

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-63/81 (1963)

C. Bernardini, U. Bizzarri, G. F. Corazza, G. Di Giugno, G. Ghigo,
M. Puglisi, R. Querzoli, F. Lacoste, P. Martin, B. Touschek;
L'NELLO DI ACCUMULAZIONE DA 250 MeV (AdA) - RECENTI
SVILUPPI.

Estratto da: Suppl. Nuovo Cimento, 1, 192 (1963).

L'anello di accumulazione da 250 MeV (AdA) - Recenti sviluppi.

C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. F. CORAZZA, G. DI GIUGNO
G. GHIGO, M. PUGLISI e R. QUERZOLI

Laboratori Nazionali - Frascati

F. LACOSTE e P. MARTIN

Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire - Orsay

B. TOUSCHEK

Istituto di Fisica dell'Università - Roma

AdA è un anello di accumulazione per e^- e e^+ con un'energia che può andare da 100 MeV sino a 250 MeV.

Di AdA come macchina si è già parlato diffusamente ed i dati ad essa relativi sono stati già pubblicati. ^(1,2)

In questa occasione ci si limita ad elencare le caratteristiche principali e a descrivere le esperienze che sono attualmente in corso presso l'acceleratore lineare di Orsay. Infatti visti i risultati ottenuti a Frascati nel luglio scorso AdA è stata trasportata ad Orsay ove si dispone di un fascio di elettroni più intenso di quello ottenibile col Sincrotrone.

AdA è costituita da un magnete a focalizzazione debole (Fig. 1) tra le cui espansioni polari è posta una ciambella in cui vien fatto un vuoto di $3 \cdot 10^{-10}$ mmHg con una pompa al titanio. Il meccanismo di iniezione è il seguente: il fascio di elettroni del Linac da 450 MeV incidente su una targhetta di tantalio

(¹) C. BERNARDINI, G. F. CORAZZA, G. GHIGO and B. TOUSCHEK: *Nuovo Cimento*, **18**, 1293 (1960).

(²) C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. F. CORAZZA, G. GHIGO, R. QUERZOLI and B. TOUSCHEK: *Nuovo Cimento*, **23**, 202 (1962).

(Fig. 2) produce un fascio di raggi γ che si converte parzialmente in coppie e^+ e e^- su una targhetta posta all'interno della ciambella. Fissato il verso del campo magnetico, parte degli elettroni prodotti cominciano a girare dentro la ciambella guidati dal campo e le perdite di energia per irraggiamento (500 eV per giro a 250 MeV) vengono compensate da una cavità a RF che lavora in 2^a armonica (147 MHz) e con una tensione di picco di circa 5 kV.

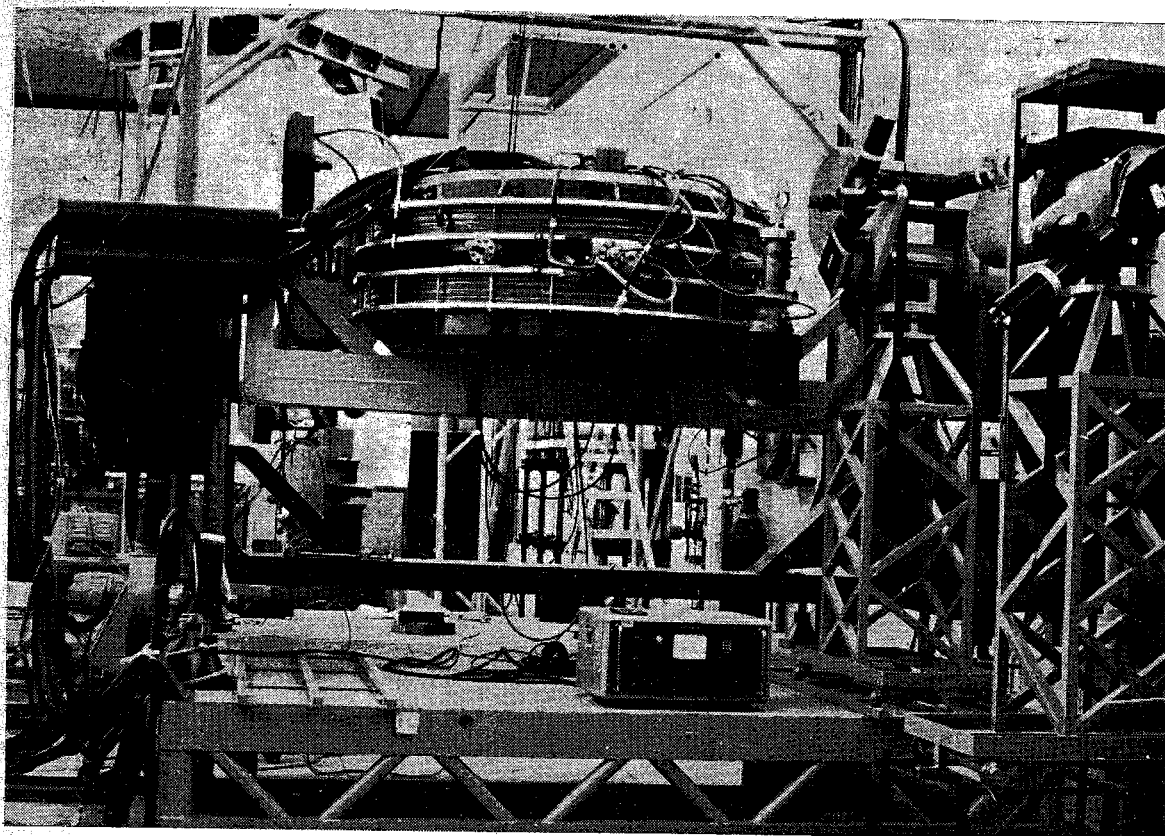


Fig. 1. - Il montaggio di AdA presso l'acceleratore lineare di Orsay.

Quando si è accumulato un numero sufficiente di e^- si inverte il verso del campo magnetico facendo ruotare il magnete di 180° attorno ad un asse perpendicolare alla direzione del fascio del Linac. Si hanno così alla fine due fasci circolanti che vengono rivelati guardando la luce di irraggiamento con due fotomoltiplicatori 6810 A. La taratura viene fatta guardando la corrente dovuta alla luce emessa da un solo elettrone (o da un solo positrone).

Poichè la radiofrequenza lavora in seconda armonica si formano due pacchetti di e^- e due di e^+ , lunghi circa 20 cm, che si incontrano nella sezione direttiva della cavità, in quella diametralmente opposta e nelle due sezioni a 90° di distanza dalle precedenti. In ognuna delle 4 sezioni possono avvenire reazioni di annichilazione. Il numero di eventi per unità di tempo, per un

determinato processo è dato dalla seguente espressione:

$$\dot{n} = \frac{1}{KT} \frac{N^+ N^-}{A_o A_v},$$

ove K è l'ordine dell'armonica, T il tempo che impiega un elettrone a fare un giro ($1.36 \cdot 10^{-8}$ s) N^+ e N^- il numero di e^+ ed e^- accumulati, A_o e A_v le dimensioni effettive, orizzontali e verticali, del fascio e σ la sezione di urto del processo considerato.

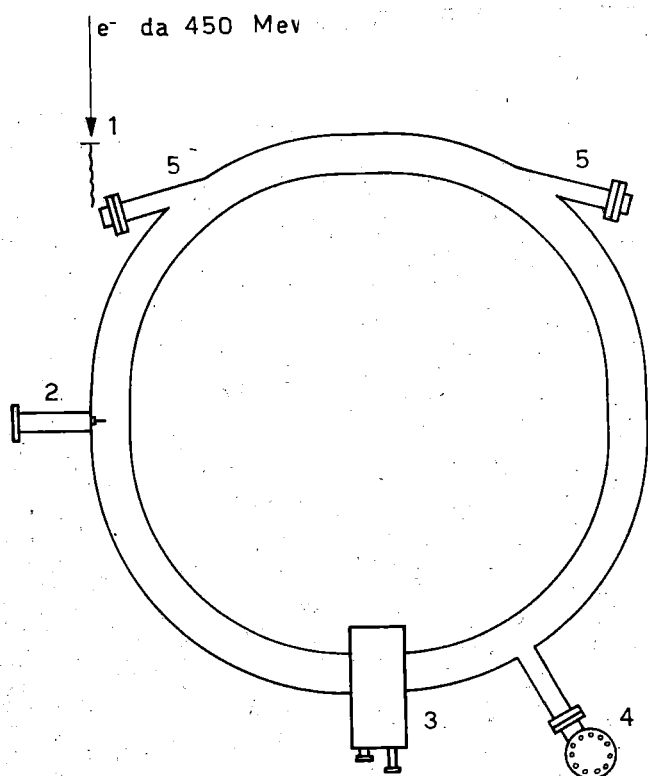


Fig. 2. - Il sistema di iniezione in AdA: 1) targhetta esterna per la conversione $e^- \rightarrow \gamma$; 2) targhetta interna alla ciambella per la conversione $\gamma \rightarrow e^+ + e^-$; 3) cavità a radio frequenza; 4) pompa al titanio; 5) finestre per l'osservazione della luce di irraggiamento emessa dagli elettroni circolanti.

La valutazione di una sezione d'urto richiede quindi la misura di \dot{n} e della quantità $N^+ N^- / A_o A_v$, normalmente chiamata luminosità, essendo K e T parametri perfettamente noti. L'incertezza su \dot{n} è determinata essenzialmente dall'errore statistico, mentre l'errore su N^- e N^+ è dell'ordine del 10%. Il numero massimo di particelle accumulate dipende ovviamente dalla velocità di iniezione, dalla vita media e del tempo di carica a disposizione.

La velocità di iniezione provata ad Orsay, 2000 particelle/s, ci permette di accumulare $2 \cdot 10^7$ e^- e $2 \cdot 10^7$ e^+ in circa 6 ore. Le misure effettuate devono considerarsi preliminari a causa del piccolo numero di ore-Linac impiegate sino ad oggi. I valori sino ad ora ottenuti sono

$$N^+ = 7.6 \cdot 10^6, \quad N^- = 4.5 \cdot 10^6.$$

Sono state fatte fotografie del fascio circolante in AdA e si ottiene per le dimensioni orizzontali A_o un valore di ~ 1 mm; mentre il valore calcolato delle dimensioni verticali è dell'ordine di qualche μm .

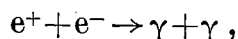
Essendo la luce di radiazione molto collimata in avanti si trova che una

misura sulla luce emessa nel campo del visibile porta ad una indeterminazione delle dimensioni verticali di circa 100 μm . Essendo quindi impossibile una misura diretta della sezione del fascio, quello che si pensa di fare è di seguire la via inversa, cioè studiare un processo di cui si conosce bene la sezione d'urto, e ricavare dal valore di \dot{n} la luminosità.

Limitandoci al caso di reazione a due corpi e per energie minori di 250 MeV, si possono avere i seguenti casi:

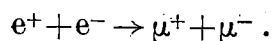
Reazione	σ_{totale} (cm^2)	Energia	\dot{n} (eventi/h)
$e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$	10^{-29}	170 MeV	10
$e^+ + e^- \rightarrow \mu^- + \mu^+$	10^{-30}	120 MeV	1
$e^+ + e^- \rightarrow \pi^- + \pi^+$	$5 \cdot 10^{-32}$	160 MeV	0.05
$e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^-$	Difficile stimare in cattiva geometria		

Avendo allora in mente il programma di effettuare misure di sezioni d'urto di annichilazione riferite ad una reazione di confronto, si è scelta la



di cui si conosce teoricamente il comportamento con un notevole margine di verosimiglianza.

Pertanto descriviamo ora i dispositivi sperimentali relativi alle reazioni



Esperienza $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$.

I γ prodotti dall'annichilazione di 2 elettroni vengono rivelati da due contatori di Čerenkov di vetro al piombo aventi un diametro di 15 cm ed una lunghezza di 25 cm, posti in coincidenza tra di loro (Fig. 3). Eventuali particelle cariche vengono eliminate da due contatori a scintillazione B_1 e B_2 posti davanti, mentre altri due contatori a scintillazione di (30×30) cm^2 posti al disopra eliminano il fondo dovuto agli sciami di raggi cosmici. I due impulsi dei Čerenkov vengono riportati sulla traccia di un oscillografo 517 A in modo da poter fare contemporaneamente una coincidenza con potere risolutivo dell'ordine di 4 ns e un'analisi dell'ampiezza degli impulsi. Dall'altezza degli impulsi si può infatti risalire all'ampiezza dei γ rivelati essendo già stata fatta una taratura dei

Čerenkov con gli elettroni del Linac. La risoluzione in energia è di circa il 20 % con elettroni da 200 MeV.

In misure di questo tipo in cui si hanno pochi eventi all'ora possono dar fasti-

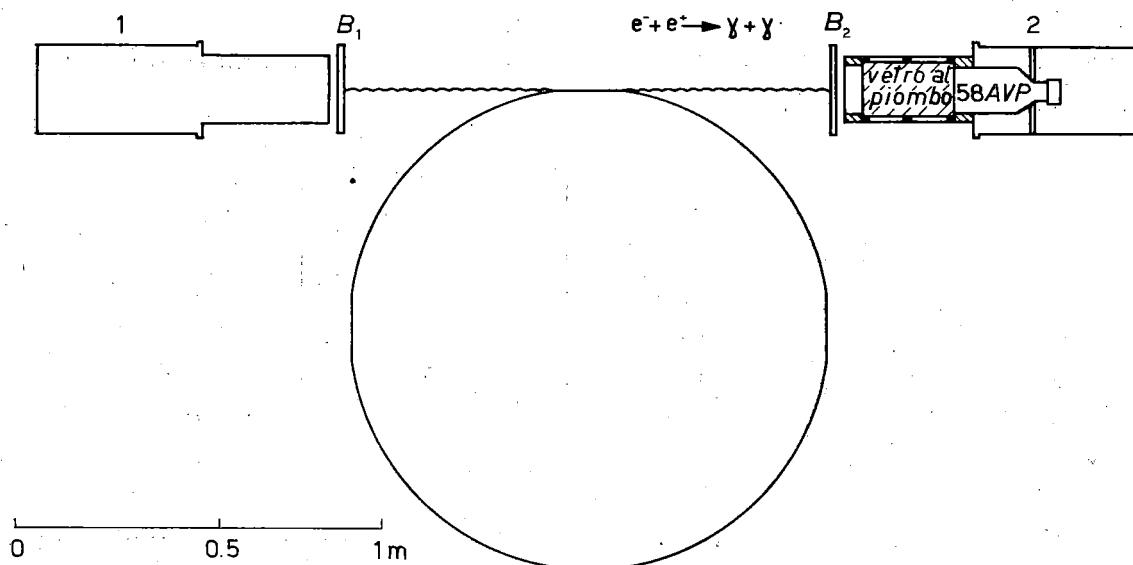


Fig. 3. - Schema dell'apparato per la rivelazione del processo $e^-+e^+ \rightarrow \gamma+\gamma$.

dio i fondi dovuti essenzialmente ai raggi cosmici ed ai fasci circolanti.

Le coincidenze dovute ai raggi cosmici non preoccupano in quanto gli eventi di questo tipo hanno la frequenza di circa 1 all'ora su tutto lo spettro di energia.

Anche i fondi dovuti ai fasci circolanti non danno noia. Infatti quando sono accumulati due fasci da $2 \cdot 10^7$ particelle ciascuno, con una vita media misurata certamente maggiore di 30 ore, si hanno 200 e^+ e 200 e^- perduti in ogni secondo. Se si pensa adesso al caso limite in cui ogni particella perduta dà un impulso in uno dei due Čerenkov, si ottiene una causale all'ora. Si può concludere che con questo dispositivo sperimentale si è in grado di riconoscere eventi che si producono con una frequenza di uno all'ora.

Tutto questo apparato è già montato e funzionante.

Esperienza $e^++e^- \rightarrow \mu^++\mu^-$.

Il dispositivo di misura è mostrato in Fig. 4.

Quando ha luogo un annichilamento, i 2 μ escono in direzioni opposte perchè la reazione avviene nel sistema del baricentro. La coincidenza tra i contatori A e B comanda due camere a scintille costituite da 6 piastre di argento di (14×8) cm² aventi uno spessore totale di 16 g.

Un evento $e^++e^- \rightarrow \mu^++\mu^-$ deve presentare le seguenti caratteristiche:

- a) le due tracce debbono essere collineari;
- b) la retta congiungente le due tracce deve passare nella zona in cui i due fasci si incontrano;
- c) il range deve corrispondere a μ aventi una energia totale pari a quella degli elettroni circolanti.

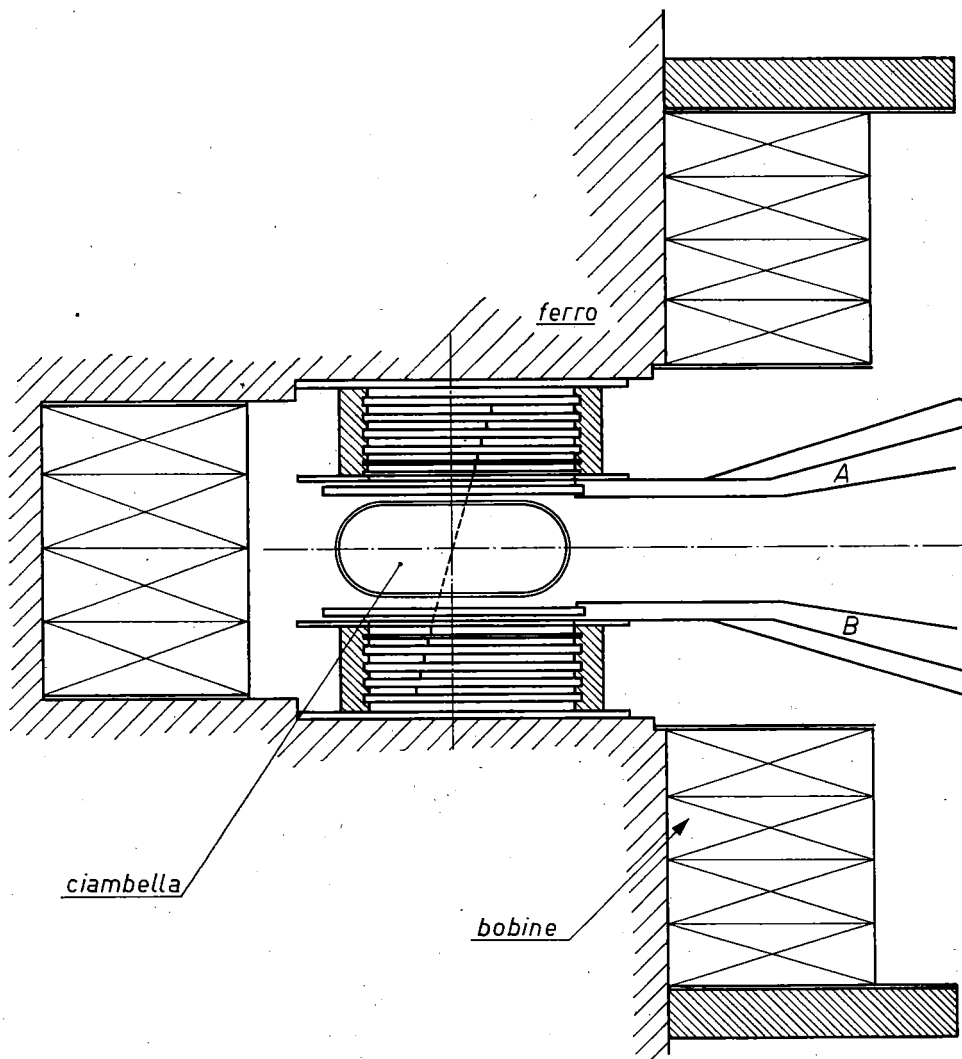


Fig. 4. - Apparato per la rivelazione del processo $e^- + e^+ \rightarrow \mu^- + \mu^+$.

Anche in questo caso i fondi, dovuti principalmente ai raggi cosmici ed allo scattering e^+e^- , non destano molte preoccupazioni perchè facilmente riconoscibili. Infatti i raggi cosmici vengono in parte eliminati da un contatore in anti-coincidenza posto al di sopra del dispositivo sperimentale. Eventuali particelle non anticoincise si possono riconoscere in quanto, generalmente, non attraversano la sezione del fascio, e poi danno tracce che attraversano interamente le due

camere a scintille, mentre lo spessore totale di argento è scelto in modo tale che i mesoni non arrivino all'ultima gap. Inoltre una netta discriminazione tra particelle al minimo e mesoni vien fatta analizzando l'altezza degli impulsi nei contatori *A* e *B*.

Le stesse considerazioni valgono per i fondi dovuti allo scattering e^+e^- .

Questo apparato è già pronto e funzionante a Frascati e verrà fra breve trasportato ad Orsay.