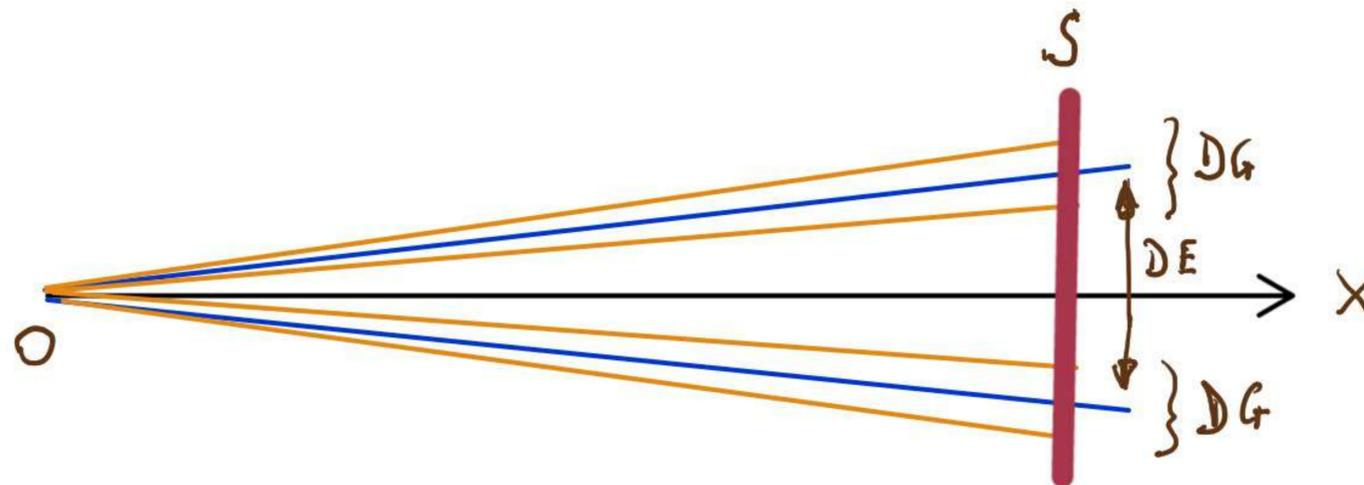


PAR. 5.6 UN VECCHIO ESPERIMENTO

La dispersione di un elettrone libero viene schematizzata in due diverse modalità come risulta dalla figura 5A4 in Appendice 5A . Per valutare la migliore attinenza sperimentale dei due modelli si può considerare la dispersione di un fascio di elettroni che si propaga , ad una data velocità e libero da ogni influenza , da una sorgente ad uno schermo sensibile e quindi valutarne la geometria rilevata confrontandola con quelle previste teoricamente .

La produzione in successione di elettroni singoli, permetterebbe di avere una casistica da trattare in maniera statistica , utile allo scopo . Nella produzione di un pennello di elettroni generati , contemporaneamente o a breve distanza temporale , si ha la difficoltà di dover tenere conto della repulsione reciproca che si aggiunge al fenomeno della dispersione .

Lo schema seguente illustra in maniera semplificata l' andamento del fenomeno per due elettroni che possono considerarsi ai lati estremi del fascio considerato e alla stessa distanza dal punto di impatto sullo schermo. Il modello teorico usato è quello a dispersione gaussiana.



O : sorgente

S : schermo

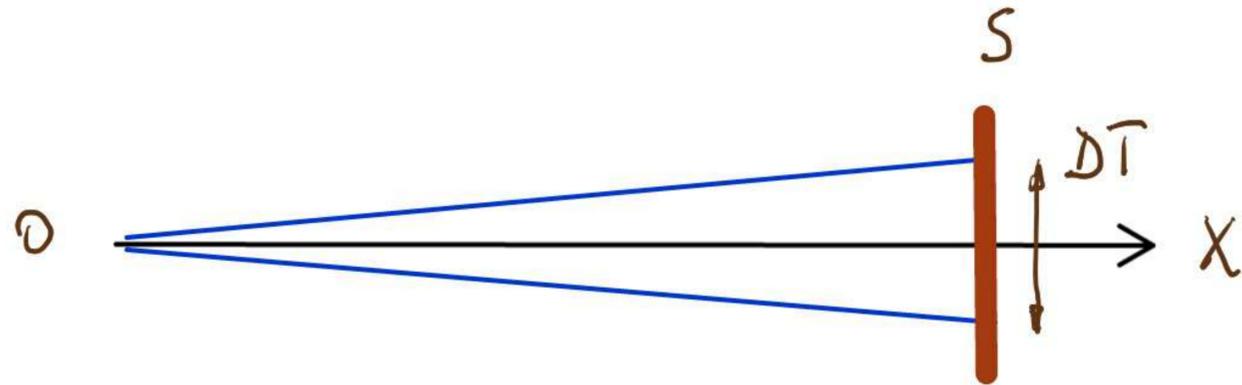
X : asse del pennello elettronico

DE : dispersione elettrostatica tra elettroni

DG : dispersione gaussiana di un elettrone

DT= DE+DG : dispersione totale del pennello

Il modello teorico a livelli prevede invece uno schema del tipo :



I significati dei simboli sono analoghi a quelli della figura precedente

$DT = DE$: dispersione totale del pennello elettronico

L' aumento della velocità degli elettroni produce , alla stessa distanza tra sorgente e schermo , una diminuzione della dispersione elettrostatica tra gli elettroni a causa di un minor tempo di percorrenza per cui le forze di repulsione hanno agito in misura minore . In maniera del tutto indipendente anche la dispersione gaussiana diminuisce il proprio effetto a causa del minor tempo di percorrenza , come d'altronde risulta dalla : 3.2.7 .

In tutti due i modelli teorici la dispersione totale del pennello diminuisce all' aumentare della velocità' .

In una serie di esperienze condotte da G. Pozzi , G. F. Missiroli e P. G. Merli , famosa in particolare per esperimenti di interferenza a elettrone singolo , descritti in(2), furono condotte anche esperienze comparative di diffrazione di elettroni su film policristallino di cloruro di Tallio a diverse energie, come mostrato nella fotografia a pagina seguente .

I microcristalli risultavano essere la sorgente e la lastra fotografica citata nel documento lo schermo sensibile .

La loro distanza , fissa in tutte le esperienze , è riportata : $L = 780 \pm 1$ mm. Diversi piani cristallini hanno prodotto figure risultanti in corone circolari variabili in diametro in funzione della tensione applicata (e quindi della velocità degli elettroni) .

In particolare una corona circolare che nel documento è identificata come prodotta dal piano cristallino 200 , permane con lo stesso raggio nei 4 quadranti comparativi a diversa tensione . Il settaggio del microscopio elettronico usato nell' esperimento è tale da consentire una immagine focalizzata che rimane tale alle diverse tensioni applicate .

Ponendo l' attenzione sullo spessore (differenza tra raggio esterno ed interno) della corona circolare identificata , tale spessore che rappresenta la dispersione totale degli elettroni ivi giunti rimane costante nei 4 quadranti .

Una analisi visiva della fotografia a lato , è stata condotta con strumenti digitali standard (Microsoft Office Picture Manager) allo scopo di valutare più agevolmente lo spessore delle parti di corona dei vari quadranti ingrandendo l'immagine (circa 8 volte) .

Allo scopo di avere una misura il più possibile coerente di tali spessori , che chiamo tracce , eseguo tali misure relative ad ogni quadrante in una zona standard che scelgo come la zona orizzontale di ogni traccia vicino al confine di quadrante .

La tessitura di pixel per ogni quadrante della traccia considerata produce uno spessore medio costante di 3 pixel (due chiari ed uno scuro alternati)

Non ho scelto le zone verticali perche' tale zona del quadrante "d" risulta leggermente compromessa nell' immagine prodotta .

Una valutazione più accurata può essere fatta eseguendo una statistica comparativa per ogni quadrante dello spessore medio

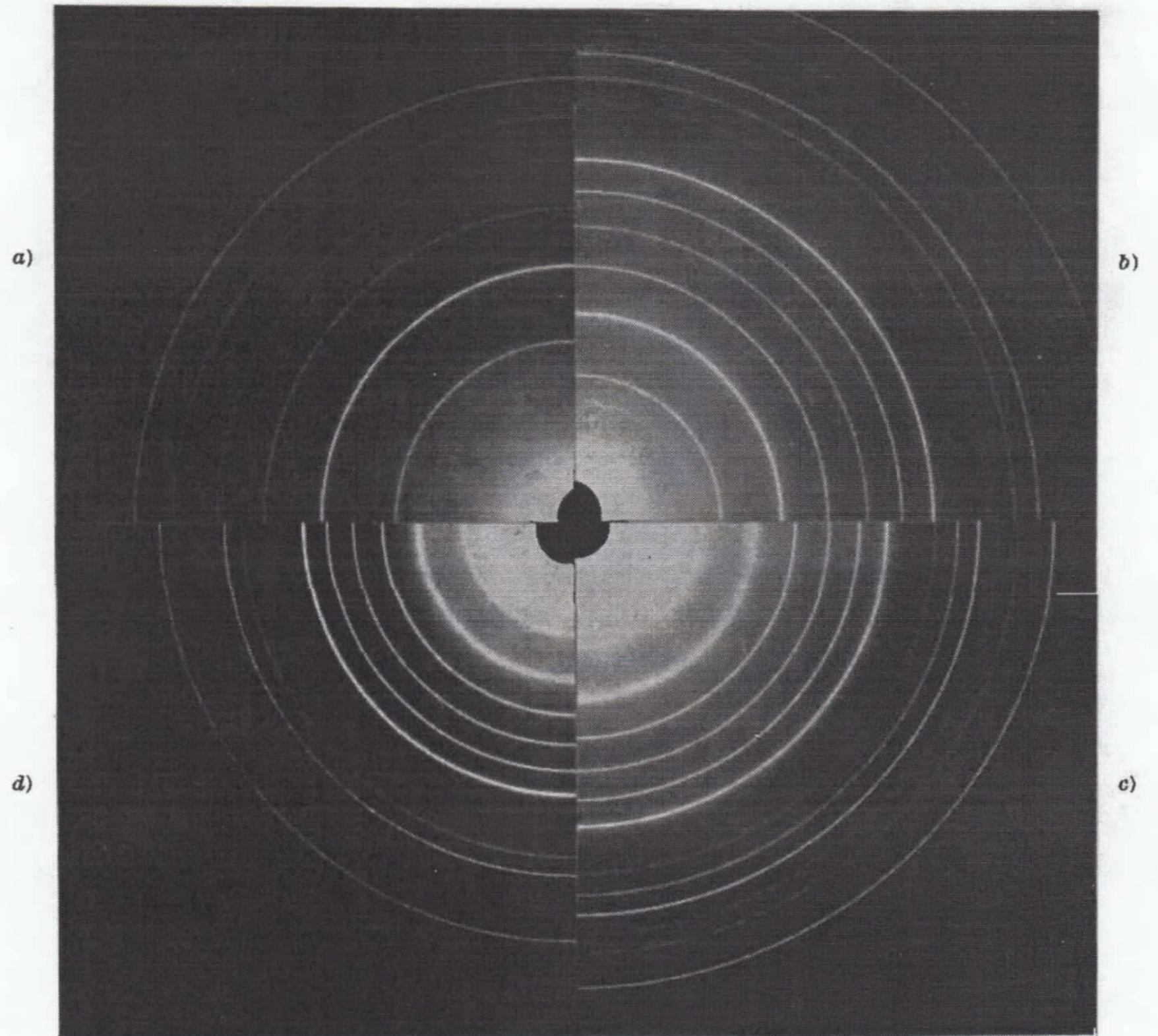


Fig. 14. - Diagrammi di diffrazione del cloruro di tallio ottenuti per quattro diversi valori del potenziale acceleratore: a) 50 kV, b) 75 kV, c) 100 kV, d) 125 kV.

della traccia relativa .

La comparazione più interessante è quella tra lo spessore della traccia T_a del settore "a" e la traccia corrispondente T_d del settore "d" che sono state ottenute rispettivamente con 50Kv e 125Kv . Lo spessore delle tracce , corrisponde nei modelli teorici usati , alle dispersioni totali dei pennelli elettronici derivanti dalla diffrazione sui microcristalli citati .

Come già accennato date le diverse velocità , lungo l' asse X , si dovrebbe avere :

$$1.5.6) \quad \mathcal{D}T_{50} > \mathcal{D}T_{125} \quad \text{e naturalmente:} \quad \mathcal{D}E_{50} \geq \mathcal{D}E_{125} \quad \text{in relazione all' interazione o meno tra le cariche}$$

Inoltre dovrebbe essere , per il fenomeno della dispersione gaussiana :

$$2.5.6) \quad \mathcal{D}G_{50} > \mathcal{D}G_{125}$$

Con :

$$3.5.6) \quad \mathcal{D}T_x = \mathcal{D}G_x + \mathcal{D}E_x$$

Ma se dall' analisi visiva citata : $\mathcal{D}T_{50} = \mathcal{D}T_{125}$ (che corrisponde a : $T_a = T_d$) si ottiene :

$$4.5.6) \quad \mathcal{D}G_{50} + \mathcal{D}E_{50} = \mathcal{D}G_{125} + \mathcal{D}E_{125} \Rightarrow \mathcal{D}E_{50} - \mathcal{D}E_{125} = \mathcal{D}G_{125} - \mathcal{D}G_{50} \quad \text{Per cui dalla 1.5.6 :}$$

$$5.5.6) \quad \mathcal{D}E_{50} \geq \mathcal{D}E_{125} \Rightarrow \mathcal{D}G_{125} \geq \mathcal{D}G_{50} \quad \text{contrariamente alla 2.5.6 , per cui l' unica soluzione risulta :}$$

$$6.5.6) \quad \mathcal{D}G_{50} = \mathcal{D}G_{125} \quad \text{che significa che la dispersione gaussiana (essendo costante) non esiste .}$$

È possibile quantificare teoricamente la 2.5.6 per confrontarla con la 6.5.6 :

Calcolo le velocità nei due casi a diverso potenziale : $V_{50} = 50 \text{ kV}$; $V_{125} = 125 \text{ kV}$

$$7.5.6) v_{50} = \sqrt{2eV_{50}/m_e} \approx 1,326 \cdot 10^8$$

$$8.5.6) v_{125} = \sqrt{2eV_{125}/m_e} \approx 2,097 \cdot 10^8$$

Non calcolo i relativi fattori di Lorentz : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ perché non necessario come apparirà più avanti.

Calcolo la dispersione gaussiana nei due casi , tenendo conto che , con evidenti significati :

$$9.5.6) m_e' = m_e \cdot \gamma$$

$$10.5.6) t' = \gamma \left(t - \frac{x}{c^2} \cdot v \right) \quad \text{in questo caso : } t = x/v$$

Riprendo la 3.2.7 in forma semplificata , riscrivendola tenendo conto delle 9.5.6 e 10.5.6 , nominando y come asse di dispersione e x come asse di propagazione :

$$11.5.6) \Delta y_{50}'(x) = \frac{\hbar \gamma_{50} \left(t - \frac{x}{c^2} \cdot v_{50} \right)}{m_e \cdot \gamma_{50} \cdot \Delta y_0} = \frac{\hbar \left(\frac{x}{v_{50}} - \frac{x}{c^2} v_{50} \right)}{m_e \cdot \Delta y_0}$$

$$12.5.6) \Delta y_{125}'(x) = \frac{\hbar \gamma_{125} \left(t - \frac{x}{c^2} \cdot v_{125} \right)}{m_e \cdot \gamma_{125} \cdot \Delta y_0} = \frac{\hbar \left(\frac{x}{v_{125}} - \frac{x}{c^2} v_{125} \right)}{m_e \cdot \Delta y_0}$$

Considerando il rapporto tra la 11.5.6 e la 12.5.6 ottengo :

$$13.5.6) \frac{\Delta \psi_{50}(X)}{\Delta \psi_{125}(X)} = \frac{\left(\frac{X}{\sqrt{50}} - \frac{X}{c^2} \sqrt{50} \right)}{\left(\frac{X}{\sqrt{125}} - \frac{X}{c^2} \sqrt{125} \right)} = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{50}} - \frac{\sqrt{50}}{c^2} \right)}{\left(\frac{1}{\sqrt{125}} - \frac{\sqrt{125}}{c^2} \right)} \approx 2,49$$

I valori Δy_i della 13.5.6 corrispondono ai $D G_i$ della 2.5.6

Dalla 13.5.6 risulta , teoricamente , che :

$$14.5.6) D E_{50} + D G_{50} \approx 2,49 (D E_{125} + D G_{125})$$

che è in contraddizione con la 4.5.6 di evidenza sperimentale.

Esperimenti ad "hoc" con strumentazione moderna , potrebbero corroborare o meno un risultato che sembra non sostenere un modello dispersione gaussiana nel moto di un elettrone , come viene generalmente accettato .

(1) Diffrazione ed interferenza di elettroni

G. Pozzi , G. F. Missiroli , P. G. Merli

Giornale di Fisica - Vol. 15 - N. 3 - Luglio - Settembre 1974

Società Italiana di Fisica

Editrice Compositori Bologna