

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-59/35 (10. 12. 59)

G. Bologna, G. Diambri, G. P. Murtas: RISULTATI PRELIMINARI
DI UN'ESPERIENZA DI PRODUZIONE DI COPPIE DI ELETTRONI AD
ALTA ENERGIA DI UN MONOCRISTALLO DI SILICIO.

Nota interna: n° 21
10 dicembre 1959

G. Bologna, G. Diambrini, G.P. Murtas: RISULTATI PRELIMINARI DI UN'ESPERIENZA DI PRODUZIONE DI COPPIE DI ELETTRONI AD ALTA ENERGIA IN UN MONOCRISTALLO DI SILICIO. (+)

Le sezioni d'urto per bremsstrahlung e produzione di coppie da primari di alta energia che interagiscono con nuclei di un monocristallo, sono state calcolate da Überall (1,2). Le approssimazioni da lui usate sono state poi sottoposte ad un riesame critico da parte di Schiff. (3)

Esperimenti sulla bremsstrahlung da monocristalli sono stati effettuati con l'acceleratore lineare di Stanford (4) e con l'elettrosincrotrone della Cornell University. (5)

In questa nota si presentano i risultati preliminari di un'esperienza di produzione di coppie di elettroni in un monocristallo di Silicio esposto al fascio γ dell'elettrosincrotrone di Frascati da 1 GeV.

I risultati sono in accordo con la teoria di Überall.

Il fascio γ proveniente dall'elettrosincrotrone

(+) - Questa nota è scritta in forma di lettera per essere sottoposta a pubblicazione.

ne attraversa un collimatore che accetta un angolo di $0,8 \cdot 10^{-3}$ radianti e l'intraferro di un magnete pulitore, propagandosi poi nel vuoto entro uno spettrometro a coppie, all'ingresso del quale è posto, a temperatura ambiente, il monocristallo di Silicio, costituito da una lamina del diametro di ~ 18 mm e dello spessore di $\sim 0,08$ mm (pari a $\sim 8,5 \cdot 10^{-4}$ lunghezze di radiazione). L'asse (100) è entro $\pm 1^\circ$ perpendicolare alla superficie della lamina.

Le coppie simmetriche di elettroni prodotte nel cristallo da fotoni di energia nominale pari a 910 MeV vengono selezionate dallo spettrometro a coppie e rivelate per mezzo di due scintillatori plastici (dello spessore di 3 mm) connessi a due fototubi 6810A posti all'esterno dello spettrometro alla distanza di 1 m dallo spigolo dei poli.

Tali fototubi vengono collegati a due coincidenze, una per il conteggio degli eventi simultanei ed una (ritardata) per il conteggio degli eventi casuali. Ambedue i dispositivi di coincidenza hanno un tempo risolutivo di $6 \cdot 10^{-9}$ sec.

L'intervallo di momenti accettato dagli scintillatori è di ~ 60 MeV/c. L'esperimento consiste nel misurare il numero $N(\theta)$ di coppie simmetriche per unità di dose dei raggi γ in funzione dell'angolo θ tra l'asse cristallino (100) e la direzione dei fotoni.

La quantità di energia trasportata dal fascio è misurata mediante un quantmetro di Wilson⁽⁶⁾; la dose usata per ogni conteggio è stata fissata a $6 \cdot 10^{10}$ quanti equivalenti, mentre l'intensità del fascio dopo la collimazione è risultata di $\sim 3 \cdot 10^9$ quanti equivalenti/minuto.

In queste condizioni il numero di eventi registrati in ogni conteggio è risultato dell'ordine di $N \simeq 50.000$, con il 3,5% di eventi casuali. (Errore statistico $1/\sqrt{N} \simeq 5\%$).

Nelle figure 1 e 2 sono riportati i risultati sperimentali relativi a due rotazioni del monocristallo rispettivamente attorno ad un asse orizzontale e verticale.

I punti rappresentati nelle figure sono dati dall'espressione:

$$\xi(\theta) = \frac{N(\theta) - N(0)}{N(0)} \quad (1)$$

essendo

$$N(\theta) = N_s(\theta) - [N_r(\theta) + (N_{fs} - N_{fr})] \quad (2)$$

dove $N_s(\theta)$ ed $N_r(\theta)$ sono i numeri di coincidenze rispettivamente simultanee e ritardate registrate col monocristallo, mentre N_{fs} ed N_{fr} rappresentano il numero di coincidenze rispettivamente simultanee e ritardate dovute al fondo che si ha dopo aver rimosso il monocristallo. N_{fs} risulta pari al 2 + 3% del numero di conteggio totale.

La curva continua delle figg. 1 e 2 è invece data dall'espressione:

$$\eta(\theta) = \frac{[\Phi_n(\theta) + \Phi_e](1 + \frac{\theta^2}{2}) - [\Phi_n(0) + \Phi_e]}{\Phi_n(0) + \Phi_e} \quad (3)$$

$\Phi_n(\theta)$ e Φ_e sono quantità proporzionali alle sezioni di urto per produzione di coppie rispettivamente nel campo del nucleo e dell'elettrone.

Risulta:

$$\Phi_n(\theta) = \left\{ [y^2 + (1-y)^2] [\psi_1^c + \psi_1^o(\frac{\theta}{s})] + \frac{2}{3} y(1-y) [\psi_2^c + \psi_2^o(\frac{\theta}{s})] \right\} \quad (4)$$

dove

$$y = E_+/K = 0,5$$

$E_{\pm} = 455$ MeV energia (equipartita) nominale degli elettroni di una coppia.

$K = 910$ MeV energia nominale dei fotoni

Le funzioni $\psi_1^c, \psi_2^c, \psi_1^o, \psi_2^o$ sono quelle date da Überall(2) nell'approssimazione di schermatura completa.

Il loro valore numerico è stato calcolato per il Silicio partendo dai seguenti dati:

$Z = 14$ numero atomico

$p = 5,42 \text{ \AA}$ passo reticolare lungo l'asse (100)

$T = 293^\circ\text{K}$ Temperatura ambiente

$\Theta_D = 645^\circ\text{K}$ Temperatura di Debye

$\delta = (mc^2/2K) \cdot 1/y(1-y)$ minimo momento trasferito al nucleo in unità di mc.

(mc^2 è la massa di riposo dell'elettrone)

Per quanto riguarda il contributo degli elettroni atomici alla produzione di coppie, è stato assunto, in base alla formula di Wheeler e Lamb⁽⁸⁾:

$$\bar{\Phi}_e = \frac{1,33}{Z} \bar{\Phi}_{BH}$$

essendo $\bar{\Phi}_{BH}$ proporzionale alla sezione d'urto di Bethe e Heitler⁽⁹⁾ per la produzione di coppie nel campo del nucleo. Si è fatta dunque l'ipotesi che $\bar{\Phi}_e$ sia quella relativa ad un bersaglio di Silicio non cristallino.

Nella (3) il fattore $(1 + \theta^2/2)$ è stato considerato per tener conto della variazione del numero di coppie prodotte dovuta alla variazione dello spessore del monocristallo con la rotazione dell'angolo θ ($\sim 0,07$ radianti).

L'esame dei risultati porta alla conferma quantitativa delle previsioni di Überall.

Sono in corso ulteriori misure riguardanti anche la dipendenza dell'effetto dall'energia dei fotoni.

Bibliografia

- (1) - H. Überall, Phys. Rev. 103, 1055 (1956)
- (2) - H. Überall, Phys. Rev. 107, 223 (1957)
- (3) - L.I. Schiff, Phys. Rev. (in corso di stampa)
- (4) - W.K.H. Panofsky, A.N.S. Saxena, Phys. Rev. Letters 2, 219 (1959)
- (5) - O.R. Frisch, D.H. Olson, Phys. Rev. Letters 3, 141 (1959)
- (6) - R.R. Wilson, Nucl. Instr. 1, 101 (1957)
- (7) - P. Flubacher, A.J. Leadbetter, J.A. Morrison, Phil. Mag. 4, 273 (1959)
- (8) - J.A. Wheeler, W.E. Lamb, Phys. Rev. 55, 858 (1939)
- (9) - H. Bethe, W. Heitler, Proc. Roy. Soc. A 146, 83 (1934)

Fig. 1

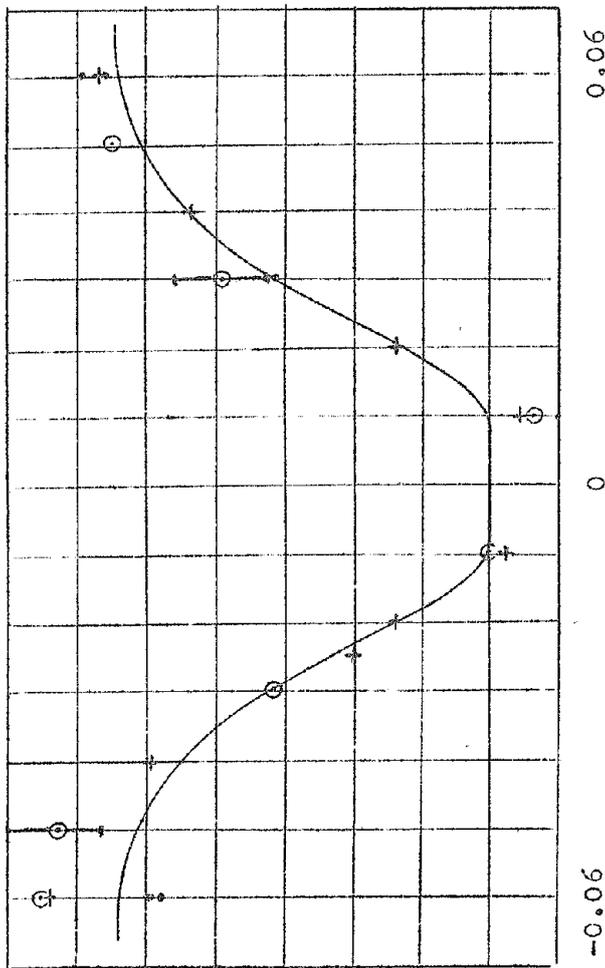
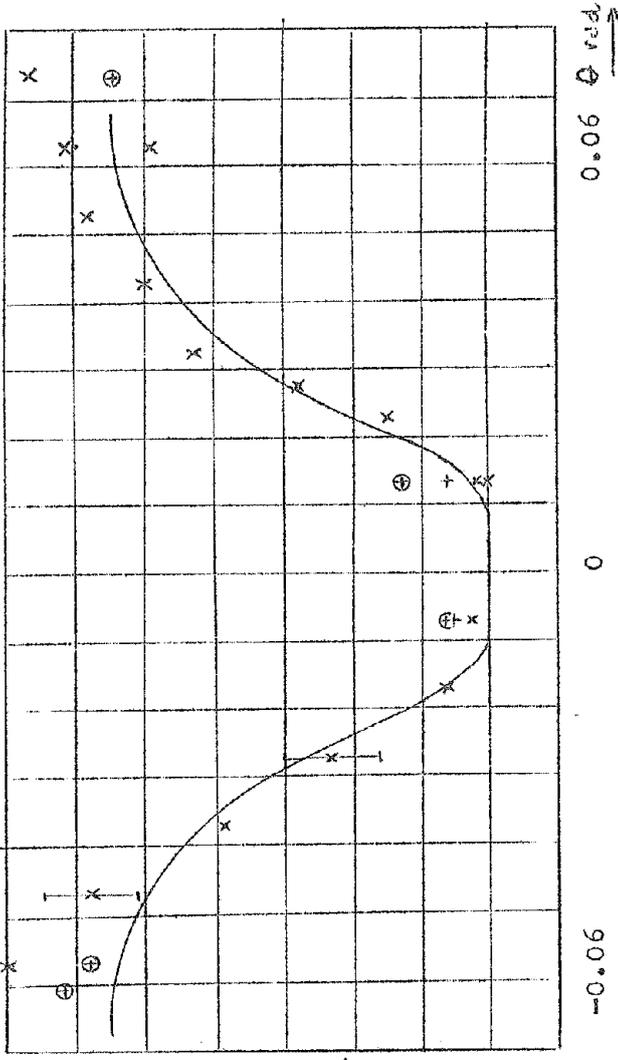


Fig. 2



Rotazione intorno ad un asse orizzontale

Rotazione intorno ad un asse verticale

- Ia esposizione
- IIa esposizione
- + IIIa esposizione
- x IVa esposizione
- ⊗ Vª esposizione

Errore statistico del
le singole misure

$$\eta(\theta) \eta_0$$

FIGG. 1 - 2: VARIAZIONE RELATIVA DELLA SEZIONE D'URTO PER PRODUZIONE DI COPPIE IN MONOCRISTALLI DI SILICIO ($T=293^{\circ}K$), AL VARIARE DELL'ANGOLO θ FRA IL FASCIO X E L'ASSE CRISTALLINO (100). ENERGIA DEI FOTONI: $K=910 \pm 60$ MEV. ENERGIA (EQUILIBRATA) DEGLI ELETTRONI DI UNA COPPIA: $E_{\pm} = 455 \pm 30$ MEV. LA CURVA CONTINUA DELLA FIG. 1 RAPPRESENTA LA FUNZIONE $\eta(\theta)$ DATA DALLA (3) DEL TESTO. I PUNTI SPERIMENTALI RAPPRESENTANO LA QUANTITA' $\eta_0(\theta)$ DATA DALLA (1). LE FIGG. 1 E 2 SI RIFERISCONO AD UNA ROTAZIONE DELL'ANGOLO θ ATTORNO AD UN ASSE RISPETTIVAMENTE ORIZZONTALE E VERTICALE.