

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 53/68  
10.11.1953.

Gruppo Teorico:  
CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL "PROGETTO III"  
(SINCROTRONE DA 1 BEV)

Sezione AcceleratoriGruppo TeoricoRapporto n. 10CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL "PROGETTO III" (Sincrotrone da 1 BeV)Dati fondamentali

Energia finale	$E_{\text{max}} = 1000 \text{ MeV}$
Induzione finale sull'orbita	$B_{\text{o max}} = 10000 \text{ Gs}$
Raggio orbita principale	$R = 333,3 \text{ cm}$
Lunghezza dei tratti rettilinei	$L = 100 \text{ cm} = 0.30 R$
Indice del campo	$n = 0.60$

Eccitazione del magnete:

Ipotesi C (Condensatori): sinusoidale a 20 periodi (\*):

$$B_0 = 10000 \sin 126 t \quad (t \text{ in sec.})$$

Ipotesi V (Volano): lineare, salita in 0.25 secondi (\*):

$$B_0 = 40000 t$$

Dimensioni provvisorie:

Altezza interfero	$10 \text{ cm} = 0.03 R$
Larghezza poli	$20,8 \text{ cm} = 0.0625 R$
Altezza utile ciambella	$b = 8 \text{ cm} = 0.024 R$
Larghezza utile ciambella	$a = 16.7 \text{ cm} = 0.05 R$

---

(\*) Salvo una modifica (da determinarsi) durante l'iniezione e subito dopo.

Grandezze derivate

Lunghezza orbita principale	2494	cm
" di un settore curvo	523.5	cm
Fattore di allungamento $\Delta = (2\pi R + 4L) / 2\pi R$	1.191	
Periodo di rivoluzione (per $\beta = 1$ )	$T_{rev} = 0.08319$	$\mu s$
Frequenza di rivoluzione (per $\beta = 1$ )	$\nu_{rev} = 12.02$	Mc
Energia irradiata per giro, per $E = 1.000$ MeV, $L_R = 26.58$ KeV		$max$

Eccitazioni con:	condens.	volano	
Durata accelerazione	0.012	0.25	sec
Percorso totale	3730	74900	Km
Numero totale giri	149700	3000000	

Oscillazioni di betatrone (1)

	vert.	oriz.
Lunghezza d'onda (ei tratti sinusoidali) $\lambda = 2704$		3311 cm
	$\lambda / 2\pi = \lambda^* = 430.3$	527.0 cm
Lunghezza d'onda della sinusoide approssimante $\lambda^* = 2944$		3609 cm
	$\lambda^* / 2\pi = \lambda^{**} = 468.5$	574.4 cm
Numero oscillazioni in un giro $R\lambda / \lambda^* = 0.847$		0.691

Risonanze da considerare

Dette rispettivamente  $\omega^*$ ,  $\omega_\lambda$ ,  $\omega_\nu$  le pulsazioni della rivoluzione, delle oscillazioni di betatrone orizzontali e verticali, la relazione di risonanza  $p\omega^* = q\omega_\lambda + r\omega_\nu = 0$  è soddisfatta:

(1) Per le definizioni e le formule v. Rapporto n.6.

per $n=0.6$	con	$p=-1,$	$q=-1,$	$r=2$
per $n=0.562$	"	-3	4	0
per $n=0.628$	"	-2	3	0

La prima, essendo risonanza fra tre frequenze, risulta dall'esperienza pressochè innocua (nel sincrotrone di Caltech essa corrisponde a  $n=0.58$ , in quello di Brookhaven a  $0.59$ : in entrambi i casi non si manifesta).

Le altre due devono essere evitate, mantenendo  $n$  nell'intervallo  $0.562 < n < 0.628$ . In questo intervallo non vi sono altre risonanze con indici  $p, q, r$  minori di 4.

### Iniezione

Diamo alcune grandezze fondamentali relative all'iniezione, per tre diversi valori della energia di iniezione. Lasciamo per ora indeterminato il fattore di rallentamento  $\Gamma$  e il rapporto  $K$  (intero) tra radiofrequenza  $\nu_e$  e frequenza di rivoluzione.

	$E=$	1.5	2.0	2.5	MeV
Energia (totale) di iniez.	$E=$	1.5	2.0	2.5	MeV
En. cin. di iniez.		1	1.5	2	"
	$=$	0.9402	0.9668	0.9789	
Percentuale modulaz. R.F. $(1-\beta)100=$		5.98	3.32	2.11	%
Campo alla fine dell'iniez. $B_0=$		14.1	19.3	24.5	Gs
Durata di un giro all'iniez. $T_0=$		0.0885	0.0860	0.0850	$\mu s$
Freq. di rivoluz. $1/T_0 = \nu/K$		11.3	11.6	11.8	Mc
Condens.	Aum. di energia per giro $\Delta E=$	$10.48/\Gamma$	$10.48/\Gamma$	$10.48/\Gamma$	KeV
	Veloc. contraz. orbita $\gamma =$	$74.3/\Gamma$	$54.2/\Gamma$	$42.8/\Gamma$	cm/ $\mu s$
	Spiralizzazione $\sigma =$	$6.58/\Gamma$	$4.67/\Gamma$	$3.64/\Gamma$	cm
Volano	Aum. di energia per giro $\Delta E=$	$0.333/\Gamma$	$0.333/\Gamma$	$0.333/\Gamma$	KeV
	Veloc. contraz. orbita $\gamma =$	$2.36/\Gamma$	$1.73/\Gamma$	$1.36/\Gamma$	cm/ $\mu s$
	Spiralizzazione $\sigma =$	$0.333/\Gamma$	$0.333/\Gamma$	$0.333/\Gamma$	cm

Spiegazione tavole e diagrammi

Nelle tavole numeriche che seguono sono indicate le seguenti grandezze in funzione dell'energia totale E (o del campo sull'orbita principale  $B_0$ )

- $\nu/k$  = frequenza di rivoluzione ( $\nu$  = radiofrequenza in Mc)  
 $\Delta E$  = aumento di energia cinetica in un giro (in KeV)  
 $L^r$  = energia irradiata in un giro (in KeV)  
 $\mu = \Delta E + L^r$  = energia da fornire in un giro (in KeV).

Sono poi indicati i corrispondenti valori del tempo t (in  $\mu s$ ) a partire dall'istante  $B_0=0$ , nelle due ipotesi di una variazione di  $B_0$  sinusoidale (condensatori) o lineare (volano). Siccome però sarà necessario modificare tali leggi di variazione durante l'iniezione, queste colonne (come pure quella di  $\Delta E$  per valori di E vicini all'iniezione) hanno solo valore indicativo. Restano invece valide in ogni caso le relazioni di E,  $L^r$ , con  $B_0$ , nonché quelle di  $\Delta E$  e  $\mu$  con  $B_0$  per valori alti di  $B_0$ .

Le formule usate sono le seguenti:

$$\beta = \sqrt{1 - \left(\frac{0.511}{E}\right)^2}$$

$$B_0 = 10.01 \beta E$$

$$\nu/k = 12.02 \beta$$

$$\Delta E = 8.31 \times 10^{-6} \frac{dB}{dt} \quad (\text{KeV})$$

$$L^r = 1.81 \times 10^{-12} (E/0.511)^4 \quad (\text{KeV})$$

$$t = \frac{10^6}{126} \arcsin B_0 \times 10^{-4} \quad (\text{condens.})$$

$$t = 25 B_0 \quad (\text{volano})$$

Tali funzioni sono rappresentate graficamente nelle figure 1-7.



TAVOLA I

E (MeV)	B <sub>c</sub> (Gs)	$\gamma/k$ (Mc)	t ( $\mu$ s)	
			Condens.	Volano
1.5	14.11	11.30	11.20	352.7
2.0	19.36	11.62	15.37	484.0
2.5	24.49	11.77	19.44	612.2
3.0	29.59	11.84	23.48	739.7
3.5	34.66	11.89	27.51	866.5
4.0	39.71	11.92	31.52	992.7
4.5	44.75	11.94	35.52	1119
5.0	49.79	11.96	39.52	1245
6	59.78	11.98	47.44	1494
7	69.84	11.99	55.43	1746
8	79.92	12.00	63.43	1998
9	89.95	12.00	71.39	2249
10	99.97	12.00	79.34	2499
20	200.1	12.02	158.7	5002
30	300.3	12.02	238.1	7507
40	400.4	12.02	317.8	10010
50	500.5	12.02	397.4	12510
100	1001	12.02	796.0	25020
200	2002	12.02	1600	50050
300	3003	12.02	2421	75070
400	4004	12.02	3270	100100
500	5005	12.02	4160	125000
600	6006	12.02	5113	150000
700	7007	12.02	6162	175200
800	8008	12.02	7370	200200
900	9009	12.02	8905	225200
1000	10010	12.02	12470	250200

## TAVOLA II

E (MeV)	B <sub>0</sub> (Gs)	L <sup>r</sup> (KeV)	$\Delta E$ (KeV)		M (KeV)	
			Condens.	Volano	Condens.	Volano
1.5	14.11		10.48	0.333	10.48	0.333
2.0	19.36		10.48	0.333	10.48	0.333
2.5	24.45		10.48	0.333	10.48	0.333
3.0	29.59		10.48	0.333	10.48	0.333
3.5	34.66		10.48	0.333	10.48	0.333
4.0	39.71		10.48	0.333	10.48	0.333
4.5	44.75		10.48	0.333	10.48	0.333
5.0	49.79		10.48	0.333	10.48	0.333
6	59.78		10.48	0.333	10.48	0.333
7	69.84		10.48	0.333	10.48	0.333
8	79.92		10.48	0.333	10.48	0.333
9	89.95		10.48	0.333	10.48	0.333
10	99.97		10.48	0.333	10.48	0.333
20	200.1		10.48	0.333	10.48	0.333
30	300.3		10.47	0.333	10.47	0.333
40	400.4		10.47	0.333	10.47	0.333
50	500.5		10.47	0.333	10.47	0.333
100	1001	0.002652	10.43	0.333	10.43	0.336
200	2002	0.004243	10.27	0.333	10.31	0.375
300	3003	0.2150	9.999	0.333	10.21	0.548
400	4004	0.6798	9.608	0.333	10.29	1.013
500	5005	1.658	9.076	0.333	10.73	1.991
600	6006	3.433	8.386	0.333	11.82	3.766
700	7007	6.370	7.481	0.333	13.85	6.703
800	8008	10.87	6.274	0.333	17.14	11.20
900	9009	17.43	4.548	0.333	21.98	17.76
1000	10010	26.52	0.000	0.333	26.52	26.85

(Eccitaz. a condens.)

$10^3$   
meV

E

Fig.1

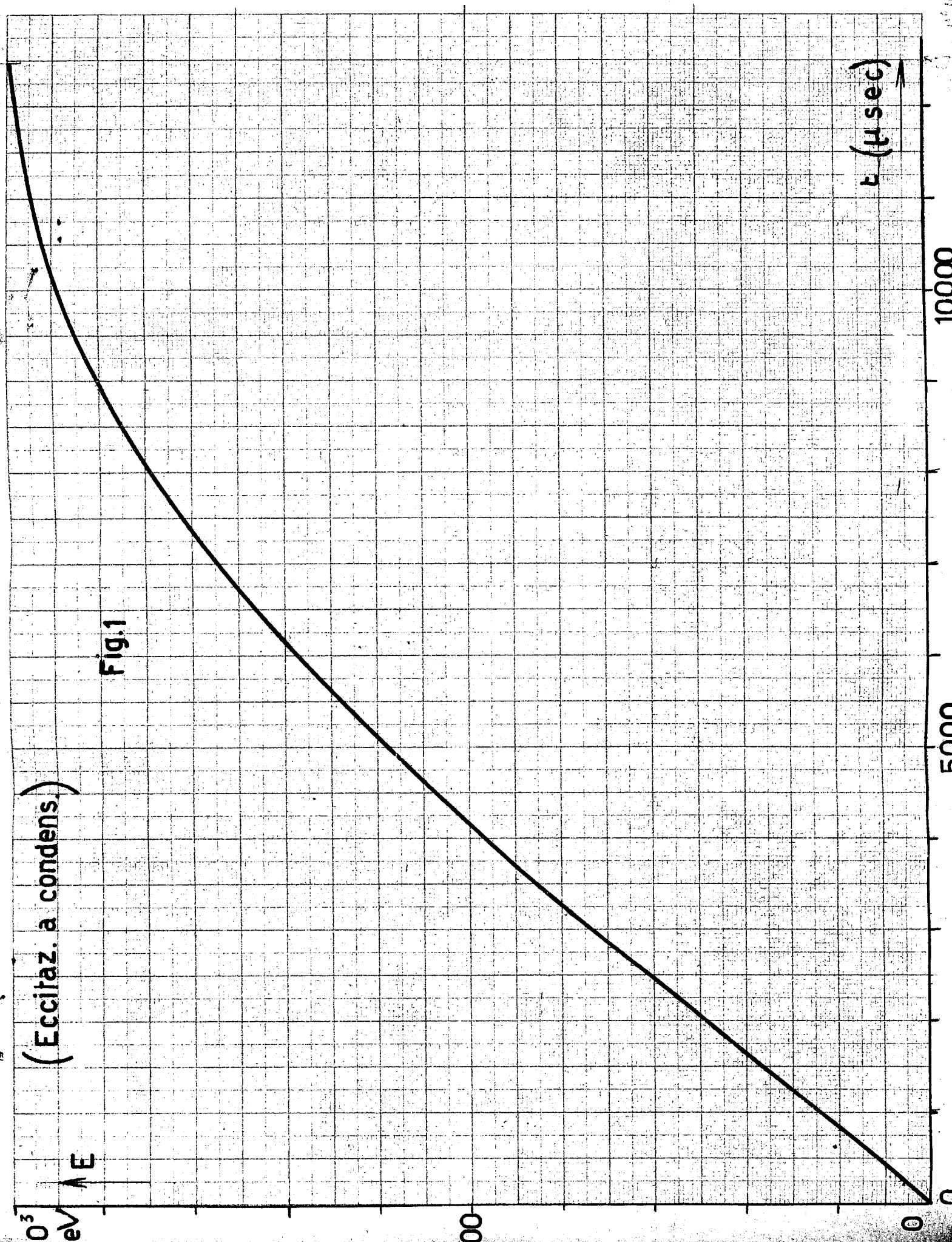
$t$  ( $\mu$ sec)

10000

5000

0

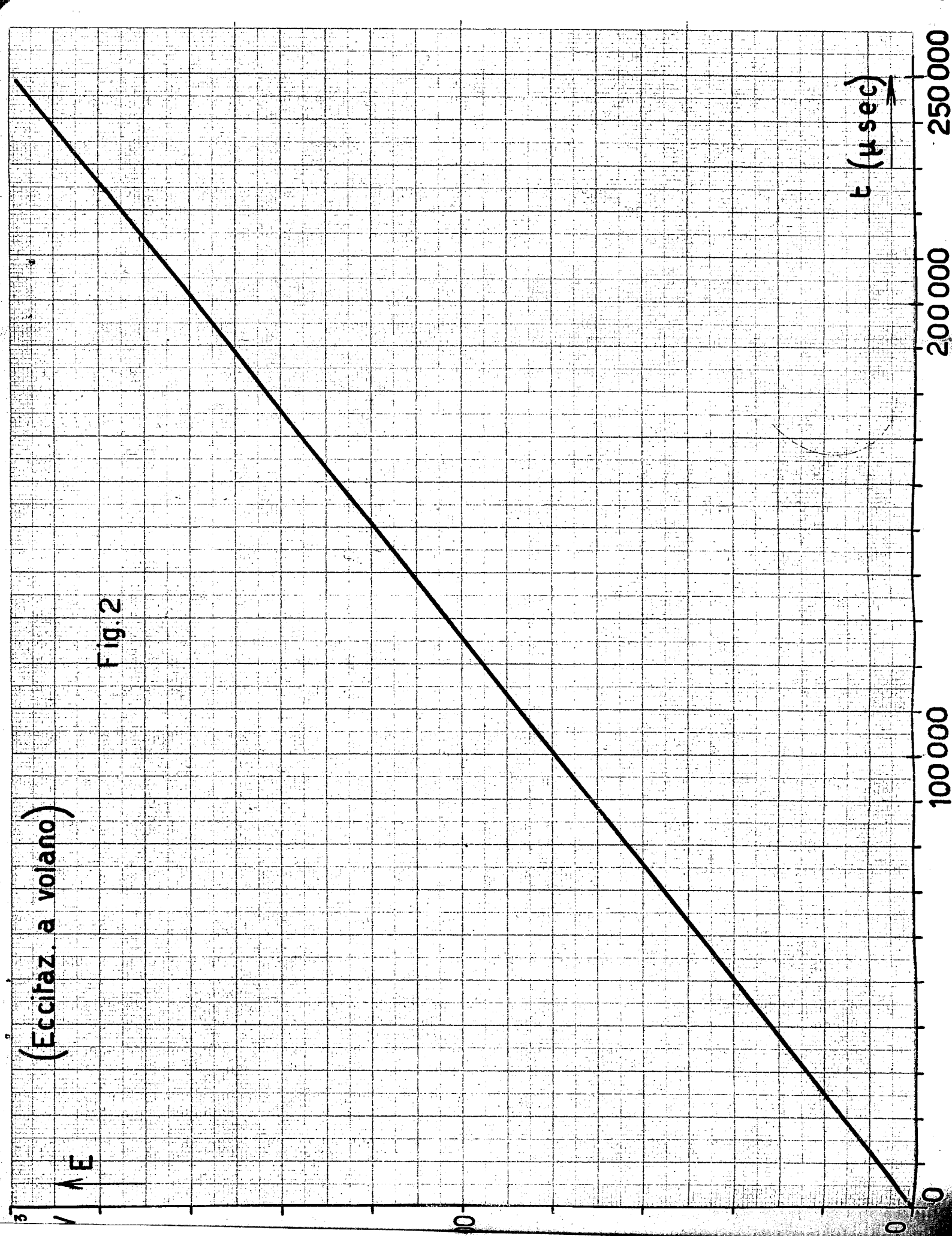
500

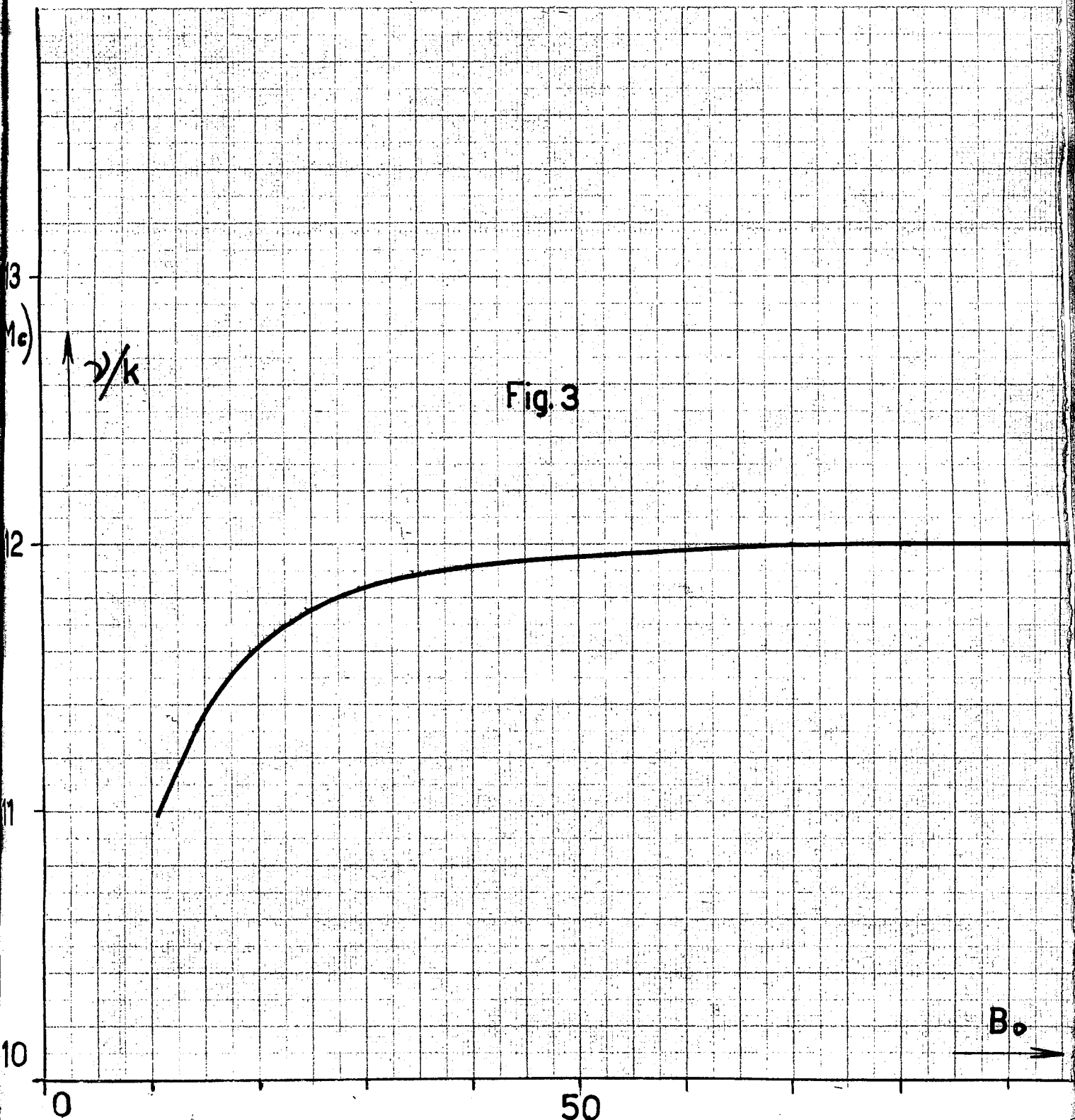




(Eccitazione a volano)

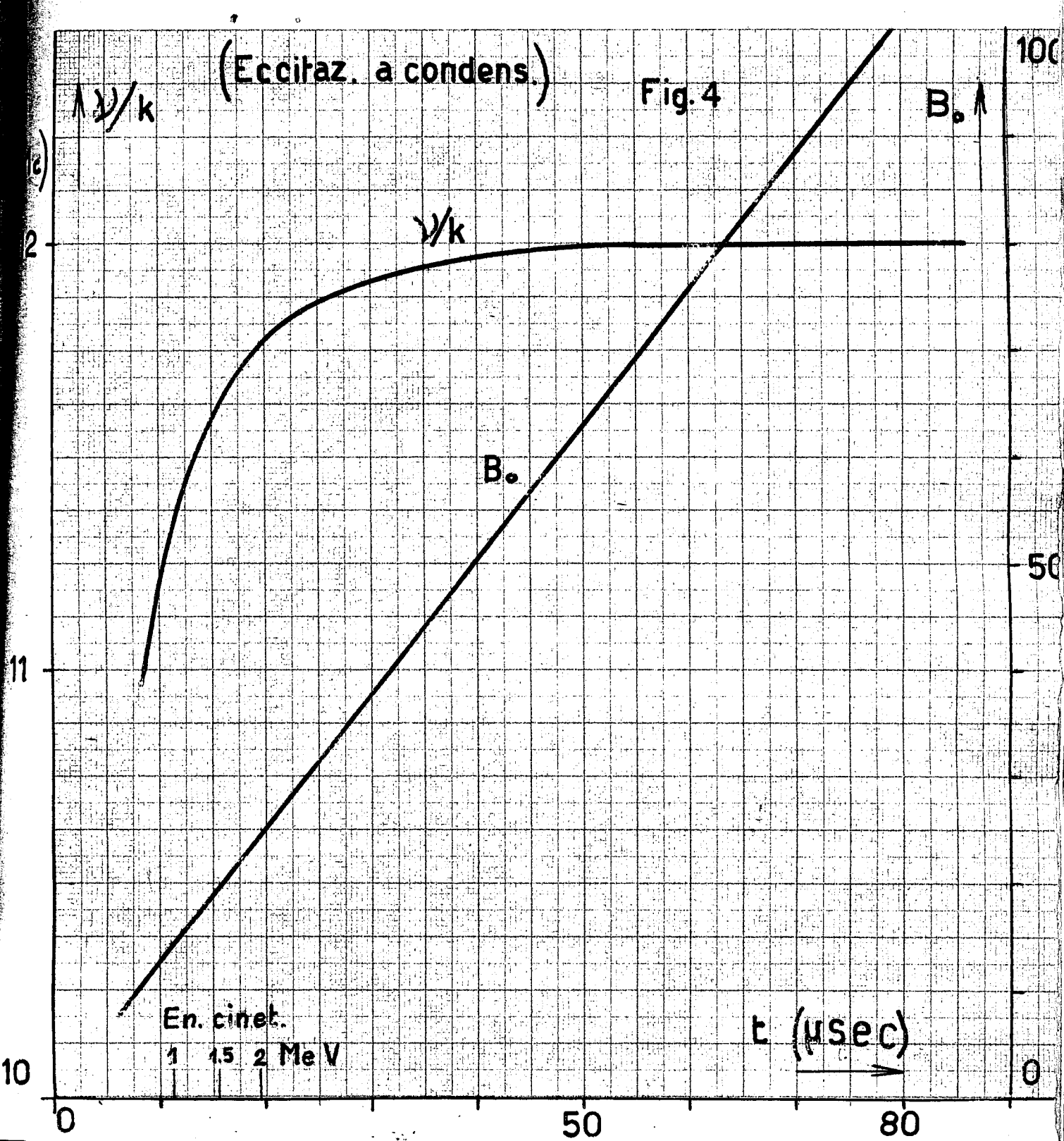
Fig. 2





(Eccitaz. a condens.)

Fig. 4



(Eccitazione al volo)

Fig. 5

Gs

$B_0$

50

0

2000

$t$

Mc

12

11

10

1000

$\gamma/k$

$\gamma/k$

$B_0$

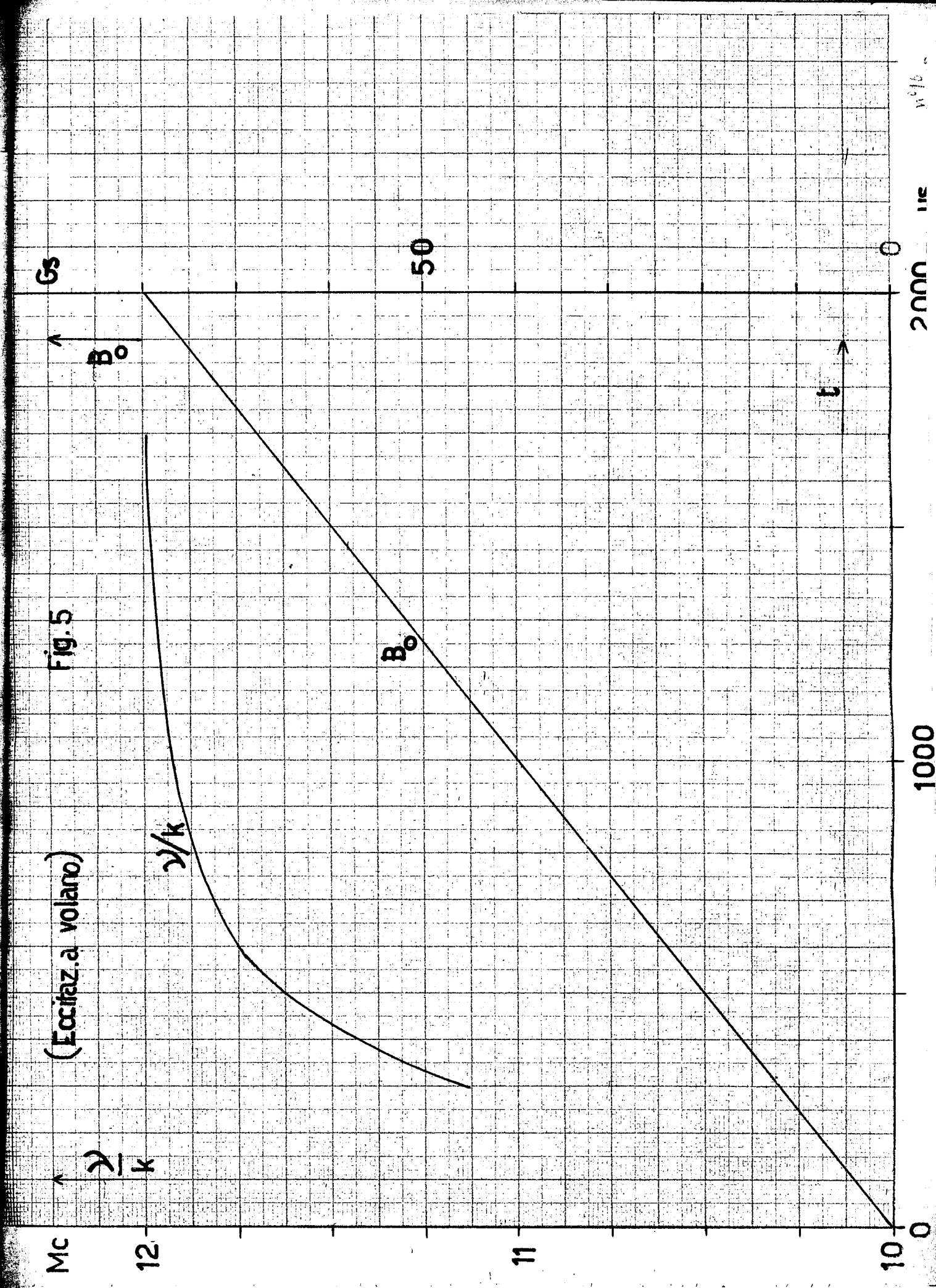


Fig. 6

(Eccitaz. a condens.)

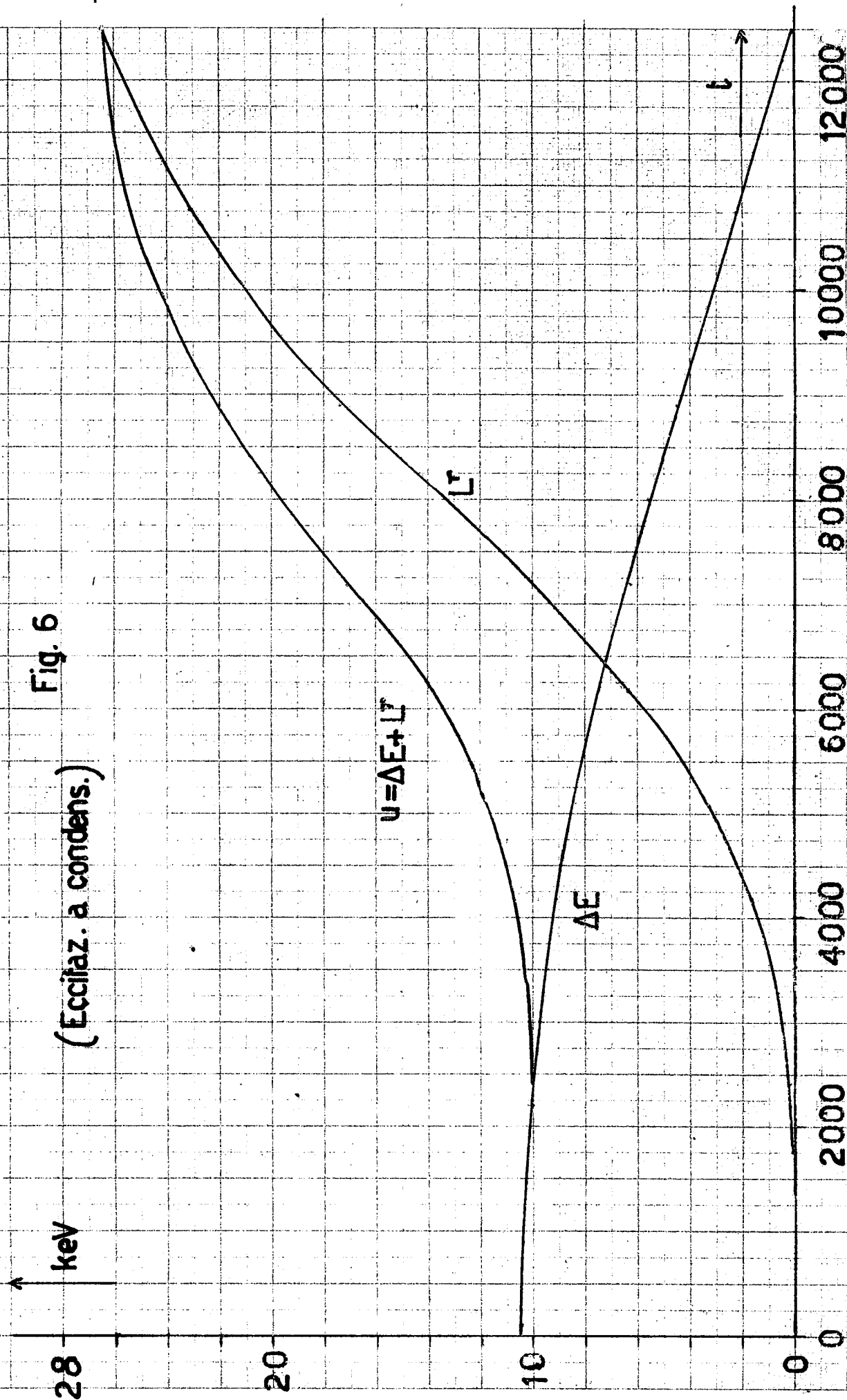


Fig. 7

(Eccitazione a volano)

28  
20  
10  
0  
keV

$\Delta E$

$$u = \Delta E + L^r$$

$L^r$

$t$

50000

100000

150000

200000

250000

us

