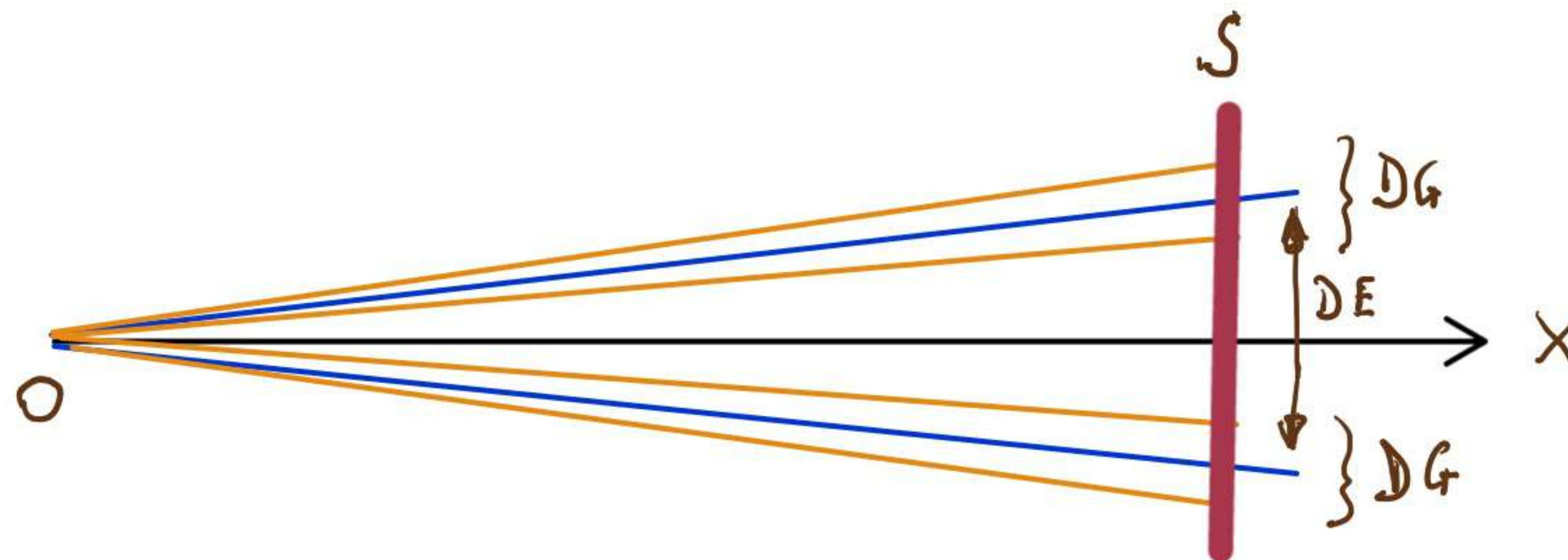


PAR. 5.6 UN VECCHIO ESPERIMENTO

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

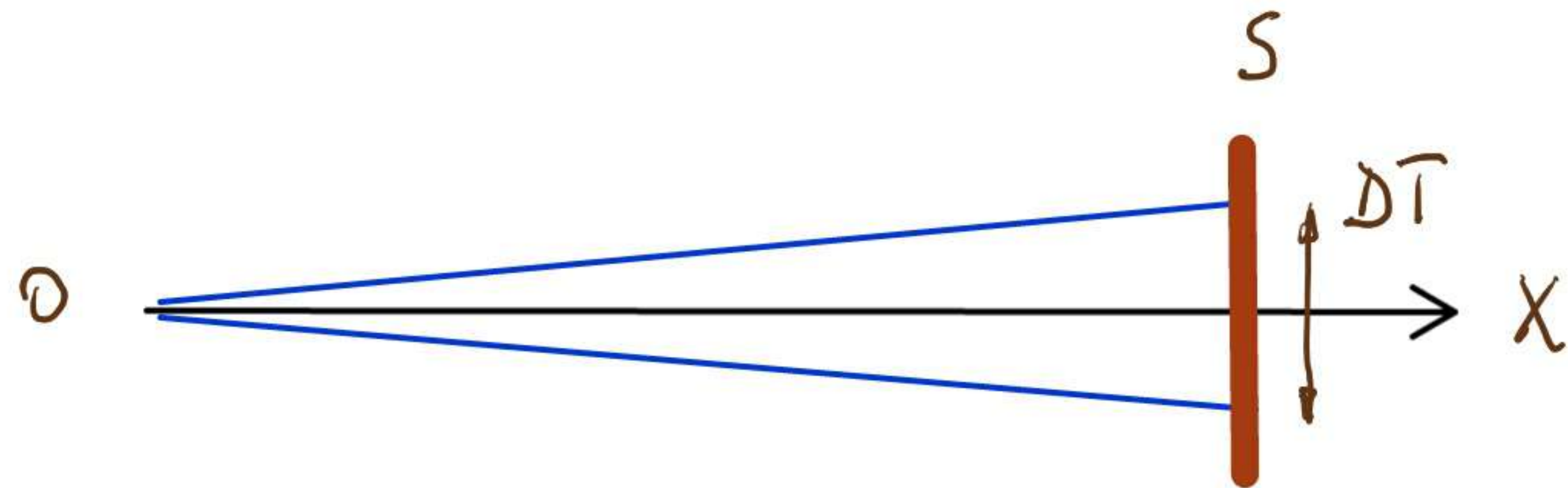
X : asse del pennello elettronico

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

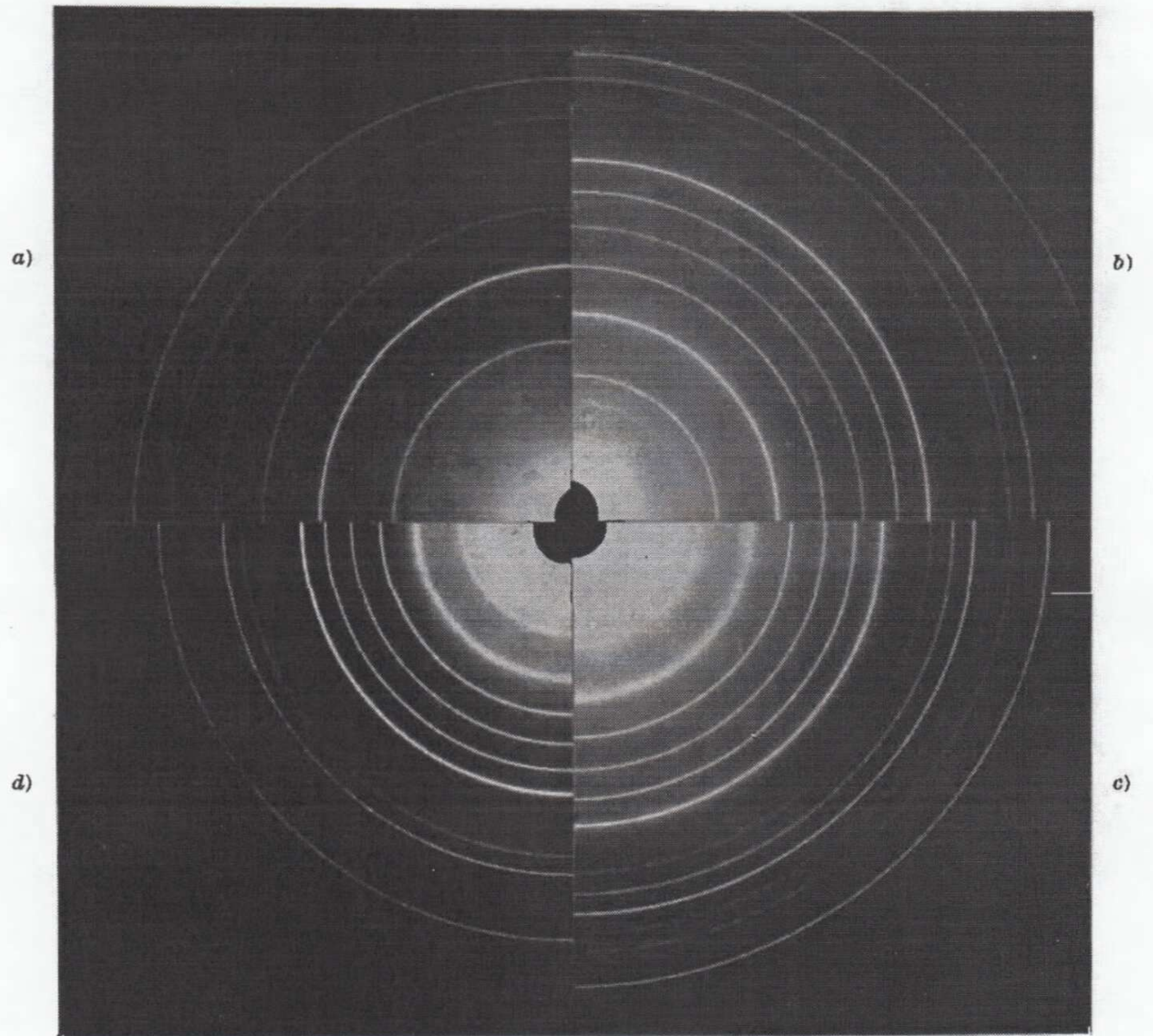


Fig. 14. - Diagrammi di diffrazione del cloruro di tallio ottenuti per quattro diversi valori del potenziale acceleratore: a) 50 kV, b) 75 kV, c) 100 kV, d) 125 kV.

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 :

$$11.5.6) \Delta y_{50}(x) = \frac{\hbar \gamma_{50} \left(t - \frac{x}{c^2} \cdot v_{50} \right)}{m_e \cdot \gamma_{50} \cdot \Delta y_0} = \frac{\hbar \left(\frac{x}{v_{50}} - \frac{x}{c^2} v_{50} \right)}{m_e \cdot \Delta y_0}$$

$$12.5.6) \Delta y_{125}(x) = \frac{\hbar \gamma_{125} \left(t - \frac{x}{c^2} \cdot v_{125} \right)}{m_e \cdot \gamma_{125} \cdot \Delta y_0} = \frac{\hbar \left(\frac{x}{v_{125}} - \frac{x}{c^2} \cdot v_{125} \right)}{m_e \cdot \Delta y_0}$$

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