

Fisica Subnucleare con Acceleratori

Presentazione

Tesi di Laurea Specialistica

2 Dicembre 2009

Considerazioni preliminari.

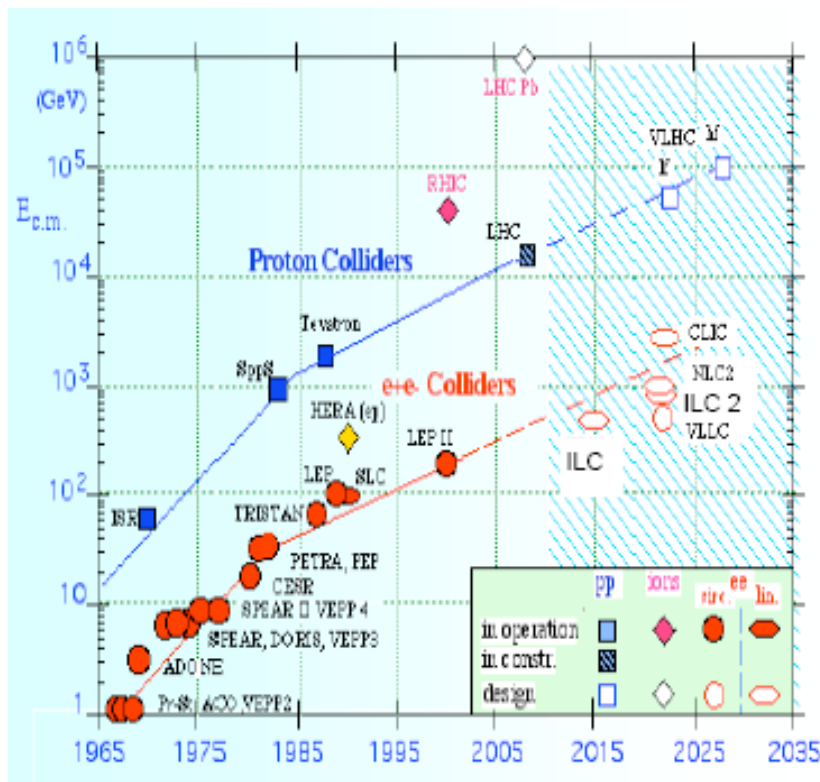
- Non Fisica DEGLI acceleratori;
- Esperimenti di Fisica CON acceleratori:
 - Progetto dell'esperimento;
 - Realizzazione dell'esperimento;
 - Raccolta dati;
 - Analisi dati.
- Dipartimento di Fisica AND Sezione INFN
 - “comunità” di 98 fisici (una delle più numerose in Italia)

Obiettivo del settore di ricerca:

- Sottoporre a **test sperimentale** i modelli che descrivono le *interazioni tra le particelle elementari* (SM, QCD, modello a quark).
- Ricerca di nuovi fenomeni che comportano l'estensione della teoria (supersimmetria, GUT, Materia Oscura, dimensioni extra,...).

FRONTIERA DELL'ENERGIA

Collider adronici (pp , $pp\bar{}$)



FRONTIERA DELL'INTENSITA'

Collider e^+e^- (“**factories**”)

Esperimenti “**fixed target**”

Trasversale a questa classificazione:

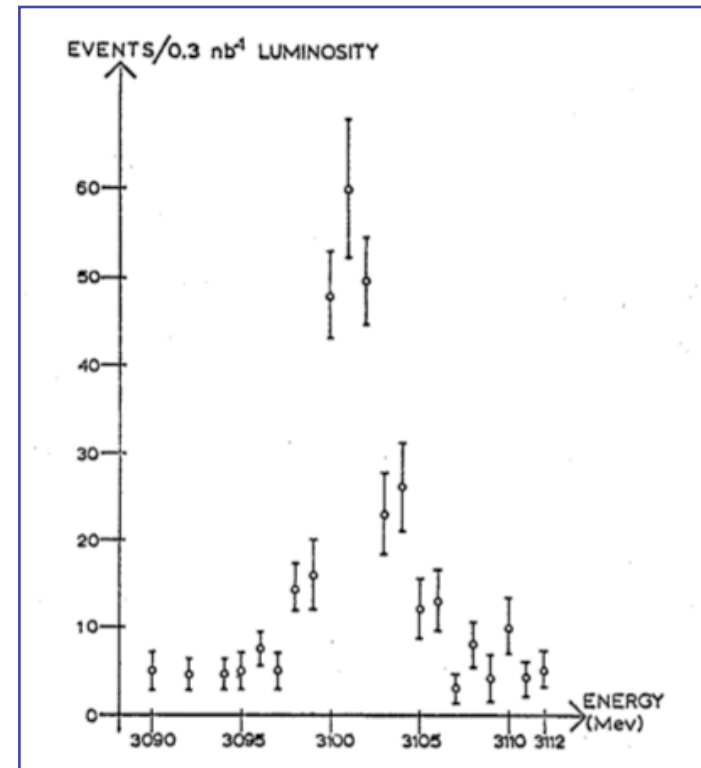
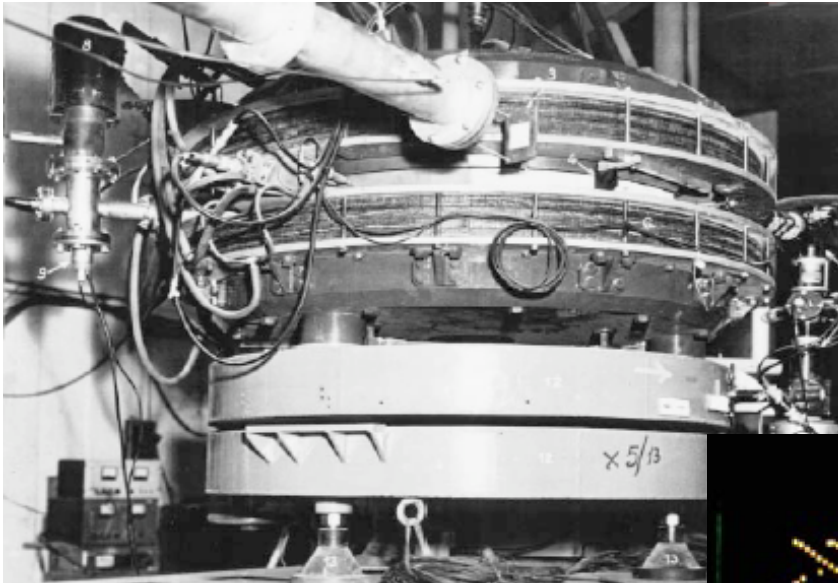
FRONTIERA DELLA SENSIBILITA'

Sviluppo di rivelatori di particelle con efficienze e risoluzioni sempre più spinte.

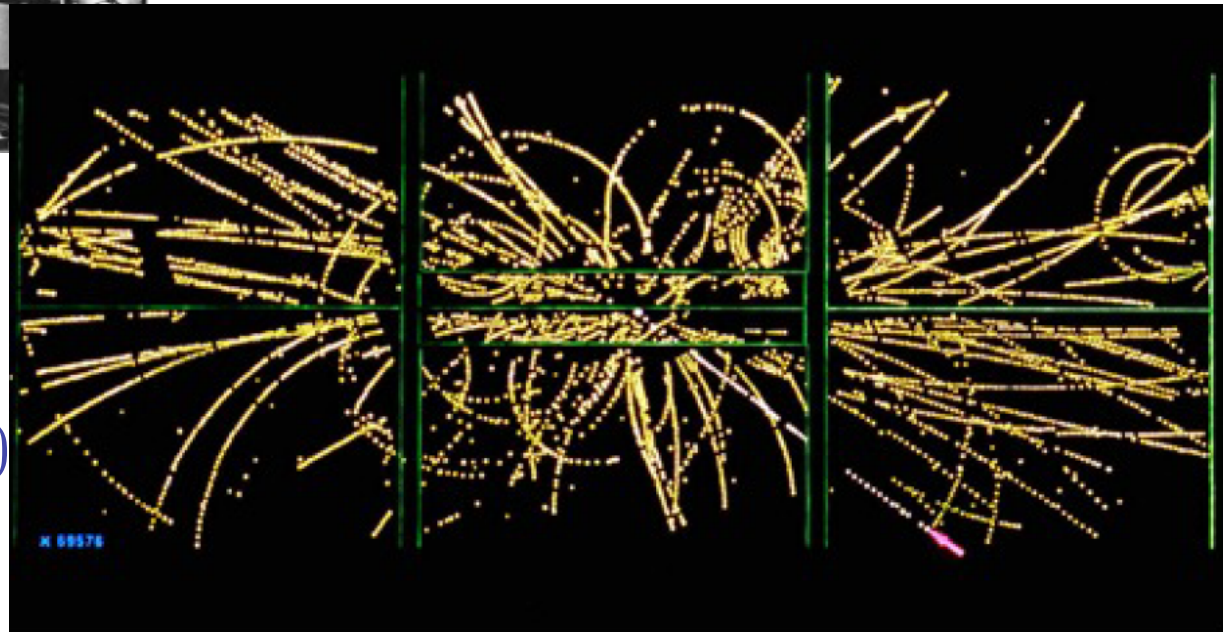
Tradizione “romana” nel settore

1961: AdA (B.Touschek)

1974: osservazione delle J/ψ a Frascati
(Adone)



1983: osservazione di W
e Z al CERN
(esperimento UA1)

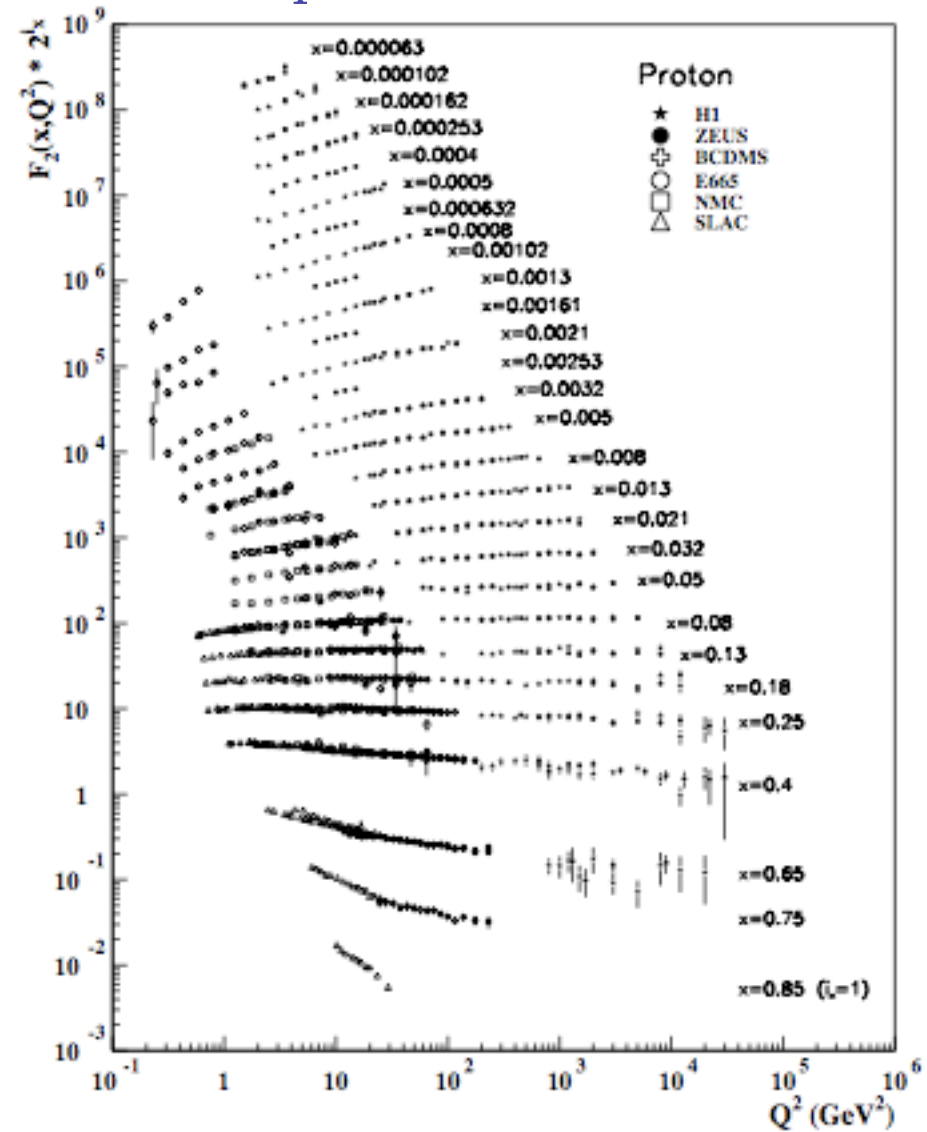
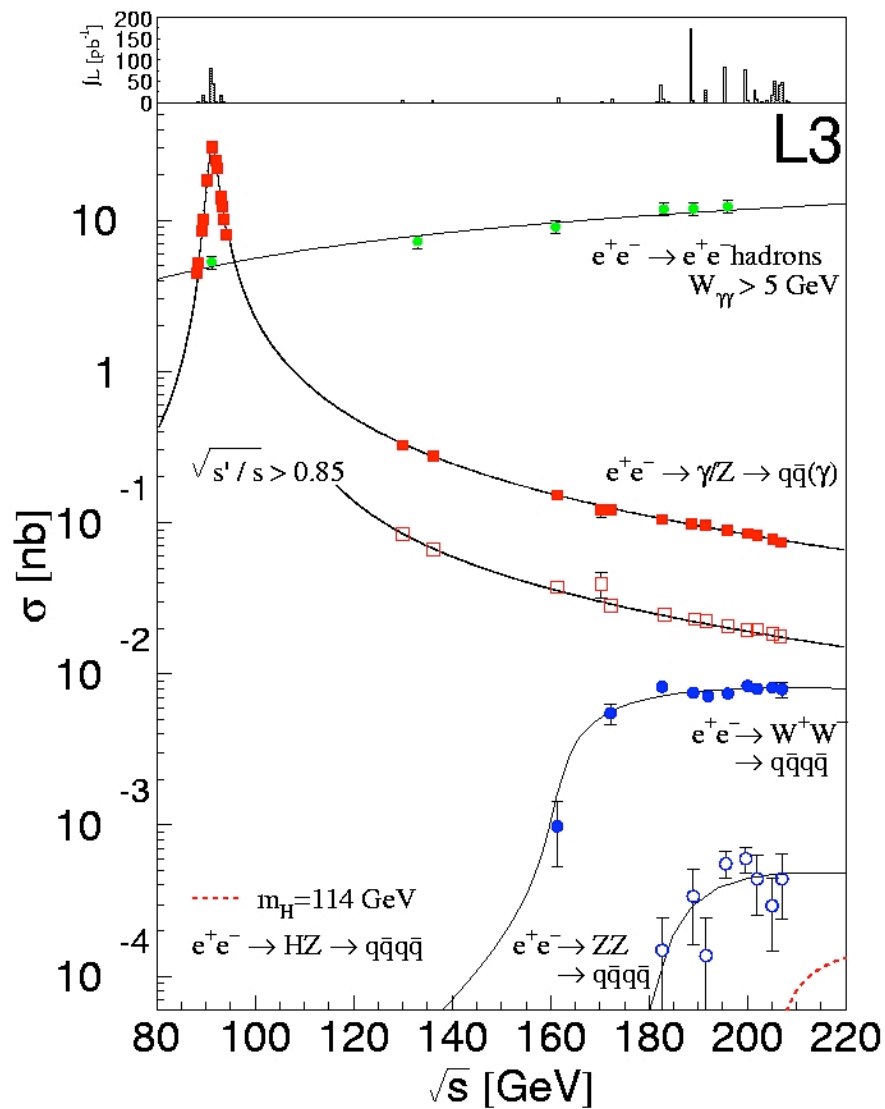


Anni '90 - Esperimento L3 a LEP (CERN):

studio di precisione del Modello Standard

Anni '90 - 2007 - Esperimento ZEUS ad HERA (DESY):

studio di precisione della struttura del protone



Attività presenti oggi per le quali sono disponibili tesi.

- Esperimenti a **Collider Adronici**:
 - **CDF2** @ Tevatron (Fermilab)
 - **ATLAS** / **CMS** / **LHCb** @ LHC (CERN)
- Esperimenti a **macchine e^+e^-** :
 - **KLOE(2)** @ DAFNE (Frascati)
 - **BABAR** @ PEP-II (SLAC)
 - **SUPERB** @ SUPERB (? vicinanze Roma)
- Esperimenti con **singolo fascio**:
 - **MEG** @ PSI (fascio di muoni)
 - **NA62** @ CERN (fascio di K carichi)
 - **UA9** @ CERN (fascio di protoni di alta intensità)

→ Esperimenti di “dimensioni” molto diverse

→ Attività che si trovano in fasi diverse:

progetto

→ simulazione, sviluppo rivelatori

realizzazione

→ costruzione, test

presa dati

→ calibrazioni, “data quality”

analisi dati

→ analisi, estrazione “fisica”

(1) Esperimenti ai Collider Adronici

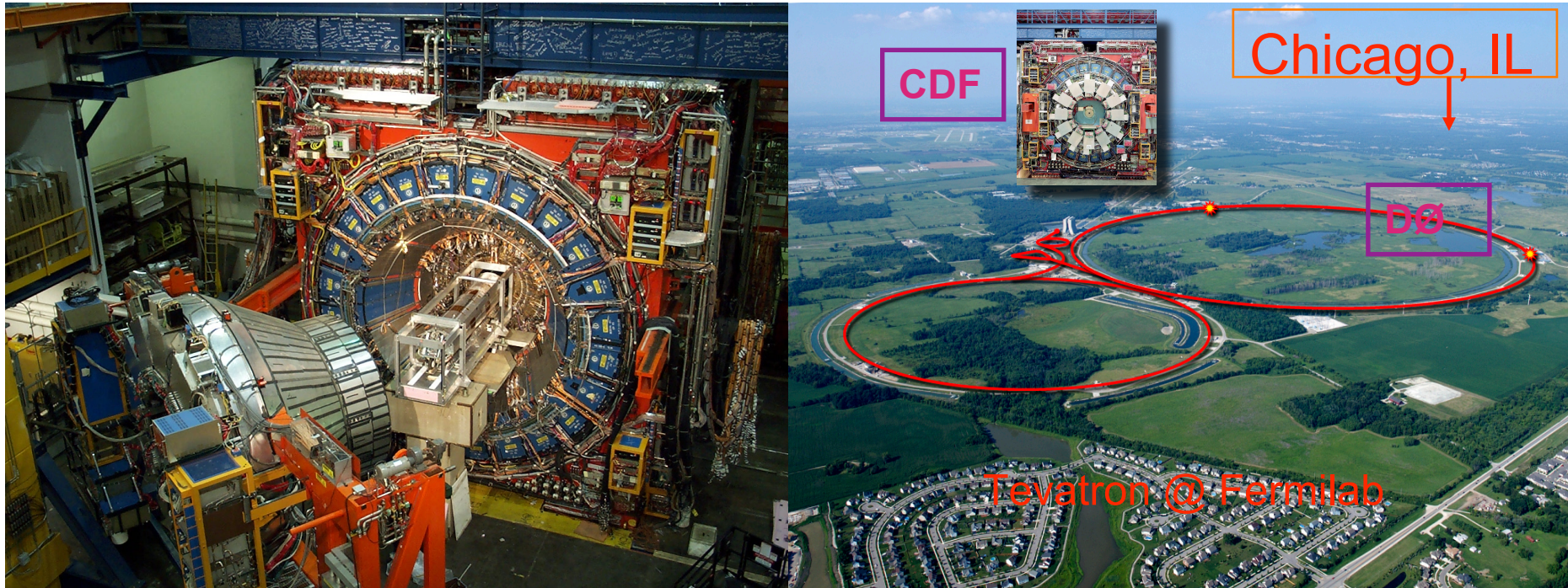
CDF2

ATLAS

CMS

LHCb

CDF2 - Roma (resp. M.Rescigno)



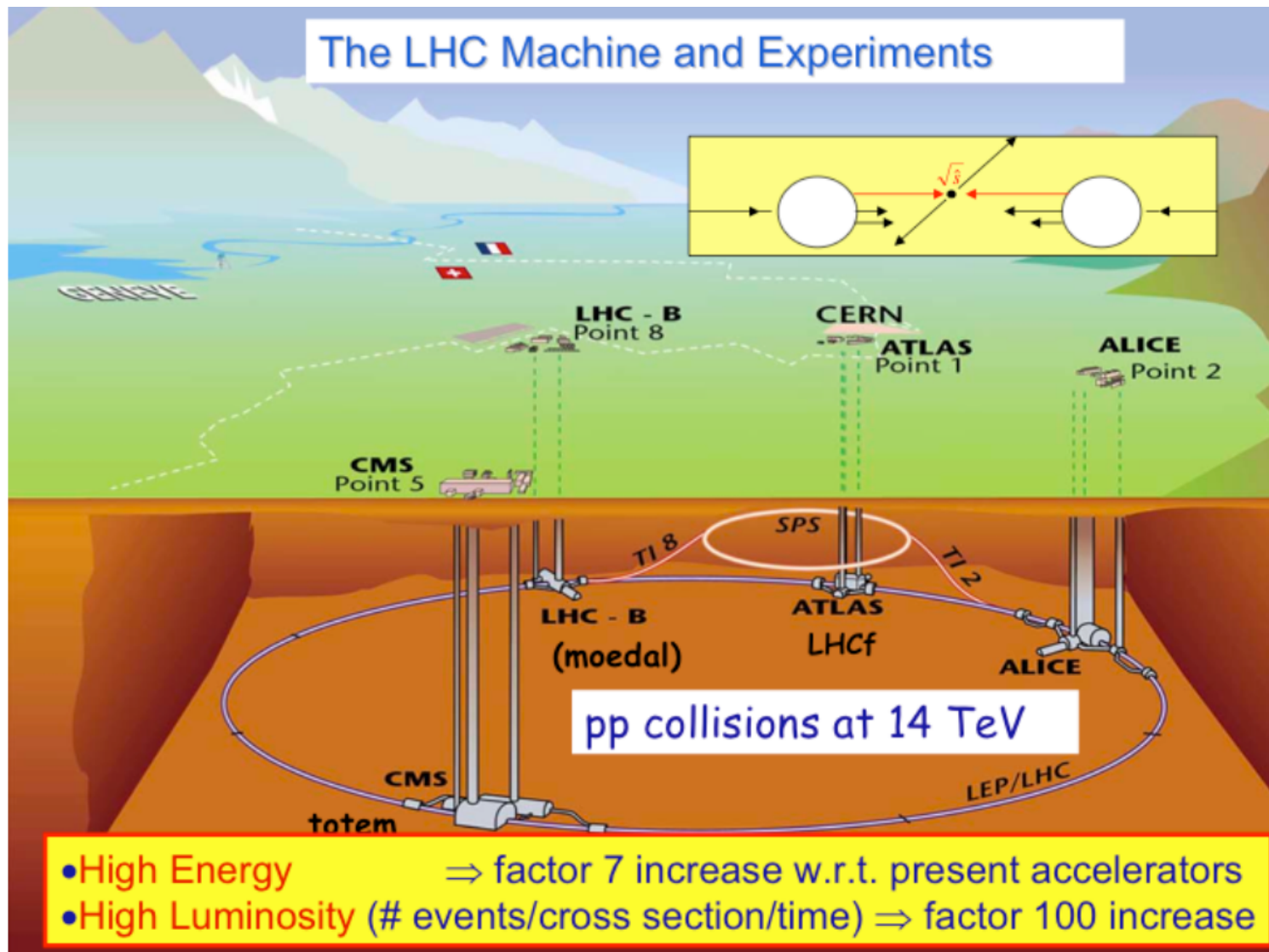
- Al Tevatron si studiano le collisioni protone-antiprotone a $\sqrt{s}=2 \text{ TeV}$ (Run II)
- In funzione dal 2000, luminosita' integrata fino ad ora, $> 5 \text{ fb}^{-1}$
- Il Run II terminera' nel 2011 con una luminosita' di circa 10 fb^{-1}
- Obiettivi principali:
 - *ricerca di nuova fisica nel Bs-Bsbar mixing,*
 - *ricerca del bosone di Higgs,*
 - *misura di precisione di M_{top} (<1%) e M_W (<0.02 %).*

CDF2 - Tesi disponibili:

- (1) Misura sezione d'urto $W+b(b)$ jet (**Marco Rescigno**)
- (2) Misura della vita media del B_s in decadimenti charmless (**Marco Rescigno, Stefano Giagu**)

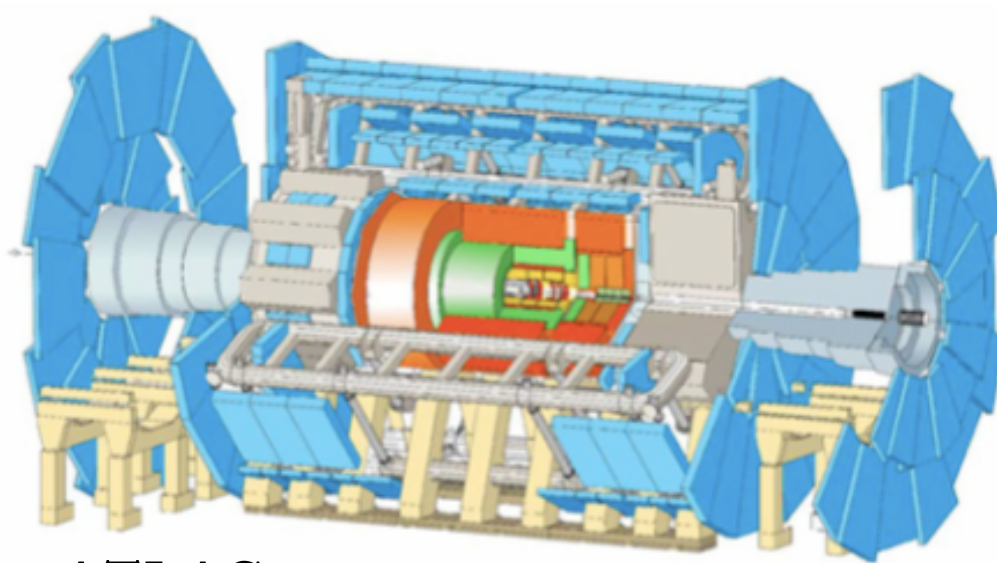
LHC - la “nuova frontiera”

A new record. Both beams in LHC reach 1.18 TeV at 00:42 on 30 November.

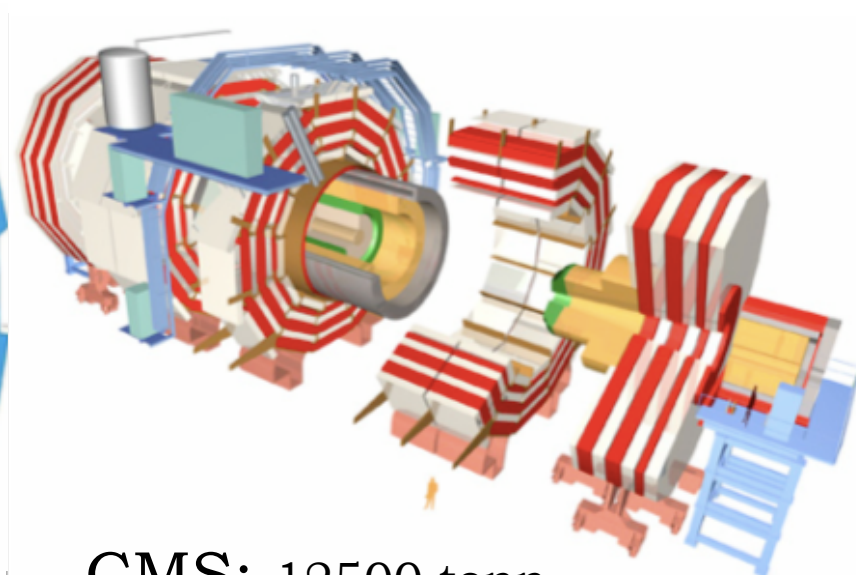


Importante contributo INFN \approx 10÷15% del totale <http://www.infn.it/lhcitalia/>

I due “giganti”: ATLAS e CMS



ATLAS: 46 x 25 m

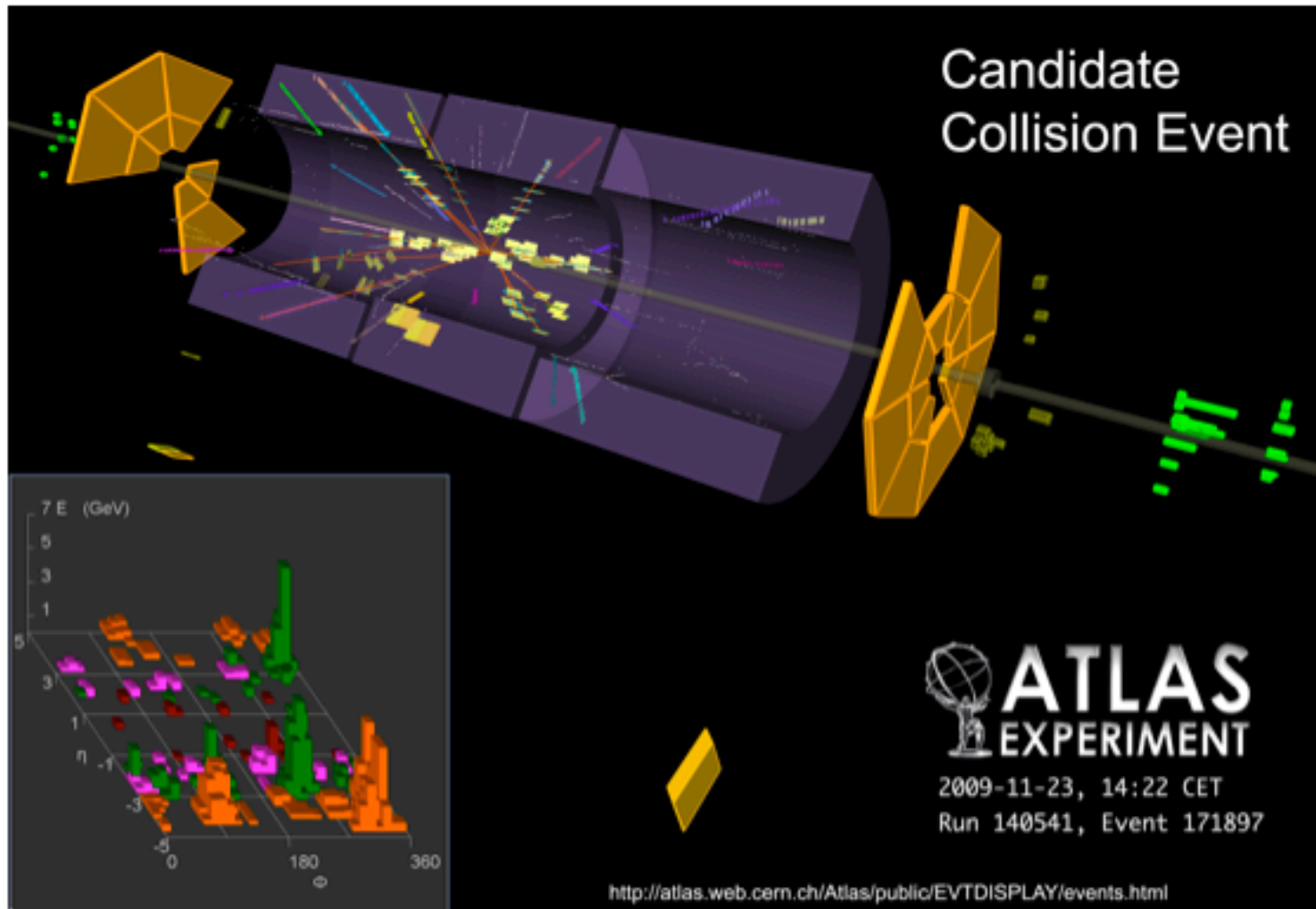


CMS: 12500 tonn

Obiettivi dei due esperimenti:

- Ricerca del Bosone di Higgs in tutto l'intervallo di massa possibile
- Ricerca di fenomeni esotici non descritti dal modello standard
(Supersimmetria, Materia Oscura, Extra-Dimensions,..)
- Misure di precisione di fenomeni del Modello Standard:
(produzione di W e Z, produzione del quark top, fisica del B)

I due “giganti” in funzione: 1 - ATLAS

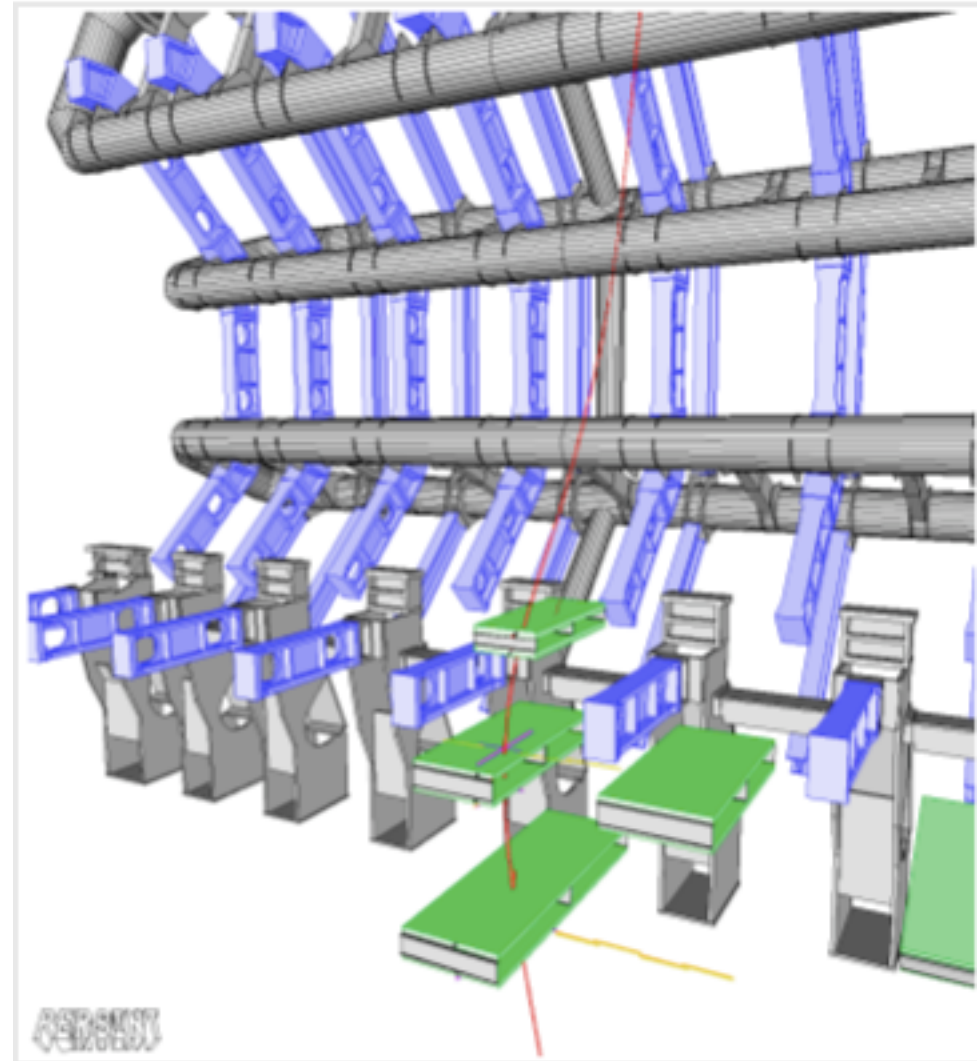


I due “giganti” in funzione: 2 - CMS



ATLAS-Roma (resp. C.Dionisi)

- Attività “storica”
Spettrometro a μ :
 - Camere MDT
 - Trigger
 - Acquisizione dati
- Attività in corso:
 - Messa a punto degli algoritmi di trigger
 - Calibrazione e analisi delle camere MDT
 - Analisi J/ψ e W/Z in muoni
 - Analisi Higgs in muoni
 - Analisi Modelli esotici (Hidden Valley)



ATLAS - Tesi disponibili:

(1) Studio online della qualità dei dati del rivelatore di muoni di Atlas.

(**Cesare Bini, Enrico Pasqualucci**)

(2) Controllo della calibrazione delle camere MDT al centro di calibrazione di Roma. (**Cesare Bini**)

(3) Monitoring online combinato delle prestazioni dei trigger di primo e secondo livello dei muoni di Atlas. (**Enrico Pasqualucci**)

(4) Studio e ottimizzazione delle prestazioni del trigger con muoni da J/ψ e $b \rightarrow \mu X$. (**Claudio Luci, Marco Rescigno**)

(5) Misura della luminosità di LHC al punto di interazione di ATLAS con gli scintillatori del trigger Minimum Bias. (**Andrea Messina** - CERN)

(6) Misura della sezione d'urto di produzione di Z^0 con i primi dati di ATLAS. (**Cesare Bini**)

(7) Valutazione con i primi dati raccolti dall'esperimento ATLAS del fondo $bbZ \rightarrow bb\mu\mu$ per la ricerca di Higgs supersimmetrico neutro $A/H \rightarrow \mu\mu$.

(**Simonetta Gentile**)

(8) Ottimizzazione delle performance del sistema automatico di gestione delle calibrazioni per il Data Quality dello spettrometro a Muoni.

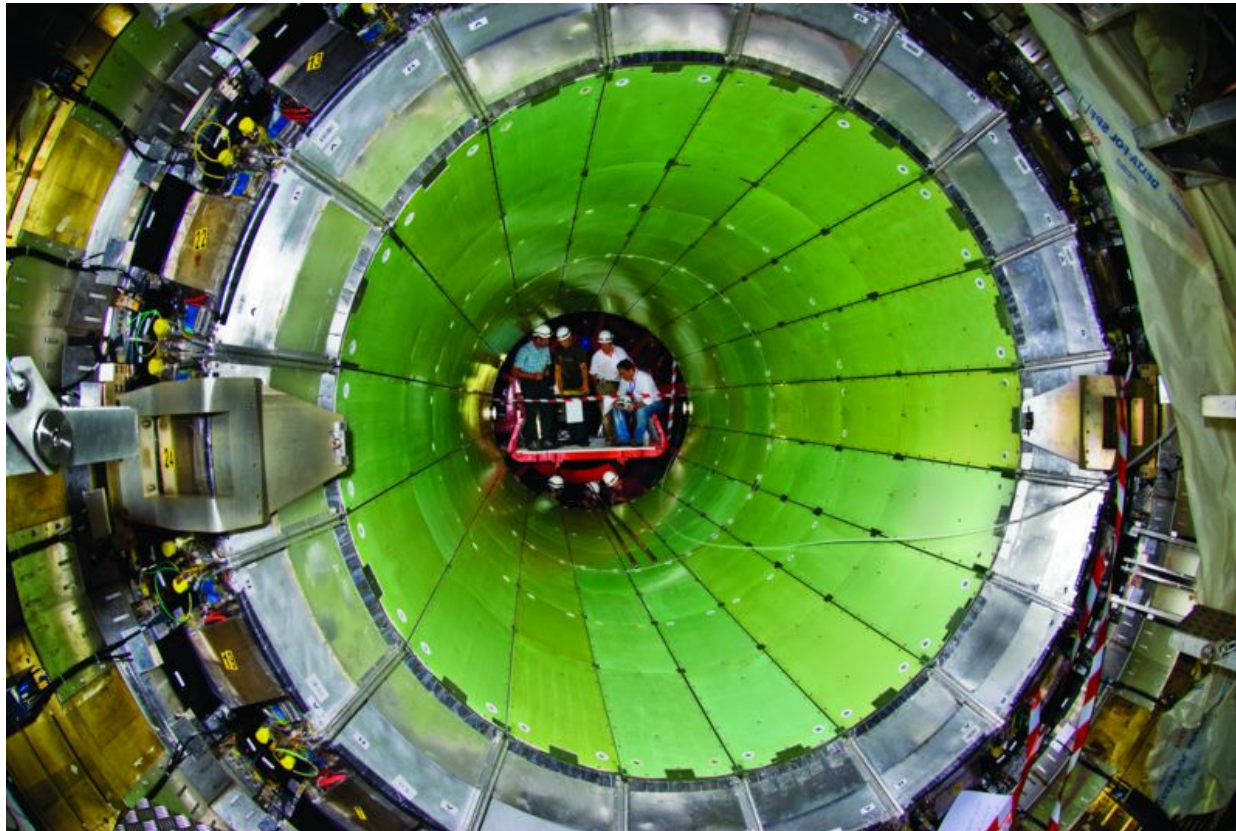
(**Alessandro DeSalvo**)

(9) Ottimizzazione delle performance e integrazione della Griglia di Calcolo NorduGrid (Scandinavia) nel sistema di installazione globale di ATLAS.

(**Alessandro DeSalvo**)

CMS-Roma (resp. M.Diemoz)

- Attività “storica”: Calorimetro Elettromagnetico a cristalli di PbWO
- Attività in corso:
 - Calibrazione del rivelatore e studio caratteristiche dei fotorivelatori
 - Analisi ElectroWeak e Modello Standard
 - Ricerca del Bosone di Higgs
 - Oltre il Modello Standard



CMS - Tesi disponibili:

- (1) Analisi della stabilita' dell'apparato di alimentazione dei fotodiodi a valanga (APD) nel calorimetro elettromagnetico di CMS. (**Riccardo Paramatti, Francesca Cavallari**)
- (2) Calibrazione del calorimetro elettromagnetico dell'esperimento CMS con i decadimenti $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$. (**Daniele del Re, Shahram Rahatlou**)
- (3) Ricostruzione di eventi J/Psi e Upsilon in elettroni e loro utilizzo per la calibrazione del calorimetro elettromagnetico di CMS. (**Riccardo Paramatti**)
- (4) Calibrazione della scala in energia e della risoluzione dei jet in CMS. (**Daniele del Re**)
- (5) Misura di sezione d'urto di Z in due elettroni e determinazione della scala assoluta del calorimetro elettromagnetico. (**Riccardo Paramatti**)
- (6) Misura della sezione d'urto di Z con produzione associata di jet con l'esperimento CMS. (**Emanuele Di Marco, Chiara Rovelli**)
- (7) Misura del rapporto della sezione d'urto di W e Z con jet associati con l'esperimento CMS. (**Emanuele Di Marco, Chiara Rovelli**)
- (8) Calibrazione dei jet e impatto sulla misura di W e Z + jet in CMS. (**Emanuele Di Marco, Chiara Rovelli**)
- (9) Ricerca del bosone di Higgs nel canale di decadimento $H \rightarrow WW$ in stati finali completamente leptonici con l'esperimento CMS. (**Emanuele Di Marco, Chiara Rovelli**)
- (10) Segnali di nuova fisica con fotoni di alta energia in CMS. (**Daniele del Re, Shahram Rahatlou**)
- (11) Ricerca di risonanze oltre il Modello Standard con decadimento in elettroni. (**Riccardo Paramatti**)

LHCb-Roma (resp. R.Santacesaria)



LHCb: un esperimento per lo studio di CP nel sistema della b ...e non solo....

Mesoni B e \bar{B} prodotti in avanti e nello stesso emisfero con alta probabilita'

→ spettrometro a braccio singolo

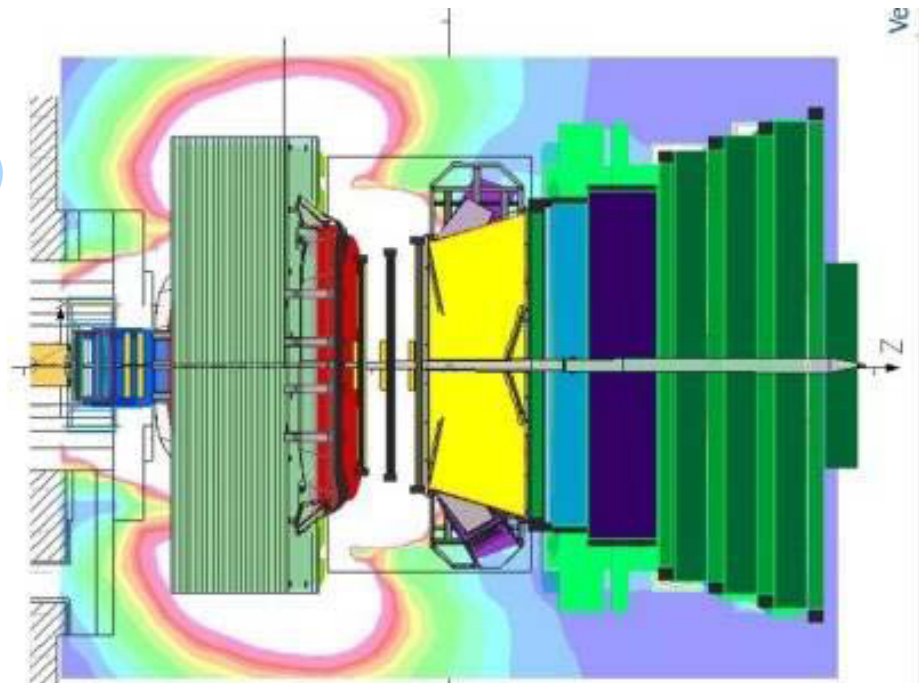
Rivelatore : magnete, tracciatore, identificatore di particelle, calorimetro, spettrometro per muoni (gruppo di Roma)

Misure di precisione della matrice di mixing Cabibbo-Kobayashi-Maskawa

LHCb e' progettato per lavorare a "bassa" luminosita' per avere una sola interazione in un "bunch-crossing" (la 2^{nda} interazione potrebbe simulare un decadimento della b) .

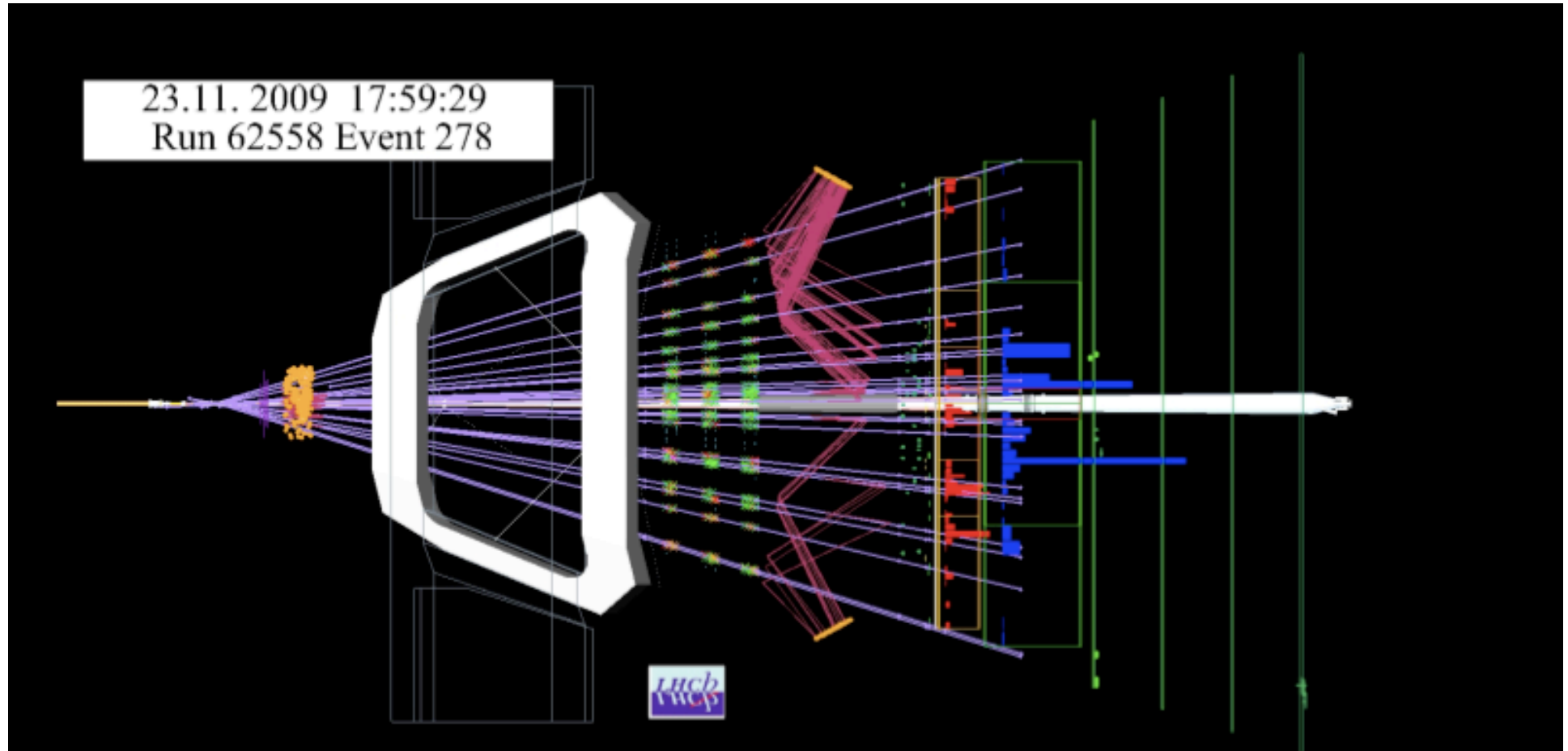
Cio' significa che arrivera' alla luminosita' di progetto prima degli altri rivelatori

→ Fisica interessante da subito



Rivelatore LHCb

LHCb in funzione



LHCb - Tesi disponibili:

- (1) Studio delle prestazioni del sistema di muoni con il primo anno di dati.
- (2) Studio degli stati esotici X,Y,Z nell'esperimento LHCb.
- (3) Studio del decadimento $D^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ nell'esperimento LHCb.

(*Giuseppe Martellotti, Davide Pinci, Roberta Santacesaria*)

(2) Esperimenti su macchine e^+e^-

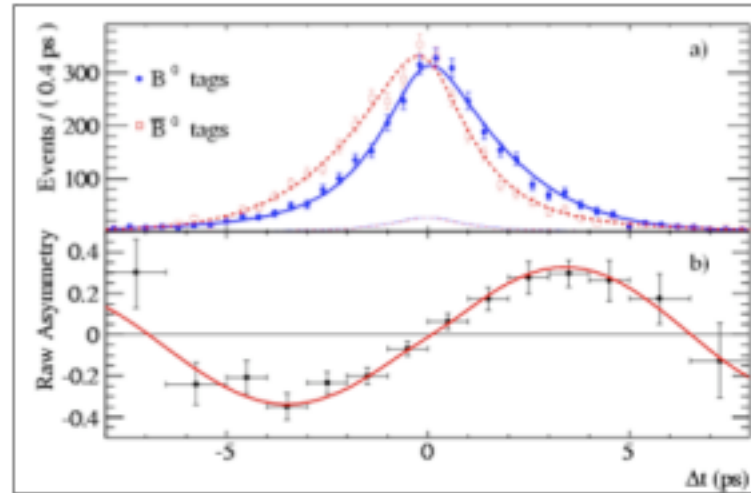
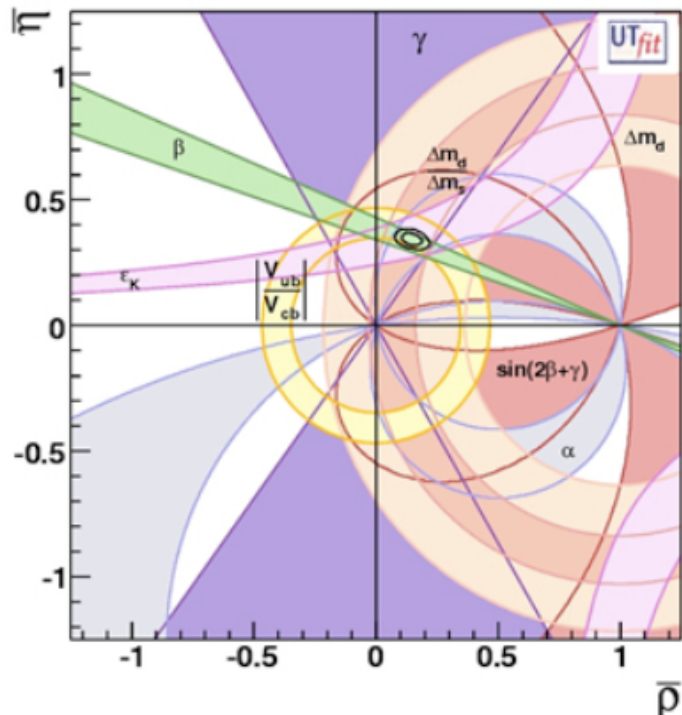
KLOE(2)

BABAR

SUPERB

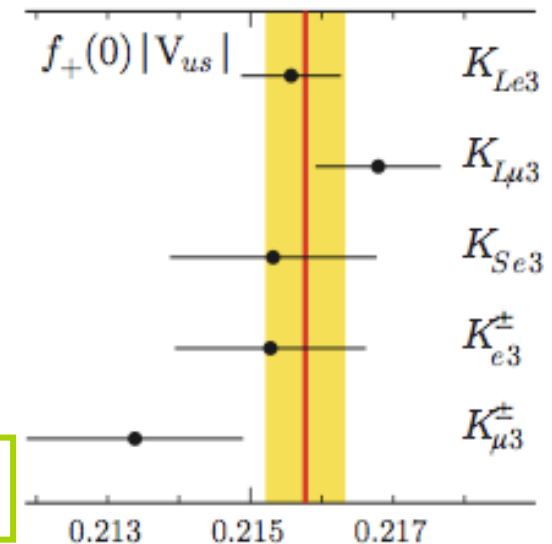
Circa 10 anni fa entrano in funzione le “**factories**” e^+e^-
 → Fisica del “flavour” → Analisi della **matrice CKM**

(1) B-factories: PEP-II (SLAC) **BaBar** e KEK (Giappone) Belle
 Nel 2001 prima osservazione della violazione di CP nel b



(2) ϕ -factory: DAFNE (Frascati) **KLOE**
 Controllo dell'unitarietà della matrice CKM
 Misura di precisione dell'angolo di Cabibbo

$$1 - |V_{us}|^2 - |V_{ud}|^2 = 0.0004 \pm 0.0007 \quad (\sim 0.6\sigma)$$



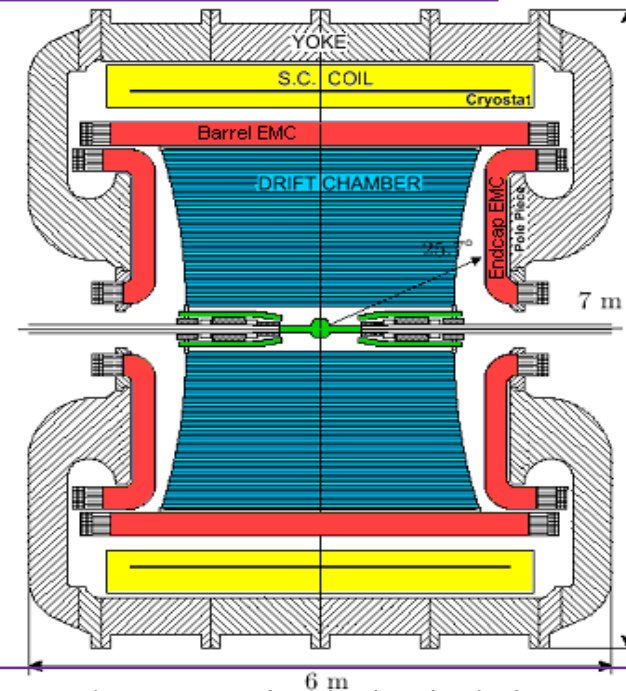
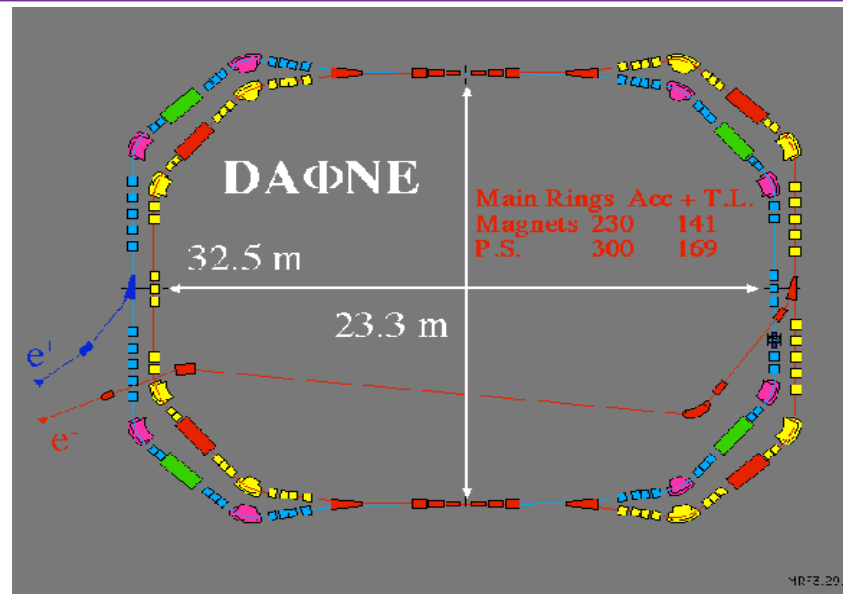
KLOE(2)-Roma (resp. A.DiDomenico)

KLOE @ DAFNE (Frascati): collisioni e^+e^- a $\sqrt{s}=1 - 1.02$ GeV

Fisica dei mesoni K , η , η' , scalari (f_0 , a_0 , σ)

Misura della sezione d'urto adronica a basse energie

In presa dati dal 1999 al 2006, analisi in corso



KLOE --> **KLOE2** @ DAFNE (luminosità più alta, ripresa dati da inizio 2010))

“Aggiornamento” del rivelatore:

tracciatore interno

identificatore di elettroni a piccolo angolo (fisica $\gamma\gamma$) (Roma)

Nuovi studi sono possibili.

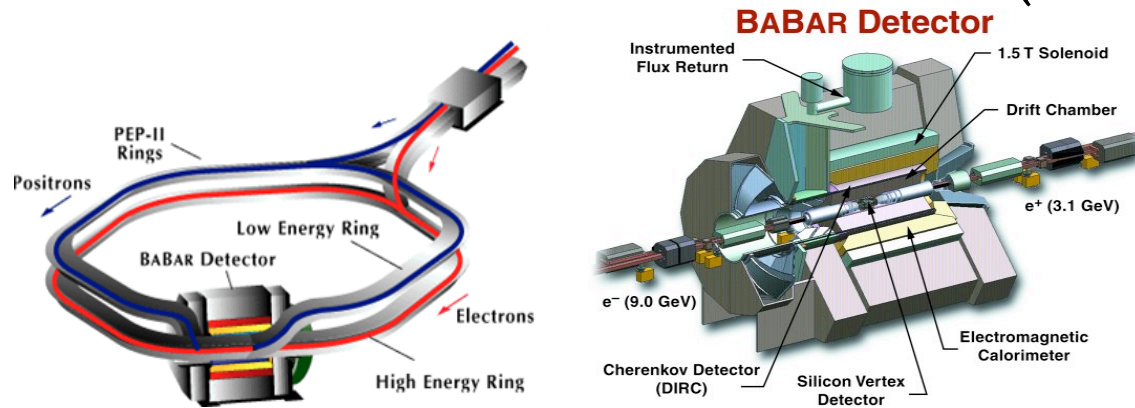
KLOE - Tesi disponibili:

- (1) Ricerca di effetti di violazione delle simmetrie CPT e di Lorentz nel sistema dei mesoni K neutri a KLOE (**Antonio Di Domenico**)
- (2) Studio del Dalitz plot dei decadimenti $\eta' \rightarrow \eta \pi \pi$ a KLOE (**Paolo Gauzzi**)

KLOE-2 - Tesi disponibili:

- (3) Studio delle prestazioni e calibrazione del calorimetro a piccolo angolo per l'identificazione degli eventi di produzione di adroni nell'interazione fotone-fotone a KLOE-2 (**Antonio Di Domenico, Paolo Gauzzi**)
- (4) Studio del mesone scalare $\sigma(600)$ in collisioni gamma gamma a KLOE2 (**Paolo Gauzzi**)
- (5) Studio per la realizzazione di un eraser quantistico con i mesoni K neutri a KLOE-2 (**Antonio Di Domenico**)

BABAR-Roma (resp. F.Anulli)



- L'esperimento è stato progettato per la misura delle asimmetrie di CP nei decadimenti dei mesoni B
- Misure fondamentali ben al di là della fisica dei mesoni B:
 - Studio dei mesoni con Charm, D-mixing
 - Spettroscopia del Charmonio e del Bottomonio
 - Decadimenti del tau e misure di Lepton Flavor Violation
 - Ricerca di stati esotici
 - Misure di sezioni d'urto e^+e^-
 - Studi di QCD e verifiche di modelli adronici
 - Ricerca di Higgs leggeri e di Dark Matter
 -
- Dati raccolti nel periodo 1999-2008: $\sim 550 \text{ fb}^{-1}$
- L'attività di analisi dati è ancora in una fase intensa
- Ancora molte opportunità di effettuare misure di primo piano
- La Sezione di Roma è attualmente coinvolta nelle attività evidenziate in rosso

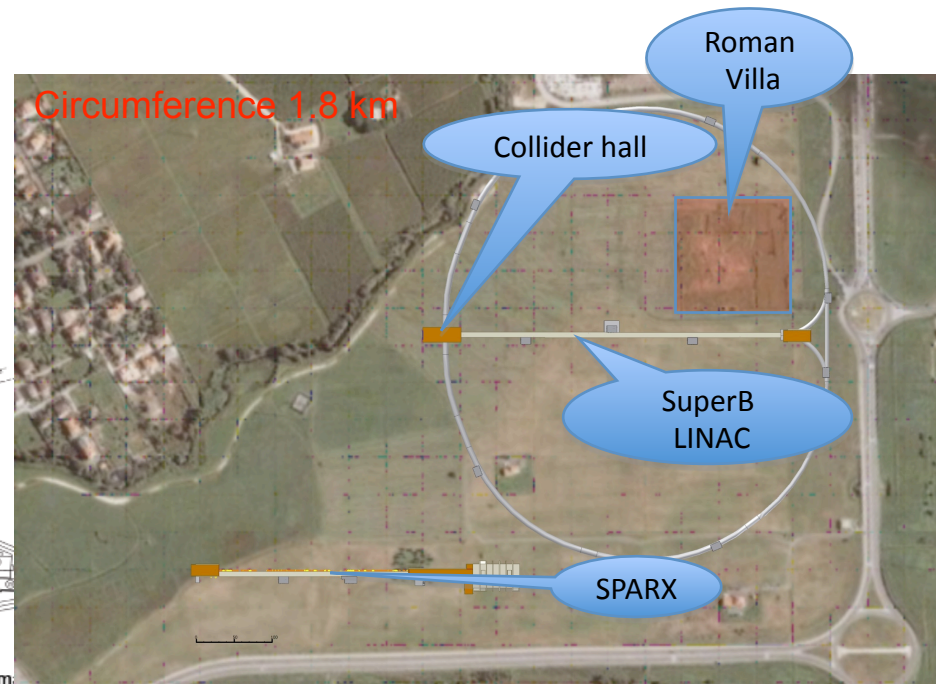
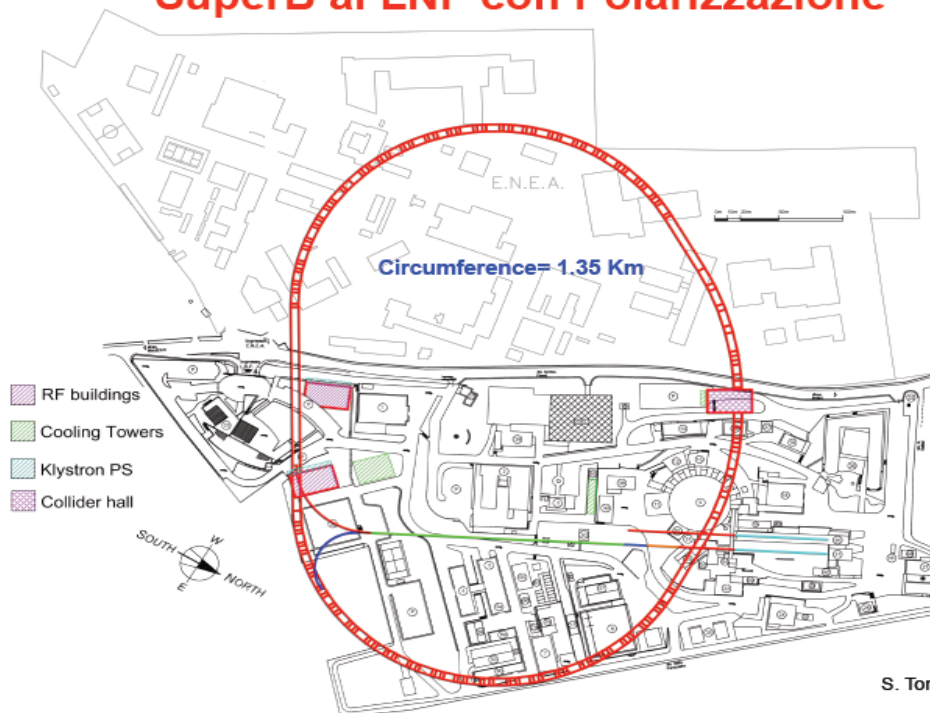
BABAR - Tesi disponibili:

- (1) Misure della sezione d'urto del processo $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$, tramite eventi con emissione di radiazione nello stato iniziale, per la determinazione del contributo adronico al momento magnetico anomalo del muone. (**Fabio Anulli**)
- (2) Studio dei processi $e^+e^- \rightarrow K^+ K^- \pi^0, K^+ K^- \eta$, tramite eventi con emissione di radiazione nello stato iniziale. Ricerca del decadimento $Y(2175) \rightarrow \phi\eta$. (**Fabio Anulli**)
- (3) Studio del decadimento $D^0 \rightarrow 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0$ con i dati di BABAR. (**Mario Gaspero**)
- (4) Studio del decadimento $Upsilon(5S) \rightarrow Upsilon(1S) 2\pi^+ 2\pi^-$ con i dati di BABAR. (**Mario Gaspero**)

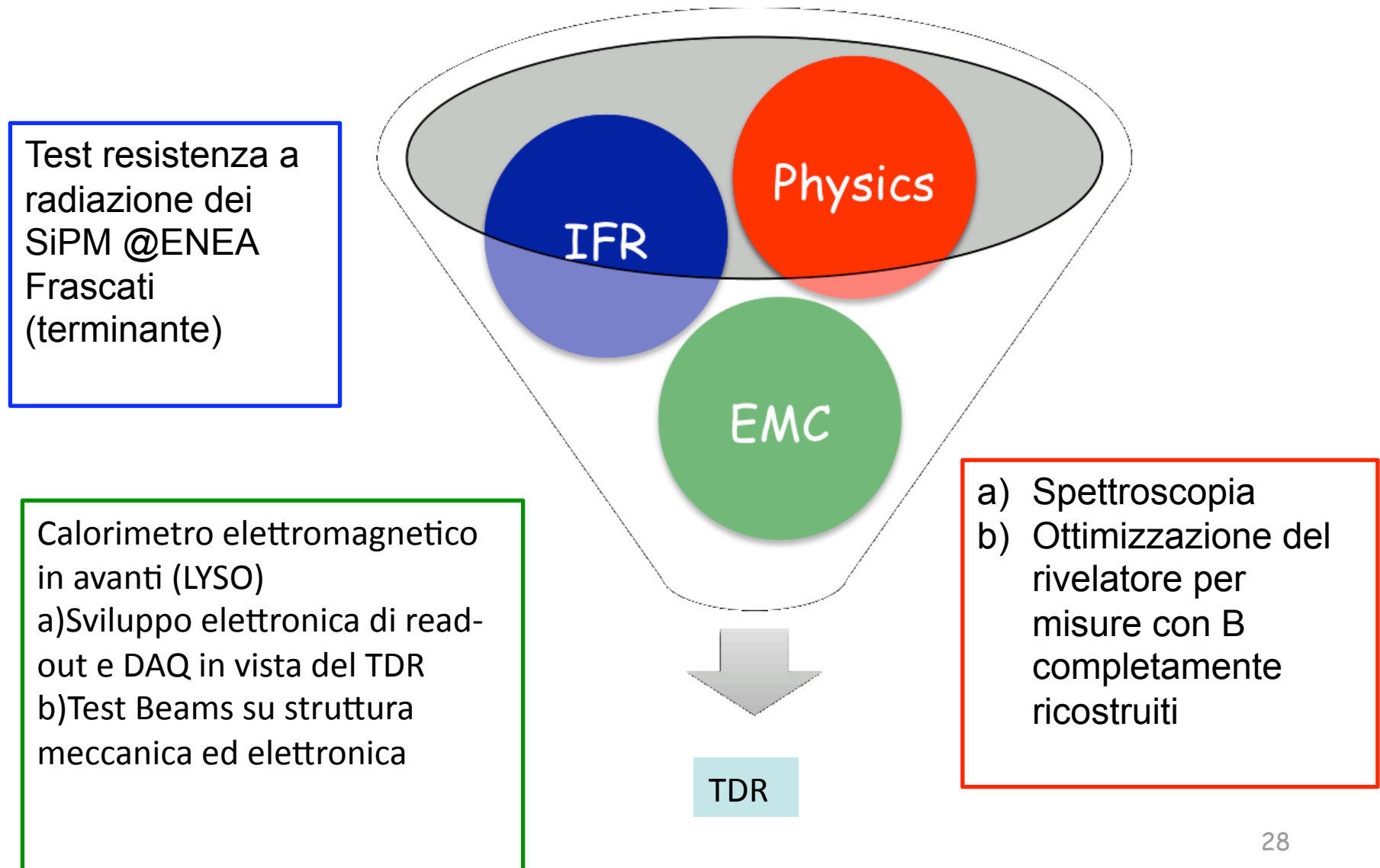
Dall'esperienza di BABAR nasce l'idea di estendere le potenzialità delle B-factory aumentando di 100 volte la *luminosità*: →→ **SUPER-B**
Progetto dell'INFN in Italia (**Frascati OR Tor Vergata**)
in fase di valutazione governativa.

L'obiettivo è ottenere una luminosità di $10^{36} \text{ cm}^{-1}\text{s}^{-1}$

SuperB ai LNF con Polarizzazione



SuperB-Roma (resp. R.Faccini)



SUPER-B - Tesi disponibili:

- (1) Sviluppo dell'elettronica di Front-end del calorimetro elettromagnetico (EMC forward) per l'esperimento SuperB (**Valerio Bocci**)
- (2) Studio impatto fondi di macchina e prestazioni calorimetro elettromagnetico su spettroscopia stati esotici con l'esperimento SuperB (**Riccardo Faccini**)

(3) Esperimenti con singolo fascio

MEG

NA62

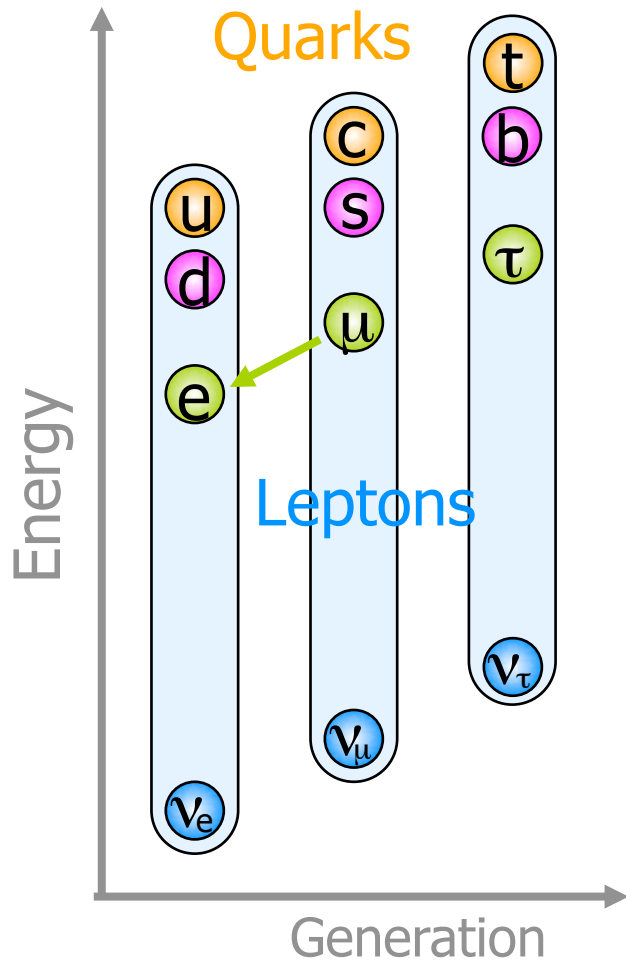
UA9

MEG-Roma (resp. G.Piredda)

Ricerca di **violazione del sapore leptonic**

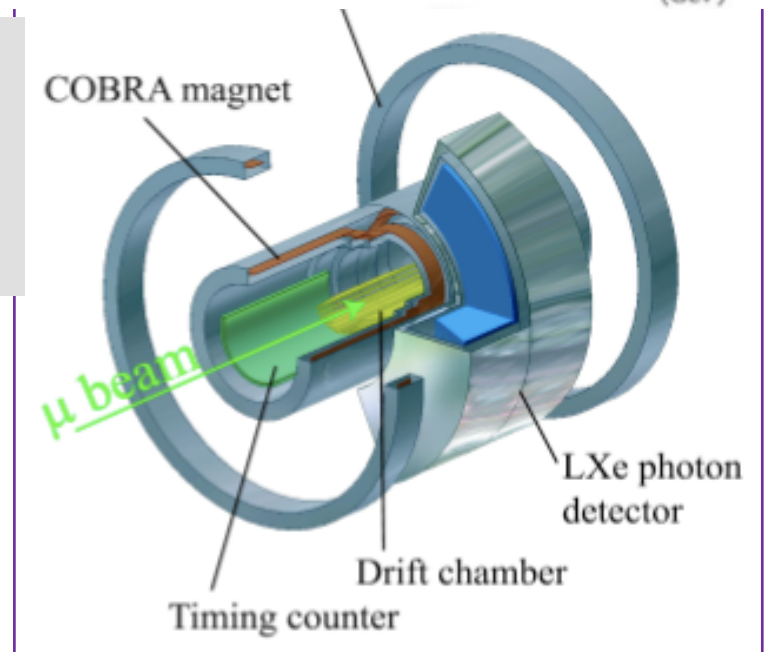
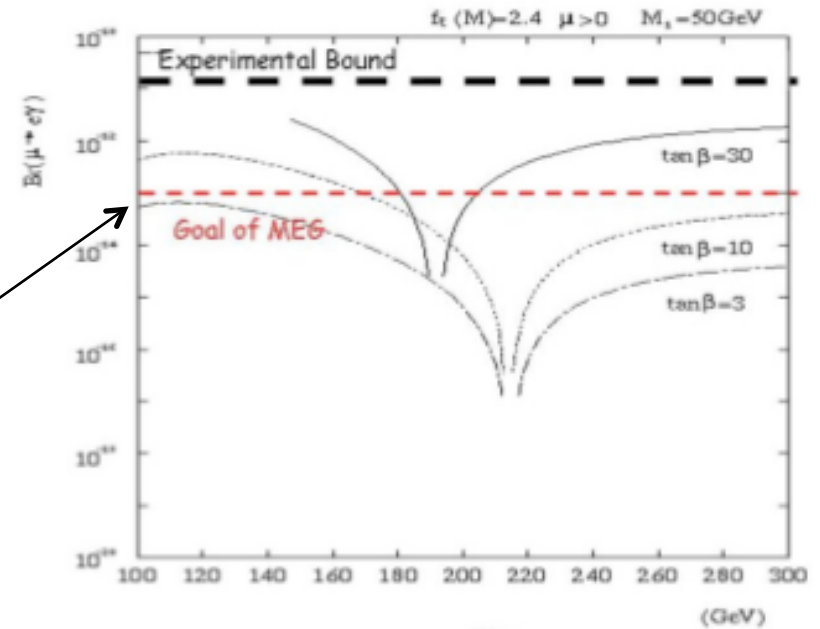
nel decadimento $\mu \rightarrow e \gamma$

Esperimento in corso al **PSI** (Svizzera)



Sensibilità:
BR $\approx 10^{-13}$

Fascio di muoni di alta intensità;
Rivelatore di γ
Rivelatore di e^+



MEG - Tesi disponibili:

- (1) Misura del tempo di volo del positrone a MEG.
- (2) Sviluppo algoritmo di analisi di forme d'onda basato su filtro ottimo a MEG.
- (3) Estrazione del BF($\mu \rightarrow e\gamma$) con analisi di maximum likelihood.

(*Gianluca Cavoto, Giancarlo Piredda, Cecilia Voena, Dino Zanello*)

NA62-Roma (resp. P.Valente)

NA62: Esperimento su fascio estratto all'**SPS** del **CERN** per studiare i decadimenti ultra-rari $K \rightarrow \pi\nu\nu$

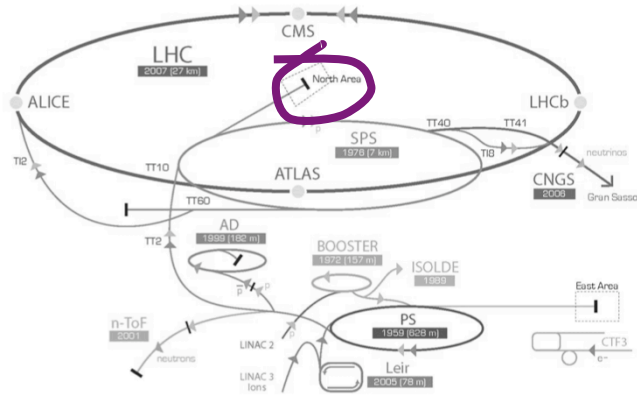
Perché questo esperimento è interessante nell'era di LHC?



Processi Flavour Changing Neutral Current \rightarrow sensibili alla **fisica oltre lo Standard Model**

- Misure di precisione per discriminare la **struttura del Flavor** della "nuova fisica":
- **Frontiera dell'intensità**, approccio **complementare** a quello dell'energia (LHC)

Grande contributo "short-distance" \rightarrow **predizioni teoriche molto precise**

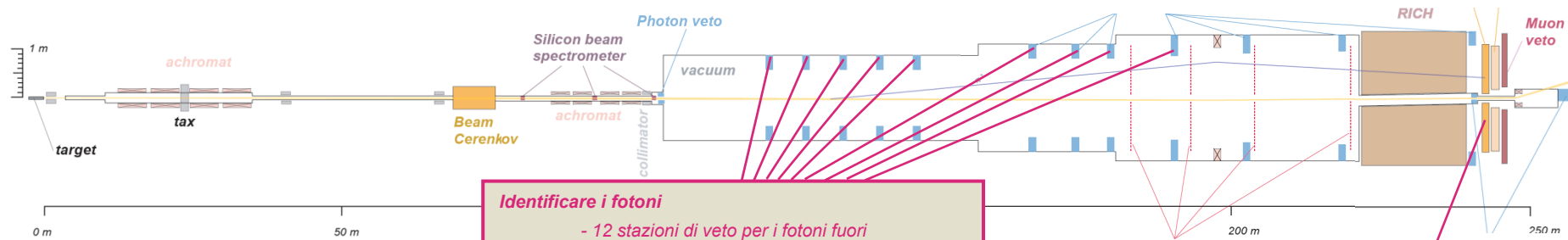
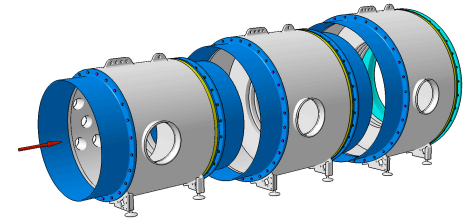


Ma i branching ratio (Standard Model) sono $<10^{-10}$!

La sfida è abbattere i fondi con un buon rapporto segnale/rumore

Ad un costo ed in tempi ragionevoli ...

... e con mezzi moderni



Identificare i fotoni

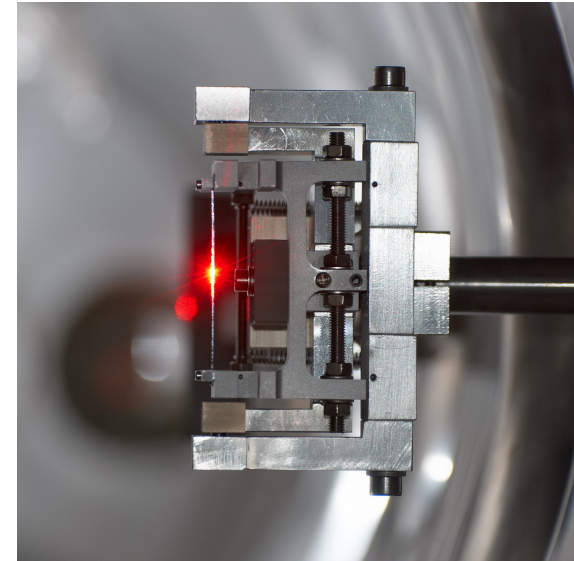
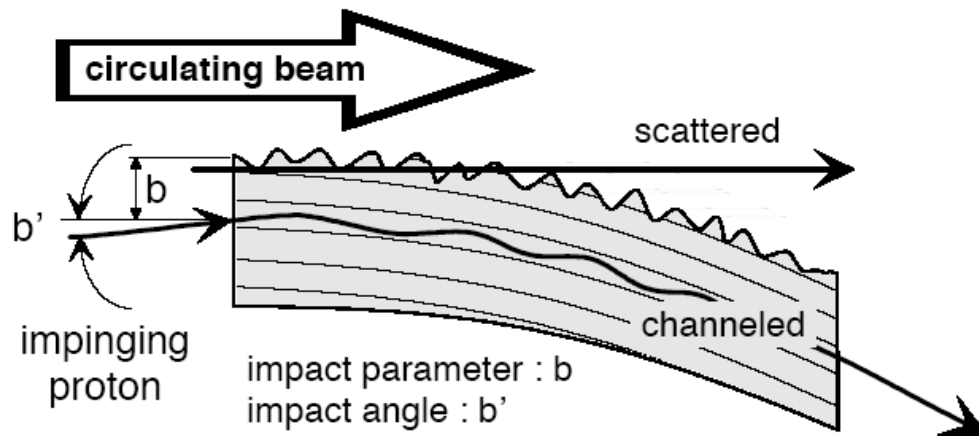
- 12 stazioni di veto per i fotoni fuori dall'accettanza del calorimetro in vuoto
- Realizzate **ri assemblando** i cristalli di vetro al **piombo** del calorimetro e.m. (barrel) dell'esperimento **OPAL**

NA62 - Tesi disponibili:

- (1) Simulazione e ottimizzazione della sensibilità per eventi $K \rightarrow \pi \nu \nu$ all'esperimento NA62. (**Giulio D'Agostini, Paolo Valente**)
- (2) Ricerca di reazioni proibite nel Modello Standard e lepton flavour violation all'esperimento NA62. (**Giulio D'Agostini, Paolo Valente**)
- (3) La fisica di frontiera: ultra-sensibilità a violazioni del Modello Standard con l'esperimento NA62. (**Giulio D'Agostini, Paolo Valente**)
- (4) Ricerca di reazioni proibite nel Modello Standard e decadimenti rari degli iperoni a NA62. (**Nicola Cabibbo, Paolo Valente**)
- (5) Simulazione, progettazione e implementazione del trigger di livello0 per i rivelatori di veto per fotoni di NA62. (**Paolo Valente, Riccardo Vari**)
- (6) Trigger, selezione e ricostruzione degli eventi all'esperimento NA62. (**Paolo Valente, Emanuele Leonardi**)
- (7) Nuovi metodi per read-out massivo ad alta frequenza: l'elettronica di front-end dei veti per fotoni a grande angolo di NA62. (**Paolo Valente**)

UA9 - Roma (resp. G.Cavoto)

Progetto, costruzione e test di **nuova tecnica di collimazione per LHC** basata sul crystal channeling.



Presi dati in corso e nel 2010 su SPS al CERN

Progetto e costruzione apparato per LHC nel 2010/2011

Critico perche' LHC superi la luminosita' di $2 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

($L_{\text{progetto}} = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

UA9 - Tesi disponibili:

- (1) Progettazione di sistema di collimazione con cristalli curvanti per il Large Hadron Collider. (**Gianluca Cavoto**)
- (2) Misure di efficienza di collimazione con cristalli piegati a SPS (CERN). (**Gianluca Cavoto**)
- (3) Costruzione e operazione di rivelatori Medipix e TPGem per misure di channeling. (**Gianluca Cavoto, Fabrizio Murtas(LNF), Paolo Valente**)

Considerazioni conclusive

- Tesi di Laurea Specialistica/Magistrale come opportunità per inserirsi in un gruppo di lavoro alla “frontiera” della ricerca.
- Ampio “spettro” di interessi e di tipi di lavoro.
- Le persone di riferimento indicate sono disponibili per chiarimenti.
(nome.cognome@roma1.infn.it)
- Informazioni più dettagliate sulle tesi in <http://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=1943>