

## PAR . 6.6 DUE FENDITURE

due fenditure : inizio e fine della  
M.Q. ....(versione di Copenaghen)

Nel PAR . 5.5 è stato illustrato l' attraversamento , da parte di un elettrone , di una fenditura di date dimensioni , con particolare riferimento al fenomeno della strizione dei livelli coinvolti e successivo ripristino .

Nei PAR. 6.4 e PAR . 6.5 sono stati illustrati i fenomeni della diffrazione da spigolo oscuro , da filo carico , da singola fenditura , con particolare riferimento alla distribuzione in bande di presenza sullo schermo a valle .

Tutti i tipi di analisi sono state svolti con software o metodi ad hoc .

Non è obbiettivo di questo paragrafo il presentare uno strumento analitico di validità generale che possa comprendere in maniera integrata tutti gli aspetti citati .

Il caso di diffrazione da singola fenditura , svolto nel paragrafo precedente , puo' essere propedeutico al caso in esame .

Lo scopo del presente paragrafo è quello di indicare come il modello a livelli risulta fisicamente significativo riguardo all' esperimento delle due fenditure , con riferimento particolare ai paragrafi teste' citati .

L' esperimento in oggetto riguarda l' attraversamento di due fenditure , in opportuna geometria , da parte di elettroni singoli , resi indipendenti reciprocamente da una valutazione precisa dei rispettivi tempi di volo impiegati tra sorgente e schermo .

Una domanda che sorge spontanea è : come è possibile che singoli elettroni "interagiscano" con sé stessi per formare una figura di " interferenza " sullo schermo a valle delle due fenditure ? L' interpretazione di Copenaghen risponde con una certa modalita' , il modello a livelli in maniera diversa .

La modalità usata , in questo caso , dal modello di Copenaghen può essere recuperata in innumerevoli testi specifici , quindi sinteticamente si può dire che il processo viene descritto in termini di funzione d' onda dell' elettrone , nel senso che le singole ampiezze di probabilità "attraversano" singolarmente le due fenditure e si ricompongono a valle generando , nel

modo consueto , una distribuzione di probabilità di presenza dell' elettrone che è rappresentata dalle bande di presenza sullo schermo .

Appare evidente che questa astrazione , che formalmente riproduce i risultati attesi , non chiarisce come il modello fisico sottostante , nel caso fosse previsto , si "comporta" durante il fenomeno . Si è quindi indotti a pensare che una entità astratta assuma , in questo caso , una parvenza di caratteristica fisica in base alla quale può interagire con le due fenditure . Oppure non si pensa nulla e si applica solo l' algoritmo previsto , parafrasando un motto tristemente noto : "zitto e calcola" .

Applicare algoritmi è compito della matematica e dell' informatica ed utilissimo strumento per la fisica che però non è più tale se si riduce solo ad essi .

Descrivo la distribuzione degli elettroni sullo schermo a valle di una fenditura attraversata , con una modalità frequentemente usata , come illustrato in FIG . 6.6.A

FIG . 6.6.A

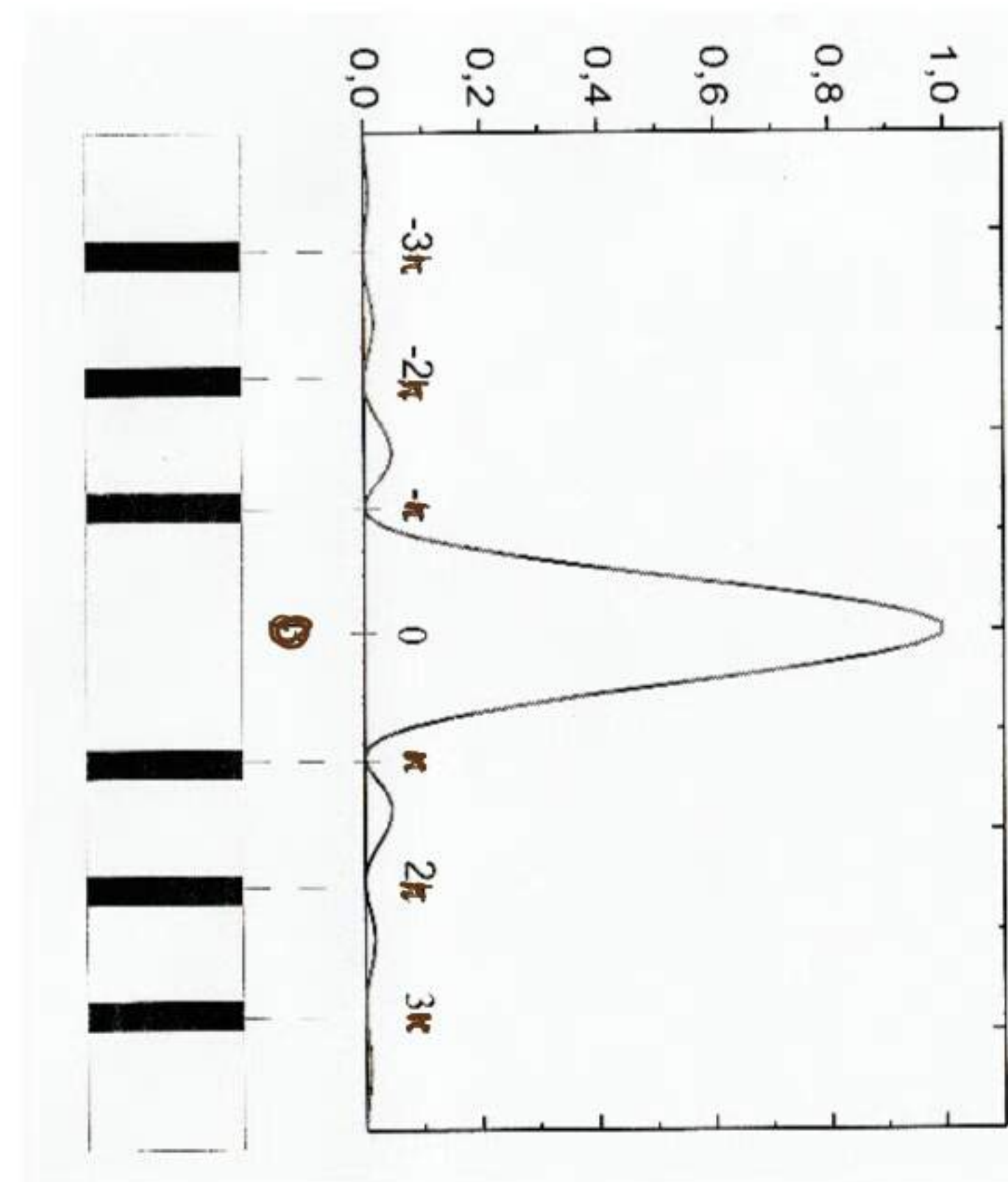
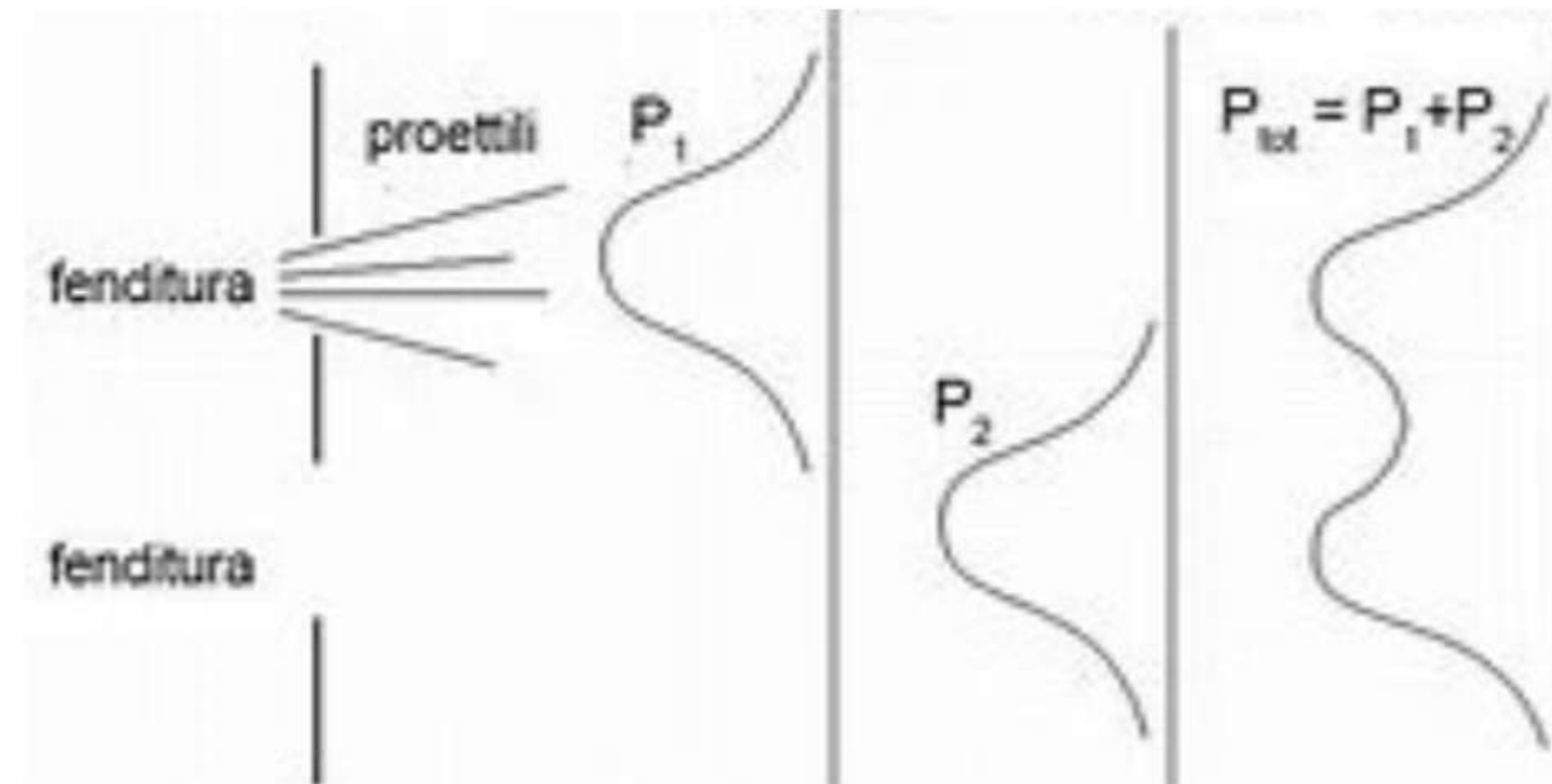


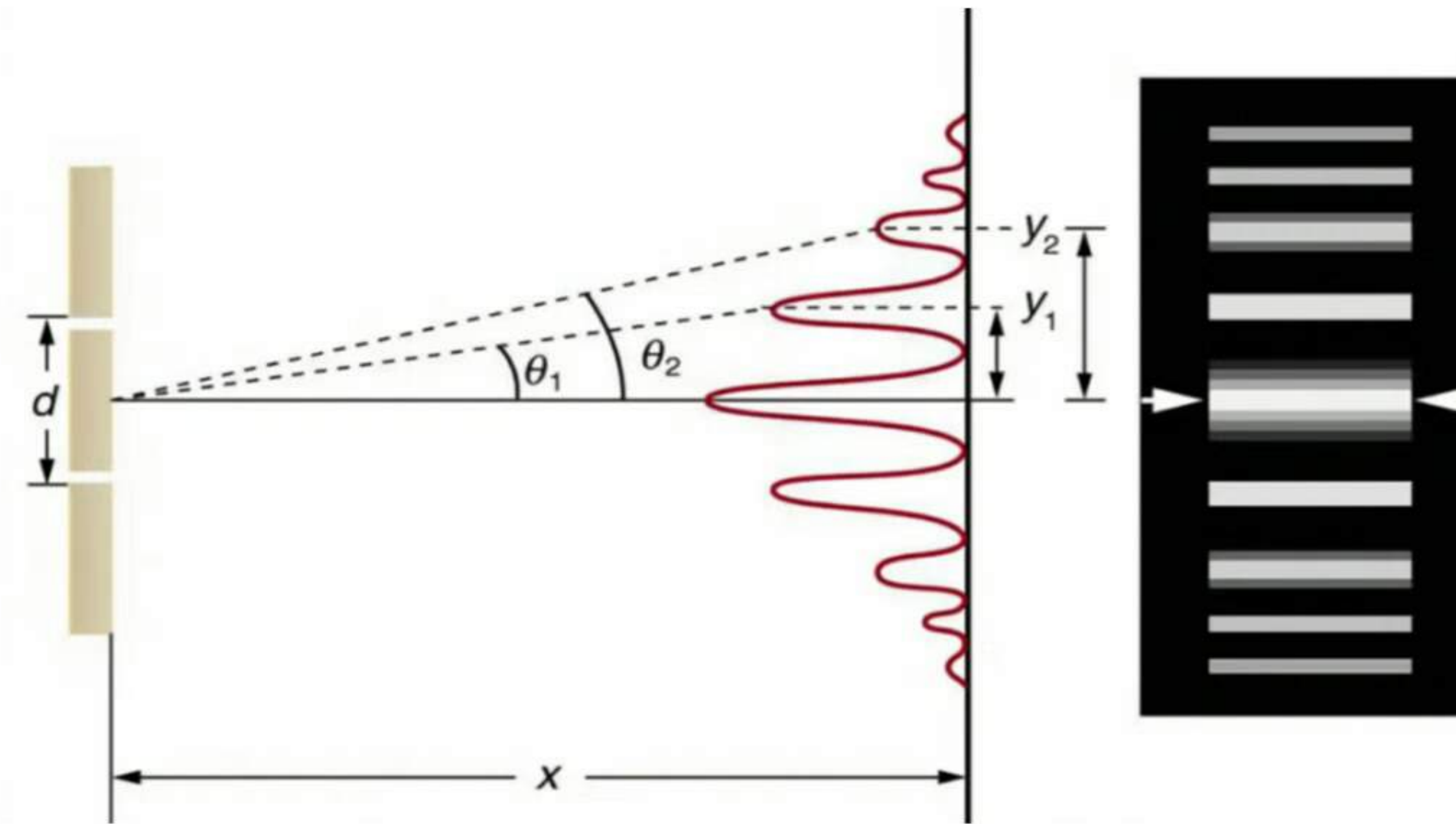
FIG . 6.6.B



Sì potrebbe , erroneamente ; pensare che l' appaiamento di due fessure al posto di una produca una situazione che duplichi la situazione della FIG . 6.6.A nella FIG . 6.6.B , similmente a quanto avviene per il lancio di proiettili .

Cio' che viene verificato sperimentalmente è invece illustrato in FIG . 6.6.C

FIG . 6.6.C



Risulta non spiegabile , classicamente , la presenza di elettroni che sono arrivati nella zona centrale dello schermo, che avrebbe dovuto restare semi-vuota e come risulti dipendente la traiettoria di un singolo elettrone da entrambe le fessure . Prima di proseguire è necessario porre l' attenzione su una premessa che è relativa a quanto espresso nel PAR . 5.5 . Il fenomeno della strizione dei livelli che segue l' incontro dei medesimi con "ostacoli" di vario genere , presuppone una temporanea " deformabilita' " del livello stesso , che viene calcolata determinando una variazione , temporanea , del potenziale efficace relativo al livello in oggetto . Il potenziale efficace stazionario del livello interessato , si modifica in base alla presenza dei potenziali relativi all' "ostacolo" considerato . Tale modifica comprende anche la possibilità di una temporanea perdita di stazionarietà con conseguenti configurazioni di potenziale non coerenti da un punto di vista spaziale . Il ripristino delle condizioni di potenziale esterno precedenti , portano ad una riconfigurazione del potenziale efficace citato , in condizioni che tendono all' equilibrio dinamico e quindi alla originaria configurazione stazionaria del livello coinvolto .

Quanto sopra è relativo ai fenomeni di diffrazione in oggetto . In caso di "scattering" ad alta energia tali considerazioni possono non essere più valide .

Considero quindi , in maniera semplificata , il percorso di alcuni livelli di un singolo elettrone in FIG . 6.6.E , attraverso due fenditure di un setto forato , sino allo schermo posto a valle .

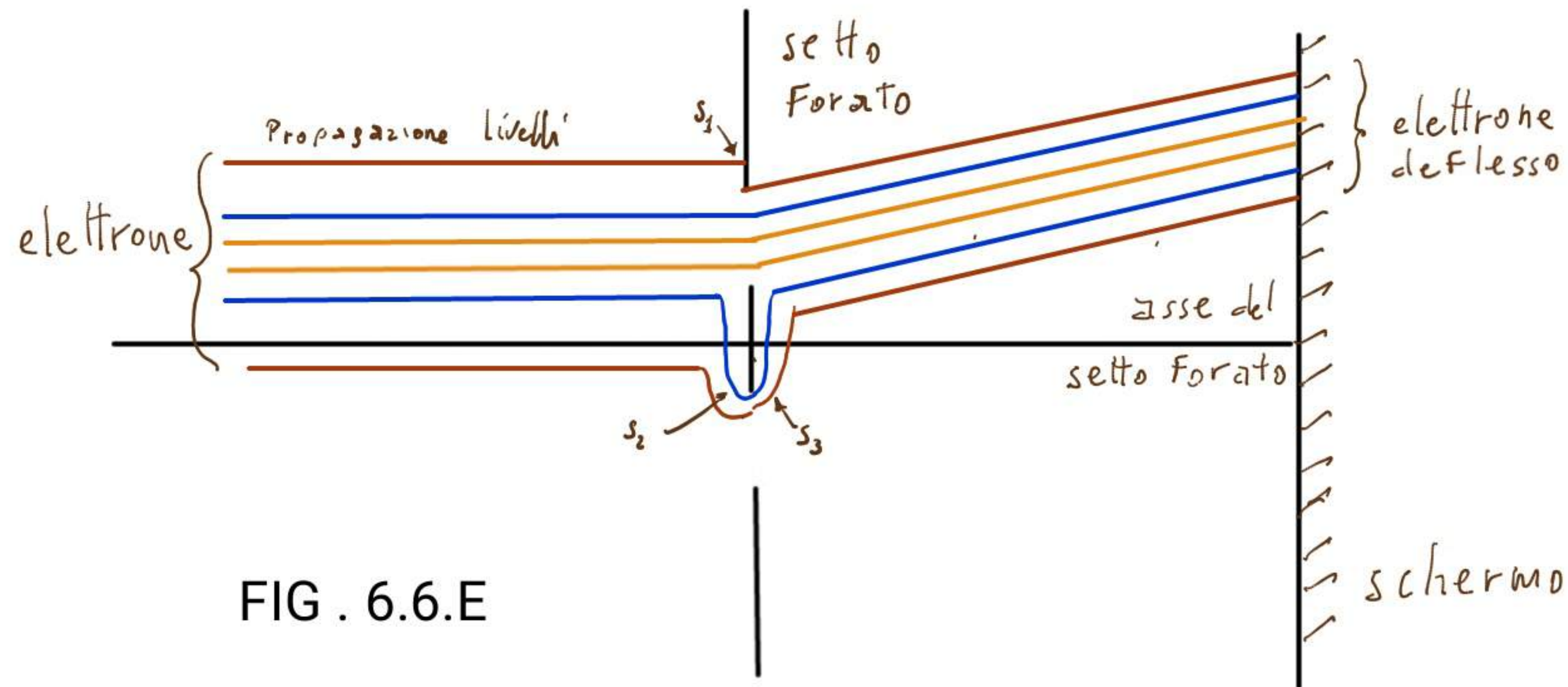


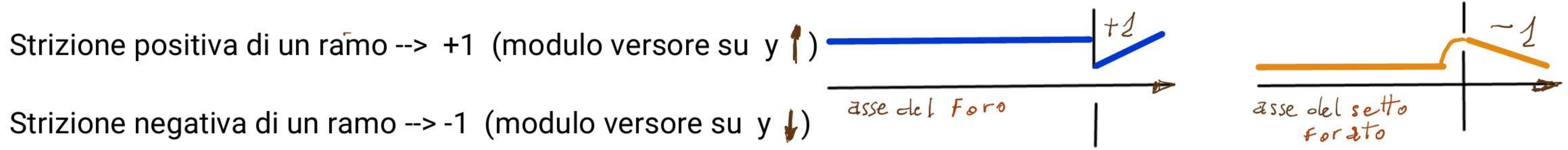
FIG . 6.6.E

S1 = strizione positiva assoluta  
 S1 , S2 = strizioni negative assolute (allargamenti)

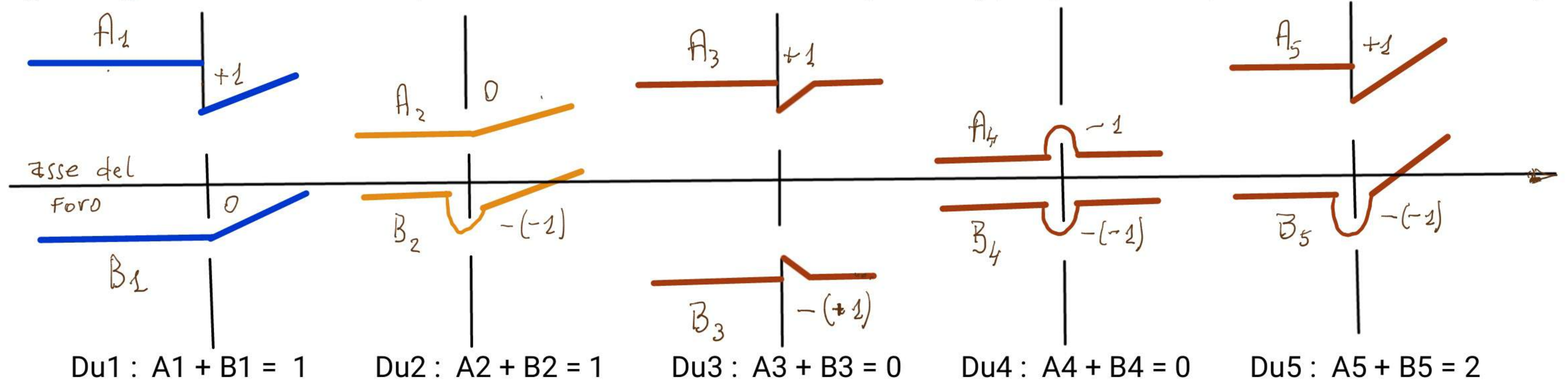
Ogni livello è identificato , nella figura , da due "rami" dello stesso colore , in accordo con quanto descritto al PAR . 5.5 . I singoli rami rappresentano quindi , una sezione di un livello (graficamente rappresentata) con il piano del disegno passante per il centro del livello stesso . I singoli rami sono , in realtà , semi - corone sferiche descriventi il potenziale efficace relativo al livello considerato . La suddivisione , temporanea di 2 rami costituenti un livello , rappresenta la suddivisione temporanea della distribuzione spaziale del potenziale efficace di quel livello .

La presenza di due (o piu') fessure consente ad un livello di avere strizioni diverse nei suoi due rami .

Coerentemente a quanto scritto al paragrafo precedente ed in maniera più generale si possono assegnare unità di deflessione in funzione delle strizioni dei rami dei livelli coinvolti :



Ogni singolo livello può contribuire o meno alla deflessione totale in funzione di un' "algebra delle strizioni" che formalizza la casistica possibile. Le strizioni dalla parte opposta dell' asse del foro cambiano segno per ragioni di simmetria. La figura seguente illustra alcune possibilità di deflessione unitaria (l' asse y, in questo caso, è orientato verso l' alto):



Aumentando a 2 il numero di fessure aumentano le possibilità con cui un livello può contribuire alla deflessione dell' elettrone relativo. In questo caso la deflessione unitaria può assumere i seguenti valori:  $d'u = 0, \pm 1, \pm 2$ . Quindi le 1.6.5, 2.6.5, 3.6.5 rimangono valide usando: la nuova deflessione unitaria appena ridefinita,  $d$  = distanza tra gli assi delle due fessure e:  $l' = \pm n$  ( $\beta = 0$ ), ottenendo:  $\gamma_n^{m \pm \lambda} = l' \cdot k_G$  ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ) e simmetricamente.

L4 è un esempio dove si hanno elettroni anche nella parte centrale dello schermo non allineata alle due fessure del setto.

La deviazione non nulla dei livelli di un elettrone, comporta la modifica del flusso di elettronico che arriva in un punto specifico dello schermo come è illustrato in FIG. 6.6.F.

Scrivo il flusso di elettroni che arriva su una piccola area del setto. (Il calcolo usa solo scalari)

$$1.6.6) \phi_1 = N_e \cdot dA \cdot v_A \quad (dA = L \cdot dy)$$

Con:  $N_e$  = numero di elettroni.  $dy$  = piccolo tratto di setto.  
 Considerando le decomposizioni delle velocità, posso porre:

$$2.6.6) \phi_2 = N_e \cdot dA \cdot v_B = N_e \cdot dA \cdot v_A \cdot \cos^2 \theta = \phi_1 \cdot \cos^2 \theta$$

Con le intensità direttamente proporzionali ai flussi:  $I = K_I \cdot \cos^2 \theta$

Inoltre la densità di elettroni sullo schermo si può ottenere integrando le intensità per un intervallo di tempo sufficiente a mostrare le bande. Le considerazioni appena svolte sono valide per setti con uno o più fori. In FIG. 6.6.G è riportato il caso con una fenditura ed in FIG. 6.6.H il caso con due fenditure. Le due figure derivano da simulazioni dove viene invertito il valore delle energie potenziali efficaci e viene considerata la correzione dovuta alla deviazione del flusso elettronico.

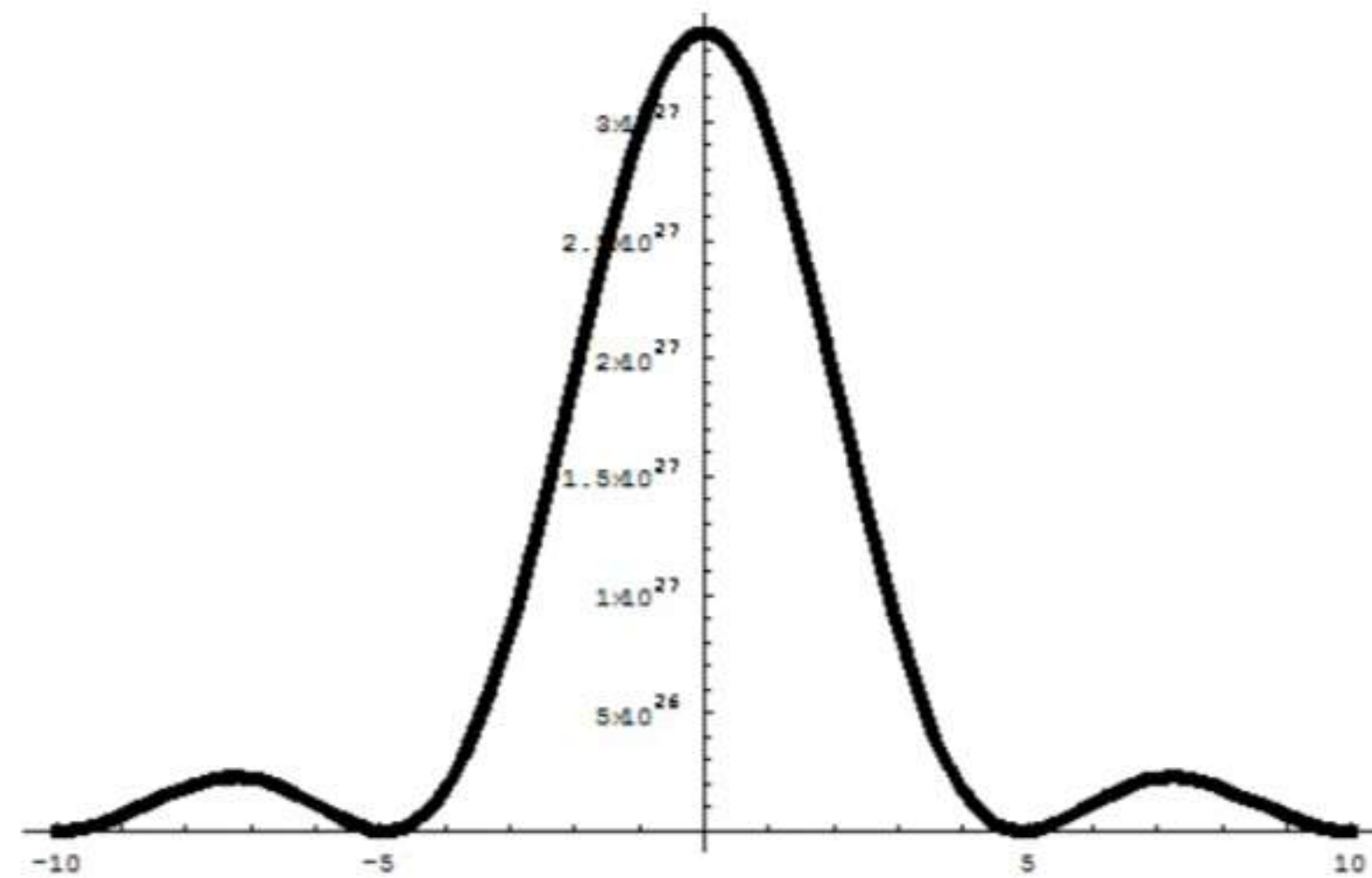
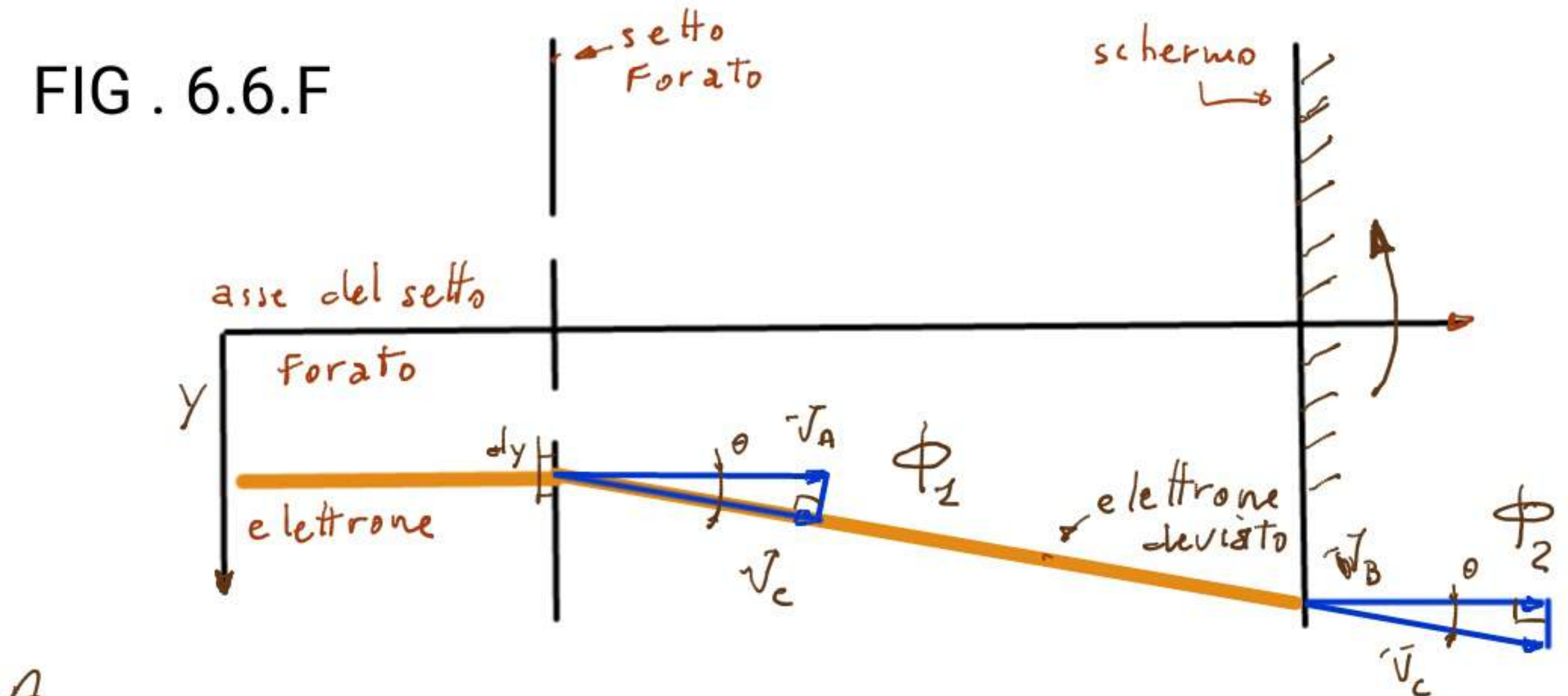


FIG. 6.6.G

da confrontare con  
 FIG. 6.6.A

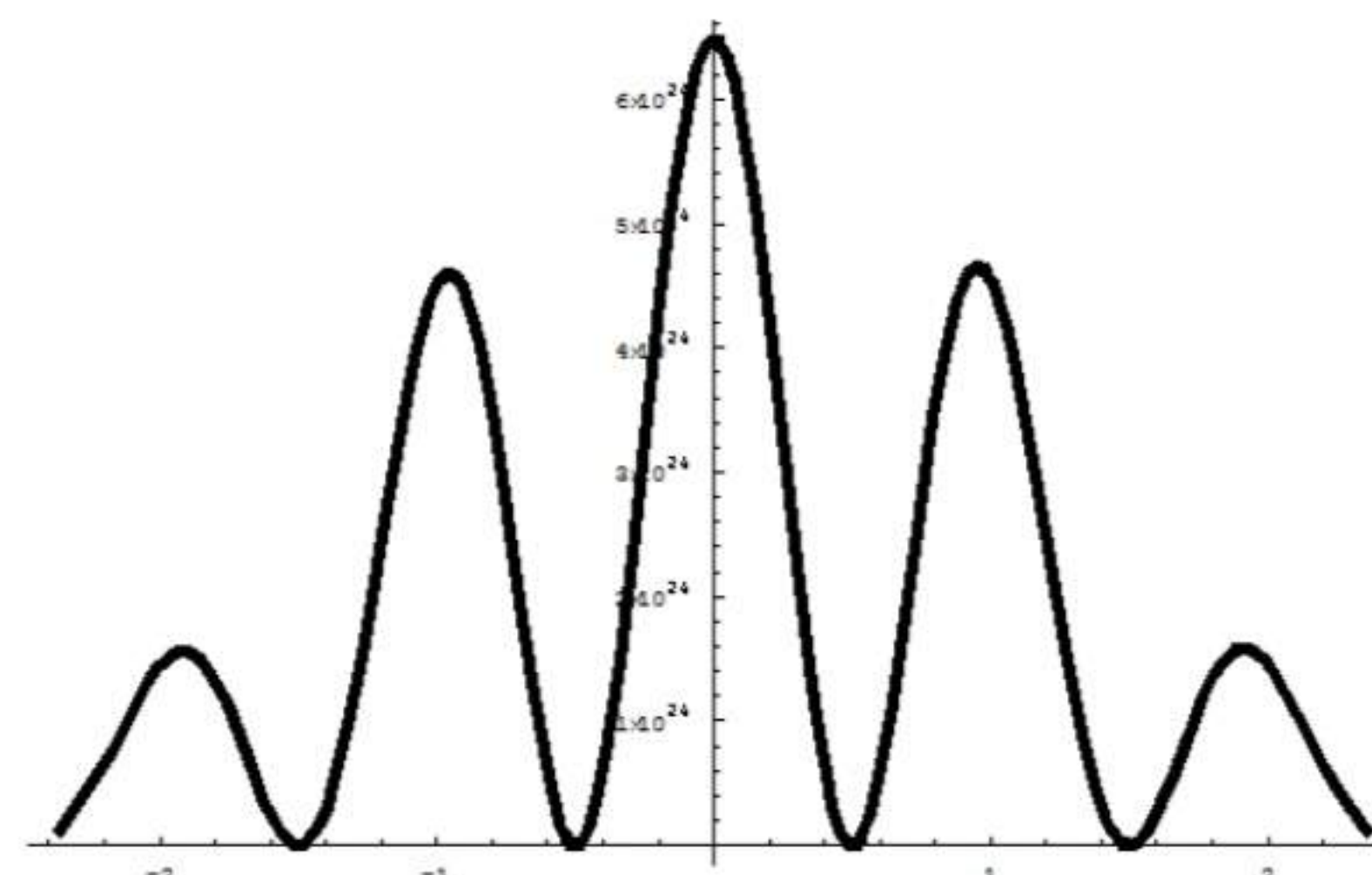


FIG. 6.6.H

da confrontare con  
 FIG. 6.6.C

La FIG . 6.6.I mostra il caso di diffrazione con setto a due fori (parte superiore) ed il caso di diffrazione con setto a più fori (parte inferiore) . Tutti i casi con setti a più fori possono essere trattati concettualmente in maniera analoga .

La differenza consiste che nel caso di setti a più fori compaiono bande piu' strette ed anche massimi intermedi (più bassi) tra i massimi principali ( è il caso dei reticoli di diffrazione ) .

Lo scopo del presente paragrafo non è stato una presentazione analitico-formale del caso della diffrazione di elettroni da doppia fenditura ma solo l' illustrazione di un metodo alternativo coerente con quanto esposto nei paragrafi precedenti .

Quindi è stata possibile la individuazione della forma e delle posizioni reciproche dei massimi delle bande e la loro distribuzione in altezza in funzione della loro distanza dal centro , o baricentro , dei fori .

Il punto essenziale è che la posizione dei massimi viene ricavata non dalle posizioni dei punti di "interferenza" ma da quelli delle deflessioni dei livelli elettronici .

L' importanza del presente approccio va oltre un perfetto modello analitico-formale , di cui sono state solo accennate , anche se in maniera non sufficientemente integrata , gli aspetti salienti e necessari sviluppati negli ultimi paragrafi .

Tale approccio che si potrebbe definire "classico" , ma tale non è , segna una vicinanza ad un modo di intendere il microcosmo deterministico nello stile di Bohm ,

nell' intenzione di riunire in un corpus concettualmente omogeneo la fisica classica a quella quantistica . Un modo di intendere che permetta di descrivere e capire le

strutture ed i fenomeni del microcosmo , al posto di sovrastrutture esclusivamente formali a volte anacronistiche .

Riguardo alle due fenditure , Feynman era solito affermare che questo esperimento : ".... sta al cuore della meccanica quantistica . In realta' ne contiene l' unico mistero " .

Da tale , autorevole , parere ne consegue che se si può fare a meno dell' interpretazione quantistica dell'esperimento delle due fenditure anche l' interpretazione "quantistica della meccanica quantistica" risulta superflua .

L' obiettivo è ancora lontano , ma qualche passo è stato compiuto .

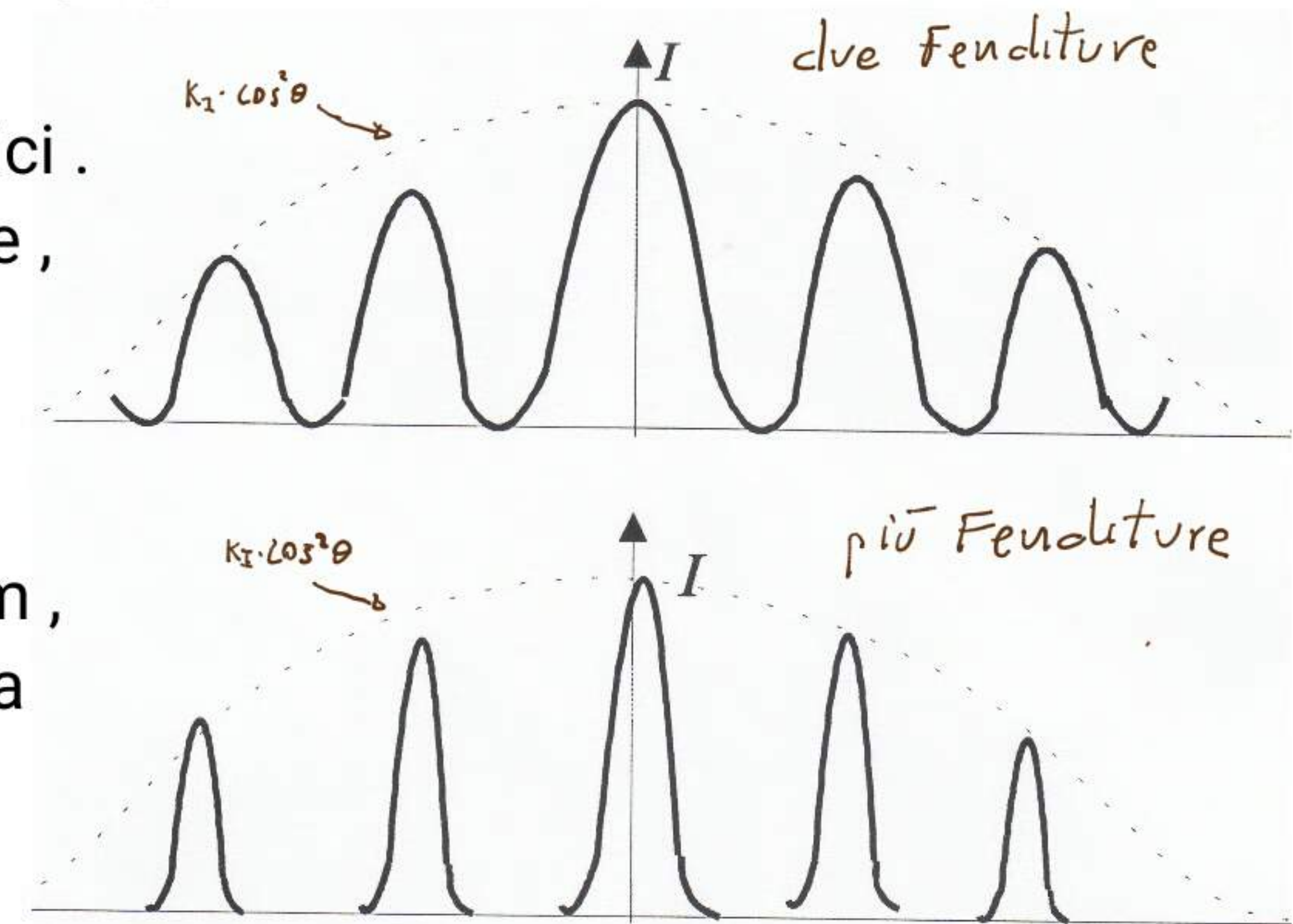


FIG . 6.6.I

## SUPPLEMENTO

L'importanza dell'esperimento delle due fenditure, come precedentemente accennato, comporta un supplemento di informazioni, osservazioni ed un esempio procedurale esplicito sia pure generalizzato ponendo unitarie alcune costanti.

Osservazioni:

A) La lunghezza d'onda  $\lambda_v$  è relativa all'energia cinetica  $E_c = \frac{1}{2} m v^2$  mentre la lunghezza d'onda  $\lambda_m$  è relativa all'energia interna  $E_i = m c^2$  ( $\lambda_i$  per le masse ed energie interne dei livelli).  $\lambda_m$  e  $\lambda_v$  sono relative allo stesso elettrone parimenti a  $E_i$  e  $E_c$  che insieme costituiscono l'energia totale dell'elettrone:  $E_{tot} = E_i + E_c$ .  $\lambda_v$  diventa evidente ed è determinata dall'acquisizione di velocità. Nell'interazione dell'elettrone con altre particelle e macrostrutture viene considerata solo  $E_c$  (e ovviamente  $p = h/\lambda_v$ ), analogamente in questi casi si considera solo  $\lambda_v$ . (situazione non relativistica)

B) L'ipotesi dei centri di diffrazione nella teoria di Huygens, presuppone innumerevoli elementi d'area interni al foro considerato, come sorgenti elementari generanti (senza nessun supporto fisico evidente) onde sferiche in direzione dello schermo. Tali onde sono ben rappresentate dai livelli elettronici che subendo o meno strizione si espandono dal foro in oggetto, nella loro forma tridimensionale, in direzione dello schermo. Quindi la teoria a livelli dà supporto, nel fenomeno della diffrazione, all'ipotesi di Huygens altrimenti ingiustificata.

C) Nella dinamica delle interazioni è sufficiente, a regimi non relativistici, valutare solamente  $\lambda_v$  (che significa calcolare  $E_c$  tralasciando  $E_i$ ).

Per tale motivo l'ottica fisico-geometrica, considera  $\lambda_v \leq d$  e stabilisce la nota relazione di proporzionalità:  $\gamma/d = \lambda_v/d$  da cui la:  $\gamma = d \lambda_v/d$  per angoli sufficientemente piccoli (FIG. 6.6.L, per semplicità si è scelto il caso di una fenditura).

Il parametro  $n$  è dato, contrariamente alla teoria corrente, semplicemente dalla somma algebrica delle strizioni asimmetriche dei livelli interessati. Il parametro  $\beta$  serve solo a dimensionare la larghezza del picco centrale e dipende dalla forma del potenziale esterno in quella zona.

Nella pagina seguente è riportato il programma scritto in Mathematica per la determinazione della FIG. 6.6.H.

Il programma è grezzo, non adatto ad una variazione arbitraria e non attenta dei parametri, non multi-purpose.



```
Clear[r,rr1,rr2,rr3,rr4,rr5,rr6,rr7,rr8,rr9,rr10,rb1,rb2,rb3,rb4,rb5,rb6,rb7,rb8,rb9,rb10,n,s,k]
n=9.5;s=2; parametri;
```

```
hb=1.054571628*10^-34; c=2.99792458*10^8; e=1.602176487*10^-19;
Ep=8.854187817*10^-12; Alfa=0.0072973525376; costanti;
```

```
m11=hb*c*Alfa^n; m12=0.666666666*m11; m13=0.75*m12; ra13=hb*Alfa/(m13*c); k=1/ra13;
m1=m13;m2=0.8*m1; m3=0.833333333*m2; m4=0.857142*m3;m5=m4*0.875;
m6=m5*0.888888888; m7=m6*0.9; m8=m7*0.909090; m9=m8*0.916666; m10=m9*0.923076;
masse livelli;
```

```
ra10=k*hb*Alfa/(m10*c);ra9=k*hb*Alfa/(m9*c);ra8=k*hb*Alfa/(m8*c);
ra7=k*hb*Alfa/(m7*c);ra6=k*hb*Alfa/(m6*c);ra5=k*hb*Alfa/(m5*c);
ra4=k*hb*Alfa/(m4*c);ra3=k*hb*Alfa/(m3*c);ra2=k*hb*Alfa/(m2*c);
ra1=k*hb*Alfa/(m1*c); raggi livelli;
```

$m_i r_i = m_j r_j \rightarrow$  massimi deviazione:  $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$  da cui i minimi;

```
rb1=0.5;rb2=1.5;rb3=2.5;rb4=3.5;rb5=4.5;rb6=5.5;rb7=6.5;
```

```
rb8=7.5;rb9=8.5;rb10=9.5; coordinate minimi (massimi energia potenziale);
```

```
rr1=(-r+rb1);rr2=(-r+rb2);rr3=(-r+rb3);rr4=(-r+rb4);rr5=(-r+rb5);rr6=(-r+rb6);
```

```
rr7=(-r+rb7);rr8=(-r+rb8);rr9=(-r+rb9);rr10=(-r+rb10); ascisse sn;
```

```
rs1=(r+rb1);rs2=(r+rb2);rs3=(r+rb3);rs4=(r+rb4);rs5=(r+rb5);rs6=(r+rb6);
```

```
rs7=(r+rb7);rs8=(r+rb8);rs9=(r+rb9);rs10=(r+rb10); ascisse dx;
```

```
Ge=e^2/(2*Pi*Ep);Gm1=2*(hb*Alfa)^2/m1; Gm2=2*(hb*Alfa)^2/m2; Gm3=2*(hb*Alfa)^2/m3
```

```
;Gm4=2*(hb*Alfa)^2/m4; Gm5=2*(hb*Alfa)^2/m5;
```

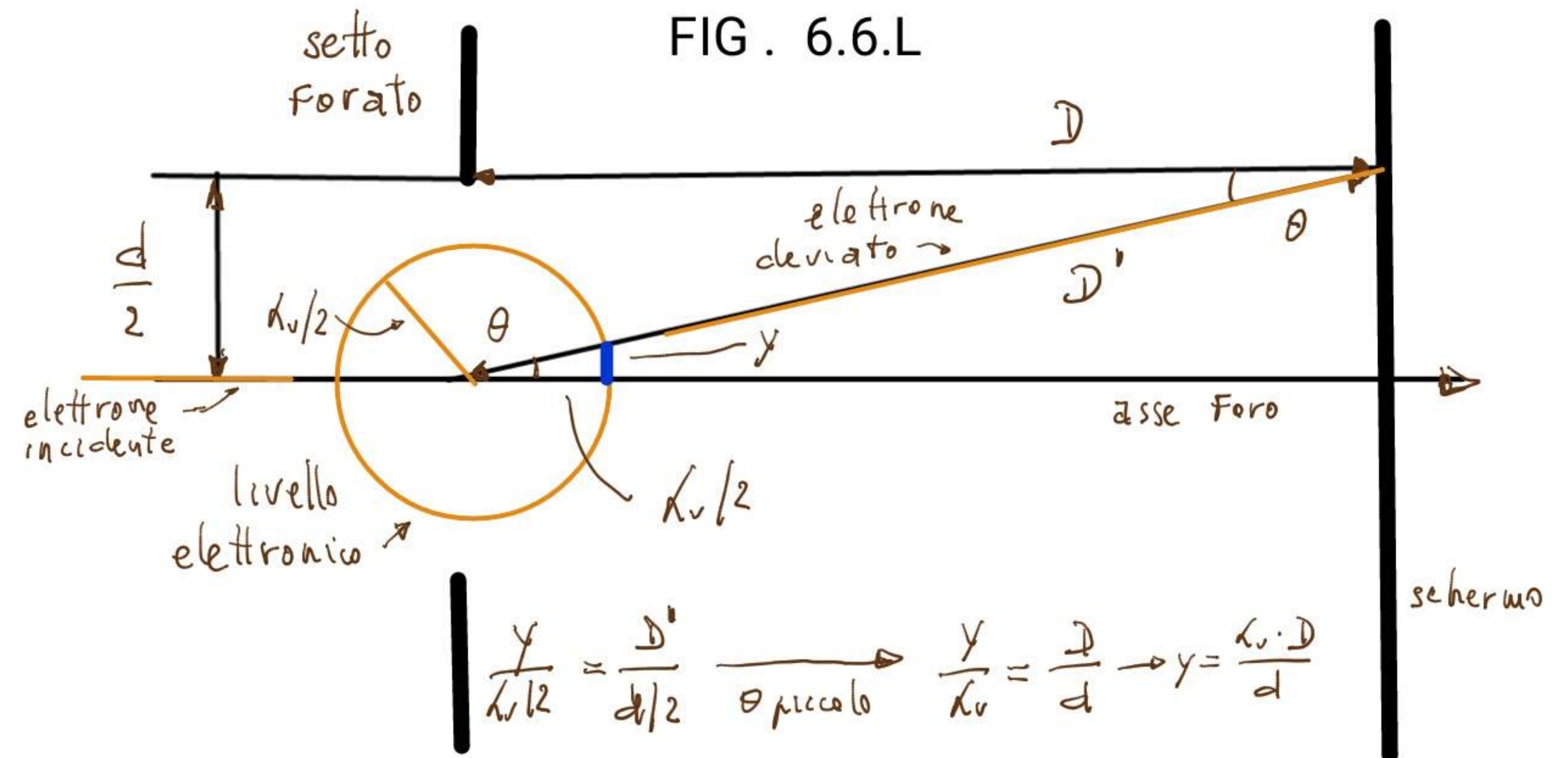
```
Gm6=2*(hb*Alfa)^2/m6; Gm7=2*(hb*Alfa)^2/m7; Gm8=2*(hb*Alfa)^2/m8;
```

```
Gm9=2*(hb*Alfa)^2/m9; Gm10=2*(hb*Alfa)^2/m10;
```

gruppi costanti in energia potenziale;

```
Plot[(((Cos[r/2])^s)/((Gm1/rr1^2-Ge/Abs[rr1])+(Gm2/rr2^2-Ge/Abs[rr2])+(Gm3/rr3^2-
Ge/Abs[rr3])+(Gm4/rr4^2-Ge/Abs[rr4])+(Gm5/rr5^2-Ge/Abs[rr5])+(Gm6/rr6^2-
Ge/Abs[rr6])+(Gm7/rr7^2-Ge/Abs[rr7])+(Gm8/rr8^2-Ge/Abs[rr8])+(Gm9/rr9^2-Ge
/Abs[rr9])+(Gm10/rr10^2-Ge/Abs[rr10])+(Gm1/rs1^2-Ge/rs1)+(Gm2/rs2^2-Ge/rs2)+
(Gm3/rs3^2-Ge/rs3)+(Gm4/rs4^2-Ge/rs4)+(Gm5/rs5^2-Ge/rs5)+(Gm6/rs6^2-Ge/rs6)+
(Gm7/rs7^2-Ge/rs7)+(Gm8/rs8^2-Ge/rs8)+(Gm9/rs9^2-Ge/rs9)+(Gm10/rs10^2-Ge/rs10)),{r,-
3Pi/4,3Pi/4},PlotStyle {Thickness[.010]}];
```

plottaggio energia potenziale inverita e corretta con coseno;



Il programma a lato determina l' andamento delle bande di presenza di elettroni diffratti attraverso un setto con due fenditure . Il programma considera dati di ingresso generici , quindi tali risultano le masse ed i raggi dei livelli considerati , che comunque risultano coerenti tra loro . Le masse e i raggi per ogni livello determinano le deflessioni unitarie , da cui le coordinate dei massimi dell' energia potenziale efficace e quindi le coordinate dei minimi delle bande , inizializzati per il caso di doppia fenditura . (programma analogo è stato usato nel caso di singola fenditura FIG . 6.6.G) . Infine è stato plottato l' inverso dell' energia potenziale efficace totale corretta con il  $\cos^2(\theta)$  . Si è scelto per semplicita':  $K_I = 1; K_G = 1; \rho = 0$