

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-61/55 (20.10.61)

Gruppo coppie μ R. Del Fabbro, I. F. Quercia: PROPOSTA DI UN ESPE-
RIMENTO SULLE MASSE RECENTEMENTE SCOPERTE.

Nota interna n° 96
20 Ottobre 1961.

Gruppo delle "Coppie mu", R. Del Fabbro e I.F. Quercia:
PROPOSTA DI UN ESPERIMENTO SULLE MASSE RECENTEMENTE SCOPERTE.

Introduzione

L'analisi delle annichilazioni (\bar{p}, p) in camera a bolle sembra aver messo in evidenza l'esistenza di quattro sistemi composti da pioni legati corrispondenti alle seguenti masse: 310, 550, 745, 787 MeV. Tutti questi sistemi hanno carica nulla e si decompongono i primi due in (π^-, π^+) e i secondi due in (π^-, π^+, π^0) .

Nel 1959 una ricerca eseguita col sincrotrone di Frascati da G. Bernardini e altri⁽¹⁾ volta a porre in evidenza masse fra 140 e ~ 500 MeV ha dato risultato nullo. Il processo allora studiato era

$$(1) \quad \gamma + p \rightarrow x^0 + p$$

e venne studiato col metodo delle curve di eccitazione del solo protone di rinculo.

E' attualmente in corso una serie di misure sulle curve di eccitazione delle coincidenze (π^+, p) da parte del gruppo di G. Cortellessa e altri. Questo metodo è basato sull'ipotesi di un decadimento veloce di x_0 in almeno un π carico. Anche i risultati di queste misure sembrano essere negativi almeno per la massa di 310 MeV.

Giunge notizia da Cornell che Mc Daniell ha provato

a porre in evidenza processi del tipo (1) con il sincrotrone di quel laboratorio che può raggiungere l'energia di 1.5 GeV. Il metodo seguito è stato ancora quello delle curve di eccitazione del solo protone di rinculo. Il risultato è ancora negativo e si cita un valore massimo della sezione d'urto ottenuta dall'autore nella misura di $5 \times 10^{-31} \text{ cm}^2/\text{ster}$.

Stime molto grossolane delle sezioni d'urto nei processi di fotoproduzione sembrano suggerire valori dell'ordine del valore ultimo citato e sembra estremamente interessante cercare di abbassare i limiti superiori delle sezioni d'urto sperimentalmente ottenute a tutt'oggi. Se poi si riuscisse, con una buona discriminazione sul fondo, a rivelare le particelle in questione, risulterebbe di estremo interesse la misura delle loro costanti di accoppiamento coi nucleoni.

Riteniamo che negli esperimenti citati la più grande limitazione alla determinazione del limite superiore alla sezione d'urto fosse da ascrivere ai processi di fondo

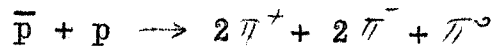


Presentiamo qui un metodo sperimentale che discrimina completamente contro il processo (2) e in modo abbastanza chiaro contro il processo (3).

Ovviamente in processi del tipo (1), solo le due masse inferiori possono essere prodotte a Frascati. In questo progetto di massima presentiamo un metodo per studiare la massa più alta. Risulterà evidente da quanto segue che anche le altre masse possono essere investigate con lo stesso metodo.

Parleremo dunque soltanto del mesone ω_0 ($M=787\text{MeV}$) con l'intesa che l'essenziale di quanto si dirà si estende anche a eventuali processi di fotoproduzione delle altre masse.

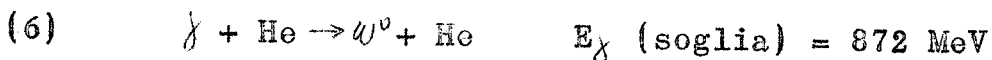
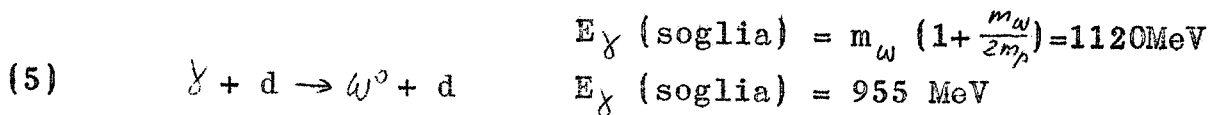
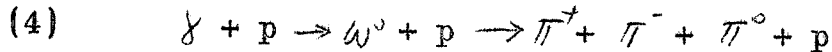
Il mesone ω recentemente scoperto da B.C. Maglic e altri⁽²⁾ in base all'analisi degli eventi



risulta avere le seguenti proprietà:

Massa	$M_\omega = 787 \text{ MeV};$
Spin isotopico	$T_\omega = 0;$
Mom. ang.	$J_\omega = 1;$
Parità	$P_\omega = -1;$
Vita media	$\tau_\omega \approx 4 \times 10^{-23} \text{ sec.}$

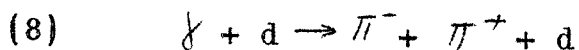
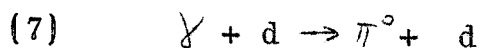
Questa particella è quella che forse più assomiglia al vecchio mesone ζ^0 le cui ragioni di esistenza furono riassunte da A. Alberigi e altri⁽³⁾. Il valore della sua massa non è esattamente quello desiderato, soprattutto in relazione al calcolo della parte scalare del fattore di forma dei nucleoni. Alcuni processi in cui esso dovrebbe essere prodotto sono:



Il processo di cui qui si propone lo studio è (5).

1 - Fondi e metodo sperimentale.

Per lo studio del processo (5), se si ha un metodo sperimentale che consenta di rivelare e riconoscere i deutoni di rinculo, il fondo è rappresentato dalle seguenti reazioni:



Il processo (7) appare come un fondo pressochè costante con l'energia massima dello spettro di Bremsstrahlung e quindi la sua sottrazione può sembrare abbastanza agevole. Questo è vero solo se lo yield del processo (5) è almeno il 10% di quello del processo (7). In ogni caso la presenza del processo (7) non consente di ottenere limiti superiori alla sezione d'urto di (5) più bassi di $\sim 10^{-31}$ cm²/ster.

Il processo (9) ha una sezione d'urto che è circa 1/40 della sezione d'urto del processo (8). D'altra parte il processo (8) dà uno yield che è crescente con l'energia massima dello spettro dei γ (essendo un processo di 3 corpi) e quindi può mascherare un possibile gradino dovuto al processo (5).

Con i mezzi sperimentali che si hanno a disposizione possono essere tentati due esperimenti:

A) Misura delle coincidenze d - γ :

Il γ di cui si parla è un γ di decadimento di π^0 . Con questo metodo sopravvivono i processi (5), (7) e (9) di cui (7) e (9) sono fondi. Bisogna fare uso (oltre al rivelatore di deutoni) di un rivelatore di γ . Tale rivelatore può essere o un Cerenkov ad assorbimento totale con un contatore in anticoincidenza per eliminare i pioni carichi veloci prodotti nel processo (4) oppure più semplicemente un telescopio per la rivelazione di γ con convertitore. Nel secondo caso si può fare uso dell'attrezzatura già esistente presso il gruppo "coppie di mu".

B) Misura delle coincidenze d - π^+ :

In questo caso sopravvivono soltanto i processi (2) e (4). Se si è in grado di misurare con buona accuratezza anche l'energia del π^+ , il processo (4) si riduce ad un processo di due corpi che dà uno yield costante con la massima energia dello spettro dei γ . Inoltre, per ragioni connesse col

volume dello spazio delle fasi, tale fondo costante è minore di quello dovuto al processo (3) nell'esperimento di tipo A). L'uso del telescopio delle "coppie di mu" (con annesso odoscopio) permette una misura per diverse energie del π^+ contemporaneamente, permettendo così l'accumulo di una buona statistica.

Un commento sui due metodi A) e B): il metodo A) lascia sopravvivere la gran parte del fondo dovuto essenzialmente alla reazione (7) mentre abbassa l'efficienza del processo (5). Infatti il χ di decadimento è il risultato di due successivi decadimenti in cui il π^0 intermedio ha una energia cinetica di soltanto ~ 150 MeV. Il metodo B) lascia sopravvivere come fondo soltanto il processo (8) che, dato il piccolo volume dello spazio delle fasi accettato dall'esperimento, risulterà molto inferiore a quello dovuto al processo (7) nel metodo A). In più l'efficienza del processo (5) nel metodo B) è solo quella del decadimento diretto $\omega^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$. Quindi sembra che il metodo B) sia da preferire.

Preliminare e comune ai due metodi sperimentali citati sopra sommariamente descritti è un metodo per rivelare i deutoni di rinculo distinguendoli dal fondo di elettroni, protoni e pioni che vengono prodotti. Il metodo proposto è il seguente: analisi magnetica delle particelle associata con una camera a scintilla a pareti sottili disposta sul fuoco del magnete. Se si riesce a determinare la posizione orizzontale della particella uscente dal magnete con la precisione di 1 mm, il magnete delle "coppie mu" fornisce una determinazione del momento con una precisione di 2.5×10^{-3} per una targhetta delle dimensioni di 10 cm nella direzione del fascio primario. Con tale precisione il deutone può essere riconosciuto con due metodi:

- A_d) Con una misura del tempo di volo delle particelle sulla base di 1 m;
- B_d) Facendo una misura del "range" delle particelle in una camera a scintilla con molti setti sottili (dovrebbe essere la stessa camera a scintilla che permette la misura del momento).

Naturalmente, per limitare il numero dei fotogrammi forniti dalla camera a scintilla, è necessario un sistema di anticoincidenza che consenta di eliminare gran parte delle particelle di fondo, sistema che non presenta serie difficoltà di principio.

Una difficoltà connessa con questo metodo è la seguente: i deutoni di rinculo, data l'energia dei γ disponibili e l'alta massa del mesone ω^0 , vengono prodotti a piccoli angoli dove il fondo di elettroni è alto. Per esempio per $E_\gamma = 1000$ MeV, deutoni con range sufficiente (~ 8 gr/cm² in C) da permettere una sicura analisi sperimentale, sono prodotti a 10° . D'altra parte il breve range dei deutoni non consente l'uso di assorbitori per abbassare il fondo. Quindi i pericoli sono di "Jamming" degli scintillatori e di troppa innizzazione nella camera a scintilla. Prove in questo senso sono in corso da parte del gruppo "coppie mu" con il magnete a 10° rispetto al fascio. I risultati sembrano indicare che non ci siano elementi per essere seriamente preoccupati in tale senso.

2 - Cinematiche.

Nelle figure 1, 2, 3, 4 sono riportati alcuni grafici relativi alla cinematica dei processi (4), (5), (6). E' in corso il calcolo completo.

3 - Sezione d'urto del processo (5) e "counting rate".

Una valutazione della sezione d'urto per il proces-

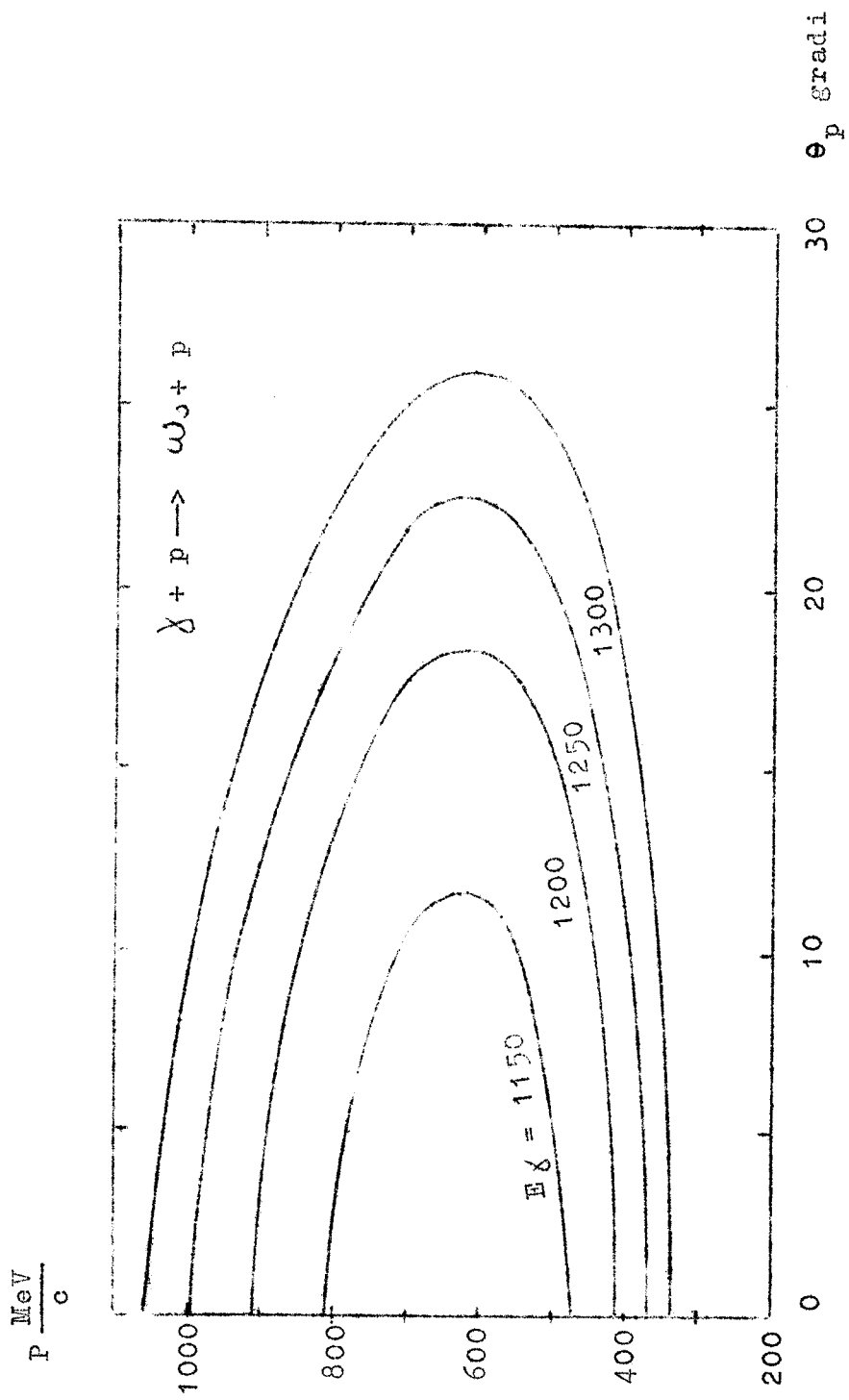


FIG. 1 - IMPULSO DEL PROTONE DI RINCULO

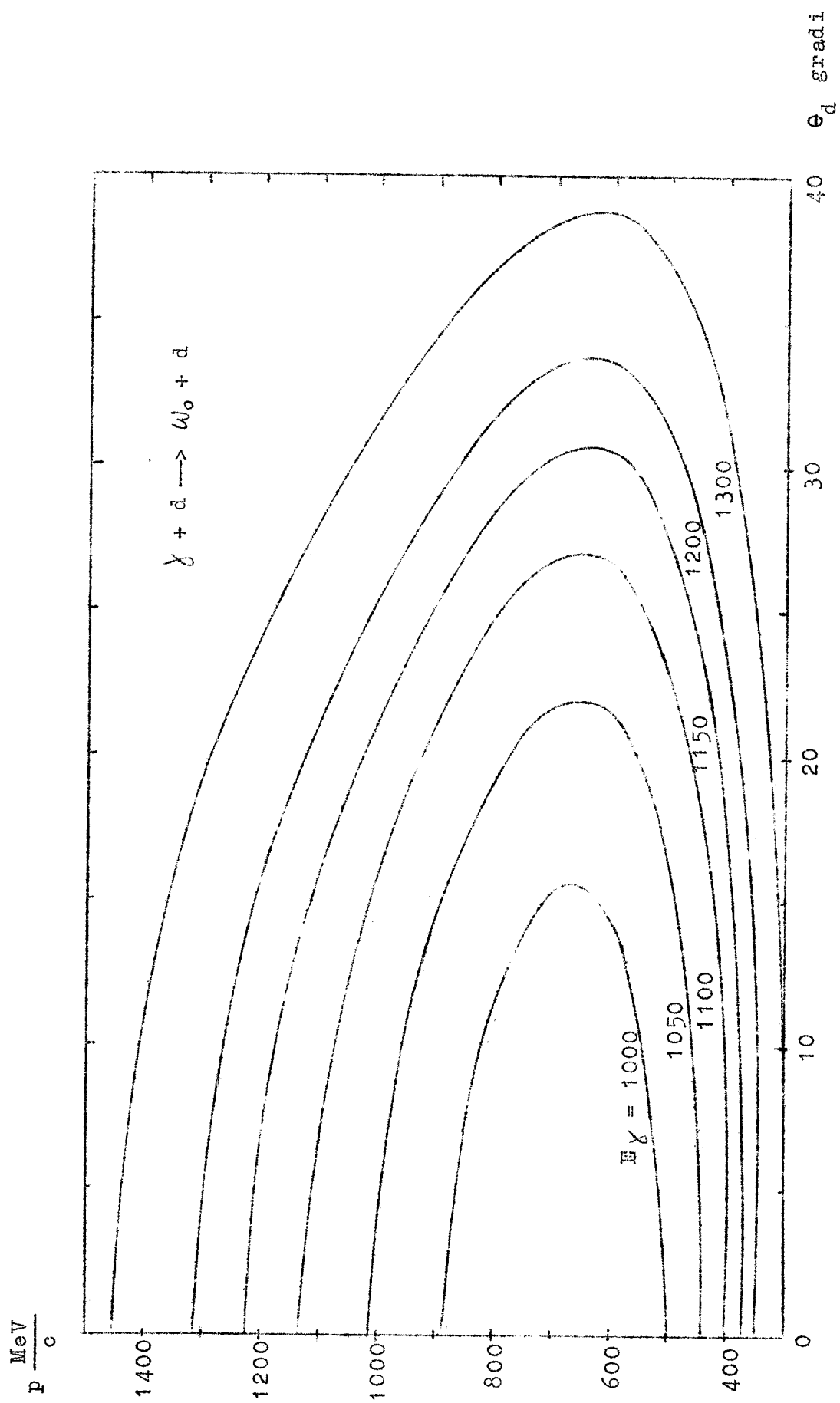


FIG. 2 - IMPULSO DEL DEUTONE DI RINCULO

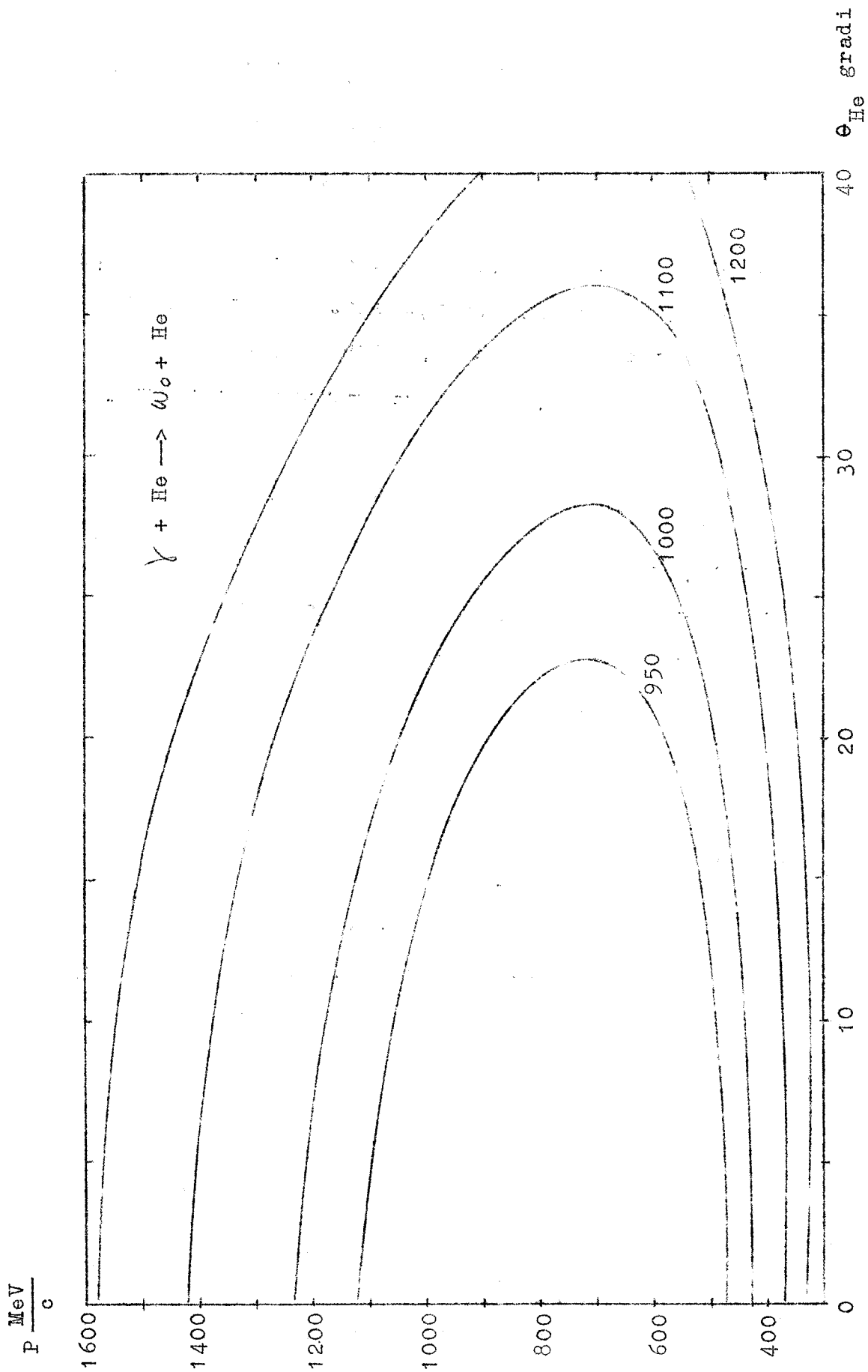


FIG. 3 - IMPULSO DELL'ELIONE DI RINCULO

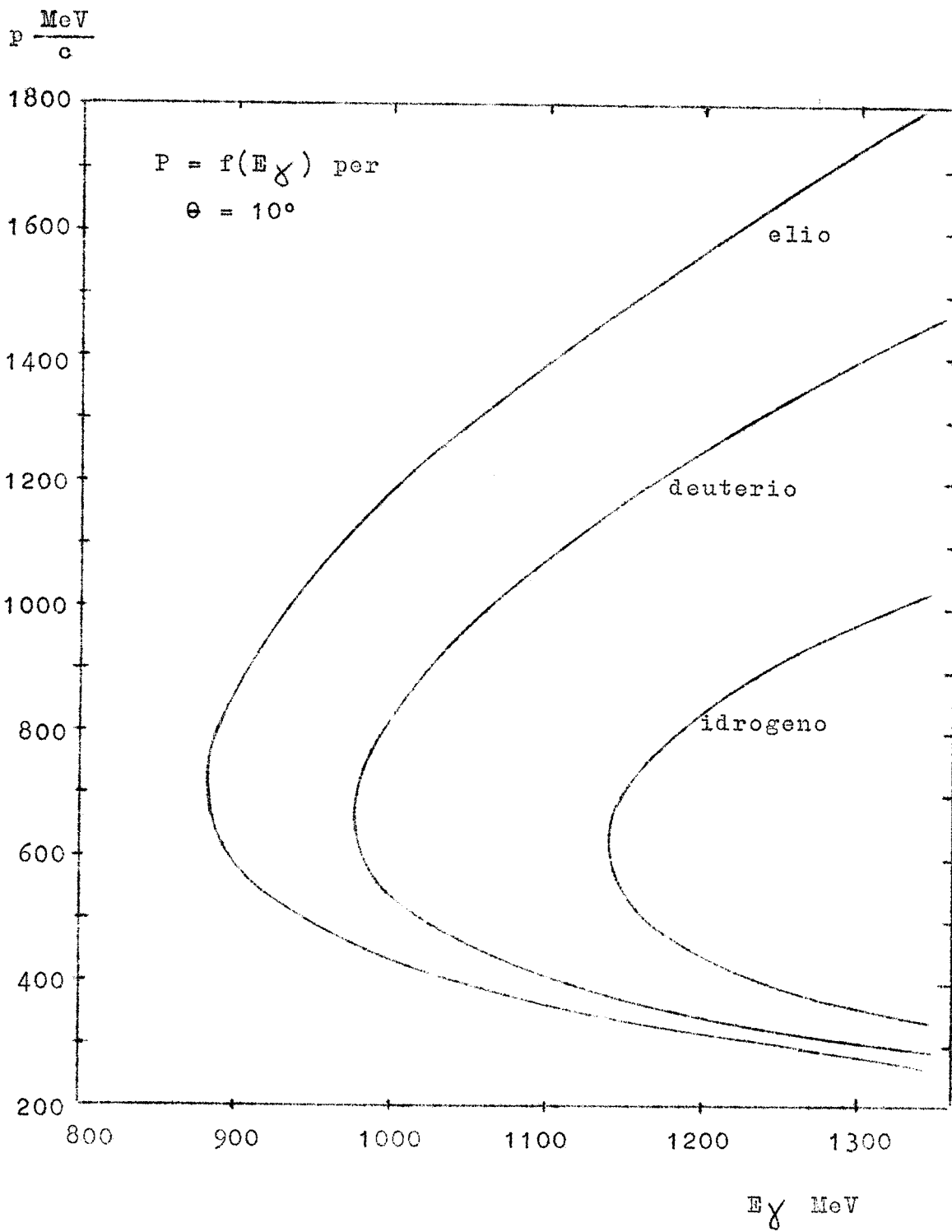


FIG. 4

so (5) è stato eseguito dal N. Cabibbo con l'ausilio dell'"im
pulse approximation". La sezione d'urto differenziale risul-
ta

$$\frac{d\sigma}{d(D^2)} = 4.4 \times 10^{-28} \frac{4}{3} \pi \frac{1}{137} \frac{f^2}{4\pi} \frac{v_0 - D^2/2M_D}{v_0} \frac{1}{v_0 g_0} F^2\left(\frac{D}{2}\right)^2$$

v_0 = energia del γ (lab.);

g_0 = energia totale dell' ω^0 (lab);

$f^2/4\pi$ = cost. d'accoppiamento col nucleone;

$F(D/2)$ = fattore di forma del deutone
(Chew e Lewis, P.R. 84, 779);

$D = |\vec{D}|$ = impulso del deutone nel laboratorio.

Per $E_\gamma = 1000$ MeV, $\theta_D = 10^\circ$, $\frac{4\pi}{f^2} \frac{d\sigma}{d(D^2)} = 5 \times 10^{-31}$ cm²/ster.

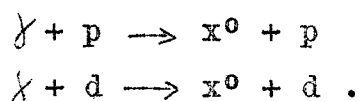
Con le caratteristiche del magnete delle "coppie mu"
e una targhetta di D₂ liquido del diametro di 6 cm, si produ-
cono (a 1000 MeV e 20°) 15 deutoni di rinculo al minuto dovuti
al processo (2) se $\frac{4\pi}{f^2} = 1$.

E' in corso il calcolo per la valutazione dell'effi-
cienza dovuta al decadimento dell' ω^0 negli esperimenti A) e
B).

4 - Programma sperimentale.

Come conclusione si può riassumere la nostra propo-
sta come segue:

Si propone una curva di eccitazione delle coincidenze (π^+, p)
o (π^+, d) per lo studio dei processi



- La misura dei rinculi va fatta ad angoli piccoli ($\lesssim 20^\circ$).

- Il momento dei rinculi va misurato con alta precisione
($\sim 1\%$).

- L'angolo dei π^+ va misurato con buona precisione ($\pm 0.5^\circ$).

- L'energia dei π^+ va misurata almeno al 10%.

Per tutte le misure sopra elencate può essere completamente usata l'attrezzatura già esistente e provata dal gruppo "coppie mu", ad eccezione della camera a scintilla di cui è stato costruito un prototipo che si sta provando in questi giorni.

Accanto al programma sperimentale è in corso un programma di calcoli:

- completamento delle cinematiche;
- + calcolo dell'efficienza dovuta al decadimento.

$$\omega^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0 .$$