

LNF - 69/13
3 Marzo 1969

M. A. Locci, M. A. Mencuccini-Spano, M. Nigro e R. Santangelo : PROGRAMMA DI TIPO MONTECARLO PER LA SIMULAZIONE DI EVENTI PRODOTTI IN ADONE IN UN DISPOSITIVO CON ANALISI MAGNETICA. -

Nota Interna: n. 435
3 Marzo 1969

M. A. Locci, M. A. Mencuccini-Spano, M. Nigro^(x) e R. Santangelo^(x).
PROGRAMMA DI TIPO MONTECARLO PER LA SIMULAZIONE DI
EVENTI PRODOTTI IN ADONE IN UN DISPOSITIVO CON ANALISI
MAGNETICA. -

INTRODUZIONE. -

Per analizzare con la maggiore completezza possibile i prodotti di interazione e^+e^- , in Adone, è stato progettato⁽¹⁾ un dispositivo consistente d'una bobina cilindrica nel cui interno si genera un campo d'induzione B , e di un complesso di camere a scintilla (v. Fig. 1, 2).

Per poter calcolare le efficienze di rivelazione per le varie reazioni, per lo studio delle risoluzioni di questo apparato e per ottenere tutte le informazioni utili alla progettazione di un esperimento abbiamo scritto, in linguaggio FORTRAN IV, un programma di calcolo di tipo Monte Carlo.

Si è cercato di dare al programma la maggior generalità possibile in modo da renderlo adatto ad eventuali sviluppi e variazioni. La schematizzazione del dispositivo sperimentale con i suoi ingombri e le sue caratteristiche è tale che può essere facilmente variata. Una stessa reazione

(x) - INFN Sezione di Padova.

2.

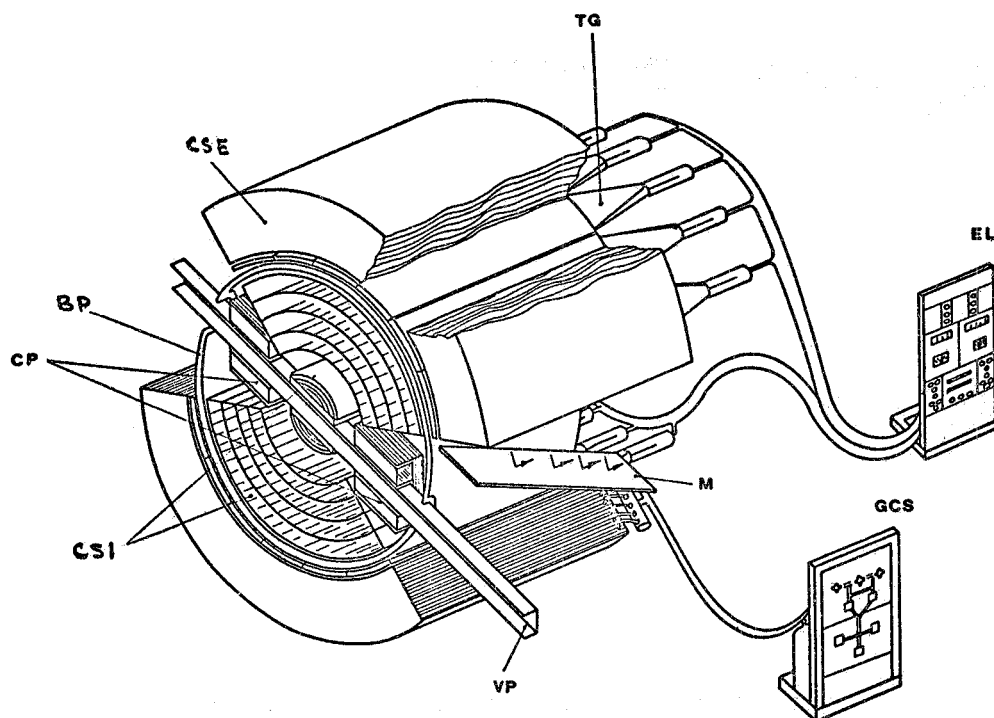


FIG. 1

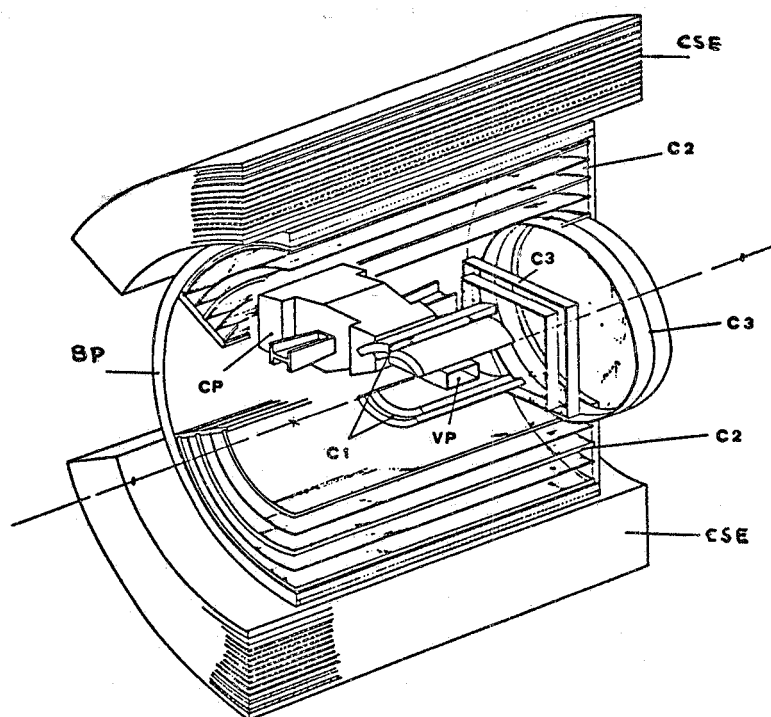


FIG. 2

FIG. 1, 2 - Schema del dispositivo⁽¹⁾: BP - bobina principale del magnete; CP - compensatori; CSI, C1, C2 - camere a scintilla in terne alla bobina; CSE - camere a scintilla esterne alla bobina, per la rivelazione dei γ ; C3 - camere a scintilla piane a fili; VP - ciambella di Adone; EL - logica elettronica; GCS - sistema separazione gas; M - specchi.

può essere studiata sotto varie ipotesi di meccanismi di produzione, introducendo nel programma e nel modo che sarà indicato, l'appropriato elemento di matrice che ne descrive la dinamica.

Il programma si articola nelle seguenti fasi principali:

1) - Generazione d'un evento del tipo:

$$(1) \quad e^+ + e^- \rightarrow A + B + C + \dots$$

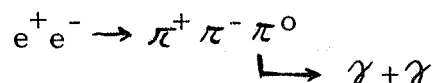
con un modello statistico.

- 2) - Attribuzione all'evento particolare del processo (1), contrassegnato dal momento e dalla direzione di ogni particella, di un peso calcolato sulla base del meccanismo dinamico di produzione previsto per la reazione (1).
- 3) - Simulazione del modo in cui vengono "viste" dall'apparato le diverse particelle prodotte. Sostanzialmente, per tenere conto delle imprecisioni introdotte dal dispositivo, ogni grandezza caratteristica d'una particella (momento, direzione) viene "deformata" con un procedimento esposto nel testo.
- 4) - Verifica che le particelle vadano nelle zone sensibili dell'apparato; calcolo dell'efficienza di rivelazione.
- 5) - Memorizzazione su nastro magnetico di tutte le informazioni relative all'evento.

Lo studio delle risoluzioni, delle distribuzioni di particolari classi d'eventi delle varie grandezze, viene successivamente fatta mediante il programma Iside⁽²⁾.

Nel seguito diamo la descrizione del programma, un esempio di quali dati vengono in generale memorizzati su nastro e un esempio d'uscita.

Per eventi della reazione:



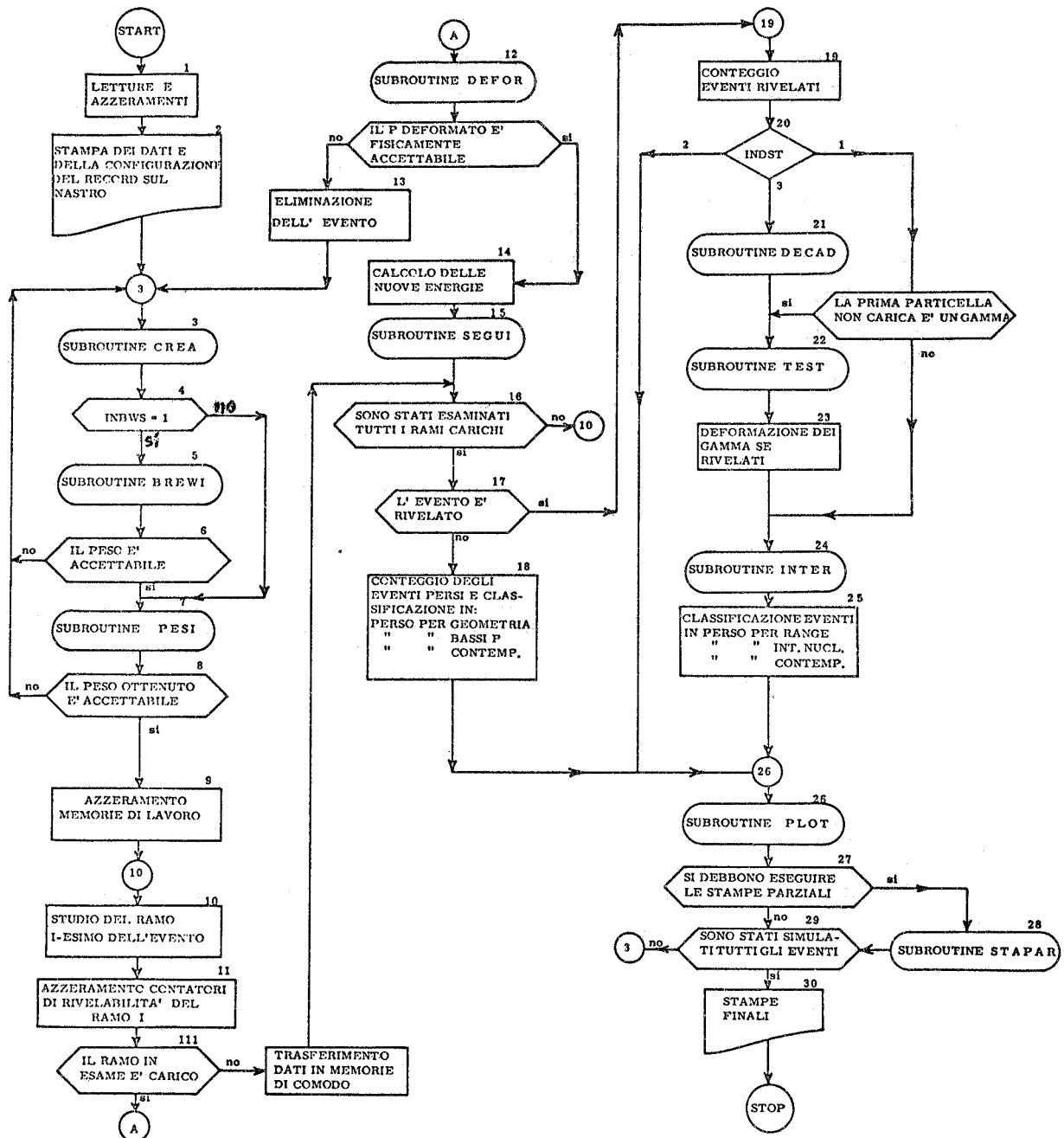
è quindi mostrato un tipo di distribuzione ottenuta.

Si indicano infine quali altre informazioni si possono in generale ricavare.

§ 1 - DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA. -

Diamo di seguito un dettagliato diagramma a blocchi della logica del programma.

Nella descrizione successiva metteremo in evidenza le informazioni che si traggono dalle singole subroutines; di alcune di esse diamo anche le formule usate, ciò allo scopo di fornire un esempio di come bisogna parametrizzare i dati quando si vogliono analizzare situazioni diverse da quelle da noi programmate.



BLOCCO 1 - Lettura e azzeramenti. -

Diamo la successione dei dati d'ingresso del programma con la loro denominazione. Indichiamo fra parentesi in quale blocco è descritto il significato di ognuno dei dati.

- ICA numero di particelle cariche presenti nella reazione in esame (esempio $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$; ICA=2)
- INDST indice che può assumere valore 1, 2, 3
- =1 si vogliono considerare le perdite per interazione nucleare e per percorso delle particelle cariche nella bobina del solenoide (blocco 20, 24)
- =2 non si vogliono esaminare le interazioni e il range delle particelle (blocco 20)
- =3 oltre allo studio delle perdite per interazioni nucleari e range si desidera studiare il decadimento in due gamma delle particelle neutre presenti nello stato finale (π^0, η^0) (blocco 20, 21)
- NSTA numero che indica ogni quanti eventi si vuole la stampa dei risultati parziali (blocco 27)
- NGEN numero di costanti particolari caratteristiche del dispositivo che si vogliono far leggere, vedi prossima voce.
- GEN(I), I=1, 2, ..., NGEN. Per il dispositivo⁽¹⁾ NGEN è uguale a 12 e la loro chiamata avviene nei seguenti blocchi:
- GEN(I), I = 1, 2, ..., 10 (blocco 12)
- GEN(I), I = 11, 12 (blocco 14)
- IAM numero di particelle prodotte nella reazione (esempio $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$, IAM=3)
- AM(I), (I=2, ..., IAM), ET
- AM(I) masse delle particelle prodotte (in GeV/c²) (blocco 3)
- E' bene notare che le masse devono essere ordinate in modo che le prime ICA siano le cariche, mentre le successive (IAM-ICA) siano le masse neutre (Es. in $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma$, l'ordine delle masse deve essere $m_{\pi^+}, m_{\pi^-}, m_{\pi^0}, m_{\gamma}=0$) E_T energia totale del sistema e^+e^- in GeV (blocco 3)
- NT numero totale di eventi da simulare (blocco 29)
- BITA, ERRE, CAPPA
- BITA campo d'induzione nel solenoide (in KG) (blocco 12, 14)
- ERRE raggio del solenoide (in cm) (blocco 14)
- CAPPA (blocco 12)
- XRET, YRET, DS, CALIM, SPESS
- XRET, YRET dimensioni (in cm) delle bobine di compensazione (blocco 14)
- DS distanza in cm delle bobine di compensazione dal centro di interazione (blocco 14)

6.

CALIM cammino libero medio in cm per interazioni nucleari nel
la bobina d'alluminio (blocco 25)
SPESS spessore in cm della bobina del solenoide (blocco 25)
RANGE(JR), BX(JR), (JR=1, 2, ..., 16)
tabulazione del percorso in alluminio in cm di una particella in
funzione della velocità (blocco 24)
EGORI, GEN(NGEN+1), GEN(NGEN+2), DTEGA, DFIGA
EGORI numero di gamma presenti nella reazione
(es. $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma$, EGORI=1; non si computano in EGORI
i gamma di decadimento del π^0)
GEN(13), GEN(14) (quando NGEN=12) (blocco 22)
DTEGA, DFIGA (in rad) (blocco 23)
IGIO, IMES, IANNO
data dell'elaborazione. Serve per il controllo quando si esegue
l'elaborazione del nastro dei risultati.
INBWS indice che può assumere i valori 0, 1
=0 non si vuole la subroutine "Dinamica" (per il calcolo del "peso"
dell'evento)
=1 si vuole chiamare, se esiste, la subroutine Dinamica
AMR, QR, EL, GAMO (blocco 6, 7)

BLOCCO 2 - Stampa dei dati e configurazione del record.-

Per un primo controllo vengono stampati i dati d'ingresso e uno
schema di come verranno memorizzate su nastro magnetico le informa-
zioni relative ad ogni evento, necessarie per le successive elaborazioni.

Un esempio di come vengono stampati i dati d'ingresso e della con-
figurazione del record su nastro per eventi della reazione $e^+e^- \rightarrow$
 $\rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma \gamma$ è mostrato in Fig. 3. Per una spiegazione di questa
tabella rimandiamo alla subroutine Plot. (blocco 26).

BLOCCO 3 - Subroutine CREA.-

La subroutine CREA⁽³⁾, genera mediante il modello statistico, un
evento della reazione in esame. Per la reazione di produzione

$$e^+ + e^- \rightarrow m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

<p>ELABORAZIONE DEL 14 10 68</p> <p>REAZIONE A 3 CORPI, CARICHI 2.</p> <p>ENERGIA TOTALE = 0.1019000E 01 GEV</p> <p>0.139600 0.139600 0.135000</p> <p>O ROTAZIONI</p> <p>SENZA CONTAMINAZIONI</p> <p>CON DECADIMENTI</p> <p>SEMILATI RETTANG</p> <p>A = 0.2200000E 02 CM B = 0.1700000E 02 CM</p> <p>DATI DEL SOLENOIDE</p> <p>RAGGIO = 0.1000000E 03 CM LUNGHEZZA = 0.2000000E 03 CM SPESORE BUBINA = 0.7000000E 01 CM CAMPO MAGNETICO = 0.2000000E 01 KGAUSS</p> <p>DISTANZA FRA IL PUNTO DI INTERAZIONE E LA BUBINA DI COMPENSAZIONE = 0.3000000E 02 CM</p> <p>CAMP. LIB. MEDIO, IN AL, PER INT. NUC. = 0.2930000E 02 CM</p> <p>DATI BREIT-WIGNER</p> <p>MASSA = 0.7650000E 00 LARGHEZZA RISGNANZA = 0.1240000E 00 MOMENTO REL. DI M1-M2 = 0.3570000E 00 MOMENTO ANG. DI M1-M2 = 0.1000000E 01</p> <p>MEMORIZZAZIONE DELLO EVENTO SU NASTRO</p> <p>1- DATA 2- N-RO DI ORDINE DELLO EVENTO 3- PESO STATISTICO *B.W. 4- PESO STATISTICO</p> <p>5- INDICE DI RIVELABILITA 6- GEOMETRIA 7- MOMENTO 8- CONTEMPORANEI</p> <p>9- INDICE PER LE REAZIONI 10- RANGE 11- INTERAZIONI NUCLEARI 12- CONTEMPORANEI</p>	<p>SOLENOIDE TRASVERSALE</p>	<p>13- IMPULSO DEF. PART. 1 14- COS(TX) DEF. PART. 1 15- COS(TY) DEF. PART. 1 16- COS(TZ) DEF. PART. 1 17- ENERGIA DEF. PART. 1 18- MASSA PART. 1</p> <p>19- IMPULSO NDEF. PART. 1 20- COS(TX) NDEF. PART. 1 21- COS(TY) NDEF. PART. 1 22- COS(TZ) NDEF. PART. 1 23- ENERGIA NDEF. PART. 1 24- MASSA PART. 1</p> <p>25- IMPULSO DEF. PART. 2 26- COS(TX) DEF. PART. 2 27- COS(TY) DEF. PART. 2 28- COS(TZ) DEF. PART. 2 29- ENERGIA DEF. PART. 2 30- MASSA PART. 2</p> <p>31- IMPULSO NDEF. PART. 2 32- COS(TX) NDEF. PART. 2 33- COS(TY) NDEF. PART. 2 34- COS(TZ) NDEF. PART. 2 35- ENERGIA NDEF. PART. 2 36- MASSA PART. 2</p> <p>37- IMPULSO DEF. PART. 3 38- COS(TX) DEF. PART. 3 39- COS(TY) DEF. PART. 3 40- COS(TZ) DEF. PART. 3 41- ENERGIA DEF. PART. 3 42- MASSA PART. 3</p> <p>43- IMPULSO NDEF. PART. 3 44- COS(TX) NDEF. PART. 3 45- COS(TY) NDEF. PART. 3 46- COS(TZ) NDEF. PART. 3 47- ENERGIA NDEF. PART. 3 48- MASSA PART. 3</p> <p>49- 49- COMBINAZIONE MASSE PART. A 2 50- 52- COMBINAZIONE MASSE NDEF. A 2</p> <p>53- 53- COMBINAZIONE COS(T) PART. A 2 54- 56- COMBINAZIONE COS(T) NDEF. A 2</p>	<p>57- 57- COMBINAZIONE MASSE NDEF. A 3</p> <p>58- MASSA MANCANTE AL QUADRATO</p> <p>59- SINF(NORM. PIANO PROD.), Z1**2 DEF.</p> <p>60- SINF(NORM. PIANO PROD.), Z1**2 NDEF.</p> <p>61- INDICE DEL DECADIMENTO 62- INDICE DI RIVELABILITA 63- RIVELATI 1 GAMMA 64- RIVELATI 2 GAMMA 65- RIVELATI 3 GAMMA 66- RIVELATI 4 GAMMA 67- RIVELATI 5 GAMMA</p> <p>68 KX 1 GAMMA 69 KY 1 GAMMA 70 KZ 1 GAMMA 71 K 1 GAMMA</p> <p>72 KYD 1 GAMMA 73 KYD 1 GAMMA 74 KZD 1 GAMMA 75 K 1 GAMMA</p> <p>76 INDICE PERDITA PER GEOM. O MOM. 77 INDICE PERDITA PER GEOM. O MOM.</p> <p>78 KX 2 GAMMA 79 KY 2 GAMMA 80 KZ 2 GAMMA 81 K 2 GAMMA</p> <p>82 KYD 2 GAMMA 83 KYD 2 GAMMA 84 KZD 2 GAMMA 85 K 2 GAMMA</p> <p>86 INDICE PERDITA PER GEOM. O MOM. 87 INDICE PERDITA PER GEOM. O MOM.</p> <p>88 88 COMBINAZIONI A 2 A 2 COSENI DEI GAMMA</p> <p>89- MASSA MANCANTE AL QUADRATO</p> <p>90 A(X) NEUTRO MANCANTE 91 A(Y) NEUTRO MANCANTE 92 A(Z) NEUTRO MANCANTE 93 E NEUTRO MANCANTE</p>
--	------------------------------	--	---

FIG. 3 - Dati d'ingresso e composizione del record per il caso d'eventi della reazione

$e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$

8.

ed una energia totale E_T del sistema e^+e^- , la formula dello spazio delle fasi, è

$$d^4 p_1 d^4 p_2 \dots d^4 p_n \delta(p_1^2 - m_1^2) \dots \delta(p_n^2 - m_n^2) \delta^4(\sum p_i - P)$$

con p_i quadrimomenti delle particelle prodotte, P quadrimomento iniziale.

Passando in coordinate polari e tenendo conto che $\vec{P}=0$, si può ricavare:

$$\frac{p_1 p_2 \dots p_{n-1}}{\left| -p_{n-1,y} \sum_1^{n-2} p_{i,x} + p_{n-1,x} \sum_1^{n-2} p_{i,y} \right|} dE_1 \dots dE_{n-1} d\cos\theta_1 \dots d\cos\theta_{n-1} d\varphi_1 \dots d\varphi_{n-2}$$

ove i momenti $p_i(p_{i,x}, p_{i,y}, p_{i,z})$ devono soddisfare la conservazione della energia e del momento.

Il programma di generazione dell'evento avviene con la seguente successione di fasi:

1) scelta a caso delle variabili dell'evento che sono:

$$E_1, E_2, \dots, E_{n-1}; \cos\theta_1, \cos\theta_2, \dots, \cos\theta_{n-1}; \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{n-2}$$

a) le energie vanno scelte estraendo dei numeri r_i sorteggiati a caso da una distribuzione uniforme nell'intervallo (0, 1) e calcolando:

$$E_i = m_i + r_i \left[E_{i, \max} - m_i \right] \quad E_{i, \max} = E_T^2 + m_i^2 - \left(\sum_{j \neq i} m_j \right)^2$$

b) gli angoli vanno scelti estraendo $2n-3$ numeri r_i e calcolando

$$\begin{aligned} \cos\theta_i &= 2r_i - 1 & i &= 1, 2, \dots, n-1 \\ \varphi_i &= 2\pi r_i & i &= n, \dots, 2n-3 \end{aligned}$$

2) controllo che l'energia dell' n -esima particella abbia un valore fisico, cioè

$$m_n \leq E_n = \left(E_T - \sum_1^{n-1} E_i \right) \leq E_{n, \max}$$

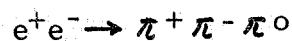
3) calcolo delle quantità $p_{n-1,x}, p_{n-1,y}, p_n, p_{n,y}$ e verifica che l'evento soddisfi alla conservazione dell'energia e del momento.

Di questi calcoli e verifiche non diamo le formule e i dettagli, essendo ovvie. In generale l'efficienza di produzione di eventi che conservano l'energia e momento diminuisce all'aumentare del numero di particelle. Per eventi a 3 corpi del tipo $\pi^+ \pi^- \pi^0$ si trova che solamente un 20% degli eventi generati sono fisici e quindi utili per i calcoli; per eventi a 4 corpi gli eventi fisici sono dell'ordine del 10%. Per questa ragione l'esame di reazioni con più di quattro corpi nello stato finale impone l'uso di calcolatori con grande velocità^(x).

BLOCCO 4 - 5. -

Mediante l'indice INBWS si decide di studiare la reazione nella ipotesi di produzione con un modello statistico (INBWS=0), o nella ipotesi di un particolare modello di produzione (INBWS=1).

E' noto ad esempio che per la reazione⁽⁴⁾

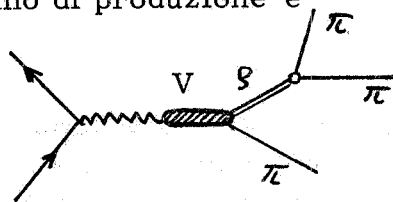


la sezione d'urto è data:

$$(2) \quad \frac{d^3\sigma}{dE_+ dE_- d(\cos \gamma)} = \frac{\alpha}{(2\pi)^2} \frac{1}{16 E_T^2} |H|^2 \sin^2 \gamma (\vec{p}_+ \times \vec{p}_-)^2$$

con γ angolo formato dalla normale al piano di produzione con la direzione dei fasci; $\vec{p}_+(E_+)$, $\vec{p}_-(E_-)$ momenti ed energia delle particelle cariche prodotte.

Ad energie di produzione nell'intorno di $E_T \sim m_V (V = \omega, \phi)$ un possibile meccanismo di produzione è



Il fattore di forma $H(E_+, E_-, E_T)$ per tale processo può essere scritto⁽⁴⁾ come:

$$(3) \quad H(E_+, E_-, E_T) \propto \frac{1}{E_T^2 - m_V^2 + im_V \Gamma_V} \left[\sum \frac{1}{m_{jk}^2 - m_S^2 + im_S \Gamma_{Sjk}} \right]$$

(x) - Per eventi a 2 corpi le formule programmate nella subroutine CREA non sono usabili.

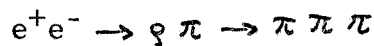
10.

per le tre combinazioni (jk); con m_{jk}^2 massa invariante delle particelle (j, k) e

$$\Gamma_{\mathcal{S}_{jk}} = \Gamma_0 \left(\frac{q_{jk}}{q_R} \right)^{2l+1}$$

larghezza della \mathcal{S} in funzione del momento relativo q_{jk} fra i due pioni supposti risonanti; Γ_0 larghezza della risonanza quando $m_{jk} = m_{\mathcal{S}}$; l momento angolare relativo.

Per lo studio delle reazioni:



abbiamo programmato una subroutine BREWI in cui le formule usate sono le (2) e (3).

Nei dati d'ingresso la denominazione delle costanti sono

$$m_{\mathcal{S}} = \text{AMR (in GeV/c}^2\text{)}$$

$$q_R = \text{QR (in GeV/c)}$$

$$l = \text{EL}$$

$$\Gamma_0 = \text{GAMO (in GeV/c}^2\text{)}$$

Il termine che compare davanti alla parentesi nella (3) non è programmato in quanto, fissato un valore E_T , è costante per tutti gli eventi.

Per processi di produzione più complessi, in generale le correlazioni angolari sono più difficili da calcolare e quindi almeno per alcune informazioni (efficienze, risoluzioni, ...) si ricorre al modello statistico. In un recente lavoro⁽⁵⁾ sono considerate le dipendenze angolari dell'elemento di matrice, per una grande classe di processi di interesse fisico⁽⁶⁾.

BLOCCO 7 - Subroutine PESI.-

All'evento generato nella CREA viene assegnato il peso P_S , previsto dal modello statistico, calcolato nella Subroutine PESI. Come mostrato dalla (B3, 1) per un evento con n corpi nello stato finale esso è dato da:

$$P_S = \frac{p_1 p_2 \dots p_n}{\left| \begin{array}{cc} -p_{n-1, y} & \sum_1^{n-2} i p_{i, x} + p_{n-1, x} \\ & \sum_1^{n-2} i p_{i, y} \end{array} \right|}$$

BLOCCO 12 - Subroutine DEFOR (Analisi dei rami carichi).

Per il dispositivo progettato in⁽¹⁾ le varie sorgenti d'errore e il modo in cui influiscono nella determinazione dei vari parametri della traccia d'una particella carica sono discusse in⁽⁷⁾; qui riportiamo solamente le conclusioni.

Dalla Subroutine CREA ogni traccia esce caratterizzata dalle coordinate $p_i(u_i, v_i, w_i)$, con p_i momento e u_i, v_i, w_i coseni direttori rispetto ad un sistema avente come asse polare quello dei fasci e^+e^- . Per la valutazione degli errori ci si riferisce ad un sistema avente l'asse del solenoide come asse polare.

La ragione di tale scelta è dettata dal fatto che l'asse del solenoide è anche asse ottico del sistema e quindi in questo sistema si eseguono tutte le misure (curvatura della traccia, direzione d'emissione mediante ricostruzione stereoscopica, ..), che portano alla determinazione dei parametri delle tracce.

I due sistemi di coordinate sono definiti in Fig. 4. Esistono due diversi metodi di misura⁽¹⁾ dei parametri caratteristici della traccia a seconda che l'angolo δ , formato dalla traccia con B è maggiore o minore di 45° (vedi Fig. 1, 2, 4).

1) Tracce con $\delta > 45$

Da un punto di vista sperimentale tali tracce sono caratterizzate da: la direzione determinata dall'angolo δ (angolo $\vec{p} \cdot \vec{B}$) e da un angolo ψ azimutale (v. Fig. 4) e dalla freccia s dell'arco di traiettoria di raggio R che si osserva in un piano normale all'asse ottico (e quindi a B):

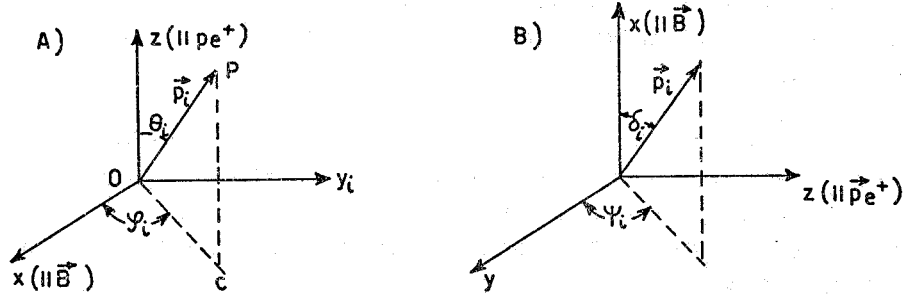
$$s \approx \frac{L_{pr}^2}{8R} = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{8} \frac{BL_{pr}^2}{p \sin \delta} \quad \left. \begin{array}{l} L_{pr} \text{ in cm} \\ B \text{ in Kgauss} \\ p \text{ in GeV/c} \end{array} \right\}$$

con L_{pr} lunghezza di traccia visibile, (tratto AC di Fig. 5). Si distinguono gli errori in quelli dovuti allo scattering multiplo coulombiano nei materiali incontrati dalla particella (camere a scintilla, gas nelle camere, aria...); e in quelli di misura. Questi ultimi possono parametrizzarsi in funzione dell'errore σ con il quale si può localizzare nello spazio la posizione della singola scintilla. A σ contribuiscono sia cause di tipo fisico intrinseche del dispositivo, quali il "jitter" della scintilla, sia cause dovute all'apparato di misura, quali l'ottica, il sistema di misura automatico... Formule di propagazione⁽⁷⁾ permettono di calcolare gli errori su δ, ψ, s , in funzione di σ .

Riportiamo le formule ottenute per il dispositivo⁽¹⁾ e programmate in questa subroutine.

SISTEMI DI RIFERIMENTO USATI NEL PROGRAMMA E LORO FORMULE DI TRASFORMAZIONE

Assi: x : PARALLELO ALL'ASSE DEL SOLENOIDE E QUINDI AL SUO CAMPO \vec{B}
 z : PARALLELO ALLA DIREZIONE DEI FASCI CIRCOLANTI
 y : NORMALE AL PIANO DELLA MACCHINA INDIVIDUATO DA $(x - z)$



COSENI DIRETTORI: $\begin{cases} u_1 = \text{sen}\theta_1 \cos\varphi_1 \\ v_1 = \text{sen}\theta_1 \text{sen}\varphi_1 \\ w_1 = \cos\theta_1 \end{cases}$

$\begin{cases} u_1 = \cos\delta_1 \\ v_1 = \text{sen}\delta_1 \cos\psi_1 \\ w_1 = \text{sen}\delta_1 \text{sen}\psi_1 \end{cases}$

FORMULE DI TRASFORMAZIONE

$A \rightarrow B \quad \begin{cases} \cos\delta_1 = u_1 \\ \text{tg}\psi_1 = \frac{w_1}{v_1} \end{cases}$

$B \rightarrow A \quad \begin{cases} \cos\theta_1 = w_1 \\ \text{tg}\varphi_1 = \frac{v_1}{u_1} \end{cases}$

FIG. 4 - Sistemi di coordinate usati e loro formule di trasformazione - (blocco 12).

SCHEMATIZZAZIONE DI COME UNA TRACCIA E' VISTA DA UN SISTEMA CON L'ASSE OTTICO PARALLELO A- \vec{B} (Disegno non in scala)

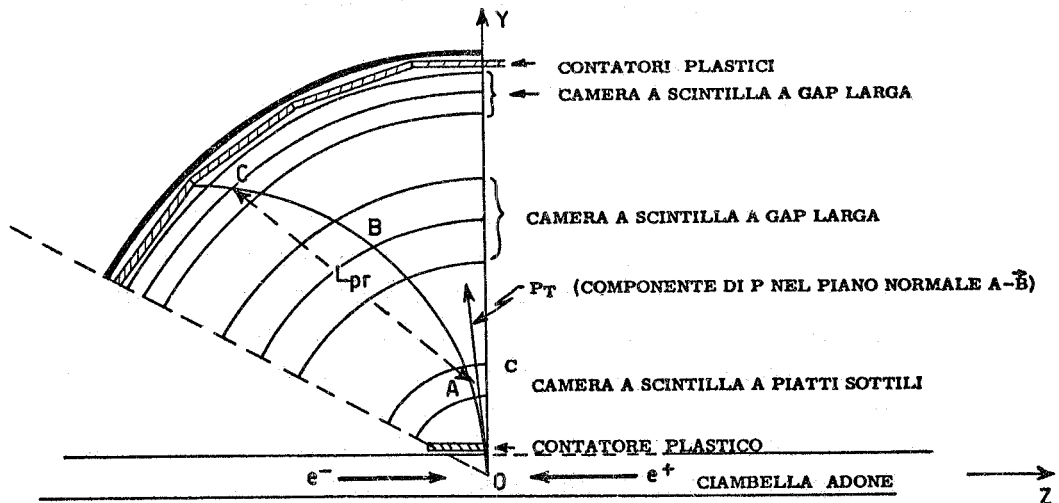


FIG. 5 - Schematizzazione di come viene vista una traccia carica nel sistema di camere a scintilla CSI (blocco 12).

a) Errore σ_s sulla freccia s .

L'errore σ_s totale si può scrivere come:

$$\sigma_s^2 = \sigma_{s, \text{coul}}^2 + \sigma_{s, \text{mis}}^2$$

$$\sigma_{s, \text{coul}}^2 = CS_2 \frac{1}{(\beta p)^2 \sin^3 \delta}$$

$$\sigma_{s, \text{mis}}^2 = K^2 \left[\sigma + A \cdot \text{tg} \left(\frac{L_{\text{pr}} \sin \delta}{2R} \right) \right]^2$$

con σ errore su una singola scintilla, K un parametro⁽⁷⁾ che dipende dalla disposizione geometrica delle camere; il termine in tangente tiene conto dell'effetto di curvatura della traccia⁽⁷⁾. Il parametro CS_2 dipende dagli spessori dei materiali presenti lungo la traiettoria⁽⁷⁾.

b) Errori su δ e ψ .

Gli errori totali σ_δ^2 e σ_ψ^2 si possono scrivere come:

$$\sigma_\delta^2 = \sigma_{\delta, \text{mis}}^2 + \sigma_{\delta, \text{coul}}^2$$

$$\sigma_\psi^2 = \sigma_{\psi, \text{coul}}^2 + \sigma_{\psi, \text{mis}}^2$$

con

$$\sigma_{\delta, \text{coul}}^2 = \left[CF_1 \frac{1}{(p\beta)^2 \sin \delta} \right]^2;$$

$$\sigma_{\psi, \text{coul}}^2 = \left[CF_1 \frac{1}{(p\beta)^2 \sin^3 \delta} \right]^2$$

$$\sigma_{\delta, \text{mis}}^2 = \left(\frac{6}{L_{\text{pr}}} \right)^2 \sigma_{s, \text{mis}}^2 \sin^2 \delta (\sin^2 \delta + .01)^2; \quad \sigma_{\psi, \text{mis}}^2 = \left[\frac{4 \sigma_{s, \text{mis}}}{L_{\text{pr}}} \right]^2$$

Le formule $\sigma_{\delta, \text{mis}}$ e $\sigma_{\psi, \text{mis}}$ sono empiriche ed usate comunemente sia nell'analisi d'eventi in camere a bolle che in esperienze in camere a scintilla⁽⁸⁾.

c) Errore su δ nel tratto AC (vedi Fig. 5).

Tale errore interviene nel calcolo del modulo del momento p a partire dalla freccia s (vedi pag. 15):

$$p = \frac{3}{8} 10^{-4} \frac{BL_{\text{pr}}^2}{s \sin \delta_{\text{AC}}} = \frac{CS_1 \cdot B}{s \sin \delta_{\text{AC}}}$$

14.

Per $\sigma_{\delta, AC}$ si ha:

$$\sigma_{\delta, AC}^2 = \sigma_{\delta, coul AC}^2 + \sigma_{\delta, mis}^2$$

$$\sigma_{\delta, coul AC}^2 = \left[CF_{AC} \frac{1}{(p/\beta)^2 \sin \delta} \right]^2$$

CF_{AC} è una costante caratteristica che dipende dai materiali presenti nel tratto AC (vedi Fig. 5).

Nella tabella I mostriamo come sono denominate nei dati di ingresso e nel programma le diverse costanti che compaiono nelle formule precedenti. Nella stessa tabella riportiamo anche i valori per il dispositivo descritto in⁽¹⁾.

TABELLA I

Descrizione della costante	Valore numerico	Denominazione nel programma
L_{pr} : lunghezza traccia proiettata	82 cm	GEN (1)
	0	GEN (2)
σ : errore sulla singola scintilla	0.03 cm	GEN (3)
A : compare nella formula $\sigma_{s, mis}^2$	0.044 cm	GEN (4)
CF_1 : compare nella formula $\sigma_{\psi, coul}^2$; $\sigma_{\delta, coul}^2$	21.4×10^{-6}	GEN (5)
$4^2 = 16$: compare nella formula $\sigma_{\psi, mis}^2$	16	GEN (6)
$36 = 6^2$: compare nella formula $\sigma_{\delta, mis}^2$	36	GEN (7)
0.01 : compare nella formula $\sigma_{\delta, mis}^2$	0.01	GEN (8)
CS_2 : compare nella formula $\sigma_{s, coul}^2$	2.15×10^{-4}	GEN (9)
CF_{AC} : compare nella formula $\sigma_{\delta, coul AC}^2$	0.69×10^{-6}	GEN (10)
K : compare nella formula $\sigma_{s, mis}^2$	0.5	CAPPA

2) Tracce con $\delta < 45^\circ$

Le caratteristiche di tali tracce sono δ, ψ e l'angolo ψ_{pr} di cui precede la componente di p nel piano normale a B nel passaggio fra le due camere $C3$ poste frontalmente all'asse del solenoide (vedi Fig. 2).

Non abbiamo considerato in questa prima stesura del programma tali tracce, pensando che per le prime esperienze che avverranno in condizioni di sezione d'urto di produzione relativamente elevata, in quanto serviranno anche di collaudo per l'intero dispositivo, non sarà fattore determinante avere il maggior angolo solido possibile.

Stiamo attualmente completando questa parte del programma, che potrà quindi servire per lo studio delle reazioni più complesse.

3) Deformazione delle tracce cariche.

Per la simulazione degli errori sulla traccia si procede nel seguente modo:

i) da u_i, v_i, w_i si calcolano gli angoli δ_i, ψ_i con le formule di trasformazione di Fig. 4,

ii) si estraggono 4 numeri r_i con legge Gaussiana e si calcolano quindi le quantità

$$\begin{aligned} \delta'_i &= \delta_i + r_1 \sigma_\delta & \psi'_i &= \psi_i + r_2 \sigma_\psi \\ s'_i &= s_i + r_3 \sigma_s & \delta'_{AC,i} &= \delta_i + r_4 \sigma_{\delta, AC} \end{aligned}$$

iii) da s'_i e $\delta'_{AC,i}$ si calcola il modulo di p_i "deformato" secondo la:

$$p'_i \sin \delta'_{AC,i} = \frac{CS_1 \cdot B}{s'_i} \qquad p'_i = \frac{CS_1 \cdot B}{s'_i \sin \delta'_{AC,i}}$$

iv) da δ'_i e ψ'_i tramite le formule di trasformazione si calcolano i nuovi coseni direttori u'_i, v'_i, w'_i .

Il processo di simulazione gaussiana è risultato soddisfacente come mostrato dalle Figg. 6, 7, 8 in cui sono riportate le distribuzioni $\Delta p/p$, $\Delta \theta$, $\Delta \psi$ di tutte le tracce cariche considerate degli eventi della reazione $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$.

Da questa subroutine ogni traccia carica esce caratterizzata dalle coordinate $p'_i(u'_i, v'_i, w'_i)$. Naturalmente l'evento "deformato" non conserva più il quadrimomento.

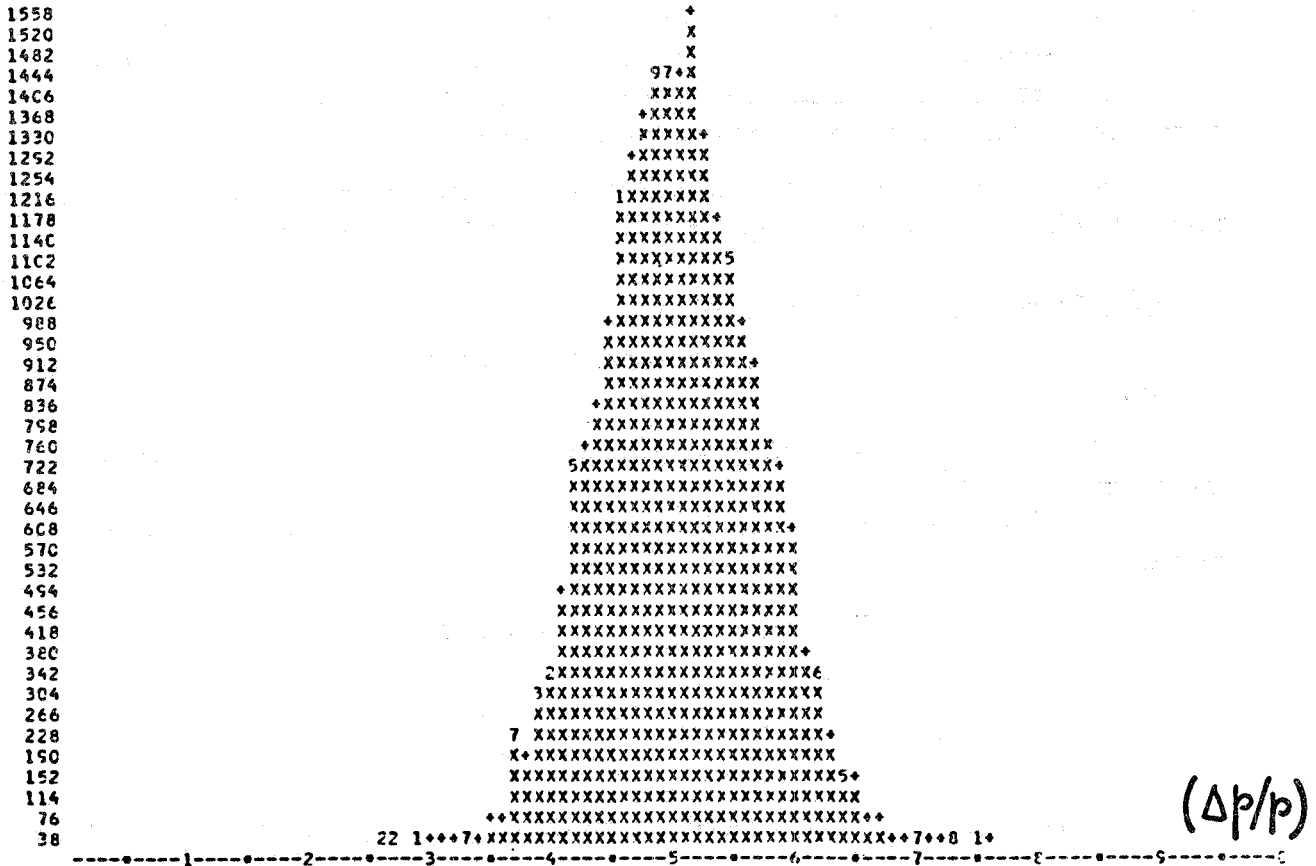
Quanto detto sopra riferendoci al particolare dispositivo può essere


```

* ISTOGRAMMA 1) DP/P
MOLTEPLICITA 2 CPZ.
ASSE X LIMITE INFERIORE -0.1250000E 00 PASSO 0.250000E-02 NUMERO PASSI 100
BCUTX 100 BCUT PESO 3 BCUT ERRORE 0 GLI EV.CHE SUPERANO TEST 1 SONO 5521
BCUTX 101 BCUT PESO 3 BCUT ERRORE**** GLI EV.CHE SUPERANO TEST 1 SONO 5521
    
```

ELAB. GENERA ET=.A GEV

TOT.EVENTI***** SCTTC X 0.00 SUPRA X 0.26

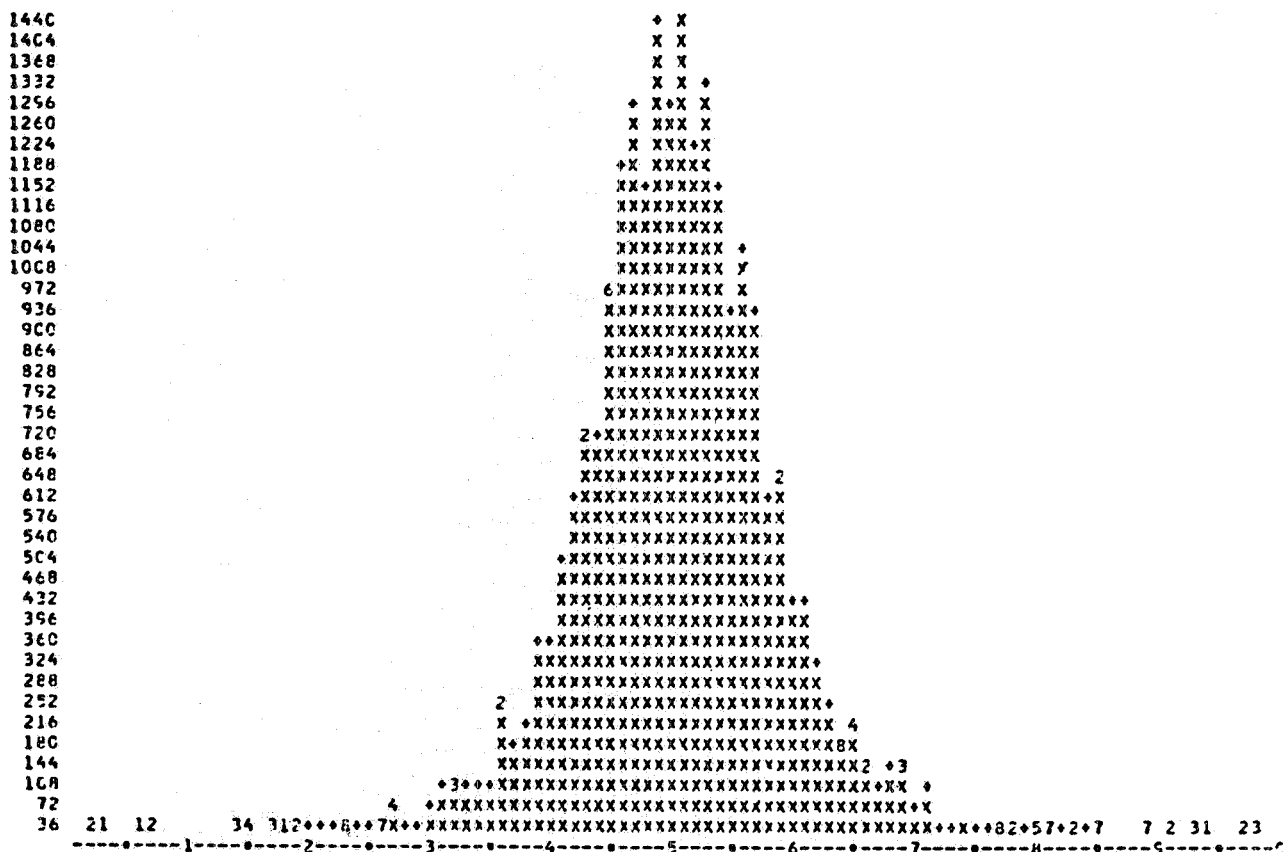


```

VAL.X * -0.10000E 00 * -0.50000E-01 * 0.46566E-C9 * 0.50000E-01 * 0.10000E 00
-0.12500E 00 * -0.75000E-01 * -0.25000E-01 * 0.25000E-01 * 0.75000E-01 * 0.12500E 00
    
```

FIG. 6 - Distribuzione di $\Delta p/p$ per i rami carichi (π^+ , π^-) della reazione $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$, come risultato del processo di simulazione gaussiana (blocco 12).

* ISTOCGRAMMA 2) TEP-TE ELAB. GENERA ET+.8 CEV
 MOLTEPLICITA 2 CPZ. TCT.EVENTI***** SCTTC X 3.56 SOPRA X 1.37
 ASSE X LIMITE INFERIORE -0.1745000E 00 PASSO 0.34900E-02 NUMERC PASSI 100
 BOUTX 107 BOUT PESG 3 BOUT ERRCRE 0 GLI EV.CHE SUPERANC TEST 1 SCND 5521
 BOUTX 111 BOUT PESG 3 BOUT ERRCRE**** GLI EV.CHE SUPERANC TEST 1 SCND 5521



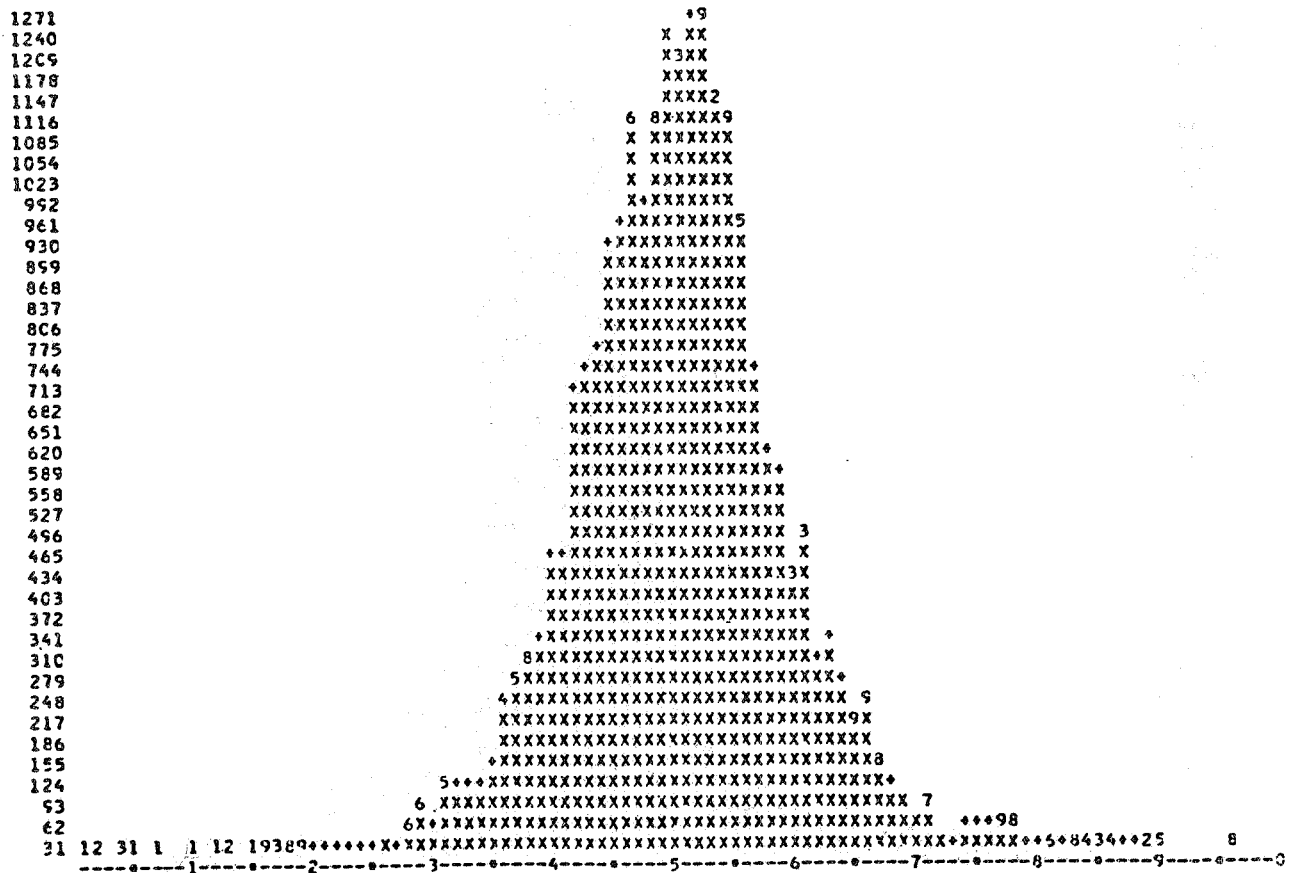
$\Delta\theta$

VAL.X * -0.13960E 00 * -0.69800E-01 * 0.93132E-C9 * 0.69800E-01 * 0.13960E 00
 -0.17450E 00 * -0.10470E 00 * -0.34900E-01 * 0.34900E-01 * 0.10470E 00 * 0.17450E 00

(rad)

FIG. 7 - Distribuzione di $\Delta\theta$ per i rami carichi della reazione $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$, come risultato del processo di simulazione gaussiana (blocco 12).

* ISTOGRAMMA 3) FIP-FI ELAB. GENERA ET=.8 GEV
 MOLTEPLICITA 2 CPZ. TCT.EVENTI***** SCITTC X 26.94 SOPRA X 89.15
 ASSE X LIMITE INFERIORE -0.1745000E CO PASSO 0.34900E-02 NUMERC PASSI 100
 BCUTX 108 BCUT PESO 3 BCUT ERRONE 0 GLI EV.CHE SUPERANC TEST 1 SCNO 5521
 BCUTX 112 BCUT PESO 3 BCUT ERRONE**** GLI EV.CHE SUPERANC TEST 1 SCNO 5521



Δφ

VAL.X * -0.13960E CO * -0.69800E-01 * 0.93132E-09 * 0.69800E-01 * 0.13960E CO
 -0.17450E CO * -0.10470E CO * -0.34900E-01 * 0.34900E-01 * 0.10470E CO * 0.17450E CO

(rad)

FIG. 8 - Distribuzione di $\Delta\varphi$ per i rami carichi della reazione $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$, come risultato del processo di simulazione gaussiana (blocco 12).

applicato, in linea di principio, anche ad altri apparati. Infatti, indipendentemente dalla natura degli errori è sempre possibile, per una valutazione, parametrizzarli mediante formule del tipo:

$$(B 12.1) \quad \begin{aligned} \sigma_p &= \sigma_p(B, L_{pr}, p, \theta, \psi; K_1, K_2, \dots) \\ \sigma_\theta &= \sigma_\theta(B, L_{pr}, p, \theta, \psi; K_1, K_2, \dots) \\ \sigma_\psi &= \sigma_\psi(B, L_{pr}, p, \theta, \psi; K_1, K_2, \dots) \end{aligned}$$

cioè delle standard deviation sulle quantità $\Delta p/p$, $\Delta \theta$, $\Delta \psi$, con $K_1, K_2; \dots$ costanti caratteristiche del dispositivo (sistema di camere a scintilla, materiali incontrati dalla particella lungo la sua traiettoria, sistema di acquisizione, (ottica misuratori, etc....)).

La simulazione degli errori sulla traiettoria sarà fatta sempre estraendo con legge Gaussiana con standard deviation $\sigma_p, \sigma_\theta, \sigma_\psi$, una terna di valori $\Delta p/p, \Delta \theta, \Delta \psi$ e definendo quindi come "traiettoria modificata" quella avente come caratteristiche :

$$\begin{aligned} p &\rightarrow p' = p \left[1 + \frac{\Delta p}{p} \right] \\ \theta &\rightarrow \theta' = \theta + \Delta \theta \\ \psi &\rightarrow \psi' = \psi + \Delta \psi \end{aligned}$$

BLOCCO 15 - Subroutine per tagli per geometria e momento (Subroutine SEGUI). -

In questa subroutine si definiscono le zone sensibili del dispositivo sperimentale intorno alla zona d'interazione e si controlla se la traccia risulta rivelabile o meno. Sostanzialmente si richiede che la particella carica abbia un momento sufficiente affinché non spirizzi dentro il solenoide e che la traiettoria passi per tutte le camere a scintilla. Nel caso che essa risulti non rivelata se ne memorizzano i motivi per una successiva classificazione (blocco 19).

a) Tagli in momento.

Affinchè una particella arrivi nell'ultima camera a scintilla, posta a ridosso della bobina principale del solenoide, occorre che il raggio

$$R_i = \frac{p'_i \sin \delta'_i}{3B} 10^{-4}$$

sia maggiore di un certo valore minimo^(x)

Imponendo ad esempio che l'angolo che la traiettoria forma con la normale alla camera sia minore di 45° deve risultare:

$$R_i > .707 R = h R$$

con R raggio del solenoide.

Nei dati d'ingresso la denominazione di h è GEN(12), quella di B: BITA.

b) Tagli in geometria.

Le zone insensibili del dispositivo⁽¹⁾ sono quelle coperte dai compensatori, che possono schematizzarsi come due rettangoli di lati $2X_{RET}$, $2Y_{RET}$ posti ad una distanza $Z = \mp D_S$ dalla zona d'interazione (v. Fig. 9) e nella versione attuale del programma quelle coperte dalle camere frontali C_3 (v. Fig. 2).

SCHEMATIZZAZIONE DELLE ZONE COPERTE DAI COMPENSATORI
(DISEGNO NON IN SCALA)

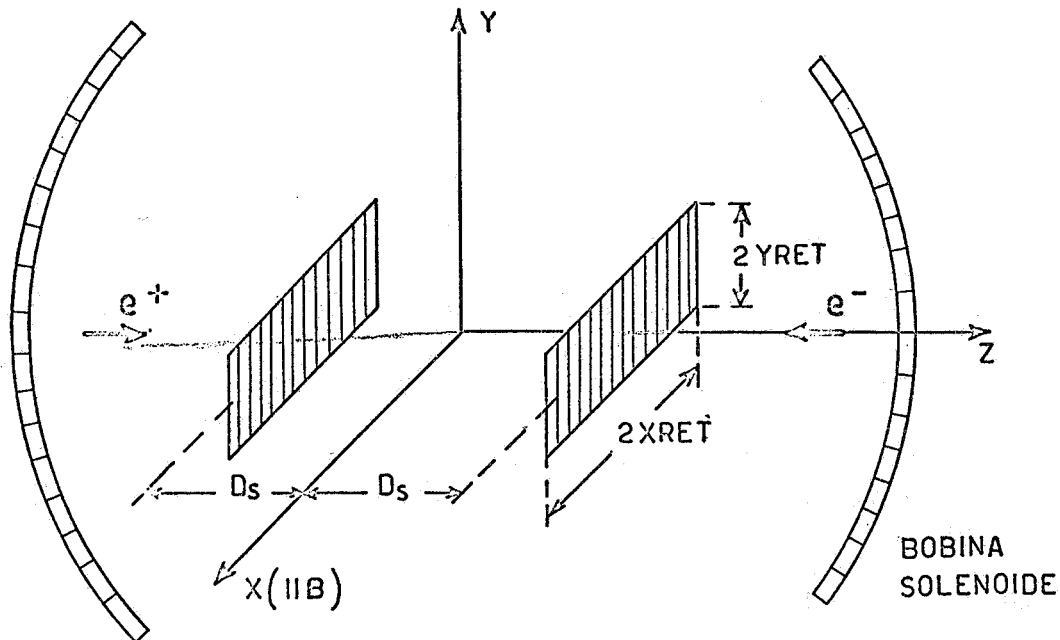


FIG. 9 - Schematizzazione degli ingombri dei compensatori (CP) (vedi Fig. 1, 2).

(x) - Per questi calcoli il campo B è supposto uniforme in tutto il volume del solenoide.

Pertanto una traccia per risultare rivelata deve soddisfare alle seguenti condizioni:

$$\begin{aligned} |x_i| &> |D_S \cdot \operatorname{tg} \delta'_i \cdot \cos \psi'_i| > X_{\text{RET}} \\ |y_i| &> |D_S \cdot \operatorname{tg} \delta'_i \cdot \operatorname{sen} \psi'_i| > Y_{\text{RET}} \\ |\cos \delta'_i| &\leq \cos \delta_0 = .707 \end{aligned}$$

Nei dati d'ingresso le costanti sono denominate con X_{RET} , Y_{RET} , D_S , $\cos \delta_0 = \text{GEN}(11)$.

BLOCCO 16.-

Esaminando con i blocchi 12, 14, 15 tutte le particelle cariche che compongono l'evento si ottengono alla fine tutte le informazioni sulle caratteristiche del medesimo.

BLOCCO 17 - (Test sull'evento).-

Si domanda se l'evento è "visto" o no dal dispositivo; si presentano due eventualità:

a) BLOCCO 18 - (classificazione degli eventi non rivelati).-

L'evento non è rivelato. In tal caso s'incrementa l'apposito contatore nonché quelli che servono ad una classificazione delle varie cause di perdita.

Si classificano gli eventi persi in base a:

- i) Geometria: se almeno una delle tracce non ha incontrato le camere a scintilla.
- ii) Bassi momenti: se almeno una particella ha spiralizzato nel solenoide.
- iii) Per contemporaneità dei due criteri precedenti.

Dopo questa classificazione si passa al blocco 26, che sarà descritto in seguito.

b) BLOCCO 19 - (eventi rivelati).-

L'evento è rivelato. S'incrementa il contatore riguardante gli eventi rivelati e si prosegue.

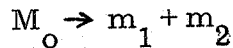
BLOCCO 20 - (diramazione).-

Interrongando l'indice INDST, che può assumere i valori 1, 2, 3 si possono a questo punto scegliere tre alternative:

A) INDST=3; si eseguono tutte le operazioni contenute nei successivi blocchi 21 - 25.

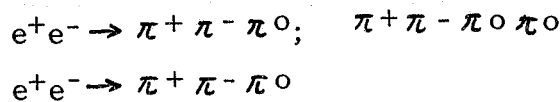
BLOCCO 21 - Subroutine DECAD.-

Nella reazione considerata ci sono particelle neutre delle quali s'intendono studiare i decadimenti. In questa subroutine si simula un decadimento del tipo:



nell'ipotesi che la distribuzione angolare di m_1 , nel sistema di M_0 in quiete, sia isotropa.

Questa subroutine è stata programmata principalmente per lo studio dei decadimenti in due gamma dei π^0 e η^0 che vengono prodotti insieme ai carichi nelle reazioni del tipo:



Se p^0 , θ^0 , ψ^0 , sono il momento e gli angoli che definiscono la particella di cui si vuol studiare il decadimento, si definisce un sistema di coordinate $(x' y' z')$ avente come asse z' la direzione di volo (θ^0, ψ^0) della particella, e legato alla terna (x, y, z) dalla matrice di trasformazione (vedi pagina seguente):

$$T = \begin{pmatrix} \sin \psi^0 & \cos \theta^0 \cos \psi^0 & \sin \theta^0 \cos \psi^0 \\ -\cos \psi^0 & \cos \theta^0 \sin \psi^0 & \sin \theta^0 \sin \psi^0 \\ 0 & -\sin \theta^0 & \cos \theta^0 \end{pmatrix}$$

Si genera l'evento nel sistema di M_0 in quiete estraendo a caso due numeri r_1 e r_2 e calcolando:

$$\cos \alpha = 2r_1 - 1$$

$$\beta = 2\pi r_2$$

cioè la direzione d'uno dei due prodotti di decadimento. In questo sistema di riferimento i quadrimomenti delle due particelle prodotte sono:

$$K_1^x = \begin{pmatrix} K^x \operatorname{sen} \alpha \cos \beta \\ K^x \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \beta \\ K^x \cos \alpha \\ E_1^x \end{pmatrix} \quad K_2^x = \begin{pmatrix} -K^x \operatorname{sen} \alpha \cos \beta \\ -K^x \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \beta \\ -K^x \cos \alpha \\ E_2^x \end{pmatrix}$$

con

$$E_1^x = \frac{M_0^2 + m_1^2 - m_2^2}{2 M_0}; \quad E_2^x = M_0 - E_1^x; \quad K^x = \sqrt{E_1^{x2} - m_1^2}$$

Si fa quindi una trasformazione di Lorentz caratterizzata da:

$$\beta_0 = \frac{P_0}{E_0} \quad \gamma_0 = \frac{E_0}{M_0}$$

e si ottengono i quadrimomenti nel sistema $x' y' z'$, che si muove con velocità β_0 .

$$K_1^x \rightarrow \begin{pmatrix} \vec{K}_1 \\ E_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K^x \operatorname{sen} \alpha \cos \beta \\ K^x \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \beta \\ \gamma_0 (K^x \cos \alpha + \beta_0 E_1^x) \\ \beta_0 (\beta_0 K^x \cos \alpha + E_1^x) \end{pmatrix}$$

$$K_2^x \rightarrow \begin{pmatrix} \vec{K}_2 \\ E_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -K^x \operatorname{sen} \alpha \cos \beta \\ -K^x \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \beta \\ \gamma_0 (\beta_0 E_2^x - K^x \cos \alpha) \\ \gamma_0 (E_2^x - \beta_0 K^x \cos \alpha) \end{pmatrix}$$

Si esegue quindi una trasformazione per passare al sistema usuale (x, y, z)

$$\vec{K}_1 = T \vec{K}_1' \quad \vec{K}_2 = T \vec{K}_2'$$

Da tale subroutine i prodotti di decadimento escono caratterizzati dall'energia, dal momento e dai coseni direttori.

BLOCCO 22 - (Subroutine TEST).-

Questa subroutine va chiamata per lo studio della rivelazione dei gamma (ad esempio quelli che provengono dai decadimenti del π^0 o dell' η^0).

Si esamina se essi passano nelle camere a scintilla CSE nelle quali possono essere visualizzati tramite lo sciame (vedi Fig. 1, 2) e se inoltre hanno una energia maggiore d'una certa minima prefissata.

Poichè le camere a scintilla sono poste tutt'intorno alla bobina del solenoide, un gamma per essere rivelato deve avere l'angolo δ_i che soddisfa alla:

$$|\cos \delta_i| \leq \cos \delta_0 = \cos 50^\circ$$

Nel programma $\cos \delta_0$ è denominato GEN(NGEN+1). L'efficienza di rivelazione delle camere è funzione della energia del gamma; esiste un'energia minima K_T sotto la quale il gamma ha probabilità quasi nulla di essere rivelato. Quindi deve risultare:

$$E_\gamma > K_T \quad (\text{in GeV})$$

Nel programma K_T è denominato GEN(NGEN+2). Nel computo dell'efficienza di rivelazione dei gamma abbiamo distinto i casi in cui i gamma entrano nelle camere a scintilla (condizione di geometria) da quelli in cui oltre ad entrare soddisfano anche alla $E_\gamma > K_T$ (condizione di geometria e momento). Inoltre nel caso di eventi con n gamma ($n \leq 5$) nello stato finale si calcolano separatamente le percentuali di casi in cui si rivelano m gamma (con $m = 1, 2, \dots, n$). Vedi ad esempio l'uscita del programma nel caso della reazione $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ in Fig. 10.

BLOCCO 23 - Deformazione della direzione dei gamma, se rivelati.-

A causa dell'incertezza nella misura del punto di materializzazione del gamma nelle camere, la direzione del gamma può essere determinata con un errore quadratico medio $\sigma_{\theta,\gamma}$, $\sigma_{\varphi,\gamma}$. Per ogni gamma rivelato si segue il solito criterio di simulazione gaussiana per definire una direzione deformata:

$$\theta'_\gamma = \theta_\gamma + \Delta \theta_\gamma$$

$$\varphi'_\gamma = \varphi_\gamma + \Delta \varphi_\gamma$$

Nei dati d'ingresso $\sigma_{\theta,\gamma}$ e $\sigma_{\varphi,\gamma}$ sono denominati con DTEGA e DFIGA (e vanno espressi in radianti).

1) EVENTI ESAMINATI = 7000
 2) EVENTI RUOTATI = 0
 3) TOTALE EVENTI ESAMINATI = 7000
 4) TOTALE EVENTI PESATI = 0.4595537E 03

 5) INEFFICIENZA TOTALE PESATA = 0.7470139E 00
 6) INEFFICIENZA TOTALE = 0.7118571E 00

 7) INEFFICIENZA PESATA PER BASSI MOMENTI = 0.1851660E-01
 8) INEFFICIENZA PER BASSI MOMENTI = 0.5500000E-01

 9) INEFFICIENZA PESATA PER GEOMETRIA = 0.7469286E 00
 10) INEFFICIENZA PER GEOMETRIA = 0.7090000E 00

 INEFFICIENZA PER CRITERIO 7*9 = 0.1843135E-01
 INEFFICIENZA PER CRITERIO 8*10 = 0.5214286E-01

 11) EVENTI RIVELATI PESATI = 0.1162637E 03
 12) EVENTI RIVELATI = 0.2017000E 04

 13) INEFFICIENZA PESATA PER RANGE = 0.4602804E-01
 14) INEFFICIENZA PER RANGE = 0.1740208E 00

 15) INEFFICIENZA PESATA PER INT. NUCL. = 0.3759187E 00
 16) INEFFICIENZA PER INT. NUCL. = 0.4115022E 00

 INEFFICIENZA PER CRITERIO 13*15 = 0.1735057E-01
 INEFFICIENZA PER CRITERIO 14*16 = 0.7089737E-01
 MAX PESO STAT.*B.W = 0.6061285E 01 MAX PESO STAT. = 0.1245901E 03

 CRITERIO DI GEOMETRIA
 GAMMA NON RIVELATI
 NON PESATI 0.2657412E 00
 PESATI 0.3171604E 00

 GAMMA RIVELATI
 CASO 1 GAMMA
 NON PESATI 0.4828954E 00
 PESATI 0.5089146E 00

 CASO 2 GAMMA
 NON PESATI 0.2513634E 00
 PESATI 0.1739283E 00

 CRITERIO DI GEOMETRIA E MOMENTO
 GAMMA NON RIVELATI
 NON PESATI 0.4219157E-00
 PESATI 0.5121052E 00

 GAMMA RIVELATI
 CASO 1 GAMMA
 NON PESATI 0.4328210E 00
 PESATI 0.4033387E 00

 CASO 2 GAMMA
 NON PESATI 0.1452652E 00
 PESATI 0.8455920E-01

FIG. 10 - Esempio d'uscita ottenuto nello studio della reazione
 $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ (blocco 28, 29).

BLOCCO 24 - Calcolo del range d'una particella carica in Al.-

Mediante la subroutine INTER si determina, per le particelle cariche dell'evento dotate di velocità β , il percorso in Alluminio.

Si è divisa la funzione $R(\beta)$, che dà il percorso che una particella può compiere in Alluminio in funzione della sua velocità β , in intervalli nei quali la dipendenza di $\ln R$ da $\ln \beta$ è ben approssimata con una retta⁽⁹⁾. In ognuno di questi intervalli il calcolo di $\ln R$ è fatto per interpolazione lineare.

Gli estremi degli intervalli che definiscono la funzione $R(\beta)$ sono tabulati nelle 16 schede denominate:

$$\text{RANGE}(\text{JR}), \text{BX}(\text{JR}), (\text{JR}=1, \dots, 16)$$

BLOCCO 25 - Classificazione degli eventi persi per range ed interazione nella bobina.-

Con questa subroutine si esamina se le particelle cariche hanno una energia sufficiente ad attraversare lo spessore della bobina del solenoide e se subiscono in questa delle interazioni nucleari. La chiamata di questa subroutine si rende utile quando si hanno⁽¹⁾ dei contatori posti immediatamente fuori della bobina e si vuole esaminare quindi se "vedono" un determinato evento.

Una volta esaminati tutti i rami carichi si classifica l'evento nel modo seguente:

- 1) Perso per range: se almeno una delle particelle cariche non ha avuto energia sufficiente a superare la bobina.
- 2) Perso per interazione nucleare: se almeno una delle particelle cariche ha avuto un'interazione nucleare.
- 3) Perso per range e per interazione nucleare.

Per tali classificazioni sono necessari due test: Test di range e test di interazione nucleare.

Test di range

Detta L_i la lunghezza della traiettoria di una particella di velocità β_i dentro la bobina di spessore S deve risultare:

$$L_i = \frac{S}{\sin \delta_i} \geq R(\beta_i)$$

affinchè la particella riesca ad attraversare la bobina.

Nei dati d'ingresso S è denominato con SPESS (espresso in cm(SPESS=7cm)).

Test per interazioni nucleari.

Detto λ il cammino libero medio geometrico per interazione nucleare nell'Alluminio ($\lambda \approx 29$ cm) si può simulare un'interazione nucleare su una traccia sorteggiando un percorso \bar{L}_i secondo la relazione

$$\bar{L}_i = -\lambda \ln r_i$$

se $\bar{L}_i \leq L_i$ si dice che la particella ha interagito.

Nel programma λ è denominato CALIM (espresso in cm).

B) INDST = 1; (Dalla diramazione al blocco 20).

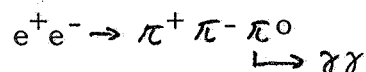
In questo caso non si desidera lo studio dei decadimenti, ma solamente delle interazioni nucleari e del range; si manda il programma direttamente al blocco 24 e si prosegue con i blocchi successivi.

C) INDST = 2; (Dalla diramazione al blocco 20).

Non si desidera alcuna operazione supplementare sullo evento (decadimento, interazione, range); si va direttamente al blocco 26 e si prosegue.

BLOCCO 26 - Subroutine PLOT (subroutine per la stampa su nastro)

Quando viene chiamata questa subroutine sono già state ottenute tutte le informazioni desiderate sull'evento; si passa pertanto al calcolo di alcune grandezze d'interesse generale che, insieme a tutti i dati caratteristici dell'evento, vengono memorizzati su nastro magnetico. Quantità d'interesse generale sono ad esempio: le masse invarianti delle particelle prodotte a due a due m_{ij}^2 , gli angoli fra due particelle $\cos \theta_{ij} = \frac{\vec{p}_i \cdot \vec{p}_j}{|\vec{p}_i| \cdot |\vec{p}_j|}$ la massa mancante ai prodotti carichi rivelati MM^2 , calcolata con i momenti "deformati" etc. Un esempio di composizione del record è mostrato in Fig. 3 per la reazione :



BLOCCO 27 - Si vogliono le stampe intermedie.-

Tutte le operazioni dal blocco 2 al 26 vengono ripetute per ogni evento generato.

Se si desidera la generazione di NT eventi, può essere importante conoscere i risultati dell'elaborazione ogni NSTA eventi generati.

Le ragioni per conoscere i risultati dell'elaborazione nel corso del programma sono varie:

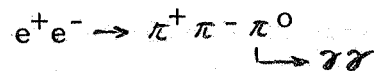
a) I controlli intermedi permettono di intervenire in caso di anomalie e di risparmiare quindi tempo di calcolatore.

b) Dall'andamento delle efficienze di rivelazione in funzione del numero degli eventi generati si può stimare la precisione statistica del metodo. Si può pertanto, per ogni tipo di reazione, valutare il numero minimo di eventi necessari per conoscere le efficienze con una prefissata precisione.

BLOCCO 28 - 29. -

Quando sono stati esaminati tutti gli NT eventi richiesti si stampano tutti i risultati dell'elaborazione.

Un esempio d'uscita per gli eventi della reazione



è mostrato in Fig. 10.

La prima parte dei dati d'uscita si riferisce all'efficienza di rivelazione dei prodotti carichi, $\pi^+ \pi^-$ (vedi blocco 14); la seconda alla efficienza di rivelazione dei gamma (vedi blocco 22). Se NR sono gli eventi non rivelati appartenenti ad una certa classe ognuno dei quali con peso P_i ($i=1, \dots, NR$), e N sono quelli generati, ognuno con peso P_i ($i=1, \dots, N$), si calcolano due efficienze:

Voci delle uscite	Denominazione	NR
5, 7, 9	efficienza pesata per ...	$= \frac{\sum_i P_i}{N}$
6, 8, 10	efficienza per ...	$= \frac{NR}{N}$

Va espressamente sottolineato che le inefficienze "non pesate" non corrispondono ad una dinamica corrispondente al modello statistico. Infatti per ottenere le previsioni del modello statistico ciascun evento va pesato secondo la formula della subroutine CREA (v. pag. 6, blocco 3).

Le inefficienze per range, interazioni si riferiscono alla percentuale d'eventi rivelati (25.3% nell'esempio) e non al totale degli eventi creati.

Le efficienze di rivelazione dei gamma si riferiscono ancora alla percentuale d'eventi rivelati (25.3% dell'esempio).

§ 2 - STUDIO DELLE RISOLUZIONI E DI VARI TIPI DI DISTRIBUZIONI. -

Come abbiamo visto in B26, tutti gli eventi generati vengono memorizzati su nastro magnetico. Mediante opportuni programmi (nel nostro caso il programma ISIDE) è possibile elaborare tali informazioni per ricavarne criteri sulla rivelabilità e sulla identificazione delle reazioni.

Esponiamo brevemente alcune delle informazioni che si possono ricavare con queste elaborazioni.

1) Risoluzione del dispositivo.

1a) - Facendo il bilancio energetico di ogni evento è possibile calcolare la risoluzione del dispositivo.

Ad esempio per eventi delle reazioni:



detti p_i' (\vec{P}_i', E_i') i quadrimomenti dei prodotti carichi rivelati così come visti dal dispositivo, e E_T l'energia totale dei due fasci, le distribuzioni delle quantità:

$$MM^2 = [E_T - (E_1' + E_2')]^2 - [\vec{P}_1' + \vec{P}_2']^2$$

danno direttamente con quale precisione si misura la massa del π^0 e del gamma non osservati.

In Fig. 11 e 12 sono mostrati gli istogrammi ottenuti con eventi della reazione (1) e (2). Dal confronto di questi istogrammi è possibile valutare ad esempio, noto il rapporto delle sezioni d'urto dei due processi, le contaminazioni degli eventi d'un canale sull'altro, per i vari valori di MM^2 .

1b) - Può essere interessante conoscere la risoluzione del dispositivo per eventi d'una particolare regione dello spazio delle fasi. Per esempio, se si vuol studiare la reazione:

* ISTOGRAMMA 1) MM**2
 MOLTEPLICITA 1 OPZ.
 ASSE X LIMITE INFERIORE -0.2000000E 00 PASSO 0.40000E-02 NUMERO PASSI 100
 BOUTX 89 BOUT PESO 3 BOUT .ERRORE 0 GLI EV.CHE SUPERANO TEST 1 SONO 3198
 TOT.EVENTI***** DI CUI SOTTO X 0.00 SOPRA X 0.00

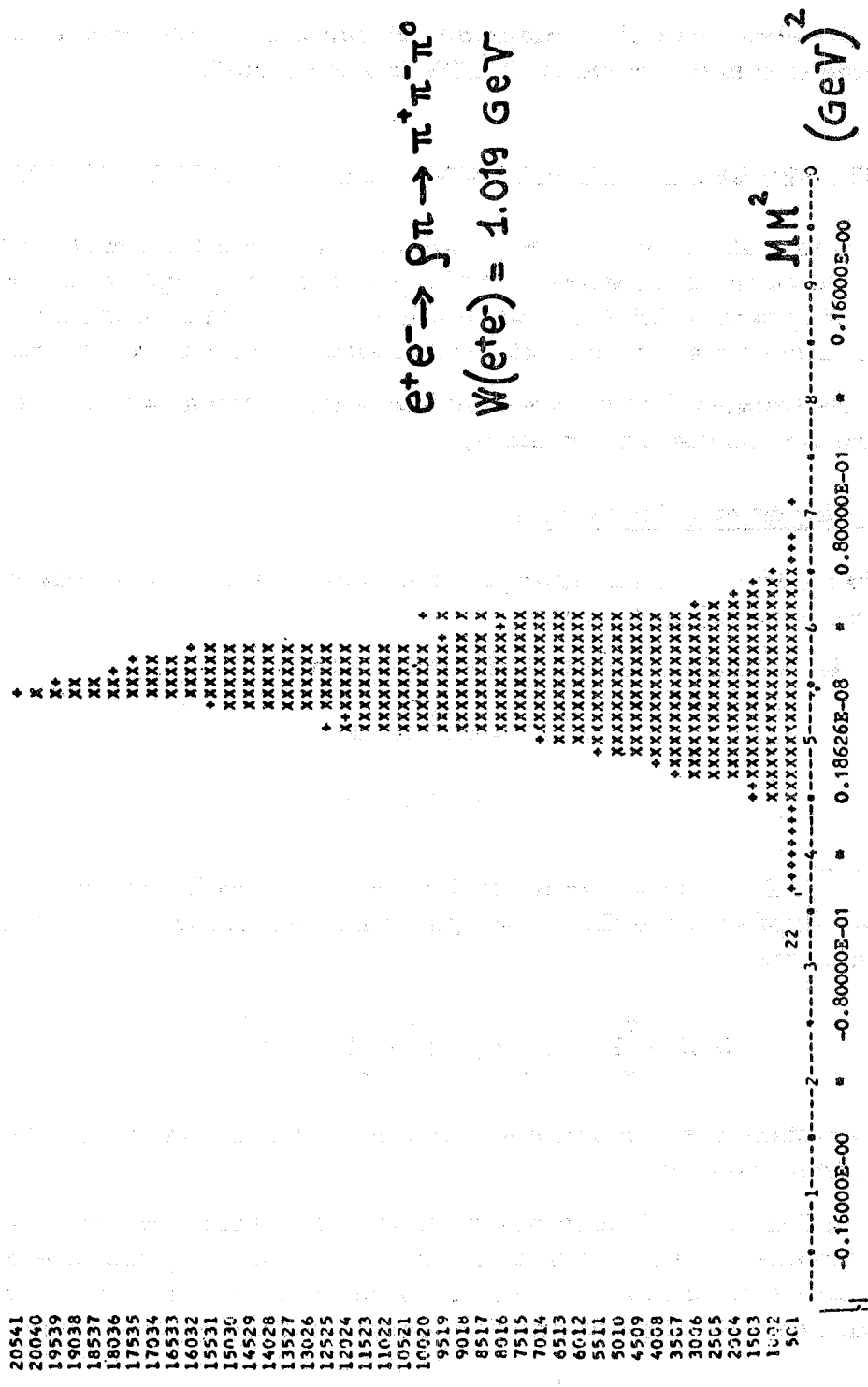


FIG. 11 - Massa mancante ai prodotti carichi rivelati (π^+, π^-) degli eventi della reazione $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ rivelati dal dispositivo(1).

* ISTRGRAMMA 2) MME*2 EV. CASC P+P-CAPMA
 MCLTEPLICITA 1 CPZ. ICI.EVENTI***** DI CUI SOTTO X 0.00 SOPRA X2973.34
 ASSE X LIMITE INFERIORE -0.2500000E 00 PASSO 0.40000E-02 NUMERO PASSI 100
 BOUTX 52 BOUT PESO 3 BOUT ERRORE 0 GLI EV.CHE SUPERANC TEST 2 SCNO 2165

673300
 852000
 830700
 809400
 788100
 766800
 745500
 724200
 702900
 681600
 660300
 639000
 617700
 596400
 575100
 553800
 532500
 511200
 489900
 468600
 447300
 426000
 404700
 383400
 362100
 340800
 319500
 298200
 276900
 255600
 234300
 213000
 191700
 170400
 149100
 127800
 106500
 85200
 63900
 42600
 21300

$e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$
 $W(e^+e^-) = 1.019 \text{ GeV}$

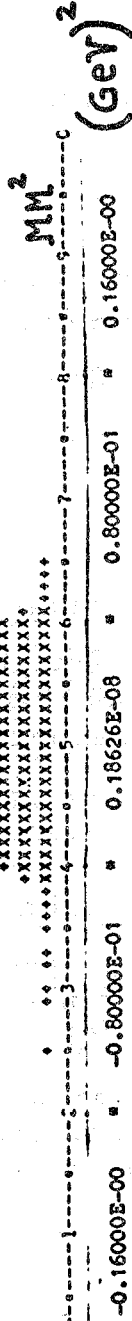


FIG. 12 - Massa mancante ai prodotti carichi rivelati (π^+ , π^-) degli eventi della reazione $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$ rivelati dal dispositivo(1).

$$e^+ e^- \rightarrow \omega \rightarrow \rho \pi$$

guardando il particolare canale:

$$e^+ e^- \rightarrow \omega \rightarrow \begin{array}{l} \rho^0 \pi^0 \\ \hookrightarrow \pi^+ \pi^- \end{array}$$

si deve conoscere la distribuzione di MM^2 degli eventi con

$$M_{+-}^2 = (M_{\rho^0 \pi^0}^2 + \vec{p}_\rho^2)^2$$

1c) - Per identificare reazioni con molti corpi nello stato finale può essere sufficiente rivelare solamente una parte dei prodotti carichi generati.

Questo si può vedere facendo la distribuzione della quantità:

$$MM_m^2 = (E_T - \sum_1^m E_i)^2 - (\sum_1^m p_i')^2$$

con m numero dei carichi rivelati.

Questa classe d'eventi può essere selezionata con il programma ISIDE (SUMX) interrogando gli indici di rivelabilità che caratterizzano ognuna delle tracce dell'evento sul record.

Naturalmente il programma fornisce anche la percentuale di questi eventi. Anche la programmazione di questi tipi di test è immediata.

2) Vari tipi di distribuzioni.

In generale poichè sul record sono memorizzati tutti i dati caratteristici d'un evento è possibile ottenere tutti i tipi di distribuzioni di grandezze d'interesse fisico.

Se tali grandezze non sono memorizzate sul record dell'evento, basterà programmare il loro calcolo in una subroutine IBFTC COMPUT, che è previsto possa precedere il programma ISIDE (SUMX).

BIBLIOGRAFIA E NOTE. -

- (1) - W. Ash, D. Grossman, G. Matthiae, G. P. Murtas, M. Nigro, G. K. O'Neill, G. Sacerdoti, R. Santangelo, D. Scannicchio and E. Schiavuta, A magnetic analyzer to be used for Adone colliding beam experiments LNF-69/2.
- (2) - Il programma ISIDE ci è stato gentilmente fornito dal Dr. E. Valente dell'Istituto di Fisica dell'Università di Roma.
- (3) - Ringraziamo la Prof. S. Limentani e la Dr. M. R. Pozzan-Marin della Università di Padova per averci fornito una subroutine di un loro programma, che ci è stata di guida per la scrittura della "CREA".
- (4) - S. De Gennaro, E. Celeghini, G. Longhi, R. Gatto, *Il Nuovo Cimento* 47, 113 (1967); N. Cabibbo e R. Gatto, *Phy. Rev.* 124, 1577 (1961).
- (5) - E. Celeghini e R. Gatto, Meson resonances from electron-positron colliding beams, Report TH-68/2, Istituto di Fisica, Università di Firenze.
- (6) - E' attualmente in elaborazione una seconda versione di questo programma, in modo da renderlo atto all'uso dei risultati di questo lavoro⁽⁵⁾.
- (7) - M. Nigro, R. Santangelo, Memorandum Interno Adone MEA 18.
- (8) - P. Asbury, G. Finocchiaro, A. Michelini, D. Websdale, C.H. West, W. Beusch, B. Gobbi, M. Pepin, E. Polgar, M.A. Ponchon, *Nucl. Instr. and Meth.* 46, 61 (1967).
- (9) - High Energy Particle data, Vol. I, U.C.R. L-2426.