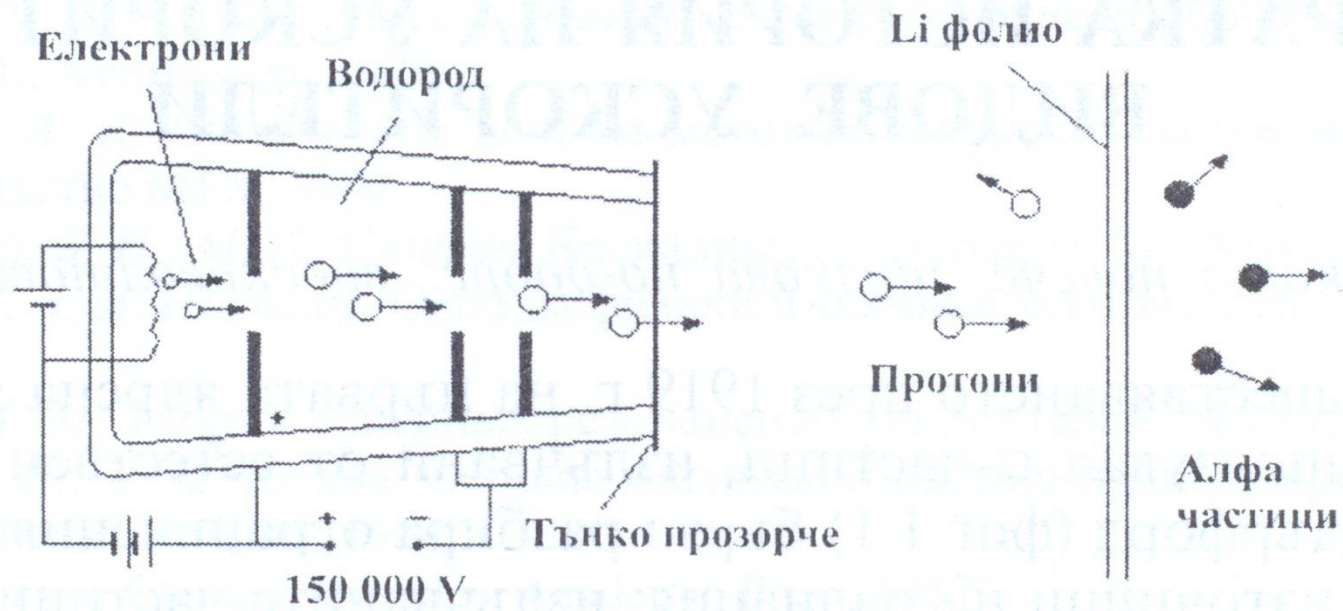
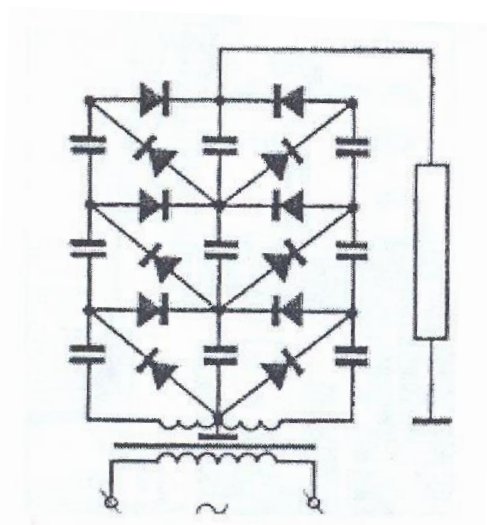


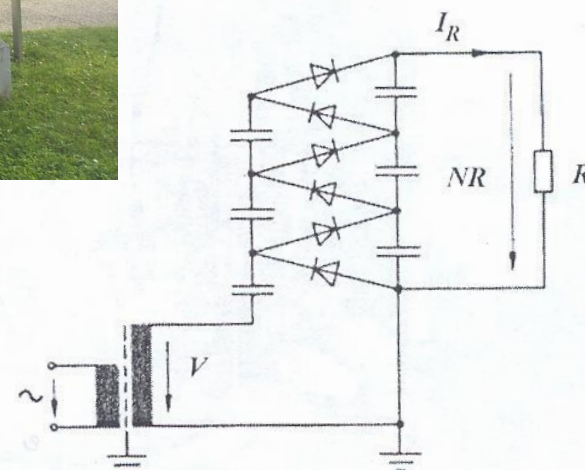
Ускорители



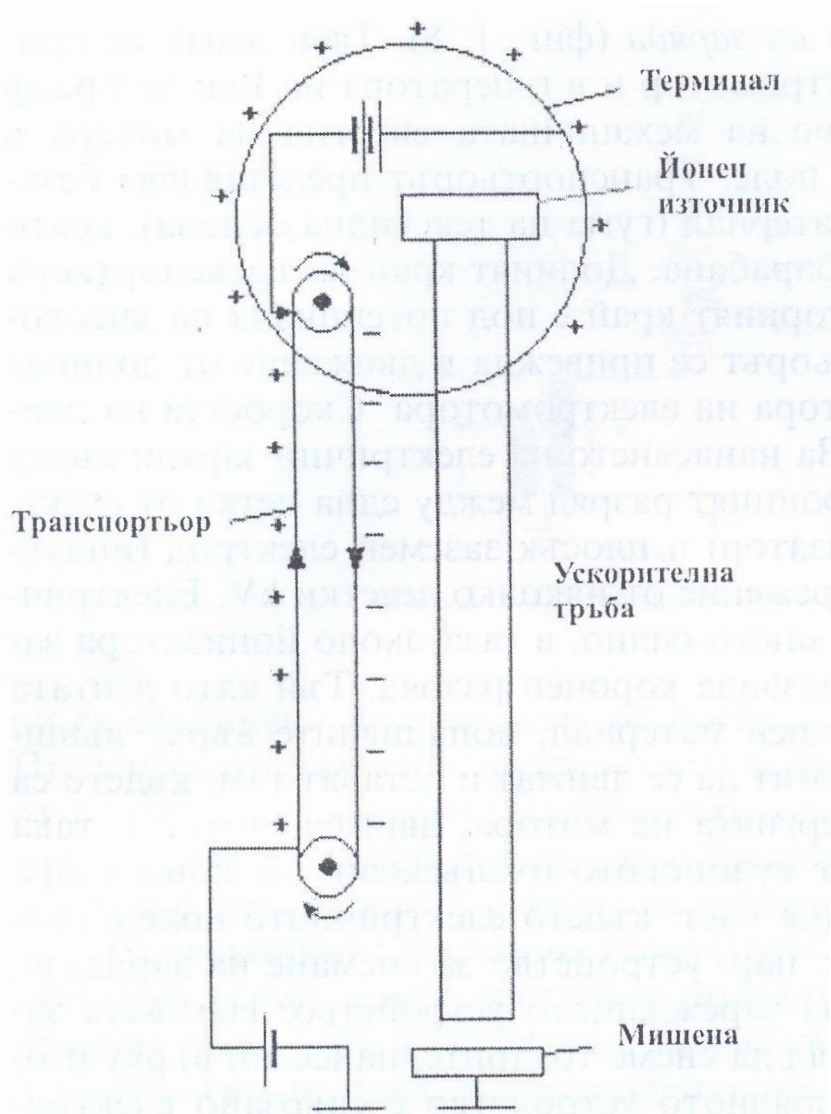
Фиг. 1. 2. Принцип на работа на ускорител с пряко действие



Фиг. 1. 6. Схема на симетричен каскаден генератор

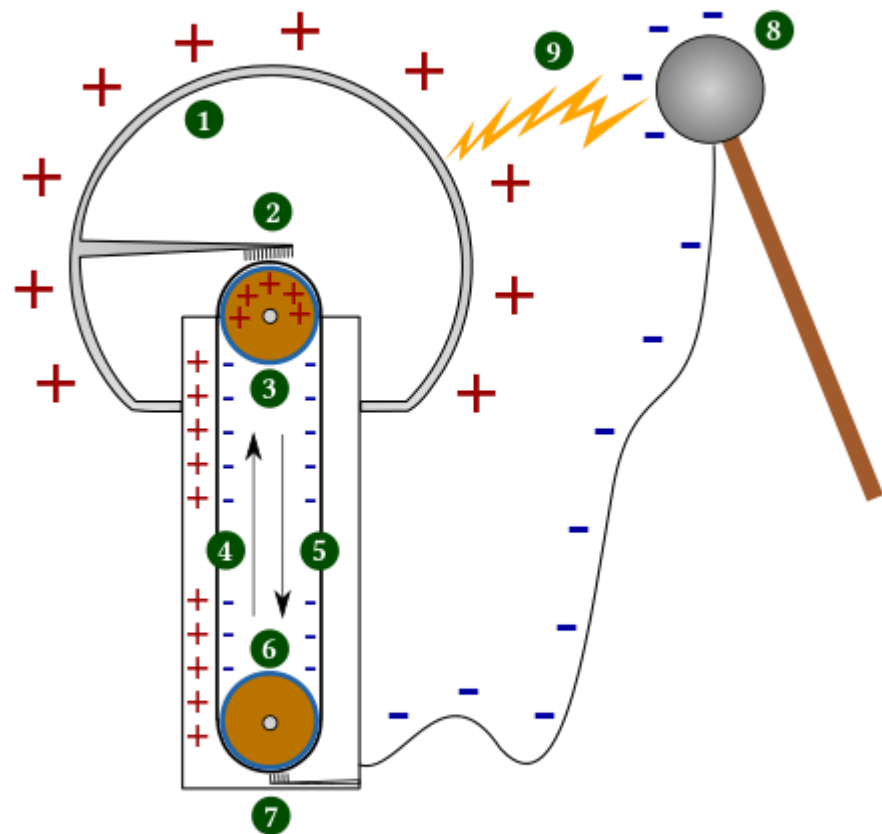


Фиг. 1. 5. Схема на несиметричен каскаден генератор



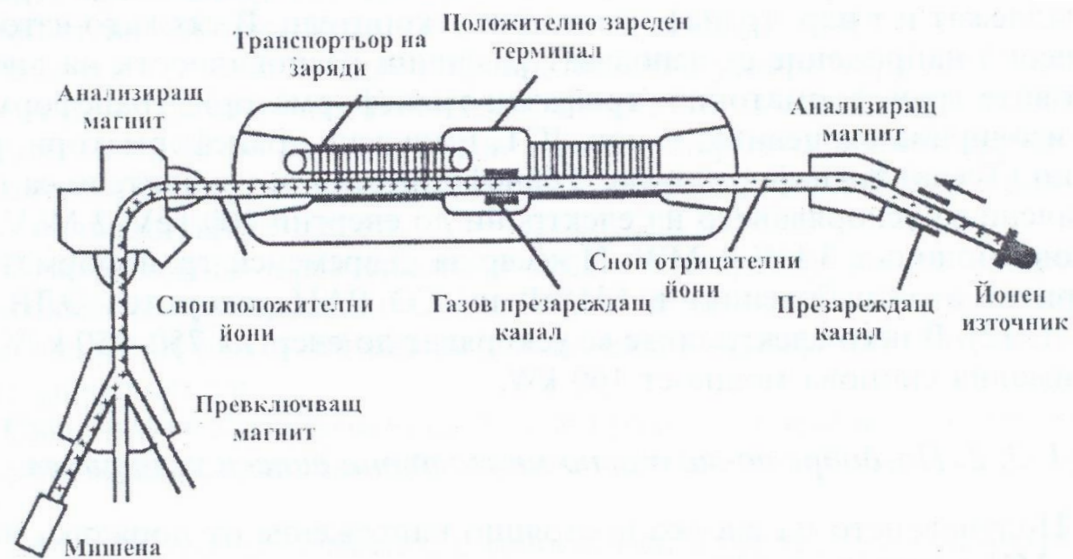
Фиг. 1. 8. Електростатичен ускорител на Ван де Грааф

Van de Graaff Generator

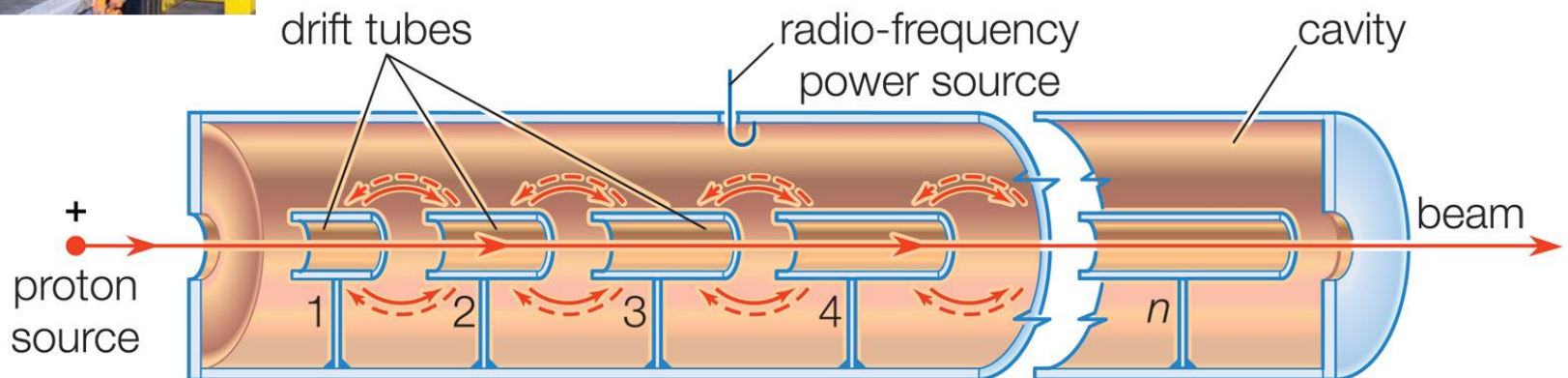
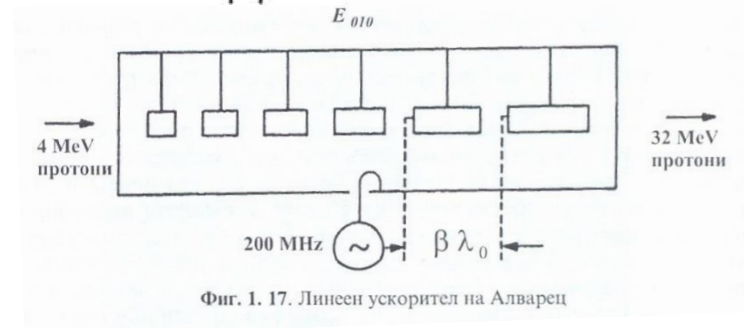
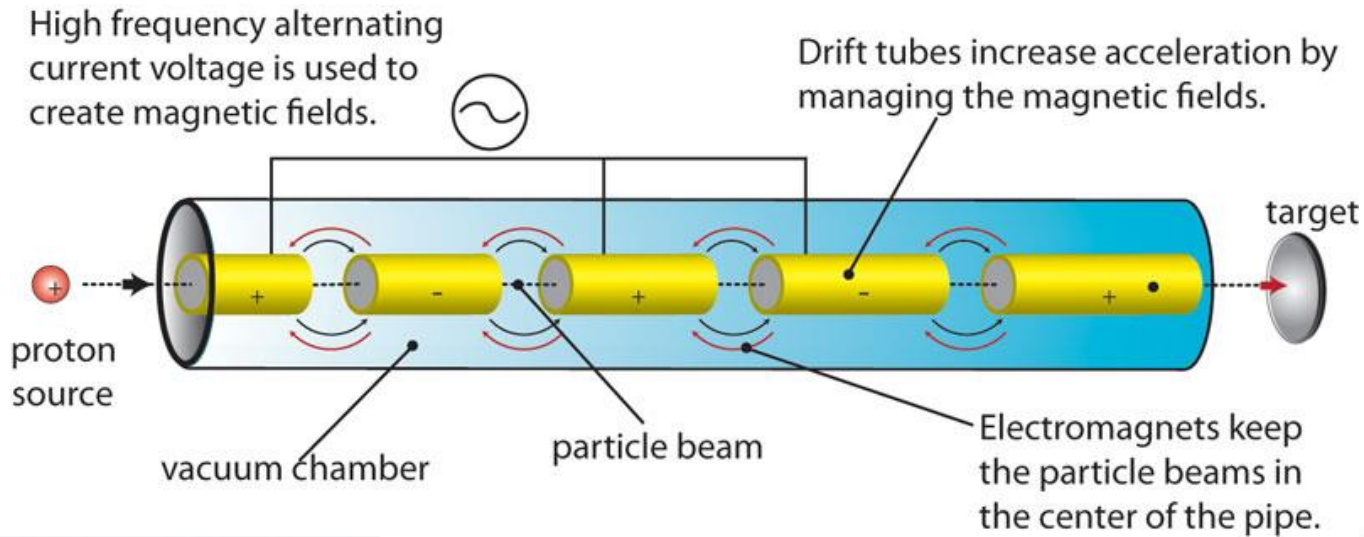


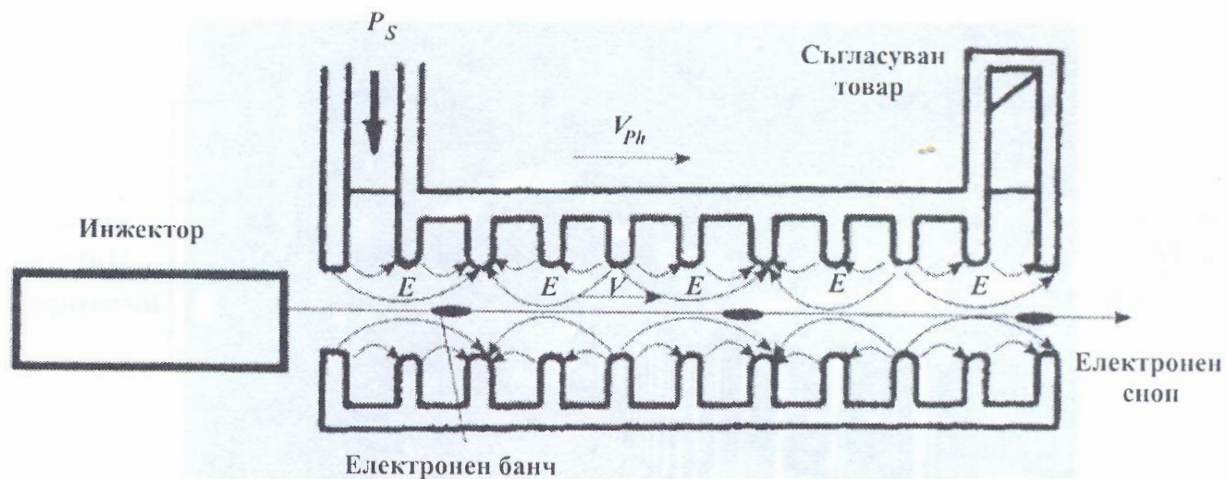
- | | |
|---|---|
| 1. hollow metal sphere | 6. lower roller (metal) |
| 2. upper electrode | 7. lower electrode (ground) |
| 3. upper roller (for example an acrylic glass) | 8. spherical device with negative charges |
| 4. side of the belt with positive charges | 9. spark produced by the difference of potentials |
| 5. opposite side of belt, with negative charges | |



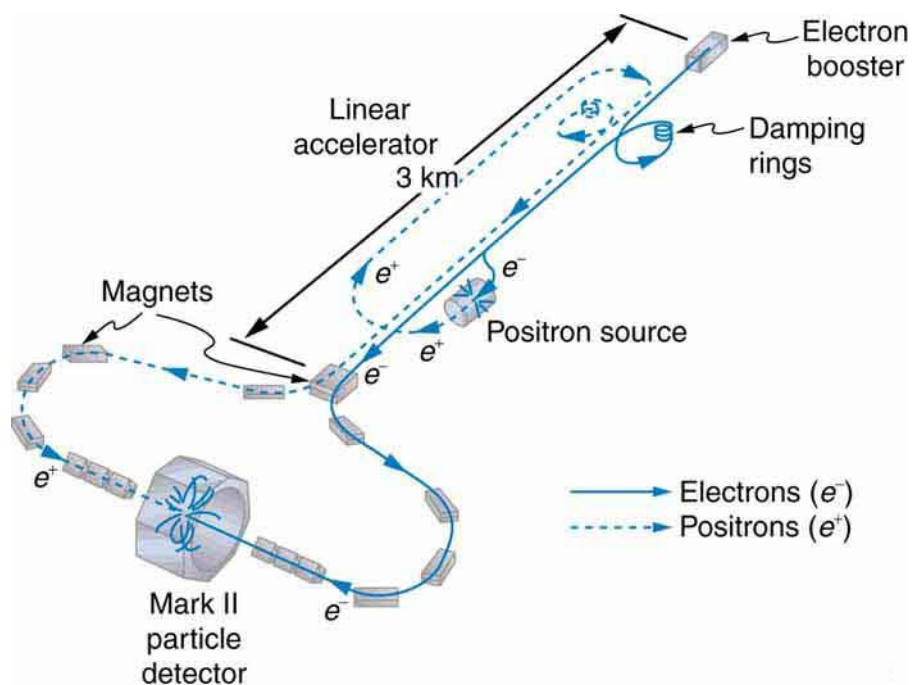


Фиг. 1. 11. Тандемен ускорител [4]

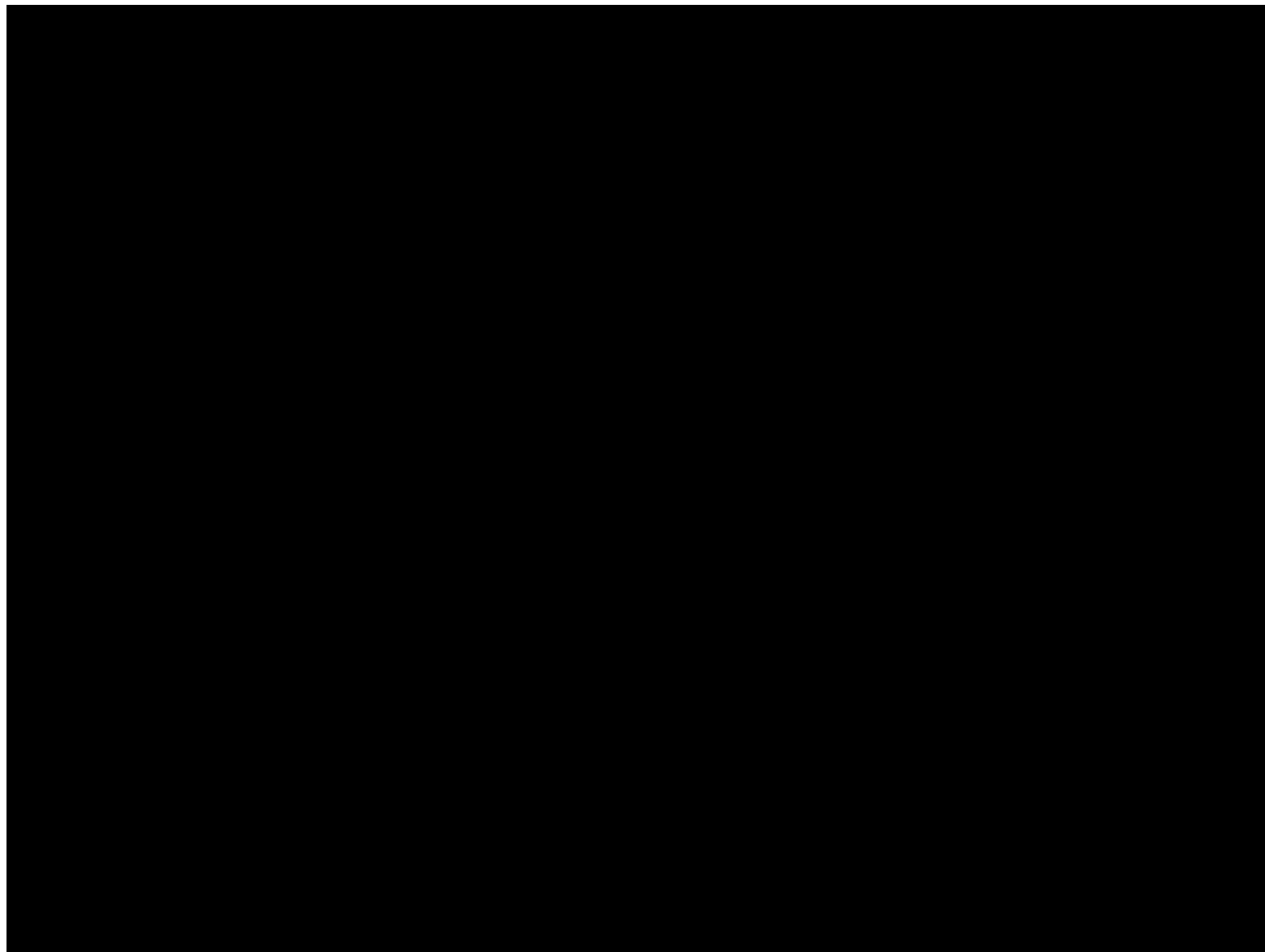




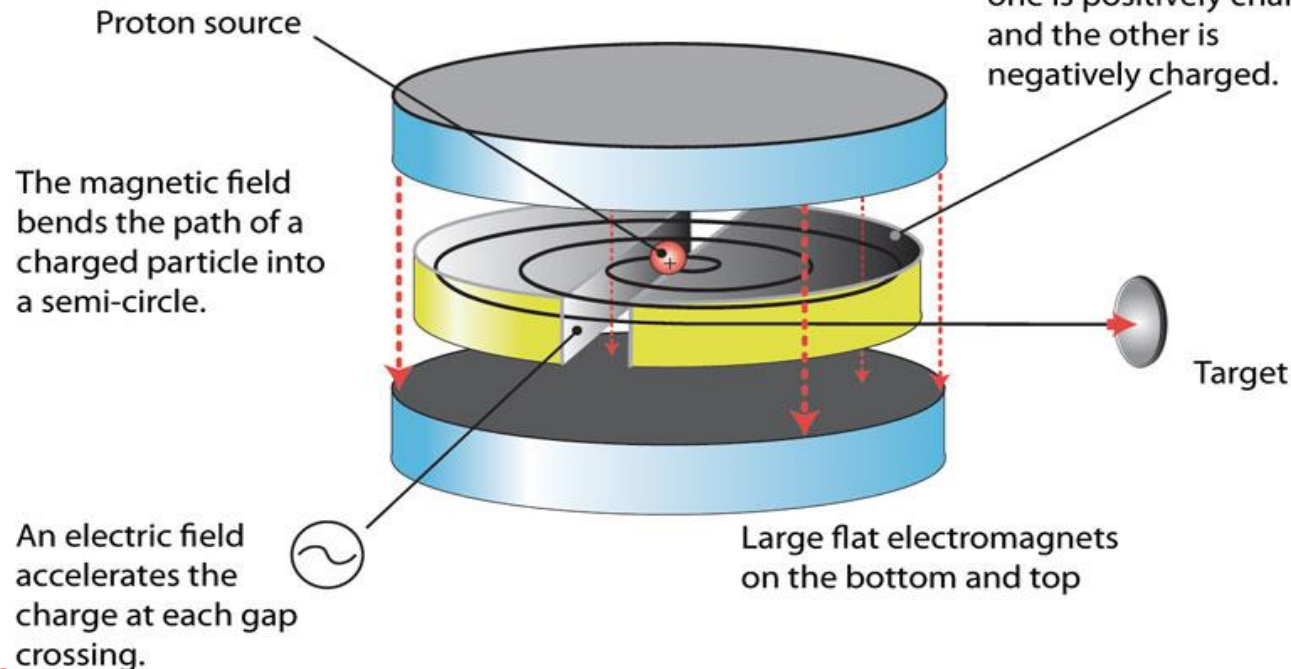
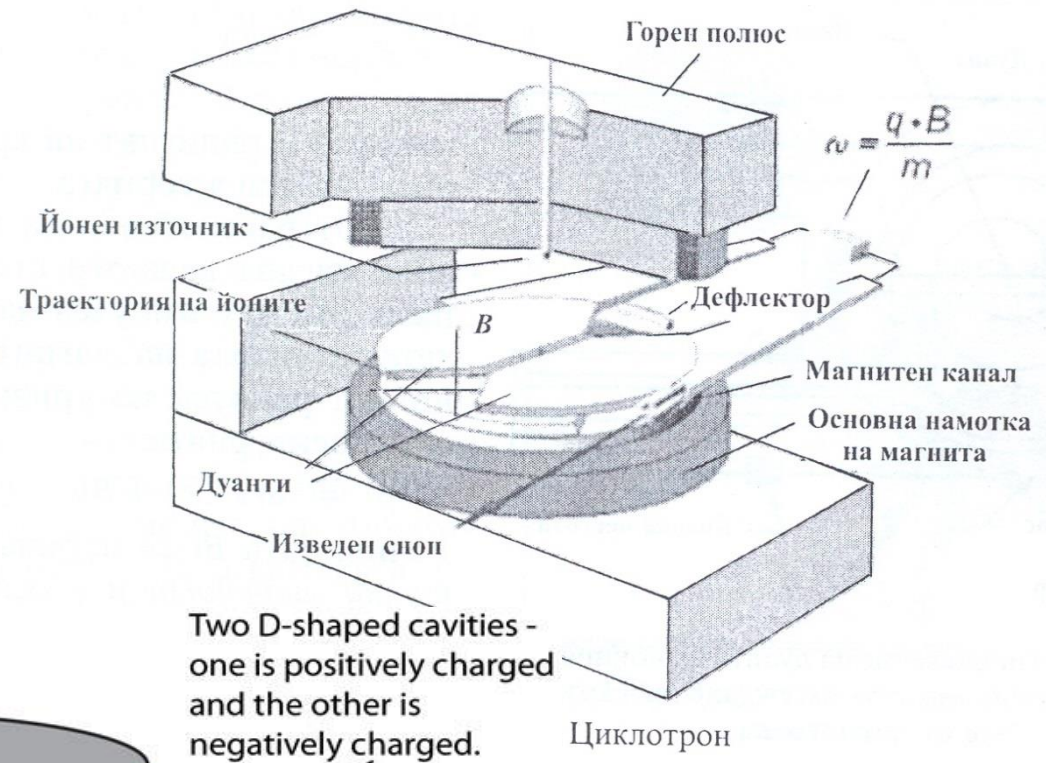
Фиг. 1. 19. Линеен електронен ускорител с бягаща електромагнитна вълна



Циклични ускорители



Циклотрон



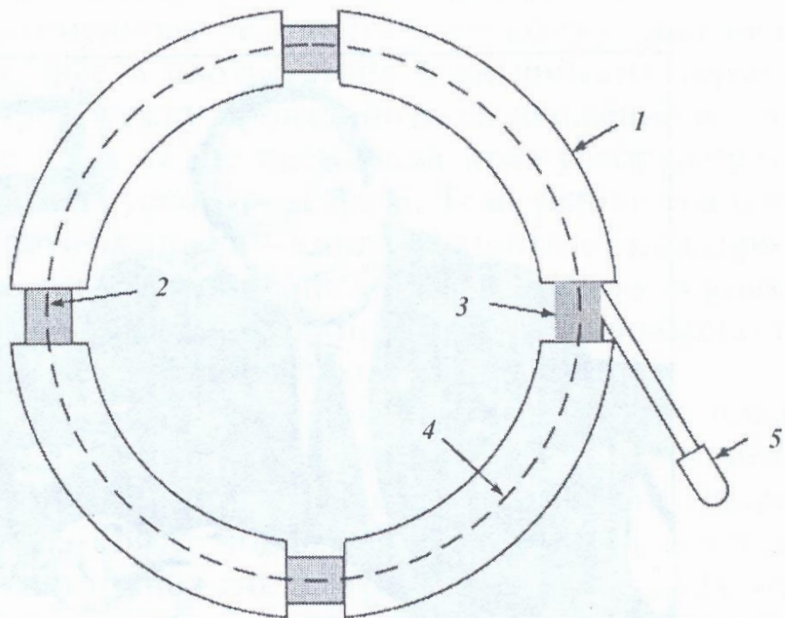


Фиг. П2. 43. Синхроциклотронът за 680 MeV в Лабораторията за ядрени проблеми в Дубна – [7]

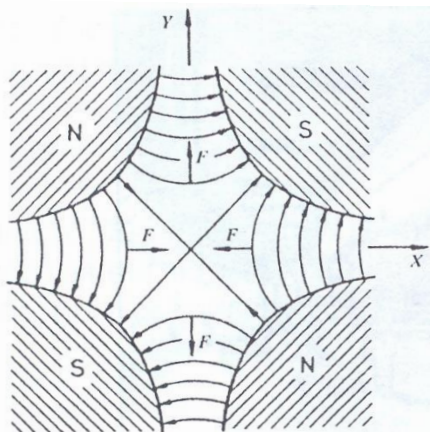
По-късно в Гатчина, близо да Ленинград, е създаден и най-големият в света синхроциклотрон – фиг. П2. 44. Той ускорява протони до енергия 1 GeV. Синхроциклотронът в Гатчина има диаметър на полюсите 6,85 m. Електромагнитът със своите гигантски цилиндрични полюси тежи 7800 t и в него се получава максимална сила на магнитното поле 1,9 T. Честотата на напрежението между дуантите намалява в процеса на ускоряване от 29,88 MHz до 13,18 MHz.



Фиг. П2. 44. Синхроциклотронът за 1 GeV в Института за ядрени изследвания в Гатчина, край Санкт – Петербург (фотография ИЯФ, Гатчина)



Фиг. 1. 32. Синхротрон със слабо фокусиране:
1 – електромагнит (квадрант), 2 – праволинейна меж-
дина, 3 – вакуумна камера, 4 – равновесна (затворена)
орбита, 5 – инжектор



Фиг. 1. 43. Квадруполно магнитно поле

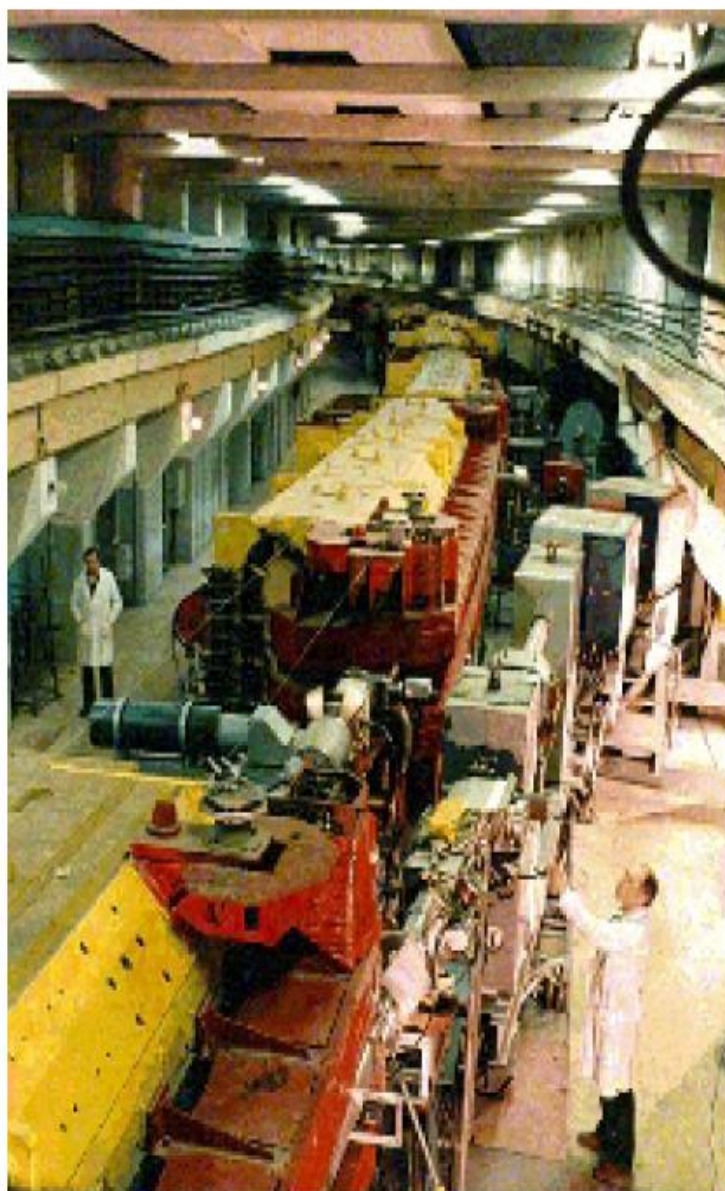


Фиг. 1. 44. Съвременен синхротрон

Енергия	10 GeV
диаметър на полюсите	72 m
сечение на вакуумната камера	200 x 40 cm
Тегло на магнита	36 000 t
сила на магнитното поле	0,023 – 1,26 T
честота на ускоряващото напрежение	0,3 – 2,88 MHz
ток в намотките на магнита	12 800 A
продължителност на ускорителния цикъл	9 s
Интензивност	$4 \cdot 10^{12}$ протона за импулс

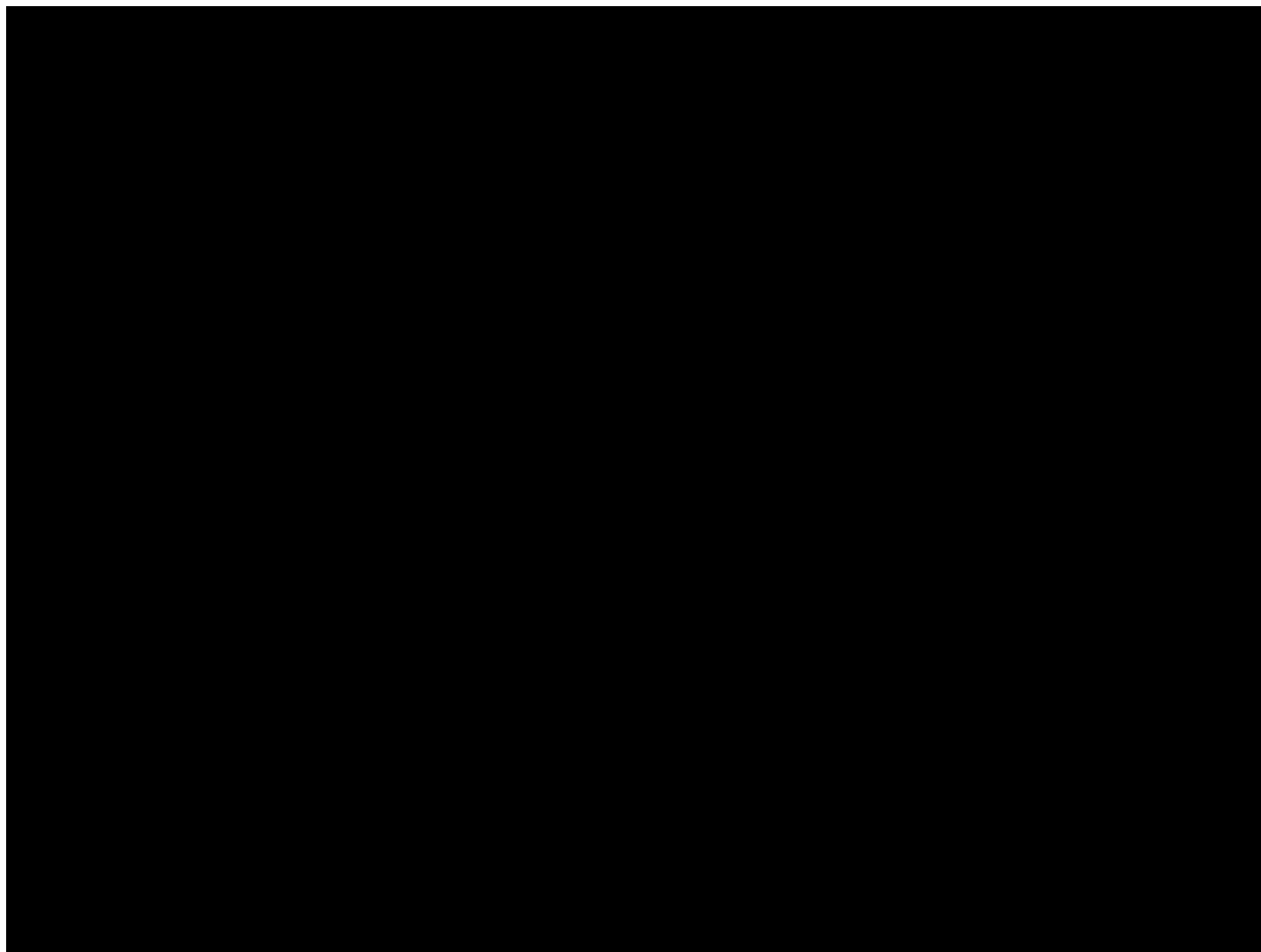
Синхрофазотронът на ОИЯИ в Дубна



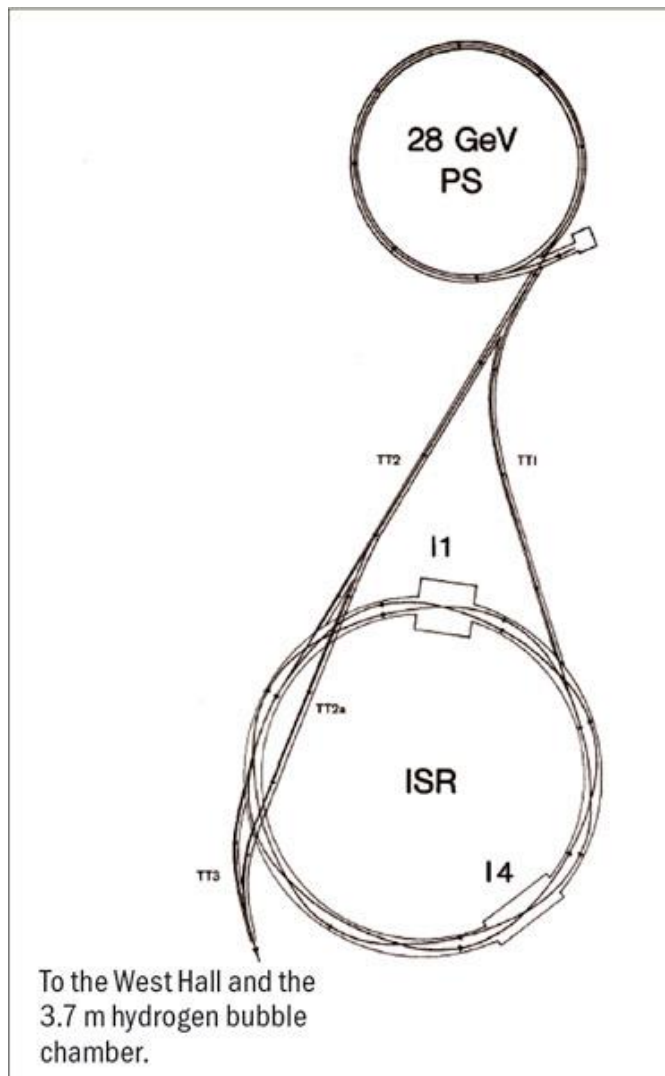


Фиг. П2. 6. Протонният синхротрон SPS – [8]

Ускорители с насрещни снопове

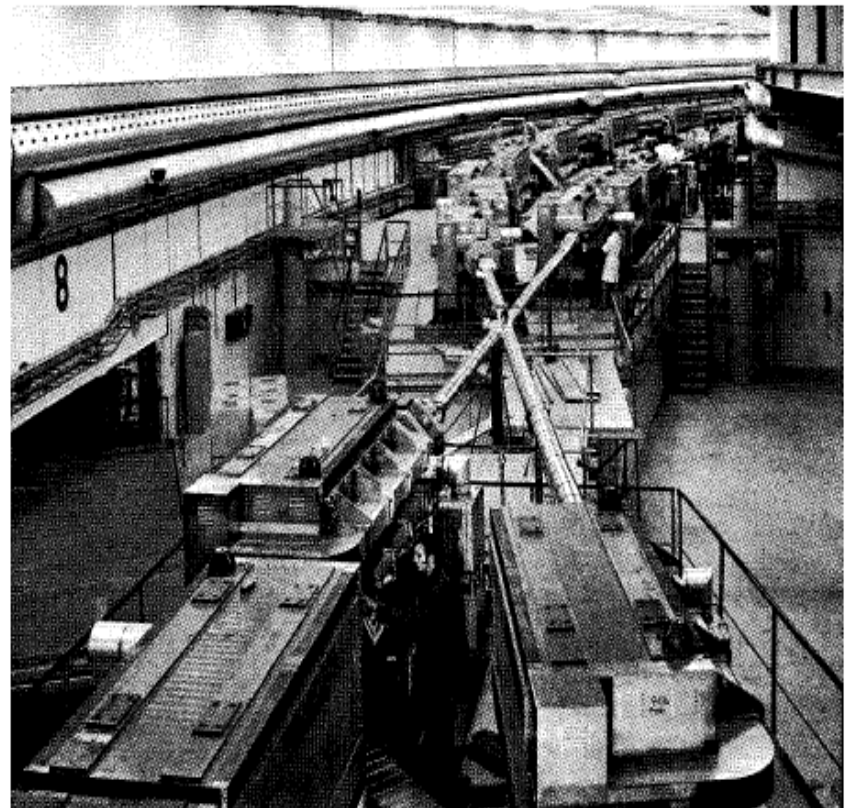


Intersecting Storage Rings at CERN



Първият сноп е ускорен през 1971 г. ISR е протон – протонен колайдър с енергия 31,4 GeV на сноп. Състои се от два пръстена с диаметър 700 m. В ISR се натрупват 52 A на сноп и е постигната светимост $L = 0,85 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

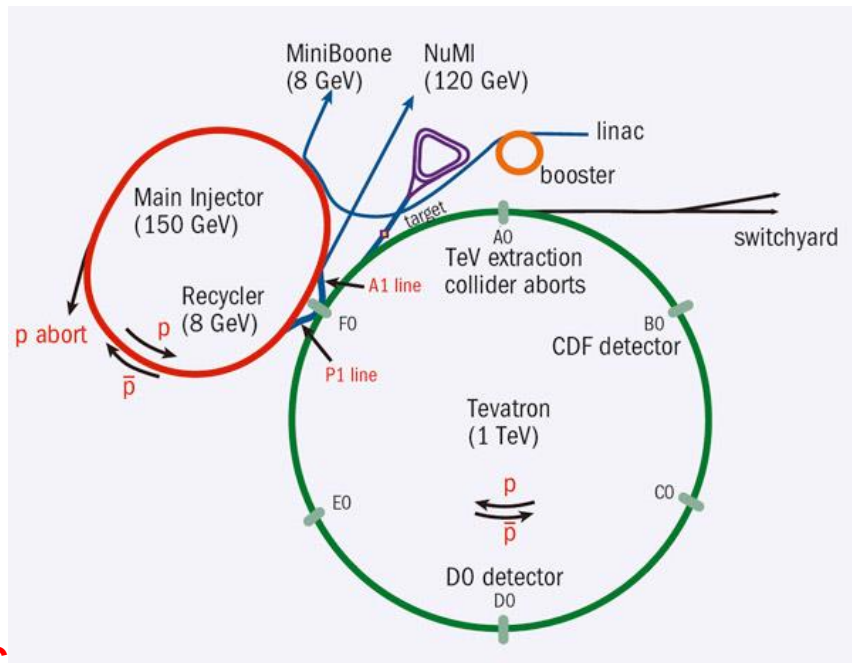
Затворен е през 1984 г.



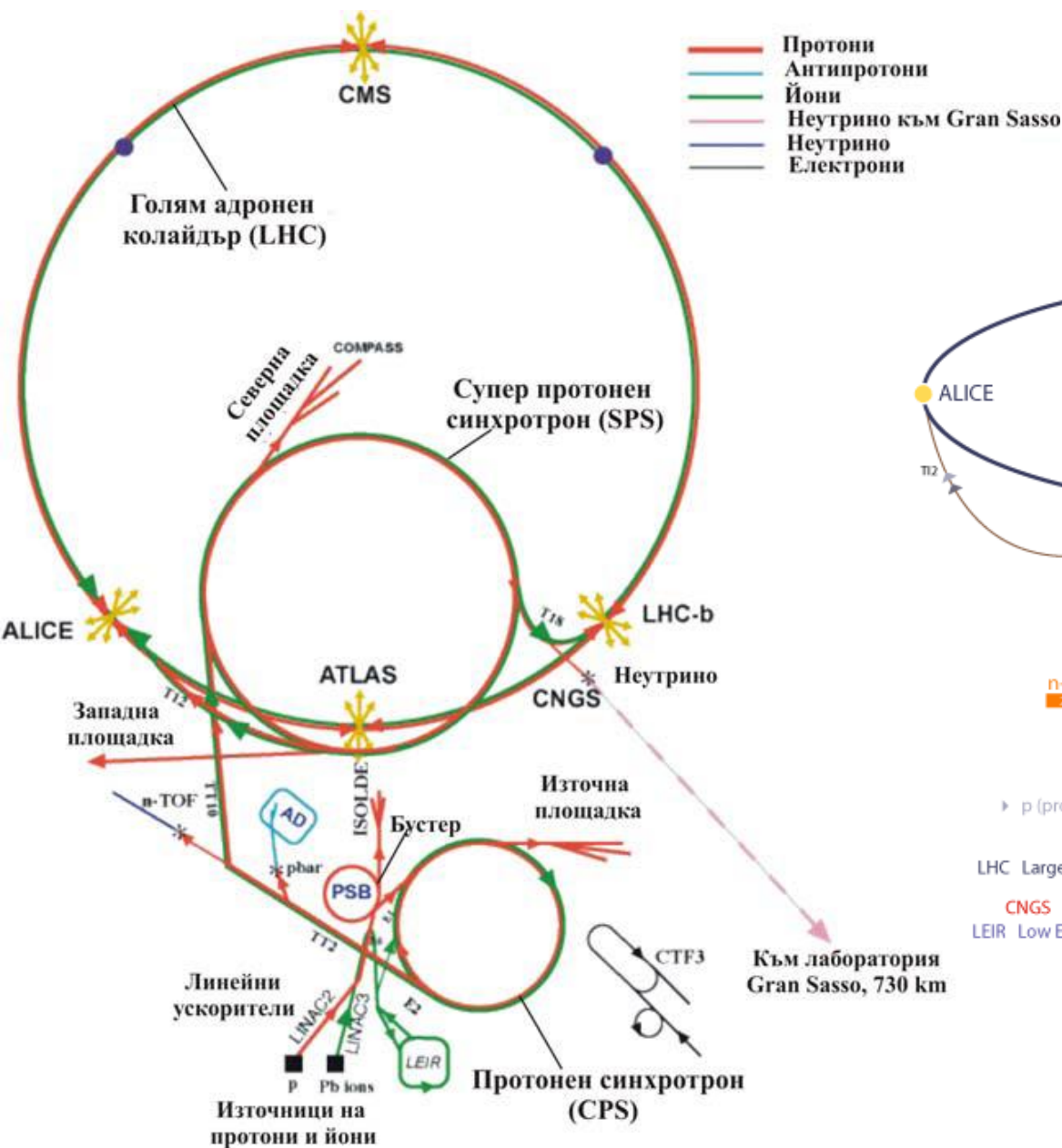
FNAL край Чикаго



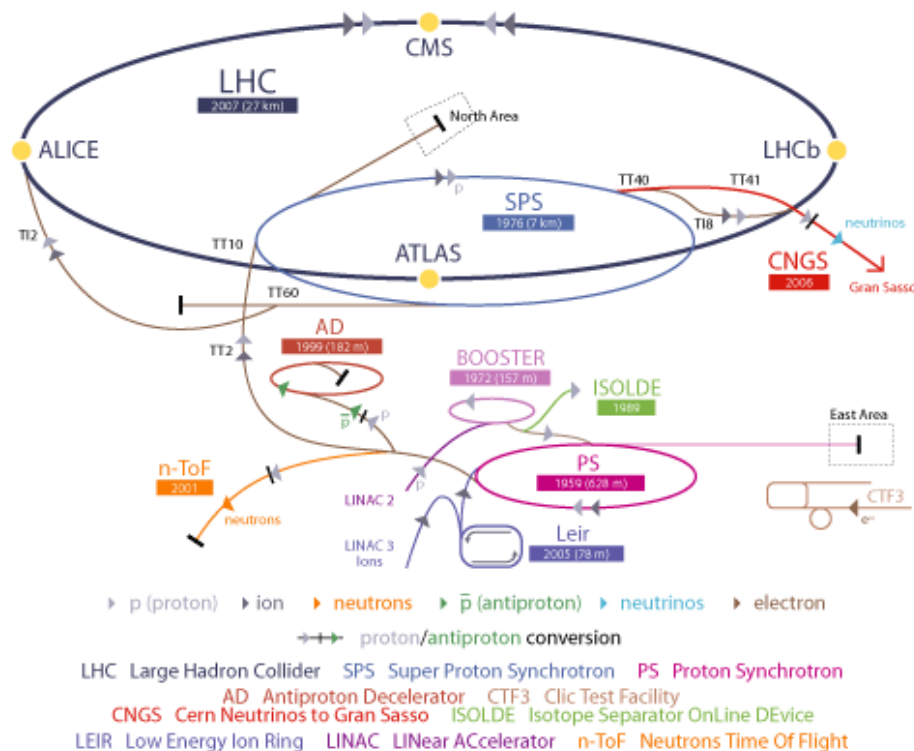
Main Injector



Tevatron ring



CERN Accelerator Complex



Ускорителен комплекс на CERN



LEP

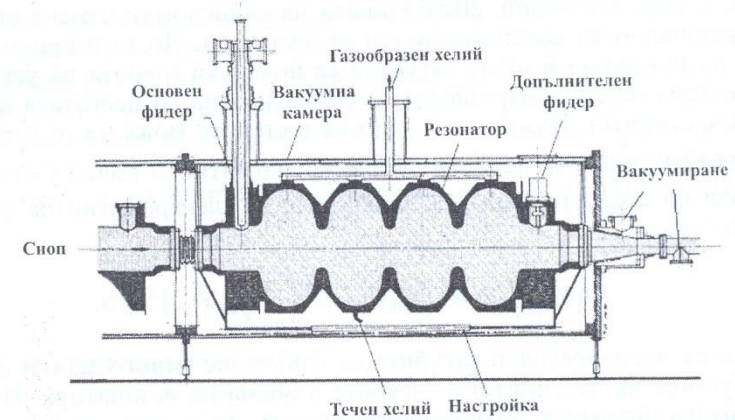


LEP (1989 – 2000 г.) 27 км пръстен
вакуум 8.10^{-12} Torr.

Светимост $L=5,6.10^{31}$ cm².s⁻¹,
размер на снопа:
200 x 3,5 μ m.

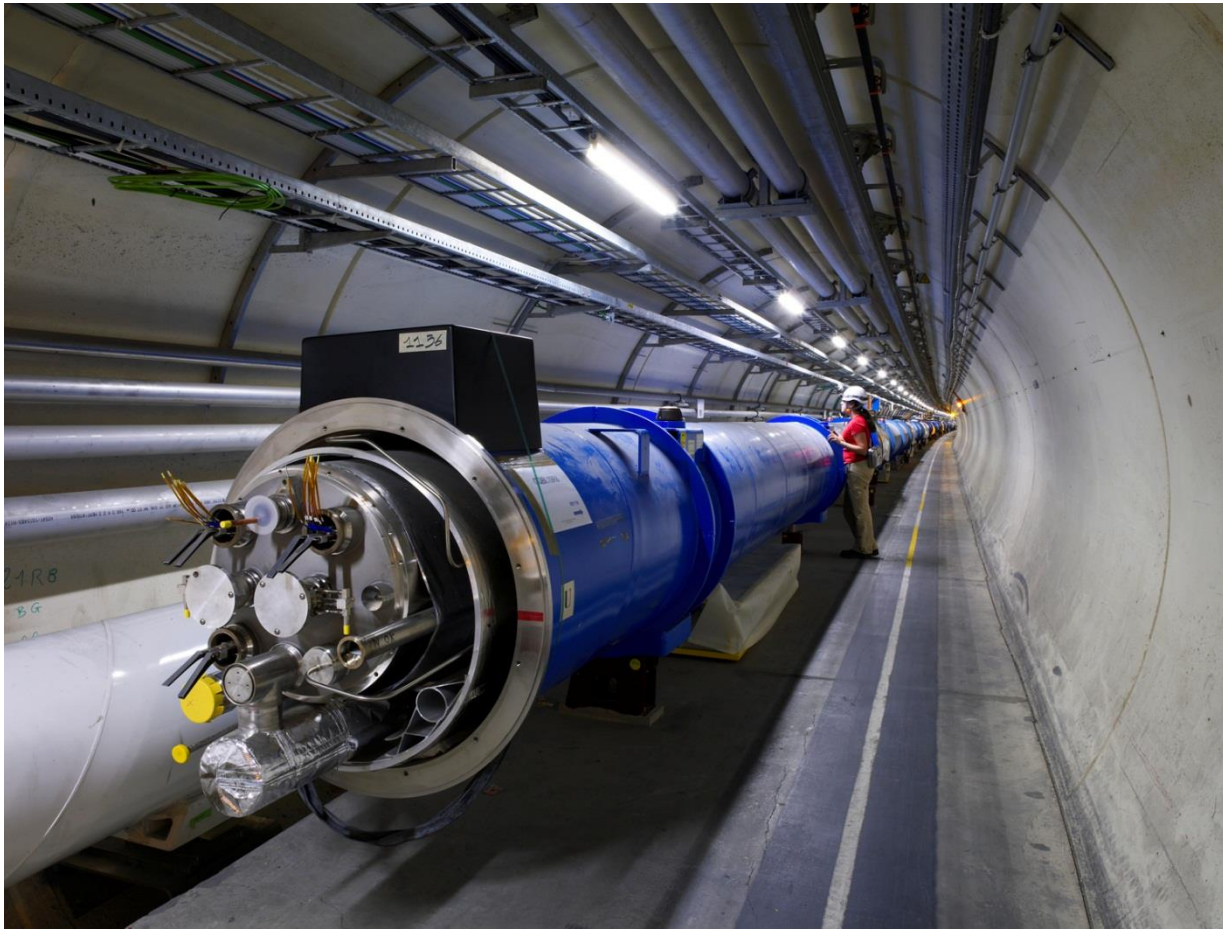
LEP1 работи при 50 GeV на сноп.

LEP2 (288 свръхпроводящи резонатора)
→ 100 GeV на сноп



Фиг. 2. 26. Конструктивно изпълнение на свръхпроводящия ускоряващ резонатор на електрон-позитронния колайдер LEP в CERN [6]

LHC



В тунела на LEP сега е разположен Large Hadron Collider (LHC).

Проектни параметри:

енергия $2 \times 7 \text{ TeV}$.

850 mA протонен ток

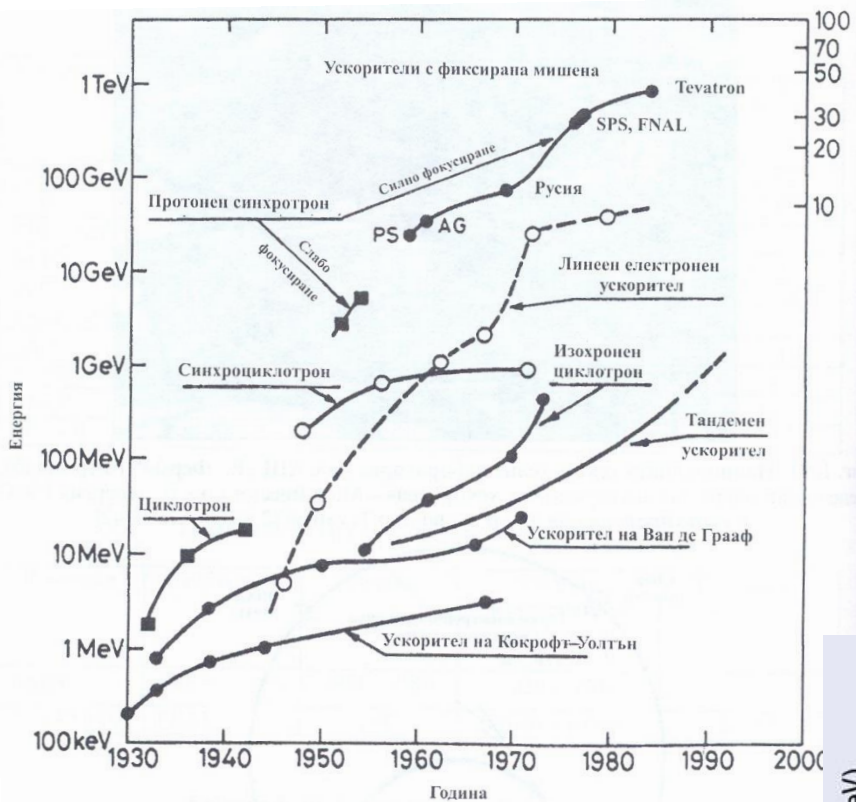
светимост $L = 2,5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Свръхпроводящи
магнити с поле 8,33 T;

ниобий – титанова
сплав при температура
1,9 K (свръхфлуиден
хелий).

1232 диполни магнита и
392 квадруполни леци.





Фиг. 1. 53. Крива на Ливингстън, показваща развитието на различните видове ускорители [40]

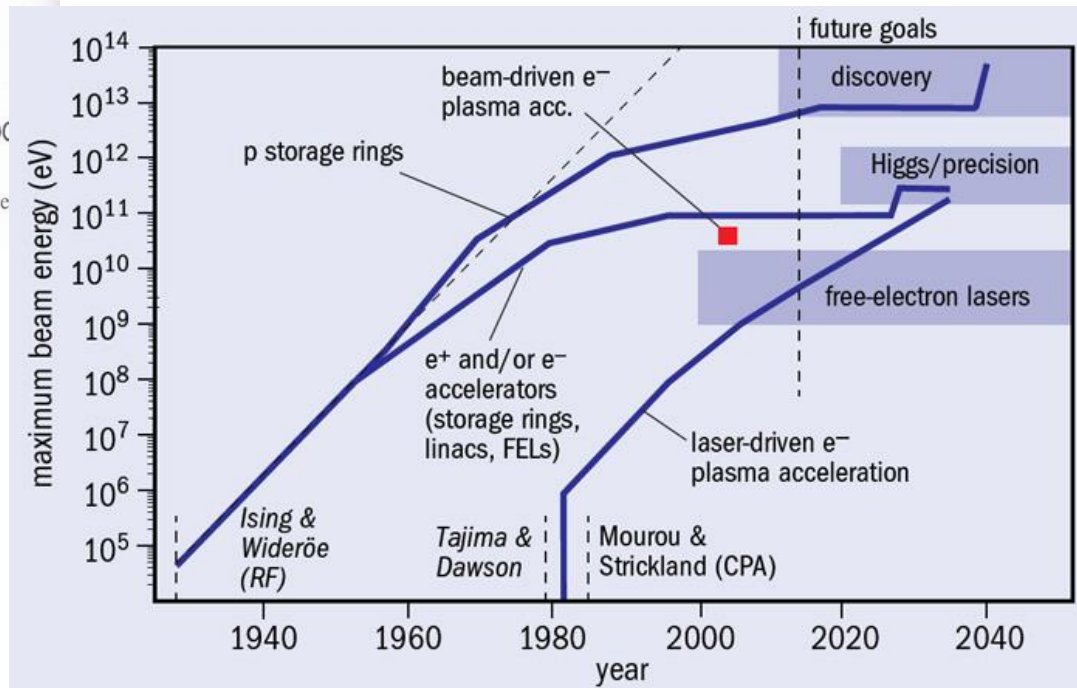


Таблица 1. 8. Електрон-позитронни колайдъри

Колайдър	Лаборатория	Година	Енергия в системата на центра на масите, GeV	Светимост, $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
CESR	Cornell University	1979	6×6	6×10^{32}
PEP	SLAC	1980 – 1990	15×15	10^{32}
TRISTAN	KEK	1987 – 1995	32×32	
BEPS	IHEP, Beijing	1989	$2,2 \times 2,2$	8×10^{30}
SLC linear collider	SLAC	1989	50×50	$2,2 \times 10^{30}$
LEP-II	CERN	1996 – 2002	100×100	$5,6 \times 10^{31}$
ВЭПП-4М	БИЯФ	1994	6×6	10^{32}
KEKB	KEK	1999	$8 \times 3,5$	10^{34}
PEP – II	SLAC	1999	$3,1 \times 9$	10^{34}

Таблица 1. 9. Протон-антипротонни колайдъри

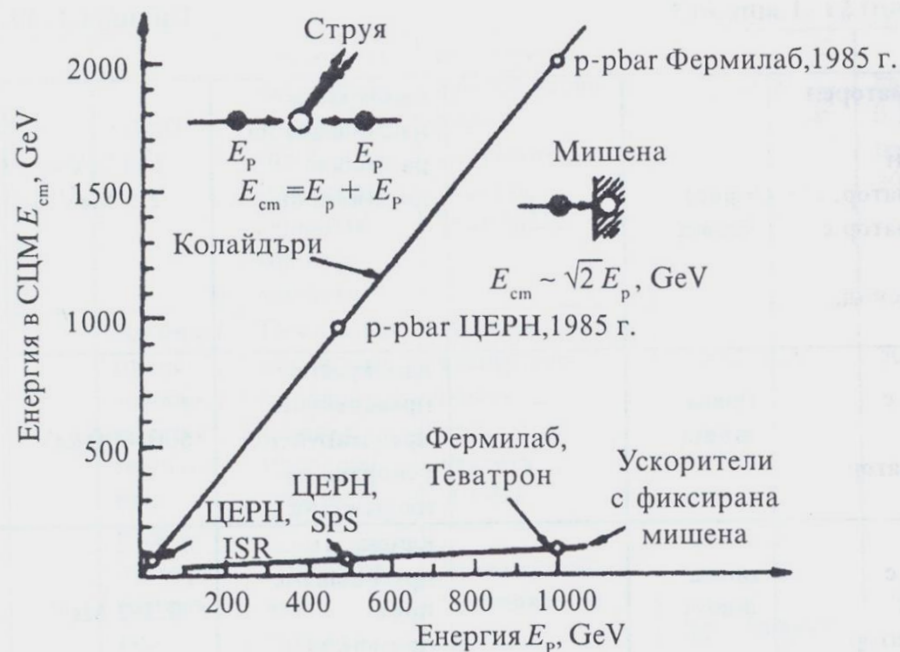
Колайдър	Лаборатория	Година	Енергия в системата на центра на масите, GeV	Светимост, $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Sp \bar{p} S	CERN	1981 – 1990	450×450	
TEVATRON	FNAL	1987	1000×10000	2×10^{32}

Таблица 1. 10. Протон-електронни колайдъри

Колайдър	Лаборатория	Година	Енергия в системата на центра на масите, GeV	Светимост, $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
HERA	DESY	1992	$30 (e^-, e^+) \times 820 (p)$	$1,6 \times 10^{31}$

Таблица 1. 11. Йон-йонни колайдъри

Колайдър	Лаборатория	Година	Енергия в системата на центра на масите, GeV/A	Светимост, $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
RHIC	BNL	1999	100×100	2×10^{26}



Фиг. 1. 54. Ускорители с насрещни снопове [40]