

a **P**ayload for **A**ntimatter **M**atter **E**xploration
and **L**ight-nuclei **A**strophysics

Sviluppo dell'algoritmo per l'allineamento dello spettrometro magnetico di PAMELA

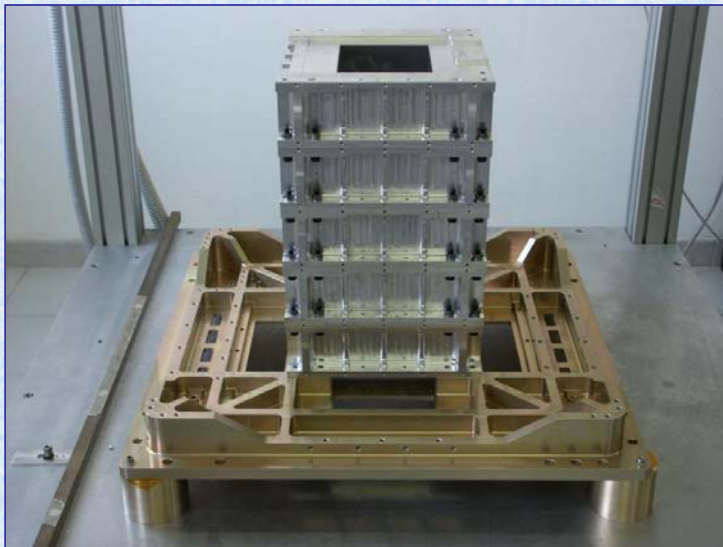
Francesca Giambi

Università degli Studi di Firenze

Congresso Nazionale SIF

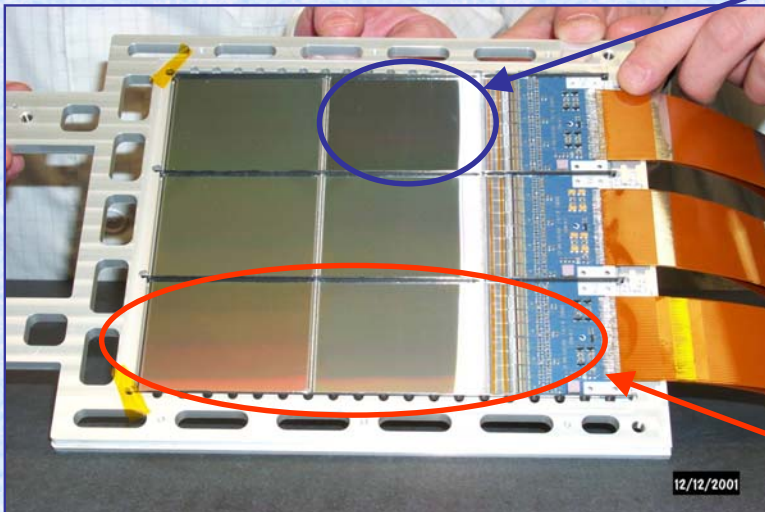
19 Settembre 2003

Lo spettrometro magnetico di PAMELA



Lo spettrometro magnetico è costituito da sei piani di rivelatori a microstrisce di silicio a doppia faccia immersi nel campo magnetico prodotto da un magnete permanente.

I 6 piani sono alternati ai 5 moduli che costituiscono il magnete.



sensore

Ogni piano è composto tra 3 *ladder* ciascuno dei quali è formato da 2 sensori e dalla scheda elettronica di acquisizione .

La risoluzione spaziale è di

~ $3\mu\text{m}$ lato X


~ $12\mu\text{m}$ lato Y

ladder

Misura dell'impulso

Misura della deflessione magnetica $\eta = \frac{1}{R}$ dove $R = \frac{p}{Ze}$

E' necessario:

- conoscere le posizioni reciproche dei piani rivelatori
- conoscere B all'interno della cavità  mappatura con Sonda di Hall

Il posizionamento dei rivelatori in fase di fissaggio introduce spostamenti che non permettono di conoscerne le reciproche posizioni.



necessità di calcolare i parametri che correggono il disallineamento dei sensori per avere una corretta ricostruzione della traccia.

L'accuratezza con cui vengono calcolati questi parametri deve essere tale da non vanificare la risoluzione spaziale del rivelatore.

Parametri di allineamento

$\vec{r}'_{ij} = (x'_{ij}, y'_{ij}, z'_{ij})$ coordinate misurate assumendo la posizione dei rivelatori in accordo con il progetto meccanico

$\vec{r}_{ij} = (x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$ coordinate reali

i -esimo piano
 j -esima traccia

La posizione reale dei rivelatori può essere individuata rispetto a quella ideale prevista del progetto meccanico attraverso rotazioni intorno al centro di ogni piano e traslazioni



$$\begin{cases} x_{ij} = x'_{ij} - \omega_i y'_{ij} + \Delta x_i \\ y_{ij} = \omega_i x'_{ij} + y'_{ij} + \Delta y_i \\ z_{ij} = -\gamma_i x'_{ij} + \beta_i y'_{ij} + z'_i + \Delta z_i \end{cases}$$

$$\vec{r}_{ij} = R_i \vec{r}'_{ij} + \vec{T}$$

al primo ordine




parametri rototraslatori

$$\vec{A} = (\omega_i, \beta_i, \gamma_i, \Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i)$$

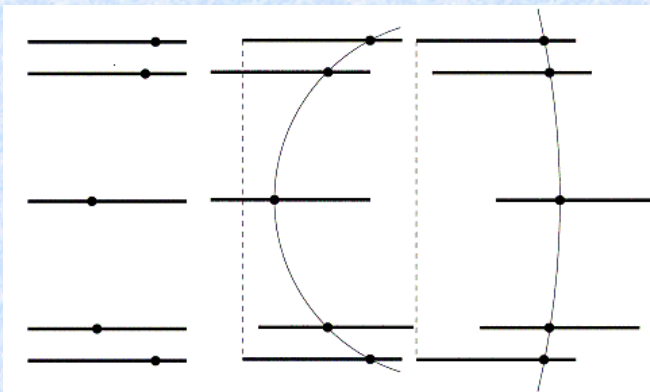
L' algoritmo di allineamento su fascio

Scopo dell'allineamento è determinare i parametri che individuano le posizioni di ciascun sensore di ogni piano:

$$\vec{A}^w = \left(\omega_k^w, \beta_k^w, \gamma_k^w, \Delta x_k^w, \Delta y_k^w, \Delta z_k^w \right) \quad \begin{array}{l} k = 1 \dots N \text{ piani} \\ w = 1 \dots 6 \text{ sensori} \end{array}$$

La presenza del campo magnetico permanente comporta la necessità di allineare con tracce curve.  algoritmo di tracciamento nel campo magnetico

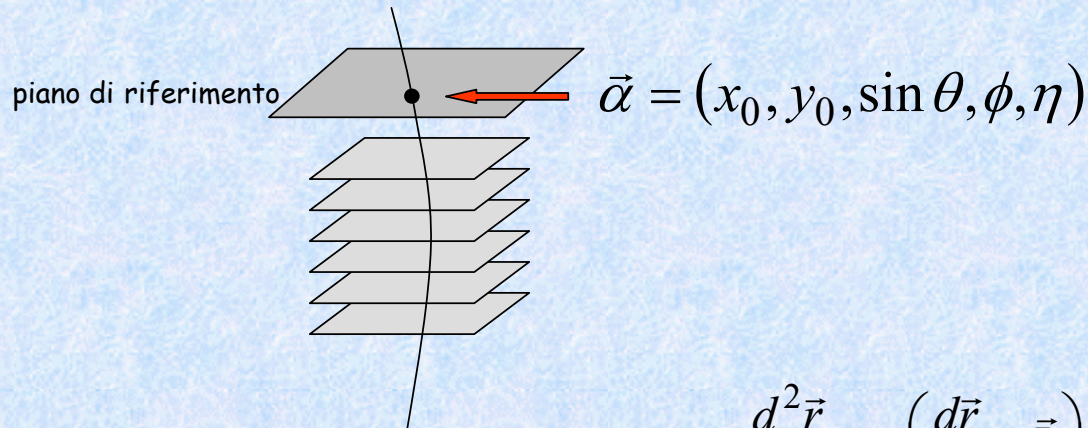
Per l'allineamento è necessaria la conoscenza dell'impulso della particella



valore nominale dell'impulso del fascio

L'algoritmo di tracciamento nel campo magnetico

1. Fissata una quota di riferimento z_0 si definisce il vettore di stato della traccia $\vec{\alpha}$



2. Integrazione numerica delle equazioni di moto $m\gamma \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = q \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \times \vec{B} \right)$
3. Intersezione della traccia con i piani per trovare le coordinate ricostruite $(\tilde{x}_{ij}(\vec{\alpha}), \tilde{y}_{ij}(\vec{\alpha}))$
4. Minimizzazione della somma dei quadrati degli scarti tra coordinate rototraslate e ricostruite:

N.B. : $\vec{\alpha}(\vec{A})$

$$\chi_j^2(\vec{\alpha}) = \sum_{i=1}^{N_{pl}} \left[\left(\frac{x_{ij}(\vec{\alpha}) - \tilde{x}_{ij}(\vec{\alpha})}{\sigma_{x_i}} \right)^2 + \left(\frac{y_{ij}(\vec{\alpha}) - \tilde{y}_{ij}(\vec{\alpha})}{\sigma_{y_i}} \right)^2 \right]$$

L' algoritmo di allineamento

Per un campione di N_{ev} eventi i parametri di allineamento vengono calcolati minimizzando la funzione:

$$\chi^2(\vec{A}) = \sum_{j=1}^{N_{ev}} \chi_j^2(\vec{A}) = \sum_{j=1}^{N_{ev}} \sum_{i=1}^{N_{pl}} \left[\left(\frac{x_{ij}(\vec{A}) - \tilde{x}_{ij}(\vec{A})}{\sigma_{x_i}} \right)^2 + \left(\frac{y_{ij}(\vec{A}) - \tilde{y}_{ij}(\vec{A})}{\sigma_{y_i}} \right)^2 \right]$$

La procedura è stata applicata ai dati dei *test beam* 2000 e 2002 su pioni di diverso impulso.

Il valore dell'impulso utilizzato è quello nominale del fascio.

l'errore stimato con cui vengono calcolati i parametri di allineamento su 100 eventi

è $< 1\mu m$ \Rightarrow ciò permette di sfruttare completamente la risoluzione dei rivelatori a disposizione ($\sigma_x = 3\mu m$)

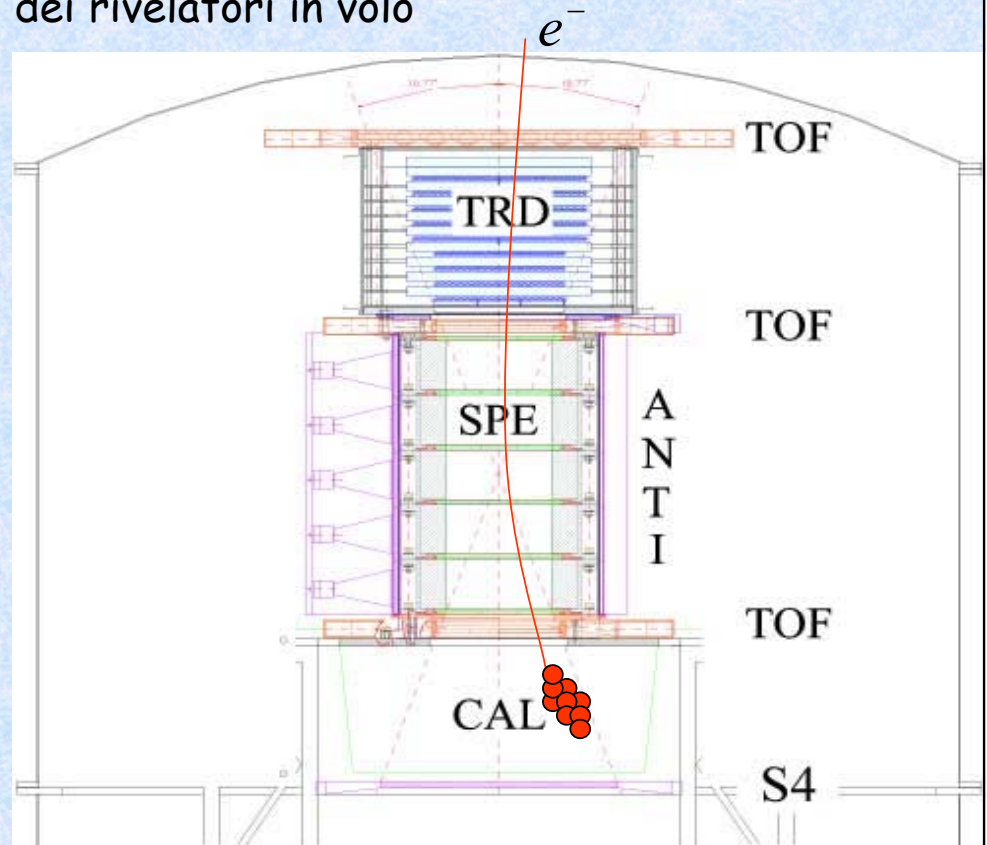
Controllo dei parametri di allineamento in volo

Durante la fase di lancio in orbita lo spettrometro magnetico sarà sottoposto a sollecitazioni meccaniche



necessità di controllare e correggere eventuali disallineamenti dei rivelatori in volo

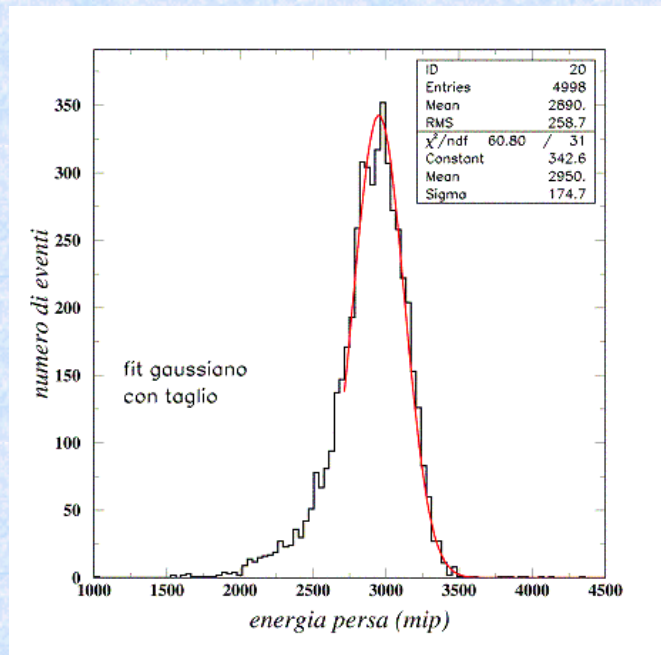
Il controllo avverrà applicando la procedura di allineamento prima descritta, agli elettroni cosmici rivelati direttamente, la cui energia sarà misurata dal calorimetro elettromagnetico di PAMELA



Prima del volo ...

1. Allineare lo spettrometro magnetico nella configurazione finale con i dati del *test beam* (CERN Settembre 2003).
2. Sviluppare l'algoritmo di controllo dei parametri in volo con elettronici senza utilizzare l'informazione sull' impulso del fascio articolando la procedura in due fasi:
 - Analisi dei dati del calorimetro acquisiti durante il *test beam* (CERN Giugno 2002 e Settembre 2003) allo scopo di ottenere una curva di calibrazione in energia ed una selezione di eventi "buoni" per l'allineamento.
 - Applicare la procedura di allineamento su fascio ai dati del *tracker* del *test beam* utilizzando nell'algoritmo anziché il valore dell'impulso nominale del fascio quello corrispondente all'energia misurata nel calorimetro.

Distribuzione della perdita di energia nel calorimetro di PAMELA (analisi dati *test beam* 2002)



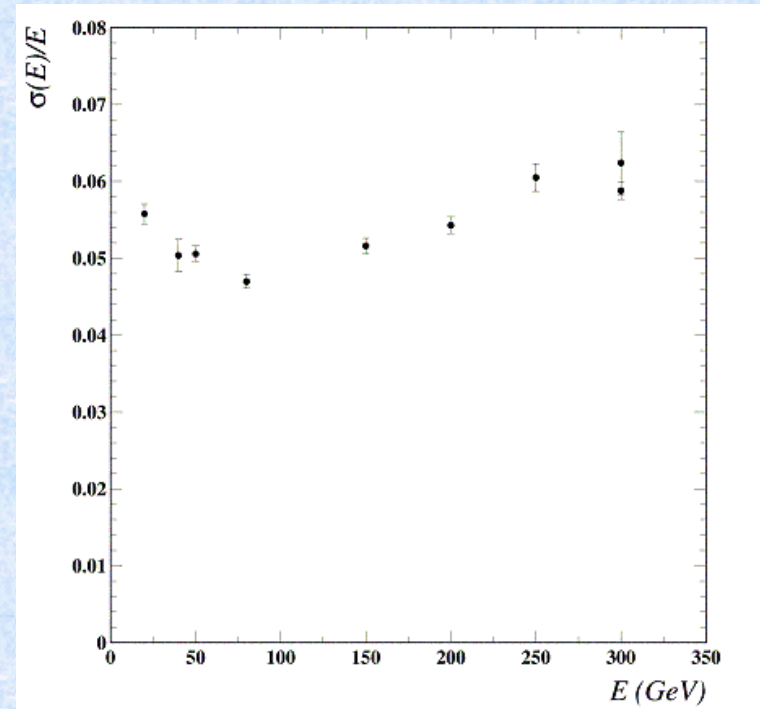
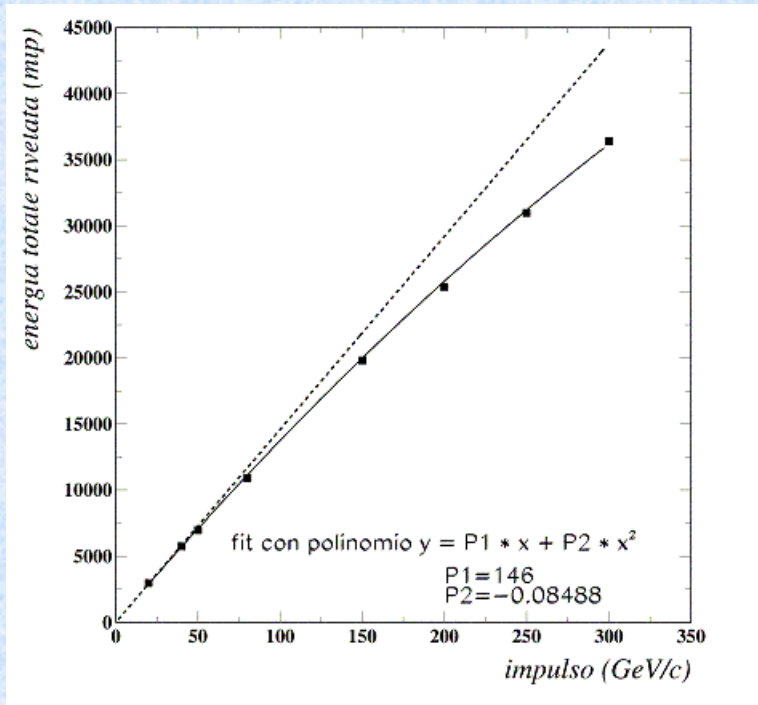
elettroni da
20 GeV/c

Le cause dell'asimmetria sono da attribuire a:

- *Leakage* longitudinale (soprattutto alte energie)
- elettroni che hanno interagito perdendo parte della loro energia prima dell'ingresso nel calorimetro con l'emissione di un fotone di *bremstrahlung* che non è entrato nel calorimetro

➔ fit gaussiano con taglio che esclude la parte asimmetrica della distribuzione

Calibrazione del calorimetro e risoluzione in energia



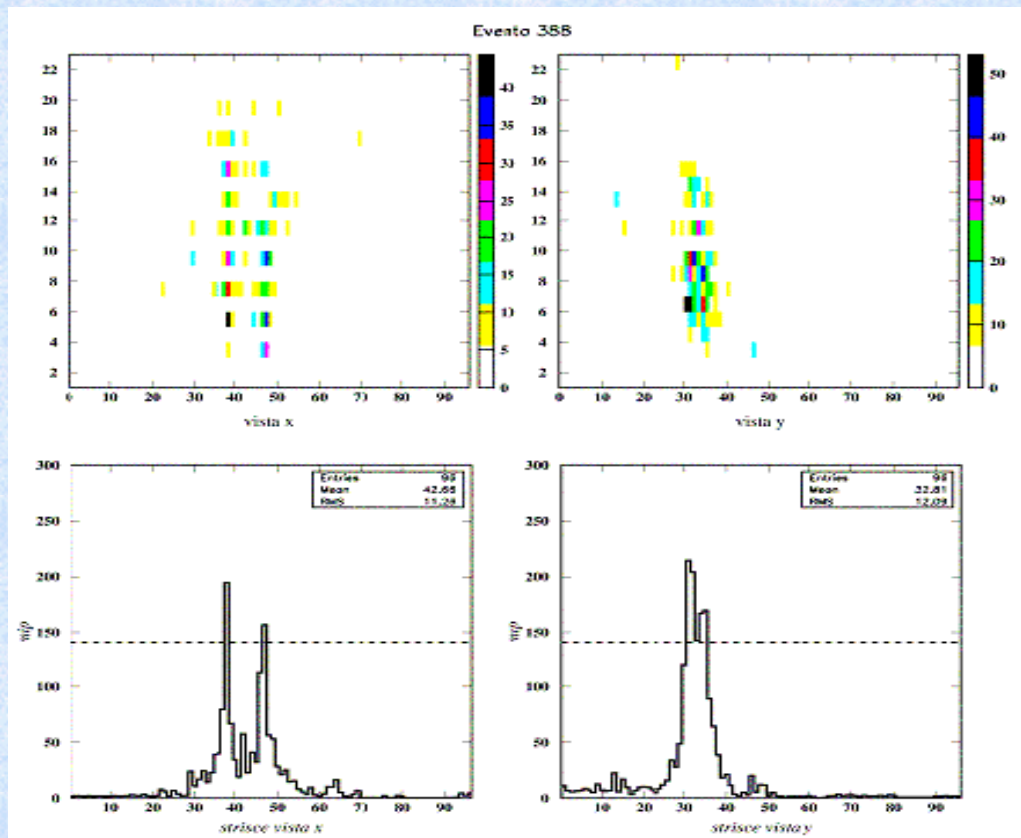
Sono stati utilizzati i dati corrispondenti ad elettroni con impulso fra 20 GeV/c e 300 GeV/c

Selezione di un campione di eventi per l'allineamento

Presenza di doppi sciami nel calorimetro nei campioni analizzati :

- elettroni di *pile-up* (doppia traccia nel *tracker*)
- coppie elettrone-fotone di *bremsstrahlung* (il *tracker* non rivela il passaggio del fotone!)

➔ Sviluppo di un algoritmo in grado di riconoscere ed escludere questi eventi



Doppio sciame prodotto da una coppia elettrone-fotone nel calorimetro: in questo caso l'informazione sull'energia della particella porta ad un errore nella procedura di allineamento.

L'evento viene scartato dall'algoritmo.

Prossimi obiettivi per l'allineamento

- testare il funzionamento dell'algoritmo di allineamento con i dati del *test beam* 2002 con elettroni la cui energia è misurata dal calorimetro.
- testare il funzionamento sui dati dell'ultimo *test beam* prima del lancio, che si sta attualmente svolgendo al CERN.
- stimare la statistica di eventi necessaria per apportare in volo eventuali correzioni dovute al disallineamento meccanico dei rivelatori.