

Esempi di Campi Magnetici

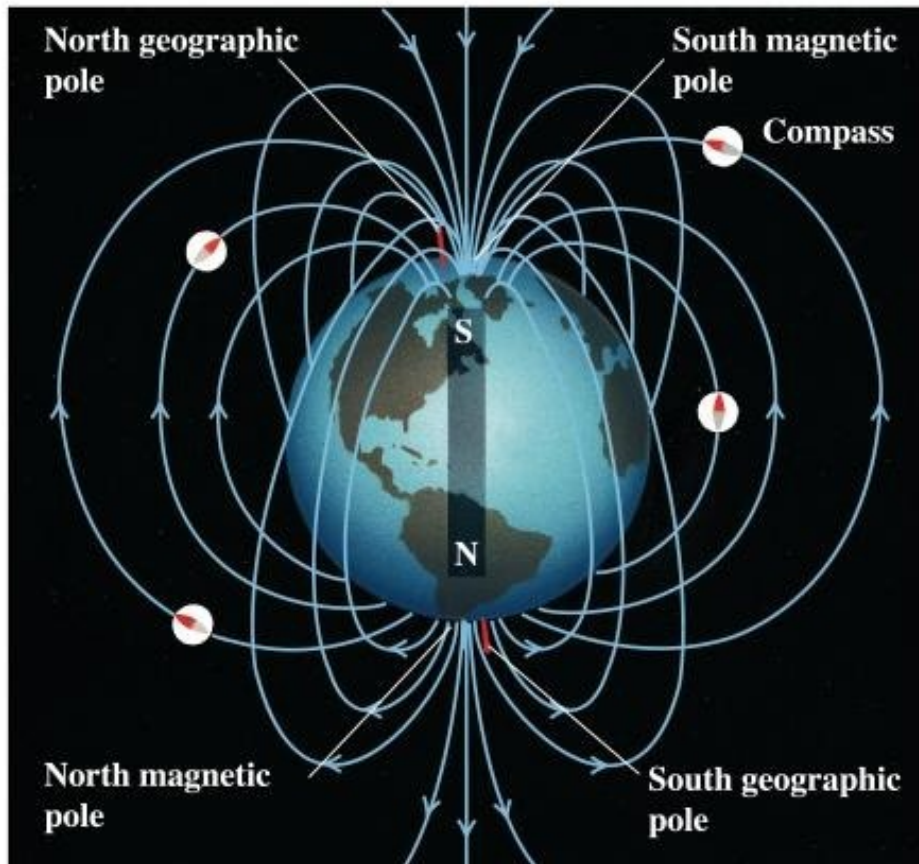
- Naturali :

- campo magnetico terrestre e fasce di Van Allen
- campi magnetici nel sistema solare
- campi magnetici galattici ed extra-galattici

- Artificiali

- confinamento di plasmi : il Tokamak
- bottiglie magnetiche: Katrin
- spettrometri : LHCb e CMS @ CERN
- collisori : il CERN e il Large Hadron Collider

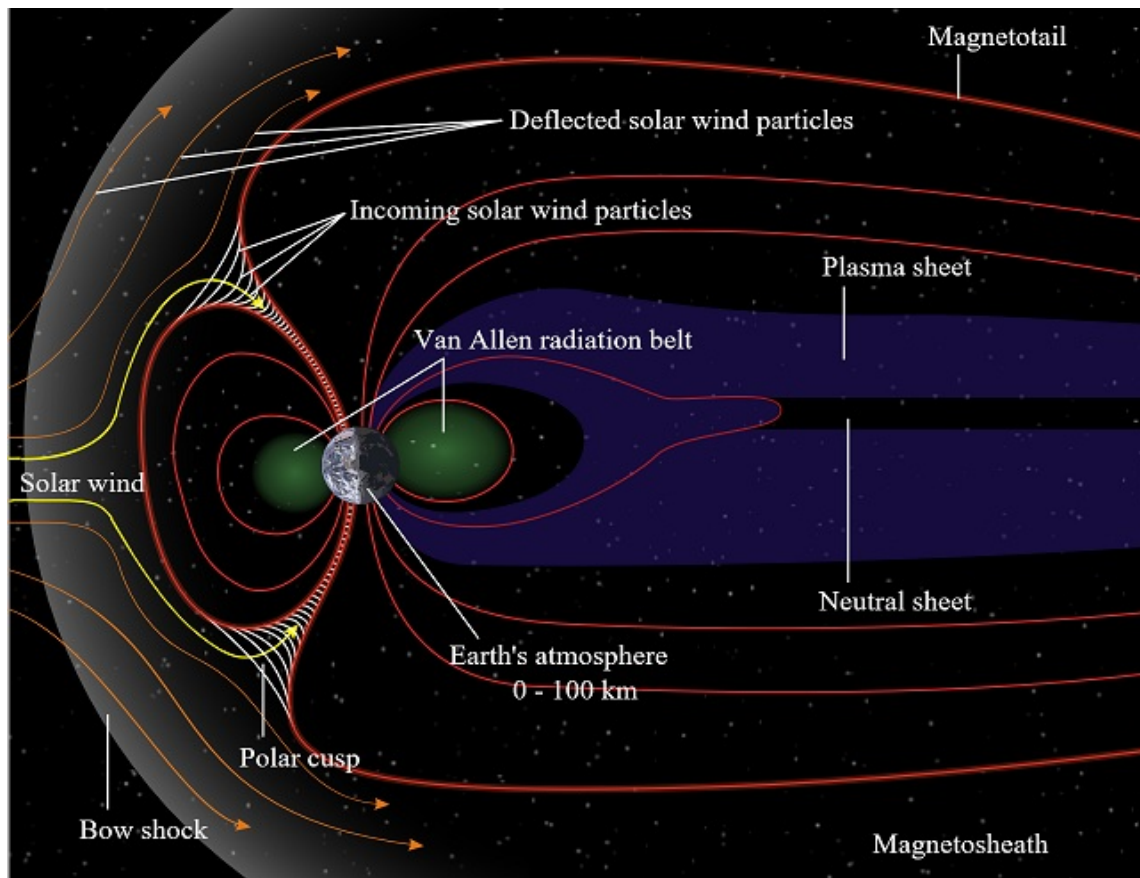
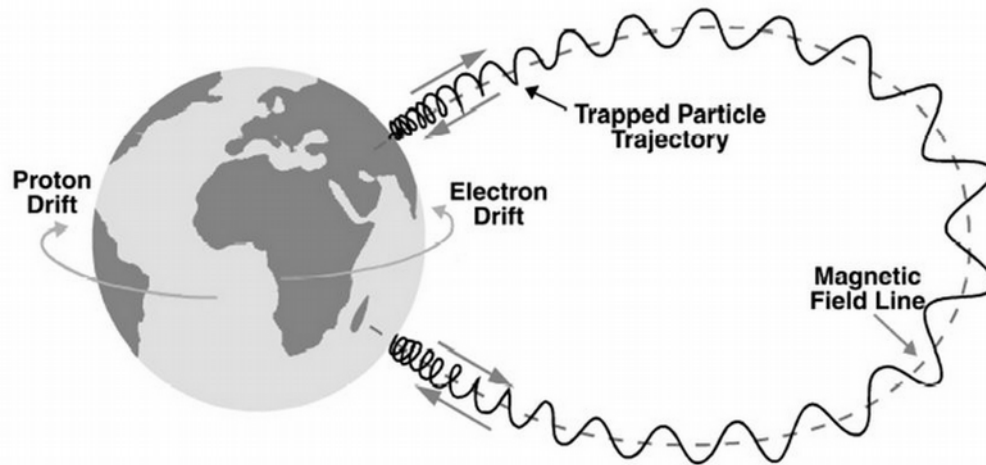
Il campo Geomagnetico



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

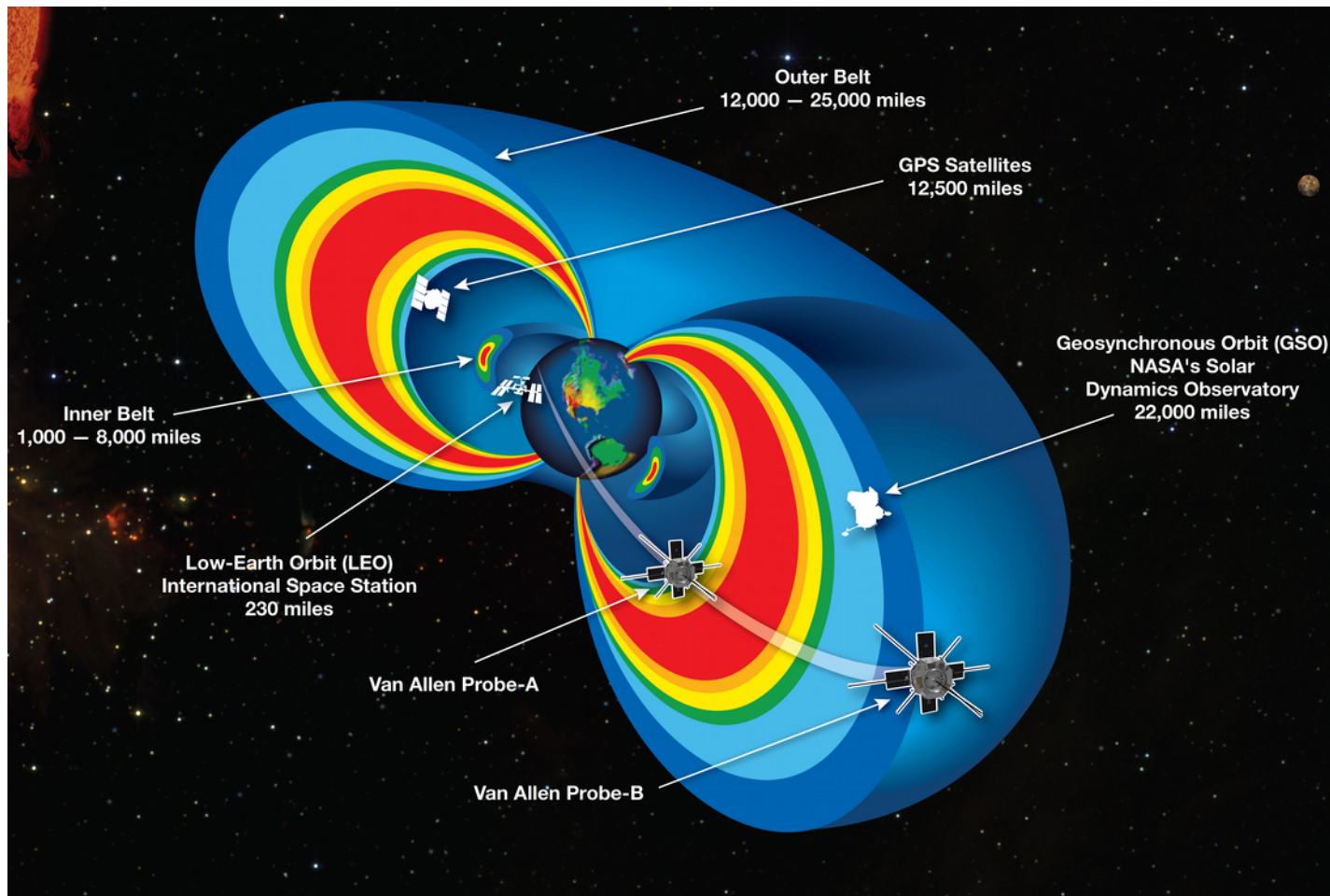
- Il Sud magnetico non coincide con il Nord geografico :
 - $\Delta\phi \sim 11^\circ$
- Campo poco intenso :
 - $B \sim 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ (poli)
 - $B \sim 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ (equatore)
- ... ma essenziale per la vita nel pianeta

Campo Geomagnetico e il vento solare



- Il sole emette fasci di particelle cariche (p , e^- , ioni), con intensità mortale
- Questo “vento solare” viene in parte deflesso dal campo geomagnetico
- In parte le particelle vengono intrappolate nelle cosiddette “fasce di Van Allen”

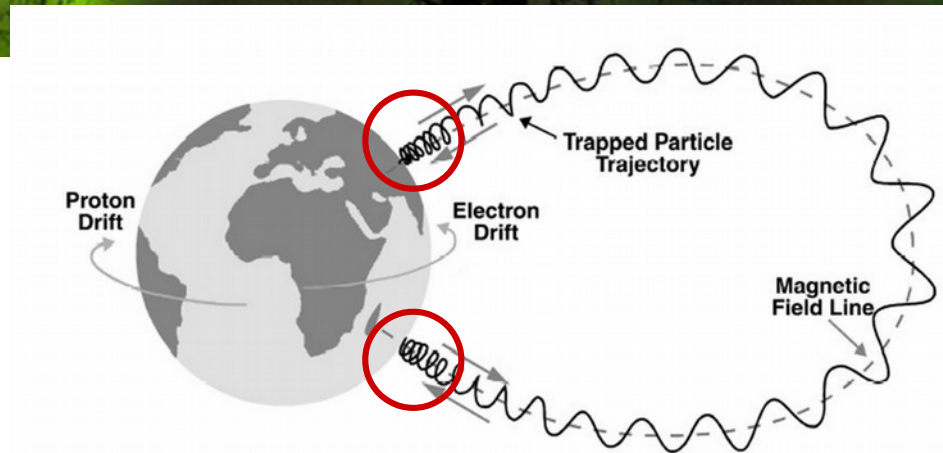
Le fasce di Van Allen



- Fascia “interna”, $r \sim 1000 - 6000 \text{ Km}$
- Fascia “esterna”, $r \sim 15000 - 60000 \text{ Km}$

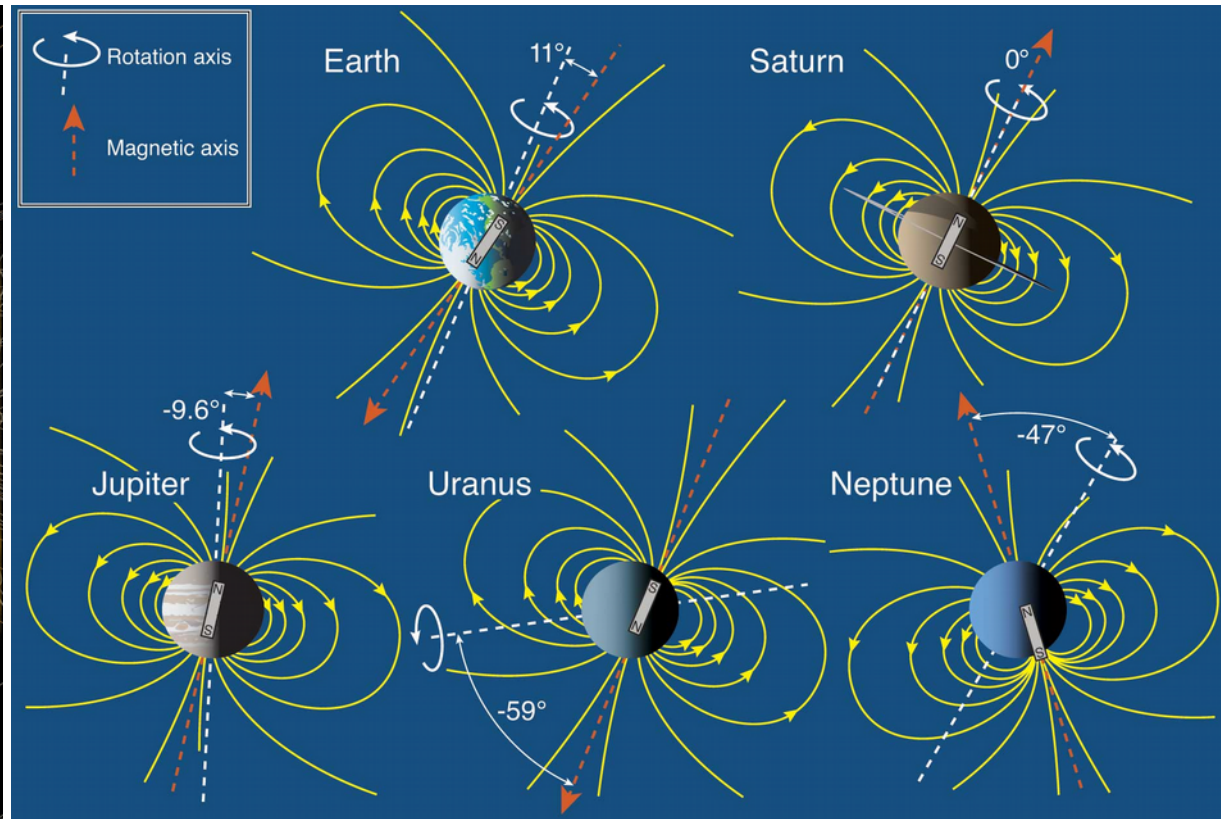
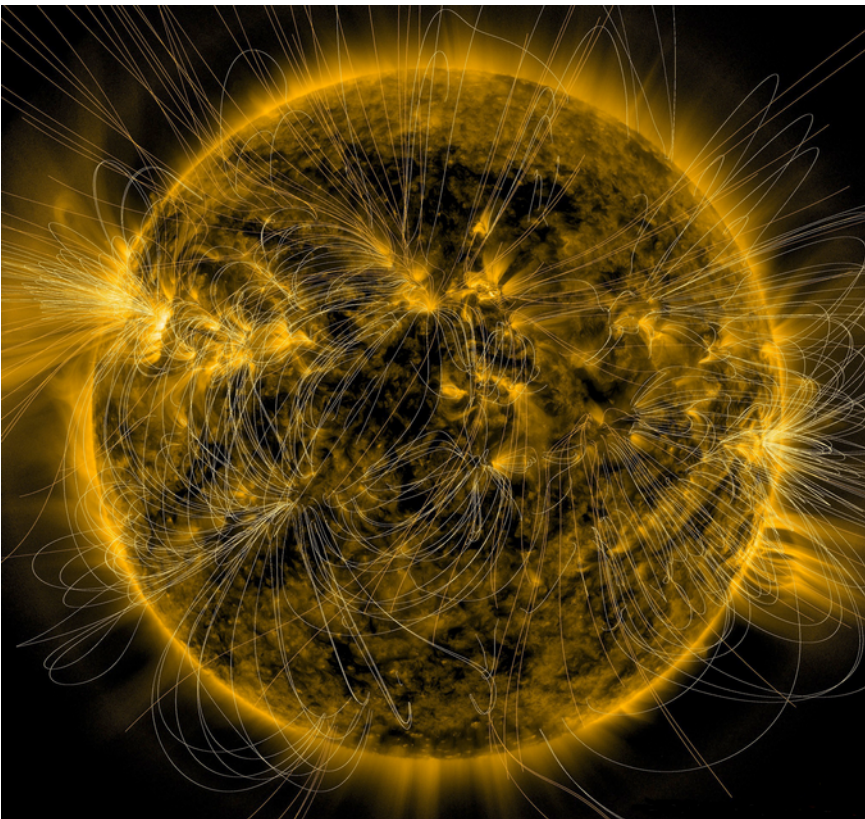
Le fasce di Van Allen

- Fascia esterna :
 - principalmente e di alta energia, $U_e \sim (0.1-10 \text{ MeV})$
- Fascia interna
 - protoni ed elettroni prodotti dai raggi cosmici ($U_p \sim 100 \text{ MeV}, U_e \sim 100 \text{ KeV}$)
 - si estende fino a 200 Km dal suolo nella cosiddetta anomalia Sud-Atlantica, problema per i satelliti a bassa quota
 - l'interazione di queste particelle con l'atmosfera causa il fenomeno dell' "Aurora Boreale"



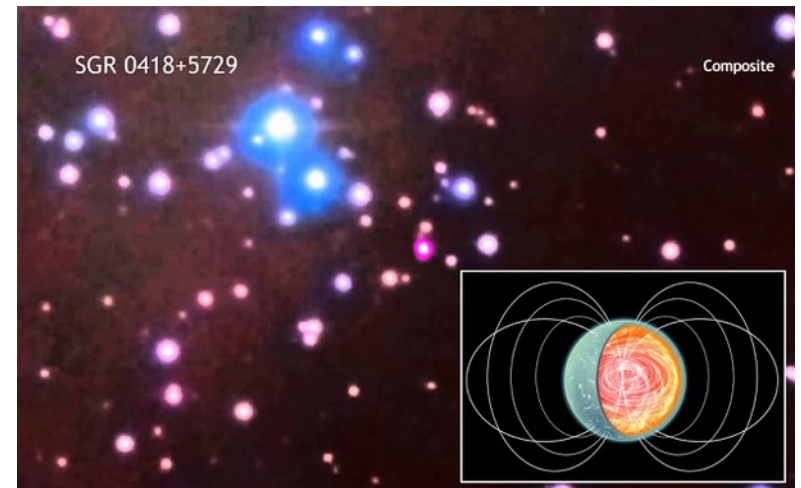
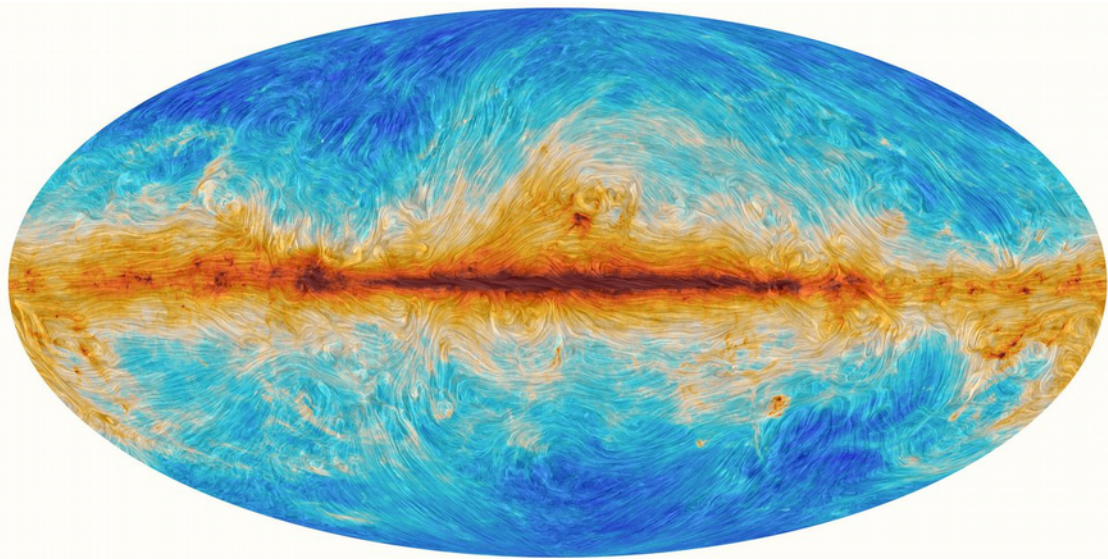
Campi nel sistema solare

- La Terra non e' un caso isolato
- Sempre campi moderati;
 - Sole: $\langle B \rangle \sim 10^{-4} \text{ T}$ ($\sim 2 \times B(\text{Terra})$)



Campi Galattici ed extra-Galattici

- Via Lattea
 - $\langle B \rangle \sim 10^{-9} - 10^{-10} \text{ T}$
- Stelle di neutroni
 - $\langle B \rangle \sim 10^4 - 10^{11} \text{ T}$
 - Record: SGR 0418 (M~M(Sole), R~20 Km)



Il Tokamak

- Fusione nucleare : gas ionizzato $T \sim 4 \cdot 10^8 \text{ K}$
- Confinamento magnetico mediante sovrapposizione di campi poloidali e toroidali (Tokamak)

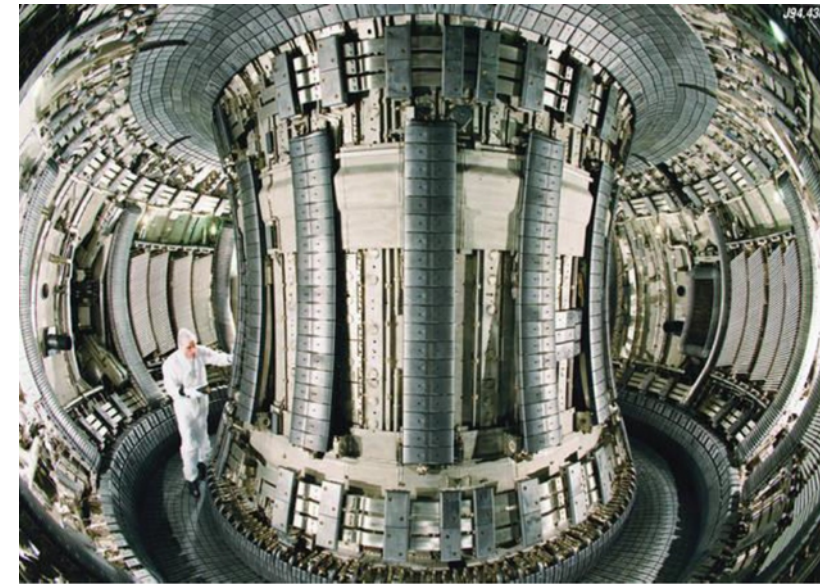
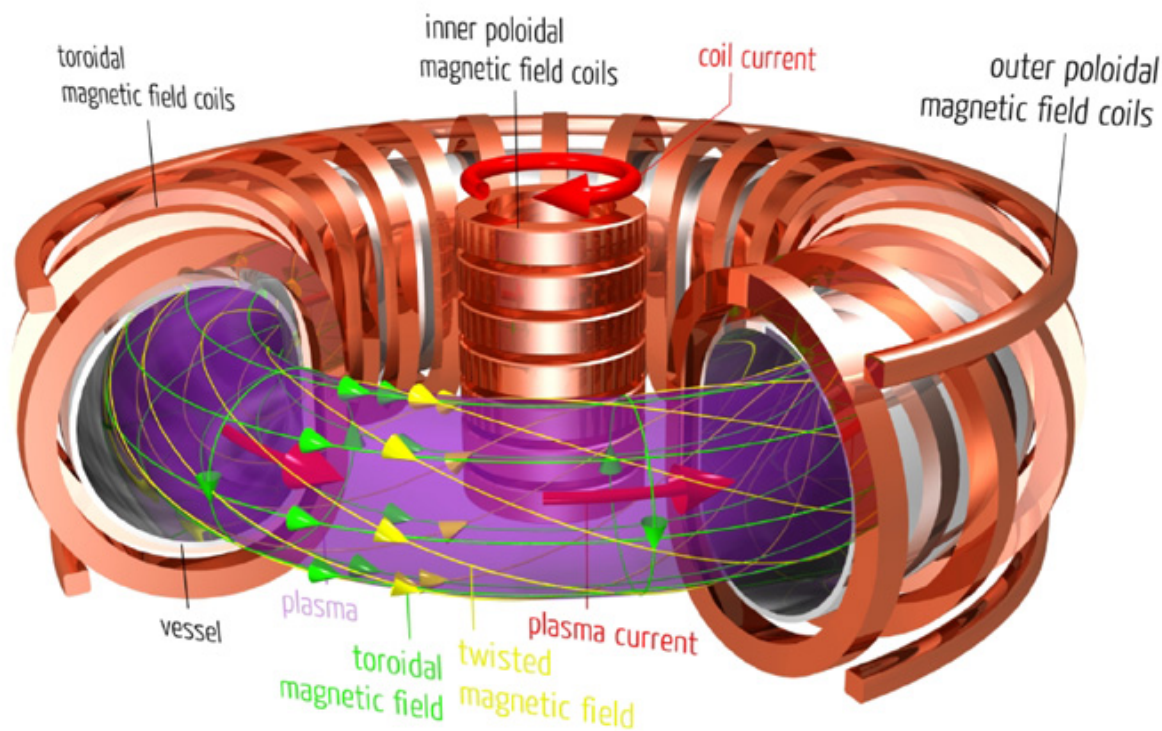
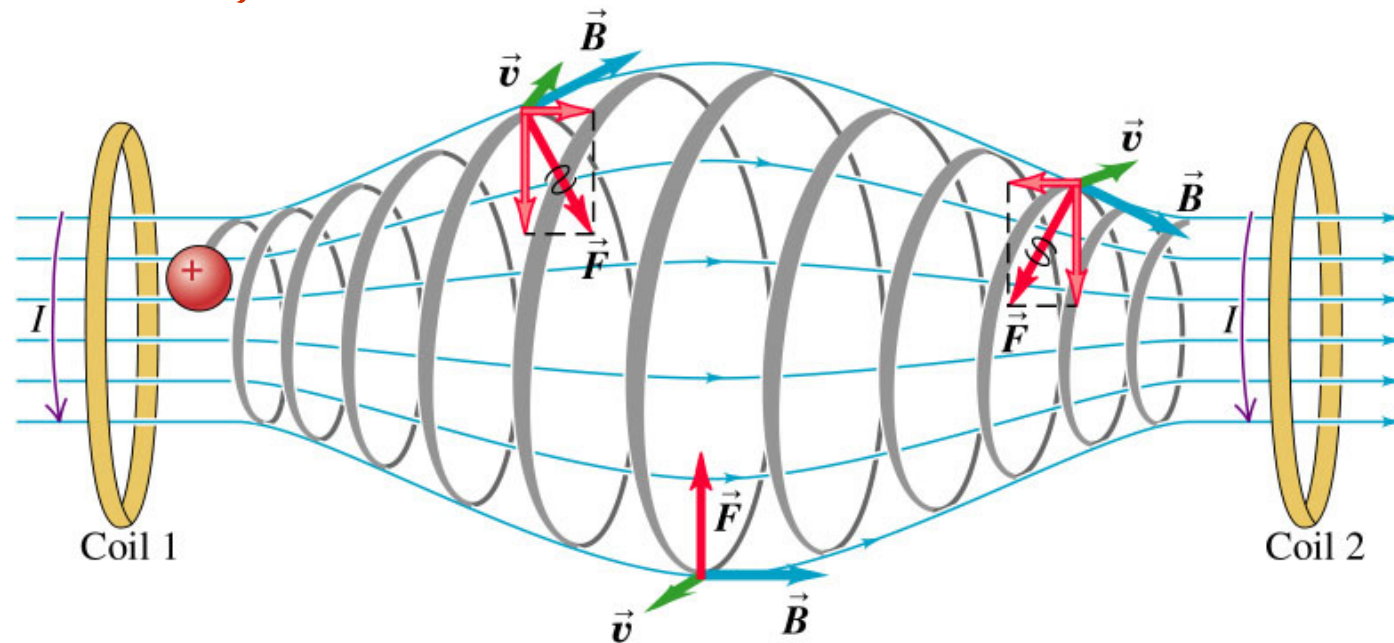


Figure 3. Tokamak reactor [8].

Altre trappole magnetiche

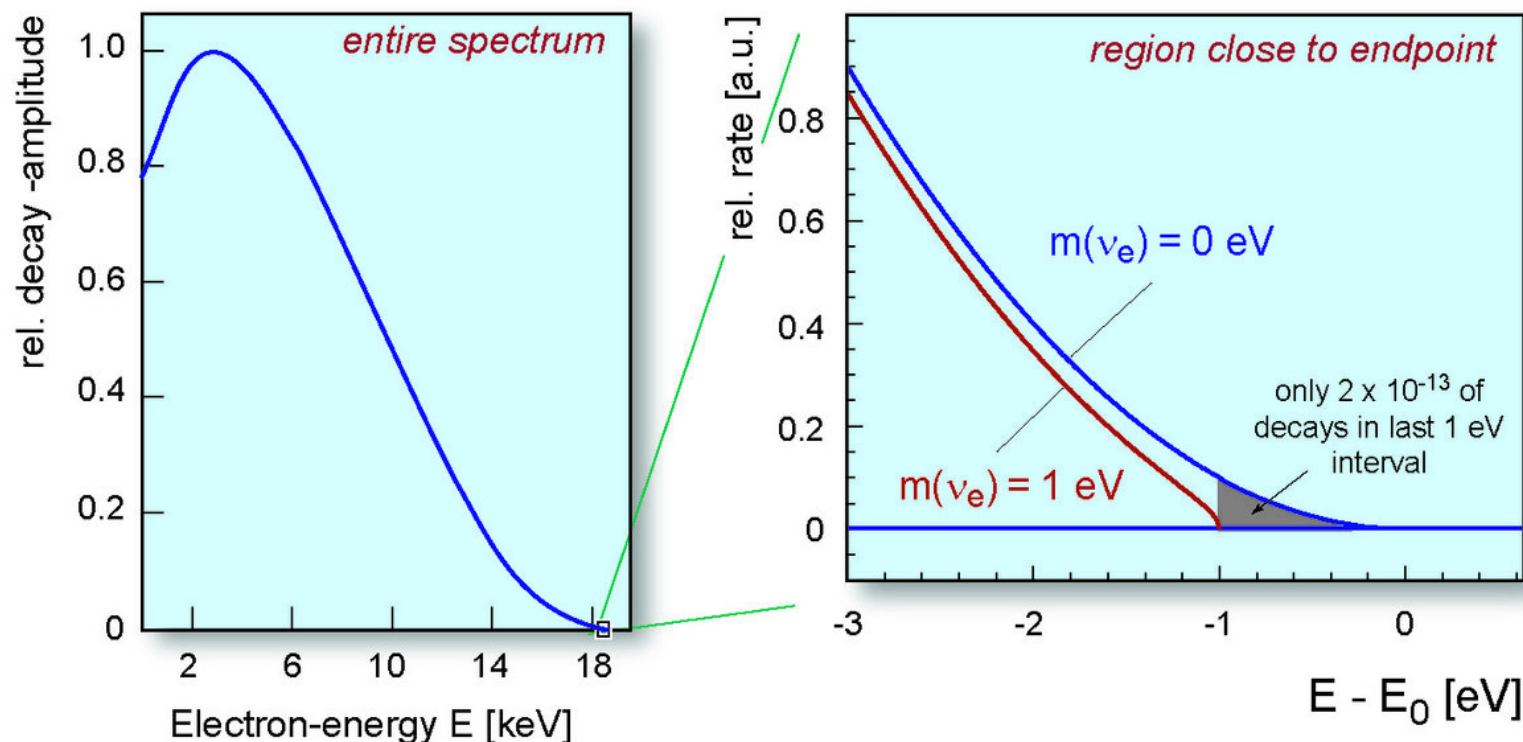
- Bottiglia magnetica :

- la particella rimbalza tra le due estremità' della bottiglia
- puo' essere usata anche per confinare particelle neutre con momento di dipolo non nullo (es: neutroni)



Un esempio: Katrin

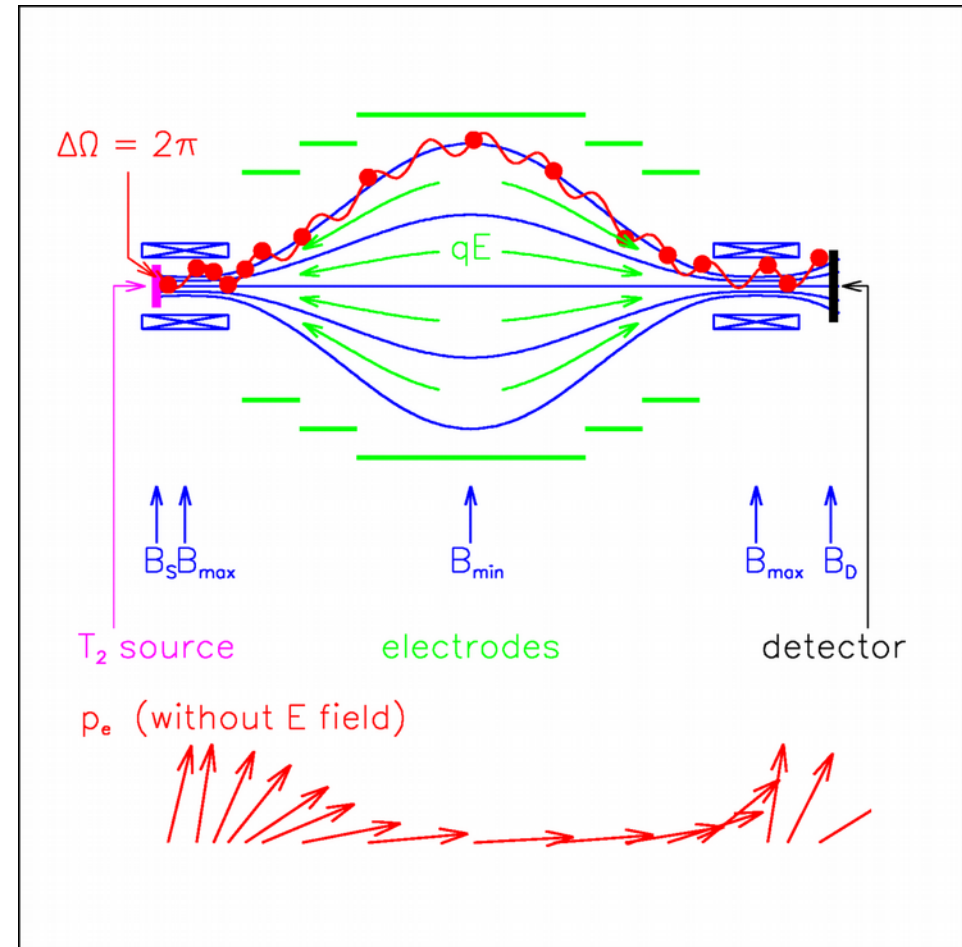
- Misura della massa del neutrino dallo spettro dell'energia dell'elettrone nel decadimento β del trizio



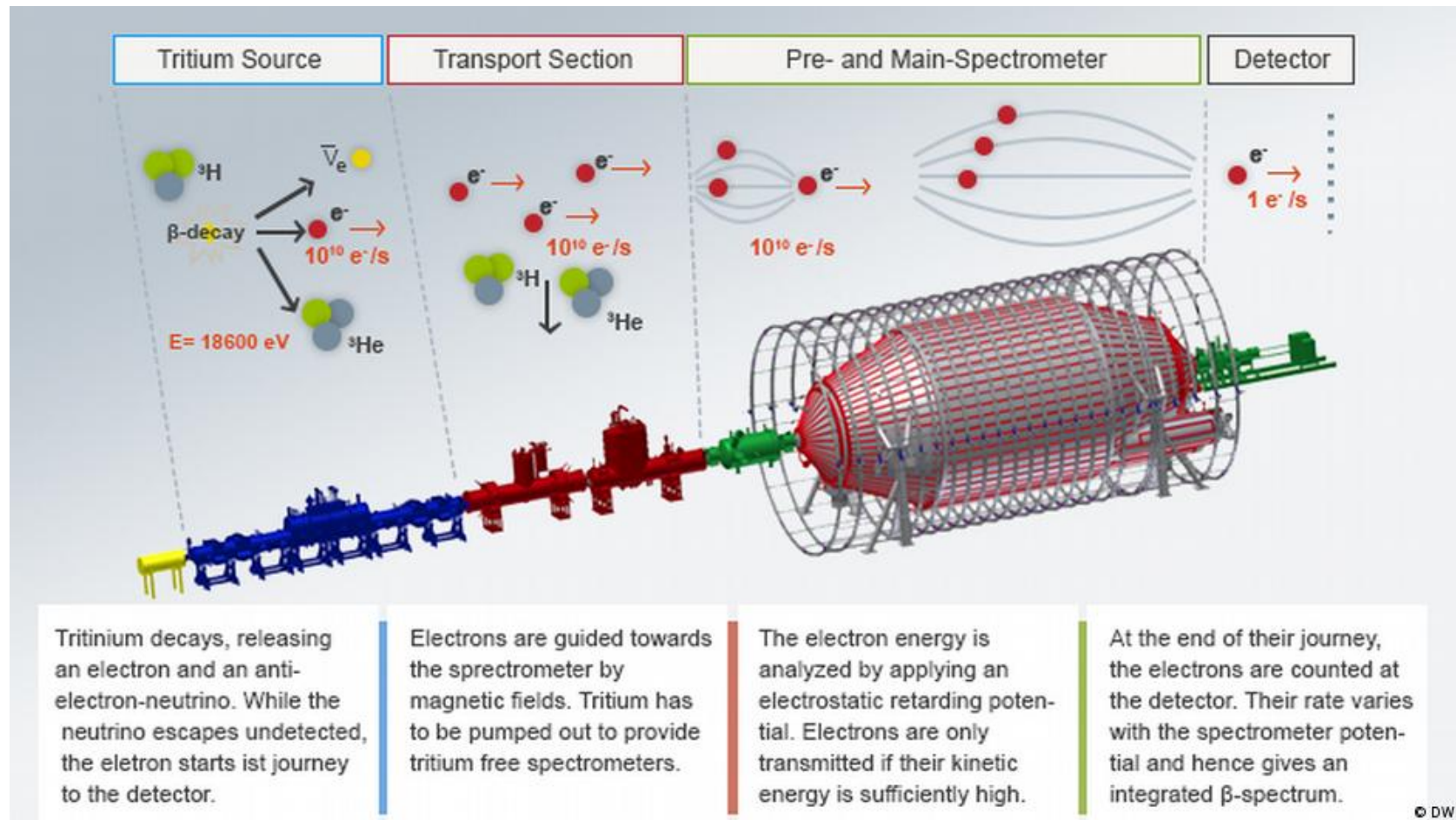
- Problema : filtro energetico che rigetti $\sim 10^{13}$ elettroni di bassa energia

L'esperimento Katrin

- La sorgente emette isotropicamente
- B ruota l'impulso degli elettroni
- Al centro: $\vec{p}_e \simeq p_e \vec{u}_x$
- Filtro E: $p_e^2/2m_e > eV$
- B (simmetrico) focalizza e⁻ filtrati sul rivelatore



L'esperimento Katrin



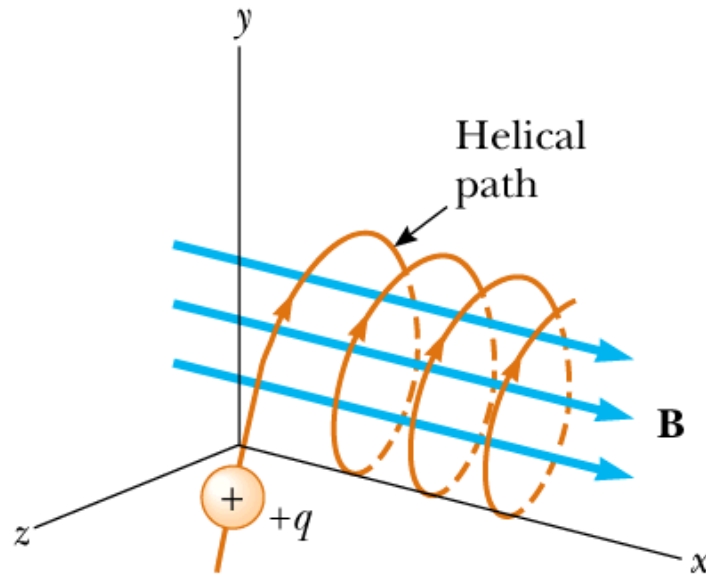
Il trasporto dell'esperimento



Il trasporto dell'esperimento



Gli Spettrometri



$$r = \frac{p_T}{eB}$$

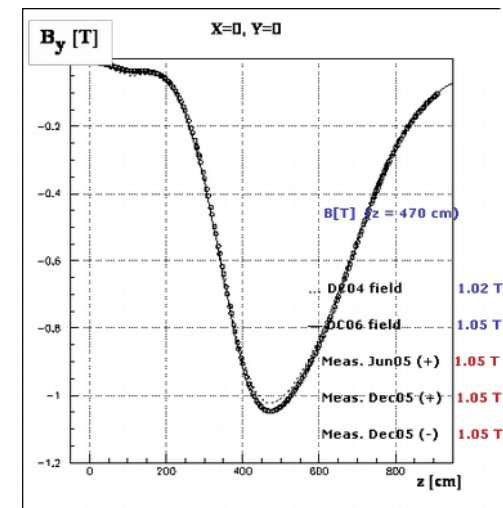
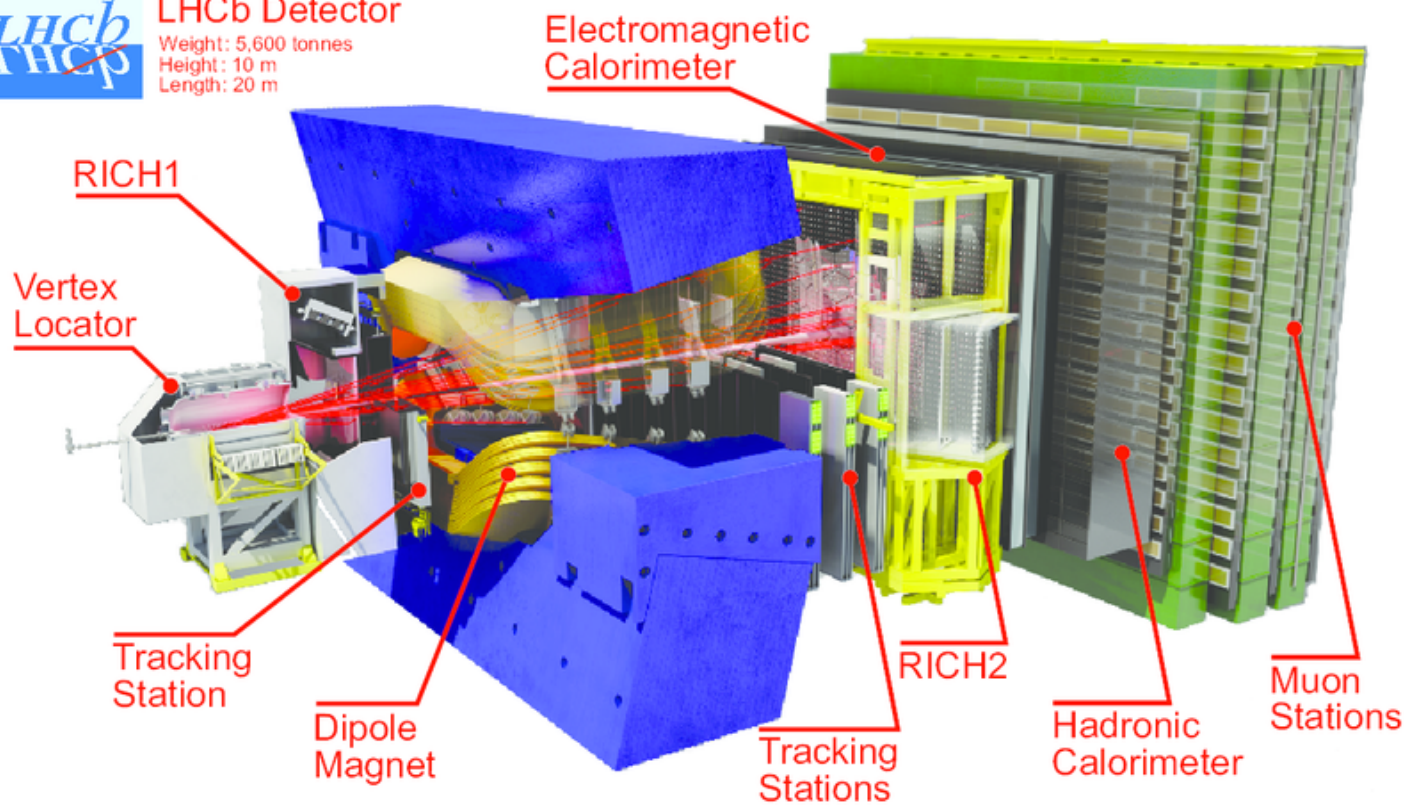
- Noto **B**:
 - da misura di r determino p_T
 - da verso di rotazione determino segno di q ($= +/\sim e$)

Spettrometri: LHCb @ CERN

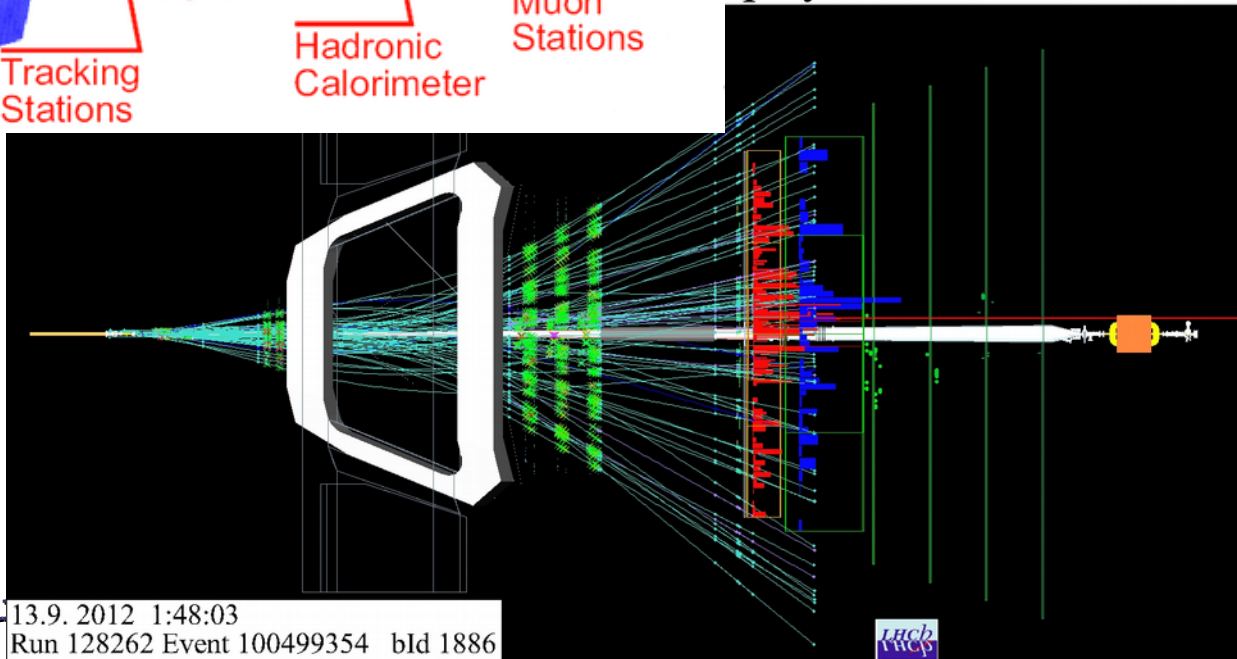


LHCb Detector

Weight: 5,600 tonnes
Height: 10 m
Length: 20 m



splay



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

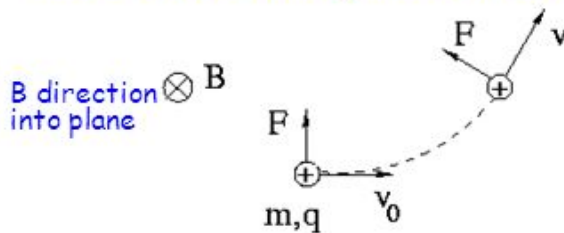
Prof. Fra
13.9.2012 1:48:03
Run 128262 Event 100499354 bld 1886



Spettrometri dipolari

Magnetic Rigidity

Charged particle moving
in Uniform Magnetic Field



$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad \text{magnetic force}$$

$\vec{F} \perp \vec{v} \Rightarrow$ changes only $\vec{v}$ direction
($v = v_0$; F is centripetal force)

$$F = qvB = m \frac{v^2}{\rho}$$

ρ curvature radius

$B\rho$ is called **magnetic rigidity**:

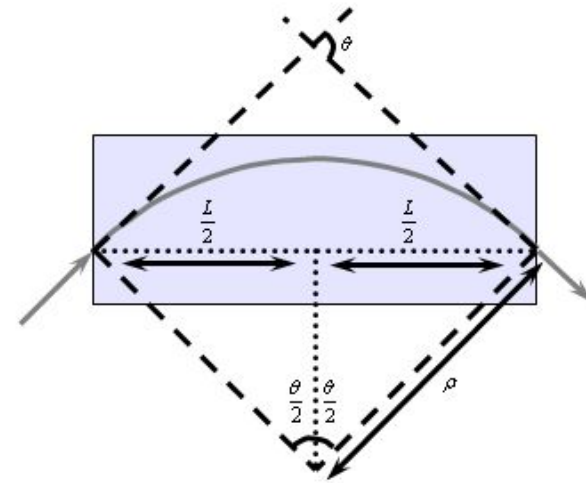
$$B\rho = \frac{mv}{q} = \frac{p}{q} = \frac{Av}{qc^2} \rightarrow \text{momentum}$$

using correct units:

$$B\rho = 33.356 \text{ p [kG m]} \\ = 3.3356 \text{ p [T m]} \quad (\text{if p is in [GeV/c]})$$

Dipole Magnet

a **dipole** with a **uniform dipolar field**
deviates a particle by an angle θ



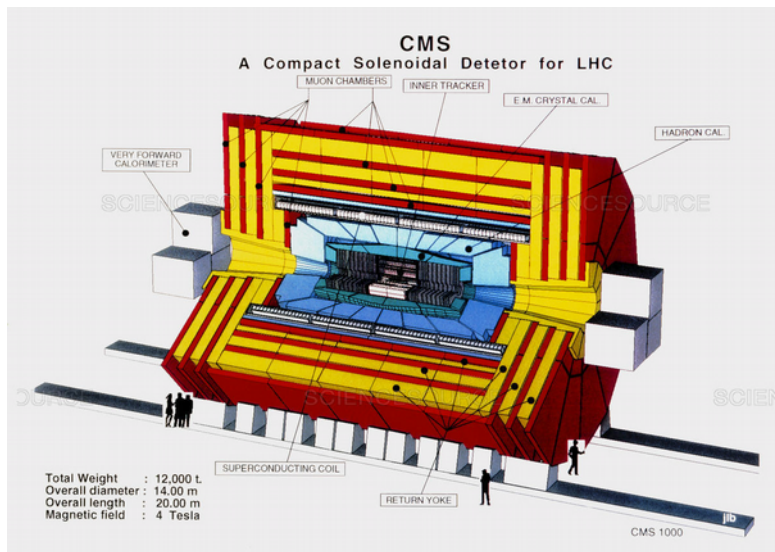
θ depends on length L and field B :

$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{L}{2\rho} = \frac{1}{2} \frac{LB}{B\rho}$$

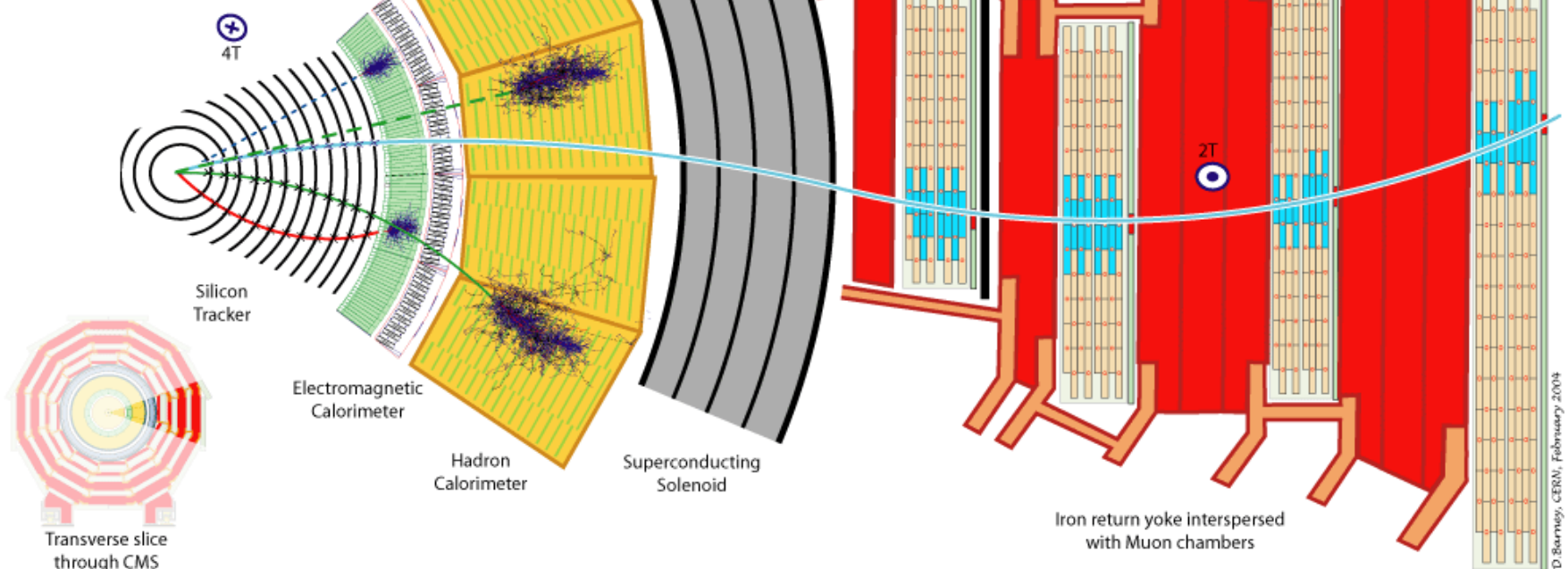
if θ is small:

$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{\theta}{2} \rightarrow \theta = \frac{LB}{(B\rho)}$$

Spettrometri : CMS @ CERN



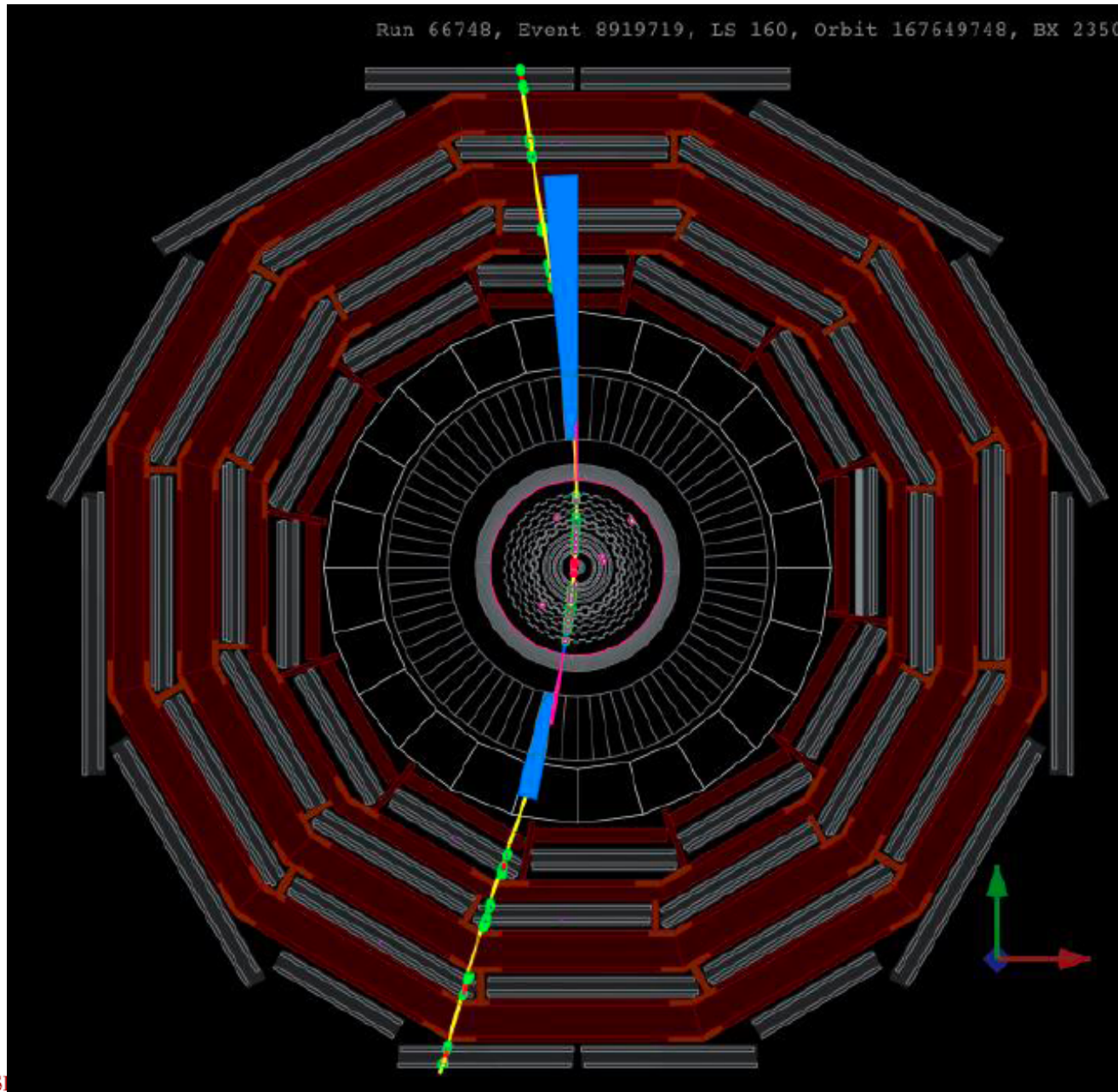
--- Neutral hadron (e.g. neutron)
--- Photon



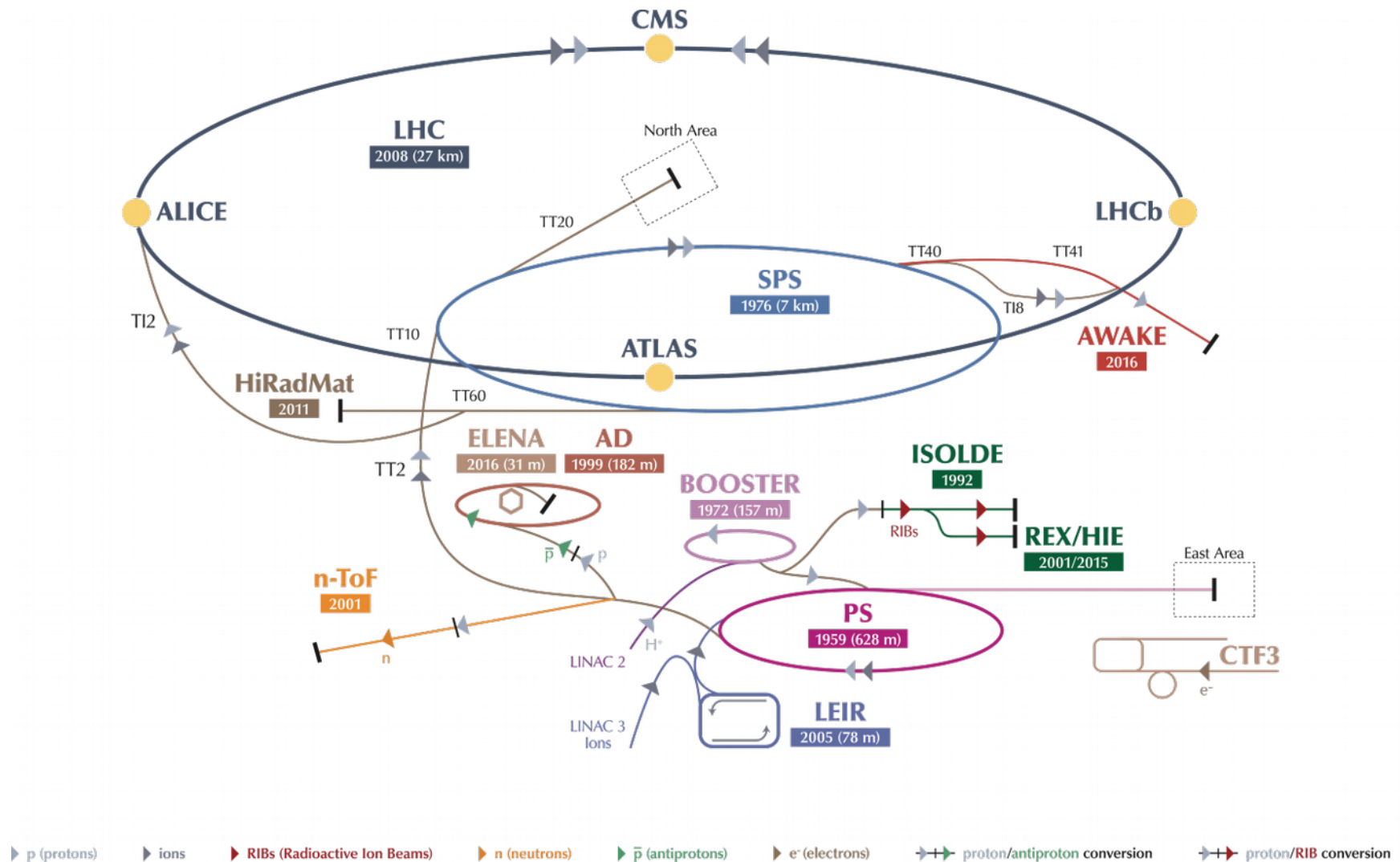
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Prof. Franco Simonetto Università' PD

Spettrometri : CMS @ CERN



Il sistema di collisori del CERN



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Prof. Franco Simonetto Università' PD

La ricerca dei monopoli magnetici

- Motivazioni

- Simmetrizzare le equazioni di Maxwell
- Dirac : l'esistenza di una carica magnetica spiegherebbe la quantizzazione della carica elettrica
- Teorie di stringa, GUT prevedono l'esistenza dei m.m.

- Ricerche :

- Passive: ricerca di monopoli comici, prodotti poco dopo il Big Bang
- Attive : ricerca di momopoli (M) prodotti in collisioni di particelle energetiche : $pp \rightarrow M \bar{M} X$ (LHC)

Ricerca dei Monopoli Magnetici

- Monopoli sarebbero particelle molto ionizzanti, si manifesterebbero con il rilascio anomalo di energia nei rivelatori
- “Passivi”: MACRO (Gran Sasso)
- “Attivi”: ATLAS (LHC)

