

COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 64/67 (Rev.)
22 Dicembre 1964.

M. A. Locci, M. Nigro e G. Verri: CALCOLO DELLA EFFICIENZ
ZA DI RIVELAZIONE DELLA Λ , PRODOTTA NELLA REAZION
E $\gamma + p = K^+ + \Lambda$, CON UN TELESCOPIO DI CONTATORI.

(Nota interna n. 267)

Nota interna n. : 267
22 Dicembre 1964

M. A. Locci, M. Nigro^(*) e G. Verri: CALCOLO DELLA EFFICIENZA DI RIVELAZIONE DELLA Λ , PRODOTTA NELLA REAZIONE $\gamma + p = K^+ + \Lambda$, CON UN TELESCOPIO DI CONTATORI.

INTRODUZIONE

In questo lavoro è stato usato il metodo statistico di Montecarlo per il calcolo della efficienza geometrica di un telescopio di contatori, nella rivelazione dei protoni della Λ ($\Lambda \rightarrow p + \pi^-$), prodotta nella reazione

$$\gamma + p = K^+ + \Lambda \quad (1)$$

In particolare il calcolo è stato fatto per il dispositivo sperimentale usato dal gruppo PDK, per la misura della polarizzazione trasversale rispetto al piano di produzione della Λ prodotta nella (1). Tuttavia poiché il sistema di rivelazione usato nell'esperimento (1) è abbastanza convenzionale, si è compilato un programma di calcolo in una forma tale da poter essere adatto anche per altri sistemi, in esperienze analoghe alla suddetta.

Precisamente, in una esperienza su una reazione del tipo

$$\gamma + A \rightarrow B + C$$

$$C \rightarrow D + E$$

si può ottenere l'efficienza geometrica di un dispositivo in cui si rivela la particella B da una parte e uno o entrambi i prodotti di decadimento di C in un telescopio di contatori o in camere a scintilla dall'altra.

Il programma, scritto in linguaggio FORTRAN, è stato elaborato dal calcolatore IBM 7040 dell'Istituto Superiore di Sanità. I valori trovati sono in buon accordo con quelli ottenuti nelle misure, entro gli errori sperimentali da una parte e le approssimazioni fatte nel calcolo dall'altra.

(*) - Istituto di Fisica dell'Università di Padova.

2.

Di seguito descriviamo il modo in cui si è impostato il calcolo; riassumiamo le diverse fasi del programma, in uno schema per blocchi logici, rimandando per tutti i dettagli alla lista presentata in appendice.

L'esempio di un calcolo e il confronto con i dati sperimentali concludono la presente nota.

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA

Nell'esperimento (1) la polarizzazione della Λ è ottenuta indirettamente misurando l'asimmetria rispetto al piano di produzione, individuato dai momenti \vec{p}_γ del γ e \vec{p}_K del K rivelato, nella emissione dei protoni di decadimento della Λ .

Precisamente si accettano i K in tutto un angolo solido $\Delta\Omega$ e in un intervallo di momenti Δp_K , definiti entrambi da uno spettrometro magnetico; i protoni che decadono sopra e sotto il piano $(\vec{p}_\gamma, \vec{p}_K)$ sono rivelati da due identici telescopi di contatori U e D posti simmetricamente rispetto al piano mediano dello spettrometro stesso. L'asse dei telescopi coincide con la direzione media di emissione della Λ ; i contatori dei telescopi sono distanziati dal piano mediano per tenere conto della indefinizione del piano di produzione, dovuta alla accettazione angolare finita in verticale del magnete.

Il programma di calcolo simula un generico evento del tipo di quelli rivelati nell'esperimento (1).

Un evento consta di tre fasi successive, che sono schematizzate in Fig. 1.

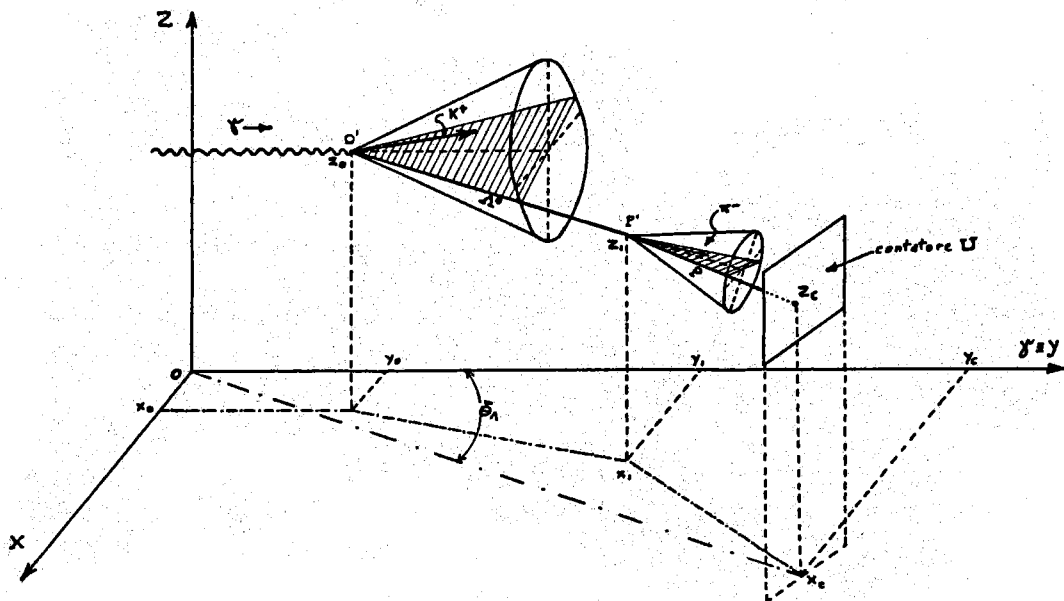


FIG. 1 - Schema delle diverse fasi di un generico evento simulato nel programma

1) Processo:



cioè creazione di un K^+ e di una Λ da parte di un γ che colpisce un protone del bersaglio di idrogeno liquido, ad esempio nel punto indicato in figura 1 con x_0, y_0, z_0 , (nel sistema di riferimento di figura 1 l'asse z coincide con l'asse del bersaglio di idrogeno mentre l'asse y con quello del fascio γ).

2) Decadimento della Λ (in Fig. 1 in x_1, y_1, z_1) in



3) Rivelazione dei protoni con i contatori rettangolari U e D posti rispettivamente sopra e sotto il piano $x y$, che coincide con il piano mediano del magnete.

La distanza del centro dei contatori dal piano $x y$ è z_c ; l'asse dei telescopi forma con la direzione y un angolo θ_Λ uguale alla direzione media di emissione della Λ .

Nel processo 1) un evento $K\Lambda$ può essere completamente determinato cinematicamente e geometricamente fissando, oltre al punto in cui avviene la reazione, l'angolo di emissione θ_K^x del K^+ nel sistema del centro di massa ($\gamma - p$); l'energia E_γ del γ che ha iniziato la reazione, nel sistema del laboratorio, e l'angolo ψ_K fra la direzione del K emesso e il piano $x y$.

In tutte le condizioni dell'esperimento (1) la sezione d'urto si può ritenere con buona approssimazione costante al variare di θ_K^x e E_γ . Quindi, nell'ipotesi che la distribuzione radiale della intensità del fascio sia uniforme, un generico evento può essere simulato estraendo a caso (con probabilità uniforme):

- il punto x_0, y_0, z_0 in cui avviene il processo 1). Questo punto ovviamente deve appartenere alla intersezione del fascio γ con il bersaglio di idrogeno;
- un angolo di emissione θ_K^x , un'energia E_γ , una anomalia ψ_K , appartenenti alle bande angolari ed energetiche accettate dallo spettrometro magnetico.

Il piano di produzione risulta in tal modo completamente determinato e su questo in particolare la direzione di volo della Λ ; la sua energia T_Λ è calcolata in base alla cinematica della reazione. Si determina quindi il punto P' di decadimento della Λ (v. Fig. 1) dipendente dal libero cammino medio, secondo il metodo di Monte Carlo.

Se si suppone inoltre che l'emissione del protone sia isotropa nel sistema della Λ in quiete, un decadimento può essere simulato estraendo con legge casuale:

- il $\cos \theta_p^x$ per l'emissione del protone nel sistema della Λ in quiete;

4.

b) una direzione sul cono, che ha come asse il momento \vec{p}_Λ della Λ e come apertura l'angolo θ_p che il protone emesso forma nel sistema del laboratorio con \vec{p}_Λ . θ_p è legato a θ_p^* e T_Λ mediante una relazione cinematica $\theta_p = \theta_p^*(\theta_p^*, T_\Lambda)$.

Con a) e b) resta fissata la direzione di volo del protone e con semplici considerazioni di geometria è possibile stabilire se avviene l'incidenza su uno dei due contatori U e D.

L'efficienza è definita dal rapporto del numero dei protoni che raggiungono i contatori e il numero totale delle interazioni (numero di eventi $K + \Lambda$). Infine, oltre alla efficienza, si determina anche la distribuzione angolare nel sistema della Λ in quiete dei protoni rivelati. Questo dato permette di fare alcuni controlli del calcolo (in particolare la verifica della isotropia nella estrazione di θ_p^*) e fornisce un'altra utile informazione nel caso dell'esperimento (1).

DIAGRAMMA A BLOCCHI. DATI D'INGRESSO ED USCITE.

Le diverse fasi del calcolo, descritte nel paragrafo precedente, sono mostrate nel diagramma a blocchi in tabella I e più dettagliatamente nella lista del programma in appendice.

Le unità di misura usate nel calcolo sono i cm per le lunghezze, i radianti per gli angoli, il MeV per l'energia e il MeV/c per il momento delle particelle.

I dati iniziali da inserire sono i seguenti:

COPV:

numero dei "casi" da esaminare, cioè il numero di volte che si vuole ricominciare il calcolo con valori numerici diversi dei dati di ingresso elencati in seguito.

EMP, EML, EMK, EMPAI:

masse del protone, del Λ , del K^+ , del π^- .

EG1, EG2:

limiti di variabilità dell'energia E_γ .

THB1, THB2:

limiti di variabilità di θ_K^* , (angolo di emissione nel c. d. m.).

V11, V12, AZ:

grandezze caratteristiche dello spettrometro magnetico; servono a determinare l'intervallo $\Delta\psi_K$ delle possibili anomalie del K^+ .

NO:

numero di innesco per la subroutine "RANDUN" della IBM 7040 I. S. S. che fornisce i numeri a caso.

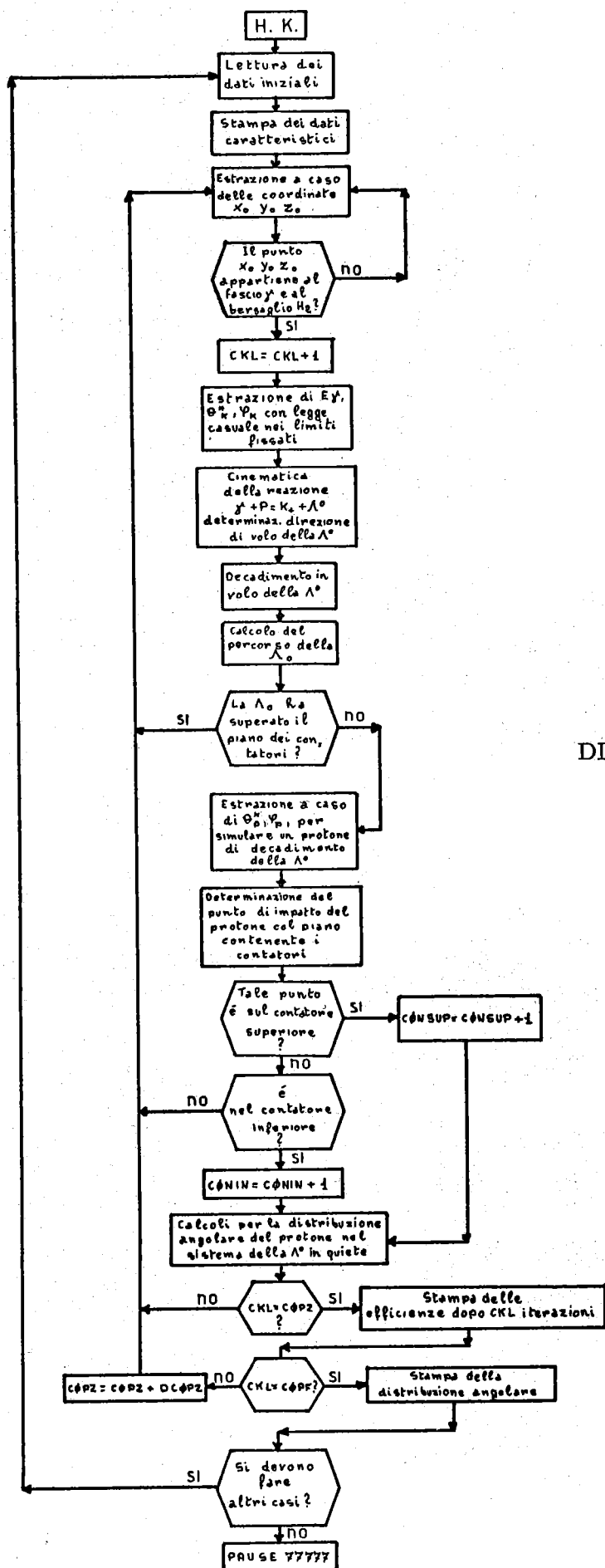


TABELLA I
 DIAGRAMMA A BLOCCHI

6.

COPF:

numero di iterazioni che si desiderano in un "caso".

DCOPZ:

numero di iterazioni necessarie ad avere uscite parziali per un "caso".

Per i dati di ingresso, necessari a fissare la geometria dei contatori di rivelazione dei protoni, del bersaglio d'idrogeno e del fascio γ facciamo riferimento alla Fig. 2.

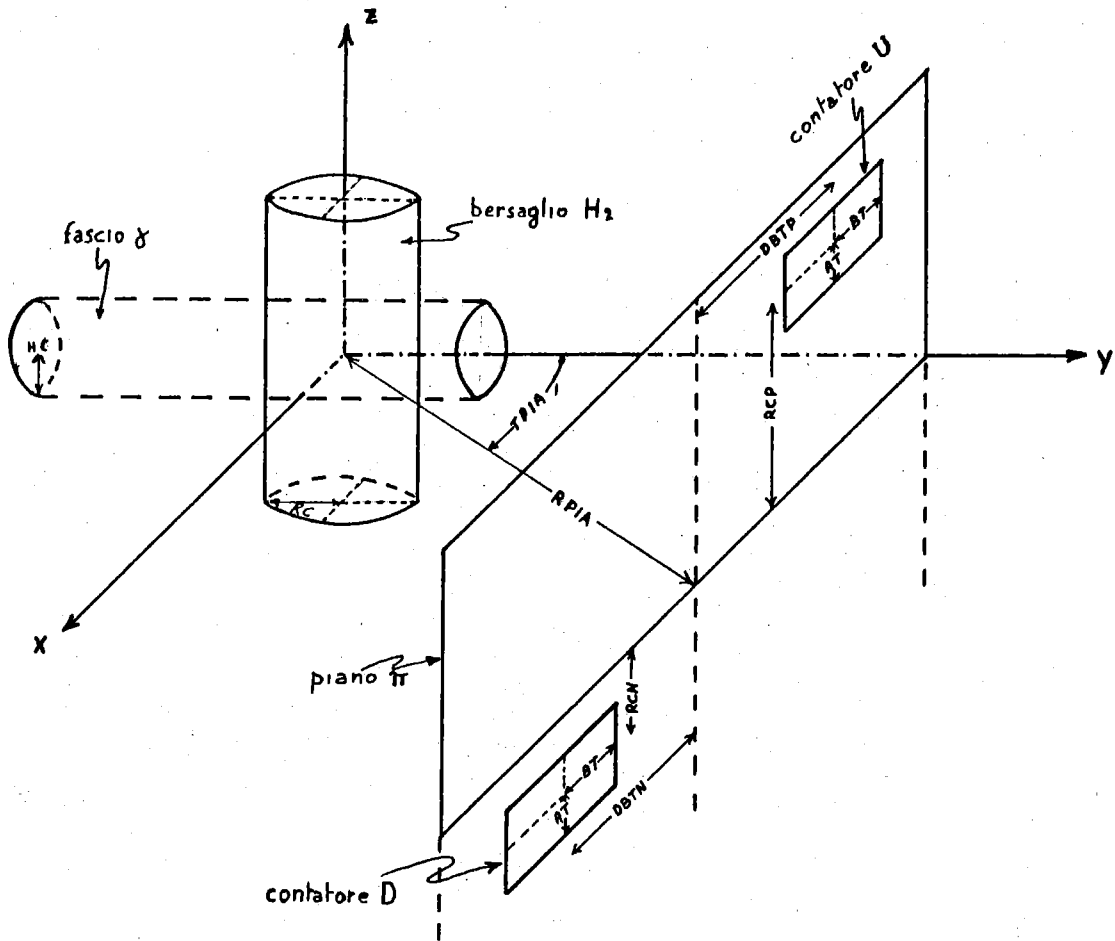


FIG. 2 - Geometria dei contatori U e D rivelatori dei protoni di decadimento.

In essa compaiono le seguenti grandezze:

RC : raggio del cilindro che costituisce il bersaglio di H₂.

HC : raggio del fascio γ , che attraversa il bersaglio.

AT, BT : semidimensioni verticale e orizzontale del contatore rettangolare (U e D).

TPIA : angolo formato dall'asse $y \equiv \gamma$ e dalla normale al piano π .

RPIA : distanza del piano π (al quale appartengono U e D) dal centro del bersaglio di idrogeno.

RCP, RCN : quote dei centri dei contatori U e D rispettivamente.
 DBTP, DBTN : spostamenti orizzontali di U e D rispettivamente sul piano .

Le uscite parziali che si hanno dopo DCOPZ iterazioni forniscono:

- 1) i parametri che caratterizzano la geometria della situazione sperimentale esaminata;
- 2) numero di iterazioni (DCOPZ) (K^+ rivelati);
- 3) il numero di protoni che raggiungono il contatore superiore U;
- 4) il rapporto fra questi due ultimi numeri 3) / 2), cioè la efficienza di rivelazione dei protoni del contatore U;
- 5) numero di protoni che raggiungono il contatore inferiore D;
- 6) il rapporto 5) / 2), cioè la efficienza del contatore D.

Nella uscita finale, che si ha dopo COPF iterazioni, si ha la stampa della distribuzione angolare dei protoni nel sistema della Λ in quiete.

Quindi si prosegue fino a esaminare tutte le COPV situazioni sperimentali diverse.

ESEMPIO DI USCITA E CONCLUSIONI

Diamo in tabella II un esempio di uscita caratterizzata dai seguenti dati d'ingresso:

```

1.0000000E+00
9.38210E+02 1.11500E+03 4.94000E+02 1.39000E+02 1.17000E+01 -1.17000E+01
1.43117E+00 1.58825E+00 1.02700E+03 1.05700E+03 1.20000E+00 2.50000E+00
6.42800E-01 5.82470E-01 4.50000E+00
2.82743E-01 6.90000E+01 1.80000E+01 6.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
7451 1.0000000E+03 3.0000000E+04

```

La sequenza dei dati è facilmente ricavabile dalla lista del programma in appendice 1.

Si sono richieste, in questo caso, uscite parziali ogni 1000 iterazioni, e un totale di 30.000 iterazioni. Il tempo totale di calcolo è stato di 20 minuti.

Da questo esempio si vede che i valori della efficienza, colonna 3 e 5 delle uscite, tendono a stabilizzarsi relativamente presto; già dopo 10.000 iterazioni le fluttuazioni di questi valori da quelli che si ottengono al limite, (cioè dopo un numero molto grande di iterazioni) sono dell'ordine dell'1%.

Una precisione statistica maggiore nel risultato del calcolo non ha interesse, sia perché si sono fatte delle approssimazioni nella impostazione del calcolo stesso (dell'ordine di qualche percento), sia perché tale

TABELLA II

PARAMETRI

0.1200000E 01	0.2500000E 01	0.1170000E 02	-0.1170000E 02
0.6000000E 01	0.1800000E 02	0.	0.
ITERAZIONI	PROTONI IN U	EFFICIENZA IN U	PROTONI IN D EFFICIENZA IN D

0.1000000E 04	0.2120000E 03	0.2120000E-00	0.2370000E 03	0.2370000E-00
0.2000000E 04	0.4410000E 03	0.2205000E-00	0.4640000E 03	0.2320000E-00
0.3000000E 04	0.6740000E 03	0.2246667E-00	0.6720000E 03	0.2240000E-00
0.4000000E 04	0.8820000E 03	0.2205000E-00	0.8850000E 03	0.2212500E-00
0.5000000E 04	0.1111000E 04	0.2222000E-00	0.1117000E 04	0.2234000E-00
0.6000000E 04	0.1343000E 04	0.2238333E-00	0.1335000E 04	0.2225000E-00
0.7000000E 04	0.1590000E 04	0.2271429E-00	0.1552000E 04	0.2217143E-00
0.8000000E 04	0.1826000E 04	0.2282500E-00	0.1783000E 04	0.2228750E-00
0.9000000E 04	0.2057000E 04	0.2285556E-00	0.2004000E 04	0.2226667E-00
0.1000000E 05	0.2274000E 04	0.2274000E-00	0.2222000E 04	0.2222000E-00
0.1100000E 05	0.2500000E 04	0.2272727E-00	0.2451000E 04	0.2228182E-00
0.1200000E 05	0.2732000E 04	0.2276667E-00	0.2673000E 04	0.2227500E-00
0.1300000E 05	0.2952000E 04	0.2270769E-00	0.2903000E 04	0.2233077E-00
0.1400000E 05	0.3187000E 04	0.2276429E-00	0.3142000E 04	0.2244286E-00
0.1500000E 05	0.3421000E 04	0.2280667E-00	0.3357000E 04	0.2238000E-00
0.1600000E 05	0.3650000E 04	0.2281250E-00	0.3563000E 04	0.2226875E-00
0.1700000E 05	0.3881000E 04	0.2282941E-00	0.3789000E 04	0.2228824E-00
0.1800000E 05	0.4109000E 04	0.2282778E-00	0.4027000E 04	0.2237222E-00
0.1900000E 05	0.4331000E 04	0.2279474E-00	0.4259000E 04	0.2241579E-00
0.2000000E 05	0.4524000E 04	0.2262000E-00	0.4498000E 04	0.2249000E-00
0.2100000E 05	0.4764000E 04	0.2268571E-00	0.4700000E 04	0.2238075E-00
0.2200000E 05	0.4972000E 04	0.2260000E-00	0.4929000E 04	0.2240455E-00
0.2300000E 05	0.5191000E 04	0.2256957E-00	0.5143000E 04	0.2236087E-00
0.2400000E 05	0.5428000E 04	0.2261667E-00	0.5362000E 04	0.2234167E-00
0.2500000E 05	0.5674000E 04	0.2269600E-00	0.5555000E 04	0.2222000E-00
0.2600000E 05	0.5898000E 04	0.2268462E-00	0.5793000E 04	0.2228077E-00
0.2700000E 05	0.6120000E 04	0.2266667E-00	0.6005000E 04	0.2224074E-00
0.2800000E 05	0.6348000E 04	0.2267143E-00	0.6217000E 04	0.2220357E-00
0.2900000E 05	0.6577000E 04	0.2267931E-00	0.6457000E 04	0.2226552E-00
0.3000000E 05	0.6806000E 04	0.2268667E-00	0.6679000E 04	0.2226333E-00

DISTRIBUZIONE ANGOLARE DEI PROTONI NEL CENTRO DI MASSA DELLA LAMBDA

0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.1000000E 01	0.5000000E 01	0.7000000E 01
0.7000000E 01	0.9000000E 01	0.1100000E 02	0.2600000E 02	0.3100000E 02
0.3100000E 02	0.4800000E 02	0.6200000E 02	0.7300000E 02	0.7300000E 02
0.9100000E 02	0.1020000E 03	0.1200000E 03	0.9900000E 02	0.1390000E 03
0.1520000E 03	0.1880000E 03	0.1520000E 03	0.1850000E 03	0.2140000E 03
0.2180000E 03	0.2460000E 03	0.2300000E 03	0.2270000E 03	0.2800000E 03
0.2570000E 03	0.3080000E 03	0.2610000E 03	0.3300000E 03	0.2750000E 03
0.2970000E 03	0.3040000E 03	0.3000000E 03	0.2900000E 03	0.3020000E 03
0.3520000E 03	0.2850000E 03	0.3200000E 03	0.2710000E 03	0.3480000E 03
0.3030000E 03	0.3490000E 03	0.3440000E 03	0.3370000E 03	0.2840000E 03
0.2990000E 03	0.2930000E 03	0.2590000E 03	0.2920000E 03	0.2690000E 03
0.2690000E 03	0.2420000E 03	0.2340000E 03	0.2400000E 03	0.2100000E 03
0.2220000E 03	0.1810000E 03	0.1710000E 03	0.1450000E 03	0.1470000E 03
0.1570000E 03	0.1160000E 03	0.1110000E 03	0.1090000E 03	0.8400000E 02
0.7300000E 02	0.5400000E 02	0.4800000E 02	0.4000000E 02	0.3000000E 02
0.1900000E 02	0.1400000E 02	0.8000000E 01	0.4000000E 01	0.1000000E 01
0.	0.	0.	0.	0.

precisione è di gran lunga superiore a quella richiesta nei casi concreti, come ad esempio nell'esperimento (1).

Diamo in Fig. 3 l'istogramma della distribuzione angolare dei protoni, ottenuta dopo 30.000 iterazioni.

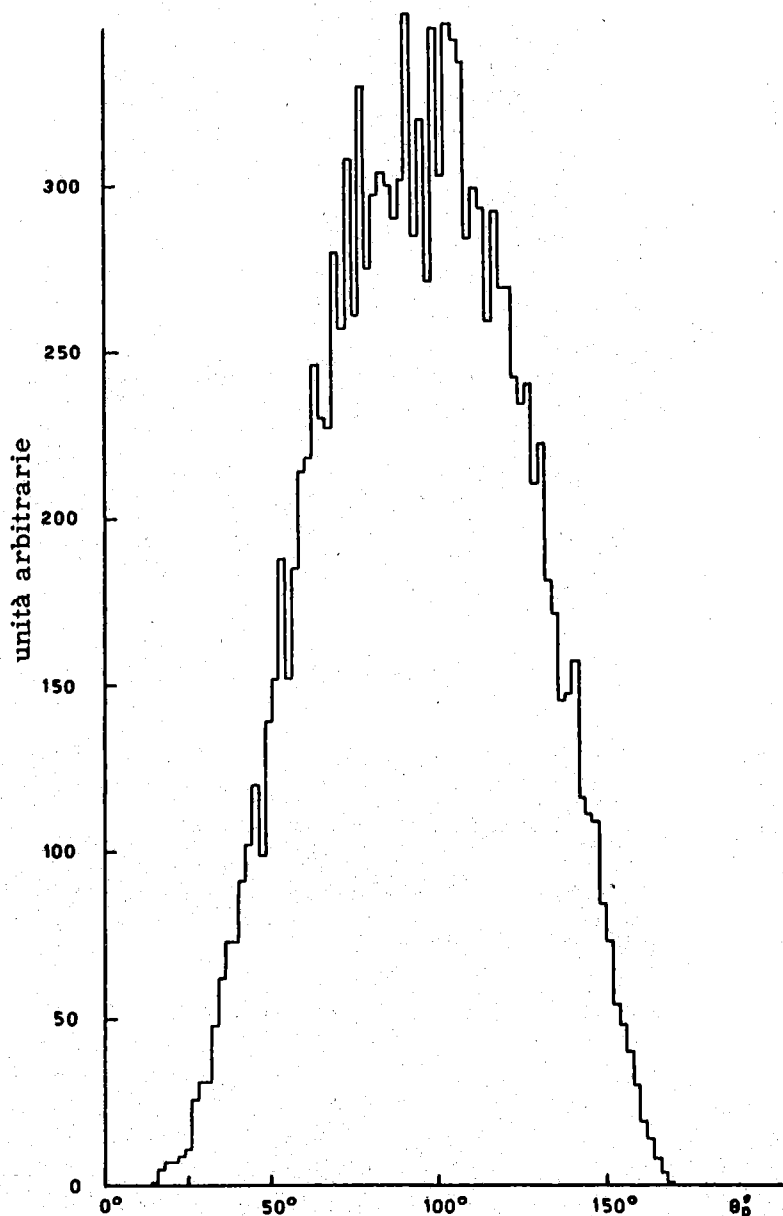


FIG. 3 - Distribuzione angolare dei protoni nel sistema della Λ in quiete.

L'esempio sopra riportato si riferisce ad un "caso" in cui i contatori U e D sono posti simmetricamente rispetto al piano mediano ($RCP = RCN$).

Questa situazione si traduce in uscita nella uguaglianza delle efficienze dei contatori U e D: infatti nelle colonne 3 e 5 si osserva che dopo

10.

20.000 iterazioni le efficienze sono uguali entro qualche per mille. E' possibile quindi valutare, per mezzo del calcolo, le asimmetrie dell'apparato sperimentale superiori all'1% e dovute a disallineamenti dei due contatori: per esempio la più importante nell'esperimento (1) è l'asimmetria introdotta da una differenza di quota ($RCP \neq RCN$) dei contatori (v. Fig. 2).

Concludiamo confrontando i risultati di questi calcoli con le efficienze misurate sperimentalmente.

Nel caso dell'esempio sopra indicato si è trovato col calcolo che la efficienza globale dei due contatori (U e D) è di

$$\eta_c = \frac{NU + ND}{N_\Lambda(\Lambda \rightarrow p + \pi^-)} = .45$$

Sperimentalmente si trova che

$$\eta_s = \frac{NU + ND}{N_\Lambda(\Lambda \rightarrow p + \pi^-)} = .30 \pm .03$$

L'errore dato è solo statistico. La differenza fra le due efficienze si può giustificare osservando che η_s è imprecisa per la presenza di errori sistematici. Ad esempio un eventuale fondo nella misura di N_Λ causa una diminuzione nella efficienza misurata.

Per tali considerazioni il confronto dei risultati può ritenersi accettabile.

RINGRAZIAMENTI.

Gli autori desiderano ringraziare vivamente il Prof. A. Turrin e il Dott. G. Penso per gli utili suggerimenti dati.

APPENDICE 1. -

```

C      LISTA DEL PROGRAMMA PER IL CALCOLO DELLA EFFICIENZA*NP/NLAMBDA
C
C
2  FORMAT (15,3E16.7)
3  FORMAT (6E12.5)
4  FORMAT (5E16.7)
5  FORMAT (10H PARAMETRI/)
6  FORMAT (33X,11H EFFICIENZA/)
16  FORMAT(12H ITERAZIONI,5X,12HPROTONI IN U,3X,15HEFFICIENZA IN U,
114H  PROTONI IN D,17H  EFFICIENZA IN D//)
7  FORMAT(//73H      DISTRIBUZIONE ANGOLARE DEI PROTONI NEL CENTRO DI
1  MASSA DELLA LAMBDA//)
8  FORMAT (E16.7)
   DIMENSION SPET(90)
   READ (5,8) COPV
   COPAS=1.
10  DO 9 I=1,90
   SPET(I)=0.
9  CONTINUE
   READ (5,3) EMP,EML,EMK,EMPAI,RCP,RCN
   READ (5,3) THB1,THB2,EG1,EG22,RC,HC
   READ (5,3) V11,V12,AZ
   READ (5,3) TPIA,RPIA,BT,AT,DBTN,DBTP
   READ (5,2) NO,DCOPZ,COPF
   CTPIA=COS(TPIA)
   STPIA=SIN(TPIA)
   COPZ=DCOPZ
   CONSP=0.
   CONIN=0.
   CKL=0.
   WRITE (6,5)
   WRITE (6,4) RC,HC,RCP,RCN
   WRITE (6,4) AT,BT,DBTN,DBTP
   WRITE (6,16)
C
C      ESTRAZIONE DEI NUMERI A CASO PER SIMULARE UN EVENTO*COMPLETO
C
C
11  XOP=RANDUN(NO)
   XOP=RC*(2.*XOP-1.)
   YOP=RANDUN(NO)
   YOP=HC*(2.*YOP-1.)
   ZOP=RANDUN(NO)
   ZOP=RC*(2.*ZOP-1.)
   IF((XOP*XOP+ZOP*ZOP).GT.(RC*RC)) GO TO 11
   CKL=CKL+1.
111 EG=RANDUN(NO)
   EG=EG*(EG22-EG1)+EG1
   THB=RANDUN(NO)
   THB=THB*(THB2-THB1)+THB1
C
C      CINEMATICA GAMMA+P=K+LAMBDA E DETERMINAZIONE
C      DELLA DIREZIONE DI VOLO DELLA LAMBDA ZERO
C
   ET=EG+EMP
   BETA=EG/ET

```

```

EML2=EML*EML
EMK2=EMK*EMK
EMPA2=EMPAI*EMPAI
EMP2=EMP*EMP
ET2=ET*ET
EG2=EG*EG
GAM=ET/SQRT(ET2-EG2)
ETB=ET/GAM
ETB2=ETB*ETB
ALA=ETB2+EML2-EMK2
AKA=ETB2+EMK2-EML2
ELB=.5*ALA/ETB
EKB=.5*AKA/ETB
ELB2=ELB*ELB
EKB2=EKB*EKB
PKB=SQRT(ELB2-EML2)
PLB=PKB
ALFL=ALA/SQRT(ALA*ALA-4.*ETB2*EML2)
ALFK=AKA/SQRT(AKA*AKA-4.*ETB2*EMK2)
STHB=SIN(THB)
CTHB=COS(THB)
THL=ATAN(STHB/(GAM*(ALFL*BETA-CTHB)))
THK=ATAN(STHB/(GAM*(ALFK*BETA+CTHB)))
ENL=GAM*(ELB-BETA*PLB*CTHB)
PL=SQRT(ENL*ENL-EML2)

```

C

```

FI1=-(AZ+V11*ZOP)*.01/V12
FI2=.01*(AZ-V11*ZOP)/V12
FI=RANDUN(NO)
FI=FI*(FI2-FI1)+FI1
FI=ATAN(SIN(FI)/(COS(FI)*SIN(THK)))
BETAL=PL/ENL
GAMLA=ENL/EML
R=RANDUN(NO)
OPRP=-9.*PL/EML*ALOG(R)

```

C

```

STHL=SIN(THL)
CTHL=COS(THL)
SFI=SIN(FI)
CFI=COS(FI)
ZOP=ZOP-OPRP*STHL*SFI
YOP=YOP+OPRP*CTHL
XOP=XOP+OPRP*STHL*CFI
YDCON=(RPIA-XOP*STPIA)/CTPIA
IF(YDCON.LT.YOP) GO TO 11

```

C

C

C

C

DECADIMENTO DELLA LAMBDA IN P+PAI E DETERMINAZIONE DELLA DIREZIONE DI VOLO DEL PROTONE

```

AP=EML2-EMPA2+EMP2
ALFP=AP/SQRT(AP*AP-4.*EML2*EMP2)
THPB=RANDUN(NO)
CTPB=2.*THPB-1.
STPB=SQRT(1.-CTPB*CTPB)
THPB=ATAN(STPB/CTPB)
IF(THPB.LT.0.)THPB=THPB+3.1415926
THP=ATAN(STPB/(GAMLA*(BETAL*ALFP+CTPB)))
STHP=SIN(THP)
CTHP=COS(THP)
FIP=RANDUN(NO)
FIP=6.2831852*FIP

```

```

SFIP=SIN(FIP)
CFIP=COS(FIP)
CTHPG=CTHL*CTHP-STHL*STHP*CFIP
STHPG=SQRT(1.-CTHPG*CTHPG)
SFIPR=STHP*SFIP/STHPG
CFIPR=(CTHP-CTHL*CTHPG)/(STHL*STHPG)
SFIPG=SFI*CFIPR+CFI*SFIPR
CFIPG=CFI*CFIPR-SFI*SFIPR

```

C
C
C

CONTEGGIO DEI PROTONI INCIDENTI SUI CONTATORI U E D

```

BB=STHPG*CFIPG
RO=(RPIA-(XOP*STPIA+YOP*CTPIA))/(BB*STPIA+CTHPG*CTPIA)
XOP=XOP+RO*BB
YOP=YOP+RO*CTHPG
ZOP=ZOP-RO*STHPG*SFIPG

```

C

```

IF(ZOP.LT.0.) GO TO 121
IF(ZOP-RCP-AT)123,22,11
123 IF(ZOP-RCP+AT)11,22,22
22 J=1
DTG=DBTP
GO TO 40
121 IF(ZOP-RCN+AT)11,32,124
124 IF(ZOP-RCN-AT)32,32,11
32 J=2
DTG=DBTN
40 ET1=RPIA*CTPIA-(DTG-BT)*STPIA
IF(YOP-ET1)41,42,11
41 IF(YOP-(ET1-2.*BT*STPIA))11,42,42
42 ET2=RPIA*STPIA+(DTG+BT)*CTPIA
IF(XOP-ET2)43,44,11
43 IF(XOP-(ET2-2.*BT*CTPIA))11,44,44
44 GO TO (45,46),J
45 CONSP=CONSP+1.
GO TO 916

```

C
C
C
C

DISTRIBUZIONE ANGOLARE NEL SISTEMA DELLA LAMBDA IN QUIETE
DEI PROTONI RIVELATI DAI CONTATORI

```

46 CONIN=CONIN+1.
916 IF(THPB-1.3962634)918,917,928
917 IS=39
GO TO 941
918 IF(THPB-.69813172)920,919,924
919 IS=19
GO TO 941
920 IF(THPB-.34906586)922,921,923
921 IS=9
GO TO 941
922 IS=0
GO TO 941
923 IS=10
GO TO 941
924 IF(THPB-1.0471976)926,925,927
925 IS=29
GO TO 941
926 IS=20
GO TO 941
927 IS=30
GO TO 941

```

```

928 IF(THPB-2.4434610)930,929,937
929 IS=69
    GO TO 941
930 IF(THPB-2.0943952)932,931,936
931 IS=59
    GO TO 941
932 IF(THPB-1.7453292)933,934,935
933 IS=40
    GO TO 941
934 IS=49
    GO TO 941
935 IS=50
    GO TO 941
936 IS=60
    GO TO 941
937 IF(THPB-2.7925227)938,939,940
938 IS=70
    GO TO 941
939 IS=79
    GO TO 941
940 IS=80
941 IS=IS+1
    IF(IS-90)943,942,113
943 FIS=IS
    IF(THPB-FIS*.34906584E-01)942,942,941
942 SPET(IS)=SPET(IS)+1.
    IF(CKL-COPZ)11,112,112
112 EFSUP=CONSP/COPZ
    EFINF=CONIN/COPZ
    WRITE (6,4) COPZ,CONSP,EFSUP,CONIN,EFINF
    IF(COPZ-COPF)12,115,115
12 COPZ=COPZ+DCOPZ
    GO TO 11
115 WRITE (6,7)
    DO 950 K=1,90,5
    WRITE (6,4) SPET(K),SPET(K+1),SPET(K+2),SPET(K+3),SPET(K+4)
950 CONTINUE
    IF(COPAS.EQ.COPV) GO TO 113
    COPAS=COPAS+1.
    GO TO 10
113 PAUSE 77777
    END

```