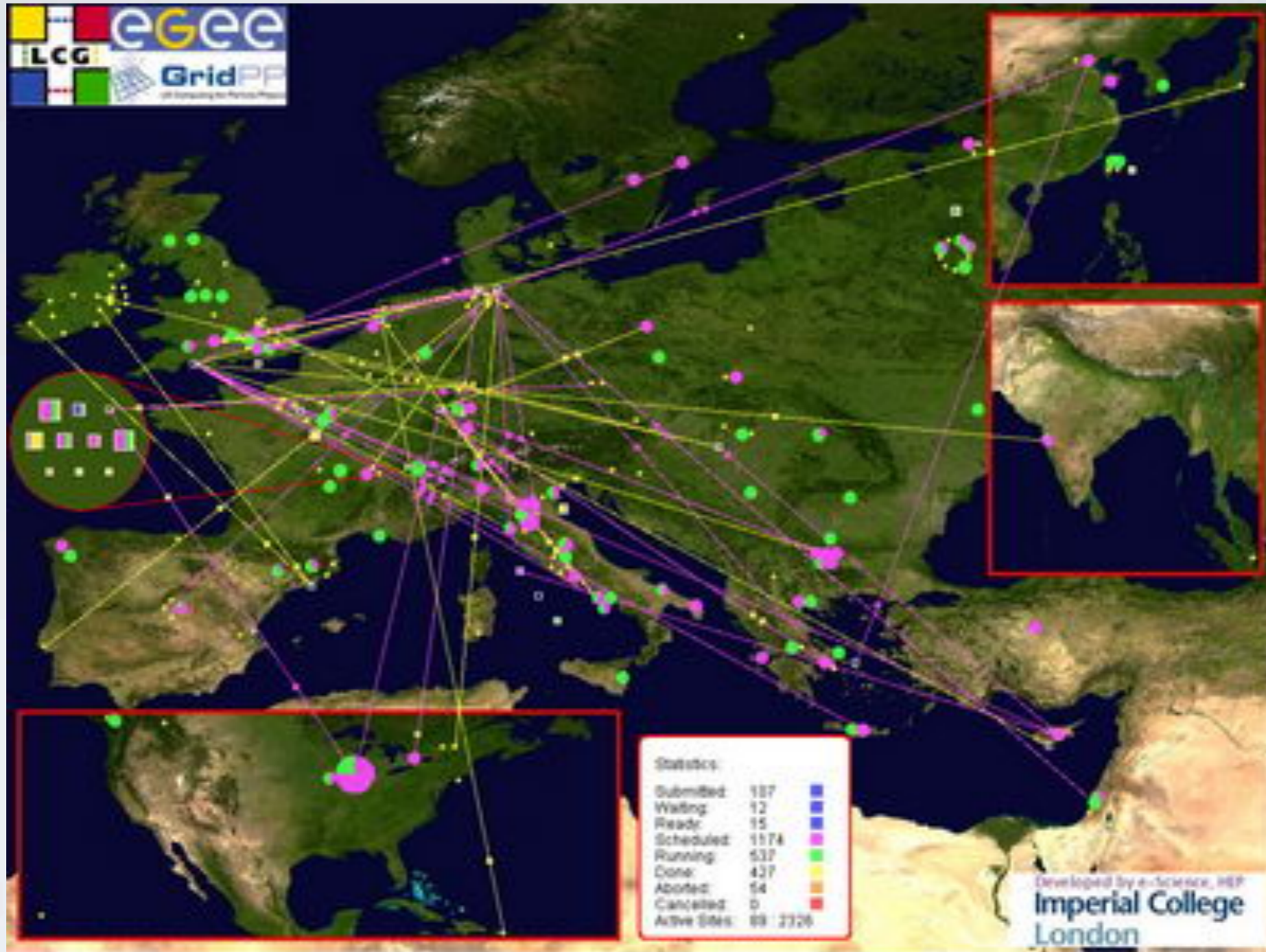
LA RICOSTRUZIONE DEGLI EVENTI



LA RICOSTRUZIONE DEGLI EVENTI



LA GRID



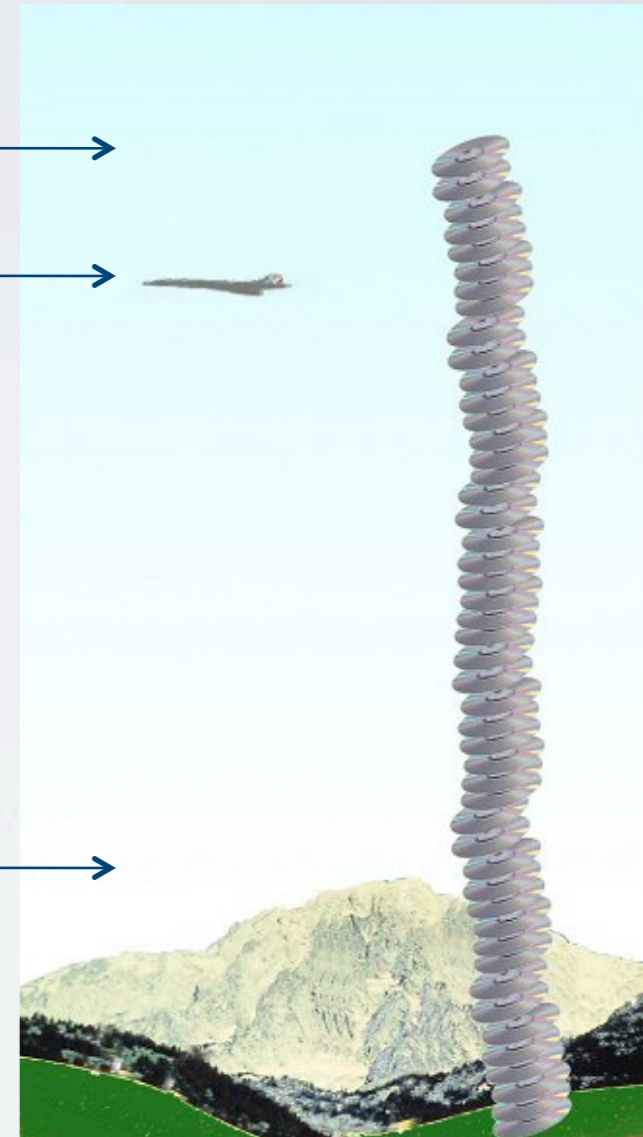
PERCHÉ COSÌ GRANDE?



1 anno di LHC: 20 km

Quota supersonici: 15 km

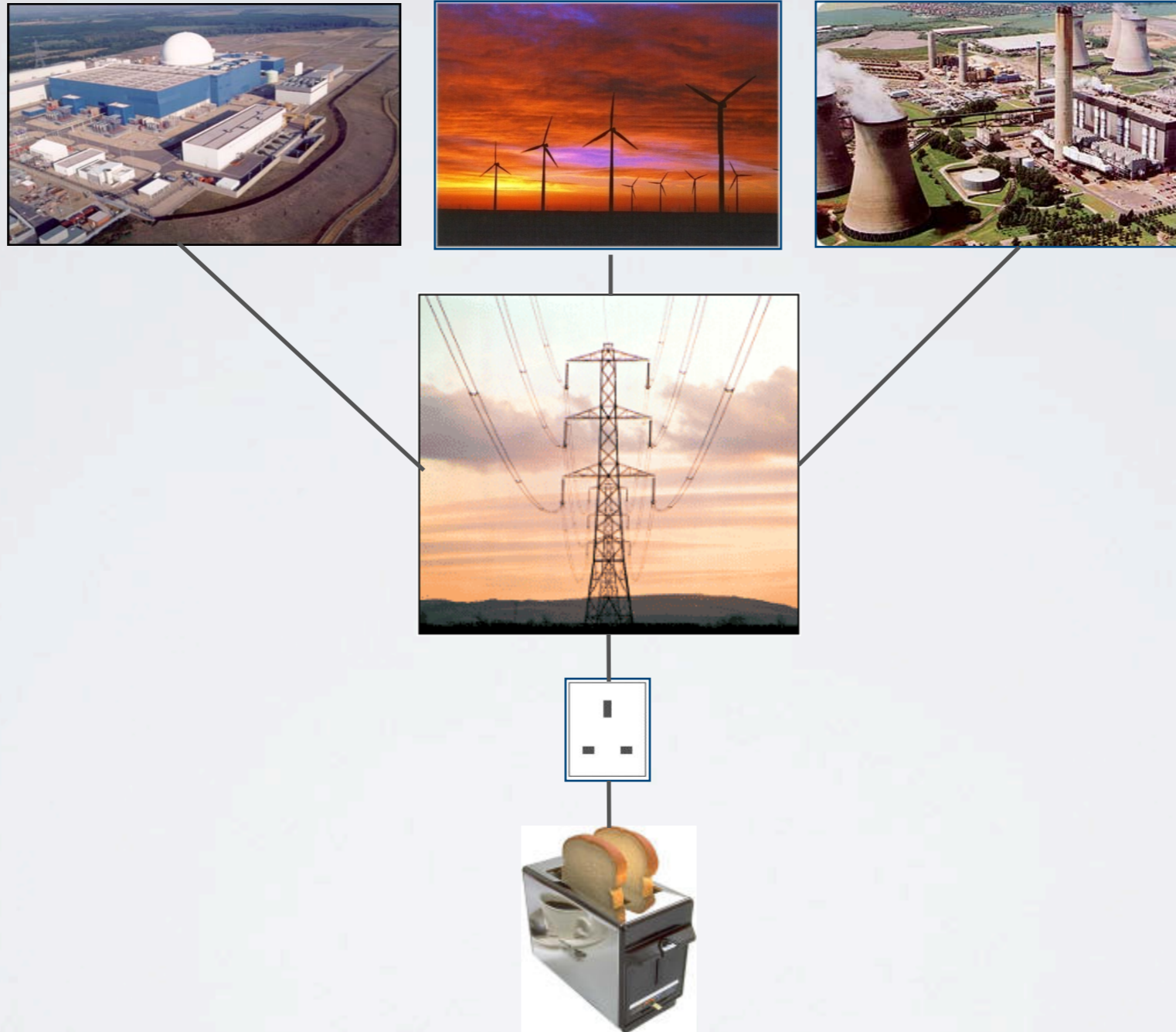
Monte Bianco: 4.8 km



PERCHÉ COSÌ GRANDE?



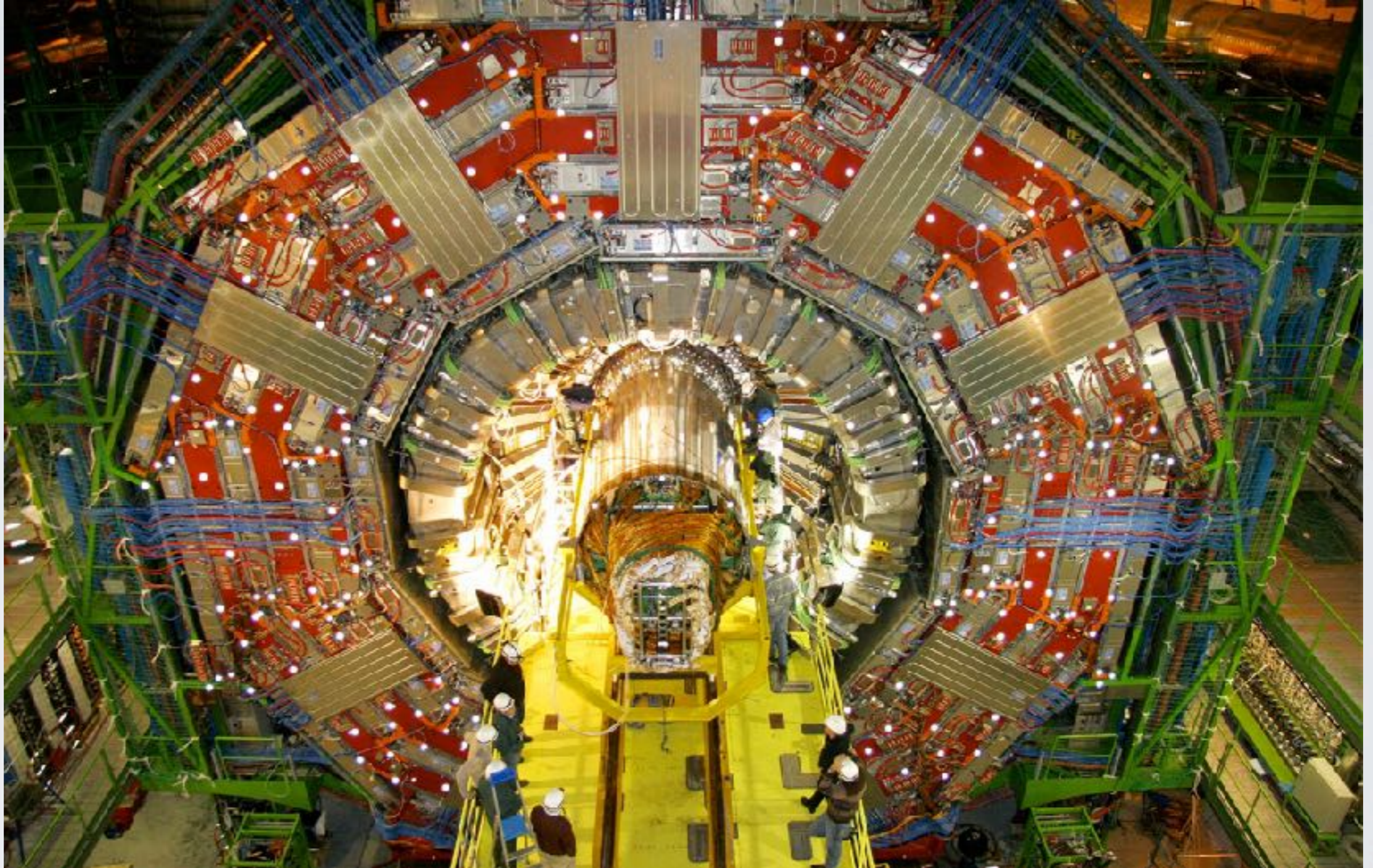
LA GRID



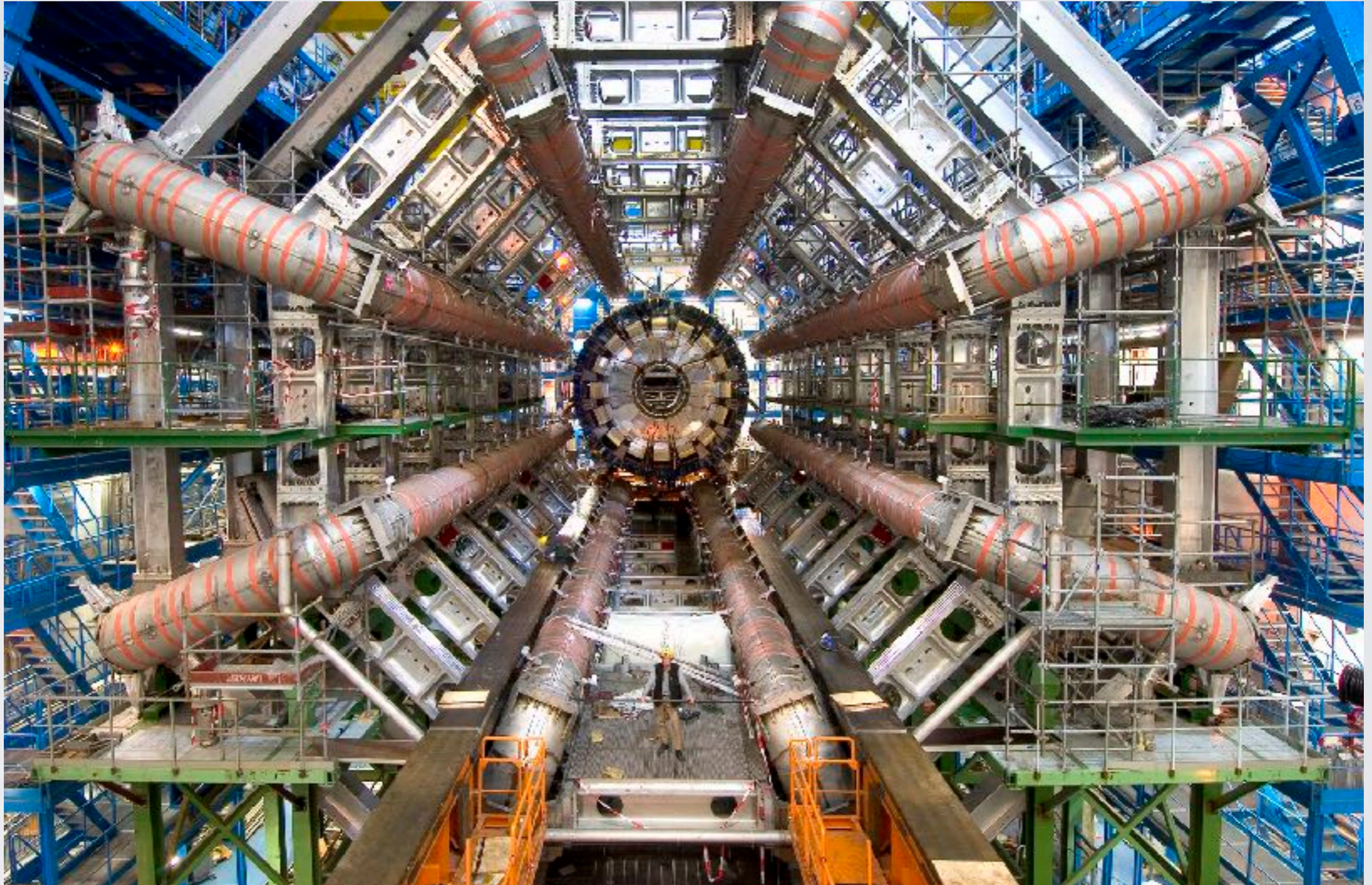
LA GRID



CMS



ATLAS



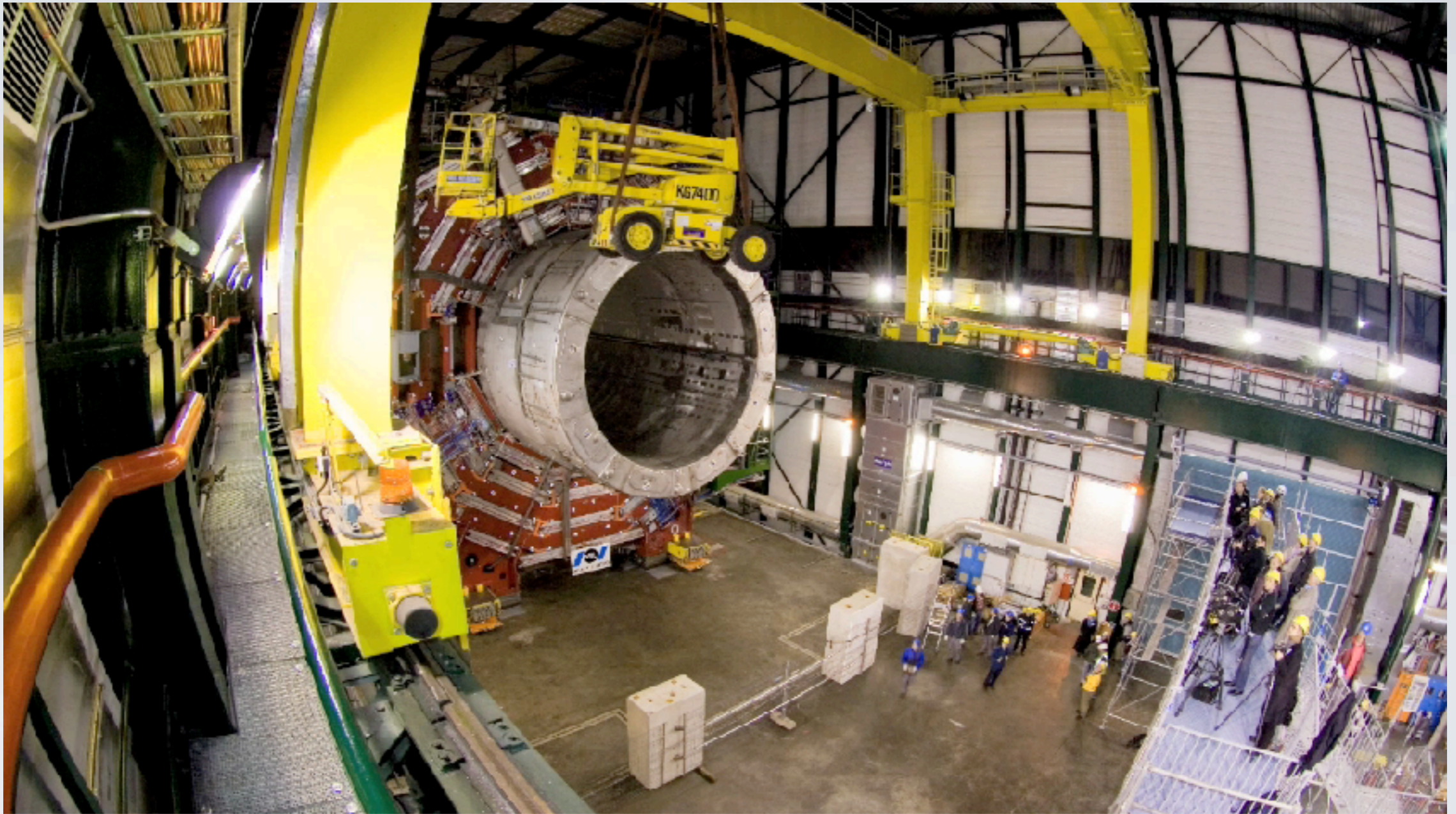
LE SFIDE TECNOLOGICHE



LE SFIDE TECNOLOGICHE



LE SFIDE TECNOLOGICHE



LE DIMENSIONI DEI RIVELATORI



LE DIMENSIONI DI LHC

- Perché LHC è così grande?

$$p = 0.3Br$$

$$r_{min} = \frac{p}{0.3B_{max}}$$



LA TEMPERATURA DI LHC

- I circa 3000 magneti di LHC sono superconduttori: $B=8.36$ T

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2l}$$

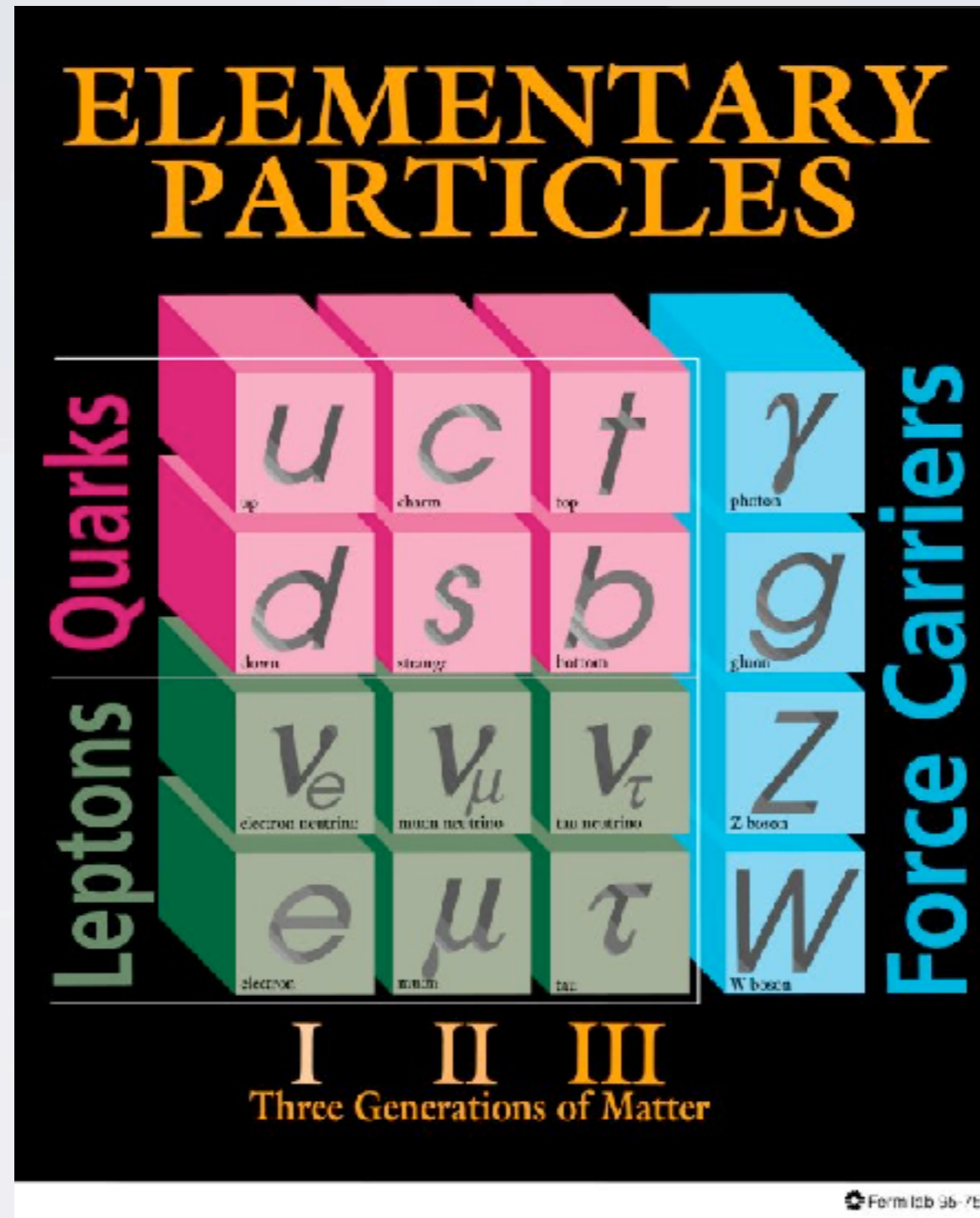
$$W = Ri^2$$

- B alta \Rightarrow corrente alta \Rightarrow bolletta salata + calore elevato
- Tutti i 27 km di LHC sono a $T=1.9$ K
- LHC è l'oggetto piú freddo dell'Universo ($T_{\text{crb}}=2.7$ K)

L'ENERGIA DI LHC

- 14 TeV nel centro di massa
 - $1 \text{ TeV} = 10^{12} \text{ eV} = 10^{12} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.6 \times 10^{-7} \text{ J}$
- 10^{11} particelle per pacchetto
 - $7 \text{ TeV} \times 10^{11} = 7 \times 1.6 \times 10^{-7} \times 10^{11} \text{ J} = 11.2 \times 10^4 \text{ J}$
- 3000 pacchetti per fascio
 - $11.2 \times 10^4 \text{ J} \times 3000 = 3.4 \times 10^8 \text{ J}$

COSA VOGLIAMO FARNÉ?



COSA VOGLIAMO FARNE?

- Qual è l'origine della massa delle particelle?
- Perché ci sono 3 repliche di ogni particella?
- Perché l'Universo è fatto di materia e non c'è antimateria?
- Ci sono altre scale? Le particelle che conosciamo sono davvero elementari? Ci sono altre particelle?

CONCLUSIONE

- Gli acceleratori di particelle sono strumenti fondamentali per la ricerca di base sulla fisica delle particelle
 - Enormi microscopi
 - Fabbriche di particelle
 - Macchine del tempo
- Ma sono anche sistemi industriali consolidati
 - Sterilizzazione
 - Saldatura
 - Lavorazioni meccaniche di precisione
 - Medicina