

Su alcune applicazioni dei Campi Magnetici (Statici)

- Acceleratori di particelle

- LEP & LHC

- Spettrometri

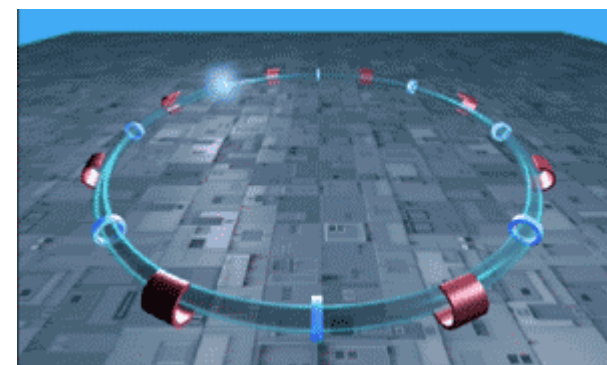
- bersaglio fisso
- nei collisori

- Trappole magnetiche

- Tokamak
- fasce di Van Allen
- esperimento Katrina

● Pros :

- urto nel CM massimizza l'energia utile
- sfruttano più volte lo stesso fascio
- sfruttano più volte il sistema di accelerazione (cavità risonanti)



● Cons

- urto frontale di fasci di sezione Σ o (10 m μ)
- delicato controllo della stabilità dell'orbita

● Orbite circolari

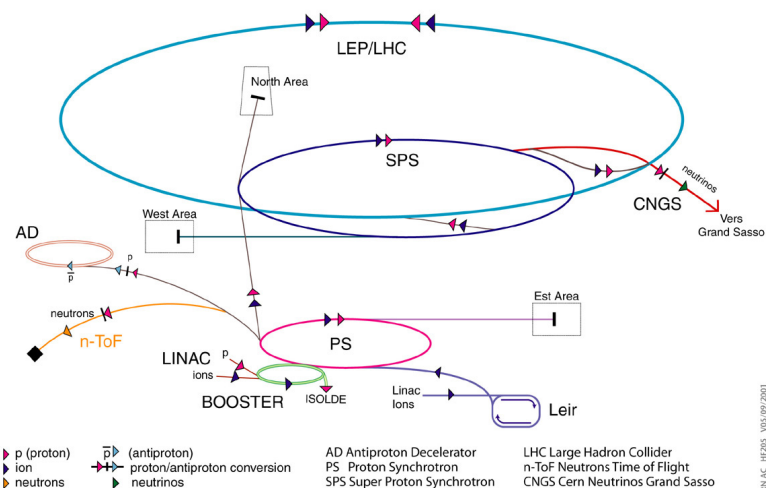
- intensi campi magnetici



- Galleria sotterranea di 27 Km nella regione di Ginevra
- Large Electron Positron (1989 – 2000) : e^+e^- , $E_{CM} \approx 90 - 200$ GeV
- Large Hadron Collider (2009-2035) : pp , $E_{CM} \approx 13$ TeV ($65 \times$ LEP)
- Esercizio (1) : calcolare B necessario a curvare le particelle nei due casi , usando l'espressione relativistica dell'impulso :

$$p \approx \frac{1}{2} E_{CM} / c$$

Accelerator chain of CERN (operating or approved projects)

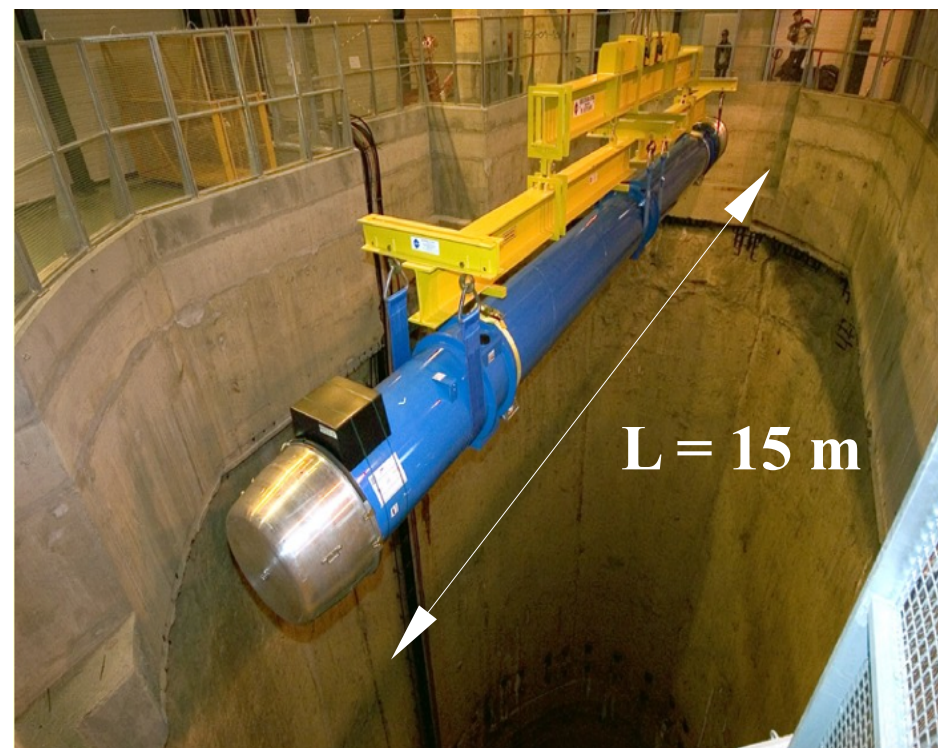
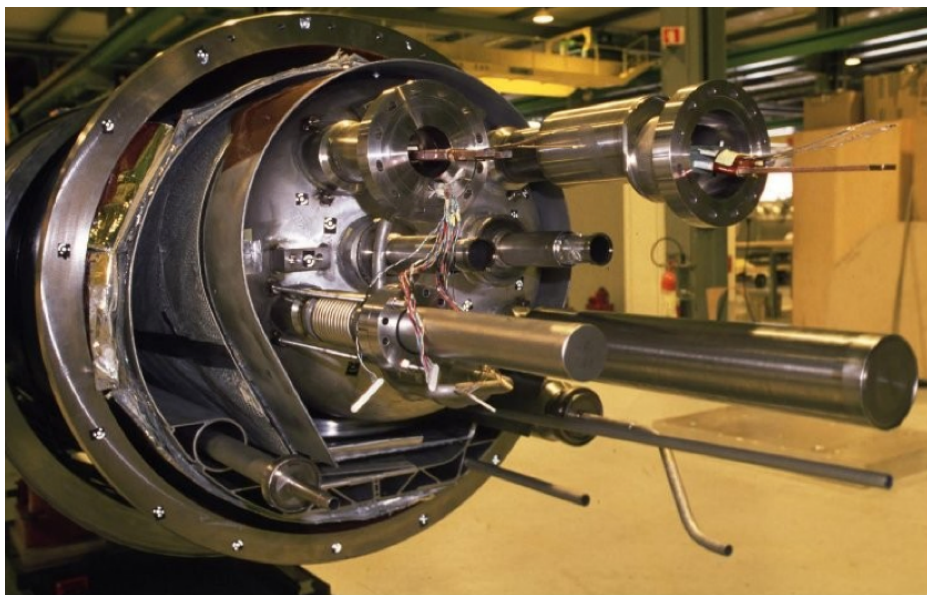
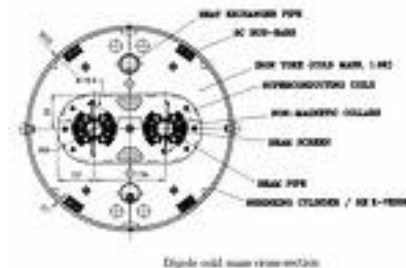


The Large Hadron Collider: CERN, Geneva, Switzerland



1232 magneti dipolari

- $B \approx 8.3 \text{ T}$ ($10^5 B_{\text{terra}}$)
- $i \approx 11000 \text{ A}$
- $T \approx 1.9 \text{ K}$ (superconduttori) ($T_{\text{cosmo}} \approx 2.3 \text{ K}$)



- Misura dell'impulso :

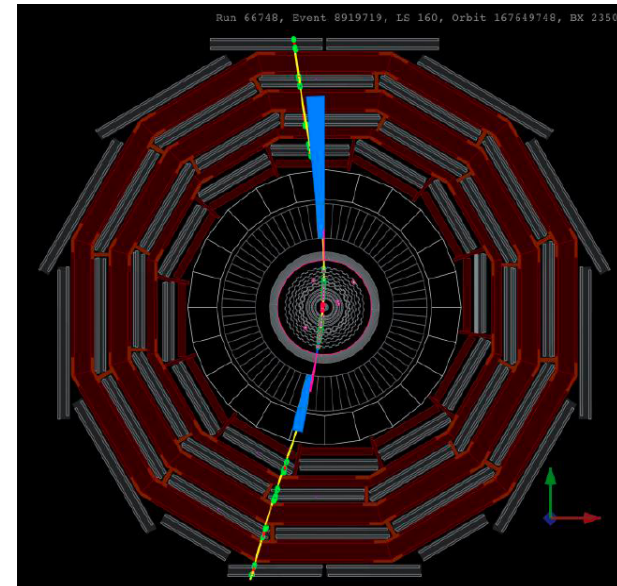
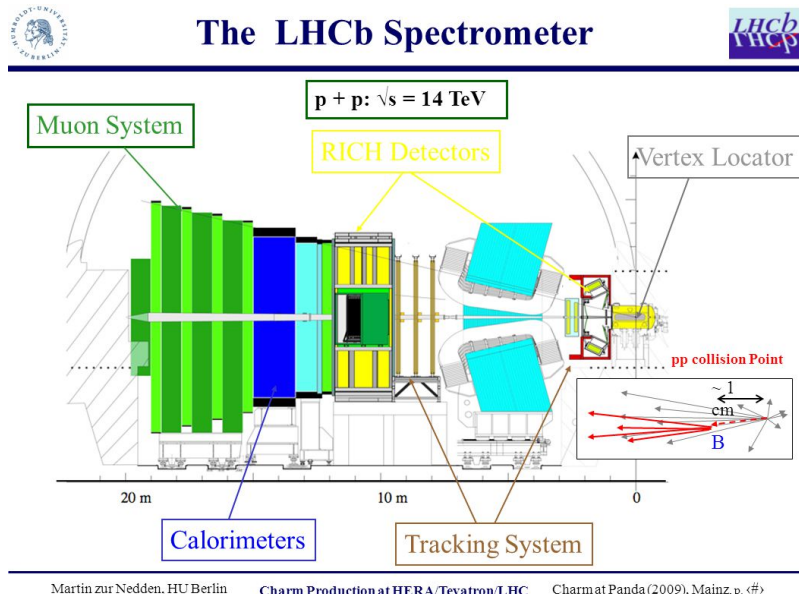
$$p = zeBr = 0.3 z Br$$

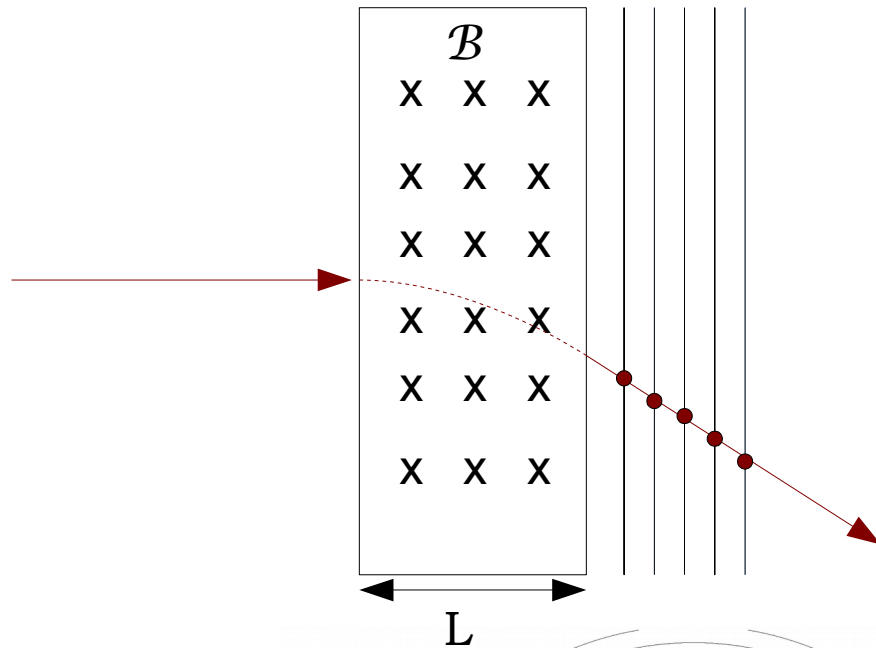
p [GeV/c]
 B [Tesla]
 r [m]
 [esercizio (2)]

- Due tipi di spettrometri :

- magnetì **DIPOLARI**
 collisioni “in avanti”

- SOLENOIDI**
 collisioni nel CM



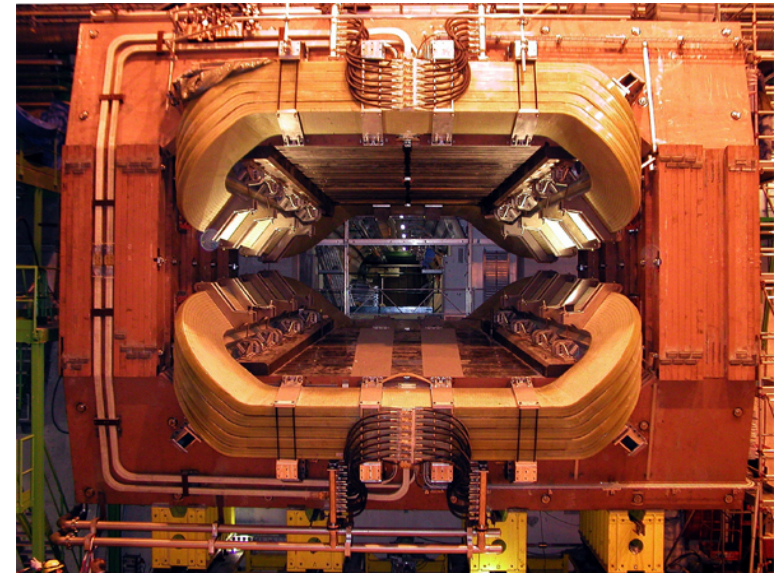
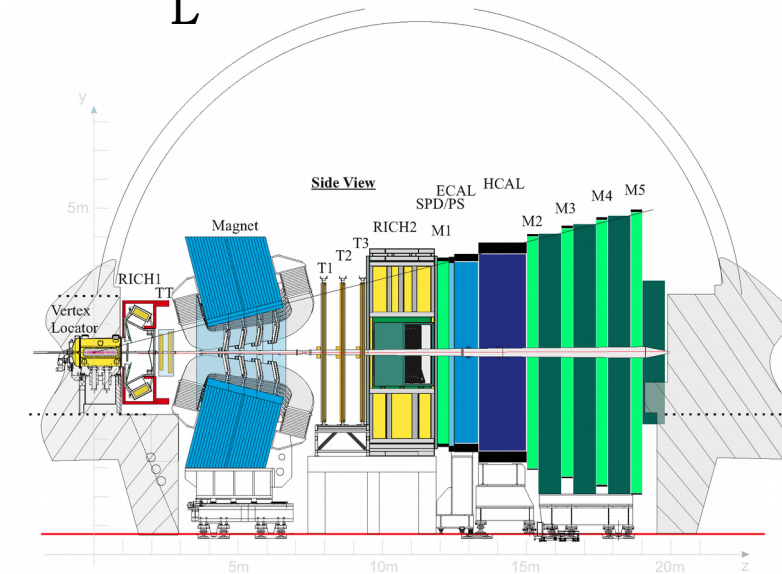


Misuro l'angolo di deflessione Θ

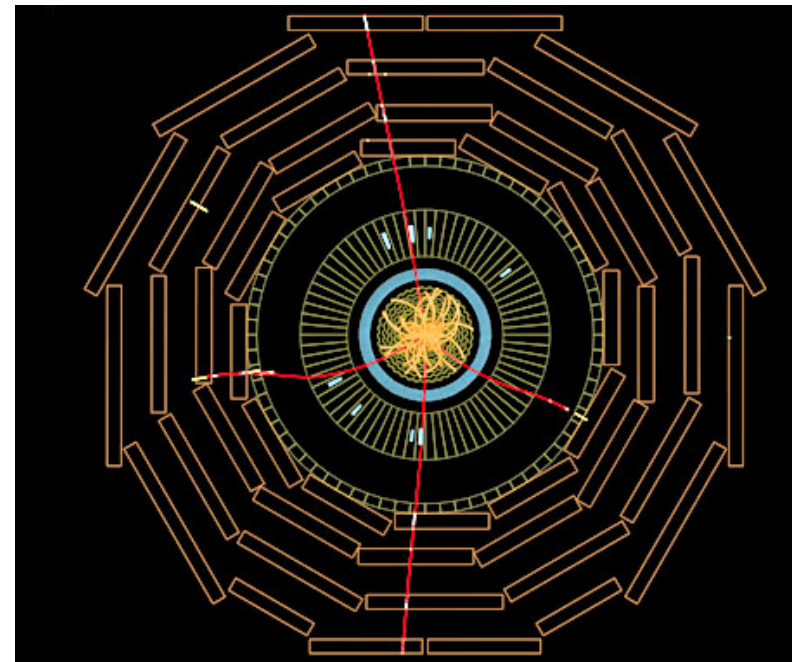
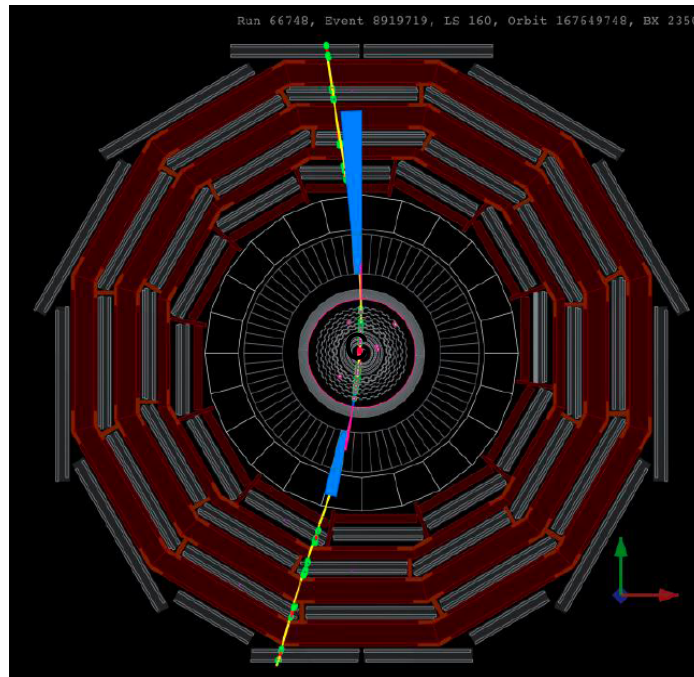
$$p_T = 0.3 z B L \quad \simeq 300 \text{ MeV se } L=1 \text{ m, } B=1 \text{ T (LHCb)}$$

$$\sin \Theta = \frac{p_T}{p} = \frac{0.3 z B L}{p}$$

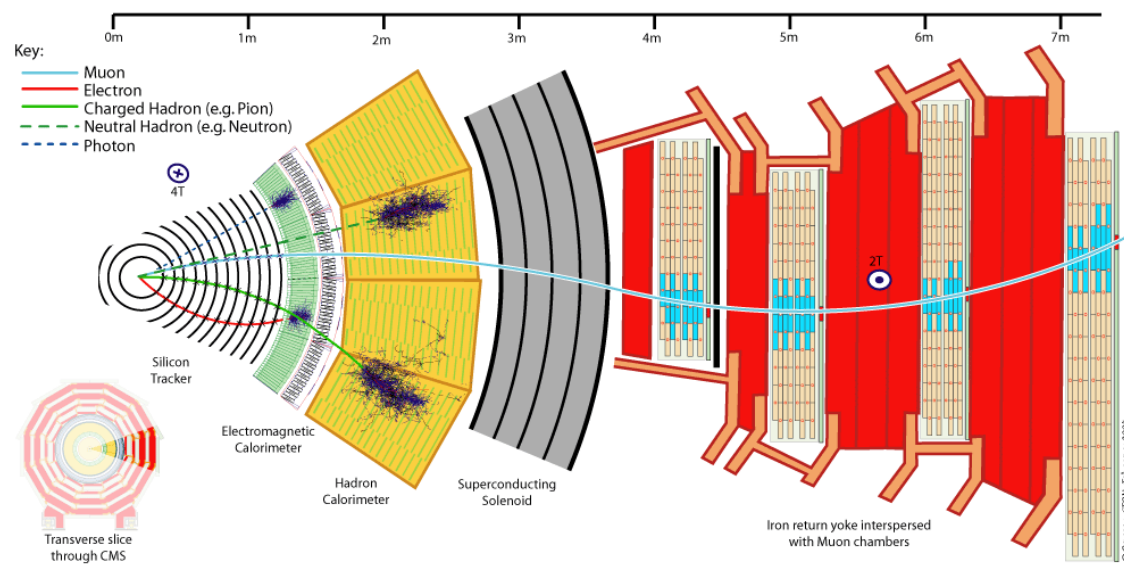
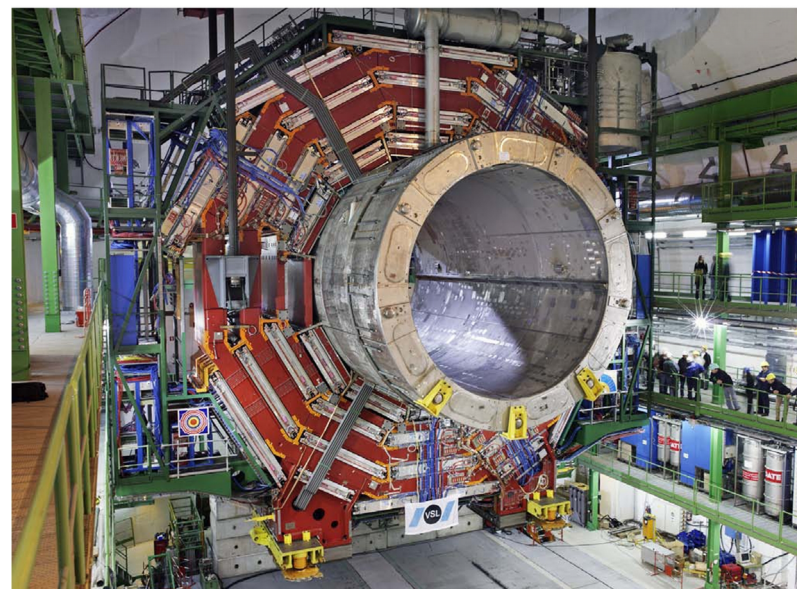
esercizio (3): ricavare queste relazioni



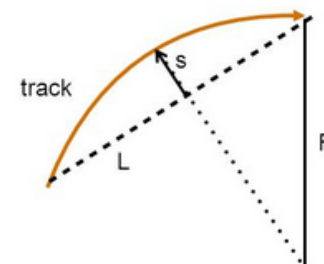
- Vasto solenoide cilindrico, genera un campo uniforme e contiene i rivelatori
- I fasci procedono lungo l'asse del cilindro e si urtano al suo centro
- Le particelle cariche prodotte vengono tracciate DENTRO B
- Si ricostruisce la traiettoria (elica), e si misura il raggio R
- Le linee del campo vengono “chiusure” da materiale ferromagnetico (“giogo di ritorno”)



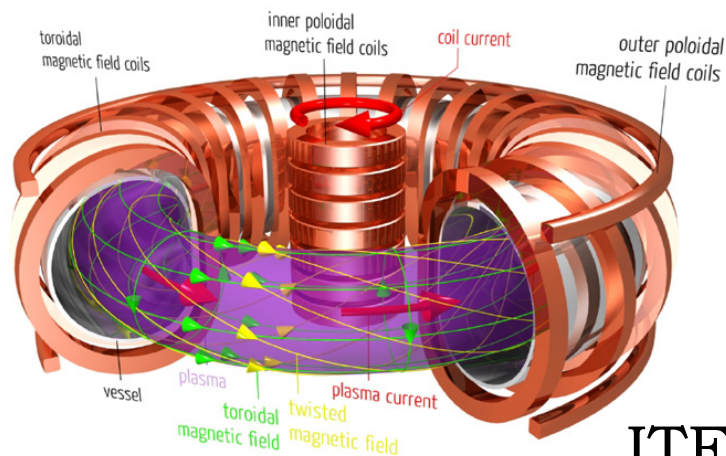
- $B = 4 \text{ T}, i = 19.5 \text{ kA}$
- $T = 4 \text{ K}$
- $P = 26 \text{ m}, \varnothing = 15 \text{ m}$
- $M = 12000 \text{ Ton}$ (2x torre Eiffel)
- $B(\text{giogo}) \approx 2.5 \text{ T}$



Esercizio (4) : ricavare sagitta s su un tratto di lunghezza $L=1 \text{ m}$ se $p=100 \text{ GeV}/c$



- Fusione nucleare : $p p p p \rightarrow {}^4\text{He}^{++} + 2e^+ + 2\nu_e + 22\text{MeV}$
- Per superare la repulsione coulombiana serve $U_K \sim 10\text{ KeV}$,
cioè $T \sim 10^7\text{ K}$ (plasma) :
 - Sole : confinamento gravitazionale
 - Reattore : confinamento magnetico



ITER (2025 ?):

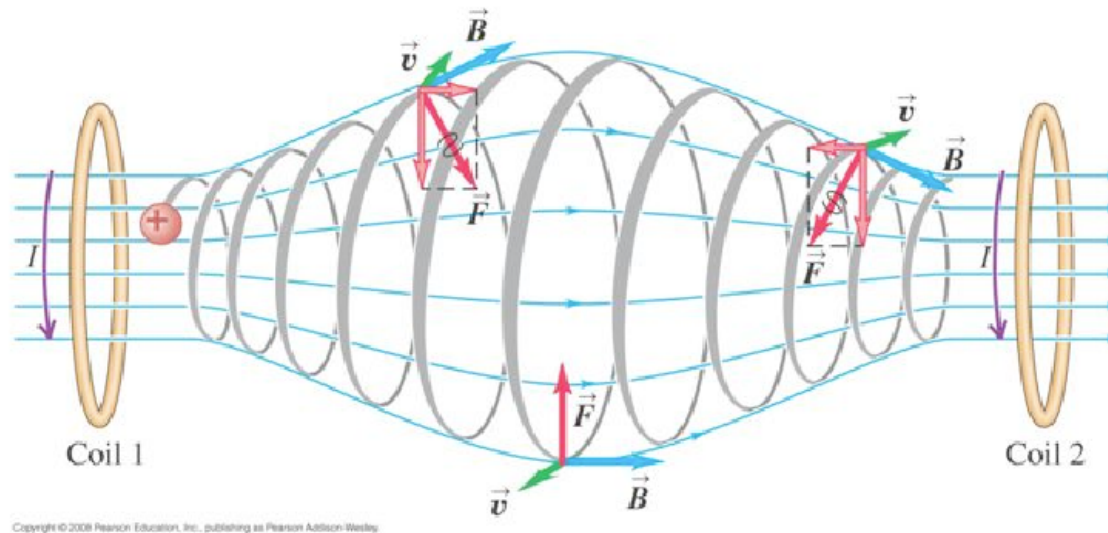


$$B_{\text{MAX}} \approx 11.8\text{ T}$$

$$\tau_{\text{PLASMA}} \approx 837\text{ m}^3$$

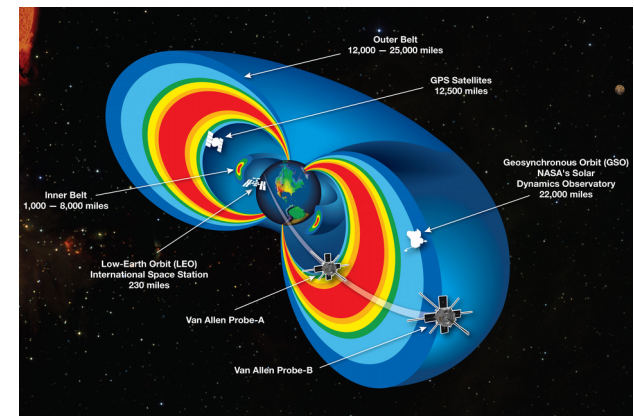
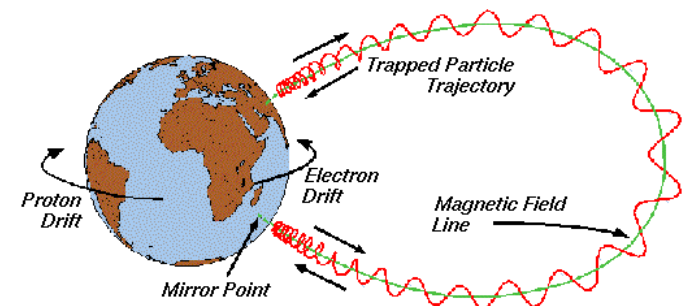
costo previsto: $1.5 \cdot 10^{10}\text{ €}$

- B non uniforme : sviluppo una componente longitudinale della forza
- La particella puo' anche essere intrappolata (bottiglia magnetica)

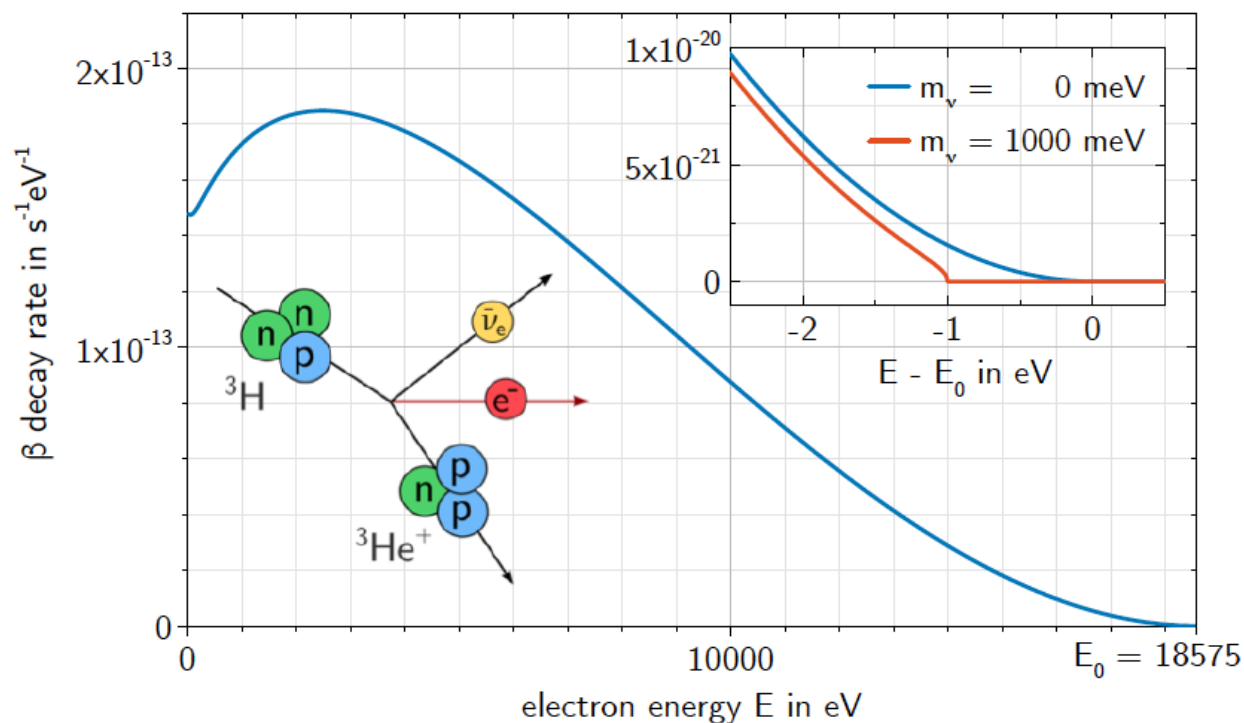


La Terra intrappola la radiazione cosmica:

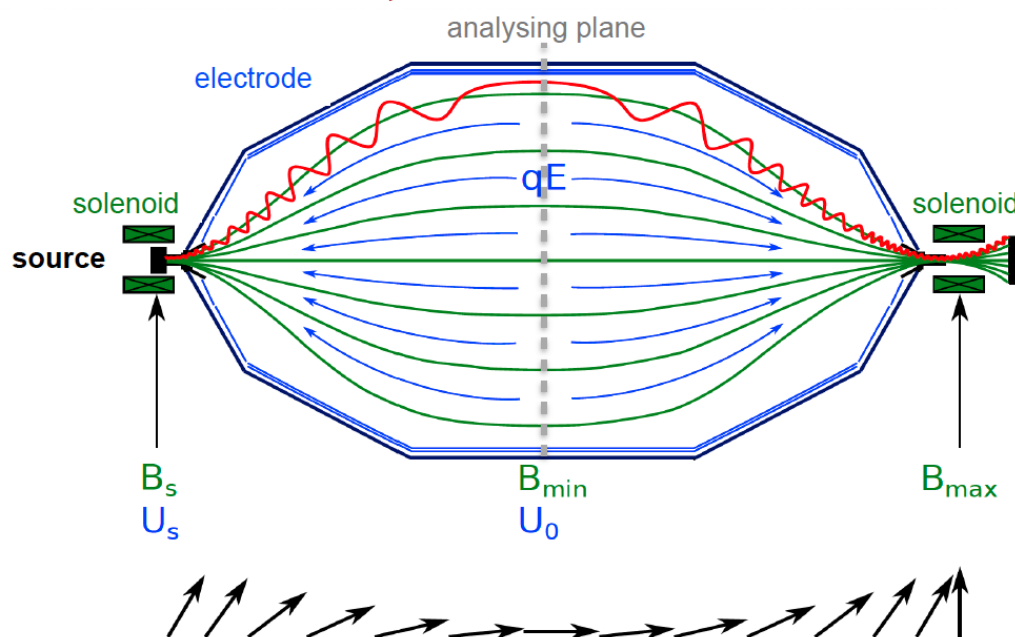
- Fascia esterna, $r \sim 10\,000 - 65\,000$ Km
 - e, p, α , O^+ prodotti presumibilmente dal vento solare
 - grande variabilità legata all'attività solare
- Fascia interna, $r \sim 1000 - 6000$ Km
 - p prodotti da raggi cosmici
- Effetti :
 - protezione atmosfera terrestre ♥
 - aurore boreali ♥
 - interferenza con satelliti ♠



- Decadimento beta del Trizio : ${}^3H_1 \rightarrow {}^3He_2 e^- \bar{\nu}_e$
- Sensibilità a $m(\nu_e)$ concentrata vicino all' "End point " (He a riposo)
- La regione utile corrisponde a circa $2 \cdot 10^{-13}$ dello spazio delle fasi
- Serve un filtro molto efficace



- Il trizio decade nel solenoide di destra.
- Gli elettroni emessi sono orientati in direzione casuale
- Un **campo magnetico** ad alto gradiente ne ruota l'impulso in direzione orizzontale
- Un **campo elettrico** filtra solo gli elettroni con $U_k > qV$
- Gli e filtrati sono raccolti specularmente e analizzati nel rivelatore (solenoidi di sinistra)
- Sensibilità $m(\nu) \sim 200 \text{ meV}$ ($\times 10$ wrt quella attuale)



Katrin : setup

