

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
Corso di Dottorato in Fisica (XVIII ciclo)

Stefano Spataro

**Characterization of the HADES spectrometer
in pp collisions at 2.2 GeV**
elastic scattering and exclusive η reconstruction

Tutors:

Prof. G. Bellia
Dr. P. Finocchiaro



Stefano
Spataro

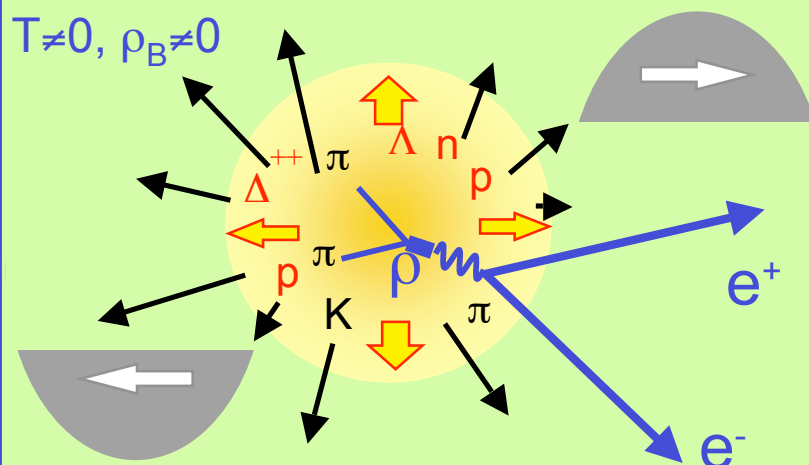
Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions
at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction



Sommario

- Motivazioni dell'esperimento
- Lo spettrometro HADES
- Scattering elastico
- Identificazione di particelle
- Ricostruzione esclusiva del mesone η
- Conclusioni

Motivazioni dell'esperimento



Collisioni tra ioni pesanti ad
energie relativistiche (1÷2 AGeV)

Proprietà degli adroni nella
materia nucleare

M, Γ

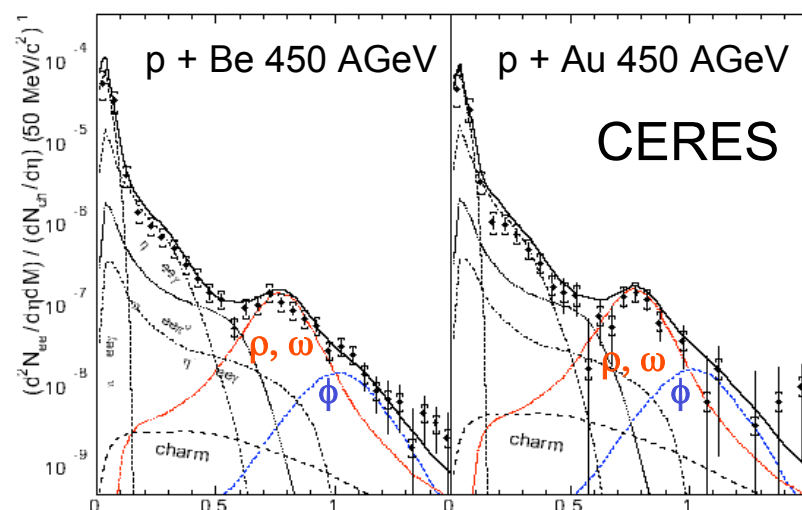
Mesoni vettori leggeri
sonde per la materia nucleare

Mesoni	Massa [MeV/c ²]	Vita media [fm/c]	Decadimento principale	Branching ratio e^+e^-
ρ	769	1.3	$\pi^+\pi^-$	$4.5 \cdot 10^{-5}$
ω	783	23	$\pi^+\pi^-\pi^0$	$7.1 \cdot 10^{-5}$
ϕ	1019	44	K^+K^-	$2.9 \cdot 10^{-4}$

LEPTONI

Non risentono della forza forte

probabilità molto bassa

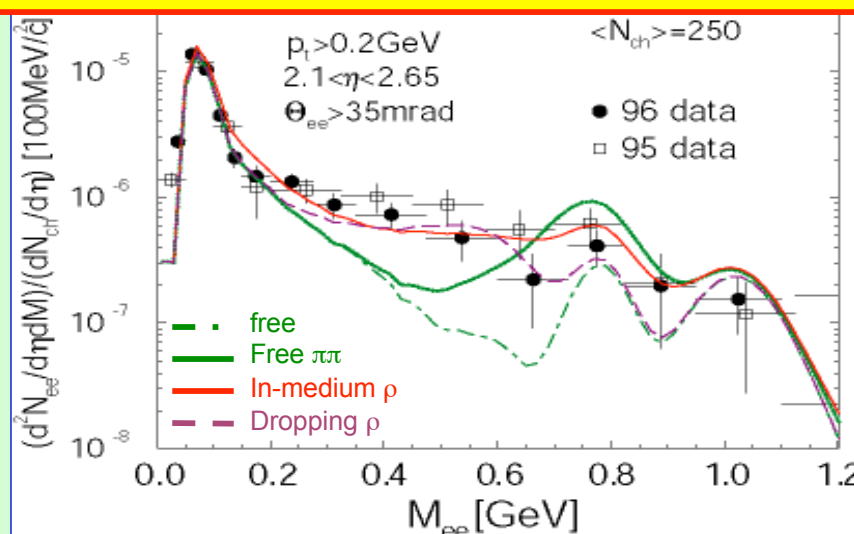
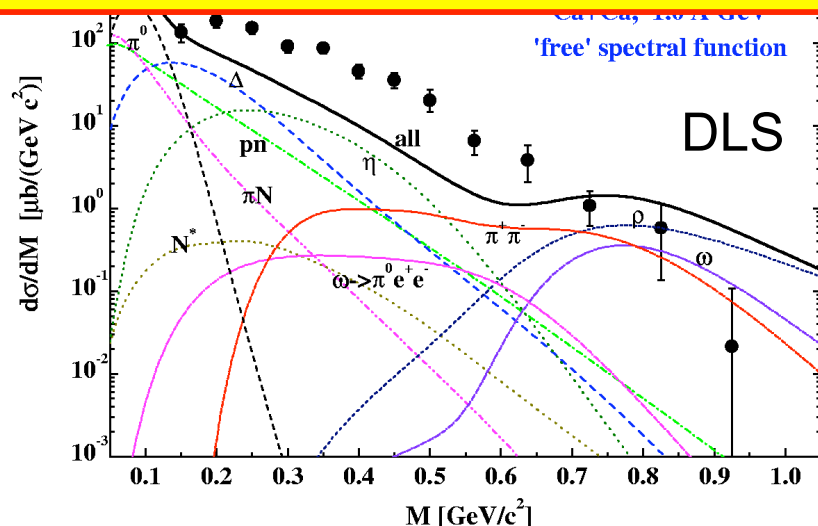


Reazioni elementari
ben comprese

Collisioni HI:
evidenze di effetti in-medium

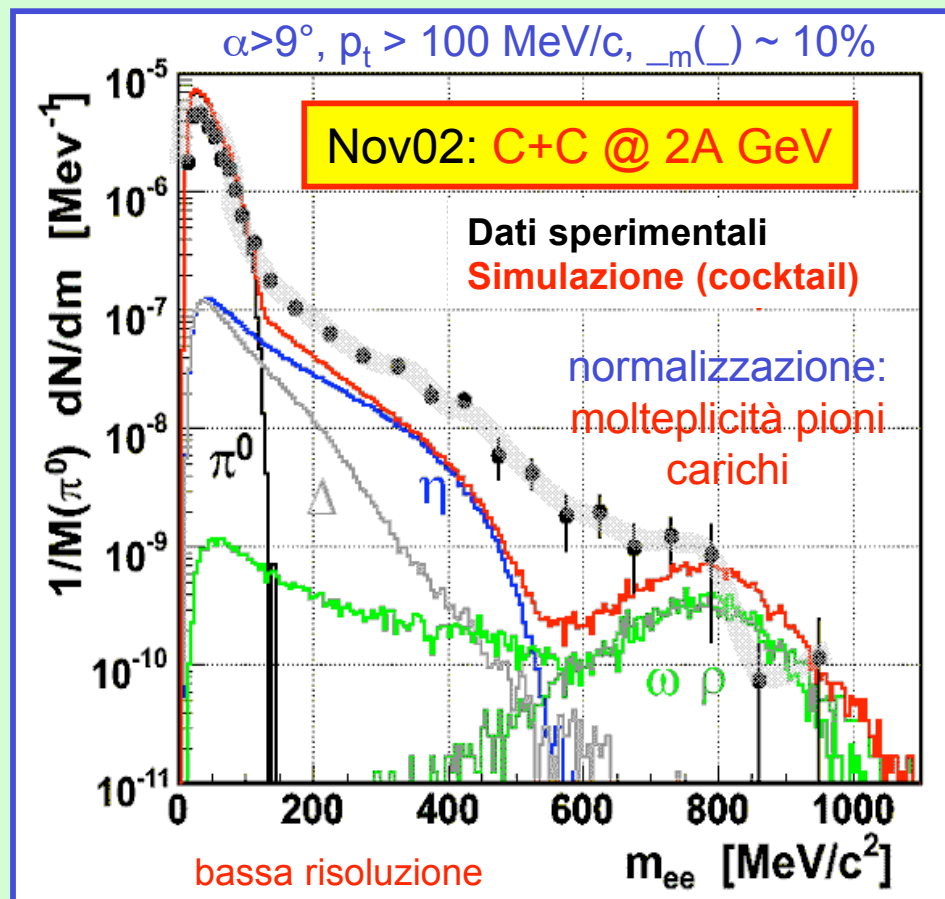
Occorrono

nuovi dati a bassa energia, migliore risoluzione, più alto numero di conteggi



Lo spettrometro HADES

- Spettrometro magnetico con un ampio angolo solido al GSI
- Studio di collisioni elementari per una **analisi esclusiva** delle **sorgenti di coppie elettroniche**
- Studio di collisioni di ioni pesanti per misurare effetti **in-medium**



Per **normalizzare** le rese è necessario lo studio delle **collisioni elementari**



Stefano
Spataro

Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions
at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction

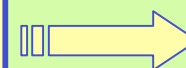


Reazioni elementari pp

Studio esclusivo delle sorgenti di dileptoni

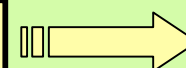
pp@2.2GeV
Jan2004

scattering elastico $pp \rightarrow pp$



allineamento
tracking

produzione η $pp \rightarrow pp\eta$



reazione di
calibrazione

produzione π^0 $pp \rightarrow pp\pi^0$

pp-pn@1.25GeV
proposal2005

Δ^+ Dalitz $pp \rightarrow p\Delta^+ \rightarrow ppe^+e^-$

pn brehmstrahlung

pp@3.5GeV
May2006

Decadimenti diretti $pp \rightarrow pp\omega(\rho_0) \rightarrow ppe^+e^-$

Reazioni elementari pp: 2.2GeV

Motivazioni

scattering elastico $p + p \rightarrow p + p$

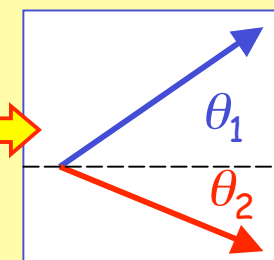
Cinematica fissata della
coppia pp

$$abs(\phi_1 - \phi_2) = 180^\circ$$

stesso
piano di
reazione

Strumento per studiare
l'allineamento

$$\tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2 = \frac{1}{\gamma_{CM}^2}$$



Angolo θ

cinematica

momento
teorico

Risoluzione in momento
(massa invariante)

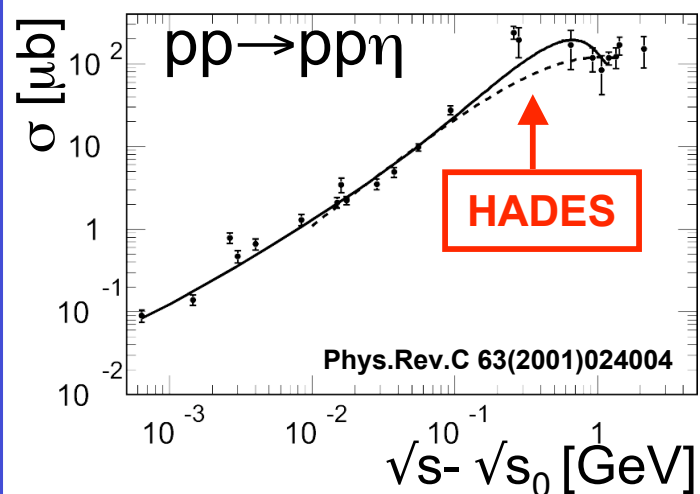
Fattore di forma η : $\eta \rightarrow e^+e^-\gamma$

Phys. Lett. B 59 (1975) 103-105

basato su 80 conteggi

poi corretto per un errore di calcolo

Phys. Lett. B 73 (1978) 503 (erratum)



Reazione di calibrazione

- Accettanza dello spettrometro
- Fattori di normalizzazione



Stefano
Spataro

Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions
at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction



Lo spettrometro HADES

Geometria

Sei settori a geometria esagonale:

- 2π (angolo azimutale)
- $18^\circ < \theta < 85^\circ$ (angolo polare)

Tracking

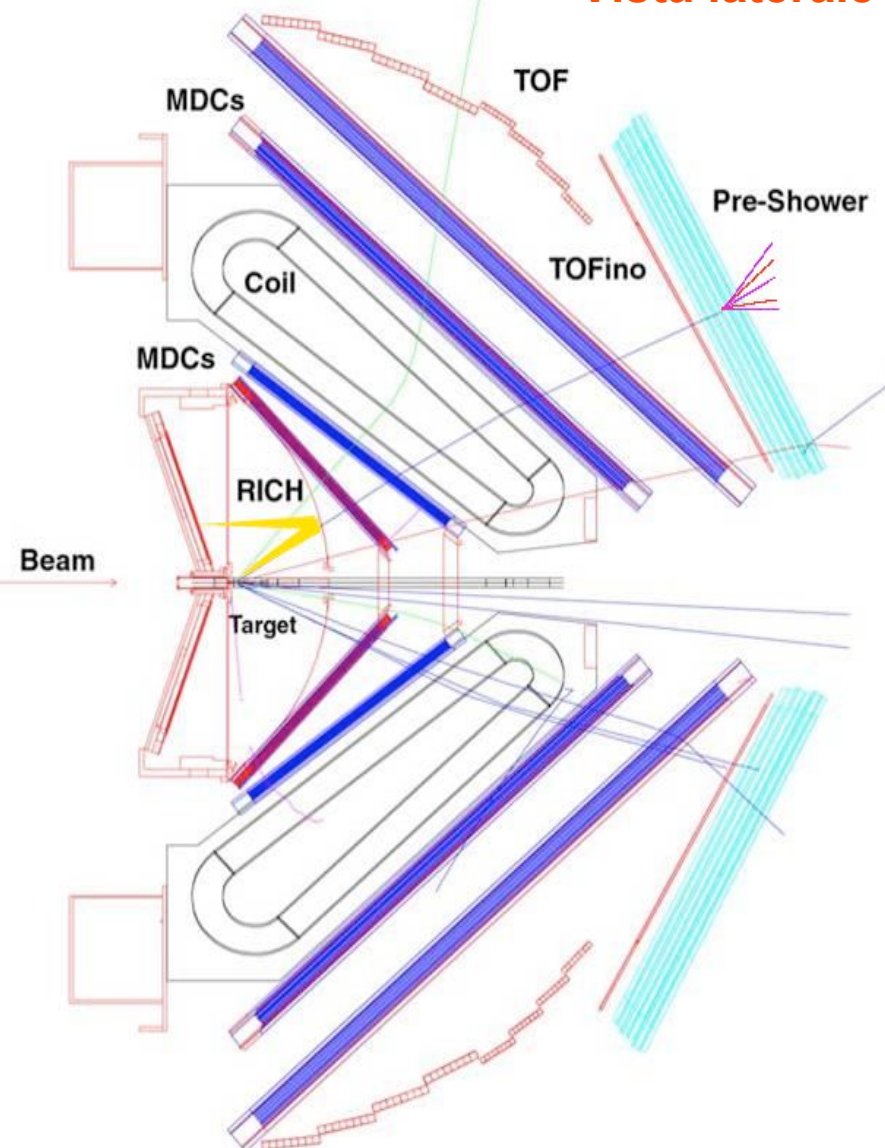
- **Magnete** superconduttore ($B_{\max}=0.7\text{T}$)
- **MDC** (mini drift chamber)
 - ✓ 4 moduli, 6 piani di fili per ognuno
 - ✓ $\sigma_y \approx 100 \mu\text{m}$, $\Delta M_{e+e}/M \approx 1.5\%$ per p/ω

Identificazione di particelle

- **RICH**: rivelatore Cherenkov
- **TOF** ($\theta > 45^\circ$): $\sigma_{\text{tof}} \sim 150\text{ps}$
- **TOFINO** ($\theta < 45^\circ$): $\sigma_{\text{tof}} \sim 450\text{ps}$
- **Shower**: rivelatore di sciame em

Trigger on-line per di-elettroni

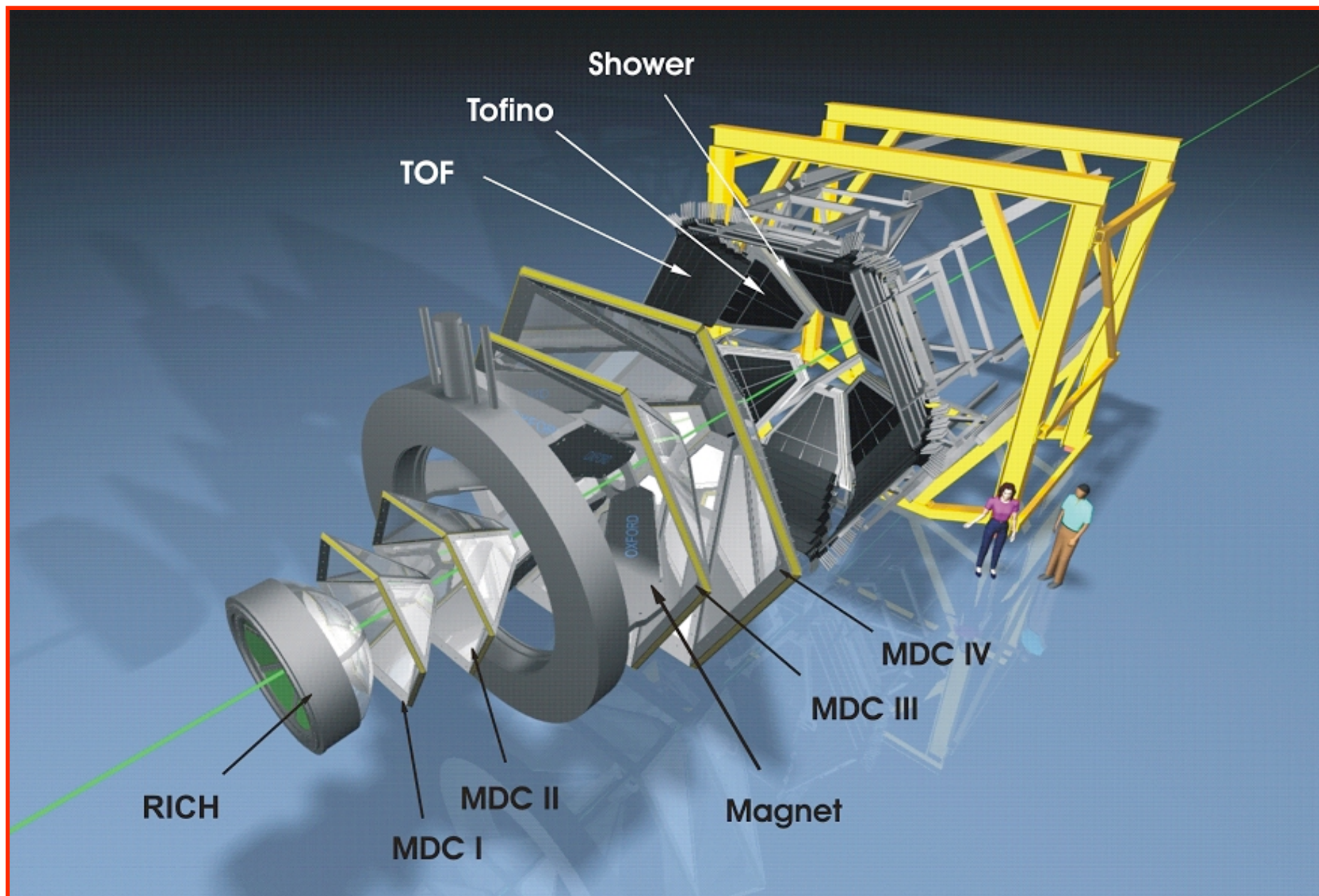
Vista laterale





Stefano
Spataro

Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions
at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction





Stefano
Spataro

Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions
at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction



Esperimento Jan04 : p+p @ 2.2 GeV

Intensità
 10^7 protoni/secondo



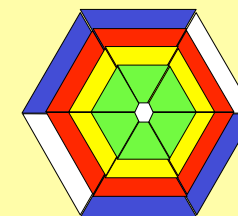
TARGET: LH2
(lunghezza 5cm - $2 \cdot 10^{23}$ protoni/cm²)

Setup

4 settori con tracking ad alta risoluzione

2 settori con tracking a risoluzione intermedia

Rivelatore di START assente



Trigger

2 hit in settori opposti



Scattering elastico

4 hit, 2 hit in settori opposti



Decadimenti η

Trigger per di-elettroni



Incremento fattore 4-8

Analisi Dati



420 milioni di eventi acquisiti

310 milioni di eventi analizzati

pp scattering elastico

Cinemática fissata della coppia

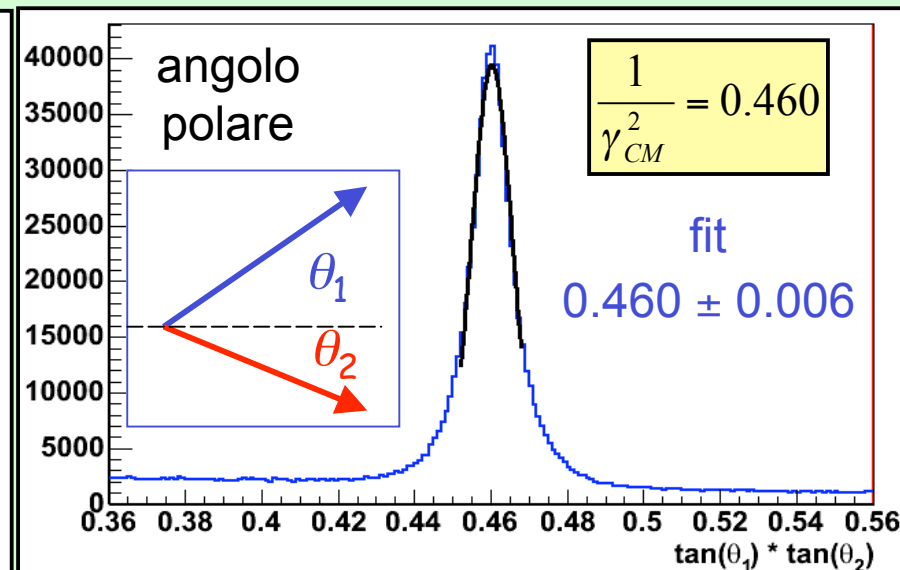
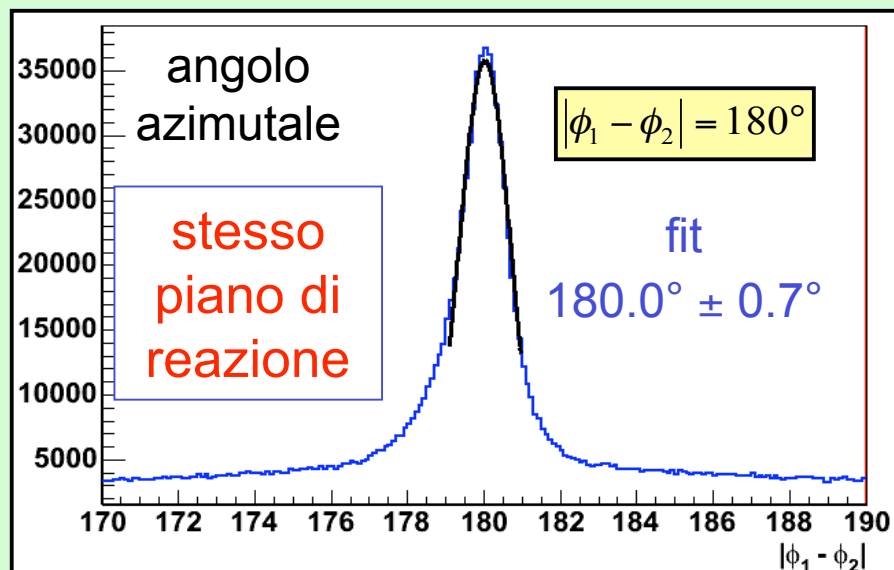
Studio qualità allineamento

Selezione coppie pp

- Carica positiva
- Settori opposti

$$abs(\phi_1 - \phi_2) = 180^\circ$$

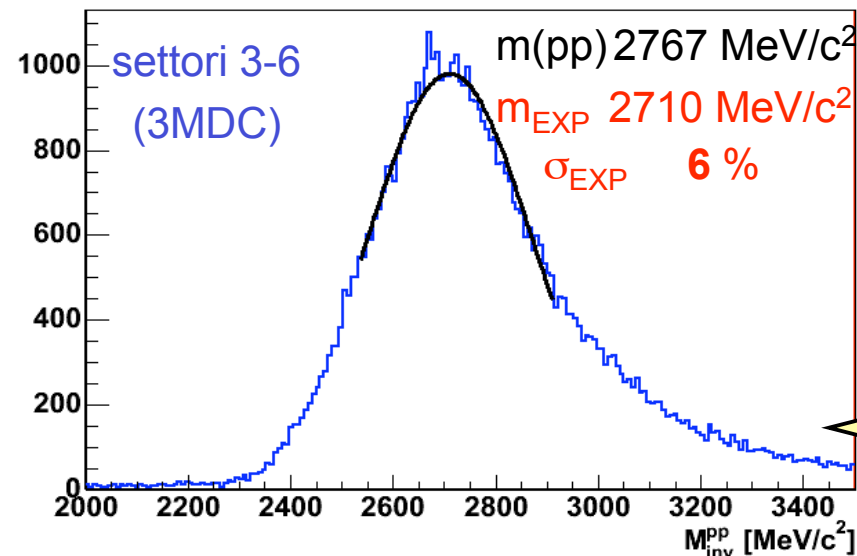
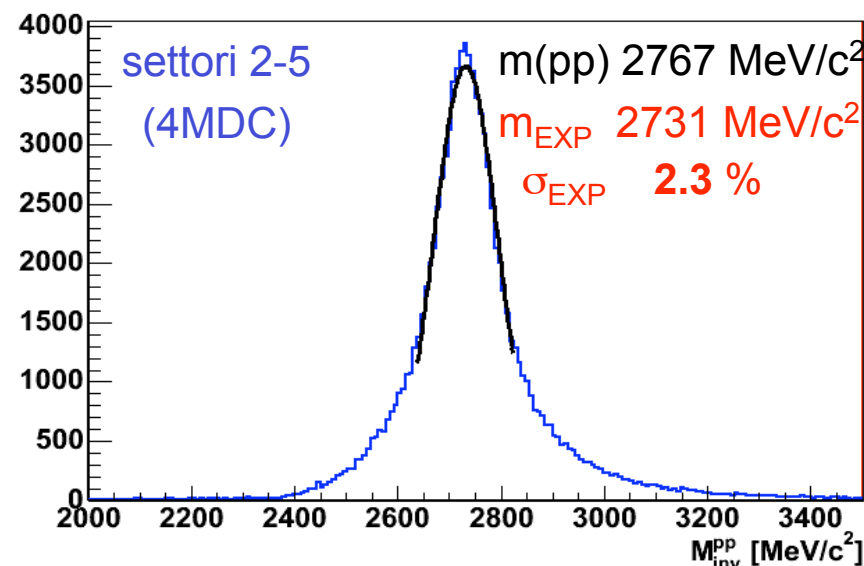
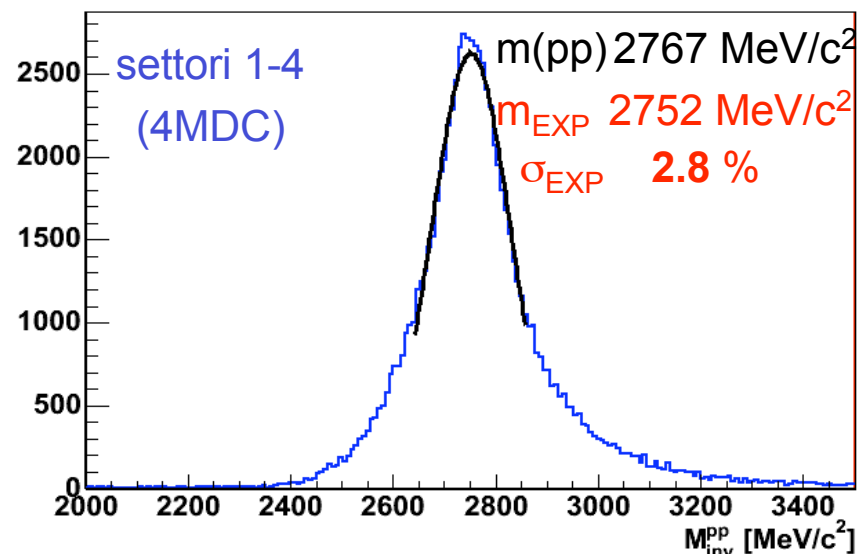
$$\tan \theta_1 \cdot \tan \theta_2 = \frac{1}{\gamma_{CM}^2}$$





Stefano
Spataro

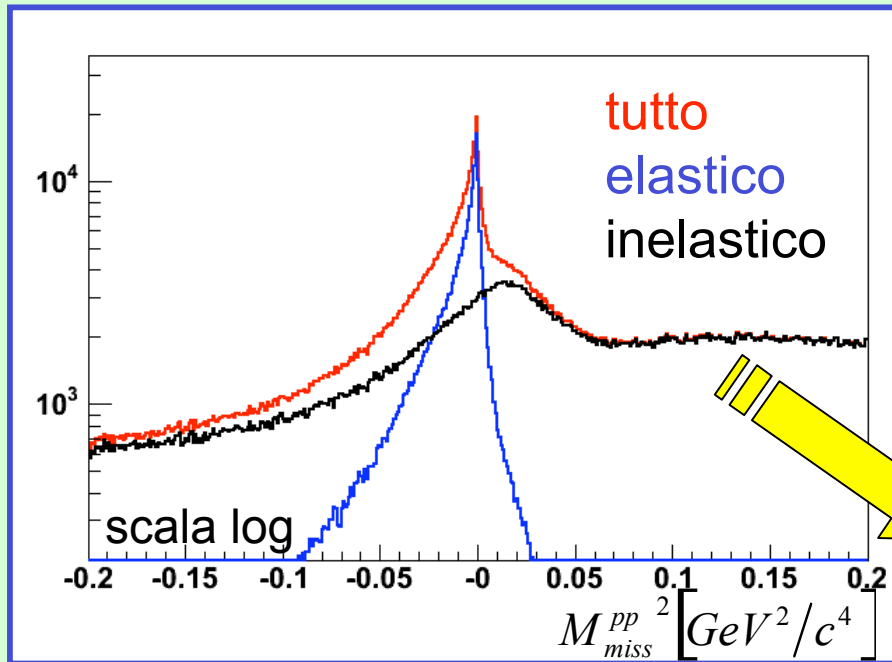
Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction



pp scattering elastico
risoluzione massa invariante

Tracking
risoluzione intermedia

pp scattering inelastico: π^0

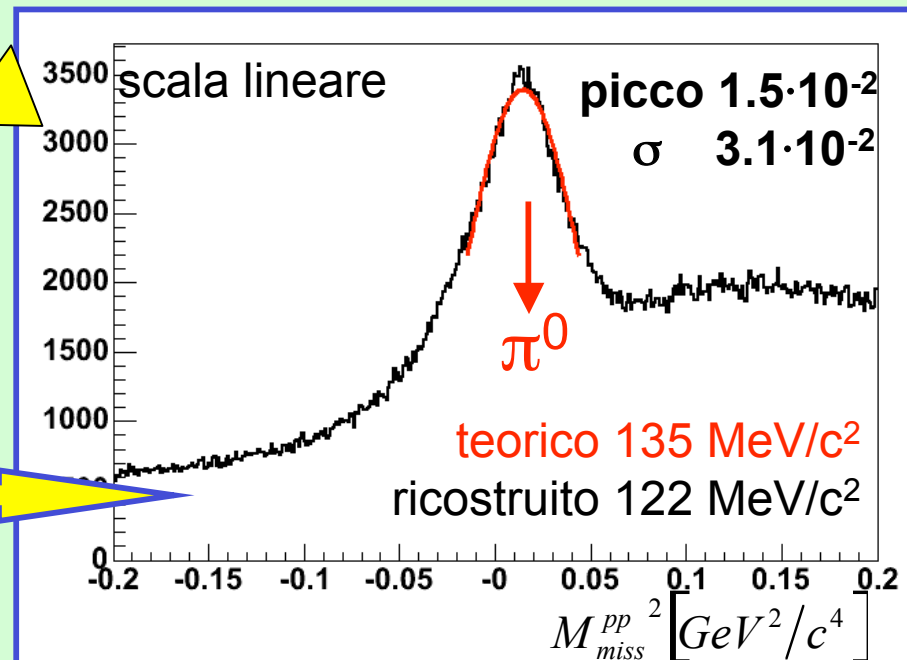


Coppie non elastiche

Veto sul canale elastico

pp massa mancante²

$$(E_{ini} - E_{p^1} - E_{p^2}) - (\vec{p}_{ini} - \vec{p}_{p^1} - \vec{p}_{p^2})$$

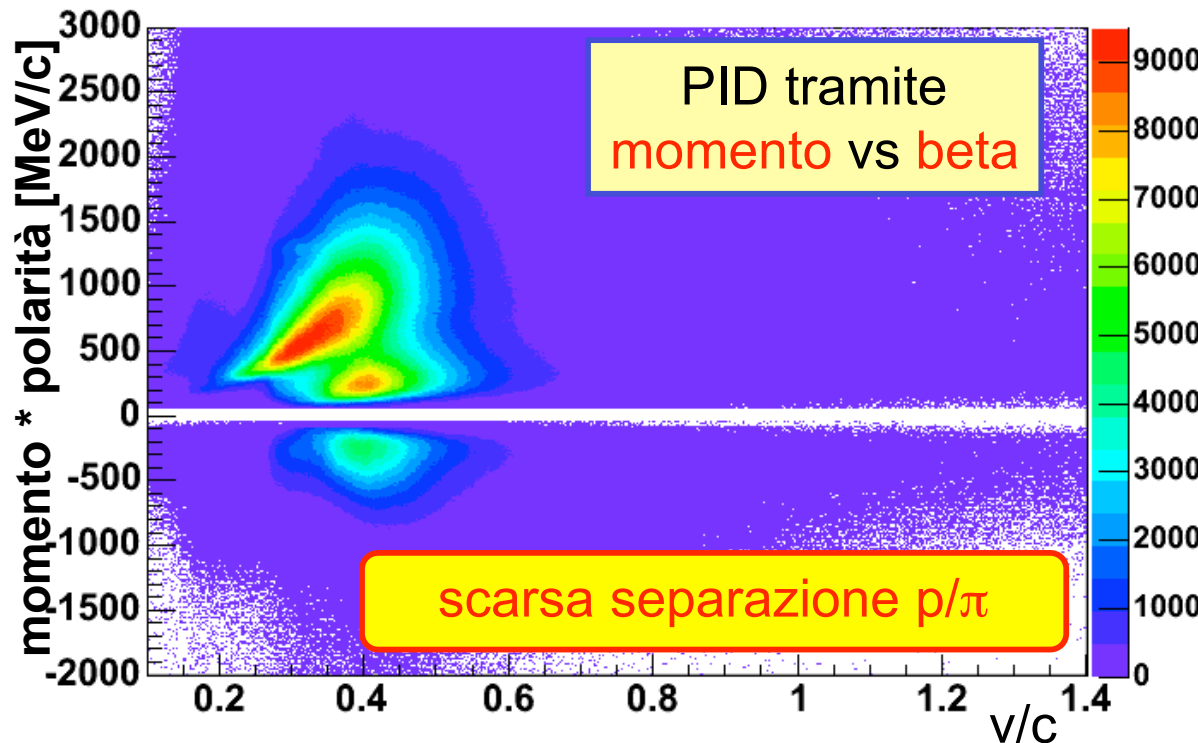


Identificazione di particelle senza START

NO
START

La particella più veloce fa
partire la misura di tempo

Si misurano
differenze in tempo
invece di
tempo di volo

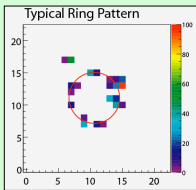


dalla
identificazione
di una particella

calcolo teorico del
tempo di volo
dal momento

calcolo del
tempo di START
della reazione

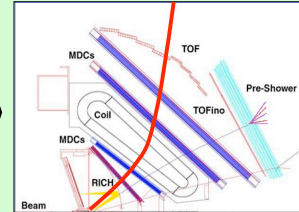
Identificazione di particelle senza START



Anello nel RICH

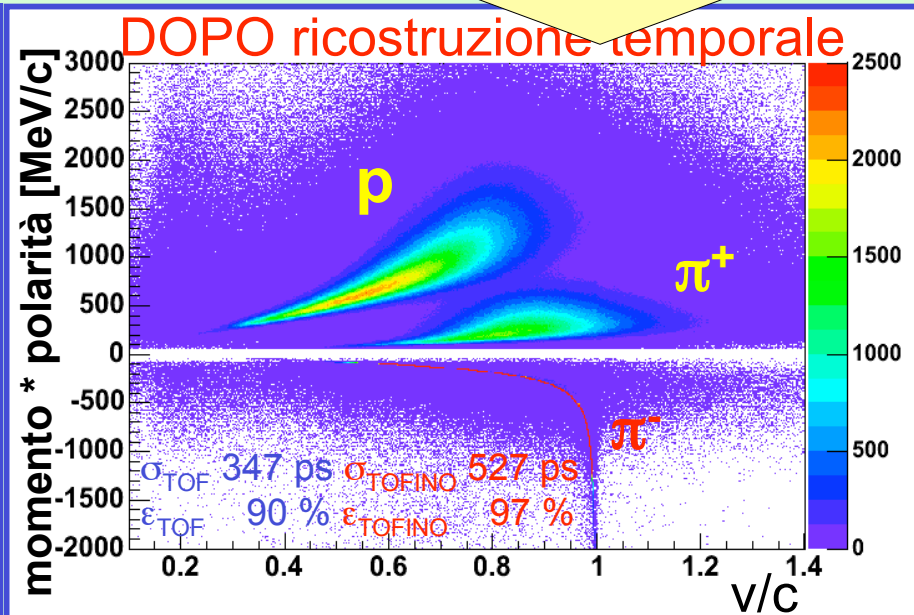
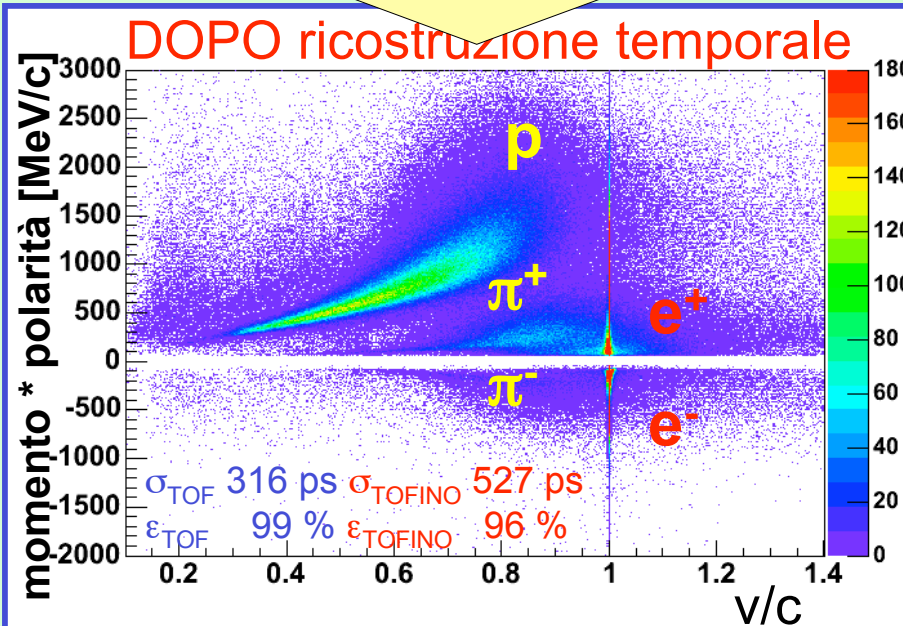
Identificazione e^+/e^-

se
no



Polarità negativa

Identificazione π^-



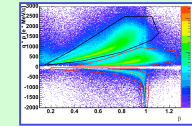
Buona separazione protoni/pioni

PID possibile

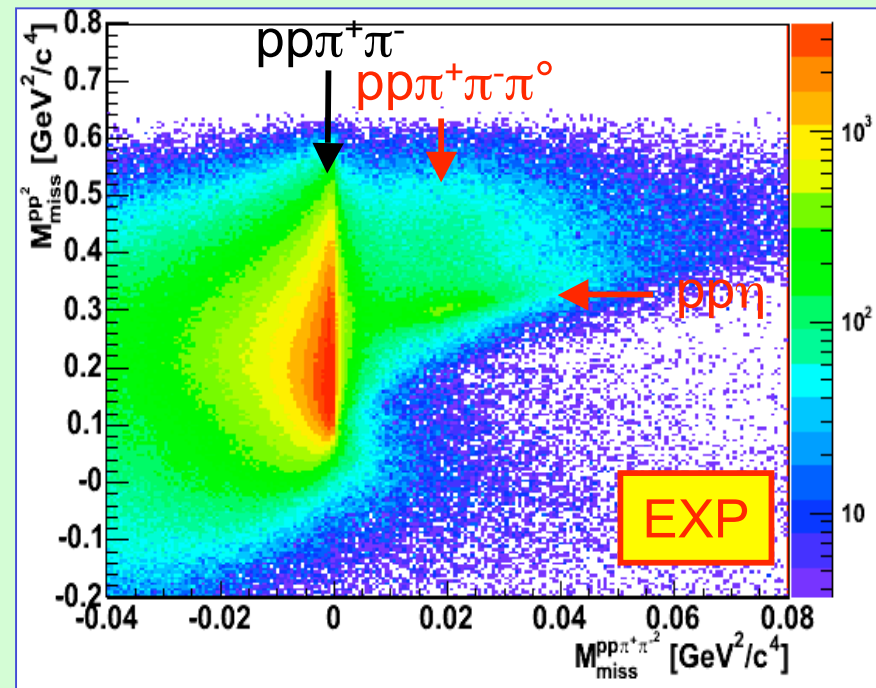
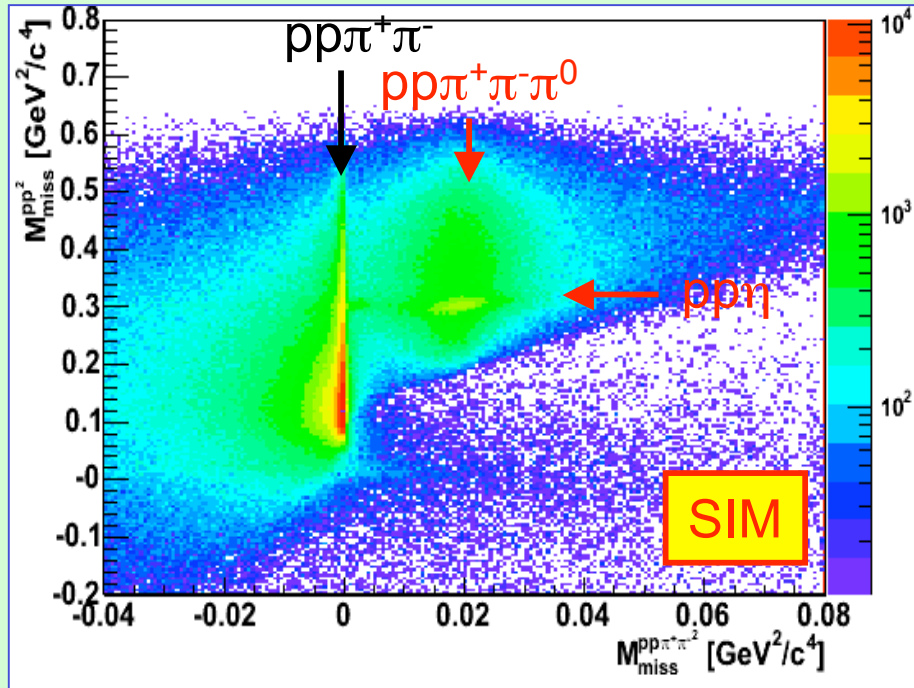
Canale adronico: $pp \rightarrow pp\eta \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$

$p \pi^+ \pi^-$

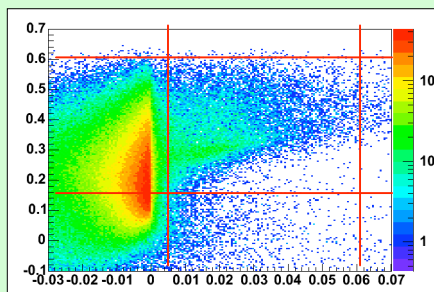
PID attraverso selezione grafica



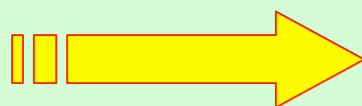
Eventi con quattro particelle: $p p \pi^+ \pi^-$



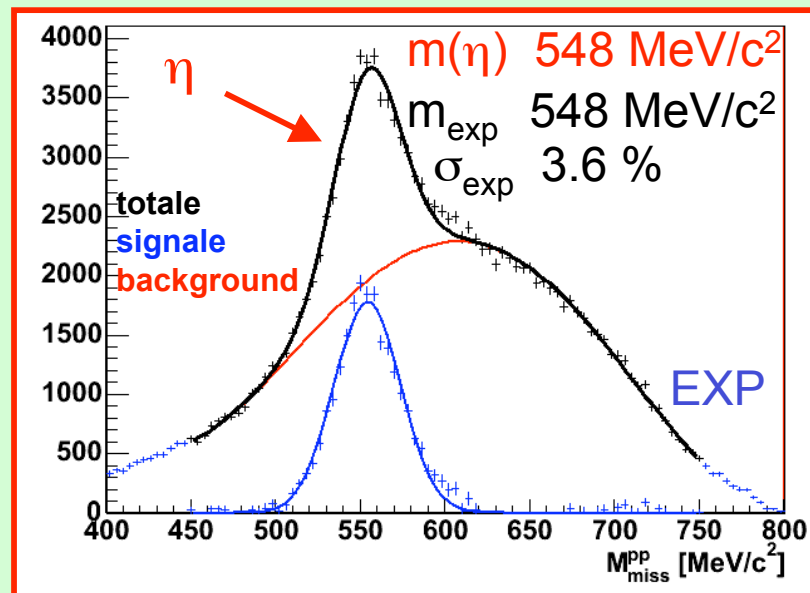
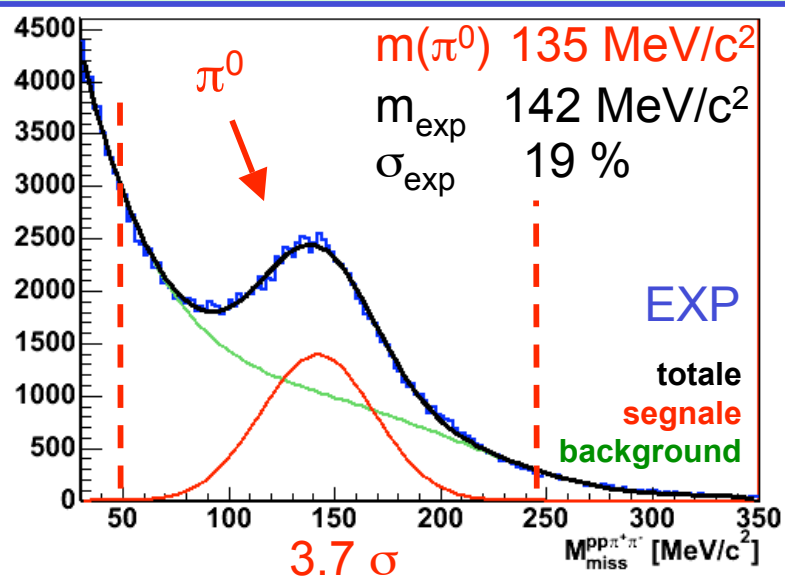
Canale adronico: π^0 e η mancanti



p p massa mancante



p p $\pi^+ \pi^-$ massa mancante



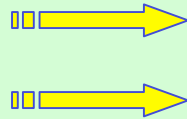
ricostruzione decadimento adronico
possibile



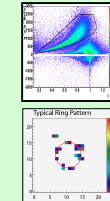
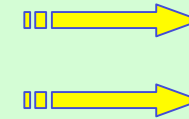
calcolo rese

Canale elettromagnetico: $pp \rightarrow pp\eta \rightarrow ppe^+e^-\gamma$

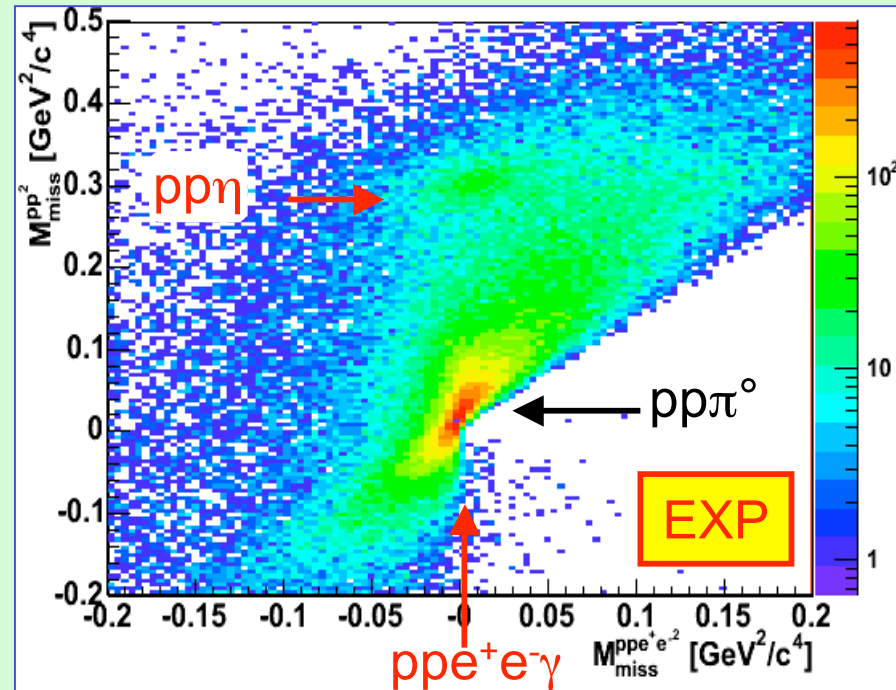
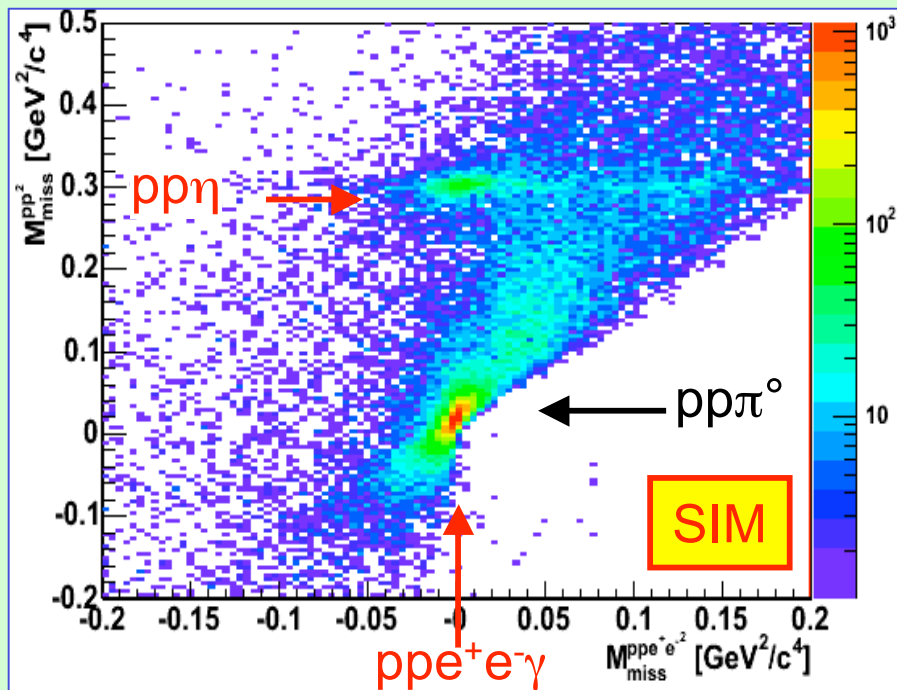
p
e⁺ e⁻



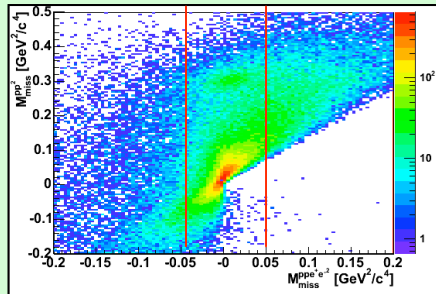
selezione grafica
correlazione col RICH



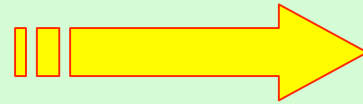
Eventi con quattro particelle: p p e⁺ e⁻



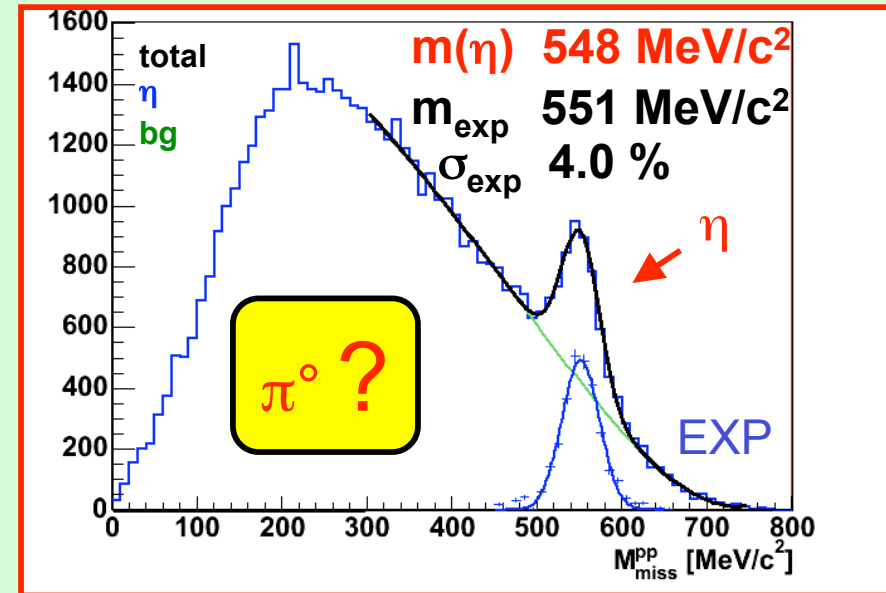
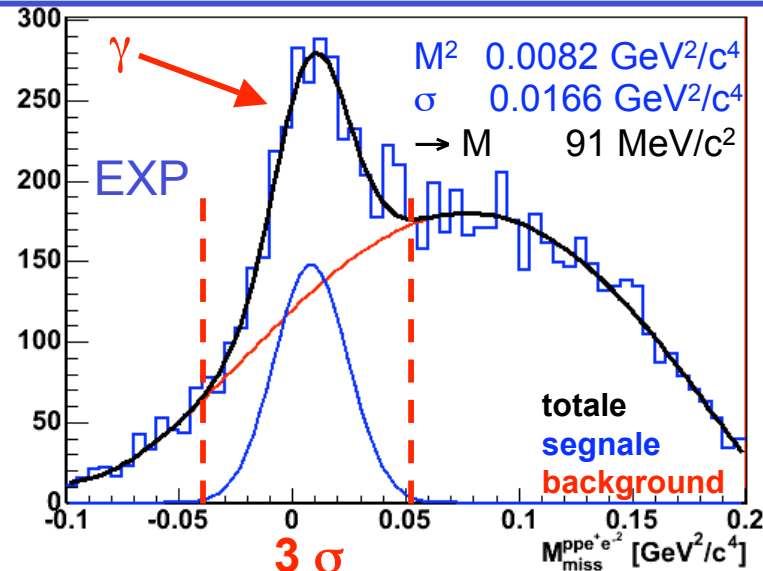
Canale elettromagnetico: γ e η mancanti



p p massa mancante



p p $e^+ e^-$ massa mancante



ricostruzione
decadimento elettromagnetico
possibile

Ricostruzione canale adronico

PID: $p p \pi^+ \pi^-$

selezione eventi $pp\pi^+\pi^-\pi^0$ π^0 massa mancante

η mancante

Nota la reazione

Condizioni cinematiche

Refit parametri

Refit cinematico

Variazione $|p|$, θ , ϕ per ogni traccia

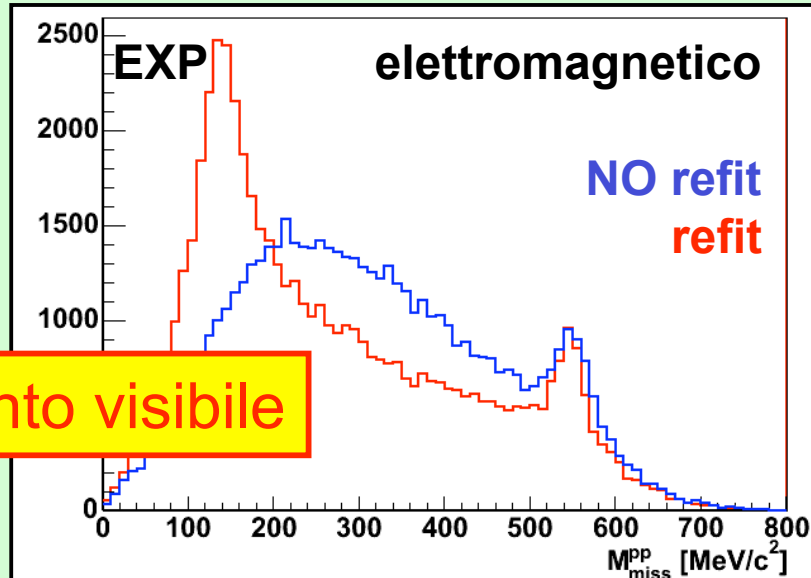
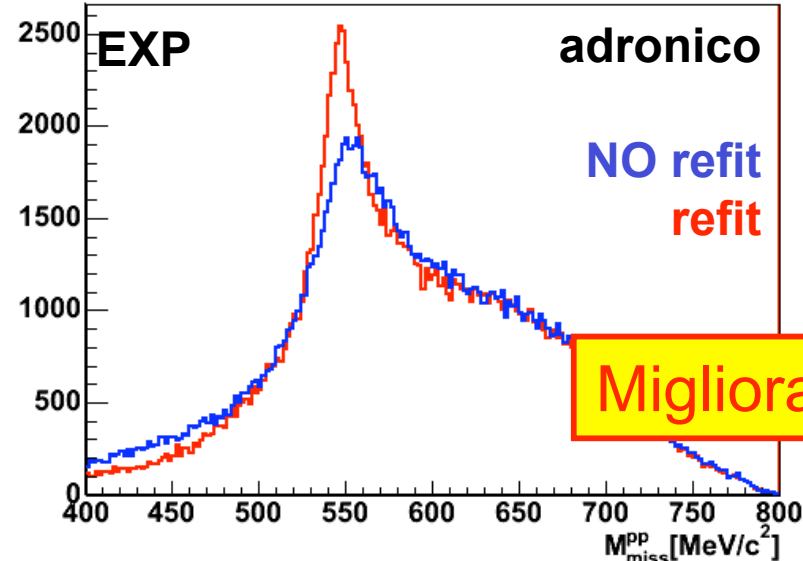
minimizzare

adronico

$$\left| M_{miss}^{pp\pi^+\pi^-} - M^{\pi^0} \right|$$

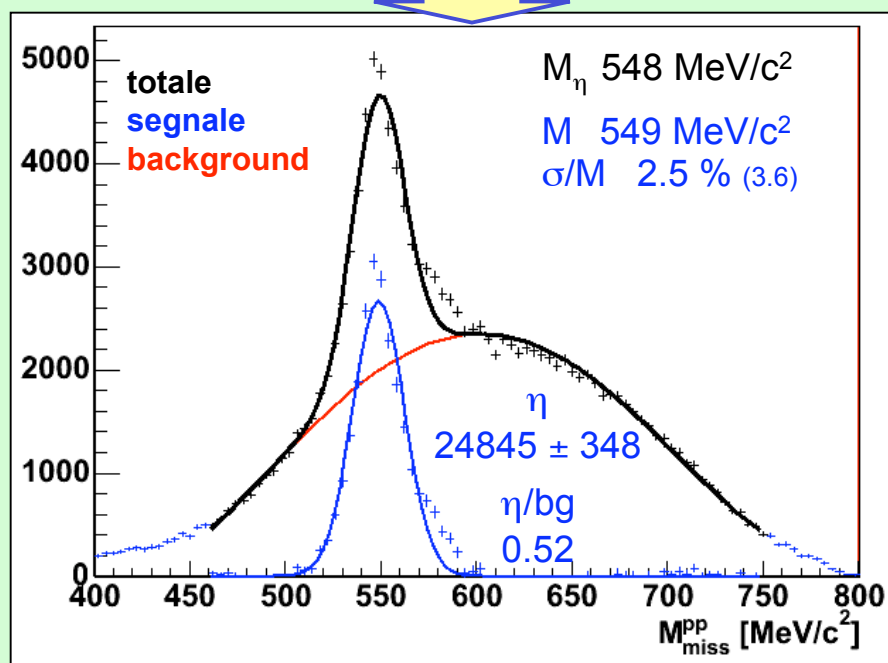
e.m.

$$\left| M_{miss}^{ppe^+e^-} - M^{\gamma} \right|$$



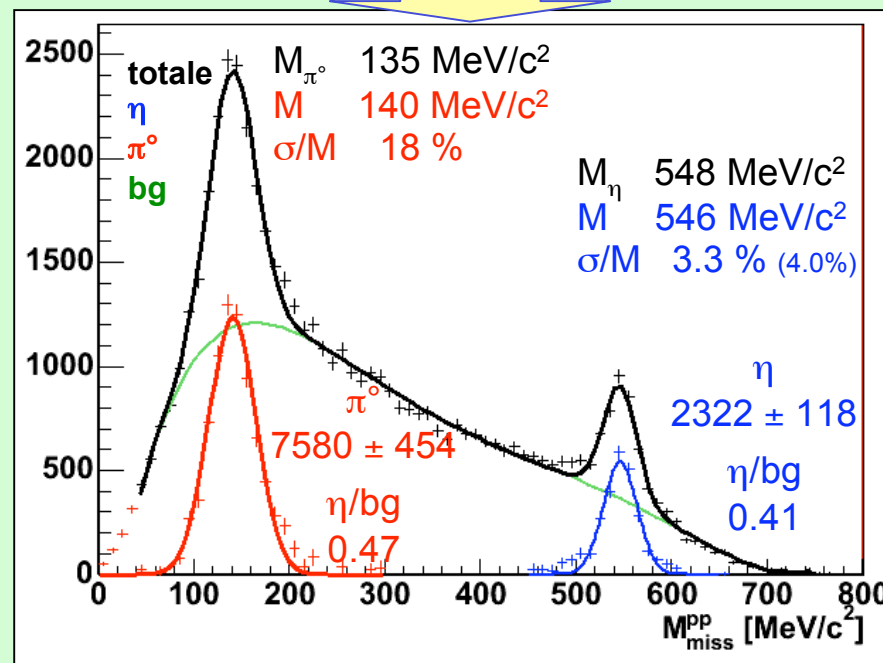
Refit cinematico

Canale adronico



Rese
Conteggi sopra background

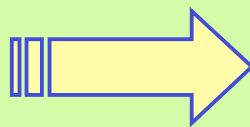
Canale elettromagnetico



Errori statistici
Propagazione errori del fit

Rapporto adronico/elettromagnetico

$$\frac{\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0}{\eta \rightarrow e^+ e^- \gamma}$$



SIM: 14.8 ± 0.9 (stat)

EXP: 21.4 ± 1.6 (stat)

SIM/EXP ~ 0.69



Esperimento

~~più $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$~~

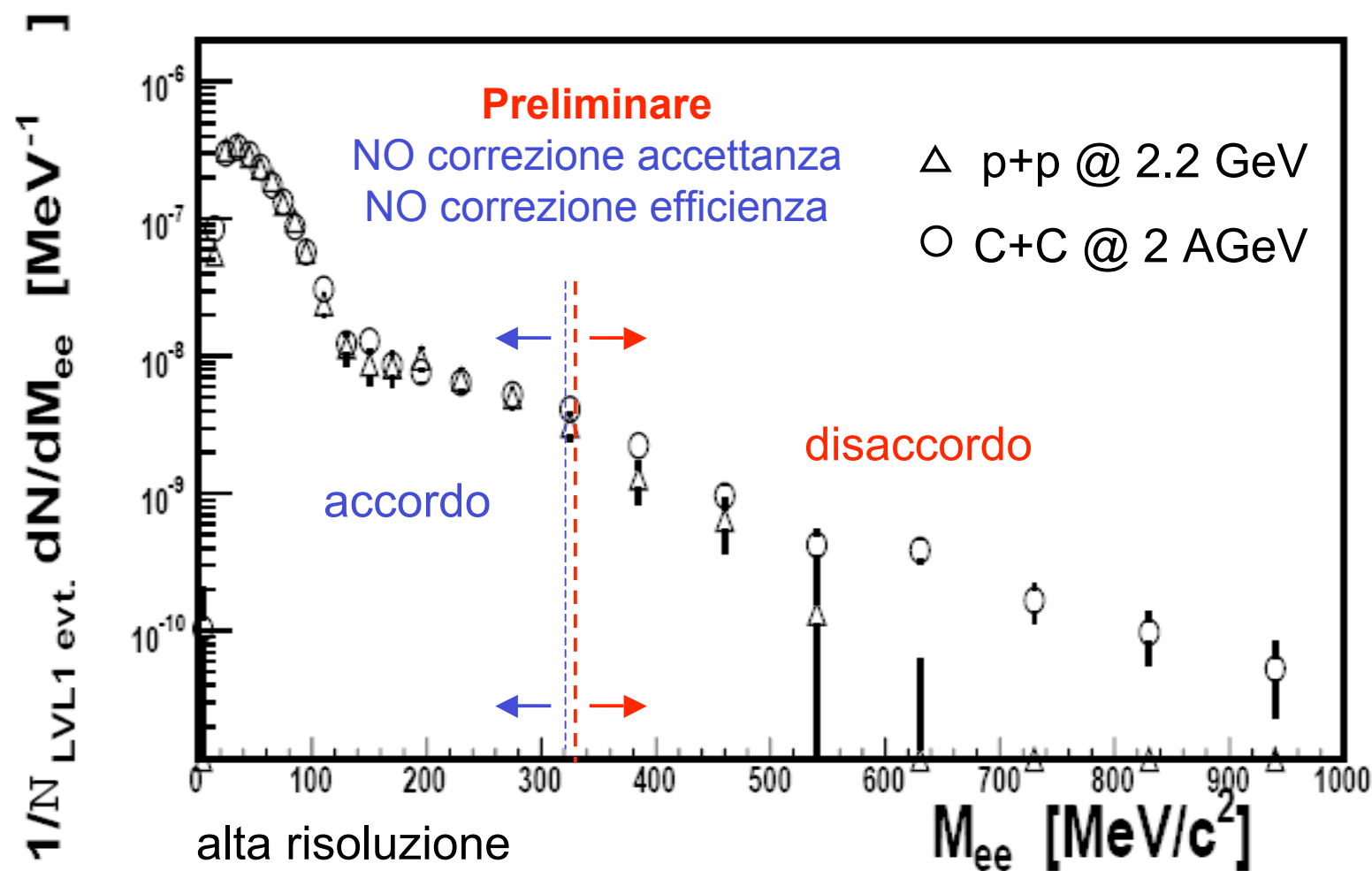
~~meno $\eta \rightarrow e^+ e^- \gamma$~~

Minore efficienza **sperimentale** di ricostruzione di leptoni

$\epsilon_{\text{exp}} \sim 83\%$

Accordo calcoli C+C @ 2AGeV

Distribuzione inclusiva coppie dileptoniche





Stefano
Spataro

Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions
at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction



Conclusioni

Studio delle reazioni elementari con HADES in corso

Mostrata analisi dati $p+p$ @ 2.2 GeV

Scattering elastico come strumento di allineamento

Tracking ad alta risoluzione ($\sigma_M = 2.3 - 2.8 \%$)

Tracking a risoluzione intermedia ($\sigma_M = 6 \%$)

Identificazione di particelle senza rivelatore di START possibile

Ricostruzione esclusiva dei decadimenti del mesone η realizzata

Differenze rese simulazione/esperimento: analisi in corso



Stefano
Spataro

Characterization of the HADES spectrometer in pp collisions
at 2.2 GeV: elastic scattering and exclusive η reconstruction



Prospettive future

Novembre 2002	C+C @ 2 AGeV	220 Meventi	quasi completa
Gennaio 2004	p+p @ 2.2 GeV	400 Meventi	in corso
Agosto 2004	C+C @ 1 AGeV	650 Meventi	in corso
Settembre 2005	Ar+KCl @ 1.8 AGeV	850 Meventi	in corso
Maggio 2006	p+p @ 3.5 GeV		prossimamente
fine 2006	p+d @ 1.25 GeV		prossimamente

Parecchia fisica per gli anni a venire...