

Misure di perdita di energia nei gas mediante un bersaglio attivo

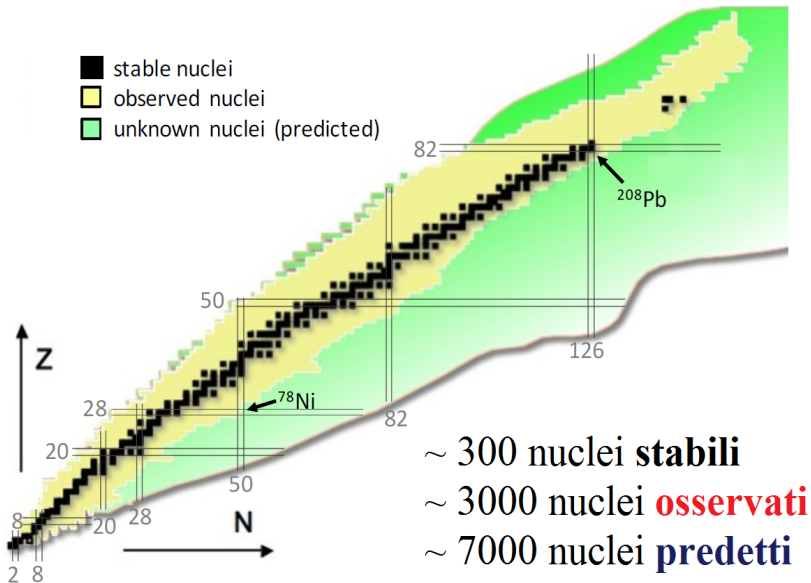
Antonio Maria Buccola

INFN - Sezione di Firenze e Università degli Studi di Firenze

30 settembre 2019



- Introduzione al contesto fisico
- Principio di funzionamento del bersaglio attivo
- Il test ai Laboratori Nazionali del Sud
- Conclusioni



A proposito di nuclei esotici



Struttura e fenomeni legati ai nuclei esotici non sono ancora ben caratterizzati.

Per esplorare zone lontane dalla valle di stabilità è necessario utilizzare un **fascio** che sia già esotico in partenza

Struttura e fenomeni legati ai nuclei esotici non sono ancora ben caratterizzati.

Per esplorare zone lontane dalla valle di stabilità è necessario utilizzare un **fascio** che sia già esotico in partenza

TUTTAVIA

Il fascio *esotico* è prodotto con **bassa intensità** ($\sim 10^3 - 10^4$ pps)

Struttura e fenomeni legati ai nuclei esotici non sono ancora ben caratterizzati.

Per esplorare zone lontane dalla valle di stabilità è necessario utilizzare un **fascio** che sia già esotico in partenza

TUTTAVIA

Il fascio *esotico* è prodotto con **bassa intensità** ($\sim 10^3 - 10^4$ pps)

⇒ Necessario un apparato con elevata copertura angolare e granularità per massimizzare l'efficienza

Struttura e fenomeni legati ai nuclei esotici non sono ancora ben caratterizzati.

Per esplorare zone lontane dalla valle di stabilità è necessario utilizzare un **fascio** che sia già esotico in partenza

TUTTAVIA

Il fascio *esotico* è prodotto con **bassa intensità** ($\sim 10^3 - 10^4$ pps)

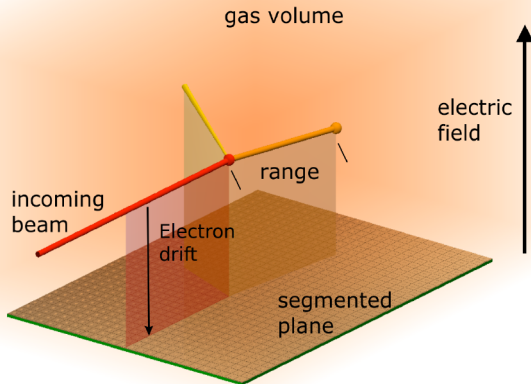
⇒ Necessario un apparato con elevata copertura angolare e granularità per massimizzare l'efficienza

⇒⇒ Principio del **bersaglio attivo**

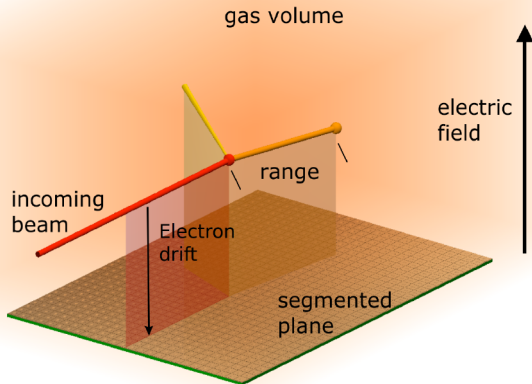
Bersaglio Attivo: bersaglio del fascio = mezzo **attivo**

Bersaglio Attivo: bersaglio del fascio = mezzo attivo

Stesso principio di una
camera a ionizzazione



Bersaglio Attivo: bersaglio del fascio = mezzo attivo

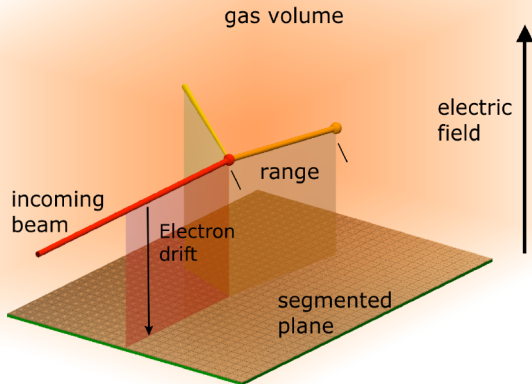


Stesso principio di una **camera a ionizzazione**

I frammenti da rivelare sono prodotti **all'interno** del mezzo gassoso

Misura diretta del vertice d'interazione e dell'energia persa dal fascio prima dell'interazione

Bersaglio Attivo: bersaglio del fascio = mezzo attivo



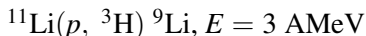
Stesso principio di una **camera a ionizzazione**

I frammenti da rivelare sono prodotti **all'interno** del mezzo gassoso

Misura diretta del vertice d'interazione e dell'energia persa dal fascio prima dell'interazione

Identificazione dei frammenti mediante tracciamento o $\Delta E - E$ con rivelatori ancillari

- **Reazioni di trasferimento di nucleoni:** (d, p) , $(d, {}^3\text{He})$, (p, α) ...



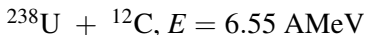
I. Tanihata et al., PRL 100, 192502 (2008)

- **Decadimenti esotici:** p , $2p$, βp , $\beta 2p$



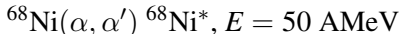
Y. Ayyad et al., PRL 123, 08250 (2019)

- **Fissione indotta mediante trasferimento**



C. Rodriguez - Tajes et al., NPA 958, 246 (2017)

- **Scattering inelastico o risonante**



M. Vandebrouck, et al., PRL 113, 032504 (2014)

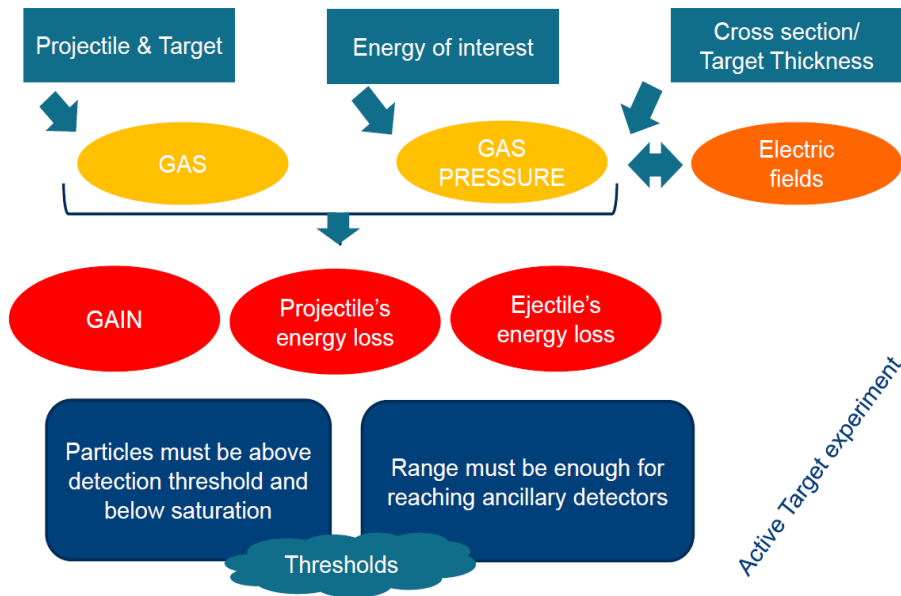
Vantaggi

- Alta copertura angolare
- Basse soglie di rivelazione
- La perdita di energia del fascio nel bersaglio può essere misurata
- Ricostruzione della cinematica mediante tracciamento in 3D

Rispetto ad un esperimento a bersaglio fisso

- Serve un'alta segmentazione del catodo per avere buona risoluzione, per cui l'elettronica deve gestire un elevato numero di canali ($\sim 1 - 10 \text{ k}$)
- L'intensità del fascio non può essere troppo elevata ($i \lesssim 10^5 \text{ pps}$)
- È necessario un controllo accurato dell'intero sistema
pressione e ricircolo del gas, guadagni, uniformità del campo elettrico

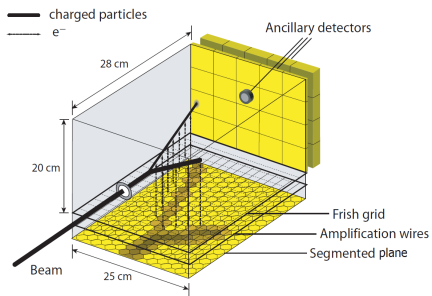
Bersaglio Attivo: preparazione di un esperimento

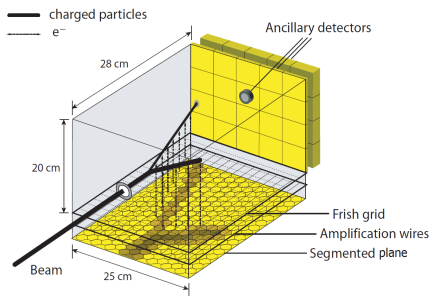


Active Target experiment

Apparati basati sul principio del bersaglio attivo

MAYA: bersaglio attivo per la Fisica Nucleare





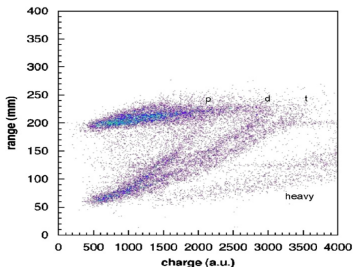
*C. E. Demonchy et al.,
NIM A 583 (2007) 341 - 349*

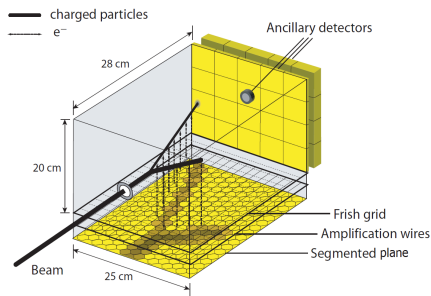
Identificazione dei frammenti

Frammento fermato **all'interno** del gas attivo

- Discriminazione ^1H , ^2H , ^3H
- Identificazione in carica per $Z \geq 2$

T. Roger et al., NIM A 638 (2011) 134 - 142





*C. E. Demonchy et al.,
NIM A 583 (2007) 341 - 349*

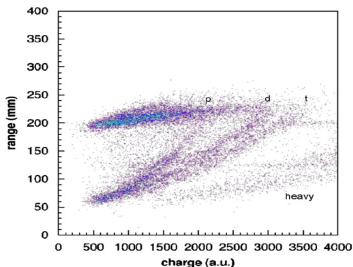
Identificazione dei frammenti

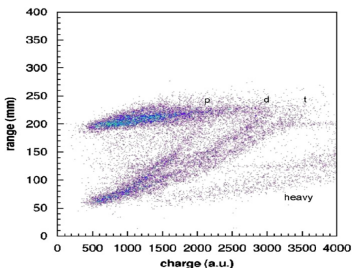
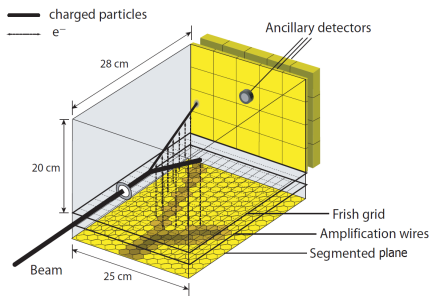
Frammento fermato **all'interno** del gas attivo

- Discriminazione ¹H, ²H, ³H
- Identificazione in carica per $Z \geq 2$

T. Roger et al., NIM A 638 (2011) 134 - 142

N.B. Dipende dai settaggi dell'apparato





*C. E. Demonchy et al.,
NIM A 583 (2007) 341 - 349*

Identificazione dei frammenti

Frammento fermato **all'interno** del gas attivo

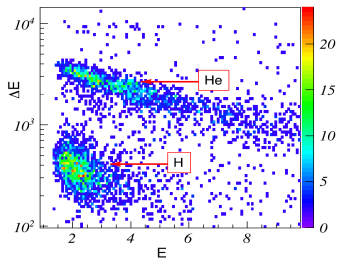
- Discriminazione ¹H, ²H, ³H
- Identificazione in carica per $Z \geq 2$

T. Roger et al., NIM A 638 (2011) 134 - 142

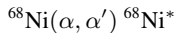
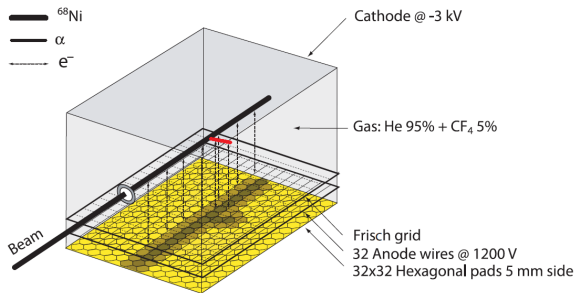
N.B. Dipende dai settaggi dell'apparato

Frammento fermato nei **rivelatori ancillari**:

$\Delta E - E \rightarrow$ identificazione in carica



Un esempio di esperimento realizzato con MAYA



Fascio di ^{68}Ni @ $E = 50$ A MeV

^{70}Zn @ $E = 62.3$ A MeV

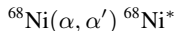
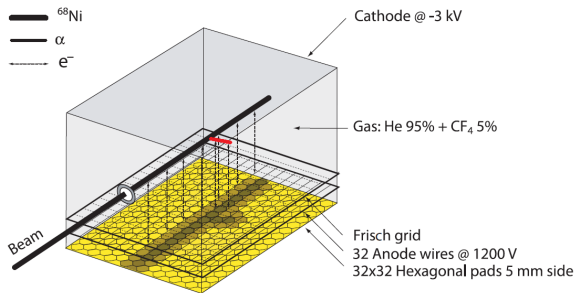
^9Be , $t = 29$ mg/cm²

$i = 4000$ pps

Gas: He (95%) + CF_4 (5%),

$P = 500$ mbar

Un esempio di esperimento realizzato con MAYA



Fascio di ^{68}Ni @ $E = 50$ A MeV

^{70}Zn @ $E = 62.3$ A MeV

^9Be , $t = 29$ mg/cm²

$i = 4000$ pps

Gas: He (95%) + CF_4 (5%),

$P = 500$ mbar

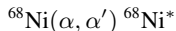
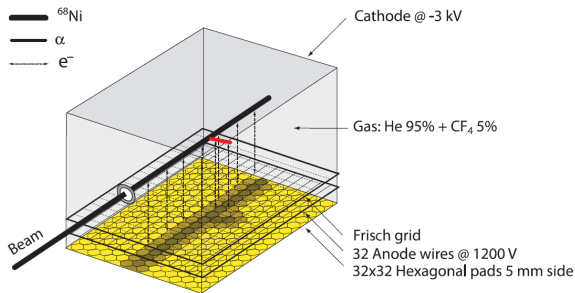
$$\theta_L = 0^\circ \div 90^\circ \leftrightarrow \theta_{CM} = 1^\circ \div 10^\circ$$

Grosse variazioni $\theta_L \leftrightarrow$ Piccole variazioni θ_{CM}

$$E_\alpha^{rec} = (0.3 \div 4) \text{ MeV}$$

$$R_\alpha = 3 \div 28 \text{ cm}$$

Un esempio di esperimento realizzato con MAYA



Fascio di ^{68}Ni @ $E = 50$ A MeV

^{70}Zn @ $E = 62.3$ A MeV

^9Be , $t = 29$ mg/cm²

$i = 4000$ pps

Gas: He (95%) + CF_4 (5%),

$P = 500$ mbar

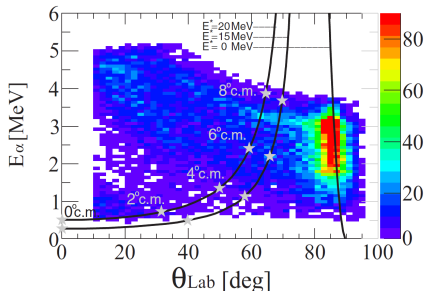
$$\theta_L = 0^\circ \div 90^\circ \leftrightarrow \theta_{CM} = 1^\circ \div 10^\circ$$

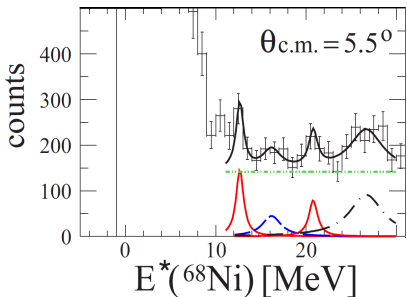
Grosse variazioni $\theta_L \leftrightarrow$ Piccole variazioni θ_{CM}

$$E_\alpha^{rec} = (0.3 \div 4) \text{ MeV}$$

$$R_\alpha = 3 \div 28 \text{ cm}$$

Identificazione del processo
 mediante le curve cinematiche





$$E_{\text{Ni}}^* = E_{\text{int}} - E_\alpha - E_{\text{Ni}}$$

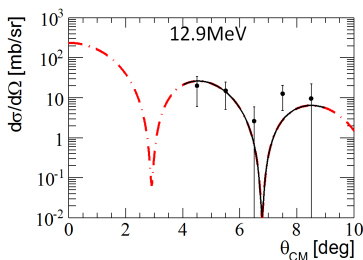
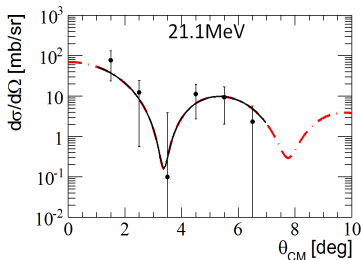
Distribuzioni angolari

Evoluzione dell'intensità del picco associato ad ogni transizione individuata al variare di θ_{CM}

Confronto con le distribuzioni attese in *Distorted Wave Born Approximation*

$E = 21.1 \text{ MeV}$: risonanza isoscalare gigante di monopolo (ISGMR)

$E = 12.9 \text{ MeV}$: *soft* ISGMR (prima evidenza)



Risultati importanti nella fisica dei fasci esotici ottenuti da MAYA:

- $^{68}\text{Ni}(\alpha, \alpha') ^{68}\text{Ni}^*$ *M. Vandebrouck, et al., PRL 113, 032504 (2014)*
- $^{11}\text{Li}(p, ^3\text{H}) ^9\text{Li}$ *I. Tanihata, et al., PRL 100, 192502 (2008)*
- E non solo questi ...

Risultati importanti nella fisica dei fasci esotici ottenuti da MAYA:

- $^{68}\text{Ni}(\alpha, \alpha') ^{68}\text{Ni}^*$ *M. Vandebrouck, et al., PRL 113, 032504 (2014)*
- $^{11}\text{Li}(p, ^3\text{H}) ^9\text{Li}$ *I. Tanihata, et al., PRL 100, 192502 (2008)*
- E non solo questi ...

Sviluppo di una **seconda** generazione di bersagli attivi

Obiettivo: **miglioramento della risoluzione spaziale**

Risultati importanti nella fisica dei fasci esotici ottenuti da MAYA:

- $^{68}\text{Ni}(\alpha, \alpha') ^{68}\text{Ni}^*$ *M. Vandebrouck, et al., PRL 113, 032504 (2014)*
- $^{11}\text{Li}(p, ^3\text{H}) ^9\text{Li}$ *I. Tanihata, et al., PRL 100, 192502 (2008)*
- E non solo questi ...

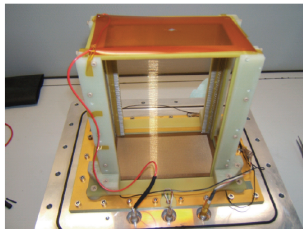
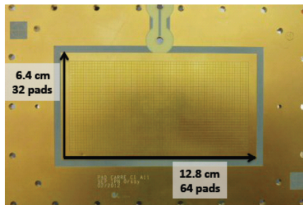
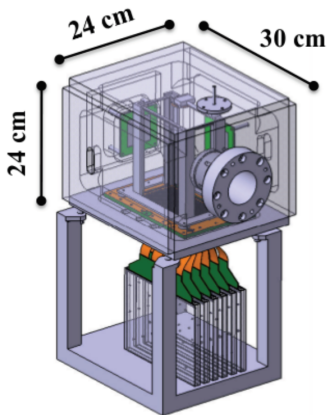
Sviluppo di una **seconda** generazione di bersagli attivi

Obiettivo: **miglioramento della risoluzione spaziale**

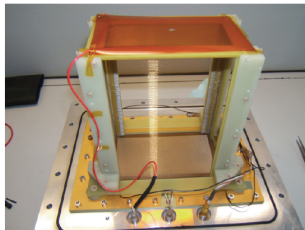
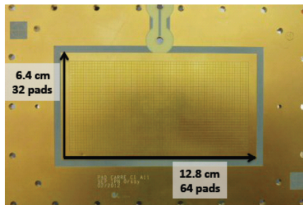
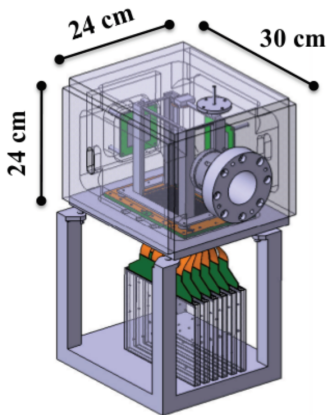
- Riduzione delle dimensioni del singolo pad
- Aumento del numero dei segmenti del *pad plane*
- Sistema di moltiplicazione basato sulle *micromegas*
- Sviluppo di un'elettronica specifica per i bersagli attivi (**GET**)

Seconda generazione di bersagli attivi

ATS: Active Target for SPES [T. Roger, et al., NIM A 895 (2018) 126 - 134]

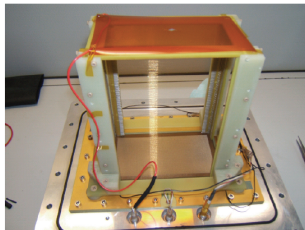
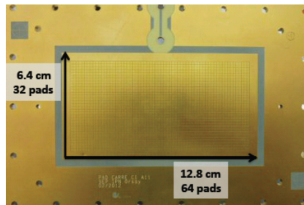
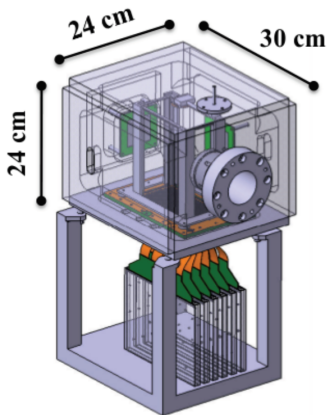


ATS: Active Target for SPES [T. Roger, et al., NIM A 895 (2018) 126 - 134]



Futuro di ATS: fisica dei fasci esotici @ SPES, Laboratori Nazionali di Legnaro

ATS: Active Target for SPES [T. Roger, et al., NIM A 895 (2018) 126 - 134]



Futuro di ATS: fisica dei fasci esotici @ SPES, Laboratori Nazionali di Legnaro

Prima di SPES: **esperimenti** e **test** ai Laboratori Nazionali del Sud

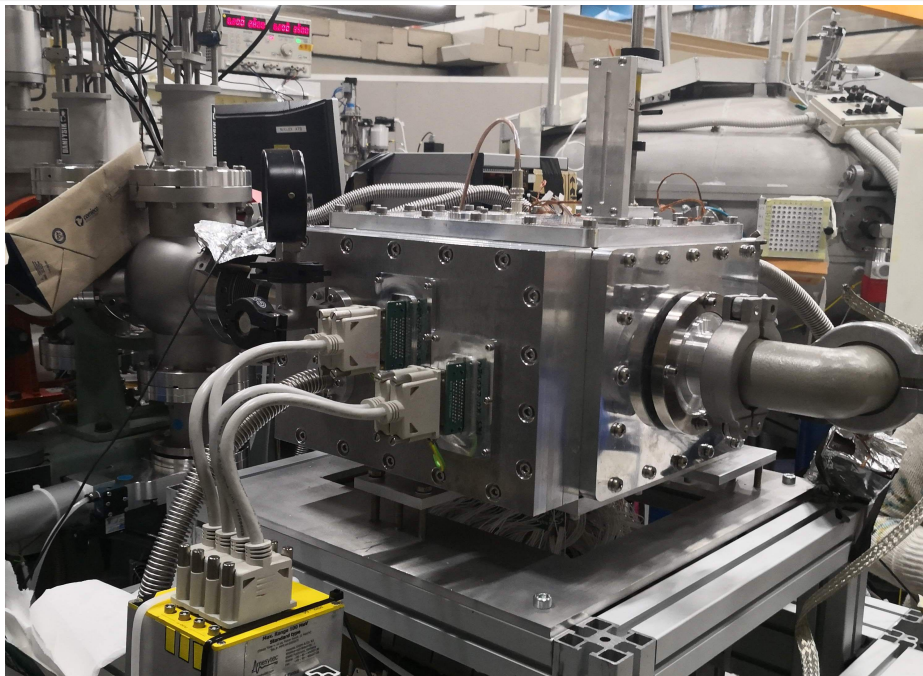
- $^{20}\text{Ne}(\alpha, \alpha') ^{20}\text{Ne}^*$ @ $E = 60 \text{ A MeV}$
Studio del *breathing mode* del ^{20}Ne

- $^{20}\text{Ne}(\alpha, \alpha') ^{20}\text{Ne}^*$ @ $E = 60$ AMeV
Studio del *breathing mode* del ^{20}Ne
- $^{136}\text{Xe}(d, p) ^{137}\text{Xe}$, @ $E = 10$ AMeV
Test per il bersaglio attivo con un fascio ad alto Z ($Z_{\text{Xe}} = 54$) per studiare il comportamento dell'apparato in situazioni di alta ionizzazione (accorgimenti per il ricircolo del gas, saturazione dell'elettronica)

- $^{20}\text{Ne}(\alpha, \alpha') ^{20}\text{Ne}^*$ @ $E = 60$ AMeV
Studio del *breathing mode* del ^{20}Ne
- $^{136}\text{Xe}(d, p) ^{137}\text{Xe}$, @ $E = 10$ AMeV
Test per il bersaglio attivo con un fascio ad alto Z ($Z_{\text{Xe}} = 54$) per studiare il comportamento dell'apparato in situazioni di alta ionizzazione (accorgimenti per il ricircolo del gas, saturazione dell'elettronica)
- $^{136}\text{Xe}(d, ^3\text{He}) ^{135}\text{I}$ @ $E = 10$ AMeV
Misura degli stati eccitati di ^{135}I , noti solo tramite decadimento β di ^{135}Te

- $^{20}\text{Ne}(\alpha, \alpha') ^{20}\text{Ne}^*$ @ $E = 60$ AMeV
Studio del *breathing mode* del ^{20}Ne
- $^{136}\text{Xe}(d, p) ^{137}\text{Xe}$, @ $E = 10$ AMeV
Test per il bersaglio attivo con un fascio ad alto Z ($Z_{\text{Xe}} = 54$) per studiare il comportamento dell'apparato in situazioni di alta ionizzazione (accorgimenti per il ricircolo del gas, saturazione dell'elettronica)
- $^{136}\text{Xe}(d, ^3\text{He}) ^{135}\text{I}$ @ $E = 10$ AMeV
Misura degli stati eccitati di ^{135}I , noti solo tramite decadimento β di ^{135}Te
- $^{208}\text{Pb}(d, p) ^{209}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}(\alpha, p) ^{211}\text{Bi}$ @ $E = 15$ AMeV
Fissione indotta tramite trasferimento di nucleoni per determinare la barriera di fissione di nuclei pesanti a bassa energia

Test ai Laboratori Nazionali del Sud con ATS (dicembre 2018)



Caratterizzazione dell'apparato

Caratterizzazione dell'apparato

Misura dei **profili** di perdita di energia nei gas di alcuni nuclei stabili, dal Li al Ti, per confronto fra i modelli e le parametrizzazioni e i dati sperimentali

Caratterizzazione dell'apparato

Misura dei **profili** di perdita di energia nei gas di alcuni nuclei stabili, dal Li al Ti, per confronto fra i modelli e le parametrizzazioni e i dati sperimentali

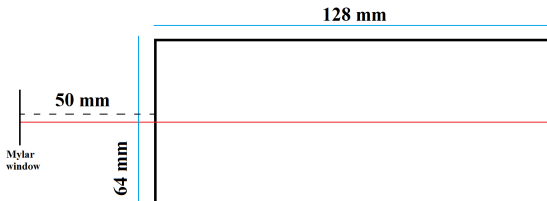
Ricombinazione con gli elettroni nel mezzo per ioni a bassa velocità

Caratterizzazione dell'apparato

Misura dei **profili** di perdita di energia nei gas di alcuni nuclei stabili, dal Li al Ti, per confronto fra i modelli e le parametrizzazioni e i dati sperimentali

Ricombinazione con gli elettroni nel mezzo per ioni a bassa velocità

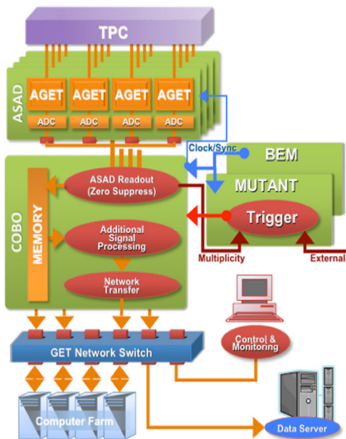
Non solo: ogni bersaglio attivo ha una regione di gas non attivo



La zona inattiva influisce sul calcolo dell'energia persa dal fascio e sulla stima dell'energia a cui avviene una reazione

Elettronica di misura & *Micromegas*

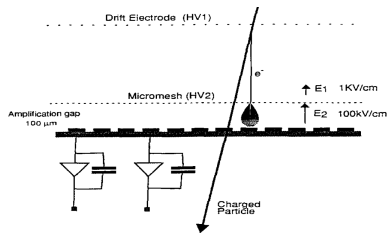
GET: General Electronics for Time Projection Chambers



- Elettronica specifica per TPCs (*Time Projection Chambers*) e bersagli attivi
- Gestione di un elevato numero dei canali (fino a 30k), altamente integrata
- Elettronica digitale

*E. Pollacco et al.,
Phys. Proc. 37 (2012) 1799 - 1804*

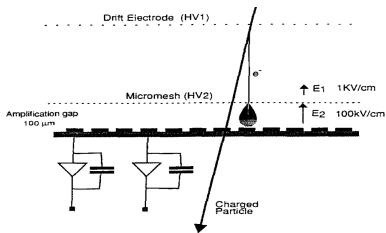
*J. Giovinanza et al.,
NIM A 840 (2016) 15-27*



Schematizzazione delle *micromegas*

Valanga **localizzata** in una regione molto sottile $\sim 100\ \mu\text{m}$

Il fattore di moltiplicazione **dipende** dallo spessore



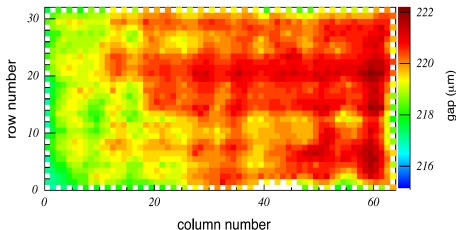
Schematizzazione delle *micromegas*

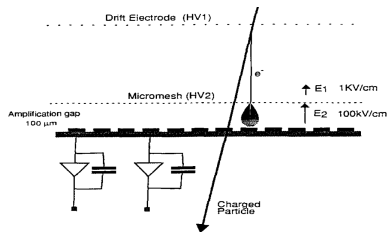
Valanga **localizzata** in una regione molto sottile $\sim 100 \mu\text{m}$

Il fattore di moltiplicazione **dipende** dallo spessore

Scansione dello spessore **locale** delle *micromegas* utilizzate in ATS usando una sorgente monocromatica di raggi X
 \Rightarrow Stessa carica primaria prodotta

[T. Roger, et al., NIM A 895 (2018) 126 - 134]





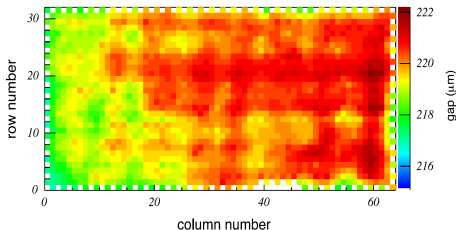
Schematizzazione delle *micromegas*

Valanga **localizzata** in una regione molto sottile $\sim 100 \mu\text{m}$

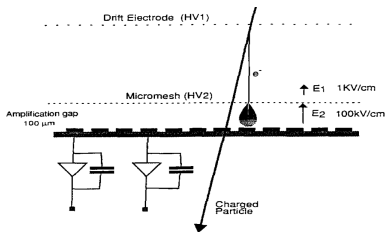
Il fattore di moltiplicazione **dipende** dallo spessore

Scansione dello spessore **locale** delle *micromegas* utilizzate in ATS usando una sorgente monocromatica di raggi X
 \Rightarrow Stessa carica primaria prodotta

[T. Roger, et al., NIM A 895 (2018) 126 - 134]



Variazioni guadagni dovute allo spessore $\sim 1\%$ < Variazioni canale per canale $\sim 10\%$



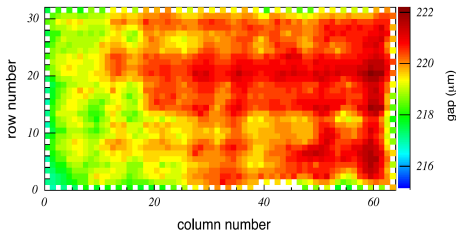
Schematizzazione delle *micromegas*

Valanga **localizzata** in una regione molto sottile $\sim 100 \mu\text{m}$

Il fattore di moltiplicazione **dipende** dallo spessore

Scansione dello spessore **locale** delle *micromegas* utilizzate in ATS usando una sorgente monocromatica di raggi X
 \Rightarrow Stessa carica primaria prodotta

[T. Roger, et al., NIM A 895 (2018) 126 - 134]



Variazioni guadagni dovute allo spessore $\sim 1\% <$ Variazioni canale per canale $\sim 10\%$

\Rightarrow Equalizzazione dei guadagni della **sola** catena elettronica

\Rightarrow Misura con un **pulsar** esterno

Analisi Dati

Studio delle tracce acquisite

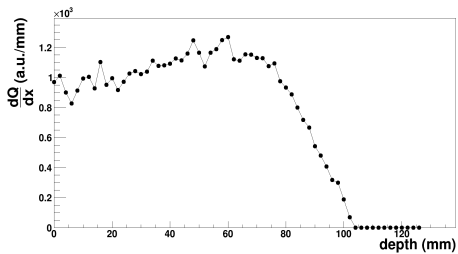
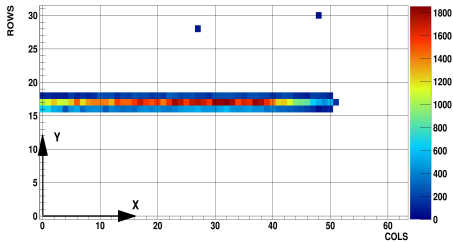
Uso un bersaglio attivo per misurare la perdita di energia nei gas

Uso un bersaglio attivo per misurare la perdita di energia nei gas

→ **Escludo** qualunque reazione

Uso un bersaglio attivo per misurare la perdita di energia nei gas

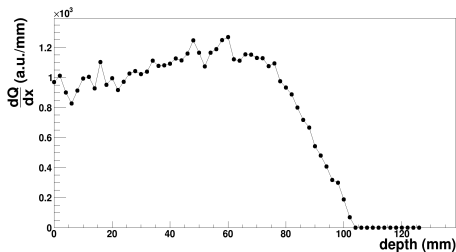
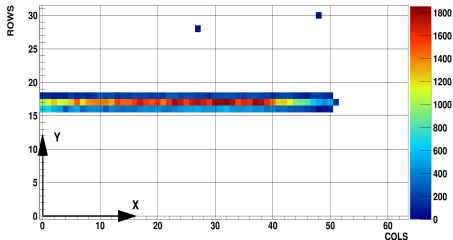
→ **Escludo** qualunque reazione



Analisi Dati: selezione degli eventi

Uso un bersaglio attivo per misurare la perdita di energia nei gas

→ **Escludo** qualunque reazione



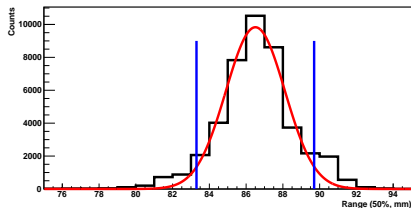
Selezione degli eventi basata su

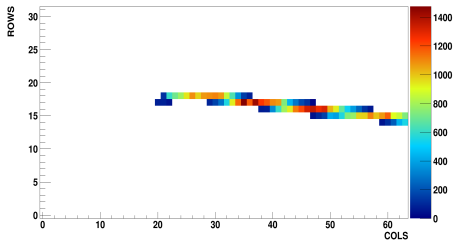
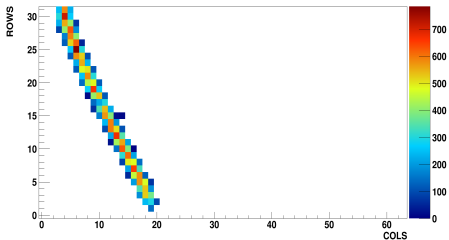
carica totale:

nessuna eccitazione del proiettile emessa in seguito come radiazione γ

numero di pads e range:

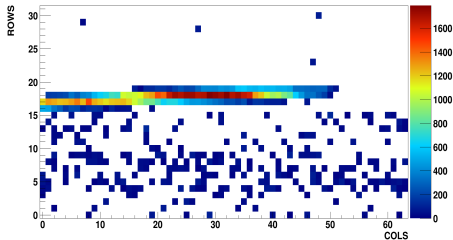
traccia di larghezza e lunghezza fissate





Eventi **non** corrispondenti ad uno ione che perde energia e si ferma

Rumore acquisito assieme alla traccia



Non devo ricostruire un vertice d'interazione \Rightarrow Non ho bisogno di ricavare z

Non devo ricostruire un vertice d'interazione \Rightarrow Non ho bisogno di ricavare z

La diffusione termica **può aumentare** la larghezza della traccia acquisita dal *pad plane* durante il moto di deriva.

Non devo ricostruire un vertice d'interazione \Rightarrow Non ho bisogno di ricavare z

La diffusione termica **può aumentare** la larghezza della traccia acquisita dal *pad plane* durante il moto di deriva.

Gas: CF_4 , $P = 69.6$ mbar, $T = 20$ °C

Campo di *drift*: $E_D = 44.1$ V/cm

$\rightarrow v_D = 91.46$ μm , $D_T = 7 \cdot 10^3$ cm^2/s

$t_D \sim \frac{h}{v_D} \sim 1$ μs , con $h \sim 10$ cm

$\sigma_T = \sqrt{2D_T t_D} \sim 1$ mm

Effetto della diffusione sulla larghezza della traccia

Non devo ricostruire un vertice d'interazione \Rightarrow Non ho bisogno di ricavare z

La diffusione termica **può aumentare** la larghezza della traccia acquisita dal *pad plane* durante il moto di deriva.

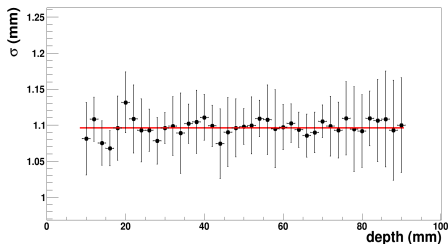
Gas: CF_4 , $P = 69.6$ mbar, $T = 20$ °C

Campo di *drift*: $E_D = 44.1$ V/cm

$\rightarrow v_D = 91.46$ μm , $D_T = 7 \cdot 10^3$ cm^2/s

$t_D \sim \frac{h}{v_D} \sim 1$ μs , con $h \sim 10$ cm

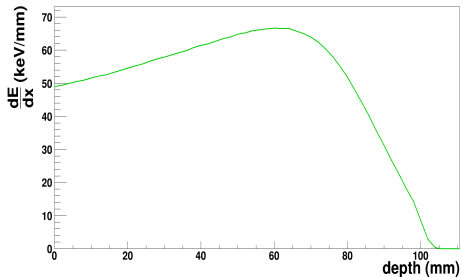
$\sigma_T = \sqrt{2D_T t_D} \sim 1$ mm



σ_T (fit) $\simeq 1.1$ mm

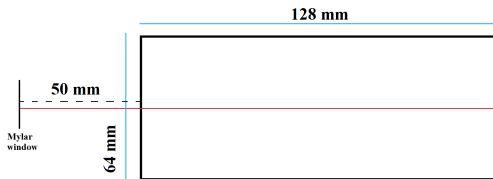
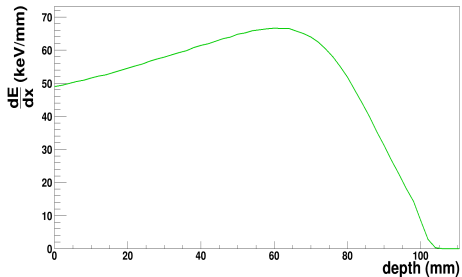
Pad: 2×2 $\text{mm}^2 \rightarrow$ Traccia larga 3 pad in media

Simulazione: 10k eventi per ogni coppia
gas/ione mediante **TRIM**
(*TR*ansport of *I*on in *M*atter)



Simulazione: 10k eventi per ogni coppia gas/ione mediante **TRIM**
(*TR*ansport of *I*on in *M*atter)

ATTENZIONE

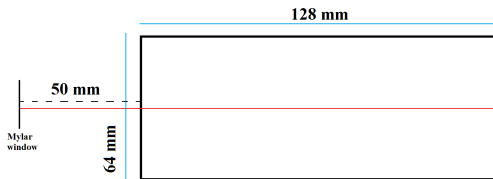
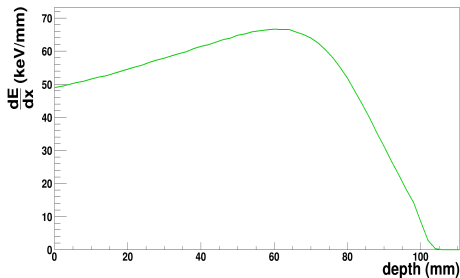


Simulazione: 10k eventi per ogni coppia gas/ione mediante **TRIM**
(*TR*ansport of *I*on in *M*atter)

ATTENZIONE

Tra la finestra e il *pad plane* ci sono
50 mm di gas **non attivo**

Il fascio attraversa una finestra di *Mylar* di
 $6\ \mu\text{m}$ prima di entrare nella camera in cui
si trova il gas



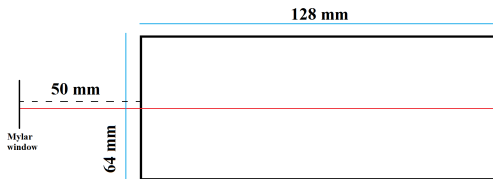
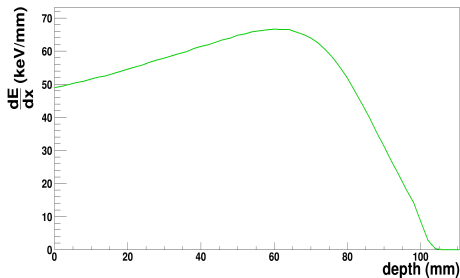
Simulazione: 10k eventi per ogni coppia gas/ione mediante **TRIM**
(*TR*ansport of *I*on in *M*atter)

ATTENZIONE

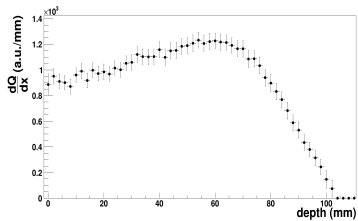
Tra la finestra e il *pad plane* ci sono
50 mm di gas **non attivo**

Il fascio attraversa una finestra di *Mylar* di
 $6\ \mu\text{m}$ prima di entrare nella camera in cui
si trova il gas

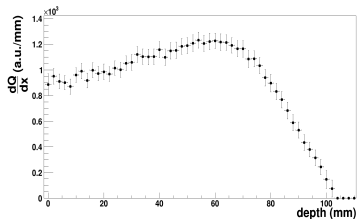
TRIM **non** prende in considerazione il
trasporto degli elettroni primari



Profilo medio



Profilo medio

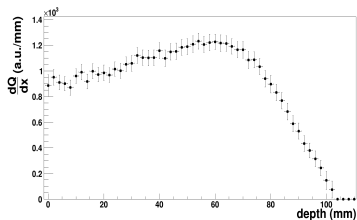


Canali di elettronica **equalizzati** tramite pulser

Fattore di calibrazione uguale per tutti i pads

⇒ Fattore uguale per tutti i punti del profilo

Profilo medio



Canali di elettronica **equalizzati** tramite pulser

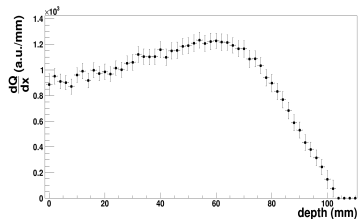
Fattore di calibrazione uguale per tutti i pads

⇒ Fattore uguale per tutti i punti del profilo

Ho informazioni sull'**intero** profilo di perdita di energia

⇒ Sfrutto l'**intera** forma per eseguire la calibrazione

Profilo medio



Canali di elettronica **equalizzati** tramite pulser

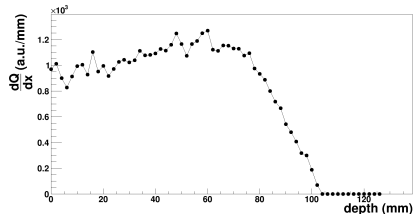
Fattore di calibrazione uguale per tutti i pads

⇒ Fattore uguale per tutti i punti del profilo

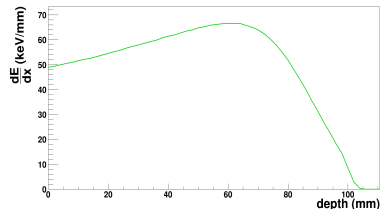
Ho informazioni sull'**intero** profilo di perdita di energia

⇒ Sfrutto l'**intera** forma per eseguire la calibrazione

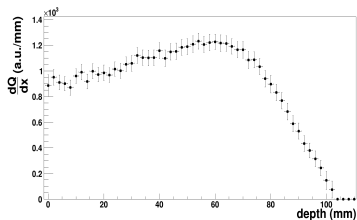
Singolo profilo



Profilo ottenuto da TRIM



Profilo medio



Canali di elettronica **equalizzati** tramite pulser

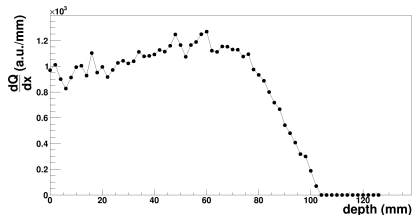
Fattore di calibrazione uguale per tutti i pads

⇒ Fattore uguale per tutti i punti del profilo

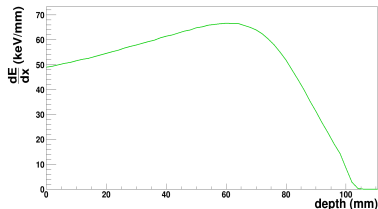
Ho informazioni sull'**intero** profilo di perdita di energia

⇒ Sfrutto l'**intera** forma per eseguire la calibrazione

Singolo profilo

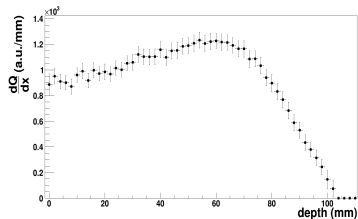


Profilo ottenuto da TRIM



$$\varepsilon = \sum_i [C_D^{(ev)} \cdot S_{ATS}^{(ev)}(x_i) - S_{TRIM}(x_i)]^2 = \min$$

Profilo medio



Canali di elettronica **equalizzati** tramite pulser

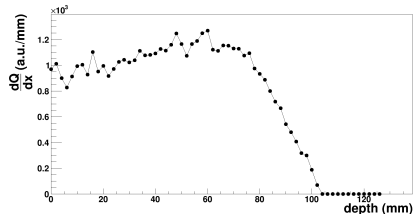
Fattore di calibrazione uguale per tutti i pads

\Rightarrow Fattore uguale per tutti i punti del profilo

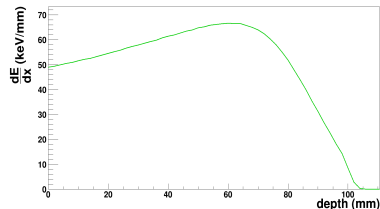
Ho informazioni sull'**intero** profilo di perdita di energia

\Rightarrow Sfrutto l'**intera** forma per eseguire la calibrazione

Singolo profilo



Profilo ottenuto da TRIM



$$\varepsilon = \sum_i [C_D^{(ev)} \cdot S_{ATS}^{(ev)}(x_i) - S_{TRIM}(x_i)]^2 = \min \implies C_D : \text{centroide della distribuzione dei } C_D^{(ev)}$$

Durante una misurazione, il sistema che regola la pressione del gas e la catena elettronica **non** devono presentare instabilità significative rispetto alla risoluzione dell'apparato

Durante una misurazione, il sistema che regola la pressione del gas e la catena elettronica **non** devono presentare instabilità significative rispetto alla risoluzione dell'apparato

Controlli effettuati:

scarto della carica e del *range* rispetto al valor medio in funzione del numero di evento

Durante una misurazione, il sistema che regola la pressione del gas e la catena elettronica **non** devono presentare instabilità significative rispetto alla risoluzione dell'apparato

Controlli effettuati:

scarto della carica e del *range* rispetto al valor medio in funzione del numero di evento

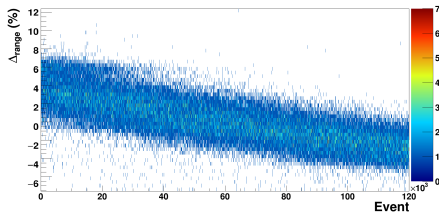
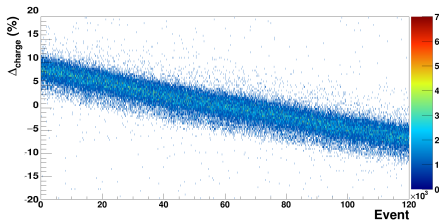
Esempio (negativo): ^{11}B a $E = 33 \text{ MeV}$, CF_4 a $P = 150.7 \text{ mbar}$, $\Delta P = 6.3 \text{ mbar}$ ($\sim 4.2\%$)

Durante una misurazione, il sistema che regola la pressione del gas e la catena elettronica **non** devono presentare instabilità significative rispetto alla risoluzione dell'apparato

Controlli effettuati:

scarto della carica e del *range* rispetto al valor medio in funzione del numero di evento

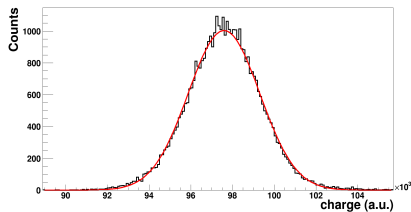
Esempio (negativo): ^{11}B a $E = 33$ MeV, CF_4 a $P = 150.7$ mbar, $\Delta P = 6.3$ mbar ($\sim 4.2\%$)



PRESENTAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

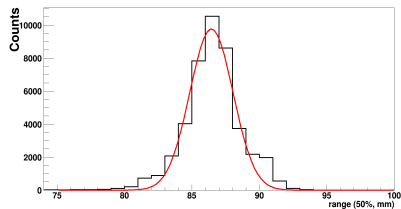
Distribuzione della **carica totale**

$$R_{\text{charge}} = 4.1\%$$

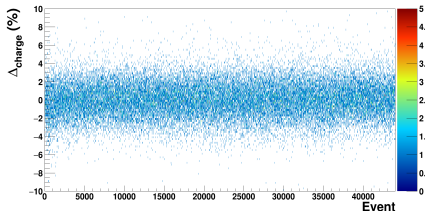


Distribuzione del **range**

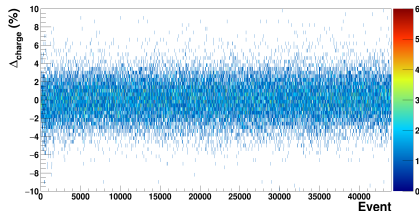
$$R_{\text{range}} = 5.2\%$$



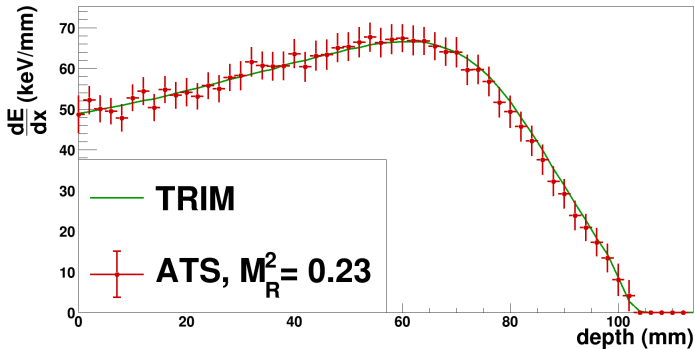
Δ_{charge} vs. evento



Δ_{range} vs. evento



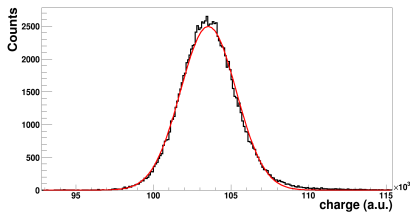
Confronto tra i profili



$$M_R^2 = \frac{1}{N} \sum_i \left[\frac{S_{ATS}(x_i) - S_{TRIM}(x_i)}{\sigma_{ATS}(x_i)} \right]^2$$

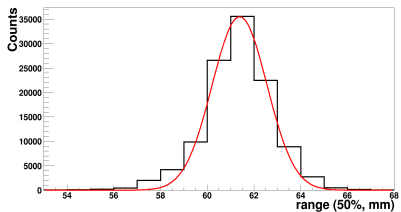
Distribuzione della **carica totale**

$$R_{\text{charge}} = 4.1\%$$

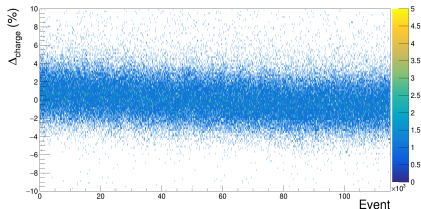


Distribuzione del **range**

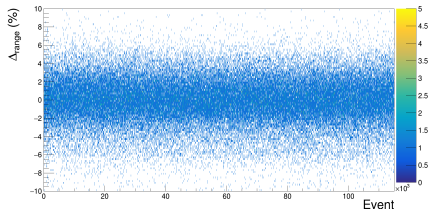
$$R_{\text{range}} = 5.2\%$$



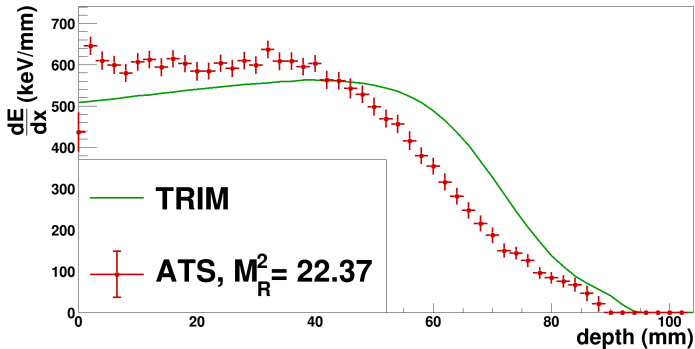
Δ_{charge} vs. evento



Δ_{range} vs. evento



Confronto tra i profili



$$M_R^2 = \frac{1}{N} \sum_i^N \left[\frac{S_{ATS}(x_i) - S_{TRIM}(x_i)}{\sigma_{ATS}(x_i)} \right]^2$$

CF ₄			
Ione	E (MeV)	P (mbar)	M _R ²
⁶ Li	9	69,6	0,23
¹² C	36	140	3,13
¹⁴ N	42	144	0,78
¹⁶ O	45	107,4	1,23
²⁷ Al	75	101	22,37

CF ₄			
Ione	E (MeV)	P (mbar)	M _R ²
⁶ Li	9	69,6	0,23
¹² C	36	140	3,13
¹⁴ N	42	144	0,78
¹⁶ O	45	107,4	1,23
²⁷ Al	75	101	22,37

In tabella **non** sono stati riportati:

I risultati per le coppie ione/CF₄ per cui sono state riscontrate significative instabilità nel sistema

Il risultato per lo ione ⁵⁰Ti: l'analisi è ancora in corso.

Situazione analoga al ²⁷Al?

CF ₄			
Ione	E (MeV)	P (mbar)	M _R ²
⁶ Li	9	69,6	0,23
¹² C	36	140	3,13
¹⁴ N	42	144	0,78
¹⁶ O	45	107,4	1,23
²⁷ Al	75	101	22,37

In tabella **non** sono stati riportati:

I risultati per le coppie ione/CF₄ per cui sono state riscontrate significative instabilità nel sistema

Il risultato per lo ione ⁵⁰Ti: l'analisi è ancora in corso.

Situazione analoga al ²⁷Al?

Altri dati a disposizione

Profili di perdita di energia in P10 (Ar, 90%, CH₄, 10%) e in iC₄H₁₀

Analisi in corso

- Tematiche affrontate dalla Fisica Nucleare moderna
⇒ Bersaglio attivo: strumento *ottimale* per lo studio dei nuclei esotici

- Tematiche affrontate dalla Fisica Nucleare moderna
⇒ Bersaglio attivo: strumento *ottimale* per lo studio dei nuclei esotici
- Test ai Laboratori Nazionali del Sud
Conoscenza accurata dei profili **indispensabile**
per esperimenti con un bersaglio attivo

- Tematiche affrontate dalla Fisica Nucleare moderna
⇒ Bersaglio attivo: strumento *ottimale* per lo studio dei nuclei esotici
- Test ai Laboratori Nazionali del Sud
Conoscenza accurata dei profili **indispensabile**
per esperimenti con un bersaglio attivo
- Analisi Dati:
 - Selezione degli eventi basata su caratteristiche intrinseche della traccia
 - Simulazione del profilo di perdita di energia usando TRIM
 - Calibrazione in energia sfruttando la conoscenza della forma del profilo

- Tematiche affrontate dalla Fisica Nucleare moderna
⇒ Bersaglio attivo: strumento *ottimale* per lo studio dei nuclei esotici
- Test ai Laboratori Nazionali del Sud
Conoscenza accurata dei profili **indispensabile**
per esperimenti con un bersaglio attivo
- Analisi Dati:
 - Selezione degli eventi basata su caratteristiche intrinseche della traccia
 - Simulazione del profilo di perdita di energia usando TRIM
 - Calibrazione in energia sfruttando la conoscenza della forma del profilo
- Presentazione di due situazioni “opposte”: ${}^6\text{Li}$ e ${}^{27}\text{Al}$

- Esperimento vs. Simulazione:
perché in alcuni casi c'è accordo e in altri no?

- Esperimento vs. Simulazione:
perché in alcuni casi c'è accordo e in altri no?
⇒ ^{27}Al è un osservato speciale:
discrepanze molto evidenti tra esperimento e modello

- Esperimento vs. Simulazione:
perché in alcuni casi c'è accordo e in altri no?
⇒ ^{27}Al è un osservato speciale:
discrepanze molto evidenti tra esperimento e modello
- Analisi di ^{50}Ti

- Esperimento vs. Simulazione:
perché in alcuni casi c'è accordo e in altri no?
⇒ ^{27}Al è un osservato speciale:
discrepanze molto evidenti tra esperimento e modello
- Analisi di ^{50}Ti
- Simulazione con GEANT4 dell'apparato
⇒ Inclusione di effetti che TRIM non considera:
diffusione termica, trasporto degli elettroni primari...

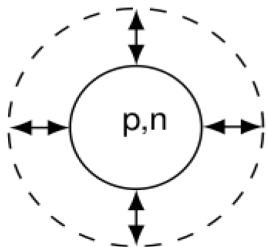
- Esperimento vs. Simulazione:
perché in alcuni casi c'è accordo e in altri no?
⇒ ^{27}Al è un osservato speciale:
discrepanze molto evidenti tra esperimento e modello
- Analisi di ^{50}Ti
- Simulazione con GEANT4 dell'apparato
⇒ Inclusione di effetti che TRIM non considera:
diffusione termica, trasporto degli elettroni primari...
- Analisi di altre combinazioni gas/ione

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

BACKUP

$^{68}\text{Ni}(\alpha, \alpha') ^{68}\text{Ni}^*$, $E = 50\text{AMeV}$ [M. Vandebrouck, et al., PRL 113, 032504 (2014)]

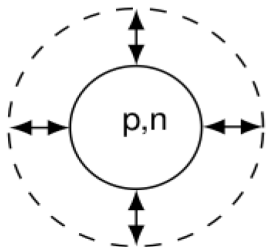
Studio della **risonanza isoscalare gigante** (ISGMR, *breathing mode*),
dell'isotopo *neutron rich* ^{68}Ni



ISGMR

$^{68}\text{Ni}(\alpha, \alpha') ^{68}\text{Ni}^*$, $E = 50\text{AMeV}$ [M. Vandebrouck, et al., PRL 113, 032504 (2014)]

Studio della **risonanza isoscalare gigante** (ISGMR, *breathing mode*), dell'isotopo *neutron rich* ^{68}Ni

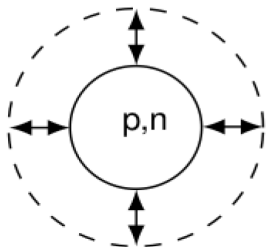


ISGMR

Misurare l'energia della ISGMR permette di estrarre informazioni sui modi di compressione/espansione della materia nucleare

$^{68}\text{Ni}(\alpha, \alpha') ^{68}\text{Ni}^*$, $E = 50\text{AMeV}$ [*M. Vandebrouck, et al., PRL 113, 032504 (2014)*]

Studio della **risonanza isoscalare gigante** (ISGMR, *breathing mode*), dell'isotopo *neutron rich* ^{68}Ni

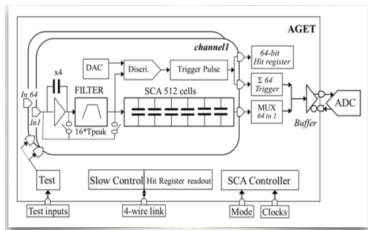


ISGMR

Misurare l'energia della ISGMR permette di estrarre informazioni sui modi di compressione/espansione della materia nucleare

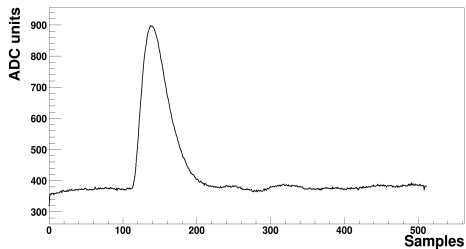
Posso aggiungere **vincoli** sperimentali sul parametro che, nell'equazione di stato, descrive l'incomprimibilità della materia nucleare

Applicazioni in altri ambiti, ad esempio lo studio della struttura delle stelle di neutroni



Chip integrato specifico per le TPCs

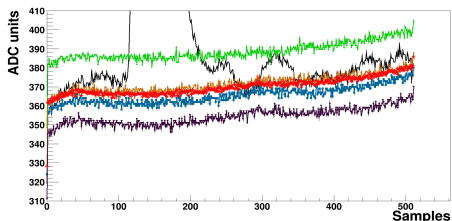
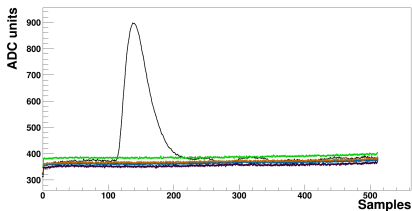
- 64 canali per AGET
- Memoria analogica (SCA)
512 celle (↔ campioni)
frequenza di scrittura variabile fino a 100 MHz
- **Evento** → stop scrittura SCA → **digitalizzazione**
- Segnali formati con costante di tempo selezionabile



Altri componenti

- **AsAd**: gestisce (fino a) 4 AGET e i convertitori analogico digitali (ADC)
- **CoBo**: gestisce (fino a) 4 AsAd, legge e trasferisce i dati
- **MuTanT**: trigger e sincronizzazione dei canali

1 AGET: 64 segnali fisici (**ampiezza** \propto carica raccolta \propto **energia rilasciata**) + 4 FPN



FPN: Fixed Pattern Noise \longrightarrow misura dei disturbi indotti fra i canali

Sottrazione della *baseline* dai segnali fisici [J. Giovanazzo, et al., NIM A 840 (2016) 15-27]

- AGET $\longrightarrow \hat{f}[n]$: media campione per campione dei quattro segnali FPN
- Per ogni $s[n]$ dell'AGET: $s_{corr}[n] = s[n] - \hat{f}[n]$
- Ampiezza del segnale $A = \max\{s_{corr}[n]\}$

1 pad \leftrightarrow 1 canale di ciascun AGET. In generale, i guadagni **di ciascun canale** sono differenti f_{xy} riferito ad un pad arbitrario (00): $\hat{A} = f_{xy} \cdot A \rightarrow$ **pulser** esterno, comune a tutti i pad

La non uniformità **locale** dello spessore delle *micromegas* è stata testata tramite una sorgente monoenergetica di raggi X

[T. Roger, et al., NIM A 895, (2018) 126 -134]

Sottrazione della *baseline*:

in questa situazione, la misura dei disturbi mediante i canali FPN **non** è corretta

[J. Giovinazzo, et al., NIM A 840 (2016) 15-27]

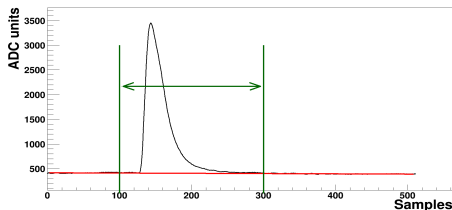
Scrittura *asincrona* della memoria analogica per segnali di pulser e FPN

Fit lineare dei campioni

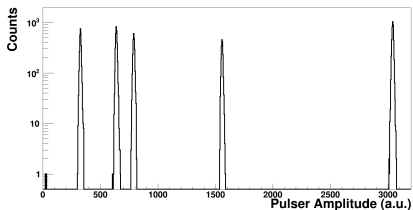
$$s_{corr}[n] = s_p[n] - L[n]$$

\rightarrow **Variazioni misurate** $< 1\%$

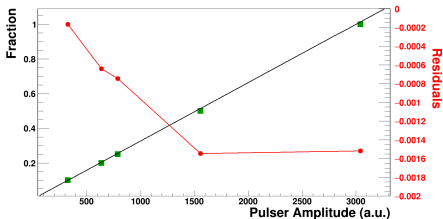
A parità di ampiezza del segnale in ingresso, **assumo** che le variazioni dell'ampiezza misurata nei segnali in uscita siano dovute **soltanto** alla catena elettronica



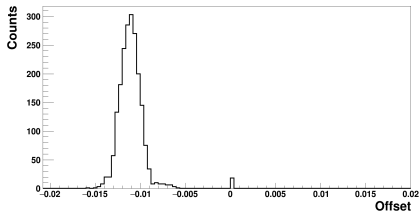
Pulser di diverse ampiezze



$$F = G_{xy} \cdot C + Q_{xy} \Rightarrow \boxed{f_{xy} = G_{xy}/G_{00}}$$



Sottratta la *baseline*, $Q_{xy} = 0$ per ogni x, y



Distribuzione degli f_{xy}

