

**MISURA DEI RAPPORTI DI DECADIMENTO
DEL BOSONE Z E DI α_s
CON EVENTI DELL'ESPERIMENTO DELPHI**

STUDENT'S DAY

1. LA TEORIA

L'Universo in due tabelle

<i>Forza</i>	<i>Bosone</i>
Gravità	gravitone
Elettromagnetismo	fotone
Forza nucleare debole	Z, W ⁺ , W ⁻
Forza nucleare forte	gluoni

<i>Materia</i>					
<i>quarks</i>			<i>leptoni</i>		
u	c	t	ν_e	ν_μ	ν_τ
d	s	b	e	μ	τ

Il bosone Z

Forza	Bosone
Gravità	gravitone
Elettromagnetismo	fotone
Forza nucleare debole	Z, W ⁺ , W ⁻
Forza nucleare forte	gluoni

- Studiare il bosone Z significa:
 - misurare la sua massa
 - misurare “quanto vive”
 - studiare i possibili decadimenti

Il bosone Z

Forza	Bosone
Gravità	gravitone
Elettromagnetismo	fotone
Forza nucleare debole	Z, W⁺, W⁻
Forza nucleare forte	gluoni

- Studiare il bosone Z significa:
 - misurare la sua massa → $m_Z \sim 97 m_p$
 - misurare “quanto vive” → $3 \times 10^{-25} \text{ s}$
 - studiare i possibili decadimenti

Le unità di misura

Energia	eV
Massa ($E=mc^2 \rightarrow m=E/c^2$)	eV/c ²
Quantità di moto ($T=p^2/2m \rightarrow p=\sqrt{2mT}$)	eV/c

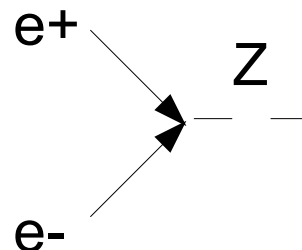
- Nella fisica delle particelle si pone $c=1 \rightarrow E, m, p$ espresse tutte in eV
1eV: energia di un elettrone accelerato da una ddp di 1 V
- Le particelle si muovono con $v \sim c$
Da $E=mc \rightarrow E=pc$
in pratica confonderemo l'energia delle particelle con la loro qdm
- Esempi:
 - energia degli elettroni in un tubo catodico **20 keV**
 - massa di un protone **1 GeV**
 - qdm di una mosca (1g) che vola a 1km/h **5×10^{23} eV**

2. L'ESPERIMENTO

Come si producono le Z?

- Usiamo coppie particella-antiparticella per produrre la Z

$$e^+ e^- \rightarrow Z$$



- Osserviamo la Z decadere in coppie particella-antiparticella

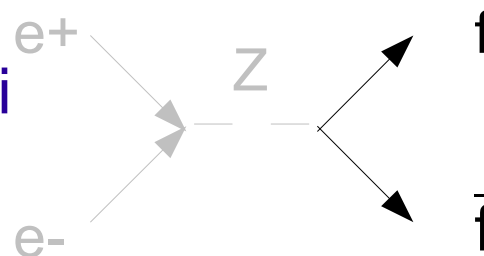
$$Z \rightarrow e^+ e^-$$

$$Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$$

$$Z \rightarrow \tau^+ \tau^-$$

$$Z \rightarrow (q\bar{q}) \rightarrow \text{adroni}$$

$$Z \rightarrow \nu \bar{\nu}$$



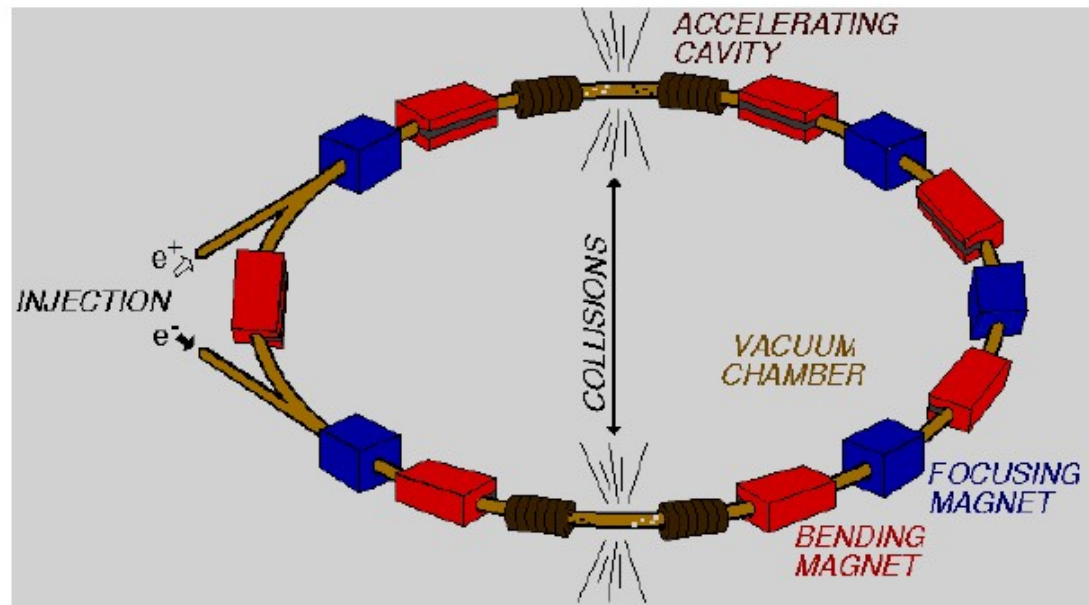
NB: vale la conservazione della qdm

→ particella ed antiparticella sono prodotte “back-to-back”

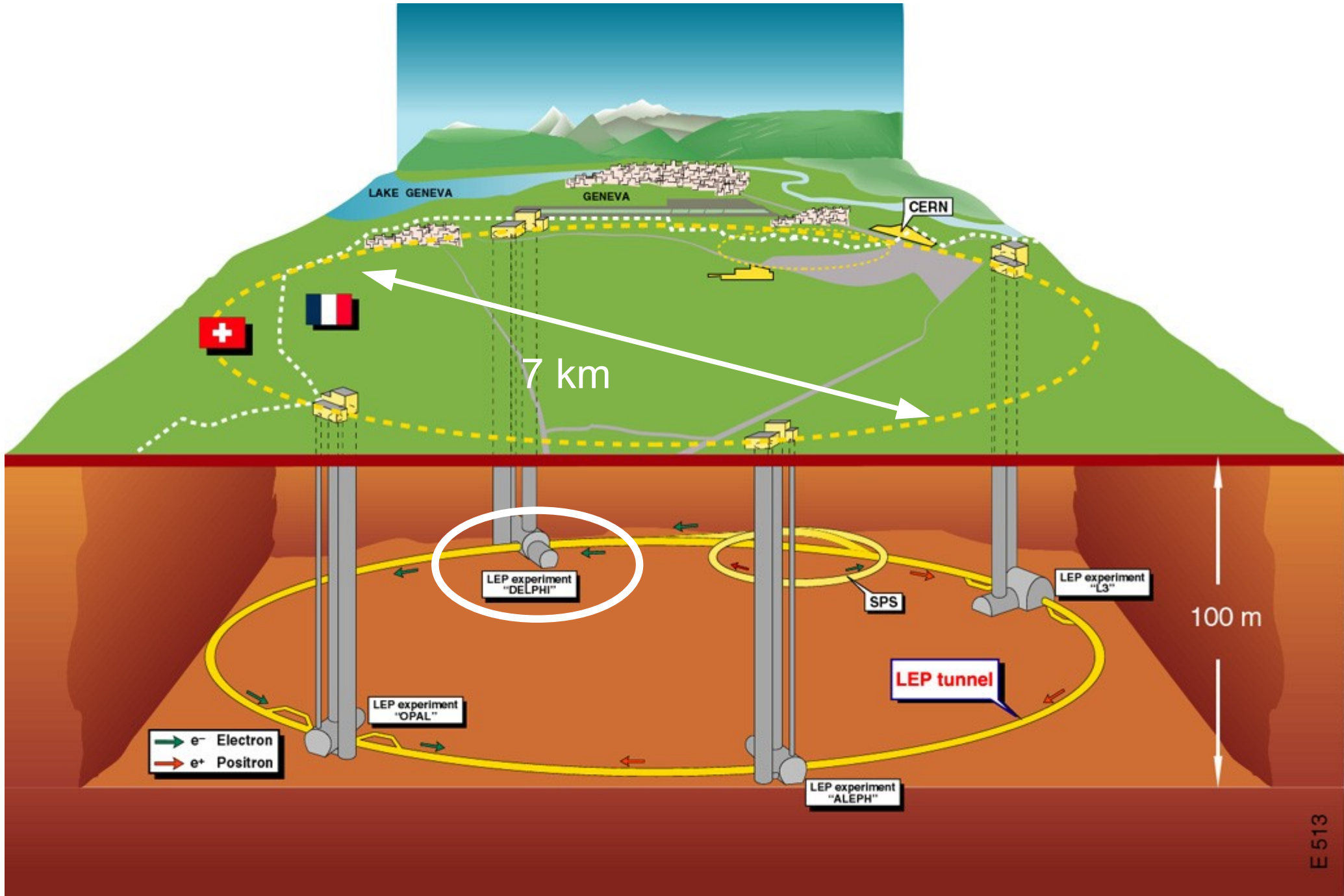
La fabbrica di e⁺/e⁻ : LEP

$E=mc^2$ si fanno collidere fasci di e⁻ ed e⁺ con $E(e^+) + E(e^-) = m_z c^2$

In pratica $E(e^+) = E(e^-) = m_z c^2 / 2$

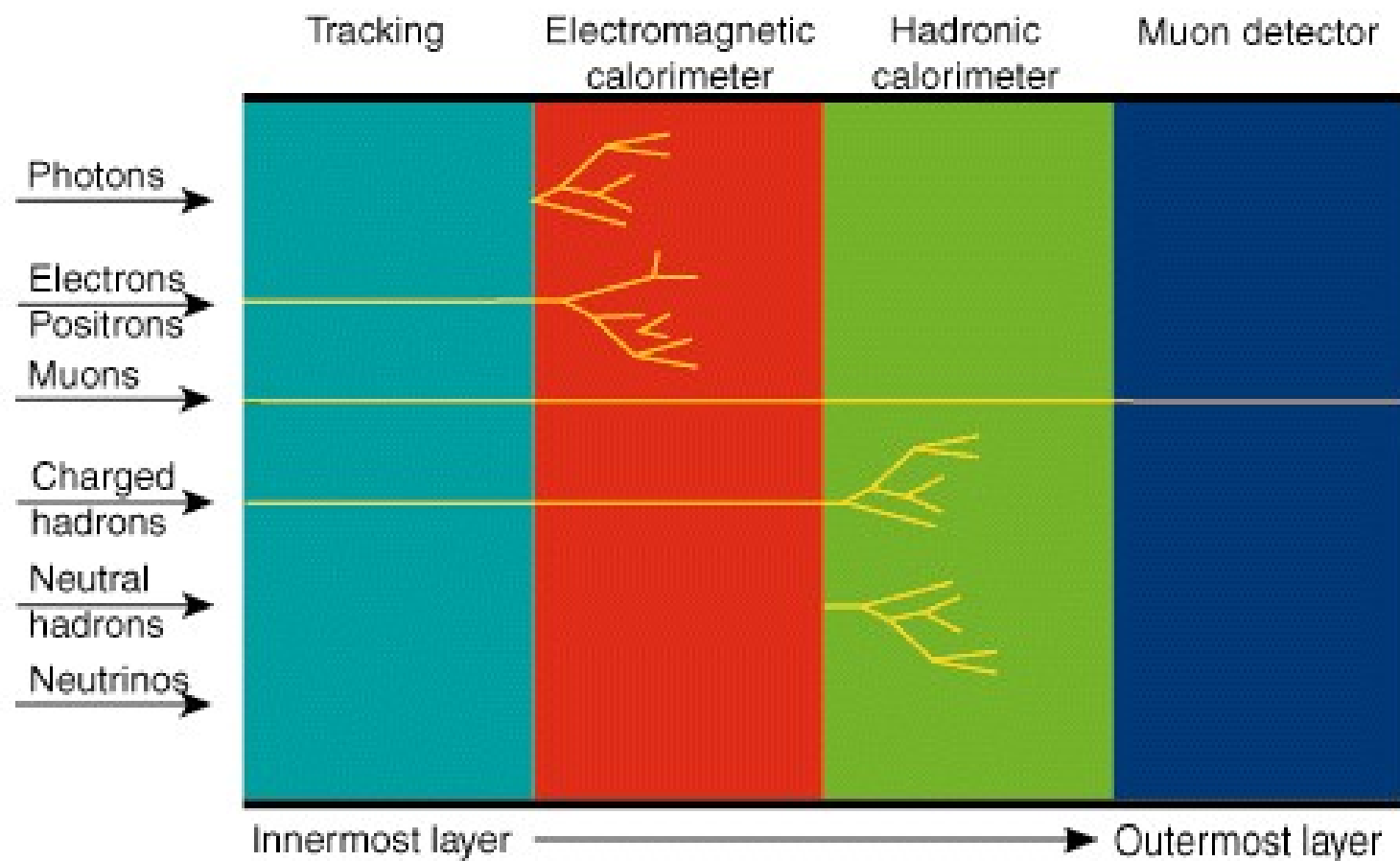




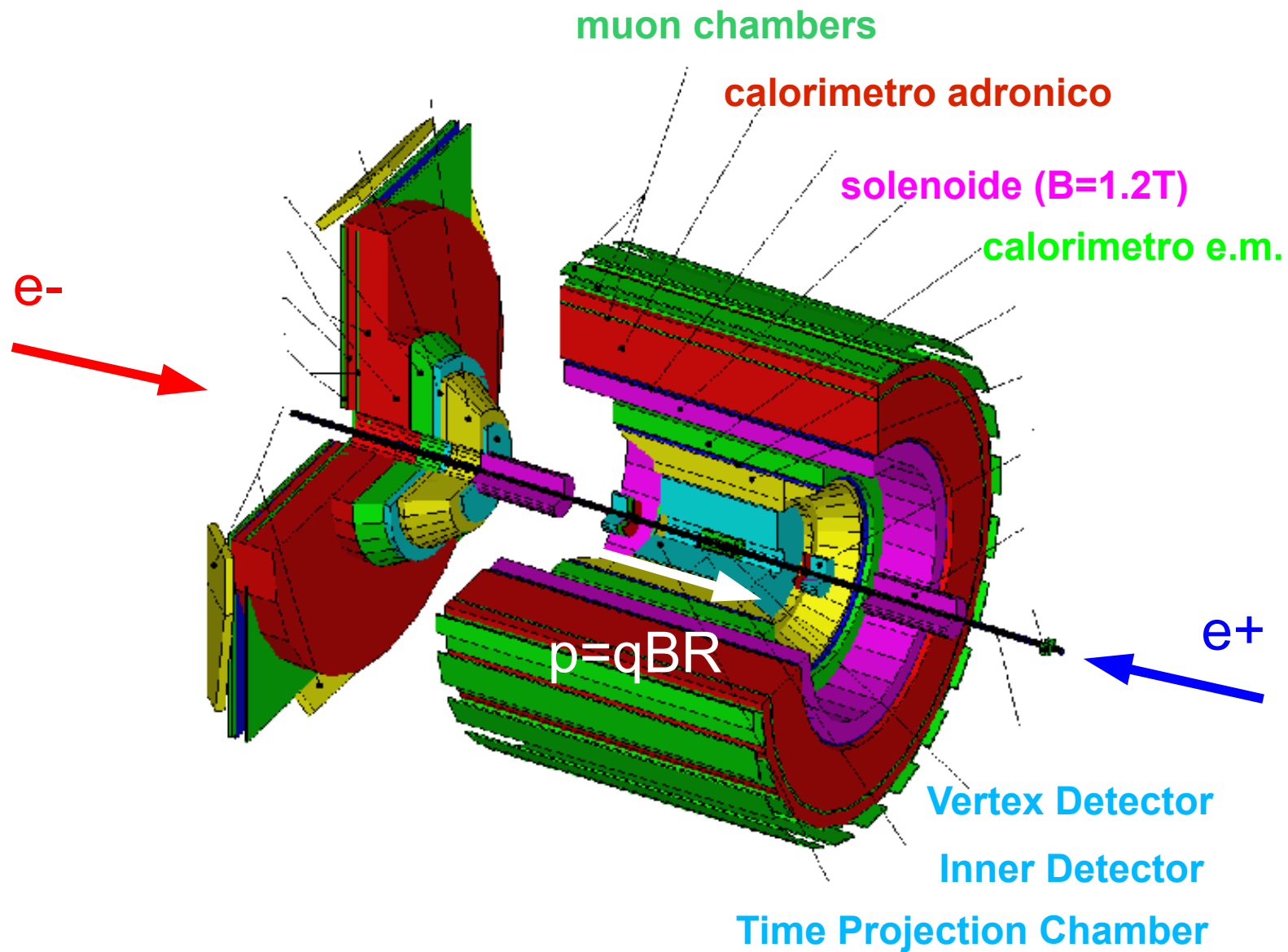


Come si identificano le particelle prodotte

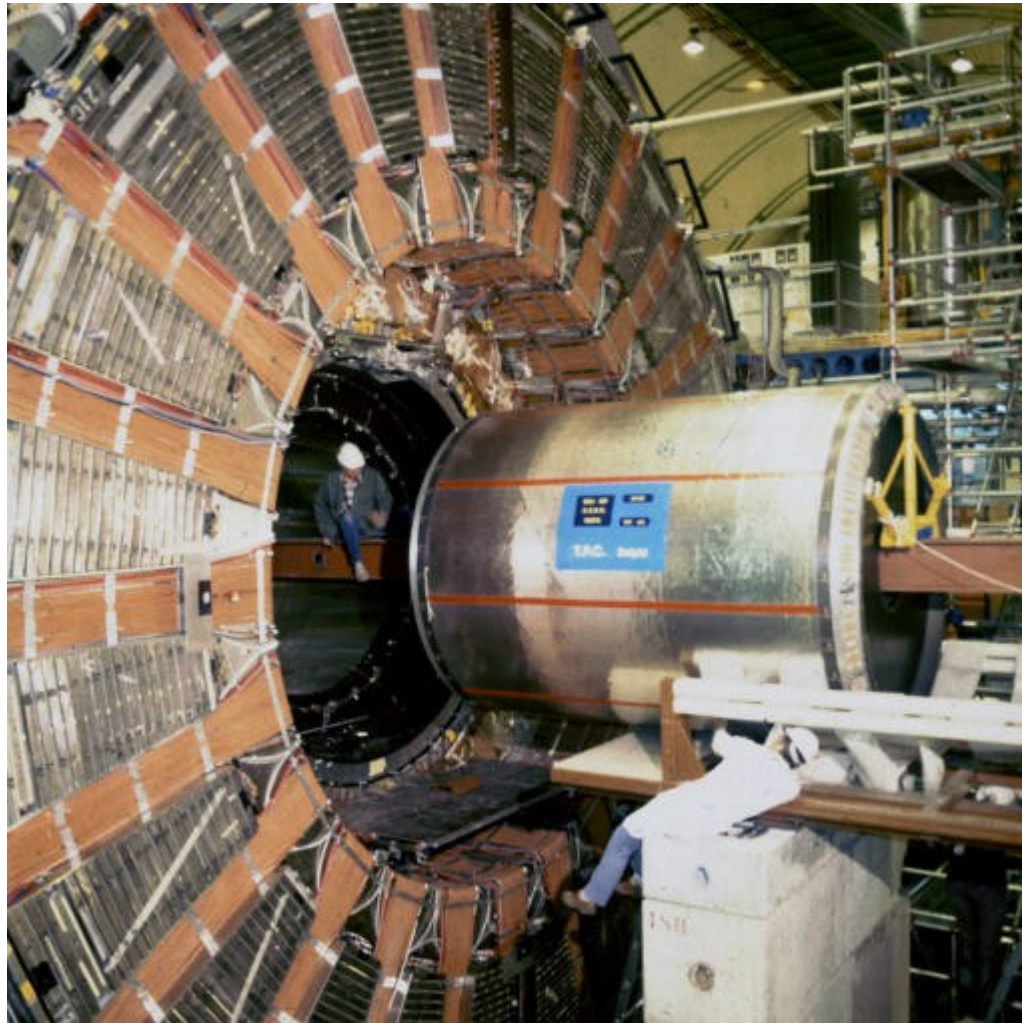
- Misurare una particella significa:
 - identificare il “tipo” (massa, carica, vita media)
 - misurare E, \vec{p}



Il rivelatore DELPHI



Il rivelatore DELPHI



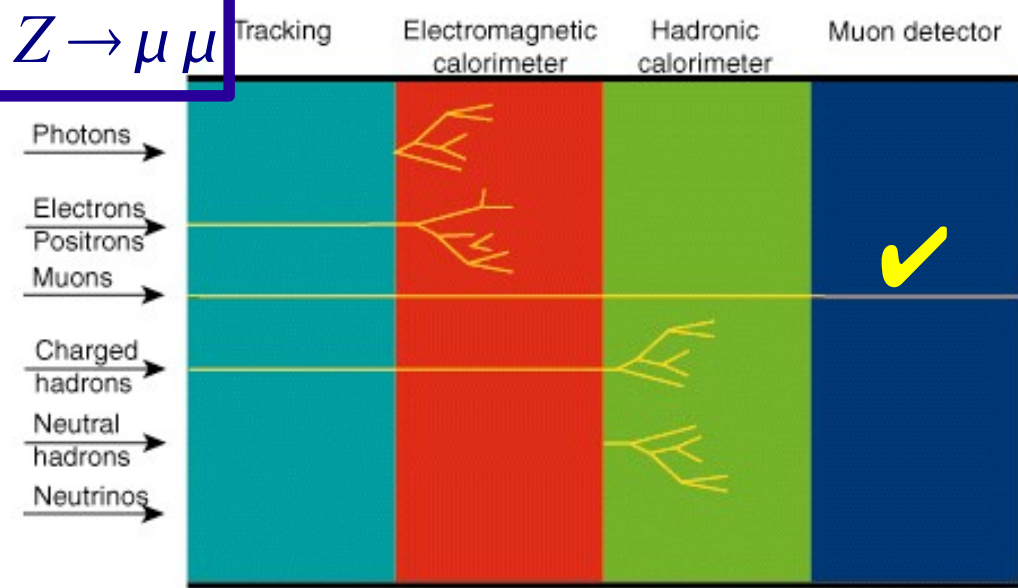
Il bosone Z

Forza	Bosone
Gravità	gravitone
Elettromagnetismo	fotone
Forza nucleare debole	Z, W ⁺ , W ⁻
Forza nucleare forte	gluoni

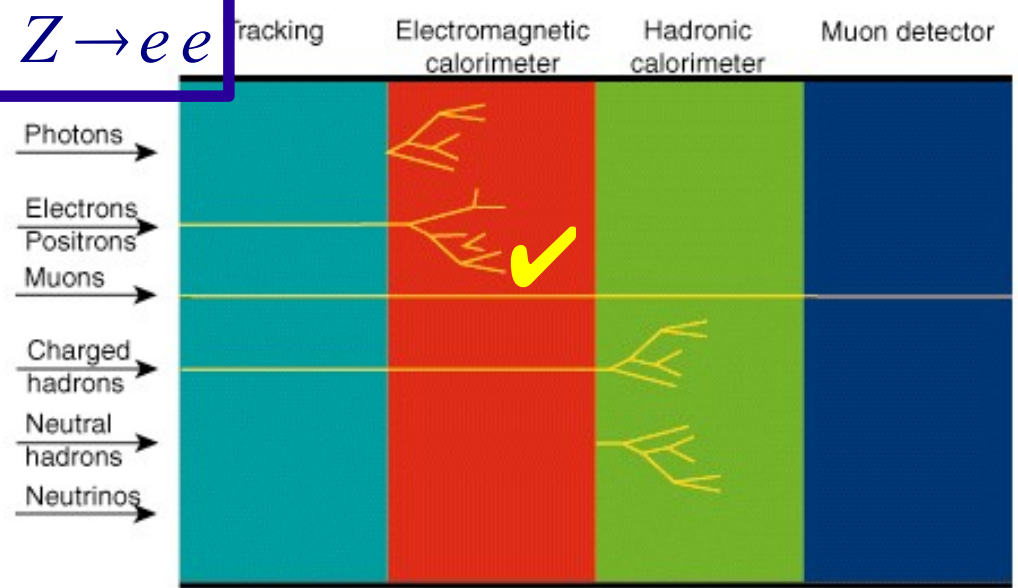
- Studiare il bosone Z significa:
 - misurare la sua massa $\rightarrow 97 m_p$
 - misurare “quanto vive” $\rightarrow 3 \times 10^{-25} \text{ s}$
 - studiare i possibili decadimenti \rightarrow **Analisi di 1000 eventi raccolti da DELPHI e visualizzati da un EventDisplay**

Classificazione dei decadimenti

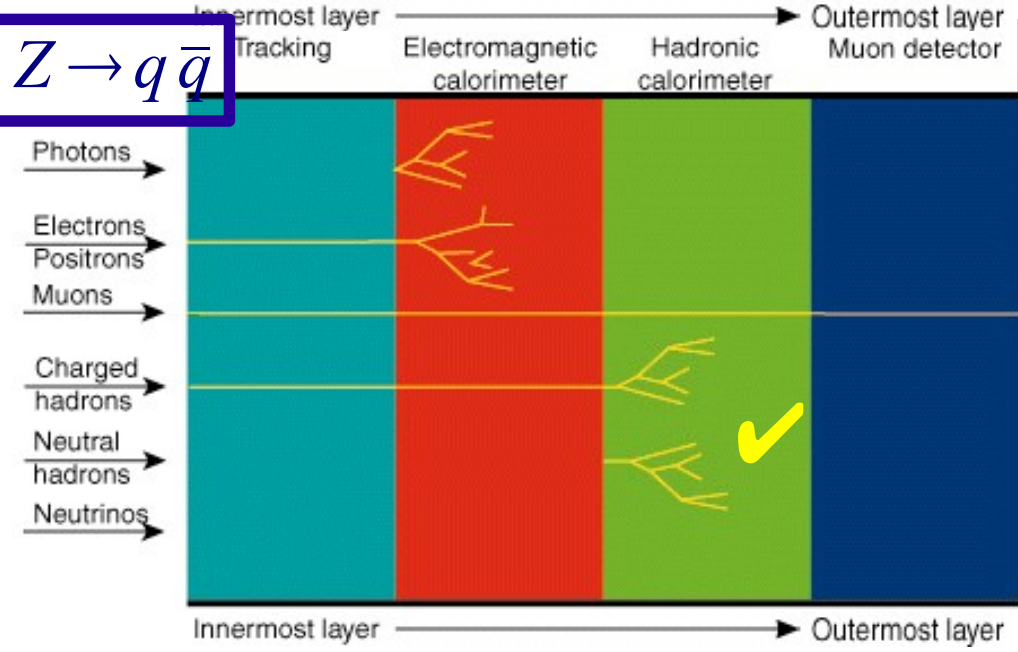
$Z \rightarrow \mu \mu$



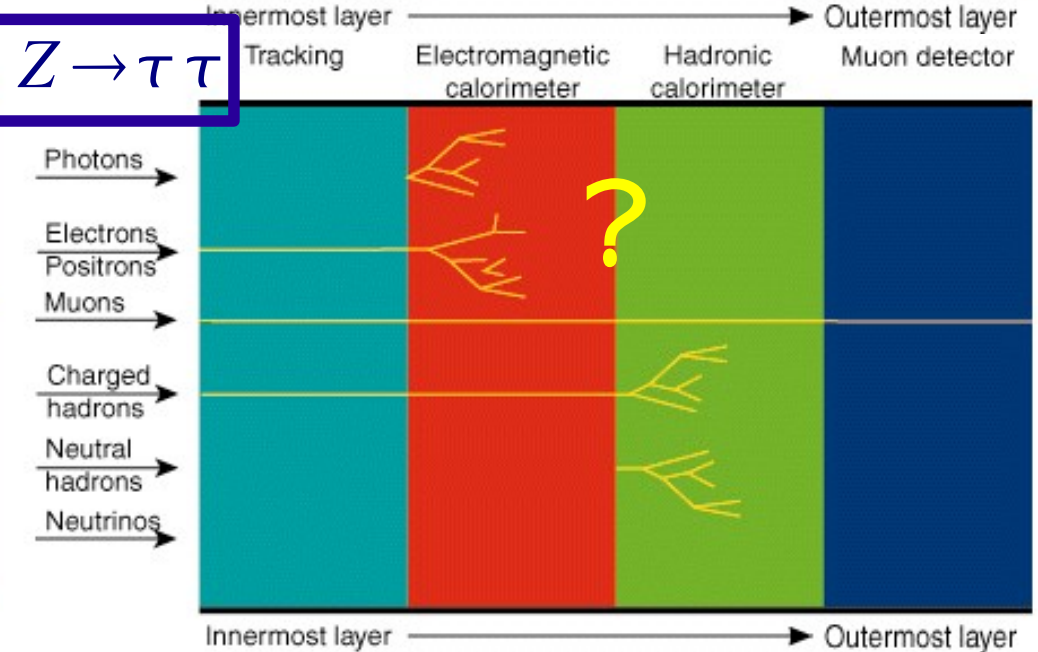
$Z \rightarrow e e$



$Z \rightarrow q \bar{q}$



$Z \rightarrow \tau \tau$



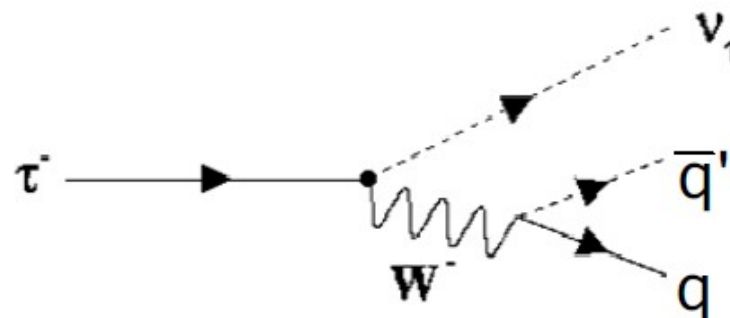
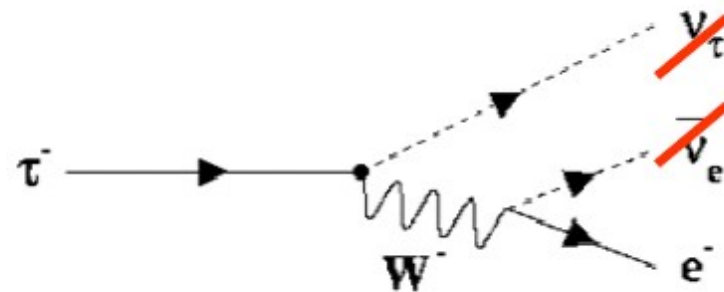
... ed i leptoni τ ?

- I leptoni τ non sono stabili e viaggiano solo una frazione di millimetro prima di decadere \rightarrow non vediamo i τ nel rivelatore ma solo i prodotti del decadimento

- 17% $\tau \rightarrow e\nu\nu$
- 17% $\tau \rightarrow \mu\nu\nu$

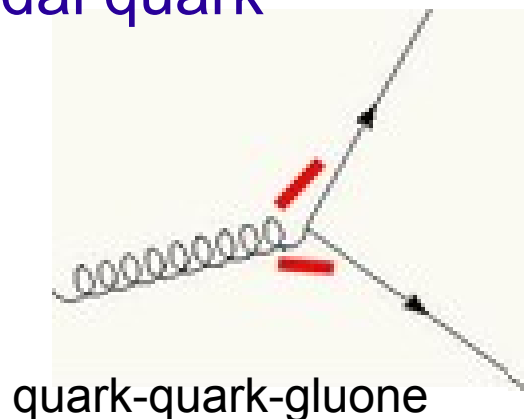
i neutrini non vengono rivelati
ma portano via una con sè una frazione dell'energia del

- ed il restante 66%?
 - 50% \rightarrow 1 adrone carico
 - 16% \rightarrow 3 adroni carichi



... e la misura di α_s ?

- α_s è la costante che indica l'intensità delle interazioni forti
- $Z \rightarrow q\bar{q}$? No adroni!
- Non è possibile osservare “quark” liberi ma solo come adroni
→ si preferisce parlare piuttosto di “jet” di adroni che ricordano il quark iniziale
- I “jet” di adroni possono essere anche prodotti da gluoni irradiati dai quark



nel caso di stati finali $q\bar{q}$ dovrete indicare se ci sono 2 o 3 jet (ogni jet è visualizzato con un colore differente)

3. “HANDS-ON”

Events

Decay $Z^0 \rightarrow$	Counts	Total
e^+e^- (Electrons)		
$\mu^+\mu^-$ (Muons)		
$\tau^+\tau^-$ (Taus)		
$q\bar{q}$ (2 Hadron-Jets)		
$q\bar{q}g$ (3 Hadron-Jets)		

Consigli

Provate in successione le varie ipotesi: $\mu\mu$ / ee /adroni/ $\tau\tau$

- i prodotti di decadimento della Z sono sempre particella-antiparticella dello stesso tipo → cercate di identificarne con certezza almeno una
 - muone: 1 traccia + segnale nelle camere esterne (croce)
 - elettrone: idealmente 1 traccia + segnale nel calorimetro EM (box) con la stessa energia (ma se lo sciame comincia prima avrete più tracce)
 - adroni: segnali calorimetri (box) e se sono carichi anche una traccia
 - leptoni τ sono difficili da identificare, poichè possiamo rivelare solamente i loro prodotti di decadimento (ma 84% delle volte decadono in una particella carica e neutrini)
- vale la conservazione dell'energia ($E=90\text{GeV}$) ma alcune particelle possono sparire lungo la linea del fascio o in una zona non attiva (un "buco") del rivelatore
- Non è detto che tutti gli stati finali siano equiprobabili