

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-60/5 (1960)

G. Diambrini, A. S. Figuera, B. Rispoli, A. Serra: RISULTATI PRELIMINARI DELLA DETERMINAZIONE DELLO SPETTRO DI BREMSSTRAHLUNG DELL'ELETTROSINCROTRONE DI FRASCATI.

Estratto dal: Nuovo Cimento, 15, 500 (1960)

Risultati preliminari della determinazione dello spettro di bremsstrahlung dell'Elettrosincrotrone di Frascati.

G. DIAMBRINI

C.N.R.N., Laboratori Nazionali di Frascati

A. S. FIGUERA e A. SERRA

C.N.R.N., Divisione Elettronica - Roma

B. RISPOLI

C.N.R.N., Divisione Elettronica e Istituto di Fisica dell'Università - Roma

(ricevuto il 28 Dicembre 1959)

Sono dati i primi risultati sperimentali relativi alla determinazione dello spettro del fascio di bremsstrahlung dell'elettrosincrotrone di Frascati. Il fascio viene prodotto nel sincrotrone dal frenamento di elettroni, con energia $E_0 = 1000$ MeV da parte di un convertitore di tantalio. Gli elettroni, raggiunta tale energia, vengono fatti spiralizzare verso la parte interna della ciambella fino a che urtano il convertitore posto a 4 cm dall'orbita principale; l'ampiezza finale della radiofrequenza viene diminuita secondo un andamento che garantisce un tempo di collisione degli elettroni sul convertitore, di circa 2.5 ms. La distribuzione di intensità in funzione dell'angolo di emissione dei fotoni segue l'andamento previsto dalla formula di SCHIFF⁽¹⁾. L'ampiezza angolare a mezzo massimo è di 3.5 mrad.

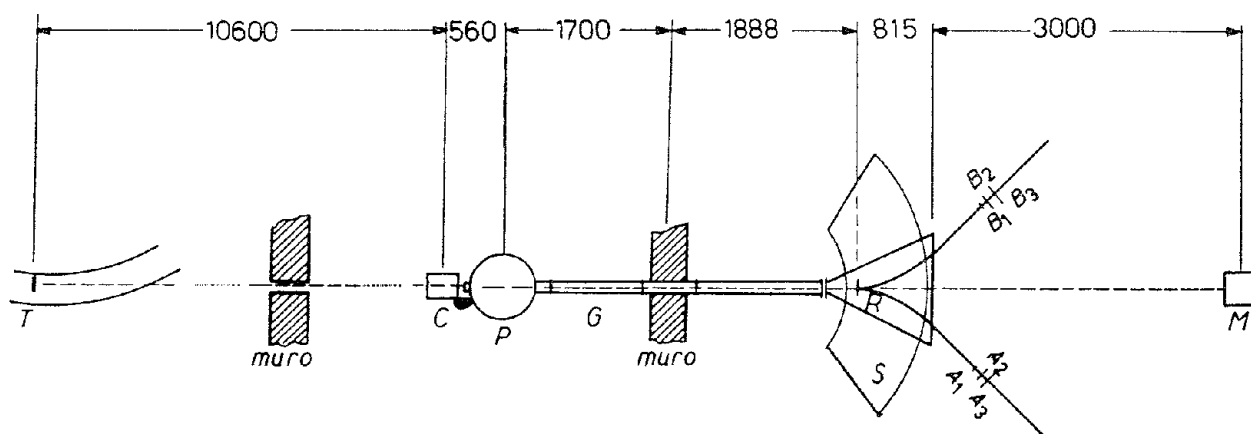


Fig. 1. - Disposizione sperimentale.

⁽¹⁾ L. I. SCHIFF: *Phys. Rev.*, 70, 87 (1946).

La disposizione dell'esperienza è mostrata in Fig. 1 dove:

- T* è il convertitore di tantalio dell'elettrosincrotrone, il cui spessore è $s=0.13$ lunghezze di radiazione;
- C* un collimatore di piombo di lunghezza $l=30$ cm e con diametro $d=38$ mm; il semiangolo accettato è 1.8 mrad;
- P* un magnete pulitore, nel cui intraferro esiste un campo $B=15$ kG;
- G* una guida cilindrica in cui è praticato un vuoto di 0.1 torr;
- S* lo spettrometro a coppie la cui descrizione particolareggiata è data altrove ⁽²⁾;
- R* il convertitore dello spettrometro, costituito da un disco di alluminio del diametro di 6 cm e di spessore $\delta=1.08 \cdot 10^{-3}$ lunghezze di radiazione;
- M* un monitor costituito da un quantametro ad assorbimento totale;
- $A_1A_2A_3$ e $B_1B_2B_3$ i telescopi di contatori a scintillazione, posti in posizioni tali da rivelare solo le coppie simmetriche di elettroni ⁽³⁾.

La selezione in energia delle coppie viene effettuata variando il valore del campo magnetico, nell'intraferro dello spettrometro, da 1 a 10 kG. La precisione con cui è determinata l'energia delle traiettorie è di $\pm 3\%$. L'intervallo percentuale di energia accettata dai telescopi è $\Delta E/E=2.7\%$. Le uscite dei contatori $A_1A_2A_3$ del telescopio *A* e dei contatori $B_1B_2B_3$ del telescopio *B* sono collegate rispettivamente a due circuiti di coincidenze triple con un tempo di risoluzione $\tau=6$ ns.

Le uscite delle due coincidenze triple sono inviate ad una coincidenza doppia simultanea e ad una coincidenza doppia ritardata con tempi di risoluzione $\tau=10$ ns. Si ha così la possibilità di misurare il numero di coincidenze dovuto a coppie simmetriche di elettroni e contemporaneamente il numero di coincidenze spurie dovuto a coppie asimmetriche e quelle accidentali dovute al fondo.

Il quantametro ad assorbimento totale, del tipo descritto da R. R. WILSON ⁽⁴⁾, dà un'informazione integrale dell'energia trasportata dal fascio rivelando la carica elettrica

$$Q = q \int_0^{E_0} KN(K) dK,$$

corrispondente a Q/q MeV di energia irraggiata, essendo $q=2.07 \cdot 10^{-19}$ C/MeV una costante caratteristica dello strumento e $N(K)dK$ il numero di fotoni di energia compresa fra K e $K+dK$.

Nel seguito si danno i risultati sperimentali della funzione « intensità della radiazione di bremsstrahlung » definita da

$$I\left(\frac{K}{E_0}\right) = KN(K),$$

dove E_0 è l'energia massima degli elettroni.

⁽²⁾ G. BOLOGNA, G. DIAMBRINI, A. S. FIGUERA, U. PELLEGRINI, B. RISPOLI, A. SERRA e R. TOSCHI: Nota interna n. 17 dei Laboratori Nazionali di Frascati (28 Settembre 1959).

⁽³⁾ Le posizioni dei contatori sono state determinate mediante misure fatte con la tecnica del filo e controllate mediante il calcolo delle traiettorie.

⁽⁴⁾ R. R. WILSON: *Nucl. Instr.*, **1**, 101 (1957).

Si può ora calcolare che il rapporto tra le intensità relative a due energie K_0, K_n dei fotoni è dato dalla espressione

$$\frac{I_n(K_n/E_0)}{I_0(K_0/E_0)} = \frac{Q_0 N_n - (S_n + F_n) \sigma_p(K_0, \frac{1}{2}) + \sigma_t(K_0, \frac{1}{2})}{Q_n N_0 - (S_0 + F_0) \sigma_p(K_n, \frac{1}{2}) + \sigma_t(K_n, \frac{1}{2})},$$

dove N_n, N_0 rappresentano il numero di coincidenze contate alle energie K_n e K_0 ; S_n, S_0 sono le coincidenze dovute a coppie spurie; F_n, F_0 sono le coincidenze dovute al fondo, $N_n - (S_n + F_n)$ e $N_0 - (S_0 + F_0)$ rappresentano quindi il numero di coppie simmetriche prodotte rispettivamente da fotoni di energia K_n e K_0 ; $\sigma_p(K_0, \frac{1}{2})$, $\sigma_t(K_0, \frac{1}{2})$, e $\sigma_p(K_n, \frac{1}{2})$, $\sigma_t(K_n, \frac{1}{2})$ sono le sezioni d'urto di produzione di coppie⁽⁵⁾ nel campo del nucleo e nel campo dell'elettrone, per coppie simmetriche e per fotoni di energia K_0 e K_n ; Q_0, Q_n sono le cariche liberate nel quantmetro dal fascio γ ⁽⁶⁾.

Si procede così alla misura del rapporto I_n/I_0 in funzione della energia K_n dei fotoni. La dose scelta per ogni singolo conteggio è di $\sim 1.4 \cdot 10^{10}$ quanti-equivalenti corrispondenti a $3 \cdot 10^{-6}$ C.

Ogni conteggio è stato ripetuto da 5 a 10 volte. Per minimizzare le coincidenze spurie si è mantenuta l'intensità del fascio non superiore a circa 10^{10} quanti equivalenti/minuto dopo la collimazione. In queste condizioni sperimentali la riproducibilità del numero di conteggi è dello stesso ordine di grandezza dell'errore statistico percentuale:

$$\frac{1}{\sqrt{N}} \leq 1\%.$$

I dati sperimentali sono riportati nella Fig. 2. La intensità di bremsstrahlung

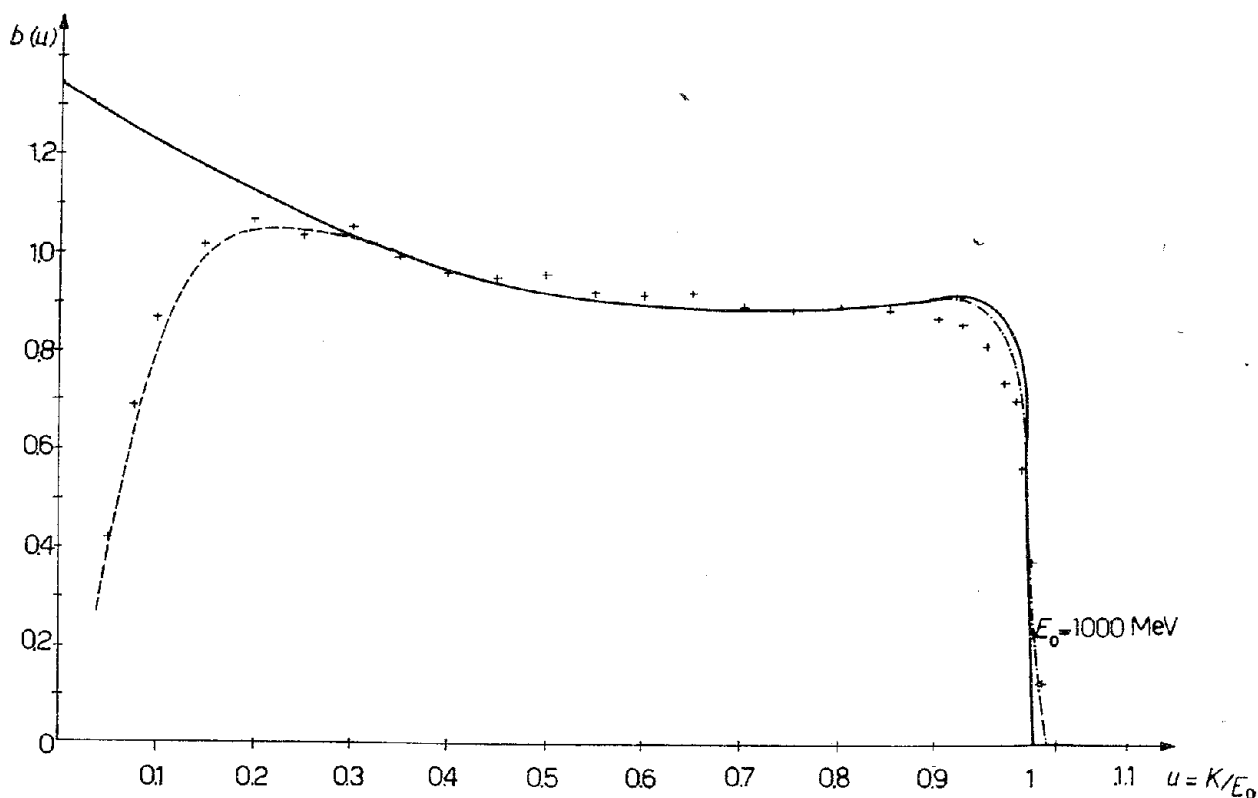


Fig. 2. - Spettro di bremsstrahlung. — Teorico (Bethe e Heitler + Wheeler e Lamb). - - - Teorico corretto per lo scattering nel convertitore dello spettrometro e per le dimensioni verticali finite dei contatori. - · - · Teorico corretto per il potere risolutivo finito dei contatori. + Dati sperimentali.

misurata a 700 MeV è stata fatta coincidere con il punto della curva teorica normalizzata calcolata per $E_0=1000$ MeV.

In Fig. 2 è riportata (curva a tratto pieno) la espressione

$$b(u) = \frac{K(\sigma_n + \sigma_{el})}{\int_0^1 K(\sigma_n + \sigma_{el}) du},$$

in funzione di $u=K/E_0$, dove $\sigma_n(K, u)dK$, $\sigma_{el}(K, u)dK$ sono le sezioni d'urto di bremsstrahlung calcolate da BETHE e HEITLER, e WHEELER e LAMB nei lavori citati (5).

La curva tratteggiata che si discosta da quella a tratto pieno nella regione delle basse energie dei fotoni, è ottenuta sottraendo alla curva teorica di bremsstrahlung le perdite di conteggio dovute allo scattering degli elettroni nel convertitore di alluminio e alla dimensione verticale finita degli scintillatori plastici (7). La curva a punti e linee in prossimità dell'energia massima rappresenta la correzione dovuta al potere risolutivo finito in energia dei contatori ($\Delta E/E \sim 2,7\%$).

Come si vede dalla Fig. 2 l'andamento della curva sperimentale si discosta da quello teorico relativo ad un convertitore infinitamente sottile alle alte energie; più precisamente si osserva che per $0,85 \leq u \leq 1$, i punti sperimentali sono tutti al di sotto della curva teorica. Tale effetto può essere attribuito alle seguenti cause:

1) Gli elettroni che urtano il convertitore per un tempo di 2,5 ms hanno una indefinizione in energia del 0,8%. Inoltre una piccola percentuale di elettroni può investire il convertitore prima di aver raggiunto l'energia finale di 1000 MeV.

2) Lo spessore finito del convertitore γ produce una ulteriore indefinizione in energia degli elettroni prima dell'irraggiamento.

3) La collimazione tende a diminuire lo spessore efficace del convertitore.

Misure e calcoli per valutare il peso delle varie cause sull'andamento sperimentale dello spettro sono in corso.

(5) H. BETHE e W. HEITLER: *Proc. Roy. Soc.*, A 146, 83 (1934); J. A. WHEELER e W. E. LAMB: *Phys. Rev.*, 55, 858 (1939); H. DAVIES, H. A. BETHE e L. C. MAXIMON: *Phys. Rev.*, 93, 788 (1954).

(6) Le misure sono state generalmente riferite alla stessa dose cosicchè risulta $Q_0 = Q_n$.

(7) Non si è tenuto conto della perdita di conteggio dovuta all'angolo di emissione delle coppie di elettroni.