

LNF-75/57(R)

11 Dicembre 1975

R. Bardina, A. Ianni e S. Merolli: IMPIEGO DI DOSIMETRI A
TERMOLUMINESCENZA PER LA DETERMINAZIONE DELLO
SPETTRO DELLA RADIAZIONE FOTONICA PRODOTTA NEL-
LE MACCHINE PLASMA-FOCUS PRESENTI NEL CENTRO DI
FRASCATI. -

R. Bardina, A. Ianni e S. Merolli : IMPIEGO DI DOSIMETRI A TERMOLUMINESCENZA PER LA DETERMINAZIONE DELLO SPETTRO DELLA RADIAZIONE FOTONICA PRODOTTA NELLE MACCHINE PLASMA-FOCUS PRESENTI NEL CENTRO DI FRASCATI. -

Riassunto. - E' stato fatto un tentativo per mettere a punto un metodo per la spettrometria dei raggi X, da usare attorno alle macchine Plasma-Focus presenti nel Centro di Frascati, studiando l'assorbimento in alluminio di tali radiazioni ed impiegando, come rivelatori, dosimetri a termoluminescenza.

1. - INTRODUZIONE. -

Attualmente sono installate a Frascati due macchine Plasma-Focus^(1, 2, 3) da 120 kJ e 1 MJ. Queste macchine sono caratterizzate dall'emissione contemporanea di neutroni e raggi X in impulsi della durata di circa 100 ns. Se da un punto di vista strettamente radioprotezionistico non sarebbe indispensabile la conoscenza dello spettro della radiazione fotonica emessa dalla macchina, tuttavia tale informazione risulta utile ai fini della conoscenza delle caratteristiche radiogene della macchina stessa. D'altro canto poichè l'uso di rivelatori a semiconduttore o a scintillazione^(4, 5) risulta particolarmente problematico vista la breve durata degli impulsi, è stato fatto un tentativo per determinare lo spettro della radiazione X fuoriuscente dalla macchina studiandone l'assorbimento in alluminio mediante dosimetri a termoluminescenza.

2. - PROCEDIMENTO DI CALCOLO. -

La definizione dello spettro viene fatta eseguendo la determinazione sperimentale della curva di trasmissione della radiazione in alluminio, misurando cioè la dose in corrispondenza a vari spessori opportunamente scelti e utilizzando il programma "Minuit"⁽⁶⁾ nella maniera che verrà descritta nel seguito. Il programma "Minuit" è un programma messo a punto al CERN, capace di operare il "best-fit" di una determinata curva sperimentale con una funzione scelta, contenente fino a un massimo di 14 parametri variabili. Nel nostro caso la funzione con la quale si opera il "best-fit" della curva di trasmissione sperimentale è la funzione

$$F(x) = B(x) \int_{E_1}^{E_2} I(E) e^{-\mu(E) \cdot x} dE \quad (1)$$

dove $B(x)$ è il fattore di build-up praticamente indipendente da E nell'intervallo di energia di interesse, $I(E)dE$ è l'intensità corrispondente all'energia compresa tra E ed $E+dE$ e $\mu(E)$ il coefficiente di attenuazione. Il calcolo viene eseguito impiegando come parametri variabili nel programma di "best-fit" le intensità I_j relative a 14 valori di energia E_j ed integrando col metodo di Simpson.

In sostanza si opera nella seguente maniera: supponiamo di avere determinato l'intervallo di energia all'interno del quale si estende lo spettro (mostreremo avanti come si determina tale intervallo) e sia ΔE tale intervallo. Dividiamo ΔE in 13 parti uguali e attribuiamo una generica ampiezza I_j ai vari punti E_1 , $E_1 + \Delta E/13$, $E_1 + 2\Delta E/13$, ..., E_2 . Successivamente usando la formula di interpolazione di Lagrange, si costruisce la curva che passa per i punti (I_j, E_j) e sostituita questa curva nella (1) al posto della $I(E)$ si calcolano gli N valori della (1) corrispondenti agli N spessori X_i rispetto ai quali è stata misurata la dose. In definitiva otterremo N punti, che nel caso in cui le ampiezze I_j appartenessero allo spettro in questione, sarebbero coincidenti con quelli relativi alla curva di trasmissione sperimentale. A questo punto si tratta di scegliere una serie di 14 ampiezze iniziali I_j e di calcolare gli N integrali; introdotti questi valori come punti di partenza il programma ricercherà automaticamente i valori dei 14 parametri che meglio approssimano, su base statistica, i dati sperimentali.

Va notato che alcune volte si ottengono delle soluzioni oscillanti. Nel nostro caso ha dato buoni risultati operare uno "smoothing" dei 14 valori ottenuti e reintrodurre nel programma come punti di partenza i valori così determinati.

Resta da stabilire un criterio per fissare i 14 valori iniziali di partenza delle intensità I_j . In mancanza di indicazioni "a priori"

sul tipo di spettro, si potranno porre tutte le I_j uguali e pari al valore che si ottiene dividendo la dose corrispondente allo spessore zero per l'intervallo di energia ΔE all'interno del quale si suppone che si estenda lo spettro. Tale scelta viene fatta in modo da partire con una curva il cui integrale sia uguale al valore della dose incidente.

Per quanto riguarda la determinazione dell'intervallo di energia ΔE si opera nella seguente maniera: tracciamo le curve $Y_i(E) = e^{-\mu(E)X_i}$ (vedi fig. 1) corrispondenti agli N spessori X_i e

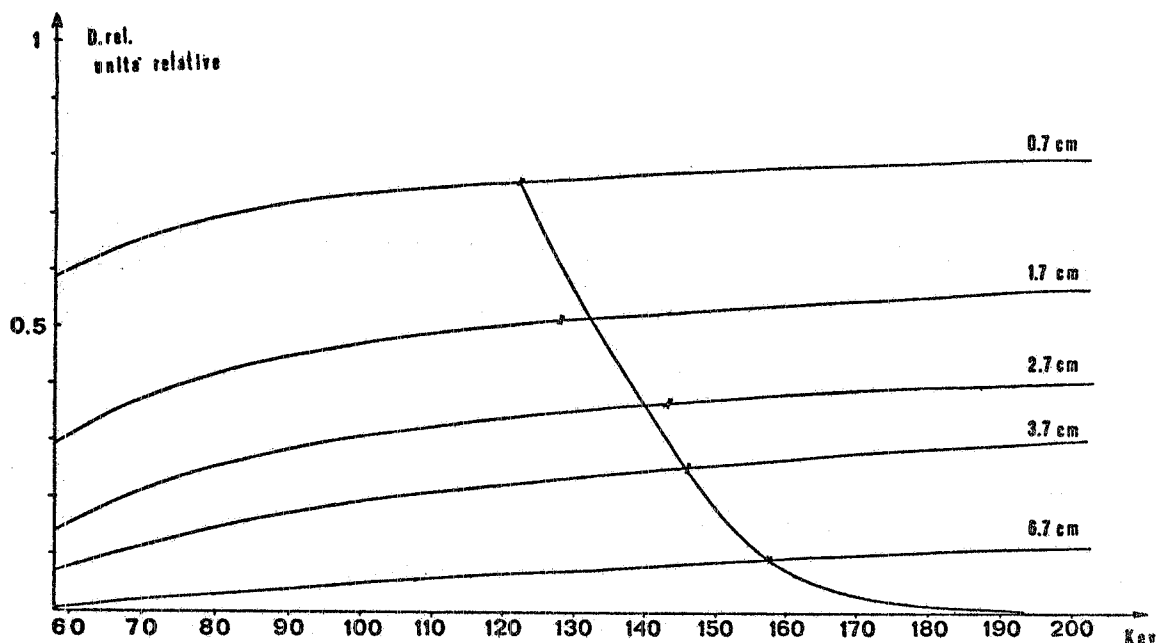


FIG. 1 - Prima determinazione dell'intervallo di energia.

calcoliamo gli $N-1$ rapporti D_1/D_0 , D_2/D_0 , dove D_1 , D_2 , ecc. sono le dosi corrispondenti agli spessori X_1 , X_2 , ecc. e D_0 è la dose corrispondente allo spessore 0. Tali valori appartenenti alle curve $Y_i(E) = e^{-\mu(E)X_i}$ corrispondenti generano una nuova curva la cui intersezione con l'asse delle ascisse determina per eccesso l'energia massima dello spettro; tale valore verrà corretto dal programma nelle fasi successive di calcolo. L'energia più bassa viene fissata uguale a 20 keV che rappresenta il limite inferiore dell'intervallo di energia di interesse.

Per verificare il procedimento di calcolo si è proceduto a verificarne il comportamento nel caso dello spettro di prova di fig. 2, calcolandone per via numerica la curva di trasmissione in alluminio e inserendola nel programma per il procedimento descritto.

La fig. 3 mostra il risultato del primo passo di calcolo dal-

4.

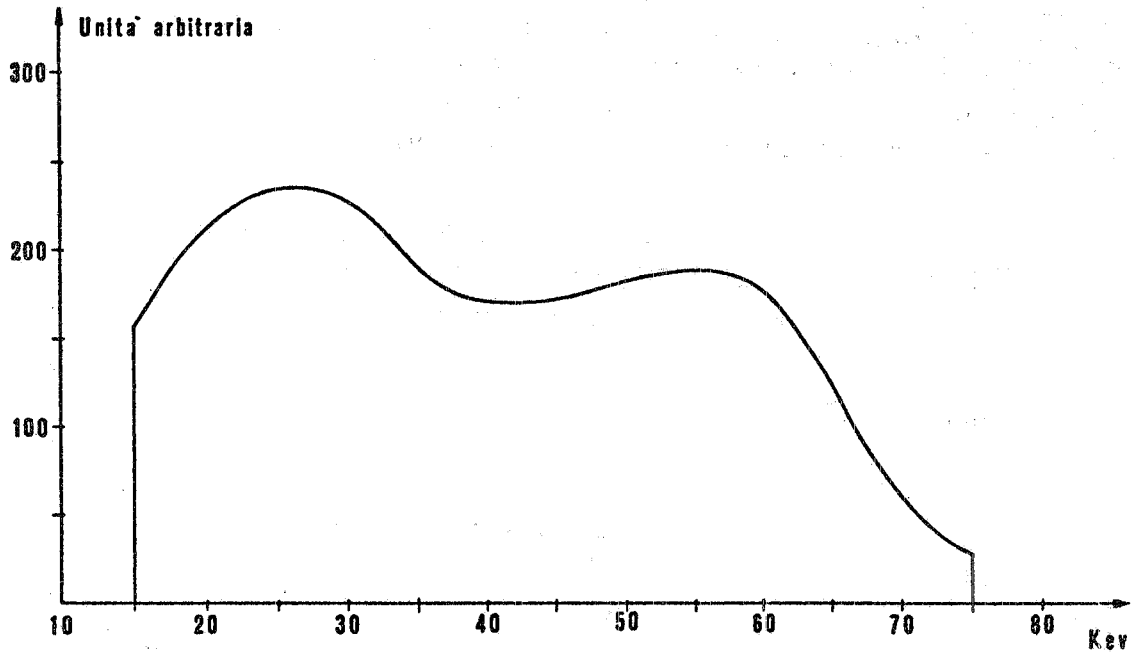


FIG. 2 - Spettro di prova.

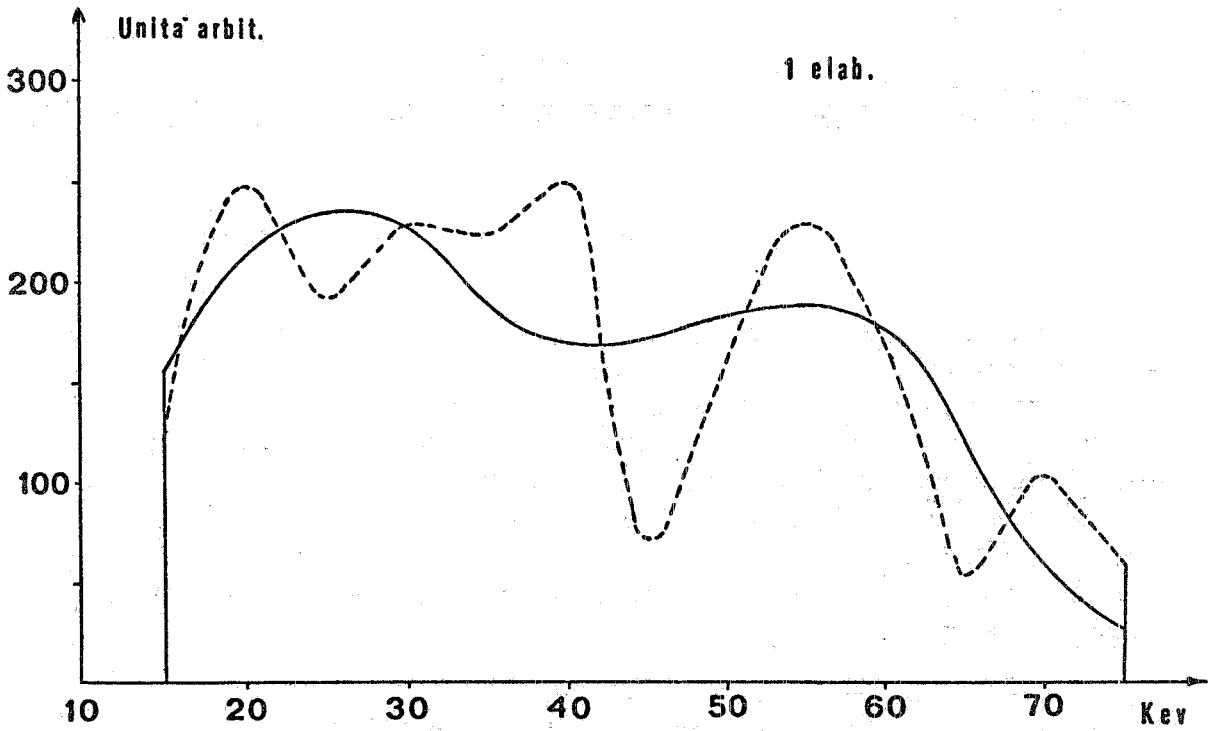


FIG. 3 - Risultato della prima elaborazione.

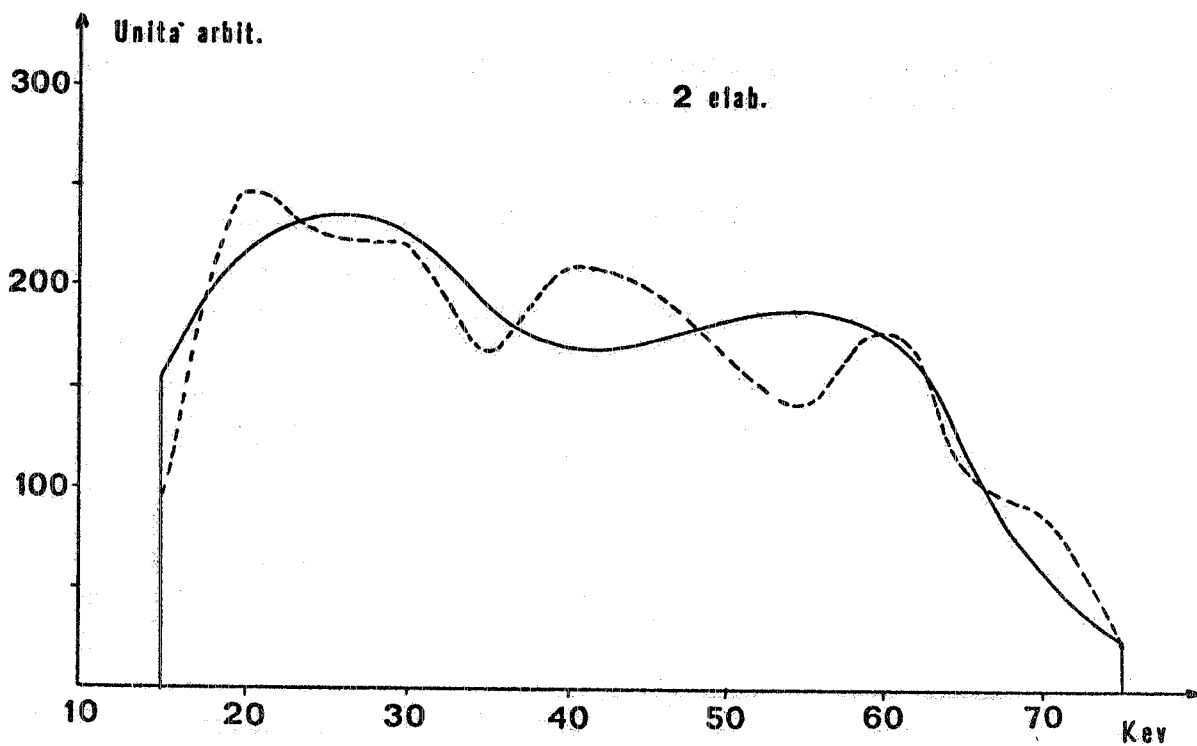


FIG. 4 - Risultato della seconda elaborazione.

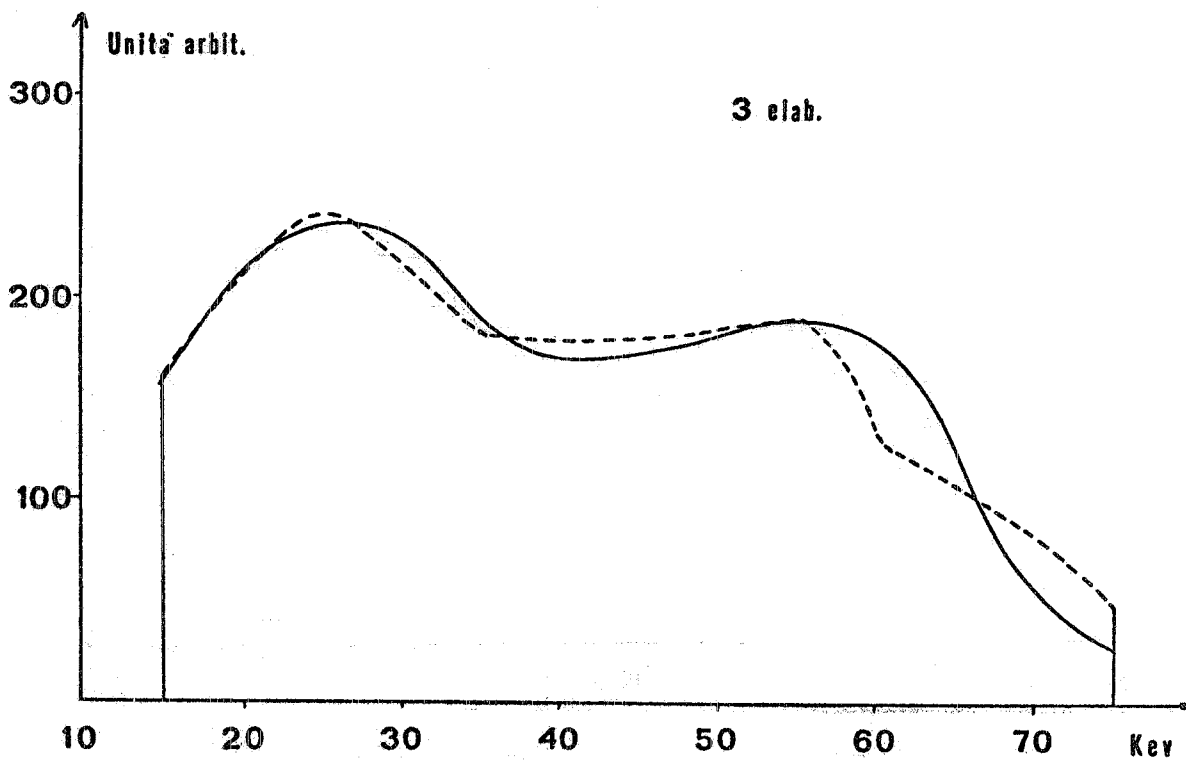


FIG. 5 - Risultato della terza ed ultima elaborazione.

6.

la quale risultano evidenti le oscillazioni di cui si è parlato. Le figg. 4 e 5 mostrano i risultati dei passi successivi.

3. - TECNICA DI MISURA E RISULTATI SPERIMENTALI. -

Per la verifica sperimentale si è fatto uso dell'impianto a raggi X presente all'ENPI di Monteporzio Catone, confrontando lo spettro ottenuto col metodo esposto, con quello di riferimento fornito dall'ENPI stesso. La curva di trasmissione è stata ricavata facendo uso di una sequenza di assorbitori di alluminio intercalati ciascuno con tre dosimetri a termoluminescenza del tipo LiF (700) in forma di pasticche sinterizzate.

L'esposizione è stata fatta a 150 kV con filtraggio pari a 4.5 mm di rame; considerata l'energia in gioco non è stato necessario apportare la correzione alla risposta dei dosimetri a termoluminescenza.

In fig. 6 è possibile vedere il confronto tra lo spettro ottenuto col metodo descritto e quello di riferimento.

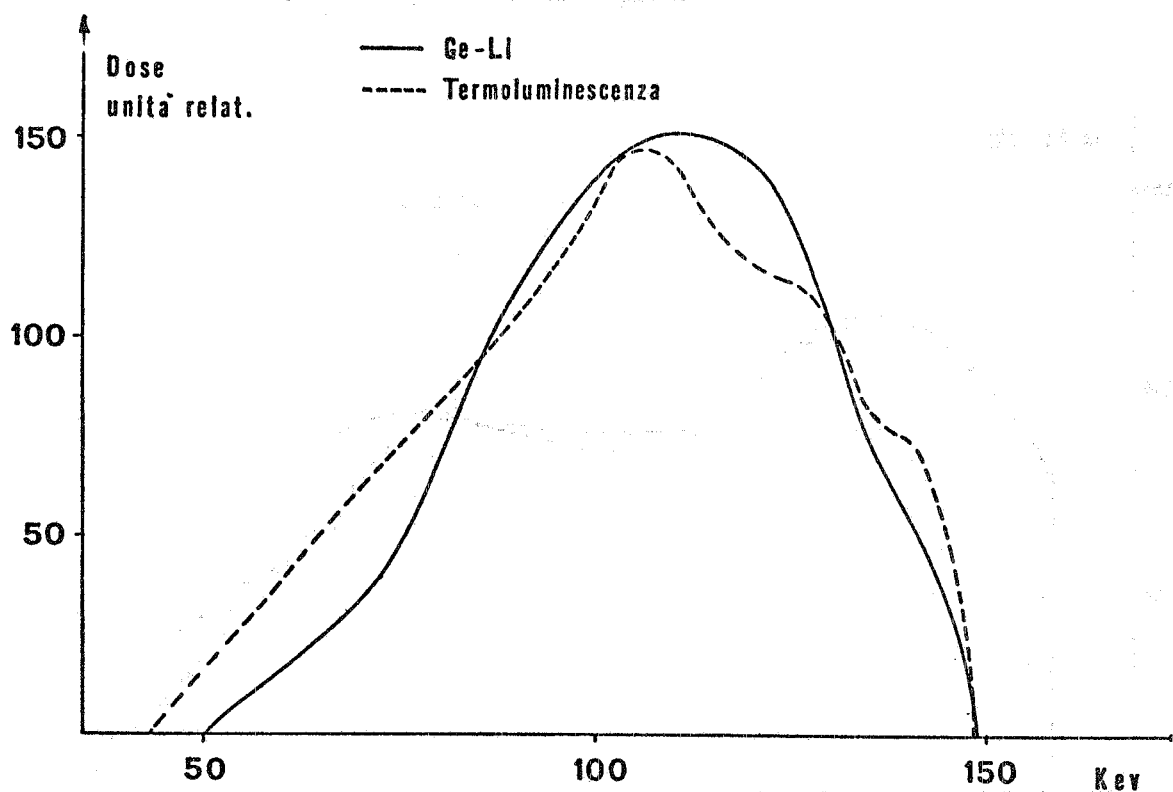


FIG. 6 - Confronto tra lo spettro di riferimento e quello ottenuto col metodo descritto.

4. - CONCLUSIONI. -

Nonostante la messa a punto sperimentale e di calcolo dello spettrometro sia suscettibile di ulteriori miglioramenti, i risultati già ottenuti sembrano indicare una concreta possibilità di impiego dello strumento attorno alle macchine Plasma-Focus presenti nel Centro di Frascati.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - J. W. Mather, *Phys. Fluids* 8, 366 (1965).
- (2) - N. V. Filippov and T. I. Filippova, *Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research (IAEA, Vienna, 1969)*, Vol. 2, p.405).
- (3) - M. Samuelli, *Internal Report Laboratori Gas Ionizzati R/PLAD 73.9/E-P. D. Thesis* (1973).
- (4) - K. M. Kudelin, *Spectrometry of Gamma and X Radiation by means of Thermoluminescent Detectors, Instr. and Exp. Techn.*(May, 1974).
- (5) - H. L. L. Van Paassen, *Rev. Sci. Instr.* 42, 1823 (1971).
- (6) - F. James and M. Roos, *Minuit*, CERN D506-D516 (1971).