



# Primi risultati dell'esperimento FINUDA

Alessandra Filippi  
INFN Torino

II Congressino di Sezione  
16.12.04, Torino



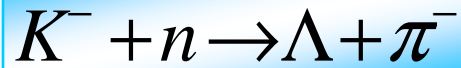
# Piano della presentazione

- Breve introduzione
  - Motivi di interesse della fisica degli Ipernuclei
  - Metodi di produzione degli ipernuclei e proprietà principali
- L'esperimento FINUDA a DAΦNE
  - Breve descrizione dell'apparato e prestazioni
  - Primi risultati
    - Spettroscopia su diversi bersagli
    - Studio di decadimenti non mesonici e canali rari
    - Studio della produzione di ipernuclei ricchi di neutroni
    - By-products: studio di stati deeply bound K-nucleoni
- Conclusioni e prospettive future a breve termine

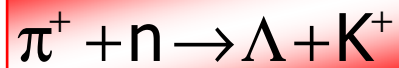
# Fisica degli Ipernuclei: studio di una nuova forma di materia

- Studio della struttura nucleare e della dinamica nucleare a molti corpi, esteso a nuove simmetrie non convenzionali, per l'inclusione di **un nuovo grado di libertà nel nucleo  $S \neq 0$** 
  - Fisica Nucleare
- Studio dell'**interazione forte YN e YY** nell'ambito della simmetria di flavor SU(3), con l'esplorazione di effetti di violazione di simmetria
  - Interazione forte
- Studio dell'**interazione debole barione-barione, a quattro fermioni, con cambiamento di stranezza  $YN \rightarrow NN$** , che si può verificare solo all'interno degli ipernuclei, e del problema della validità della regola empirica  **$\Delta I = 1/2$**  in interazioni deboli
  - Interazione debole
- Studio del ruolo giocato dai gradi di libertà dei quark e da modelli chirali in fenomeni nucleari e ipernucleari
  - Effetti microscopici nei nuclei
- Studio della possibile esistenza di particelle di-barioniche (**H particle**)
  - QCD

# Produzione di Ipernuclei $\Lambda$ in reazioni indotte da adroni: $K^-$ a riposo ed in volo, $\pi^+$

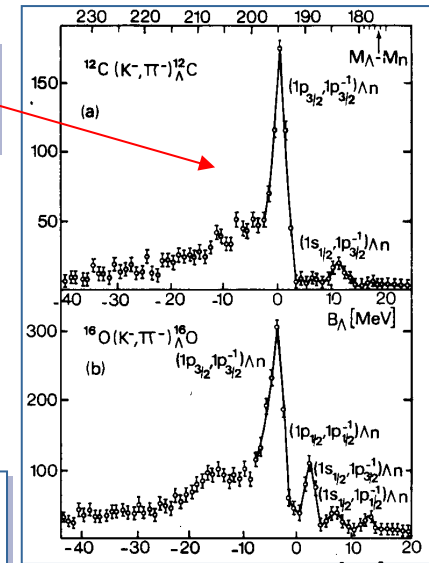


Scambio di stranezza  
 $\sigma \approx 100$  mb;  $I_{\text{beam}} = 10^4$  s $^{-1}$

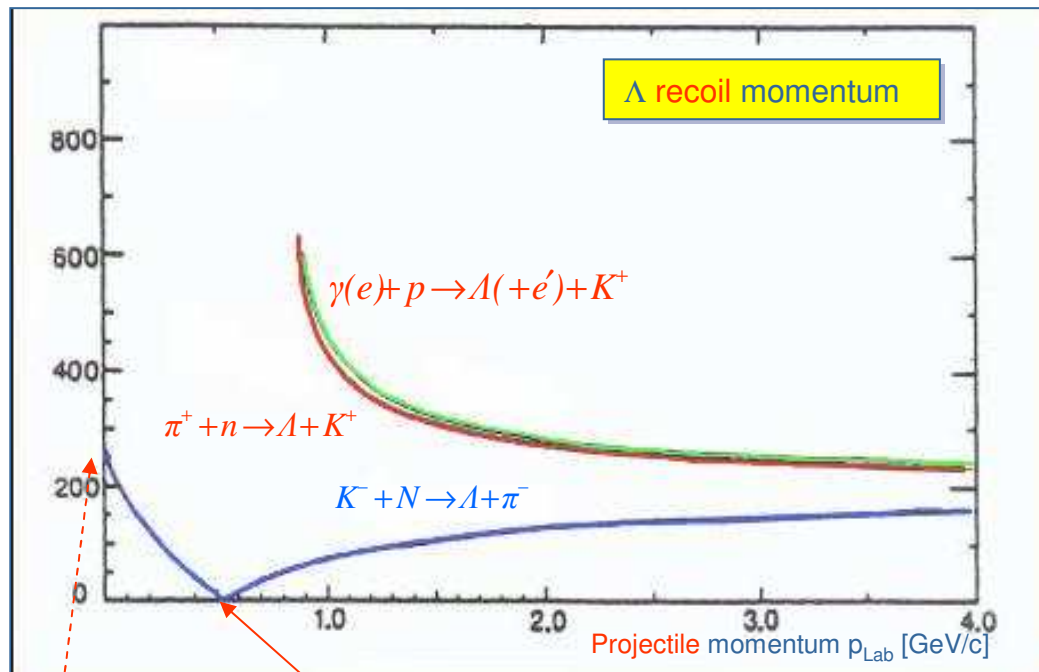


Produzione associata  
 $\sigma \approx 1$  mb;  $I_{\text{beam}} = 10^7$  s $^{-1}$

Stati  
 sostituzionali



Le due reazioni  
 popolano stati  
 differenti

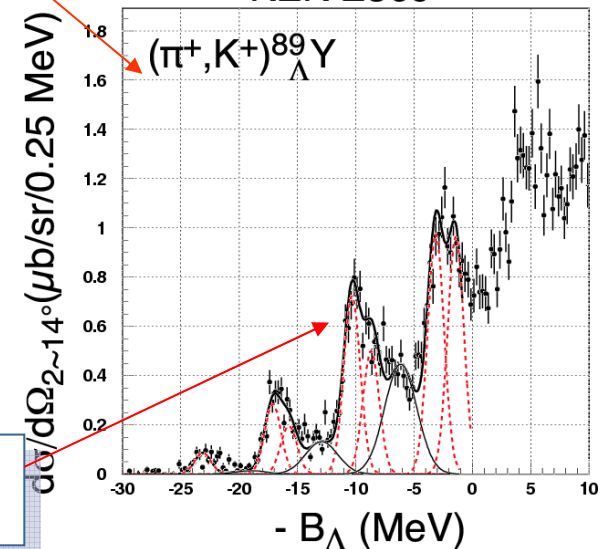


$K^-$  stop

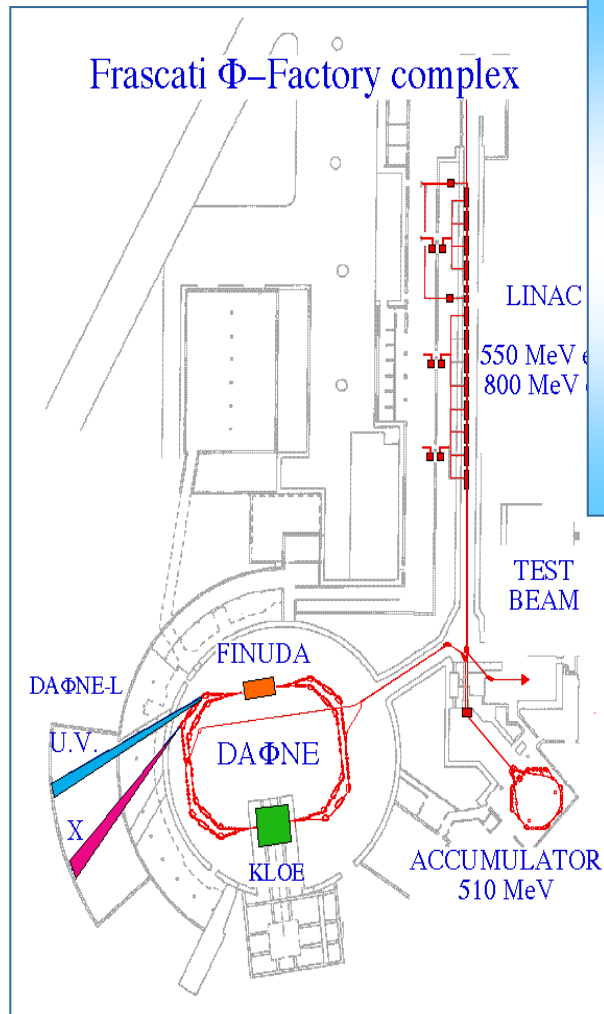
Impulso magico, no  $\Lambda$  recoil

$\Lambda$  single  
 particle states

KEK E369



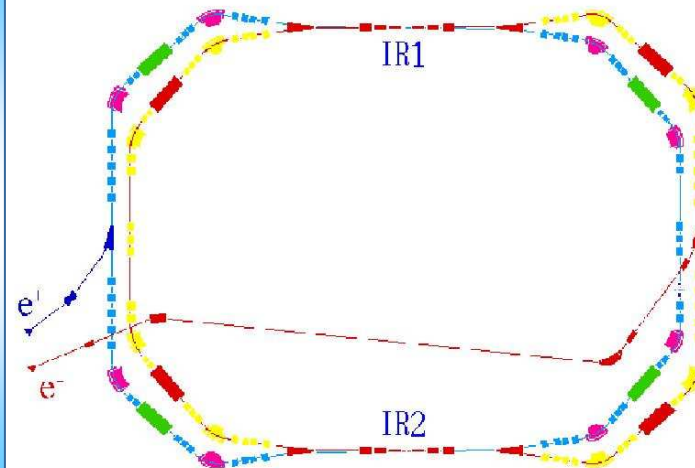
# DAΦNE



**DAΦNE :**  
high luminosity  $\phi$   
Factory

Nel run 2003-4:  
 $L \sim 5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
 $\sim 250 \phi/\text{s}$

Valori attuali:  
 $L_{\text{peak}} \sim 1.3 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
Daily peak  $\sim 7.5 \text{ pb}^{-1}$

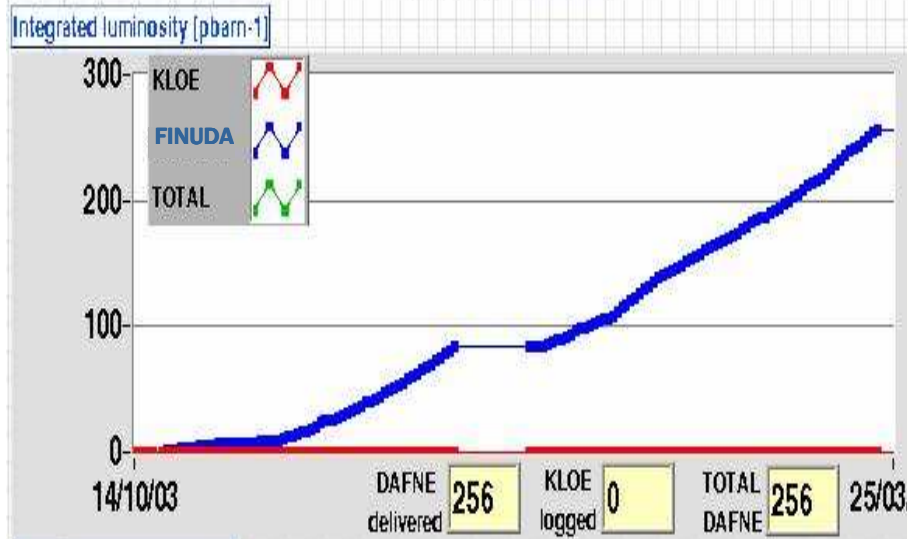
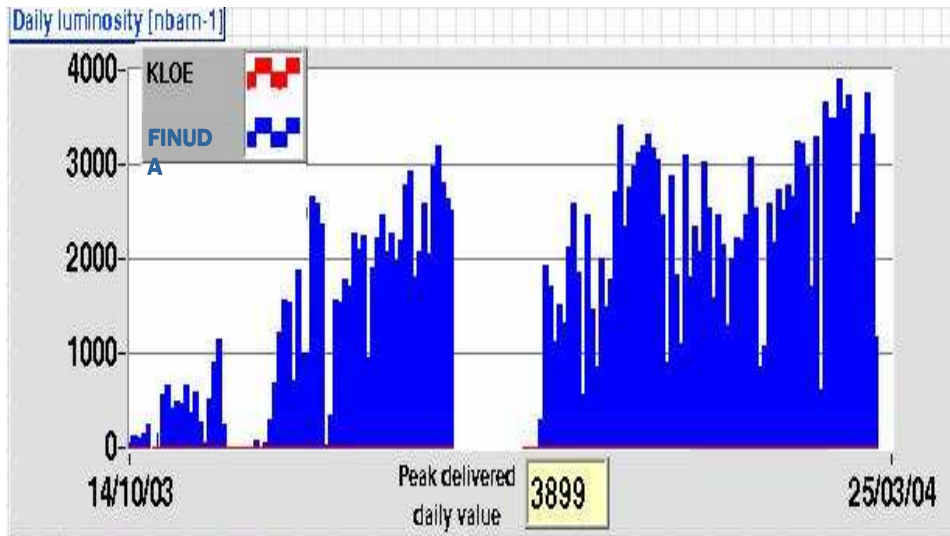


energy	510 MeV
Design Luminosity	$5 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
$\sigma_x(\text{rms})$	2.11 mm
$\sigma_y(\text{rms})$	0.021 mm
$\sigma_z(\text{rms})$	35 mm
Bunch length	30 mm
Crossing angle	13 mrad
Frequency (max)	368.25 MHz
Bunch/ring	Up to 120
Part./bunch	$8.9 \cdot 10^{10}$
Current/ring	5.2 A (max)

Il decadimento della  $\phi$  è una sorgente intensa di

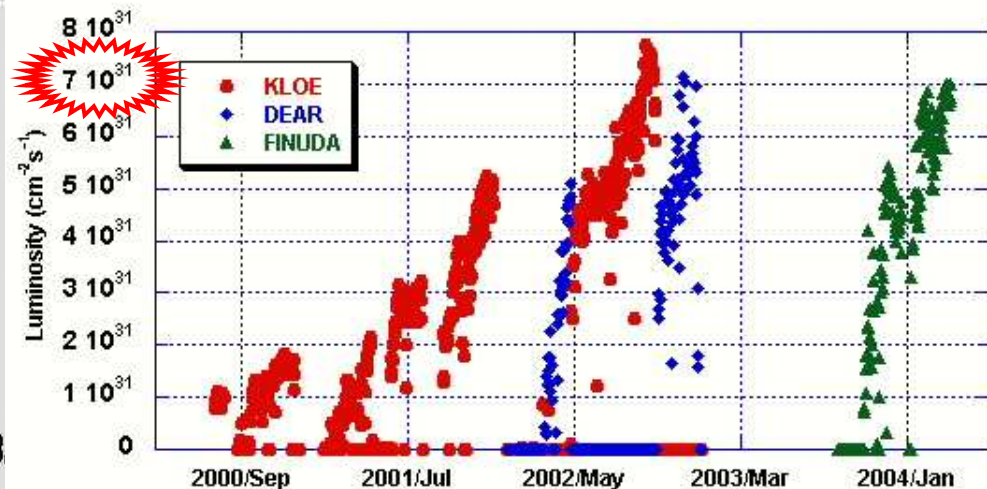
- Coppie di **kaoni carichi** e neutri, taggati e collineari
- **monocromatici**
- **A bassa energia (~16 MeV)**
- **Con basso fondo**

# Il primo run di FINUDA: 2003-2004

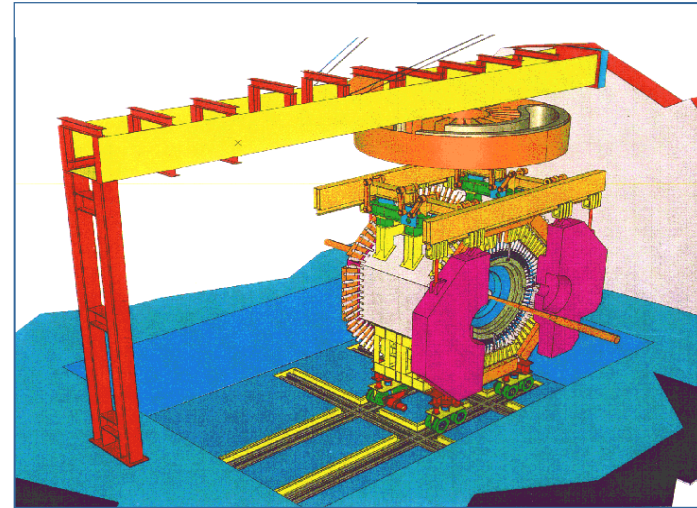
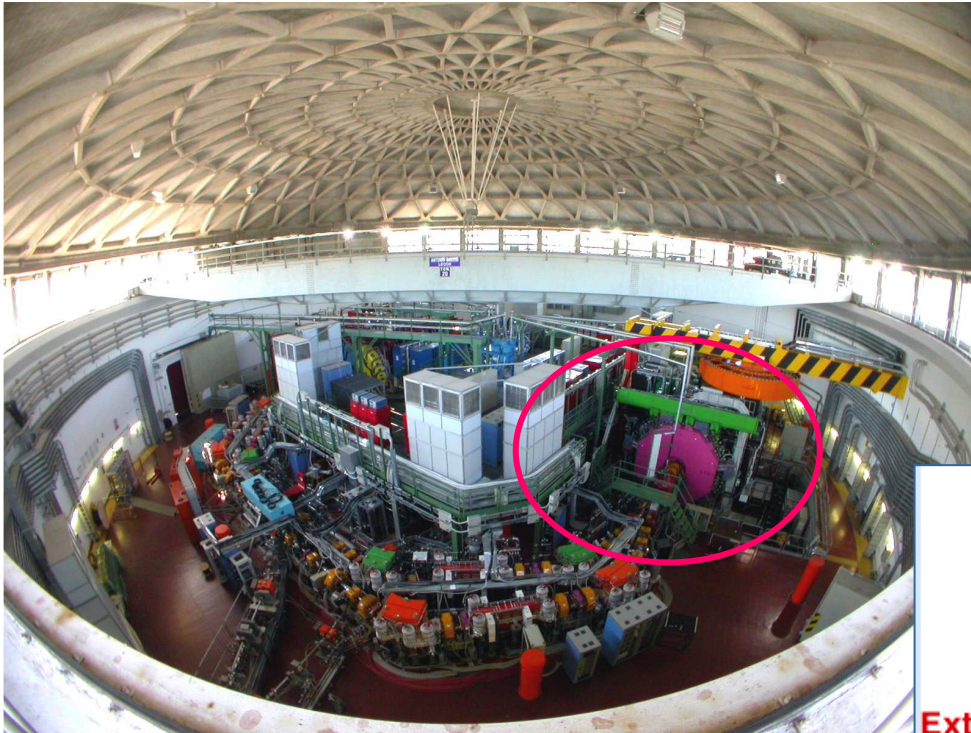


14-Oct-2003 - 22-Mar-2004:

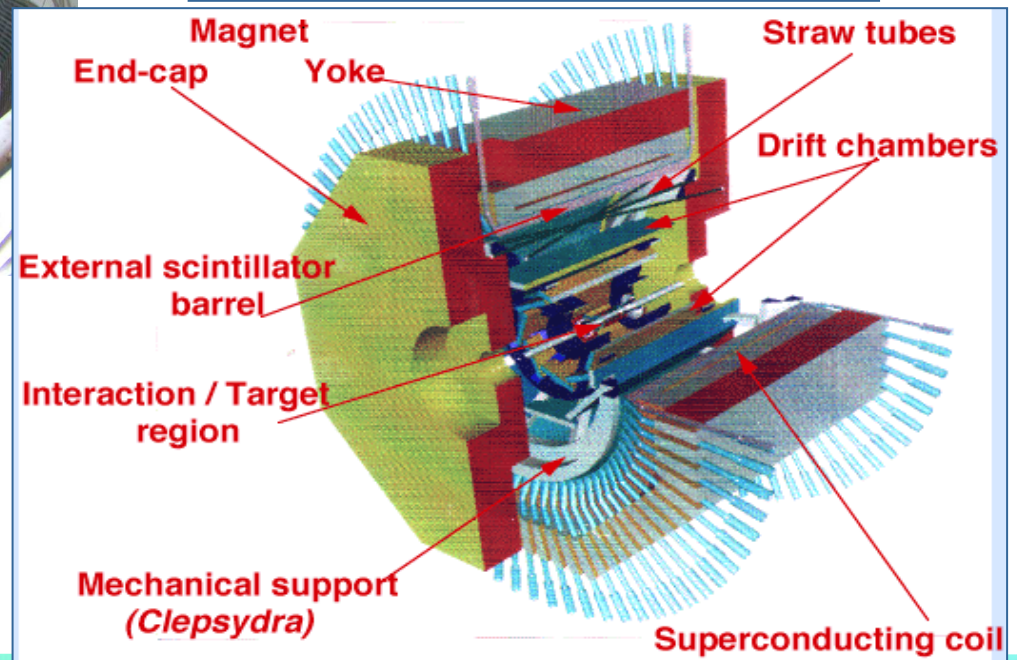
- 250 pb<sup>-1</sup> forniti a IP2
  - 33 pb<sup>-1</sup> machine tuning
  - 10 pb<sup>-1</sup> FINUDA debugging
  - 190 pb<sup>-1</sup> useful data taking



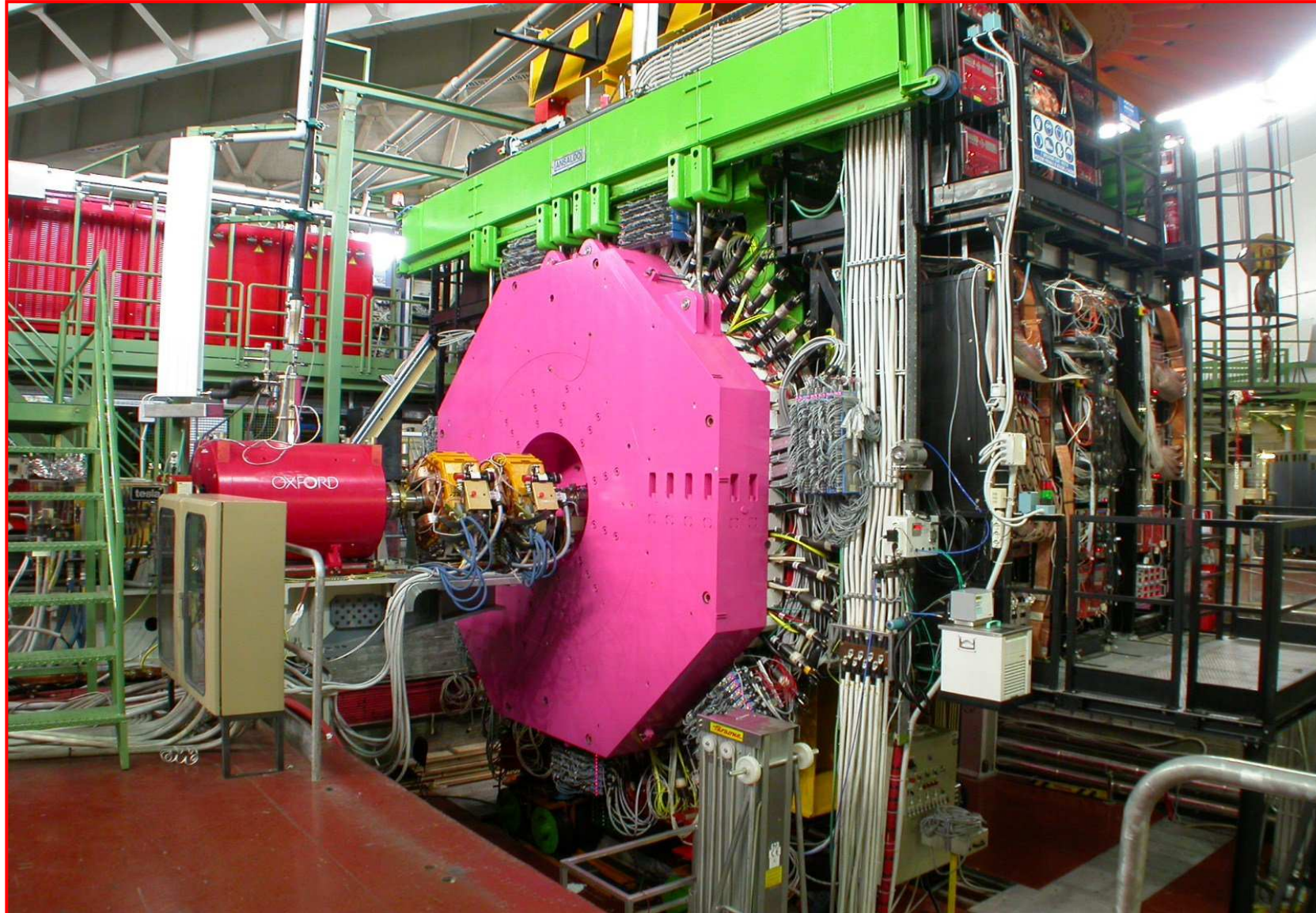
# L'esperimento FINUDA



Struttura tipica di un esperimento ad un **collider** (geometria cilindrica)

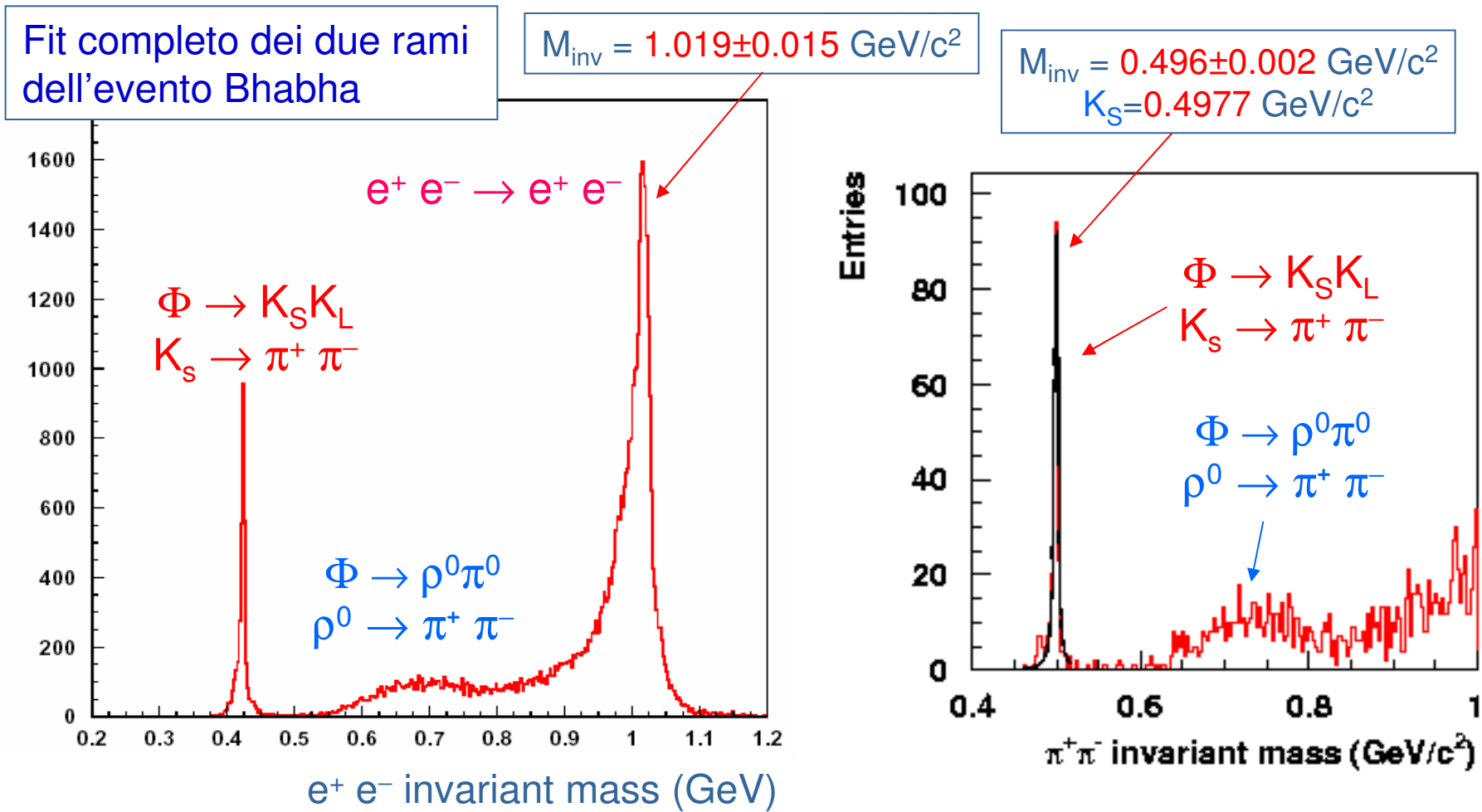


# FINUDA @ DAΦNE

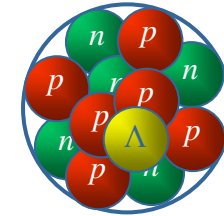
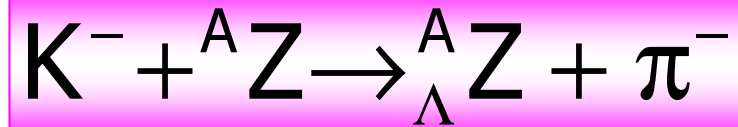




# Energia della macchina e calibrazione dello spettrometro: eventi Bhabha

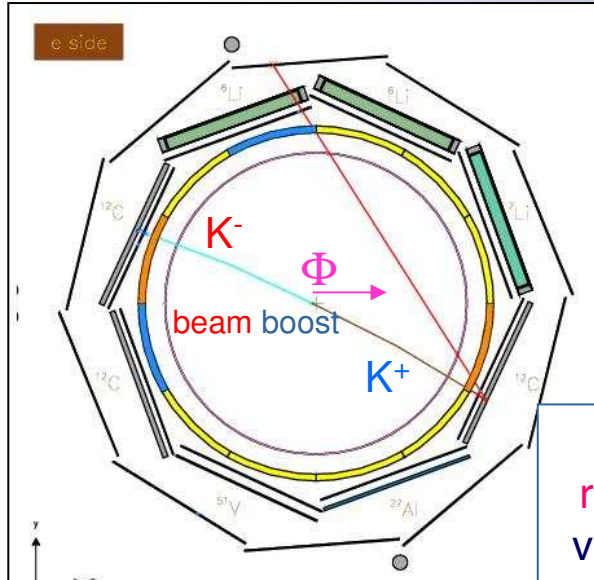


# I principali punti del programma di fisica di FINUDA



- **SPETTROSCOPIA IPERNUCLEARE**
  - Test di diversi modelli teorici per il potenziale di interazione  $\Lambda$ -N
  - Test delle predizione del modelli nucleari a particella singola
  - Studio di stati legati con stranezza
    - Misure simultanee
- **DECADIMENTI DEGLI IPERNUCLEI**
  - Studio dei processi deboli barione-barione in materia nucleare
  - Studio di decadimenti rari
    - $\Lambda \rightarrow \pi N$ ,  $\Lambda N \rightarrow NN$ ,  $\Lambda NN \rightarrow nNN$
    - Misure contemporanee su nuclei differenti
- **STUDIO DEGLI IPERNUCLEI RICCHI DI NEUTRONI**
  - Specie ipernucleari mai osservate prima

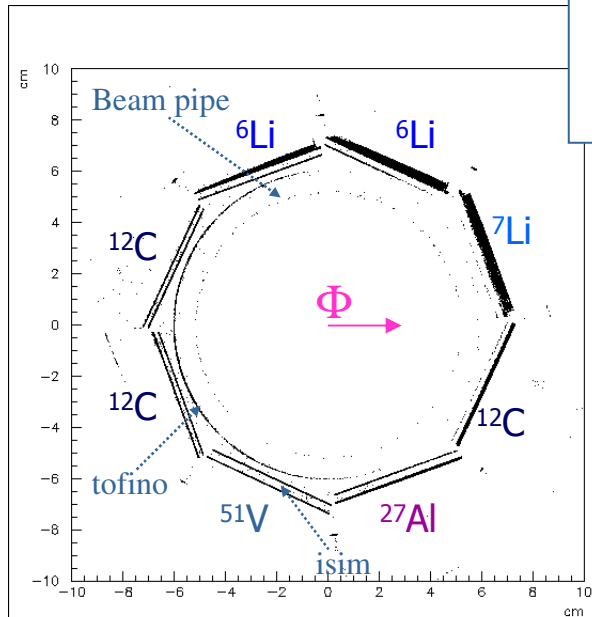
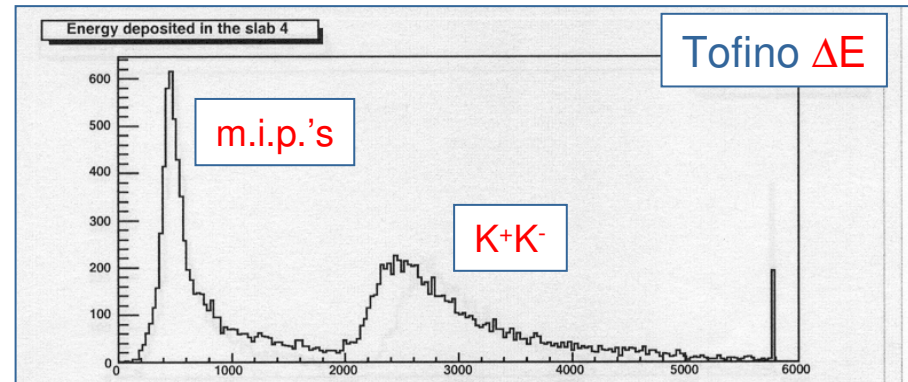
# Ricostruzione del vertice $K^+K^-$



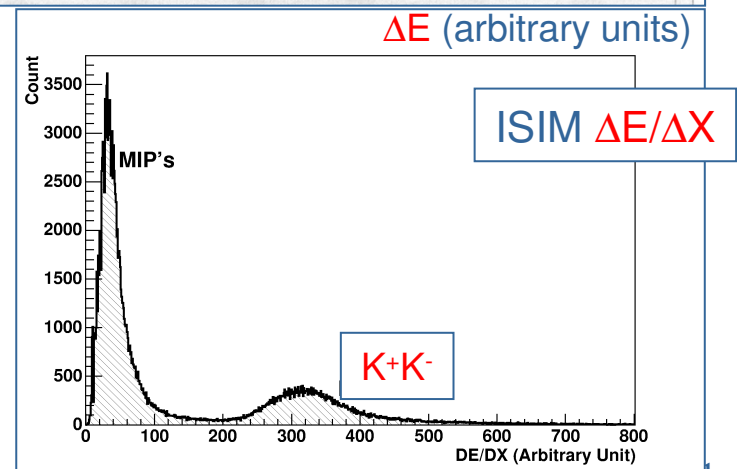
Trigger eventi ipernucleari:

- 2 hits sopra soglia (**kaone**) su tofino
- Back-to-back esteso
- Molteplicità  $>2$  su tofone
- Correlazione temporale tofine-tofone ( $<10$  ns)

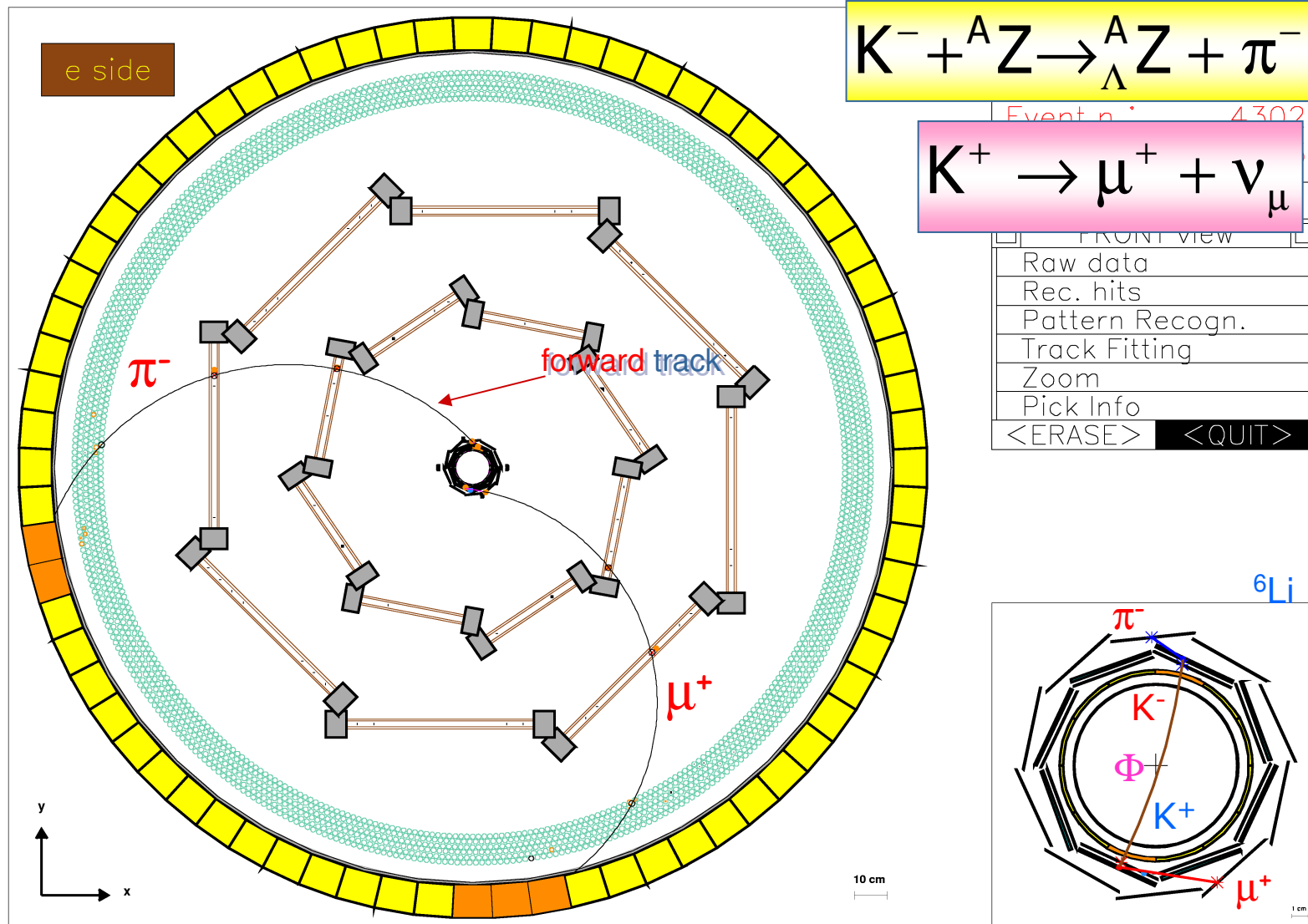
Per la ricostruzione del vertice  $K^+K^-$  sono disponibili **due soli punti** misurati su **ISIM (boost)**



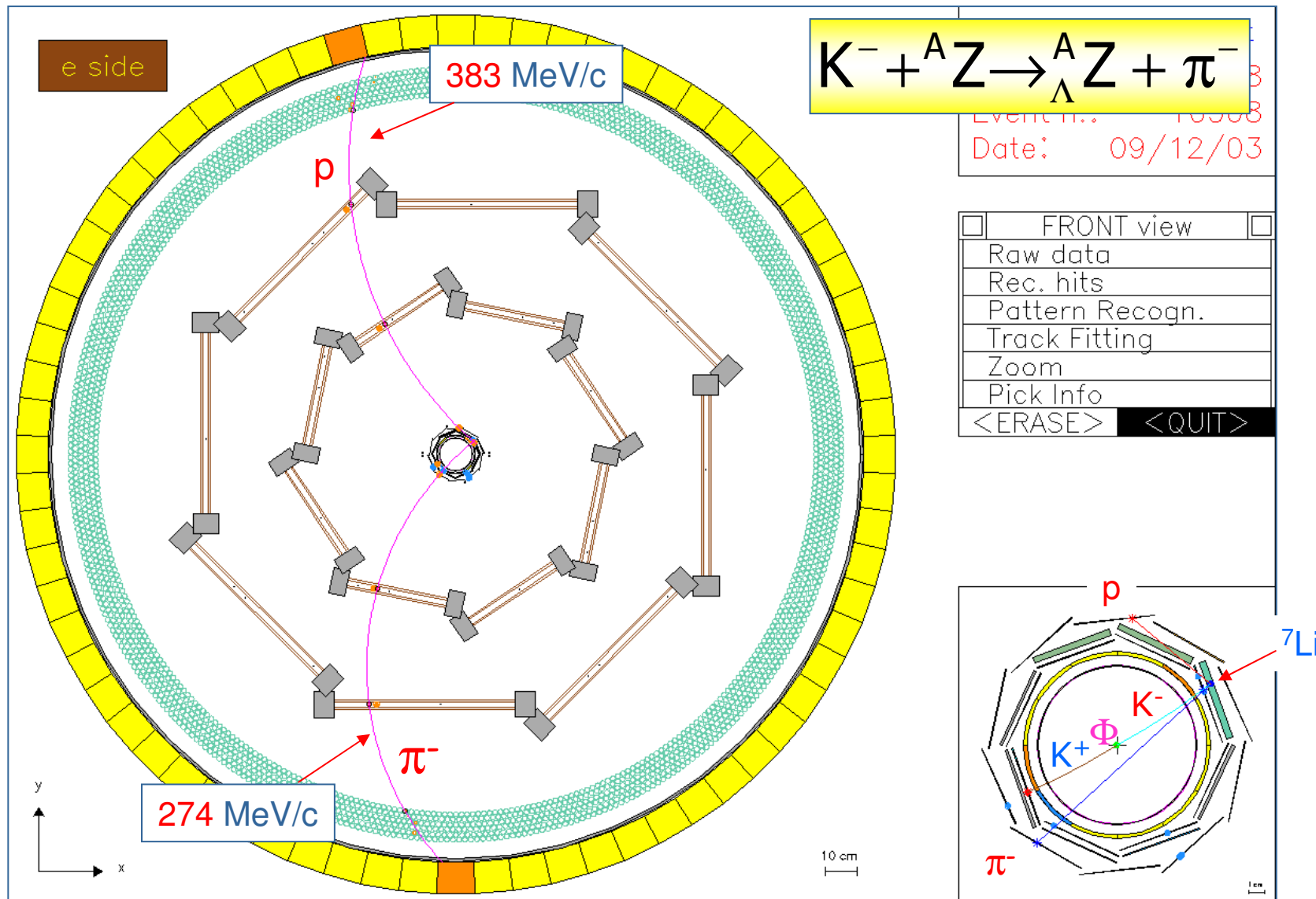
Punto di arresto del  $K^-$  calcolato mediante tracking di **GEANE**



# Alcuni eventi ipernucleari visti da FINUDA

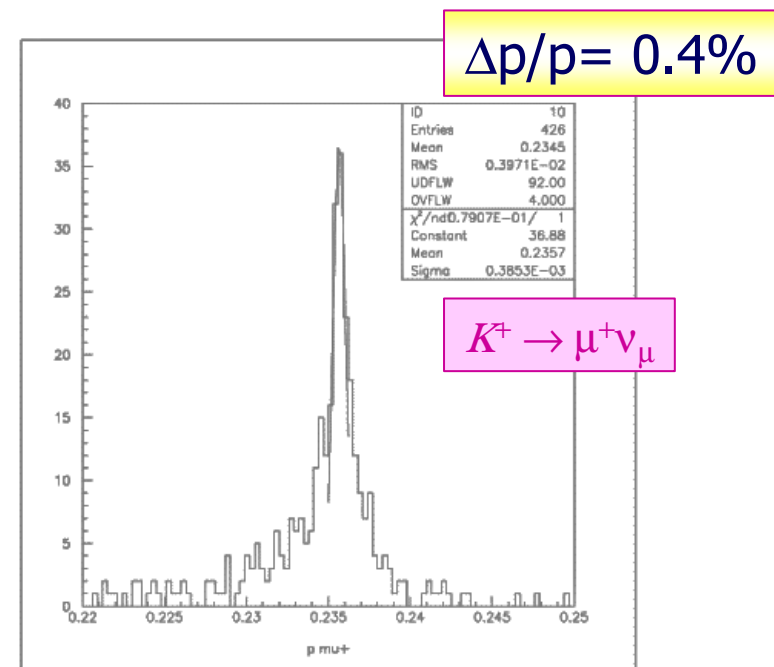
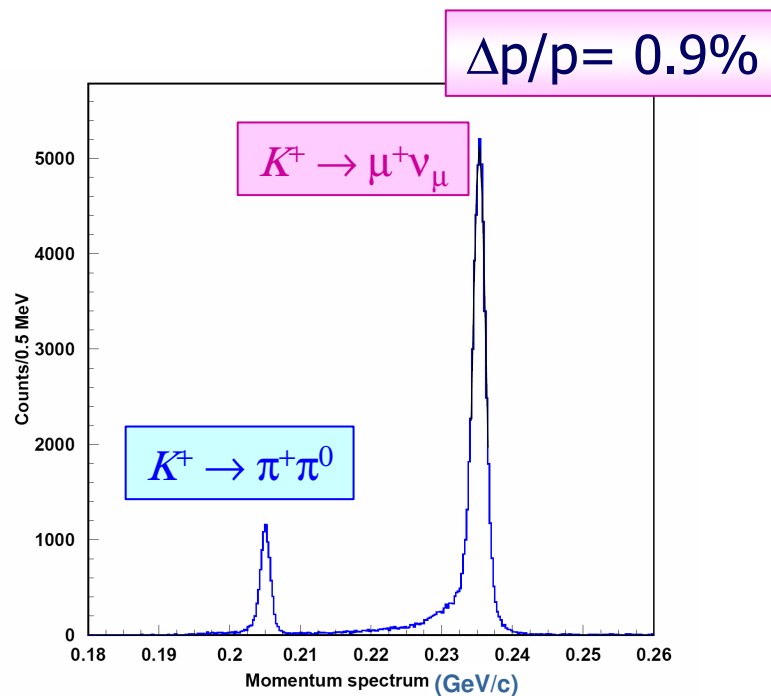


# Alcuni eventi ipernucleari visti da FINUDA

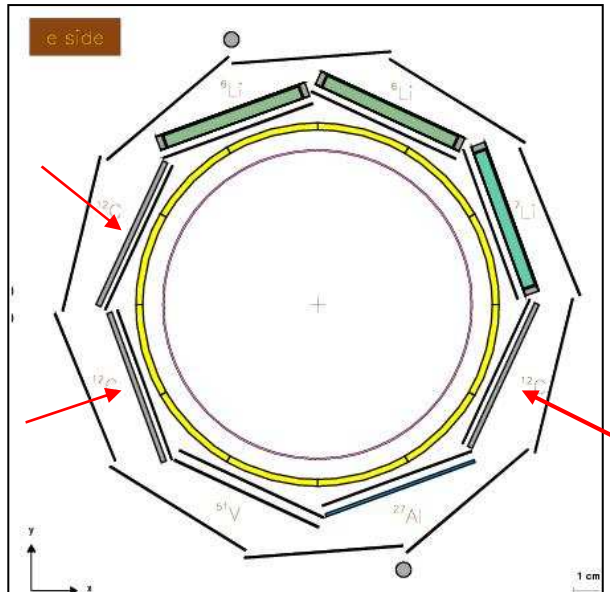


# Risoluzione in impulso: stato attuale

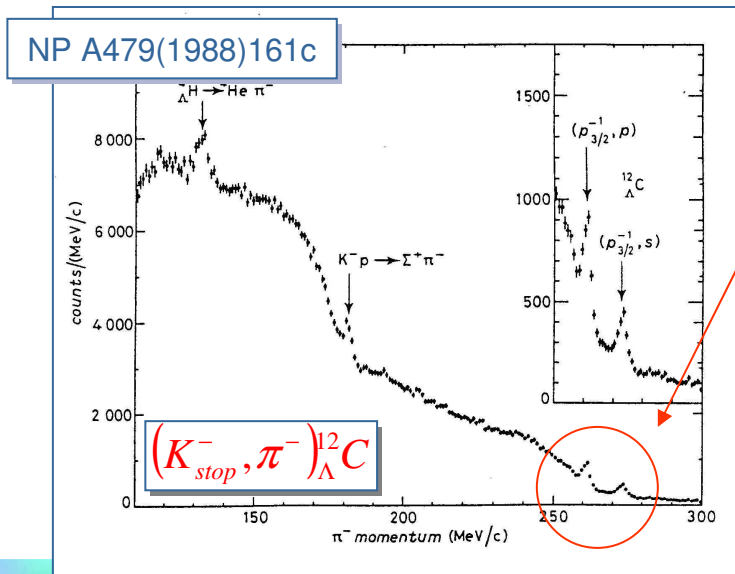
- La risoluzione viene valutata dallo spettro del decadimento  $K_{\mu 2}$  (tracce positive in uscita dal vertice  $K^+$ )
- Selezionando tutte le tracce da tutti i bersagli:  $\Delta p/p = 0.9\%$
- Selezionando tracce con percorsi ben definiti (ottanti di apparato):  $\Delta p/p = 0.4\%$
- Fine tuning degli allineamenti ancora in corso



# I bersagli di $^{12}\text{C}$ : spettroscopia del $^{12}_{\Lambda}\text{C}$

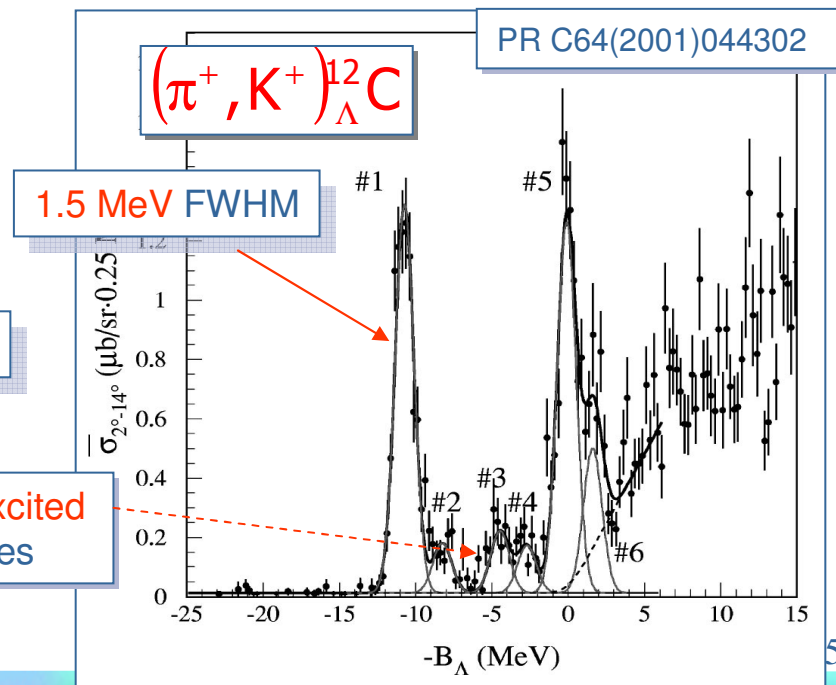


- L'iper nucleo  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$  è quello studiato più estensivamente finora
- Tre bersagli di  $^{12}\text{C}$  per fornire:
  - Dati di calibrazione da paragonare a misure precedenti
  - Miglioramento della precisione delle misure su tutte le osservabili misurate finora

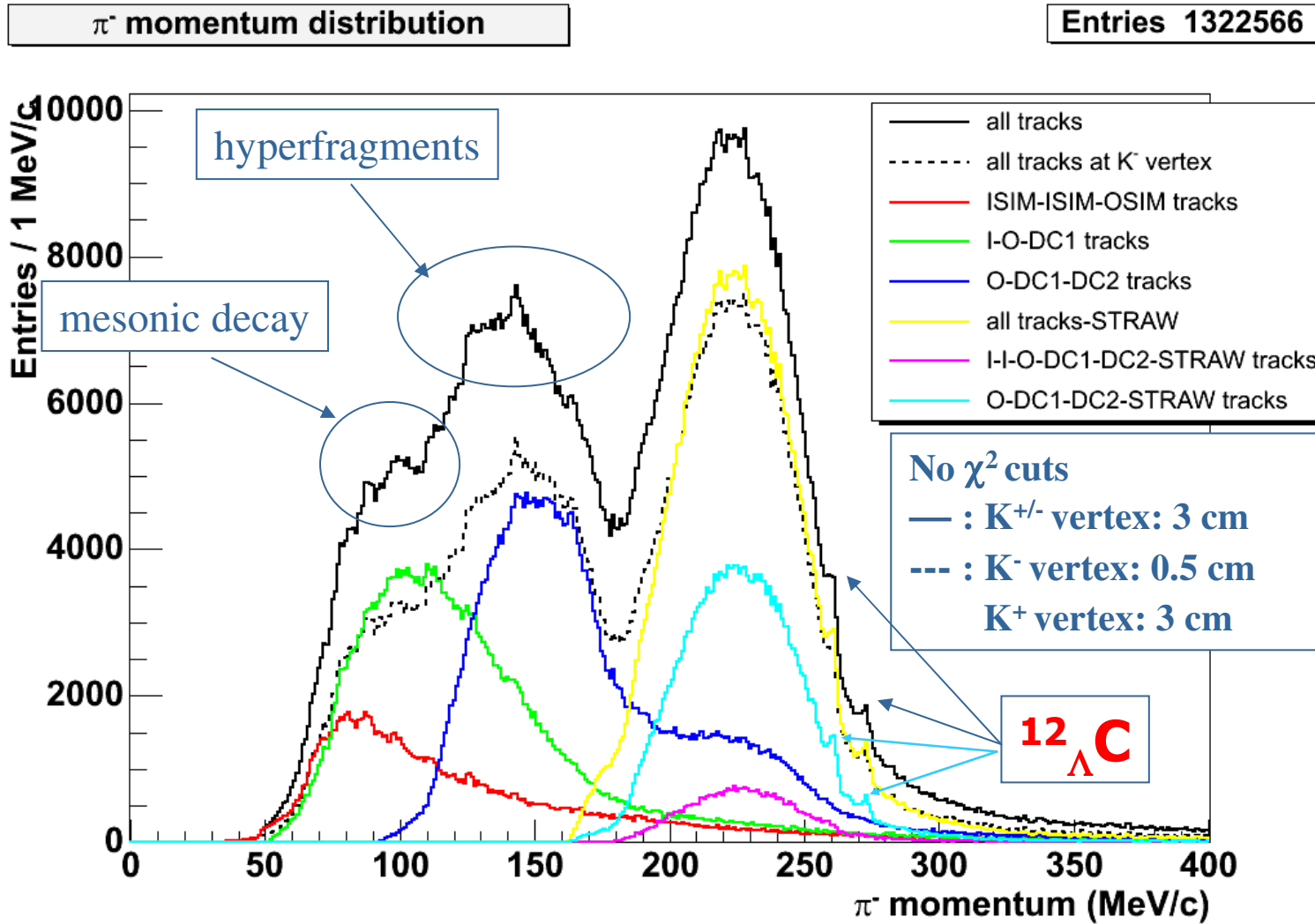


3 MeV FWHM

core excited states



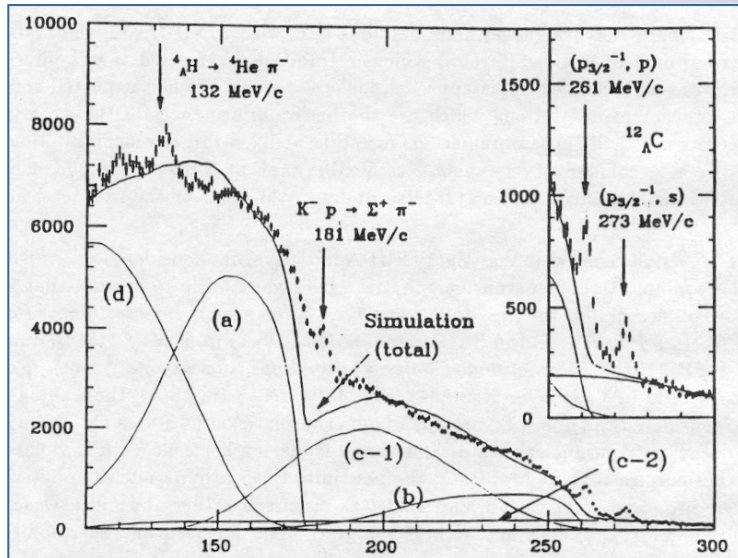
# Spettri inclusivi: $K^- {}^{12}\text{C} \rightarrow \pi^- X$



Diversi spettri ottenuti selezionando tracce con diverse topologie



# Spettroscopia del $^{12}_{\Lambda}\text{C}$ : simulazione dei fondi

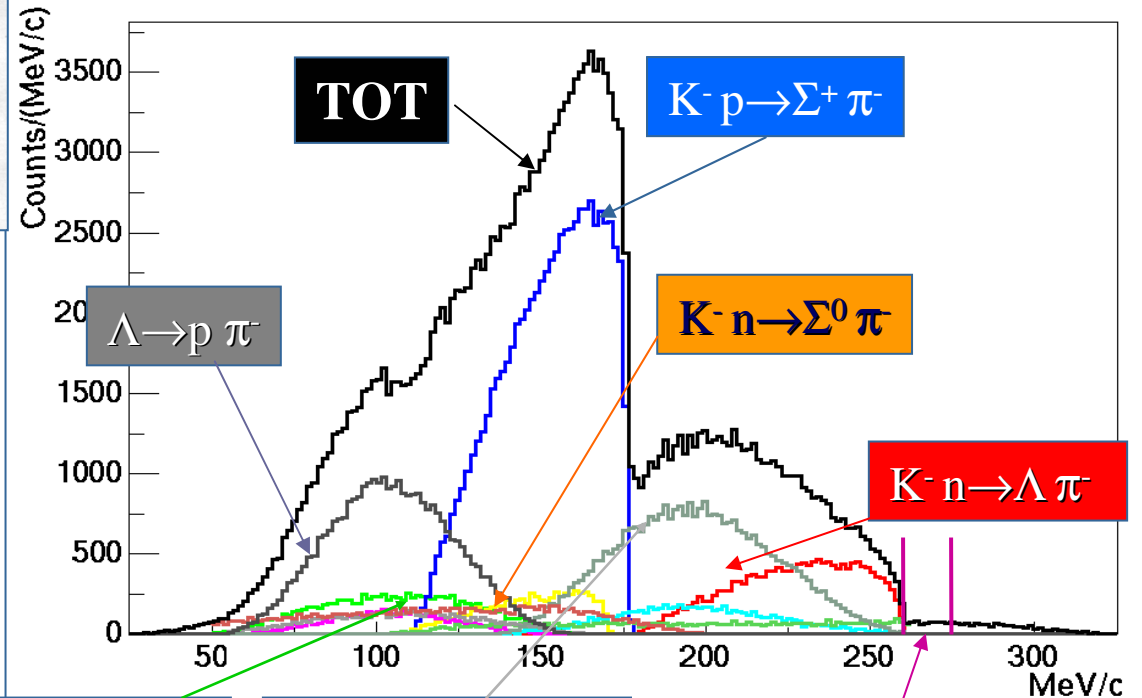


Dati disponibili attualmente per la spettroscopia di  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$  con  $\text{K}^-_{\text{stop}}$

Processi di fondo simulati nel Monte Carlo di FINUDA

Processi di fondo che conducono all'emissione di  $\pi$  in seguito all'assorbimento di un  $\text{K}^-$  su  $^{12}\text{C}$

$\pi$ -momentum distribution



$\text{K}^- (\text{NN}) \rightarrow \Sigma^- \text{N}$   
 $\Sigma^- \rightarrow \text{n} \pi$

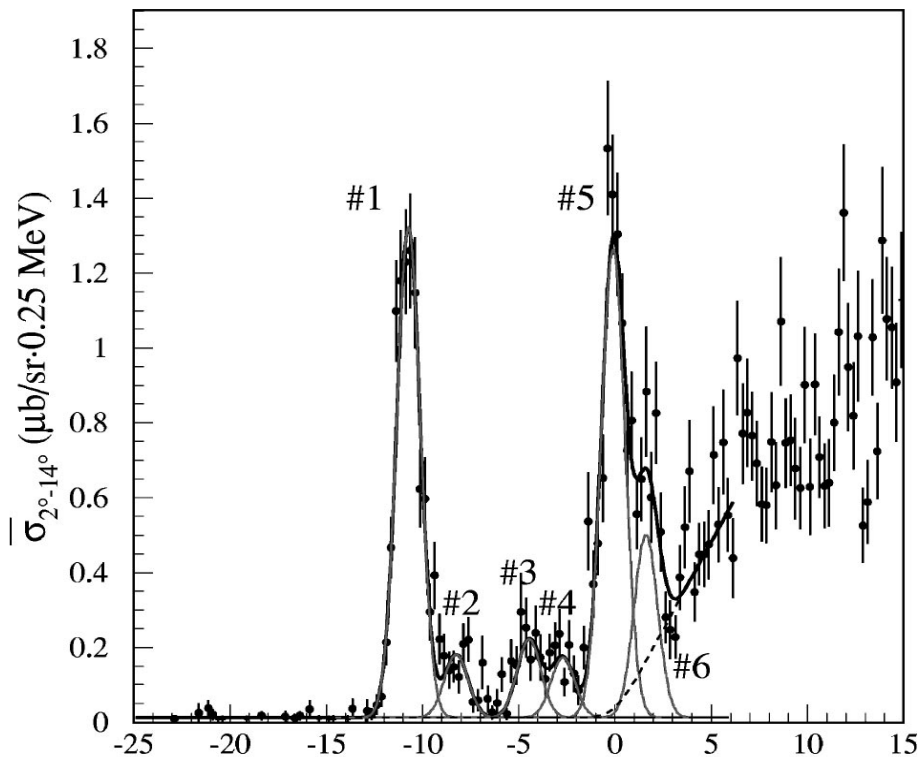
$\text{K}^- \text{p} \rightarrow \Sigma^- \pi^+$   
 $\Sigma^- \rightarrow \text{n} \pi$

hypernuclei

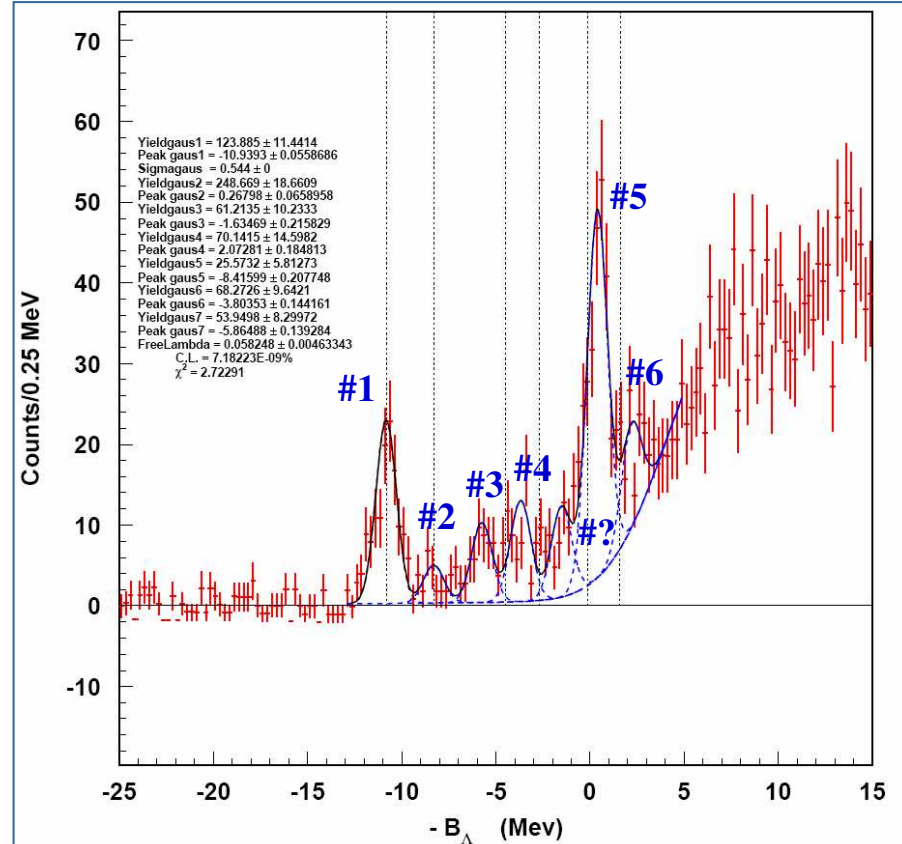
# Spettroscopia dell'ipernucleo $^{12}_{\Lambda}\text{C}$ : lo spettro di energia di legame

Miglior risultato esistente finora su  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$ : KEK E369  
 Risoluzione in energia  $\approx 1.45 \text{ MeV FWHM}$   
 Reazione di produzione ( $\pi^+, K^+$ )

Risultato preliminare di FINUDA:  
 Risoluzione in energia  $\approx 1.3 \text{ MeV FWHM}$   
 Reazione di produzione ( $K^-_{\text{stop}}, \pi^-$ )



H.Hotchi, Phys.Rev. C 64 (2001) 044302



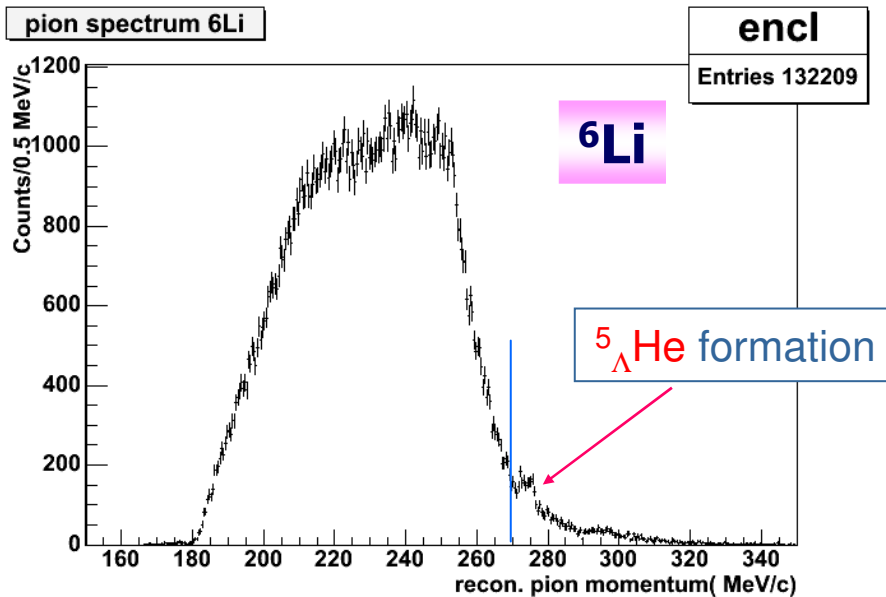
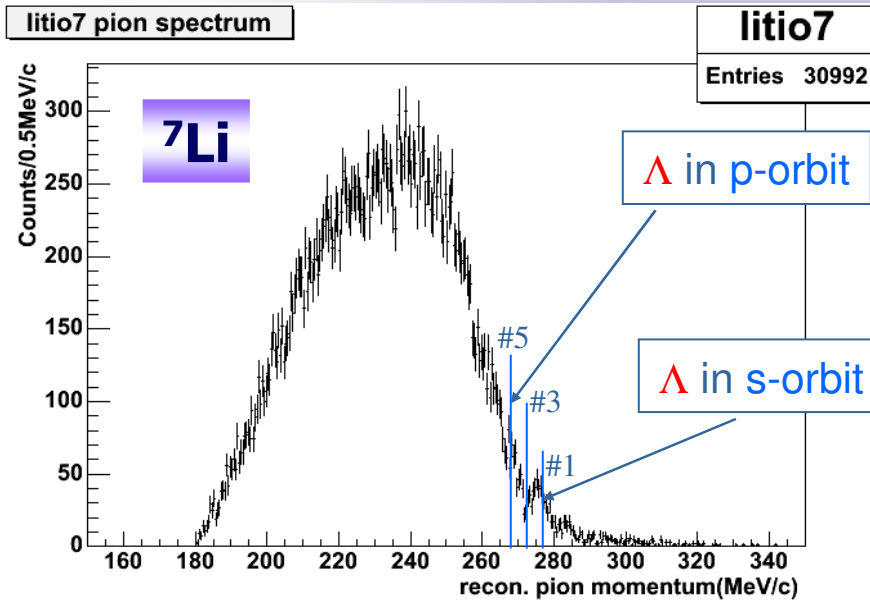
Capture Rates per  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$  in FINUDA:

#1 ground state:  $\sim 2.5 \times 10^{-3} / K^-_{\text{stop}}$

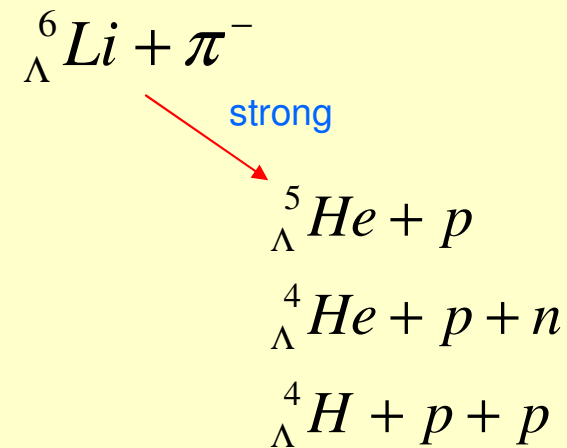
#5 excited state:  $\sim 5.8 \times 10^{-3} / K^-_{\text{stop}}$



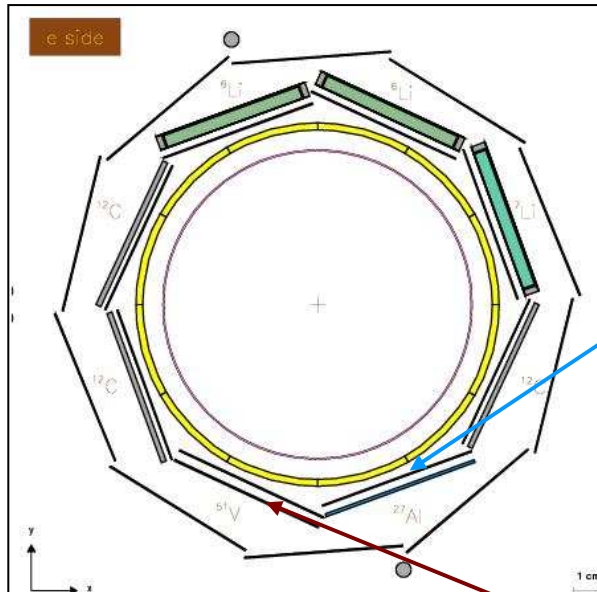
# Spettri da bersagli di ${}^7\text{Li}$ e ${}^6\text{Li}$



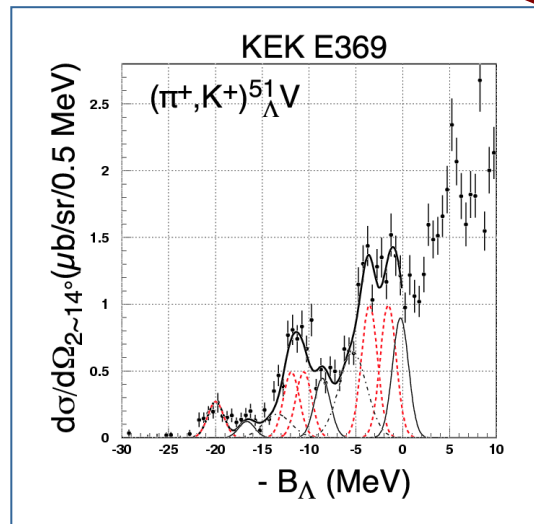
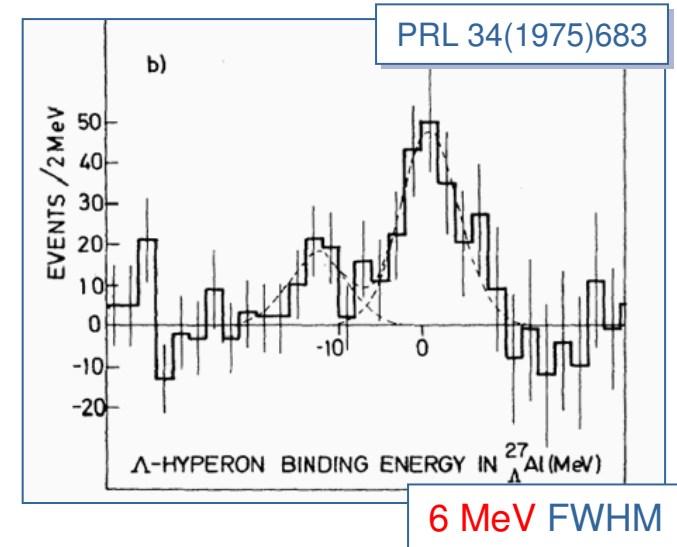
Il  ${}^6_{\Lambda}\text{Li}$  non e' un ipernucleo legato, ma decade per interazione forte in iperframmenti,  ${}^4,5_{\Lambda}\text{He}$  e  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ :



# Bersagli pesanti: $^{51}\text{V}$ e $^{27}\text{Al}$

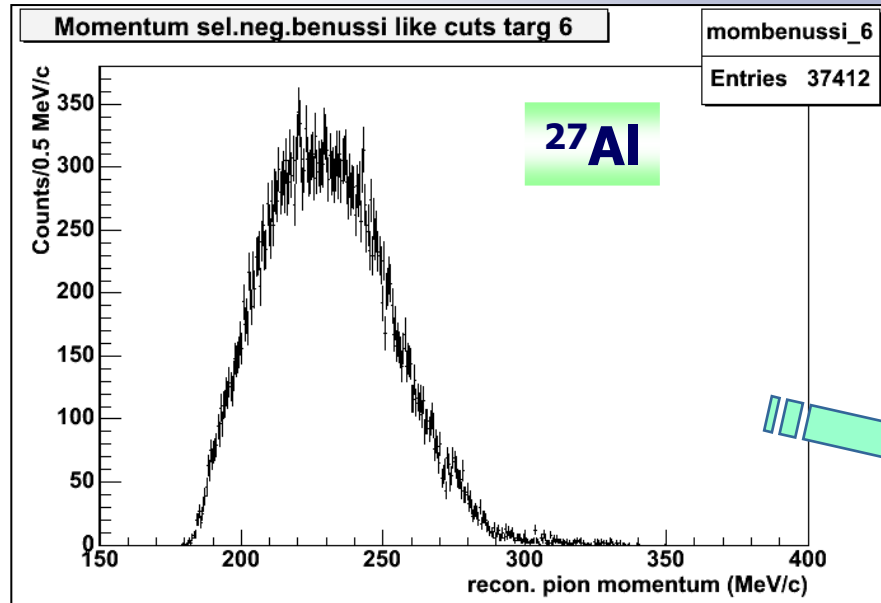


- Esiste solo una misura molto vecchia su  $^{27}\text{Al}$  con una risoluzione molto rozza, 6 MeV FWHM

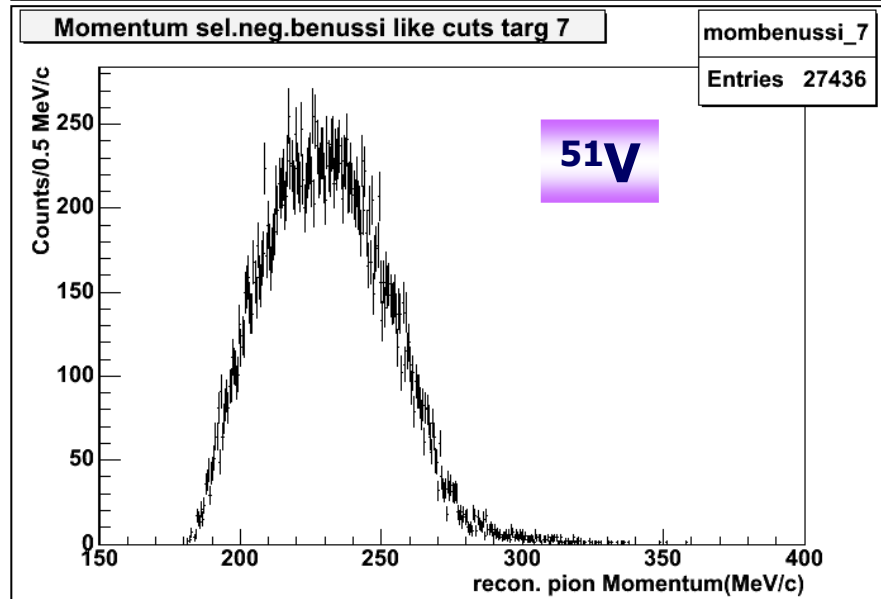
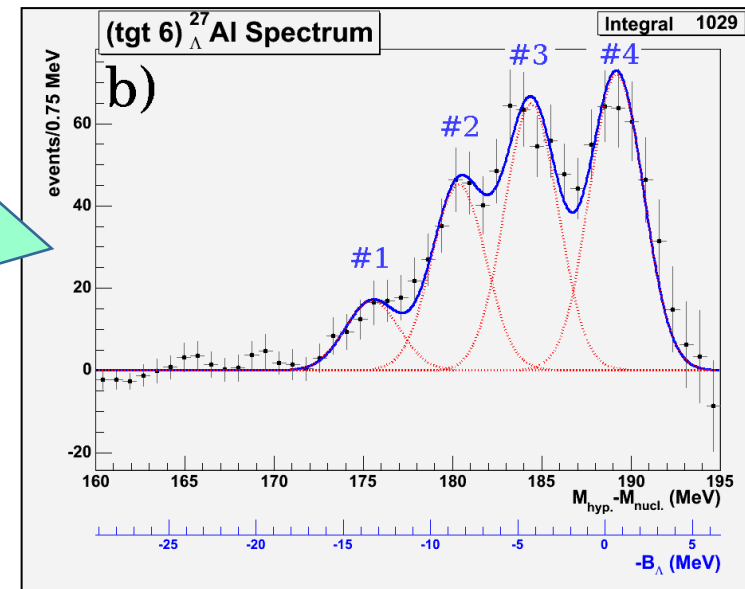


- $^{51}\text{V}$ : sono stati misurati in reazioni  $(\pi^+, K^+)$  picchi corrispondenti a orbite di particella singola con risoluzione di **1.9 MeV FWHM**
- Ma: il capture rate e la formazione dello stato fondamentale in reazioni con  $K^-_{\text{stop}}$  deve ancora essere studiato
  - Differente meccanismo di produzione

# Spettri da bersagli di $^{27}\text{Al}$ e $^{51}\text{V}$



Sottraendo opportunamente il fondo si può ottenere uno spettro di energia di legame in cui si distinguono diverse eccitazioni



Quale **capture rate** ci si aspetta per la produzione di **ipernuclei medi-pesanti** in reazioni con  $K^-_{\text{stop}}$ ?

# Decadimenti deboli degli ipernuclei

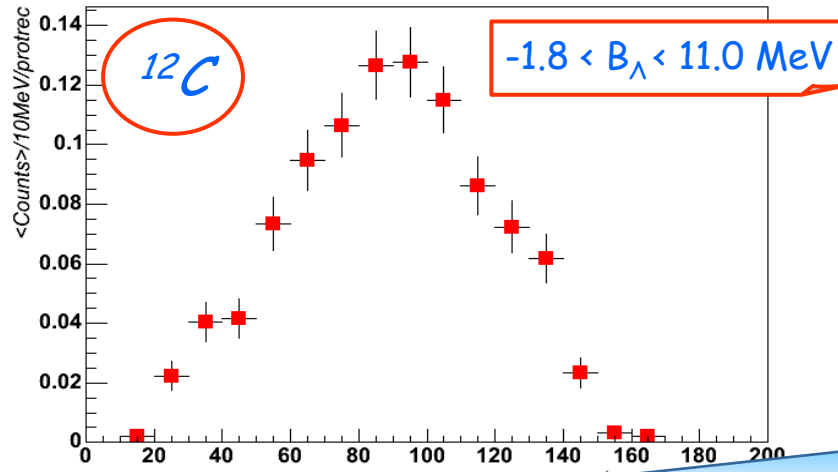
- Decadimento debole della  $\Lambda$  libera:
  - $\Lambda \rightarrow p\pi^-$  B.R. 63.9%
  - $\Lambda \rightarrow n\pi^0$  B.R. 35.8%
- Vale la **regola fenomenologica**  $\Delta I = 1/2$  per decadimenti che coinvolgono quark strani
- Il decadimento mesonico è soppresso in materia nucleare per effetto del blocco di Pauli del nucleone nello stato finale
  - **Decadimenti non mesonici degli ipernuclei:** interazioni a 4 corpi
    - $\Lambda p \rightarrow pn$  branching ratio:  $\Gamma_p$
    - $\Lambda n \rightarrow nn$  branching ratio:  $\Gamma_n$

$$\frac{\eta}{\tau_\Lambda} = \Gamma_{\text{tot}} = \Gamma_{\pi^-} + \Gamma_{\pi^0} + \Gamma_{np} + \Gamma_{nn} + \Gamma_{3N}$$

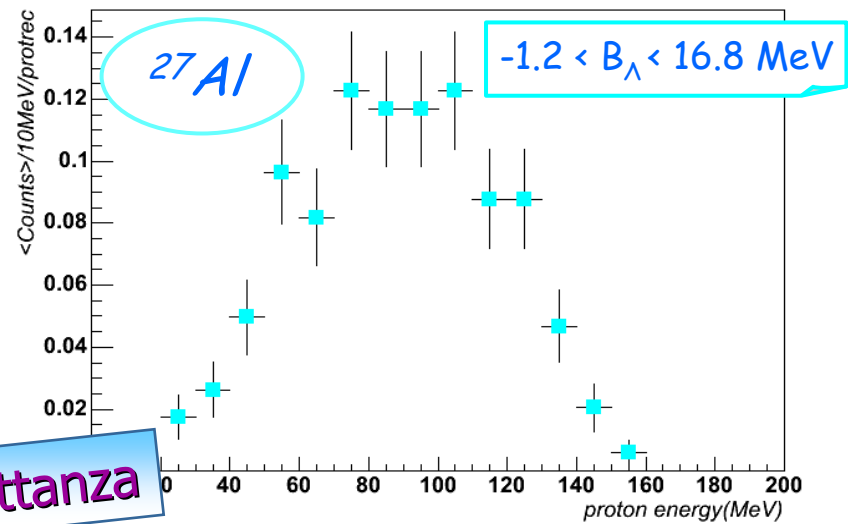
- Modo di decadimento dominante
- La vita media della  $\Lambda$  è praticamente costante per  $A > 10$
- L'andamento del rapporto  $\Gamma_p/\Gamma_n$  mostra un comportamento inatteso...

# Spettri di energia di protoni e neutroni da decadimento non mesonico

Proton Energy in  $^{12}\text{C}$ (coinc with pions in bound region)

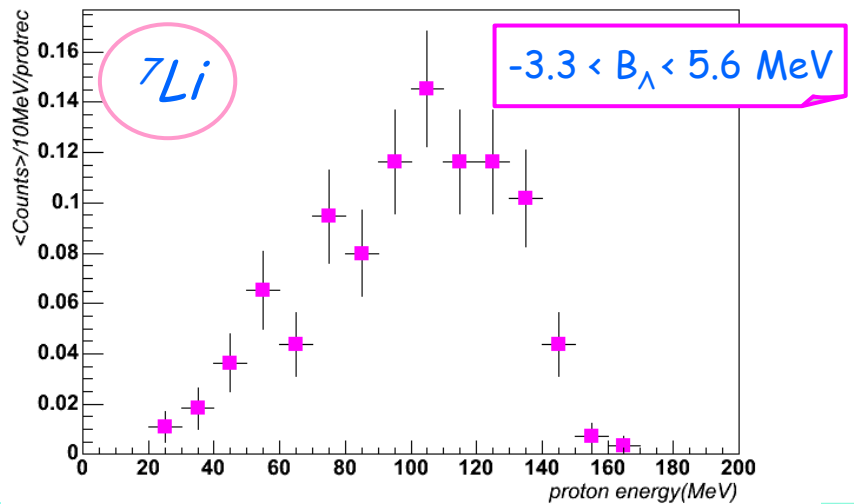


Proton Energy in  $^{27}\text{Al}$ (coinc with pions in bound region)

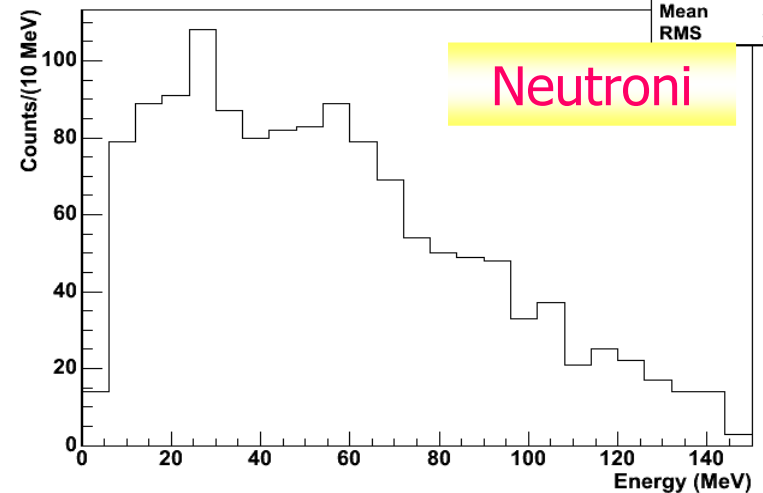


Preliminari, non corretti per accettazione

Proton Energy in  $^7\text{Li}$ (coinc with pions in bound region)



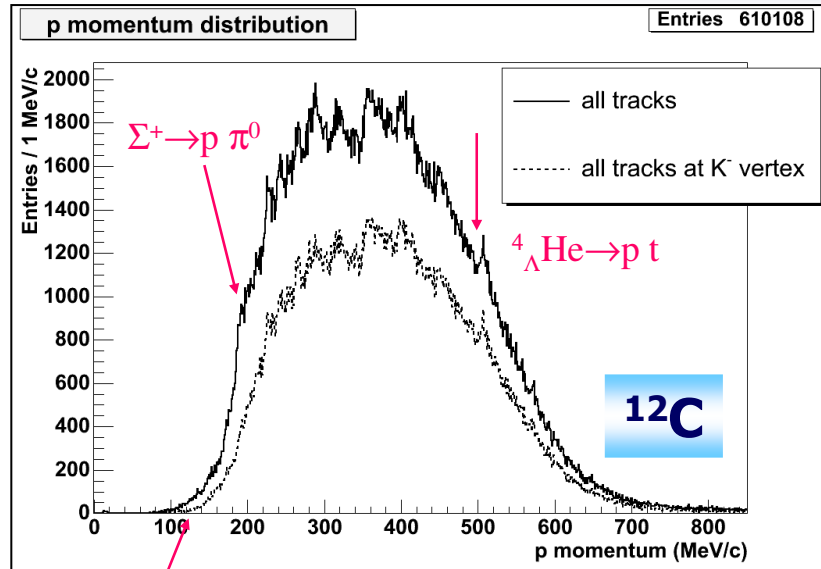
ene\_cpp\_neu



ene_cpp_neu	
Entries	1337
Mean	55.44
RMS	33.87



# Spettri inclusivi K<sup>-</sup> Nucleo → p X

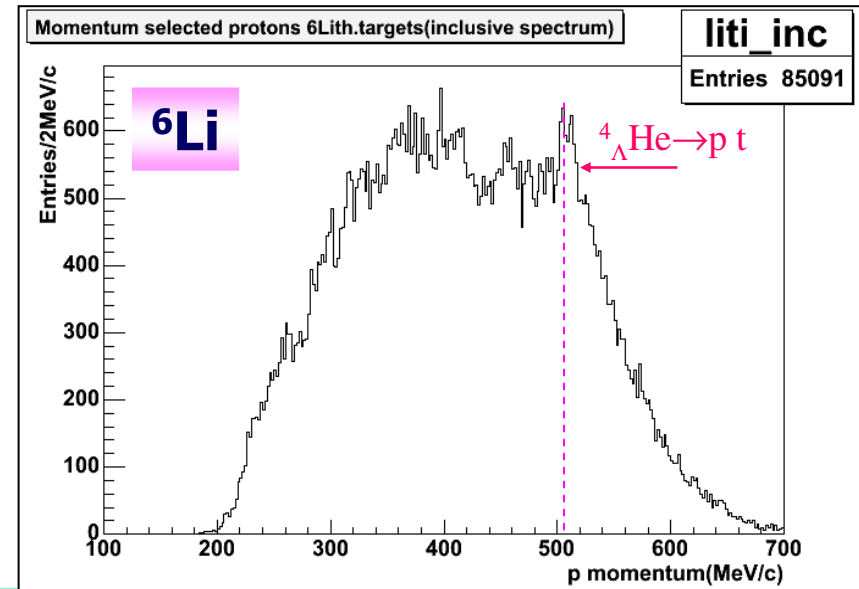
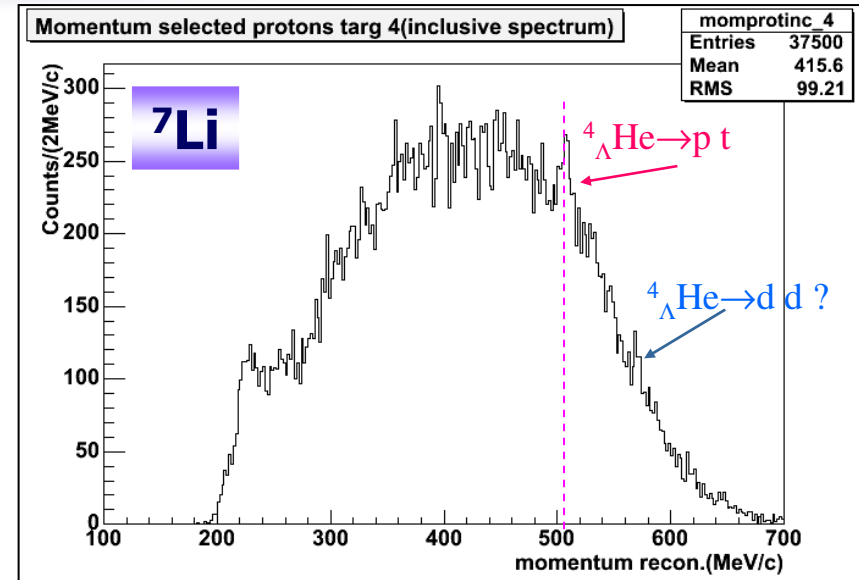
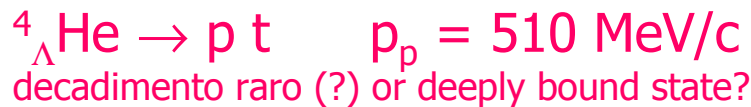


threshold

Reazioni con p nello stato finale:



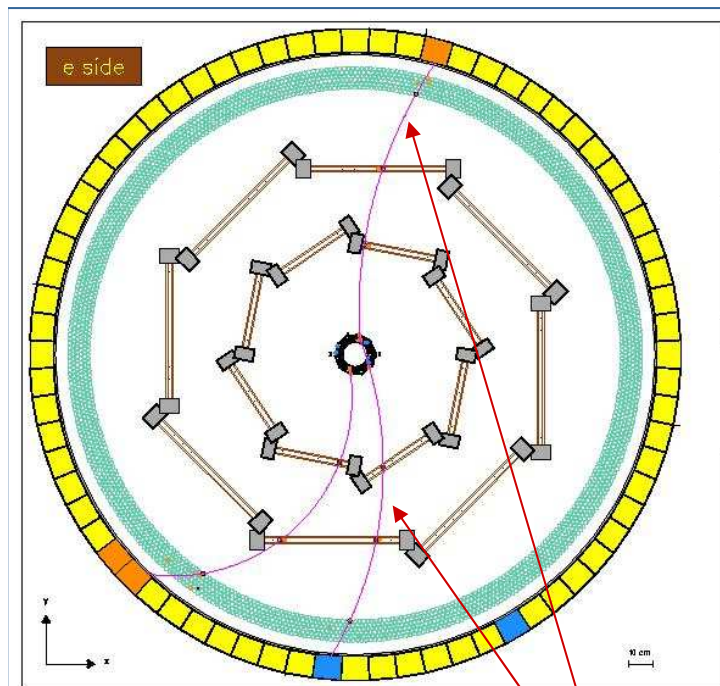
Decadimenti non mesonici degli ipernuclei:



# Ricerca di decadimenti rari: ${}^4_{\Lambda}\text{He} \rightarrow d + d$

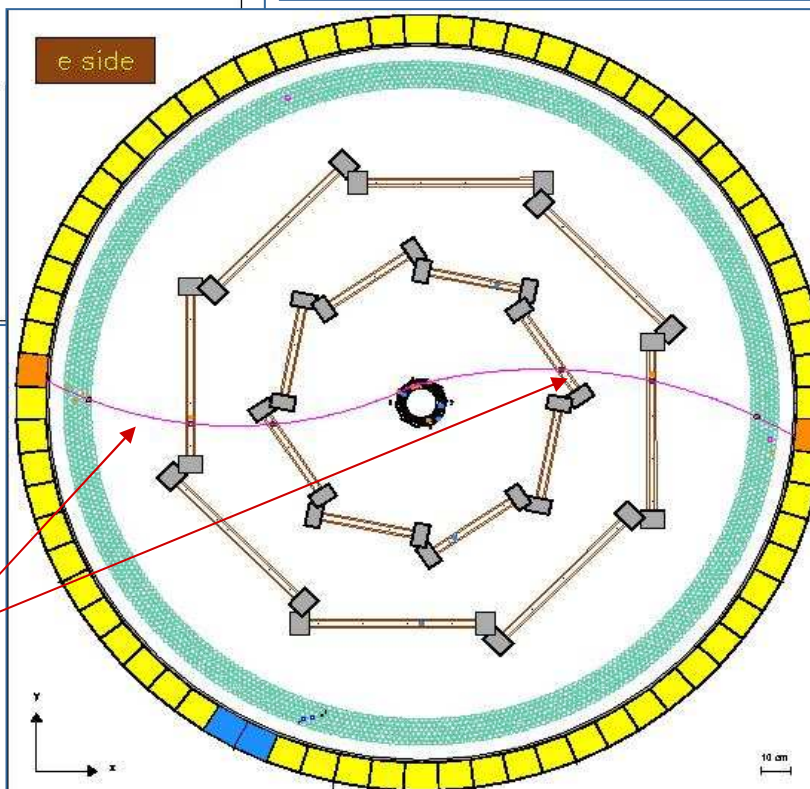
${}^4_{\Lambda}\text{He}$  proviene dal decadimento del  ${}^6_{\Lambda}\text{Li}$ , instabile

Nel decadimento  ${}^4_{\Lambda}\text{He} \rightarrow d + d$  i due deutoni sono emessi back-to-back e sono monocromatici,  $p_d = 570 \text{ MeV}/c$



FINUDA Experiment  
Run n.: 1559  
Event n.: 577  
Date: 04/02/04

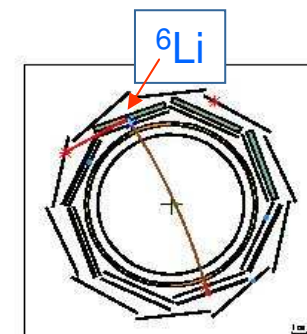
FRONT view   
Raw data  
Rec. hits  
Pattern Recogn.  
Track Fitting  
Zoom  
Pick Info  
<ERASE> <QUIT>



FINUDA Experiment  
Run n.: 665  
Event n.: 6566  
Date: 07/12/03

FRONT view   
Raw data  
Rec. hits  
Pattern Recogn.  
Track Fitting  
Zoom  
Pick Info  
<ERASE> <QUIT>

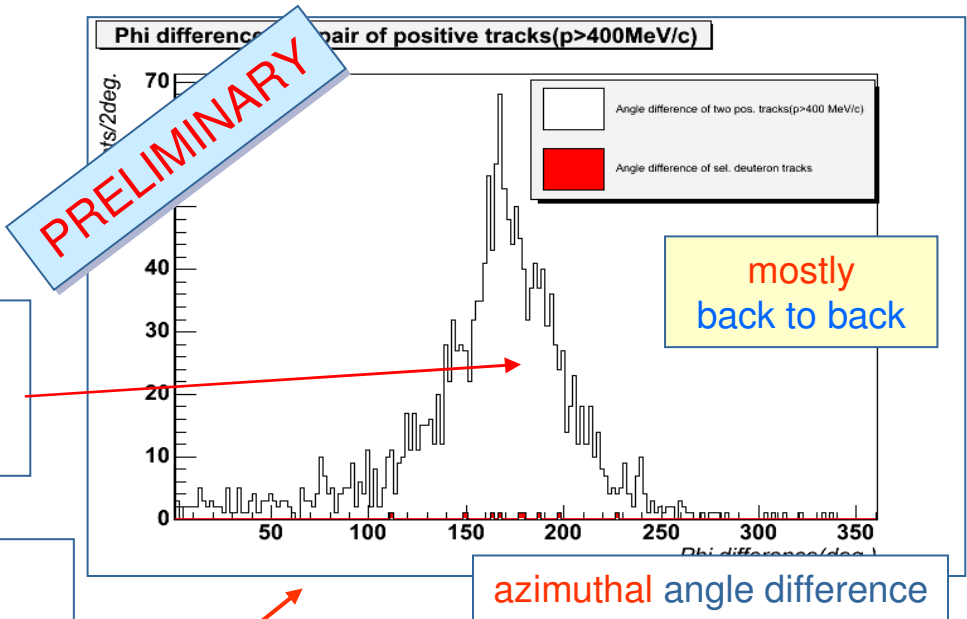
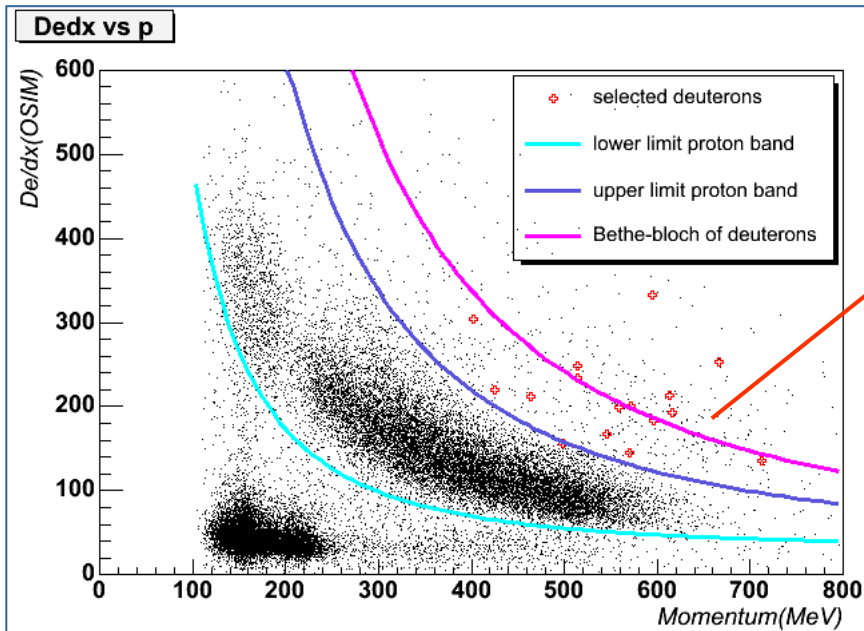
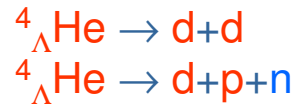
Topologia: particelle positive ad alto impulso, emesse back-to-back dal bersaglio di  ${}^6\text{Li}$



# Decadimento raro ${}^4_{\Lambda}\text{He} \rightarrow dd$ in FINUDA: selezione degli eventi

Eventi con **due tracce positive** dal bersaglio di  ${}^6\text{Li}$  con impulso **> 400 MeV/c**

Eventi selezionati:



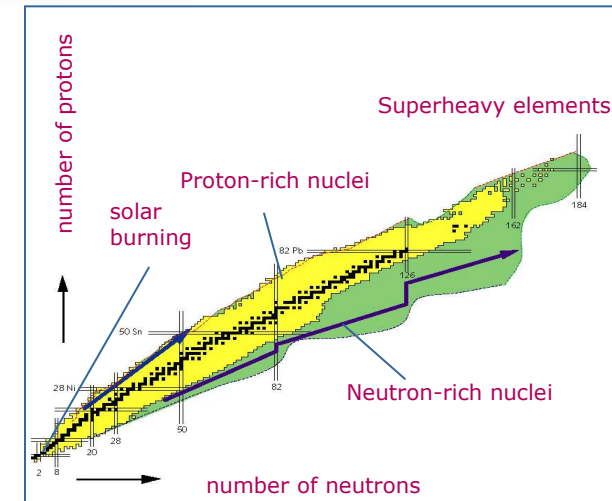
E' possibile selezionare due tracce positive con perdita di energia specifica nella banda dei deutoni

Richiesti backtracking e analisi cinematica accurate

# Ipernuclei $\Lambda$ ricchi di neutroni

- Esistono nuclei leggeri con una distribuzione spaziale estesa che danno origine ad un alone di neutroni: alto rapporto N/Z

- Interessanti per le applicazioni astrofisiche: materia nucleare ad alta densità nelle stelle di neutroni



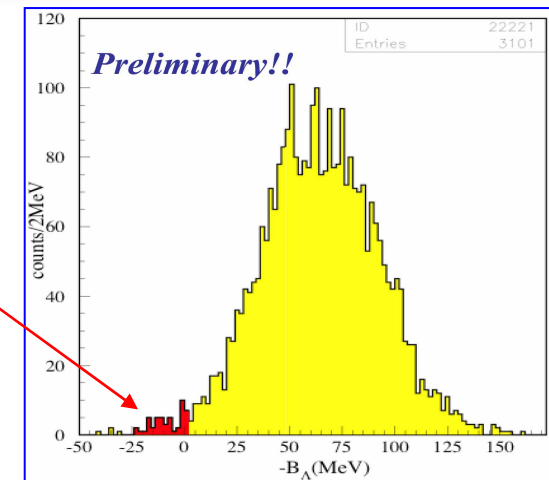
- Buoni sistemi in cui studiare questo tipo di materia nucleare: ipernuclei ricchi di neutroni  ${}^7_{\Lambda}\text{H}$ ,  ${}^6_{\Lambda}\text{H}$ ,  ${}^{12}_{\Lambda}\text{Be}$ ,...

- Il ruolo di collante della  $\Lambda$  consente distribuzioni di massa più estese
  - Maggior energia di legame
  - Maggior numero di neutroni che può essere legato
- Predizioni teoriche per l'esistenza di ipernuclei con un grande eccesso adronico (L. Majiling, NPA585(1995), 211c):
  - $N/Z_{\text{hyp}} \sim 2 N/Z_{\text{ordinary nuclei}}$
  - Non ancora osservati  $\Rightarrow$  Osservazioni possibili con FINUDA

# Produzione di ipernuclei $\Lambda$ ricchi di neutroni

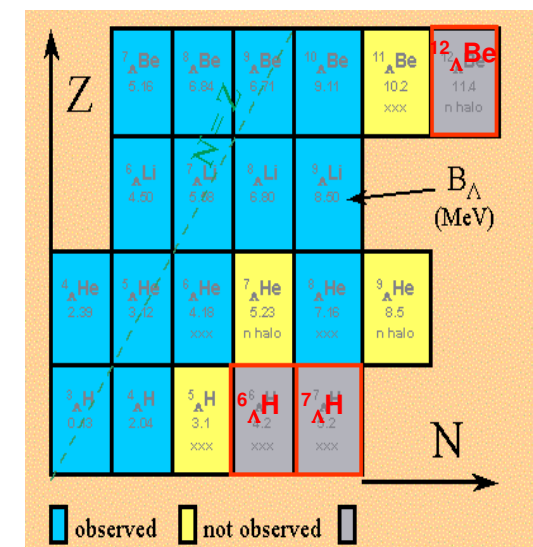
- Doppio scambio di stranezza:
  - $\pi p \rightarrow \pi^0 n$  ;  $\pi^0 p \rightarrow K^+ \Lambda$  KEK-E521
  - $K^- p \rightarrow \Lambda \pi^0$  ;  $\pi^0 p \rightarrow n \pi^+$  FINUDA

- Scambio di stranezza con accoppiamento  $\Lambda$ - $\Sigma$ :  
 $K^- p \rightarrow \Sigma^- \pi^+$  ,  $\pi p \rightarrow \Sigma^- K^+$  ( $\Sigma^- p \leftrightarrow \Lambda n$ )



## Reazioni che si possono studiare in FINUDA

- **$^{12}\text{C}$ :**  $K^- + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}_{\Lambda}\text{Be} + \pi^+$  (N/Z= 2)
- **$^6\text{Li}$ :**  $K^- + ^6\text{Li} \rightarrow ^6_{\Lambda}\text{H} + \pi^+$  (N/Z= 5)
- **$^7\text{Li}$ :**  $K^- + ^7\text{Li} \rightarrow ^7_{\Lambda}\text{H} + \pi^+$  (N/Z= 6)
- Metodo: Analisi dello spettro  $\pi^+$ , contenente l'informazione dell'energia di legame della  $\Lambda$  dentro l'ipernucleo
- Misura più difficile che per gli ipernuclei ordinari: statistica più bassa ( $\sim 10^{-2} \div 10^{-3}$ ) ed accettazione inferiore per i  $\pi^+$



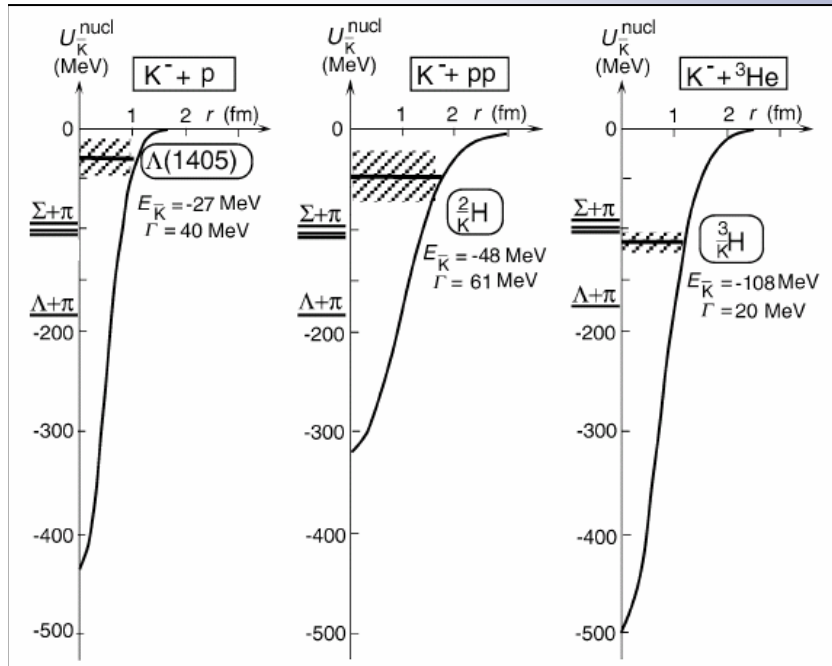
# Dati esistenti su ipernuclei ricchi di neutroni e nuove misure: $^{12}_{\Lambda}\text{Be}$ , $^6_{\Lambda}\text{H}$ , $^7_{\Lambda}\text{H}$

- Conoscenza abbastanza scarsa sugli ipernuclei ricchi di neutroni: in letteratura sono solo riportati limiti superiori per i rate di produzione

HYPER-NUCLEUS	Neutron-rich study - $\pi^+$	PRODUCTION RATE / $K^-_{\text{stop}}$	PRELIMINARY FINUDA RESULTS
$^{12}_{\Lambda}\text{Be}$		$1^-(\text{gs}):$ $< 6.1 \times 10^{-5}$ (exp) $1.8 \times 10^{-5}$ (theor)	$< 2.6 \times 10^{-5}$ with dE/dx PID $< 2.1 \times 10^{-5}$ with dE/dx & TOF PID 90% C.L. With momentum resolution 0.9%
$^6_{\Lambda}\text{H}$		?	$< 3.5 \times 10^{-5}$
$^7_{\Lambda}\text{H}$		?	$< 2.9 \times 10^{-5}$
			$< 4.9 \times 10^{-5}$
			$< 4.3 \times 10^{-5}$

- Primi risultati preliminari ottenuti con FINUDA
  - Primi risultati in assoluto sull'iper-idrogeno  $^6_{\Lambda}\text{H}$  and  $^7_{\Lambda}\text{H}$

# Prime evidenze per l'esistenza di deeply bound K<sup>-</sup>pp states



Akaishi, Yamazaki: esistenza di stati legati  $\bar{K}$  con densità centrale 10 volte la normale densità nucleare:  ${}^3_{\bar{K}}\text{H}$  ( $\text{ppn}\bar{K}^-$ ),  ${}^4_{\bar{K}}\text{H}$  ( $\text{ppnn}\bar{K}^-$ ) e prevista anche la presenza di stati leggeri come  ${}^2_{\bar{K}}\text{H}$  ( $\text{K}^- \text{pp}$ )

Identificabili mediante:

-missing mass spectroscopy

${}^6\text{Li} + \text{K}^- \rightarrow (\text{K}^- \text{ppnnn}) + \text{p}$  (monocromatico)

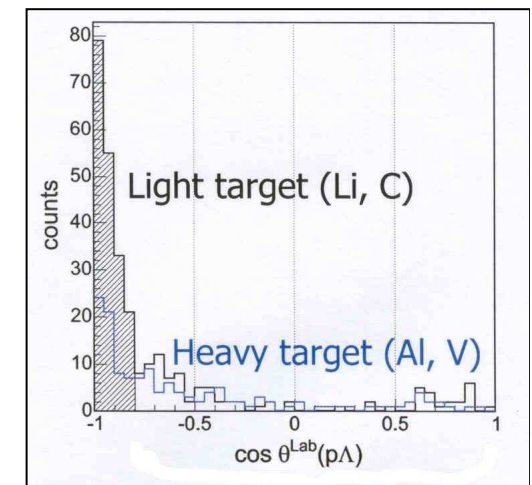
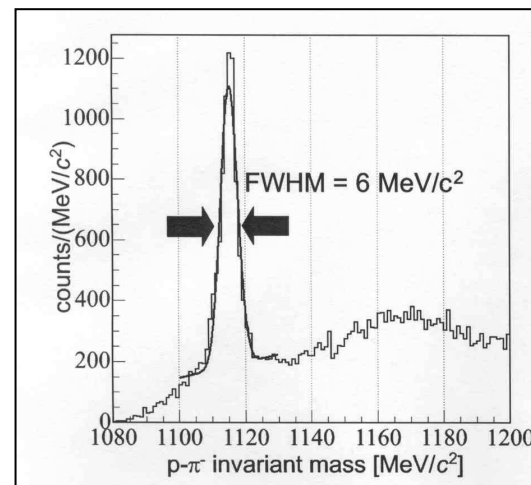
-Invariant mass spectroscopy

$\text{K}^- \text{pp} \rightarrow \Lambda \text{p}$

Topologia dell'evento ben definita

$p_\Lambda = 500 \text{ MeV}/c$   
 $p_p = 500 \text{ MeV}/c$   
 $p_\pi = 200 \text{ MeV}/c$  (short tracks)

$\Lambda$  e p sono correlate back-to-back in particolar modo per tracce emesse da bersagli leggeri



# Osservazione di un deeply bound $K^-pp$ state: risultati preliminari

Meccanismi per la produzione di un segnale di questo tipo:

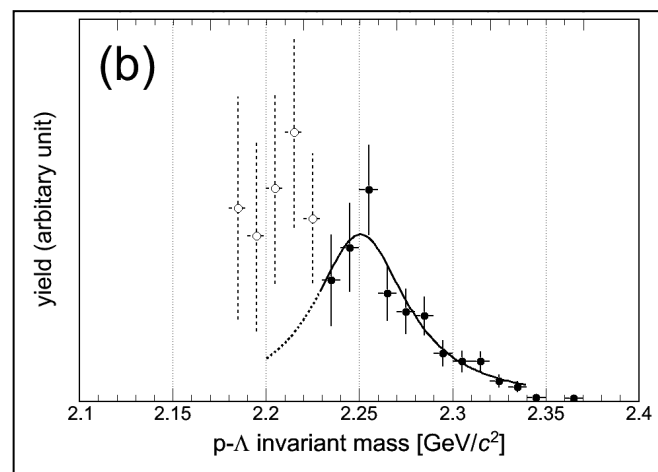
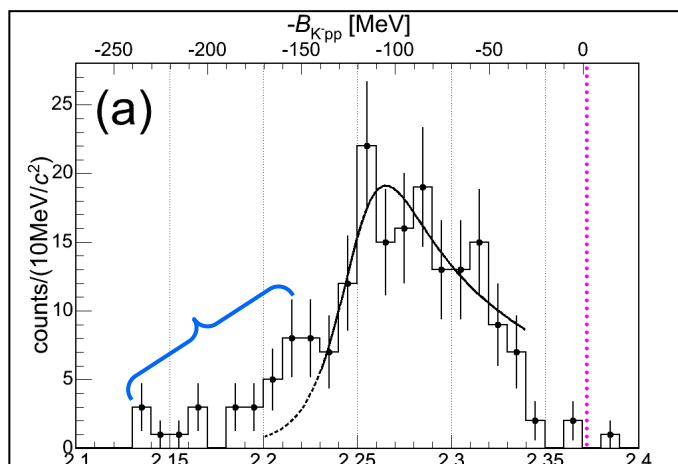
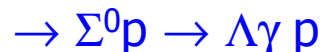
**-assorbimento su due nucleoni**



atteso un picco a  $m(K^-p) = 2.37 \text{ GeV} \dots$  NON C'E'!

$\rightarrow \Sigma^0 p \rightarrow \Lambda \gamma p$  distribuzione più in basso di 74 MeV, e allargato

**-Formazione di un kaon bound state**



L'unico contributo dovuto al fondo è nella regione a bassa massa ed è dato dal canale  $\Sigma^0 p$

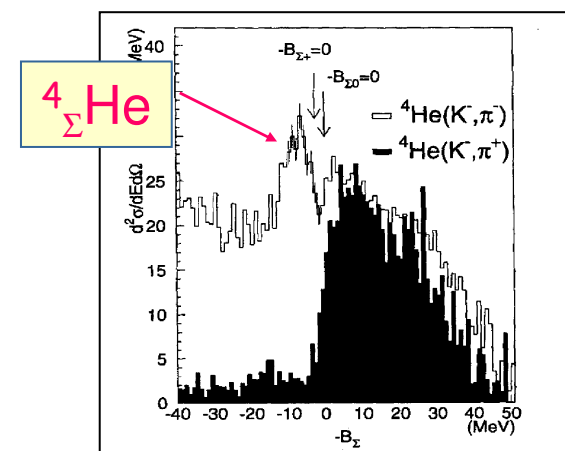
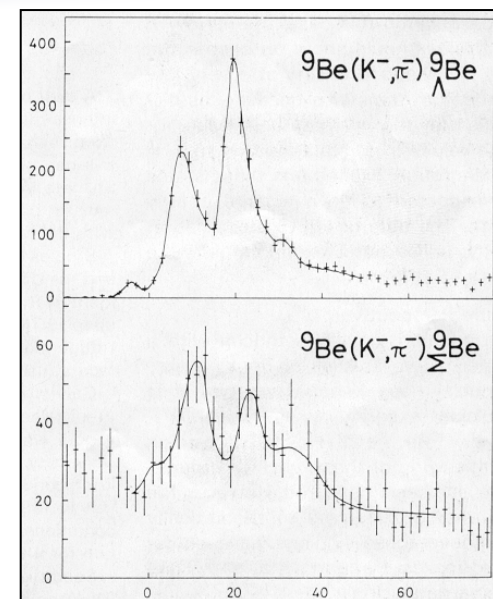
$$B = 120^{+7}_{-5} \text{ MeV}$$

$$\Gamma = 58^{+10}_{-8} \text{ MeV}$$

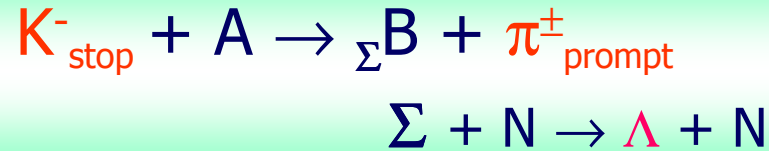


# Ricerca di stati legati e ipernuclei $\Sigma$

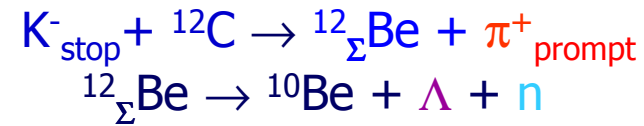
- Ci si aspetta che gli ipernuclei  $\Sigma$  *non* esistano
  - La conversione  $\Sigma N \rightarrow \Lambda n$  rilascia 80 MeV e la  $\Lambda$  ha una notevole probabilità di uscire dal nucleo
  - Per giustificare l'esistenza degli ipernuclei bisognerebbe ipotizzare una soppressione del processo di conversione  $\Sigma N \rightarrow \Lambda n$
- Alcune osservazioni sperimentali di stati  ${}^9_{\Sigma}\text{Be}$ ,  ${}^{12}_{\Sigma}\text{C}$ ,  ${}^{12}_{\Sigma}\text{Be}$ ,  ${}^{12}_{\Sigma}\text{C}$ , non confermate in esperimenti ad alta statistica
- Unica osservazione confermata:  ${}^4_{\Sigma}\text{He}$  ( $\Sigma \equiv \Sigma^0, \Sigma^+$ )
  - Si può considerare un'eccezione, per la sua particolare struttura



# Potenzialità di FINUDA per l'osservazione di ipernuclei $\Sigma$

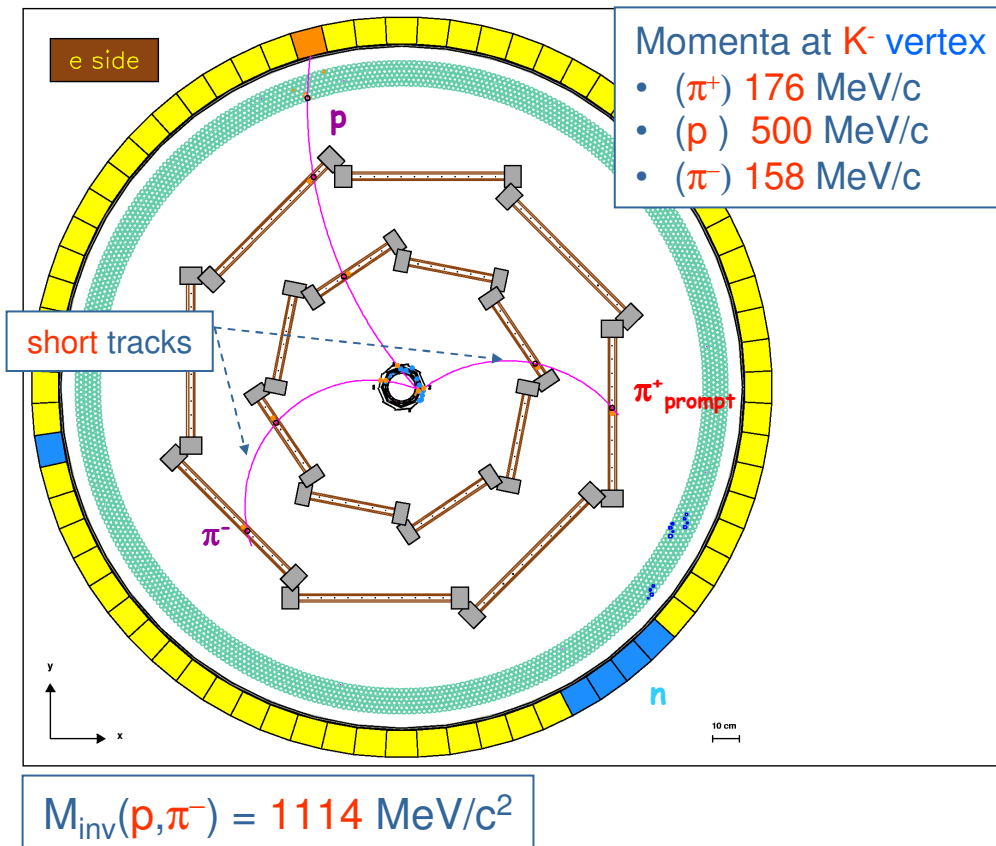


FINUDA potrebbe essere in grado di osservare una reazione di questo tipo:



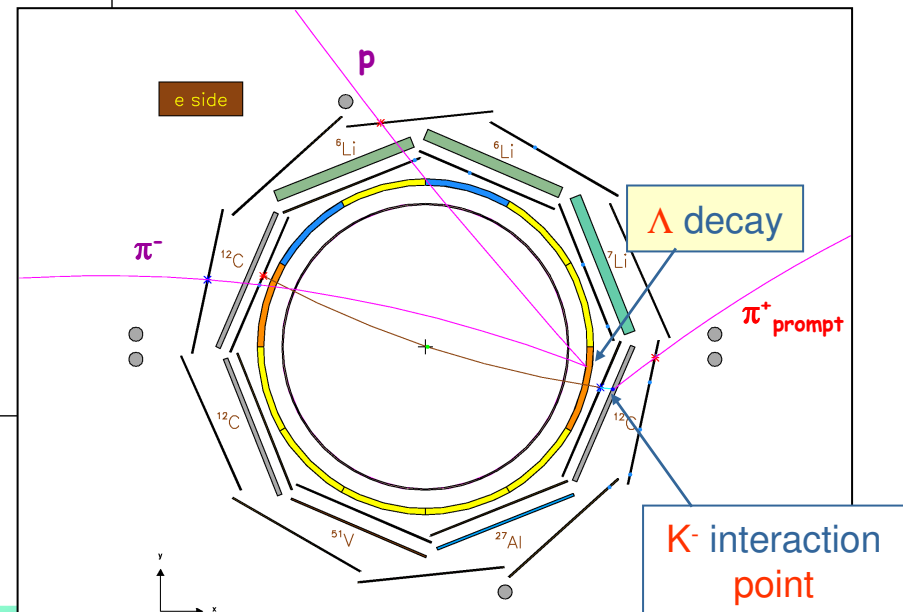
devono essere osservati:

$\pi^{\pm}_{\text{prompt}}$  (short, 150-180 MeV/c)  
e  $\pi^-$ , p, n



Momenta at  $K^-$  vertex

- ( $\pi^+$ ) 176 MeV/c
- (p) 500 MeV/c
- ( $\pi^-$ ) 158 MeV/c

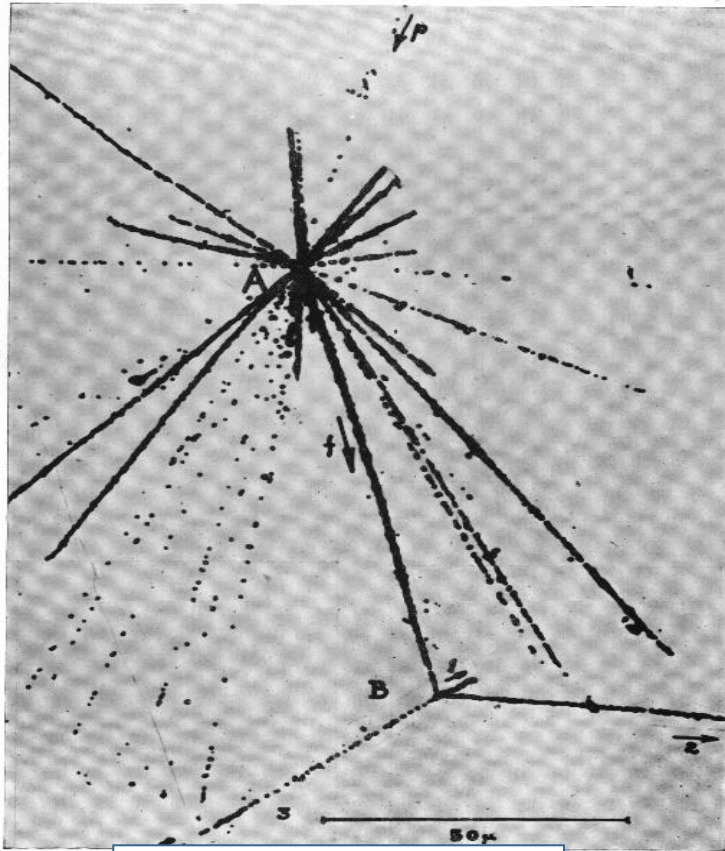


# Conclusioni

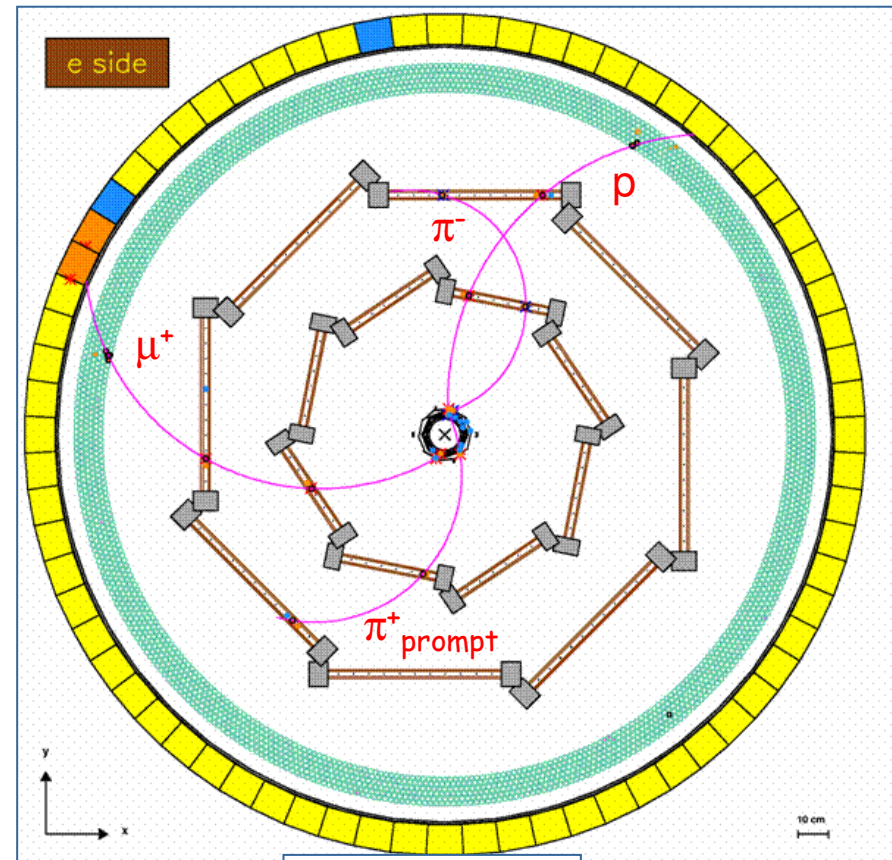
- **Primo run** (30 milioni di eventi raccolti) concluso a metà marzo 2004
- Primi risultati, ancorché parziali e preliminari, già pienamente soddisfacenti, su:
  - Spettroscopia: risultati già competitivi con quelli migliori ottenuti finora a livello mondiale
    - Articolo su  $^{12}_{\Lambda}\text{C}$  in preparazione
  - Capture rates di ipernuclei ricchi di neutroni mai osservati finora
  - Indicazioni su canali rari di decadimento degli ipernuclei
  - Osservazione di uno stato legato K-pp deeply bound
    - Articolo pronto, in via di sottomissione
- Ulteriori analisi in corso:
  - studio dei decadimenti non mesonici (richiesto tuning apparato per rivelazione neutroni, etc)
- **Prospettive future:**
  - Nuovo run previsto a partire dalla seconda metà del 2005, 400-500 pb<sup>-1</sup>
  - (molto probabilmente) con bersagli di  $^6\text{Li}$  e  $^7\text{Li}$  per completare lo studio degli iperframmenti di He e Li, canali di decadimento rari, spettroscopia  $^7_{\Lambda}\text{Li}$ , studio deeply bound states, studio ipernuclei ricchi di neutroni



# Un nuovo spettrometro per lo studio degli ipernuclei: FINUDA a DAΦNE



Danysz, Pniewski (1953)



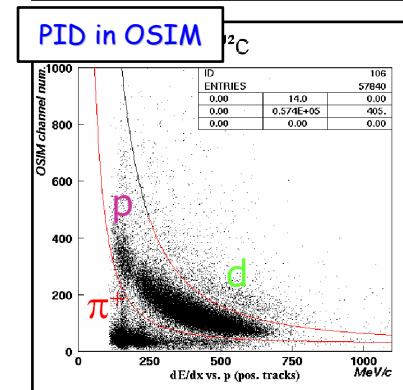
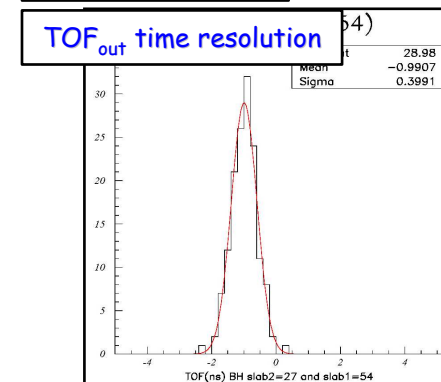
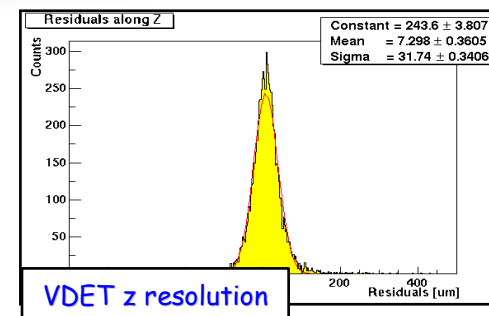
FINUDA (2003)

...come è cambiata la visualizzazione di un evento ipernucleare in 50 anni...

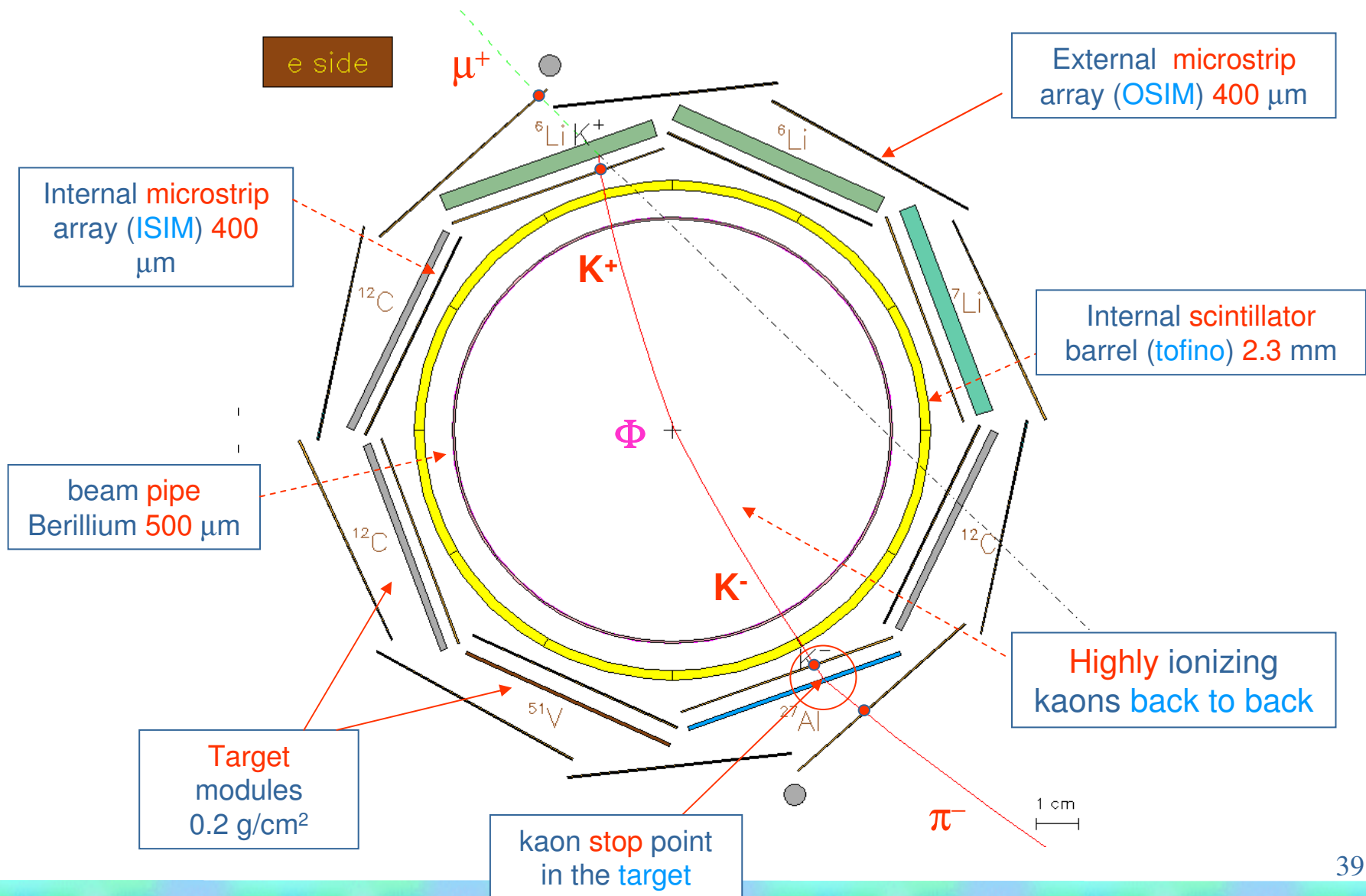


# Principali performance dell'apparato

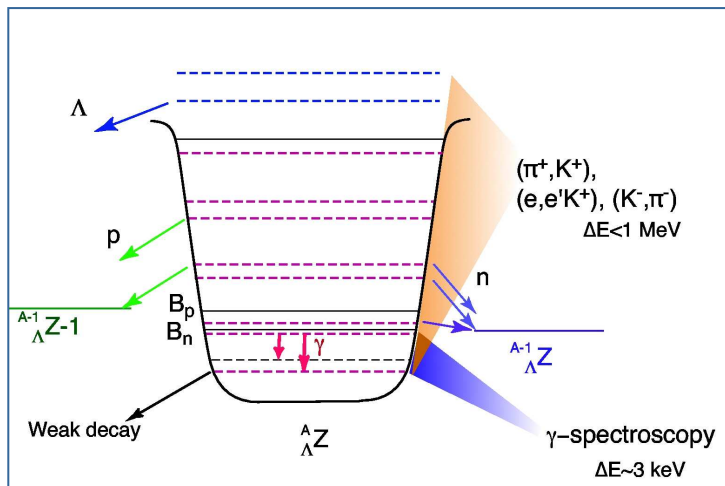
- **Solenoido superconduttore:**  $B=1.0$  T, omogeneità entro il 2%
- **Regione di interazione/bersagli:** identificazione  $K^+/K^-$ , produzione e rivelazione ipernucleo formato
  - ISIM/OSIM:  $\sigma_z = 30$   $\mu\text{m}$ ;  $\Delta E = 20\%$  FWHM
  - TOFINO:  $\sigma_t = 250$  ps
- **Zona di tracciamento:** misura delle traiettorie ed impulsi delle particelle cariche ( $\Delta p/p$  3.5‰)
  - LMDC:  $\sigma(\rho, \varphi) = 150$   $\mu\text{m}$ ;  $\sigma_z \leq 1\%$  wire length
  - STB:  $\sigma(\rho, \varphi) = 150$   $\mu\text{m}$ ;  $\sigma_z = 500$   $\mu\text{m}$
- **He chamber:** minimizzazione del multiplo scattering
  - $\Delta p/p$ : He atmosphere= 3.5‰ vs air = 2%
- **Barile esterno di scintillatori:** per trigger e rivelazione di neutroni ( $\varepsilon \leq 13\%$ )
  - TOFONE:  $\sigma_t = 250$  ps FWHM;  $\Delta E = 8\%$



# La regione interna di FINUDA: zona di interazione e bersagli

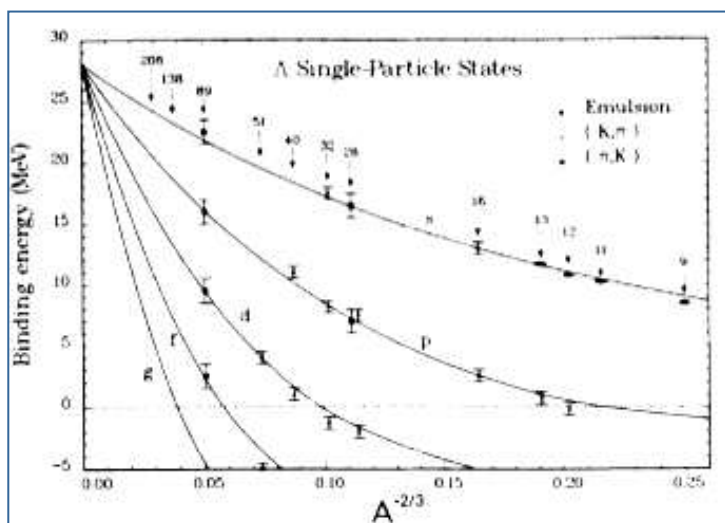


# Spettroscopia degli ipernuclei



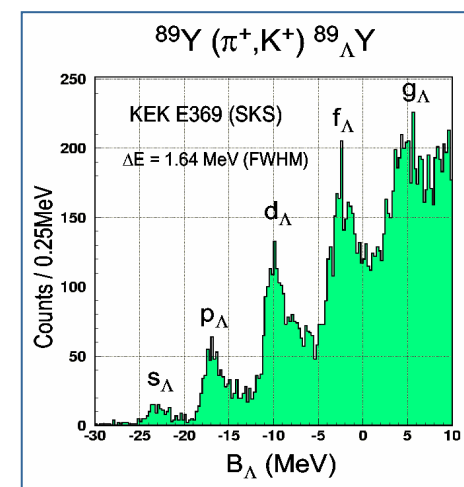
- Scopo: comprendere le interazioni Barione-Barione

- L'interazione NN è nota da dati di diffusione elastica, ben riprodotti da modelli fenomenologici di scambio di mesoni e a cluster di quark
- L'interazione YN, YY è conosciuta solo scarsamente, i dati di diffusione disponibili sono pochi, i rate di produzione bassi e le vite medie molto brevi



- Negli ipernuclei  $\Lambda$ :

- Assenza del blocco di Pauli
- Estrazione immediata dell'interazione  $\Lambda N$
- La posizione dei picchi è ben riprodotta da semplici potenziali di Woods-Saxon potential



Binding energy proporzionale a  $A$ , 1 MeV/ $A$



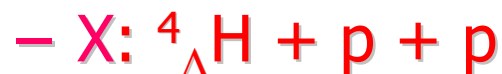
# Reazioni possibili su ${}^6\text{Li}$



- $\tau$
    - $\Gamma_p$  (in coincidence) about  $10/\text{pb}^{-1}$
    - $\Gamma_n$  (in coincidence) about a few/ $\text{pb}^{-1}$
    - $\Gamma_{\pi^-}$  about  $10^2/\text{pb}^{-1}$



- ${}^4_{\Lambda}\text{He} \rightarrow d+d$  spectroscopized ( $0.3 \text{ pb}^{-1}$  if B.R.  $\sim 10^{-3}$ )
    - ${}^4_{\Lambda}\text{He} \rightarrow p + {}^3\text{H}$  spectroscopized ( $0.2 \text{ pb}^{-1}$  if B.R.  $\sim 10^{-3}$ )
    - ${}^4_{\Lambda}\text{He} \rightarrow \pi^+ + n + {}^3\text{H}$  (many events,  $10^2/\text{pb}^{-1}$ )



- ${}^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \pi^-$  spectroscopized ( $10^2/\text{pb}^{-1}$ ), calibration

