

# Capitolo 1: Presentazione del corso di Fisica Nucleare e Subnucleare I

Professor Carlo Dionisi

6/23/2005

Presentazione del corso di  
Fisica Nucleare e Subnucleare I

A.A. 2004-2005  
Roma 14 aprile 2005

1

# Scopo della Fisica Nucleare e Subnucleare

- Determinare la **Natura** dei **Costituenti Elementari della Materia** e della **Radiazione**
- Stabilire le **Leggi** che regolano l' aggregazione e le interazioni mutue di questi costituenti
- Prove Sperimentali convincenti provano che i Fenomeni della Natura **SONO SPIEGABILI** in termini di **INTERAZIONI SEMPLICI** tra **PARTICELLE ELEMENTARI** appartenenti ad un **PICCOLO NUMERO** di **TIPI DIVERSI**.

# PUNTO CHIAVE

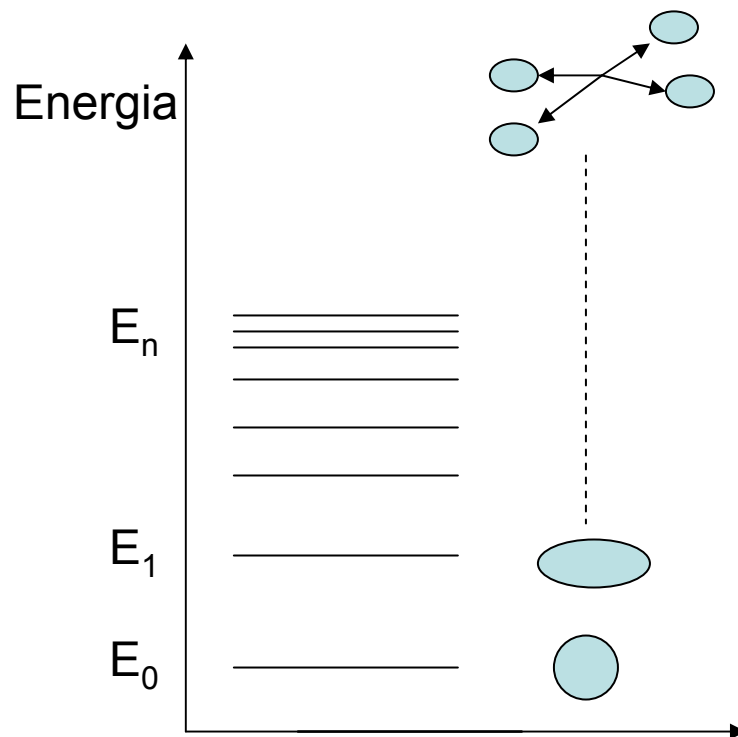
- L'aspetto caratteristico della Meccanica Quantistica prevede che l'energia del sistema ( atomo, nucleo, etc ) possa assumere solo una serie **DISCRETA** di valori  $E_0, E_1, \dots, E_n$ .
- Ad ogni valore dell'energia corrisponde una configurazione **DIVERSA** del sistema.
- Gli  $E_i$  sono tutti inferiori ad un valore **LIMITE** al di sopra del quale **IL SISTEMA SI SPEZZA** in componenti piu' **ELEMENTARI**
- Se il sistema e' **ELEMENTARE**, senza struttura interna, Vi e' **UN SOLO** valore possibile per l'energia

# PUNTO CHIAVE cont

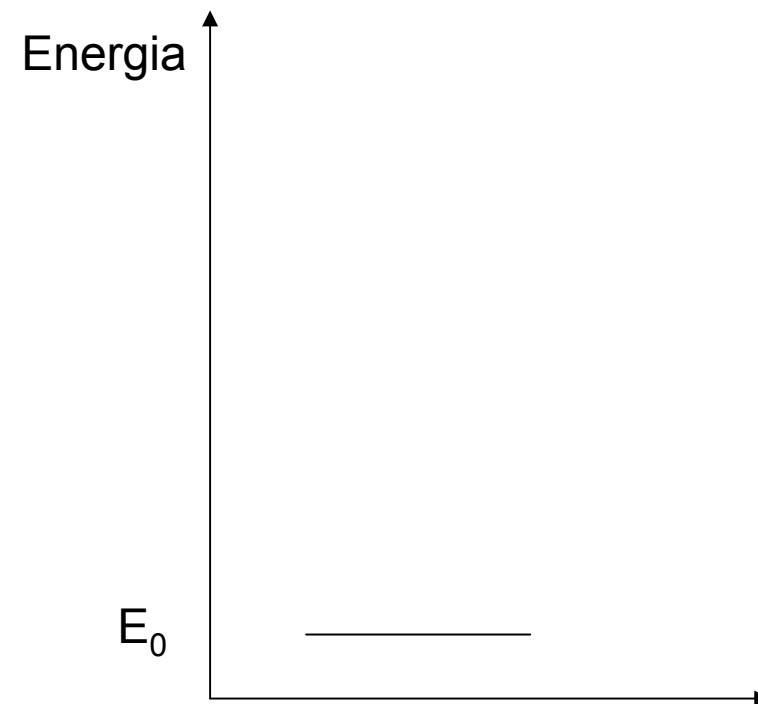
- L' assenza di una struttura interna si riflette nella **IMPOSSIBILITA'** di utilizzare l' energia ricevuta dall' esterno in **altro che** nel movimento complessivo della particella stessa.
- Per quanto diverse possano essere le due situazioni, la **POSSIBILITA' di DISTINGUERE** se un sistema e' elementare o no dipende in modo cruciale dalle energie di cui siamo in grado di disporre.
- Se  $E_x$  fornito al sistema e' minore di  $E_i - E_j$ , essa puo' andare **SOLO** in energia di movimento del sistema. I moti interni sono per cosi' dire **CONGELATI**.
- ♣ Consequenza di questo e' che il **CONCETTO** di **Particella Elementare** e' **Provvisorio**.

# Particelle Composte ed Elementari

- a) Composto



- b) Elementare

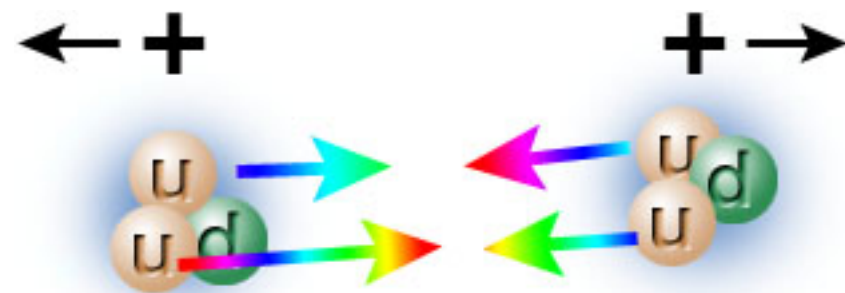
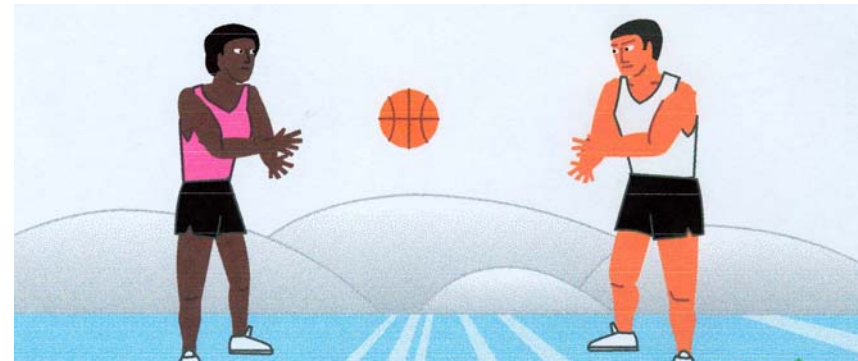


# Forze e Particelle

- **Ruolo delle particelle nella trasmissione delle forze tra oggetti :**
  - i) nessun segnale puo' trasferirsi istantaneamente;
  - ii) In Meccanica Quantistica anche I campi sono quantizzati ( anche l' energia trasportata si propaga per pacchetti: esempio il fotone)
  - iii) Scambio : emissione ed assorbimento presenza dei fotoni nell' atomo, dei  $\pi$  nei nuclei, dei gluoni negli adroni etc
  - iv) "promossi" da uno stato "virtuale" (forza), ad uno "reale" (particella)

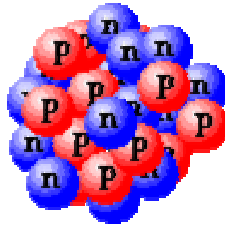
# Forze e Particelle

- **Che cosa li tiene insieme ?**
- In natura **TUTTE** le interazioni a cui sono sottoposte le particelle **RISULTANO** dovute ad uno scambio di “ **particelle che trasportano la forza** “:  
force carrier particle = palla da basket  
particelle che subiscono la forza = giocatori



# Le forze fondamentali

- Gravitazionale
- Debole
- Elettromagnetica
- Forte



La forza debole è alla base della combustione dell'idrogeno nelle stelle

Sono "mediate" da particelle:

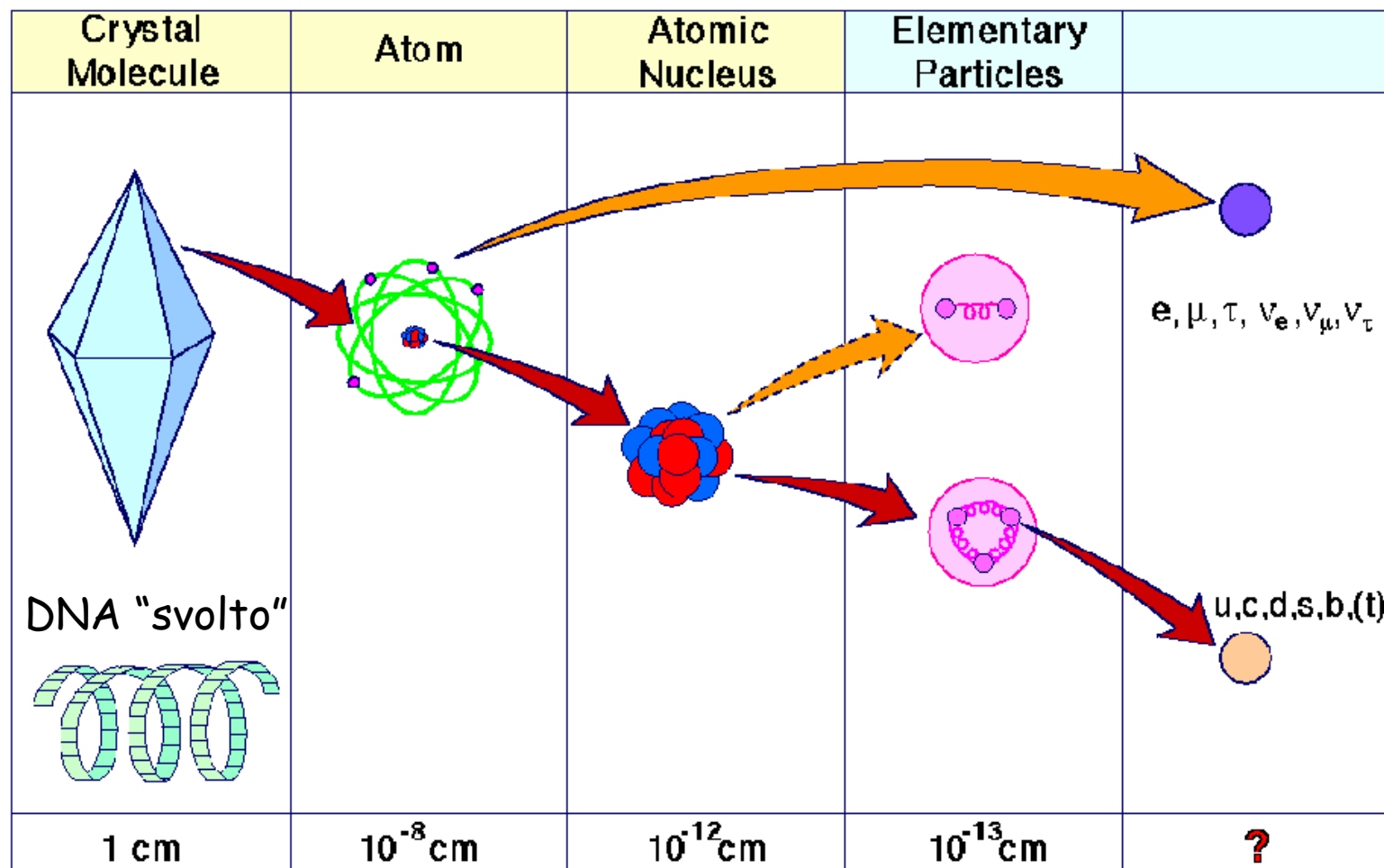
Gravitone  
Bosoni vettoriali W e Z  
Fotone  
Gluone

Materia e forze si comportano come ci si aspetta?  
Si osservano nuove particelle inaspettate ?



# Qual è la struttura ultima della materia?

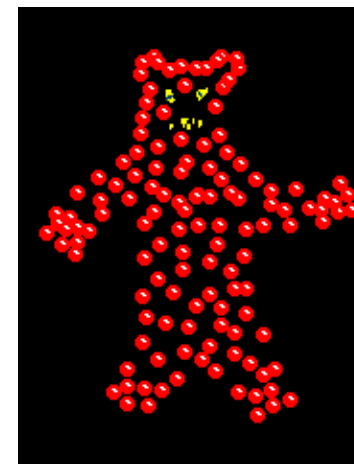
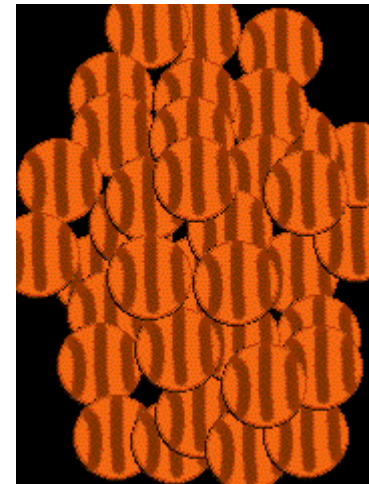
La materia è organizzata in famiglie: repliche più pesanti ed instabili dei costituenti della materia ordinaria. Perché?



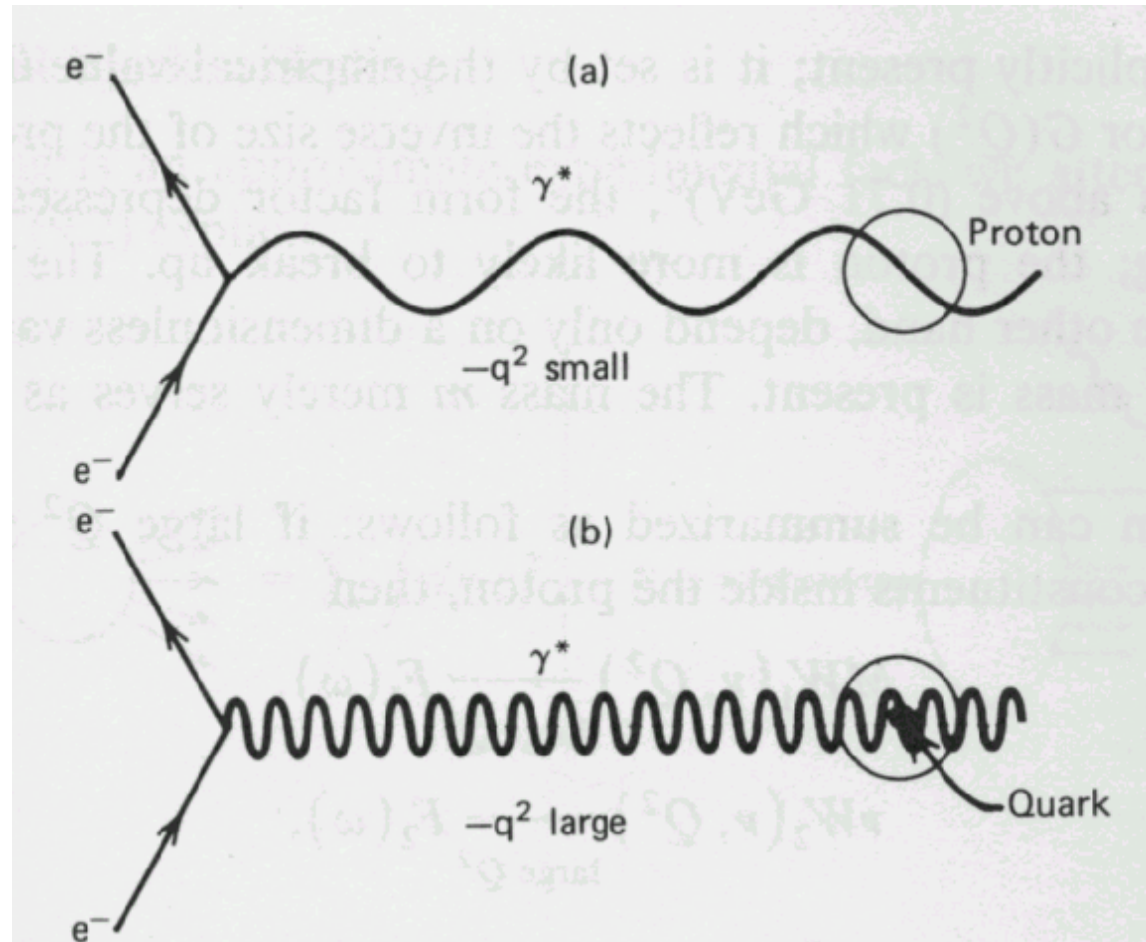
# Acceleratori

- **Piu' Energia  $\Rightarrow$  Acceleratori di Particelle**
- **Due Ruoli delle macchine acceleratrici:**
  - i) sondare strutture sempre piu' piccole:  
 $\lambda = h/p$  ;  $\lambda \leq \Delta x$   
 $\Delta x \bullet \Delta p \geq h/2\pi \Rightarrow p \geq \Delta p \geq h/(2\pi \bullet \Delta x) \geq h/(2\pi \bullet x)$   
 **$p \geq h/(2\pi \bullet x)$**
  - ii) studiare I quanti associati alle forze che agiscono a distanze molto piccole.

# Un Nuovo tipo di Microscopio



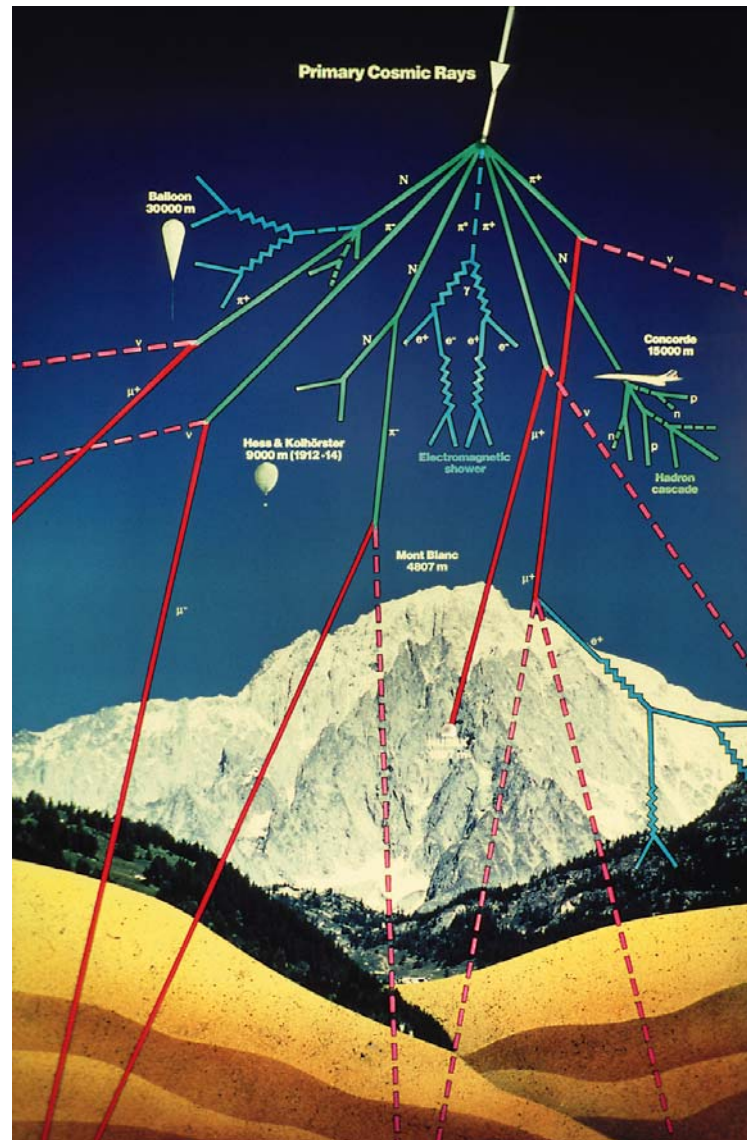
# Un Nuovo tipo di Microscopio



# Sorgenti di Particelle

- Raggi Cosmici
- Sostanze Radioattive
- Reattori Nucleari
- Acceleratori
  - 1) Lineari
  - 2) Circolari
  - 3) Anelli di Accumulazione
  
- Fasci primari :  $e^-$  ;  $p^+$
- Fasci Secondari
  - i) estrazione del fascio primario
  - ii) urto sul bersaglio
  - iii) selezione dei frammenti
  - iv) focalizzazione

# I Raggi Cosmici

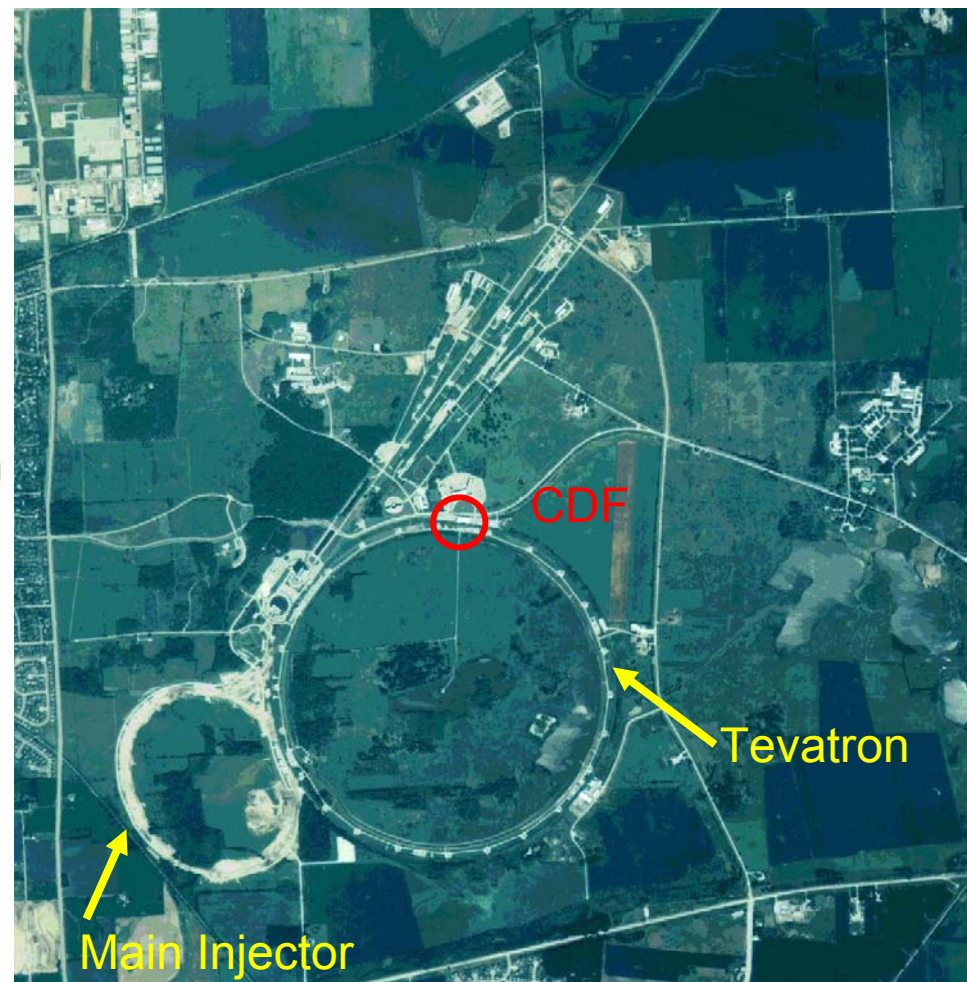
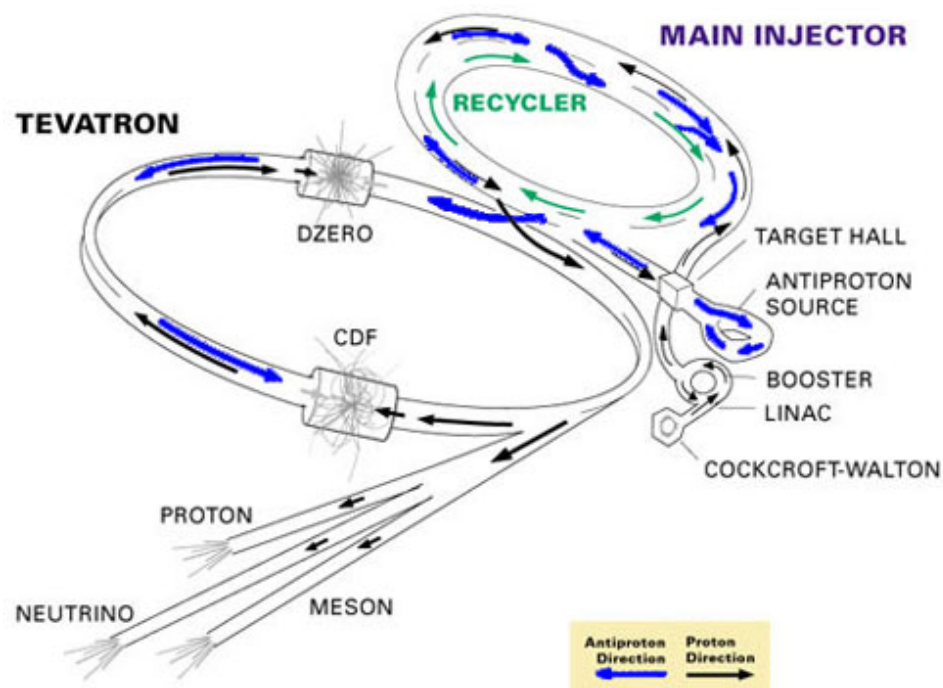


6/23/2005

Presentazione del corso di  
Fisica Nucleare e Subnucleare I

14

# Tevatron Upgrade



- New Main Injector:
  - Improve p-bar production

- Recycler ring:

6/23/2005

# Tecniche Sperimentali

- Interazioni delle particelle con la materia
- **Rivelatori di Particelle e radiazione**
  - i) **Particelle Cariche**
    - ♣ Ionizzazione degli atomi ( gas/liquido/solido)
    - ♣ Emissione di Luce ( scintillazione, rad Cerenkov, rad di transizione )
  - ii) **Particelle Neutre**
    - ♣ Fotoni (eff. Fotoelettrico, eff. Compton, prod. di coppie  $e^+e^-$ )
    - ♣ Neutroni (urti con nuclei)
    - ♣ Neutrini (diffusione da bersaglio)



# Rivelatori

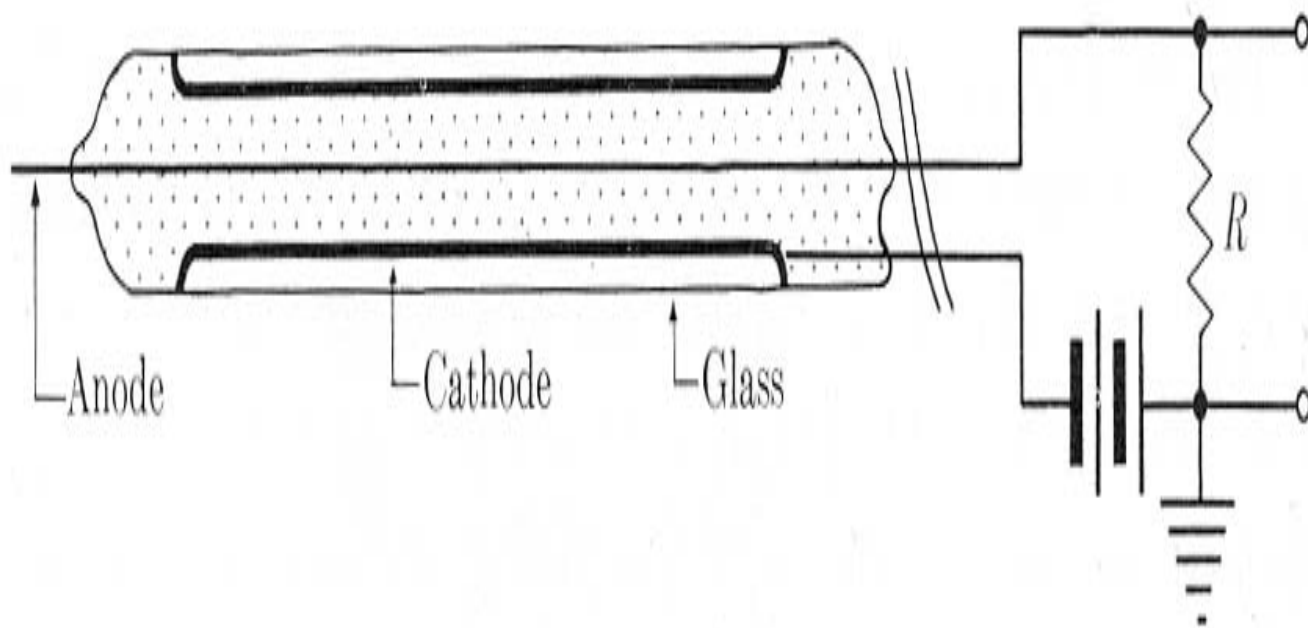
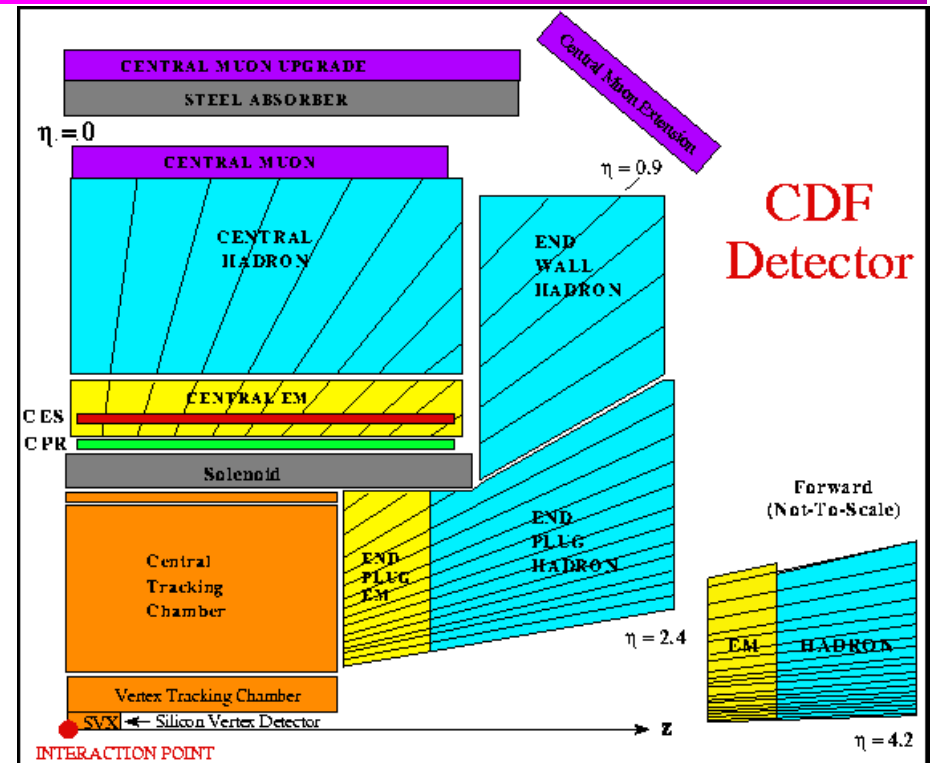
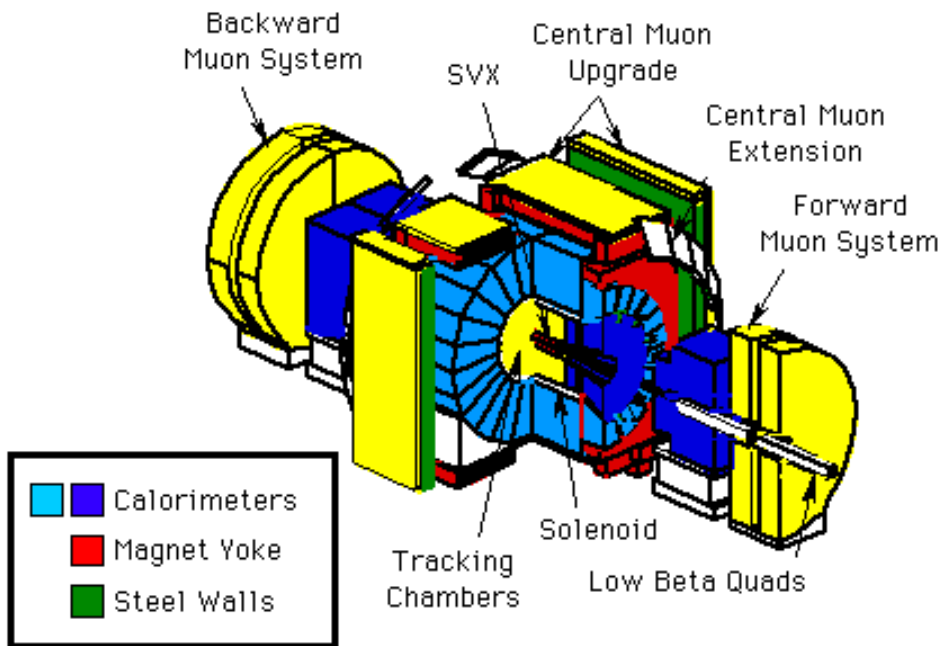


FIG. 2-12. Diagram of a Geiger-Mueller counter tube.



# CDF during Run I

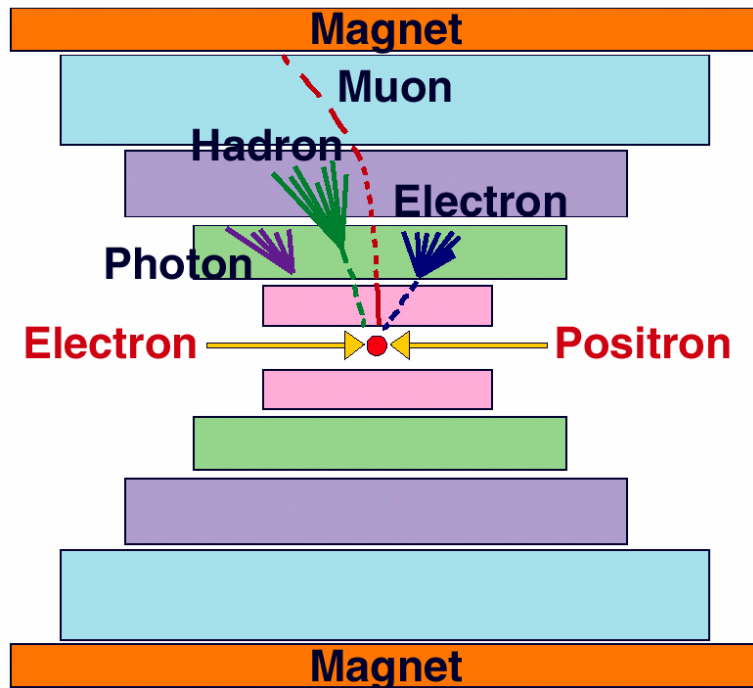
## CDF Detector



- 4 layer Si strip detector: 60% acceptance,  $\sigma_D = 13 \mu\text{m}$
- CTC large drift chamber:  $B=1.4 \text{ T}$ ,  $N_{\text{axial}} = 60$ ,  $N_{\text{stereo}} = 24$ ,  $\Delta p_t/p_t < 0.001 p_t$
- Projective towers calorimeters:  $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.1 \times 0.3$ , lead/steel-scintillator(PWC)
- Central muon chambers:  $|\eta| < 1$
- Forward calorimeters and muon up to  $\eta=4.2$



## Come si creano? Come si osservano?



Si prendono degli elettroni, si creano dei positroni (elettroni con carica positiva), e si mandano uno contro l'altro. Oppure si prendono dei protoni, si creano degli antiprotoni e di nuovo si mandano uno contro l'altro.

La loro massa si converte in energia creando altre particelle

Una "macchina" del genere è troppo grande e costosa per essere costruita in una Università da un solo paese.

Molti degli esperimenti dei Fisici di Roma 1 si fanno al CERN (Ginevra), al FERMILAB ed a SLAC con una collaborazione internazionale.



## Simmetrie $\Leftrightarrow$ Leggi di Conservazione

- συν, 'con', μετρος, 'misura'.
- Nel Linguaggio, simmetria implica proporzioni ben bilanciate. Oggetti simmetrici hanno grazia e bellezza.
- In matematica, simmetria ha un significato molto piu' preciso:  
La simmetria di un oggetto e' definita dalle operazioni che lasciano invariate le mutue proporzioni delle diverse sue parti. Scambiare la destra con la sinistra, come in uno specchio, e' una operazione matematica di simmetria.  
Un oggetto che risulti con simmetria Destra-Sinistra in uno specchio si vede **NON CAMBIATO**.
- Oggi ancora non sappiamo perche' la simmetria e' cosi' rilevante nella fisica. Quello che possiamo dire e' che il suo successo sta nella potenza delle sue capacita' di predizione.

In the real picture, Symmetry  
is wonderfully broken



Piero della Francesca: Polittico della Misericordia Università' di Roma, La Sapienza - Giugno 2001



# Symmetry in particle physics: predictions vs. reality

	N	P	
	0	+1	
$Mc^2$	0.9396	0.9383	
	$\pi^+$	$\pi^0$	$\pi^-$
	+1	0	-1
$Mc^2$	0.1396	0.1350	0.1396
	N	P	
	0	+1	
	$\Sigma^-$	$\Sigma^0/\Lambda^0$	$\Sigma^+$
	-1	0,0	+1
	$\Xi^-$	$\Xi^0$	
	-1	0	

Isopic Spin (SU2)  
input  
 $M(\pi^0) = M(\pi^+) ??$

Eightfold Way (SU3)  
All equal masses?

Deviations from symm.:  
0.14%  
  
3.3%  
  
 $\approx 30\%$



# The spectrum of elementary constituents

