
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

MARIA GRAZIA BARBETTA, GIUSTINA BARONI, CARLO
DEPIETRI, AUGUSTA MANFREDINI, VALERIO ROSSI

Diffusione elastica $p - p$ a 10 GeV/c

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 39 (1965), n.1-2, p. 77-82.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1965_8_39_1-2_77_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Fisica. — *Diffusione elastica $p-p$ a 10 GeV/c.* Nota (*) di MARIA GRAZIA BARBETTA (**), GIUSTINA BARONI (***), CARLO DEPIETRI (**), AUGUSTA MANFREDINI (***) e VALERIO ROSSI (***), presentata dal Corrisp. M. CONVERSI.

Con la tecnica delle emulsioni nucleari abbiamo misurato 8 valori della sezione d'urto differenziale per lo *scattering* elastico protone-protone nella zona di piccoli quadrimomenti trasferiti [$t < 5 \times 10^{-2} (\text{GeV}/c)^2$]. Il momento dei protoni incidenti è di 10 GeV/c.

L'interesse di questo tipo di misure è dovuto al fatto che la diffusione elastica a piccoli angoli fornisce informazioni sulla natura della interazione nucleare protone-protone e in particolare sul comportamento della parte reale dell'ampiezza nucleare di *scattering*. Abbiamo verificato le previsioni di un modello dello *scattering* ad alta energia che permette, sotto alcune ipotesi, di ricavare l'andamento della sezione d'urto differenziale dalla conoscenza di due soli parametri.

Abbiamo determinato il numero dei protoni diffusi elasticamente per unità di angolo solido ad angoli nel laboratorio compresi tra 82° e 88° . Tali protoni hanno quantità di moto comprese tra 218 e 54 MeV/c corrispondenti a valori del quadrimomento trasferito compresi tra 47×10^{-3} e $2.8 \times 10^{-3} (\text{GeV}/c)^2$. I loro percorsi in emulsione nucleare variano corrispondentemente tra 2800μ e 25μ ; la ionizzazione di queste tracce è notevolmente superiore al minimo.

Nella fig. 1 è mostrato in pianta l'apparato sperimentale. Le lastre, fissate su sostegni di acciaio inossidabile, sono situate in un recipiente in comunicazione diretta con una sezione diritta del Protosincrotrone del CERN in cui è montata la targhetta. Durante l'esposizione le lastre si trovano nel vuoto di modo che si possono rivelare anche particelle emesse dalla targhetta con energia molto bassa. Per ridurre le perdite di energia nella targhetta questa è costituita da un sottile foglio di polietilene $(\text{CH}_2)_n$ dello spessore di $12,5 \mu$.

Nell'esposizione, che usa un solo impulso del P.S., il fascio di $4,09 \times 10^{10}$ protoni circolanti di 10 GeV/c ha attraversato 5000 volte la targhetta; il numero di protoni incidenti è quindi $n_p = 2,05 \times 10^{14}$.

Durante l'esplorazione è stato misurato il percorso di tutte le tracce (escluse quelle vicino al minimo di ionizzazione) che entrano da un'area della superficie della lastra che copre un intervallo angolare inferiore a $0,02^\circ$.

Le misure effettuate sulle tracce e i criteri di selezione e di analisi adottati sono uguali a quelli descritti nei §§ 3 e 4 di un lavoro, pubblicato sul « Nuovo Cimento » (che in seguito indicheremo con I), in cui abbiamo descritto una analoga misura fatta con protoni incidenti di 27,5 GeV/c. In particolare è

(*) Pervenuta all'Accademia il 2 agosto 1965.

(**) Istituto Fisico Università di Modena.

(***) Istituto Fisico dell'Università di Roma, INFN - Sezione di Roma.

stata fatta una selezione angolare per essere sicuri che tutte le tracce accettate per la elaborazione provenissero dalla targhetta.

Per ogni zona esplorata e misurata abbiamo ottenuto lo spettro in percorso delle tracce per unità di angolo solido; esso è formato dalla sovrapposizione di due spettri: uno continuo dovuto alle tracce di evaporazione del Carbonio della targhetta ed uno costituito da un picco dovuto allo *scattering* elastico protone-protone. Mentre il primo spettro, a parte le fluttuazioni statistiche, è indipendente dall'angolo di osservazione, il secondo, cioè il picco dello scattering protone-protone, si trova in posizioni differenti a seconda dell'angolo sotto il quale la lastra vede la targhetta.

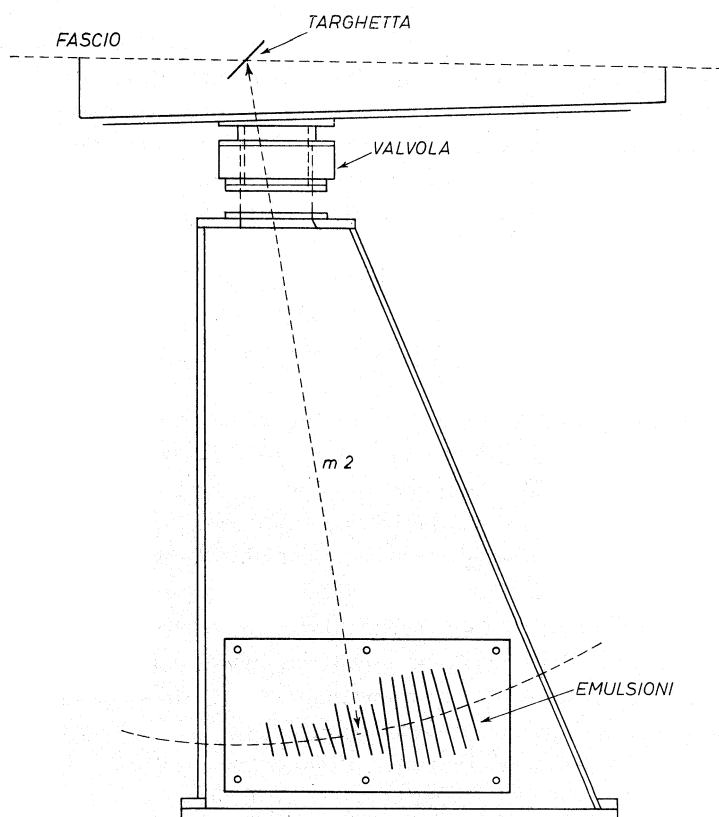


Fig. 1. - Pianta del dispositivo sperimentale.

L'errore con cui è noto il numero di tracce del picco per unità di angolo solido proviene, a parte la statistica, essenzialmente dalla difficoltà di conoscere con precisione l'angolo solido esplorato, a causa degli errori di allineamento (ved. fig. 1) derivanti soprattutto dal fatto che le emulsioni, nel vuoto, non rimangono sempre perfettamente piane. Questo errore può essere ridotto grazie alla presenza del Carbonio nella targhetta. Infatti, elaborando con un calcolatore elettronico tutti gli spettri ottenuti, abbiamo ricostruito lo spettro

medio, per unità di angolo solido, di evaporazione del carbonio da protoni di 10 GeV/c.

Il numero di tracce dovute allo scattering elastico nelle varie direzioni di osservazione è poi ottenuto sottraendo lo spettro di evaporazione dai vari spettri normalizzati sfruttando la loro parte puramente evaporativa (in fig. 2 si vede lo spettro in momento osservato a 85° normalizzato allo spettro di evaporazione del Carbonio. Nel passare dai percorsi misurati al momento

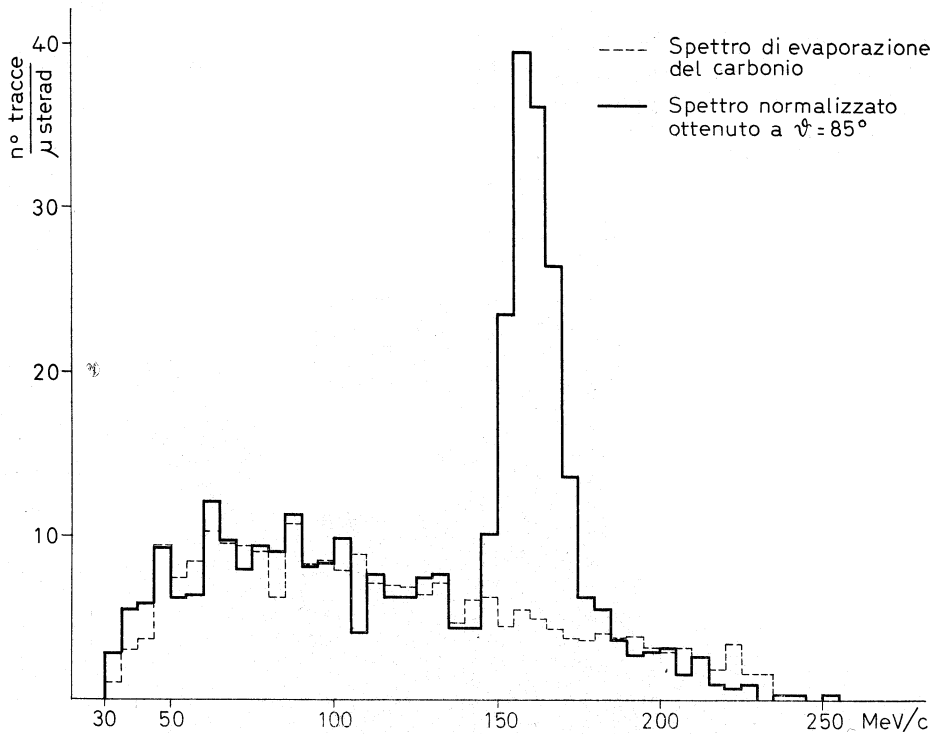


Fig. 2. — Spettro in momento all'angolo di osservazione di 85° normalizzato sullo spettro di evaporazione medio del Carbonio.

delle tracce abbiamo operato come se anche tutte le tracce d'evaporazione fossero protoni).

L'andamento della sezione d'urto differenziale $d\sigma/dt$ in funzione di t , ricavato dalla conoscenza del numero di tracce del picco per unità di angolo solido, della loro energia (cioè del quadrimomento trasferito), del numero n_p di protoni incidenti e del numero n_H di atomi di idrogeno nella targhetta, non dipende dalla precisione con cui si conoscono n_p ed n_H perché tutte le nostre lastre sono esposte contemporaneamente; l'errore su n_p ed n_H si ripercuote ugualmente su tutte le misure come errore sistematico. In una misura di questo genere è necessario determinare non solo l'andamento ma anche i valori assoluti della sezione d'urto differenziale. Occorre quindi ridurre

ogni tipo di errore sistematico; ciò è stato reso possibile dalla presenza delle tracce di evaporazione del Carbonio.

Dal lavoro I (§ 4 e fig. 5) già risulta che gli spettri delle tracce di evaporazione del Carbonio ottenuti da protoni incidenti di 10 e 27,5 GeV/c hanno la stessa forma. Abbiamo aumentato la statistica dello spettro a 10 GeV/c e possiamo confermare che i due spettri coincidono entro gli errori statistici.

L'errore sistematico da cui è affetta l'attuale esposizione può essere valutato sfruttando il suddetto risultato e tenendo presente che:

a) la sezione d'urto per l'assorbimento di protoni in Carbonio è costante da 10 a 30 GeV;

b) il numero medio di particelle cariche di evaporazione del Carbonio è costante per protoni incidenti di energia da 3 a 30 GeV.

TABELLA I.

$t \times 10^3$ (GeV/c ²)	$\frac{16 \pi}{\sigma_0^2} \frac{d\sigma}{dt}$
2,9	1,76
6,5	1,36
8,1	1,09
9,4	1,02
17,3	0,74
24,0	0,89
35,2	0,75
46,8	0,62

Abbiamo cioè ammesso che le fluttuazioni che presenta la sezione d'urto di produzione di una particella carica in Carbonio ricavata da tutte le nostre esposizioni (l'attuale a 10 GeV/c e le due esposizioni a 27,5 GeV/c riportate in I), siano dovute soltanto all'errore nella valutazione delle quantità n_p numero di protoni circolanti e n_c numero di atomi di carbonio nella targhetta. n_c è in rapporto fisso, dato dalla formula chimica, con n_H . Data la precisione delle misure di n_p e n_c si può valutare che il loro prodotto sia affetto da un errore dell'ordine del 10% che è proprio dell'ordine di grandezza delle fluttuazioni da noi osservate della sezione d'urto di produzione per particella carica in Carbonio.

Nella Tabella I sono riportati i valori di $d\sigma/dt$ normalizzati al teorema ottico. I dati sono stati analizzati con lo stesso modello teorico usato nel § 5 di I che fornisce la sezione d'urto differenziale $d\sigma/dt$ in funzione di t .

Sotto alcune ipotesi:

- a) che non vi sia dipendenza dello spin;
- b) che la parte nucleare dell'ampiezza di *scattering* a $t=0$ sia data dal teorema ottico;
- c) che il rapporto ρ tra l'ampiezza reale e quella immaginaria di *scattering* sia, nel nostro intervallo di misura, indipendente da t ,

si ottiene:

$$(1) \quad S = \left(\frac{F}{t}\right)^2 - \frac{2F}{|t|} (\rho + 2\delta) \exp\left(A\frac{t}{2}\right) + (1 + \rho^2) \exp(At)$$

S rappresenta la sezione d'urto differenziale normalizzata al teorema ottico. Cioè:

$$S = \frac{d\sigma}{dt} \frac{16\pi}{\sigma_0^2}$$

con

A = coefficiente dell'esponenziale che dà la dipendenza da t della parte immaginaria dell'ampiezza nucleare di *scattering*,

F = ampiezza coulombiana di *scattering*,

σ_0 = sezione d'urto totale a 10 GeV/c (abbiamo usato il valore $\sigma_0 = 39,5 \text{ mb}$)

δ = *shift* di fase tra l'ampiezza coulombiana e quella nucleare di *scattering*,

ρ = rapporto tra la parte reale e quella immaginaria dell'ampiezza nucleare di *scattering*.

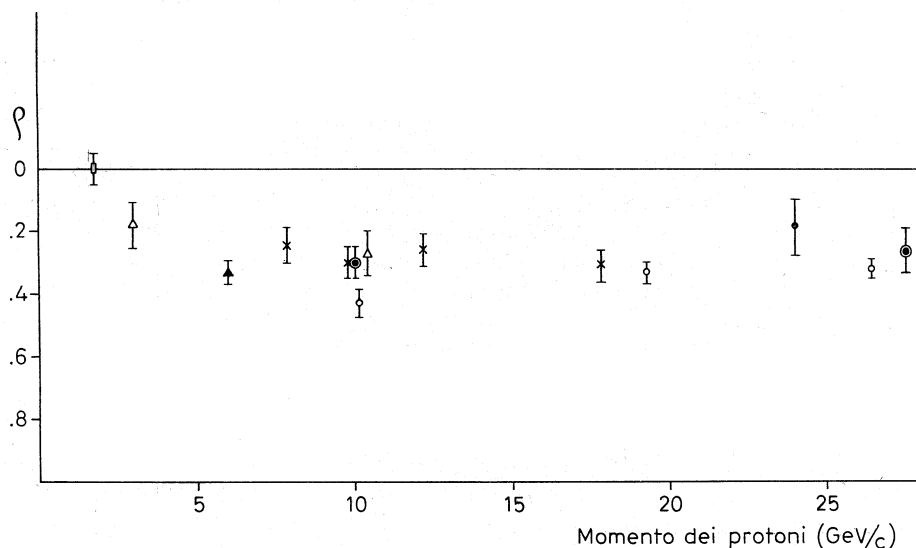


Fig. 3. — ρ in funzione dell'energia dei protoni incidenti.

○ Nostri risultati. □ Dowell et al. ▲ Taylor et al. △ Kirillova et al. × Foley et al.
● Lohrmann et al. ○ Bellettini et al.

Con questo modello $d\sigma/dt$ viene espressa in funzione di due soli parametri A e ρ perché F , σ_0 , δ sono noti e valutabili. Dalla formula risulta evidente che il valore di ρ dipende dal valore assoluto della sezione d'urto.

Un *best fit* [2] dei dati ha fornito i seguenti valori:

$$A = 12,5 \pm 2,9$$

$$\rho = -0.30 \pm 0.05.$$

Gli errori sono stati calcolati dalla sola dispersione dei punti sperimentali.

In fig. 3 sono riportati in funzione dell'energia del protone incidente i valori di ρ da noi ottenuti a 10 e 27,5 GeV/c, insieme ai valori ottenuti da vari Autori, anche ad altre energie, e con differenti tecniche. Il nostro dato a 27,5 GeV/c riportato nella figura è stato qui determinato con il metodo di *best-fit* sopra citato anziché con il metodo di approssimazioni successive come fatto nel lavoro I. Il valore ottenuto, comunque, è consistente con quello precedente.

Ringraziamo il dott. M. Ferro-Luzzi per il suo notevole contributo alla preparazione dell'esperienza e per la sua collaborazione durante l'esposizione. Ringraziamo inoltre il dott. Monday e tutto il personale addetto al funzionamento del P.S. al CERN, in particolare i sigg. Burlet e Monnier del gruppo dell'Alto Vuoto, per il loro prezioso aiuto.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] G. BARONI, A. MANFREDINI, V. ROSSI, « Il N. Cim. », 38, 95 (1965). Citato come (I).
- [2] D. W. MARQUARDT, *Least-squares estimation of non linear Parameters*, Engineering Department E.I. – Dupont de Nemours – Wilmington Delaware – Share Distribution n. 1428.
- [3] J. O. DOWELL, R. J. HOMER, Q. H. KHAN, W. K. MCFARLENE, J. S. C. MCKEE, A. W. O'DELL, « Phys. Letters », 12, 252 (1964).
 L. KIRILLOVA, L. KHRISTOV, V. KITIN, M. SHAFRANOVA, L. STUMOV, V. SIRRIDOV, Z. KORBEL, L. ROB, P. MARKOV, KH. TCHEMEV, T. TODOROV, A. ZLATEVA, « Phys. Letters », 13, 93 (1964).
 A. E. TAYLOR, A. ASHMORE, W. S. CHAPMAN, D. F. FALLE, W. H. ROUGE, D. B. SCOTT, A. ASTBURY, F. CAPOCCI, T. G. WALKER, « Phys. Letters », 14, 54 (1965).
 E. LOHRMANN, H. MEYER, H. WINZELER, « Phys. Letters », 13, 78 (1964).
 G. BELLETTINI, G. COCCONI, A. N. DIDDENS, E. LILLETHUM, J. PAHL, J. P. SCANLON, J. WALTERS, A. M. WETHERELL, P. ZANELLA, « Phys. Letters », 14, 164 (1965).
 K. J. FOLEY, R. S. GILMORE, R. S. JONES, S. J. LINDENBAUM, W. A. LOVE, S. OZAKI, E. H. WILLEN, R. YAUNDA, L. C. L. YUAN, « Phys. Rev. Lett. », 14, 74 (1965).

SUMMARY. — The differential cross-section $d\sigma/dt$ for elastic $p-p$ scattering has been measured, with the nuclear emulsion technique, for incoming protons of 10 GeV/c.

A target of polyethylene was used. The $p-p$ reaction was obtained after subtraction of the measured evaporation spectrum from Carbon.

The data refer to values of a transferred quadrimomentum $3 \cdot 10^{-3} < t < 5 \cdot 10^{-2} (\text{GeV}/c)^2$. From the analysis of the experimental data we have obtained for the ratio between the real and the imaginary parts of the nuclear scattering amplitude the value $\rho = -0.30 \pm 0.05$.