



**Ogólnopolskie Warsztaty
Akceleracji i Zastosowań Ciężkich Jonów**

Akceleracja ciężkich jonów i elementy optyki jonowej

Olga Steczkiewicz

Warszawa, 20.10.2014



Akcelerator – urządzenie służące do przyspieszania jonów

Rodzaje akceleratorów:

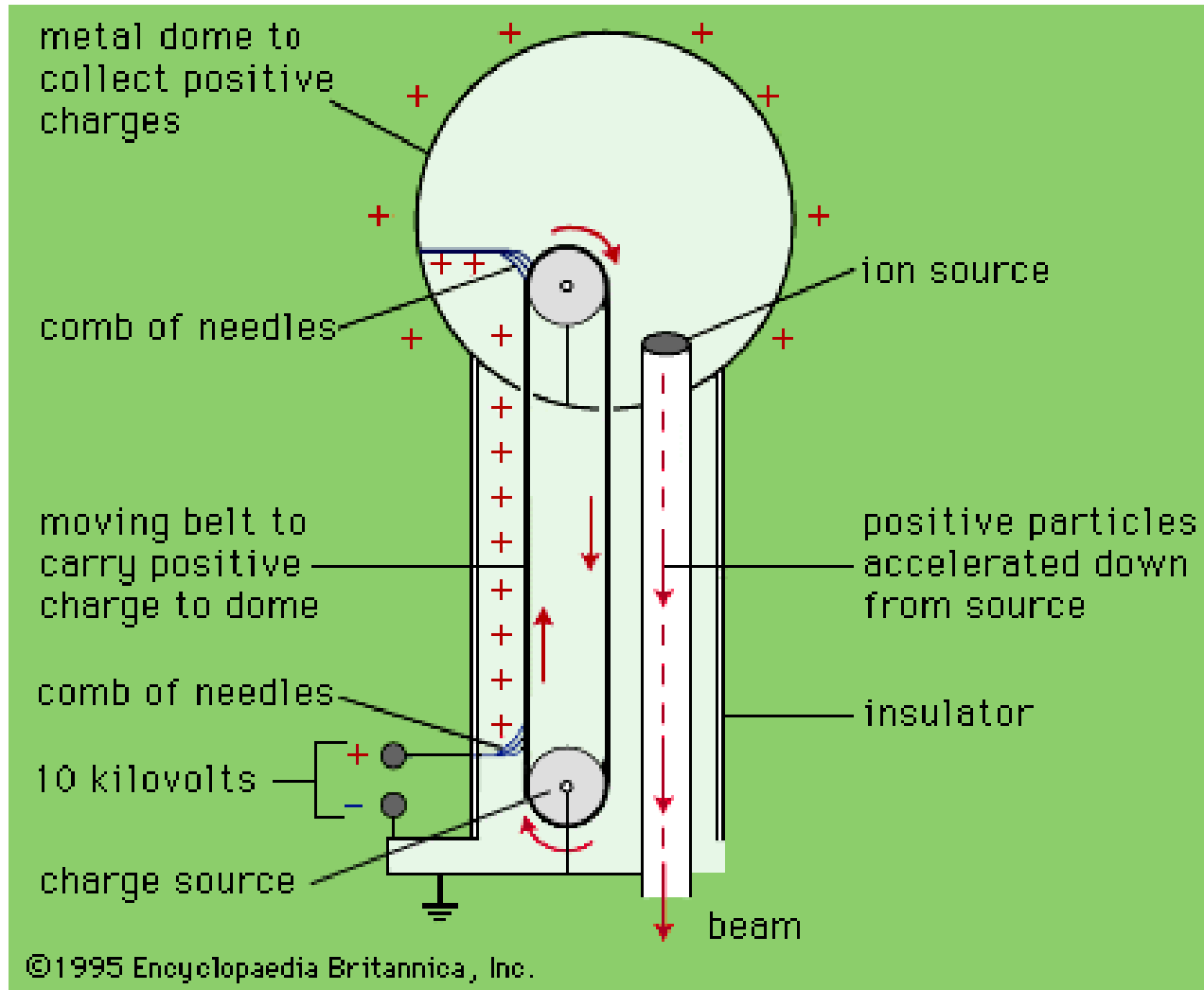
a) liniowe:

- akcelerator van de Graaffa: Lech (IBJ, Warszawa, Polska)
- Linac (CERN, Genewa, Szwajcaria)

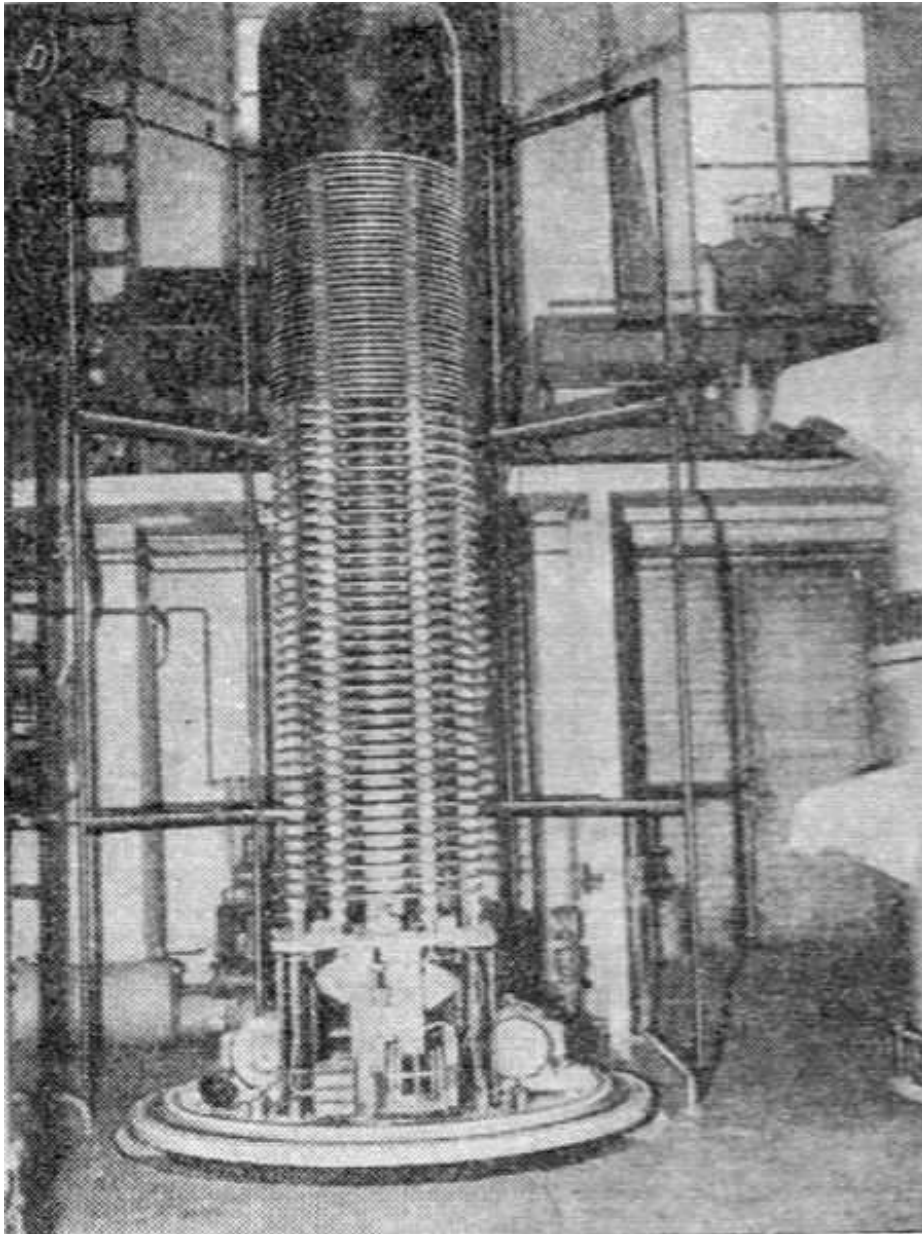
a) kołowe:

- cyklotrony: U200-P (ŚLCJ, Warszawa, Polska), K130 (JYFL, Jyväskylä, Finlandia), K800 (INFN LNS, Catania, Włochy), U400 i U400M (JINR, Dubna, Rosja)
- synchrotrony: LHC (CERN, Genewa, Szwajcaria)

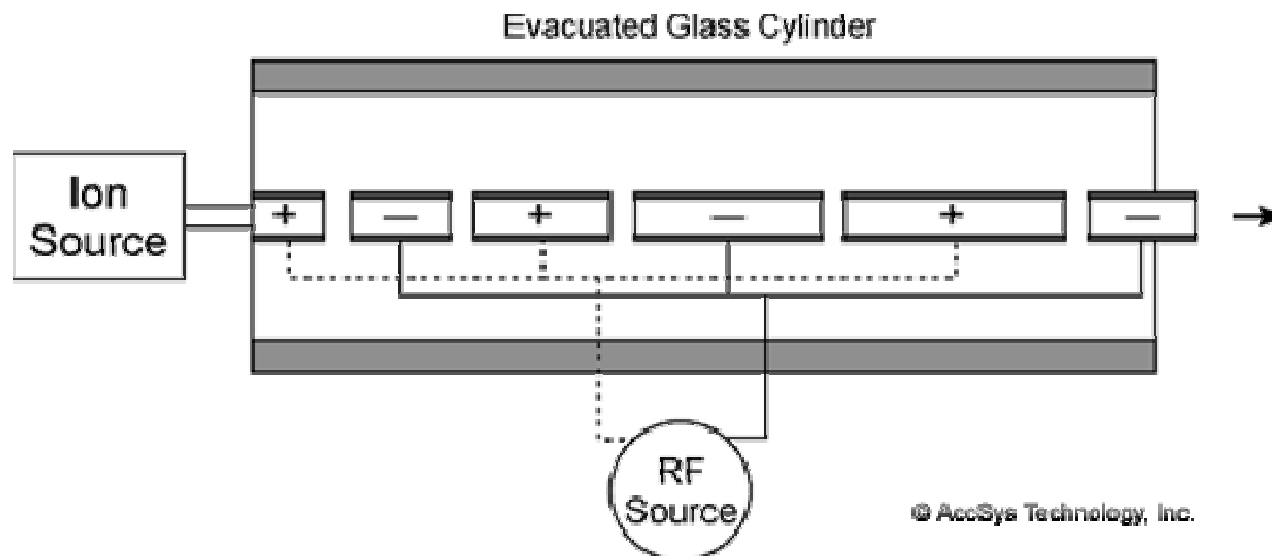
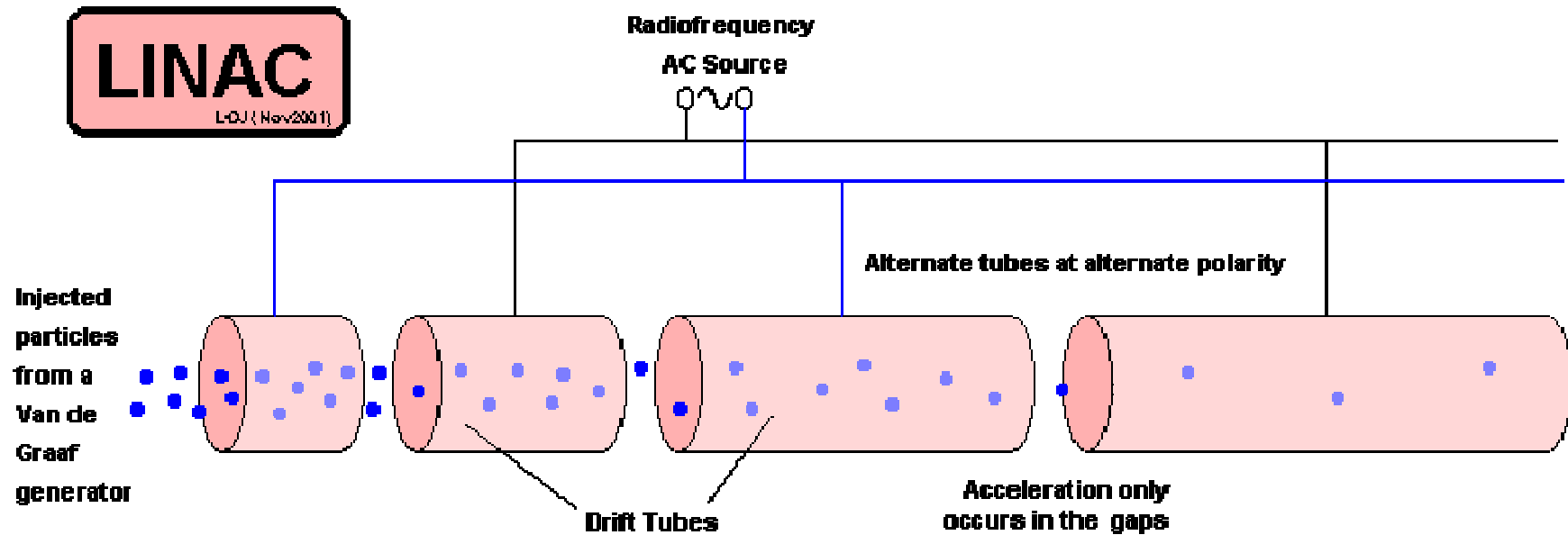
Akcelerator elektrostatyczny (van de Graaffa)



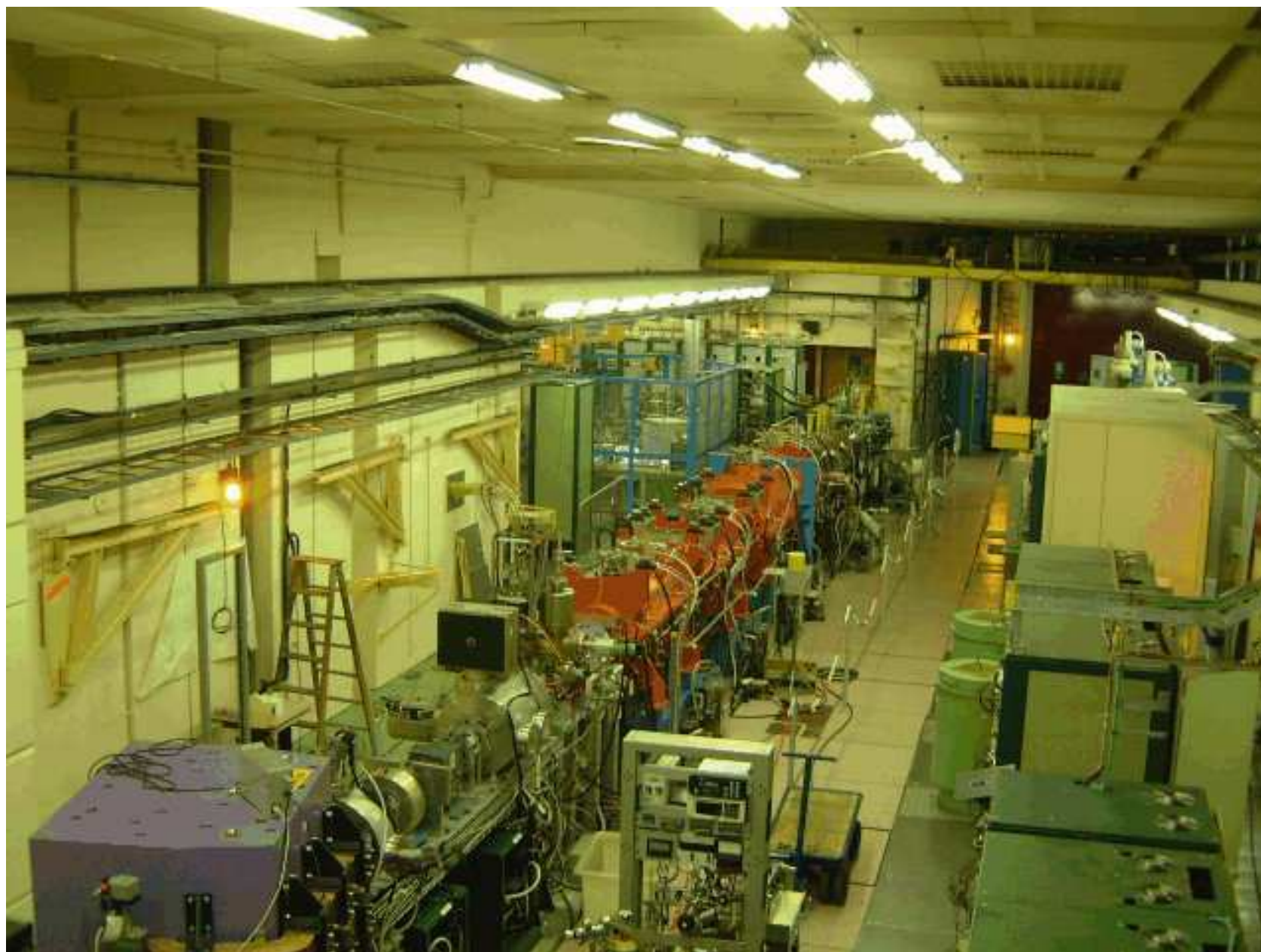
Akcelerator elektrostatyczny (van de Graaffa)



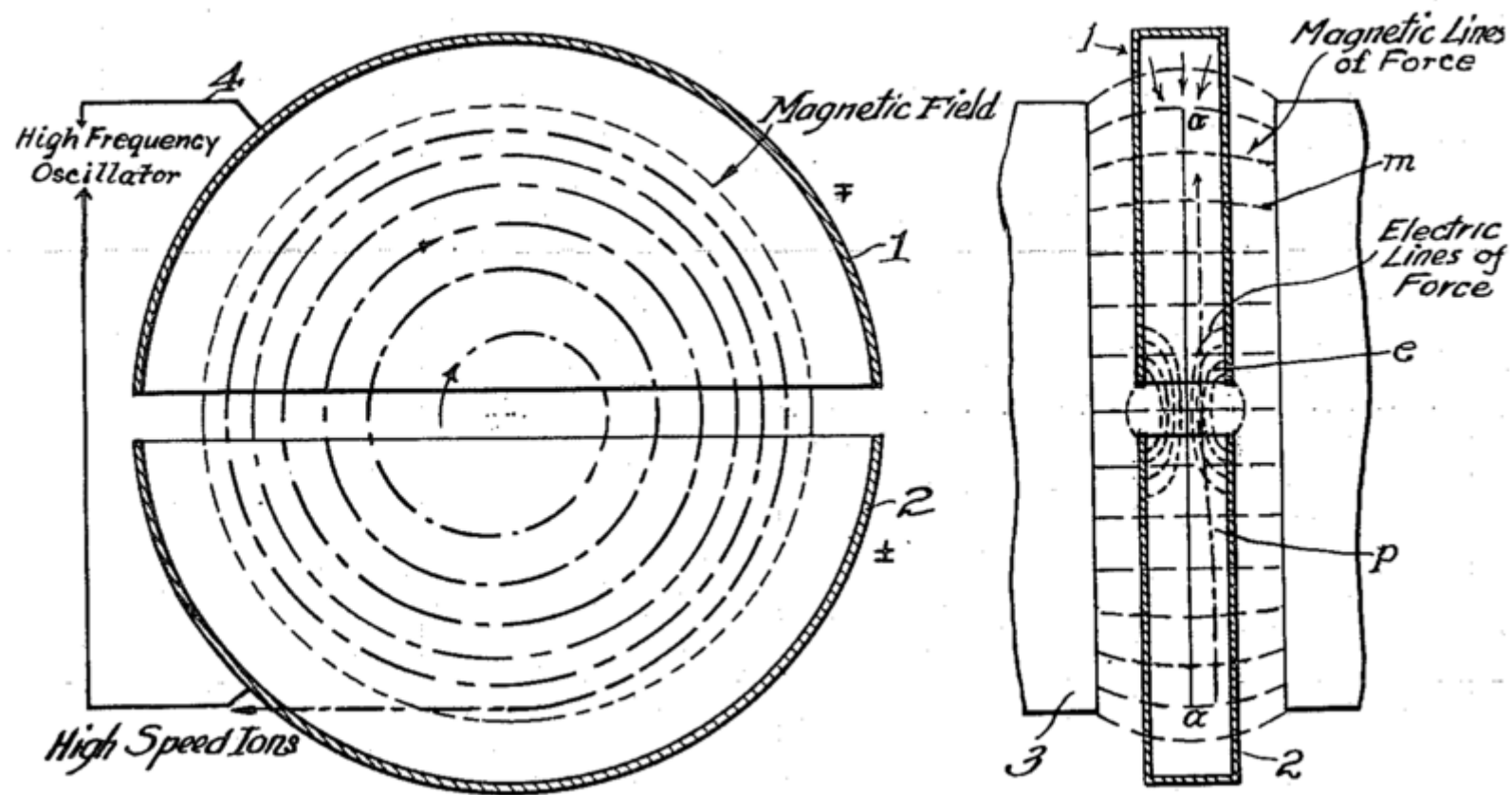
LINAC



LINAC

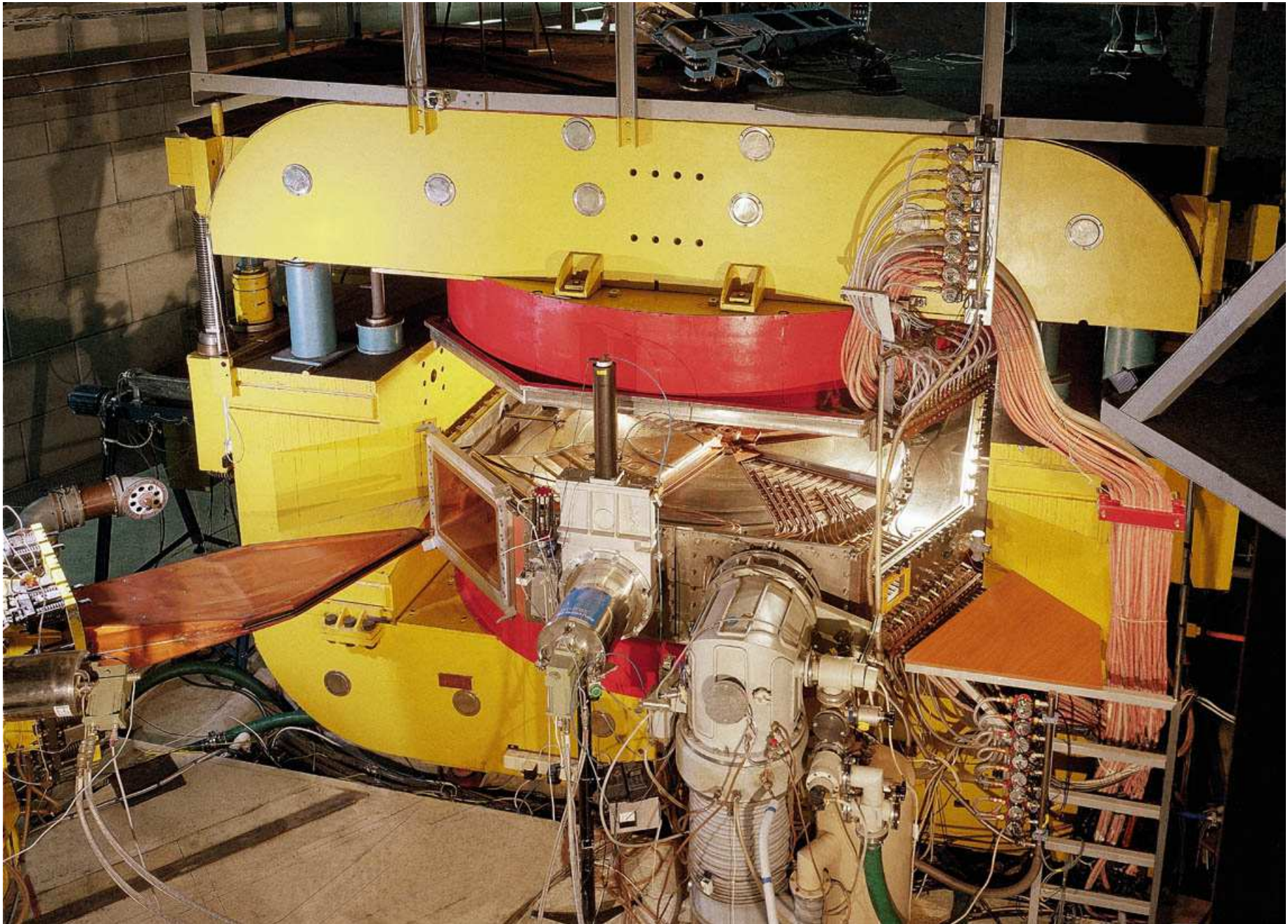


CYKLOTRON

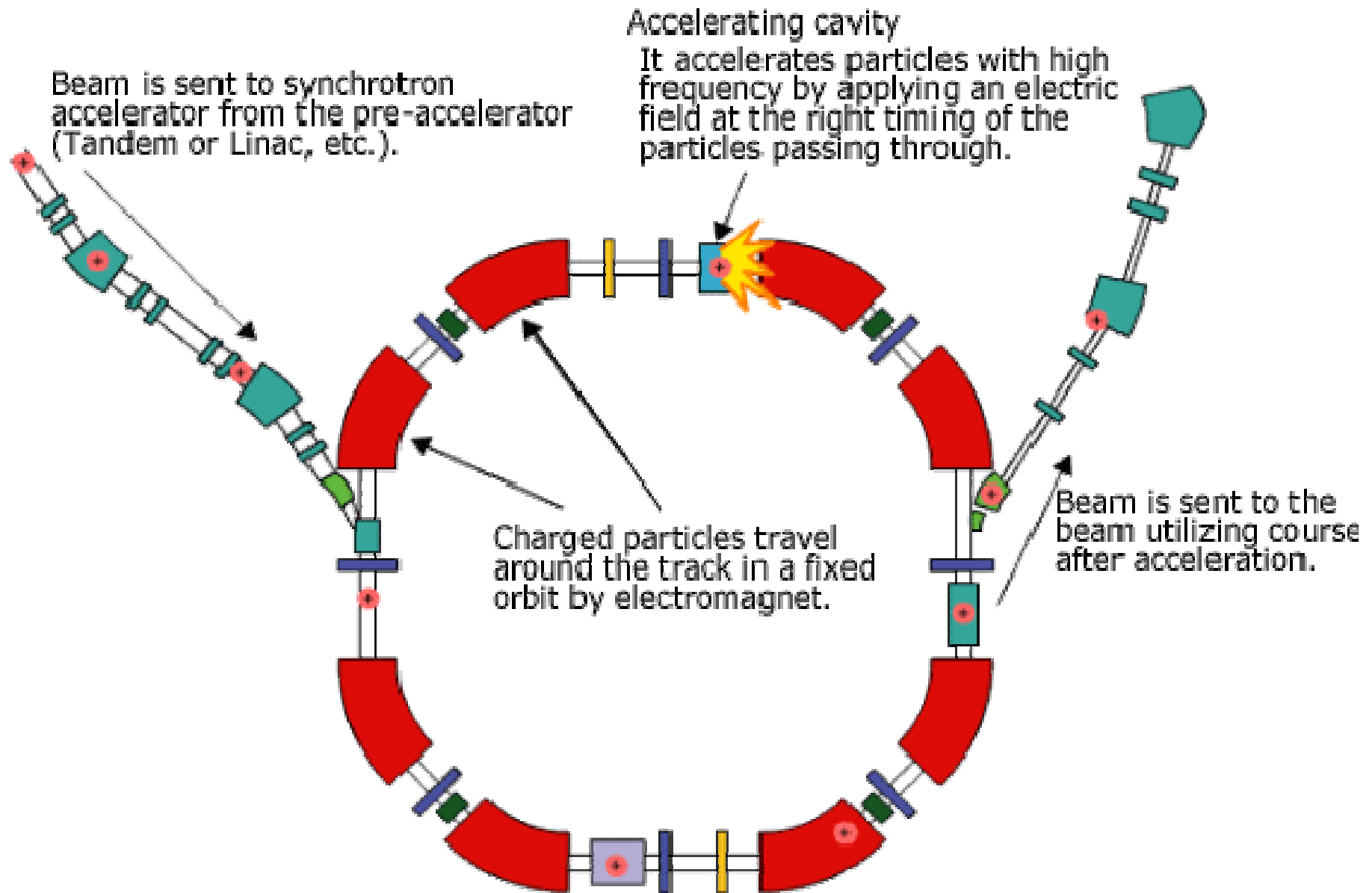


Rysunek cyklotronu z wniosku patentowego z 1934 roku
(Ernest Lawrence, 1931 r.)

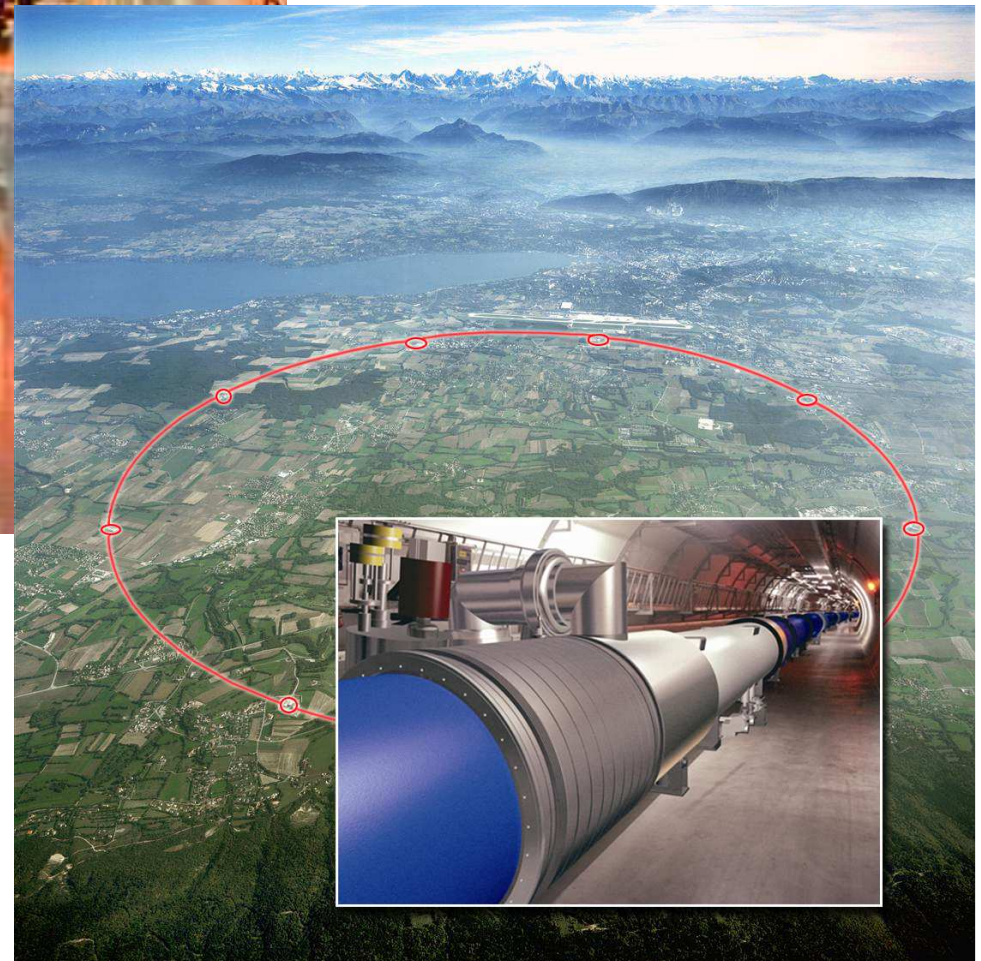
CYKLOTRON



SYNCHROTRON



SYNCHROTRON



Droga ciężkich jonów w warszawskim cyklotronie

Źródło jonów
typu ECR

Linia iniekcyjna

Inflektor spiralny

CYKLOTRON IZOCHRONICZNY

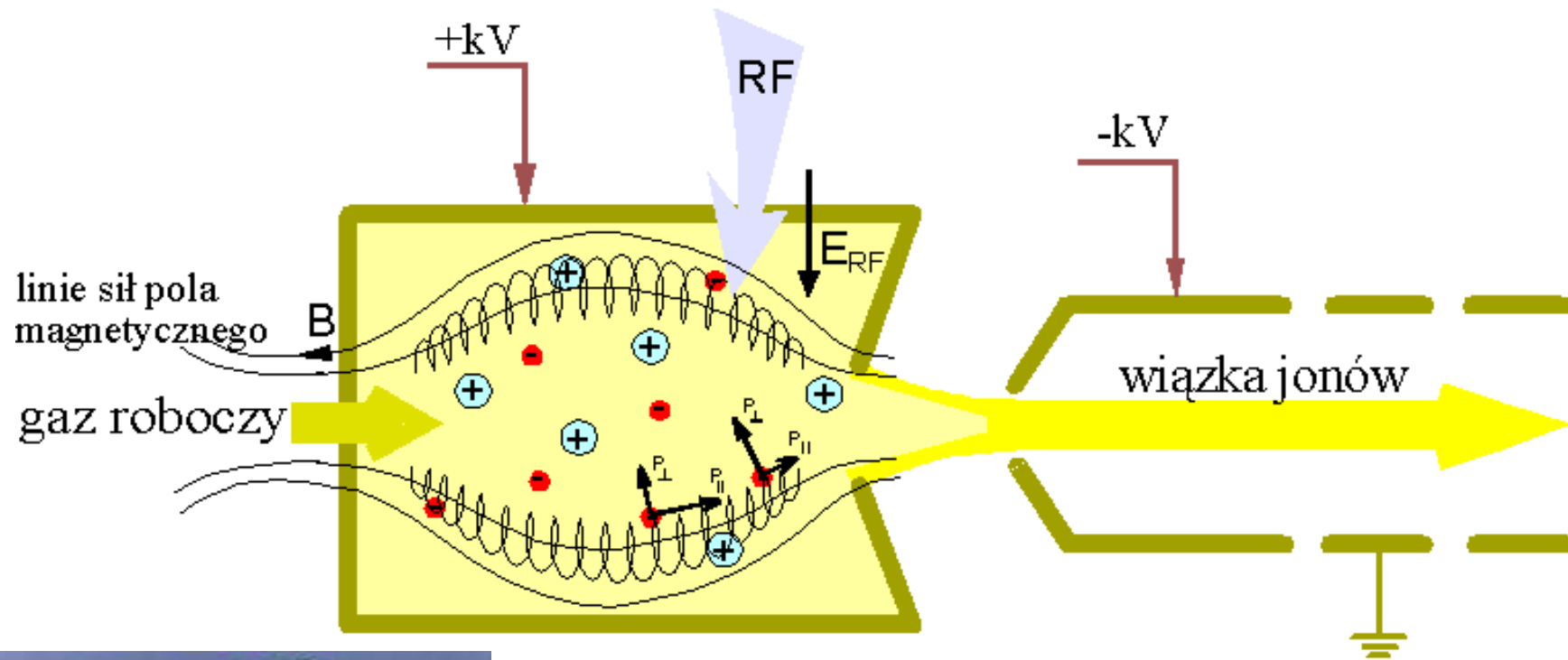
Wyprowadzenie - stripper

Jonowody

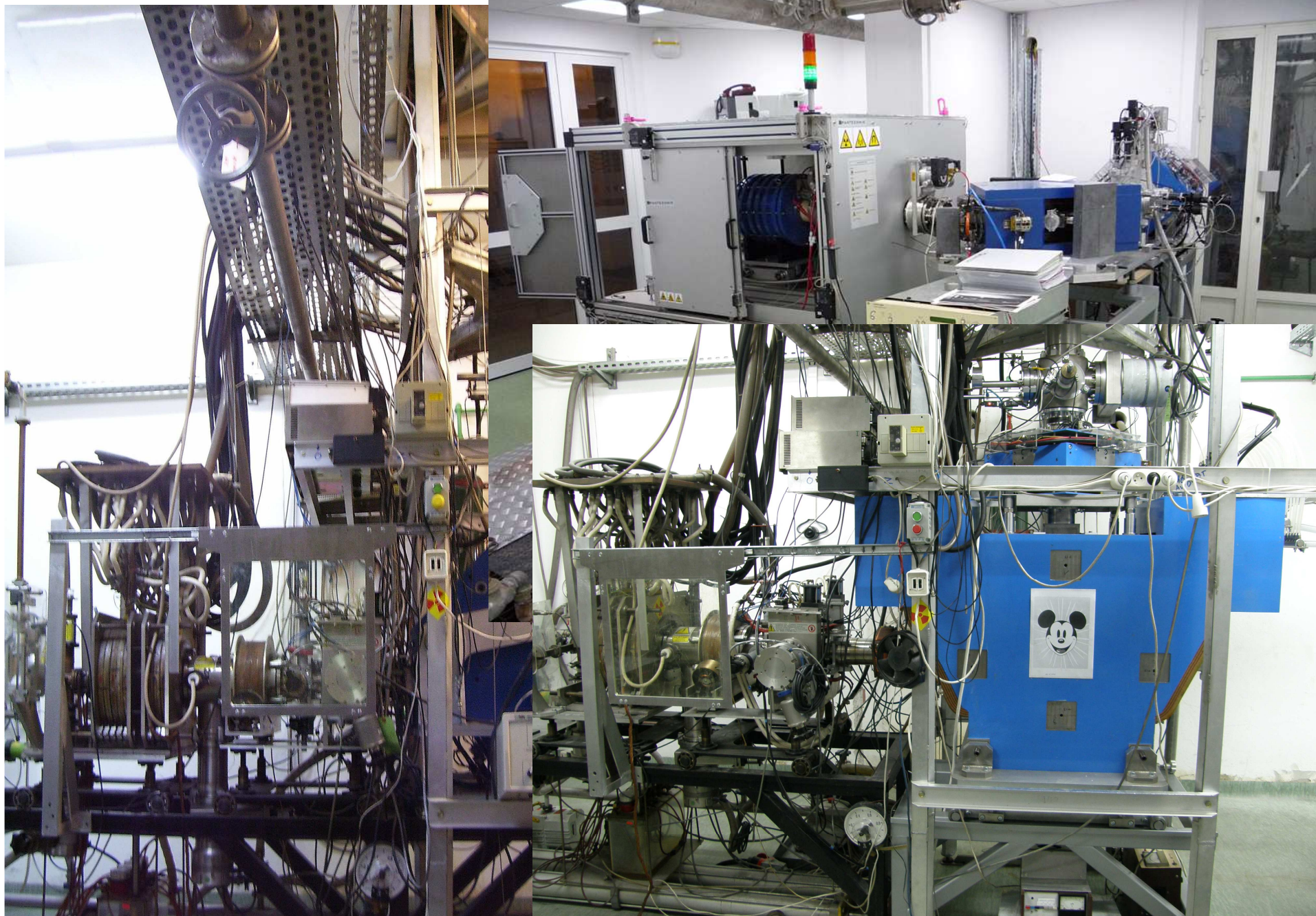
Układ
pomiarowy



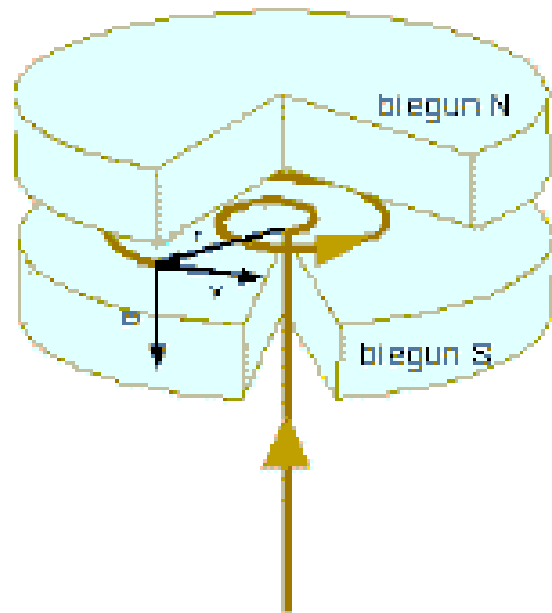
Zasada działania źródła jonów typu ECR (Electron Cyclotron Resonance)



Nasze źródła jonów i linia iniekcyjna

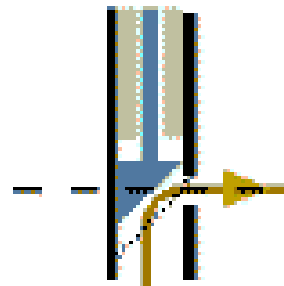


Inflektor zwierciadlany

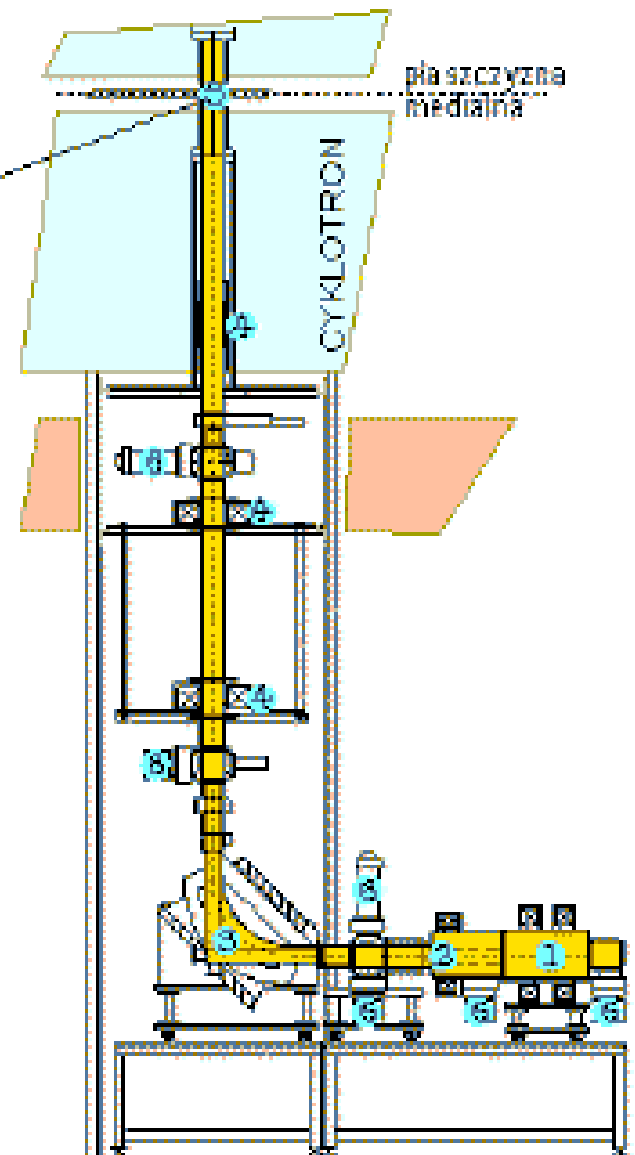


$$\frac{E}{m} \sim \left(\frac{q}{m}\right)^2 B^2 r^2$$

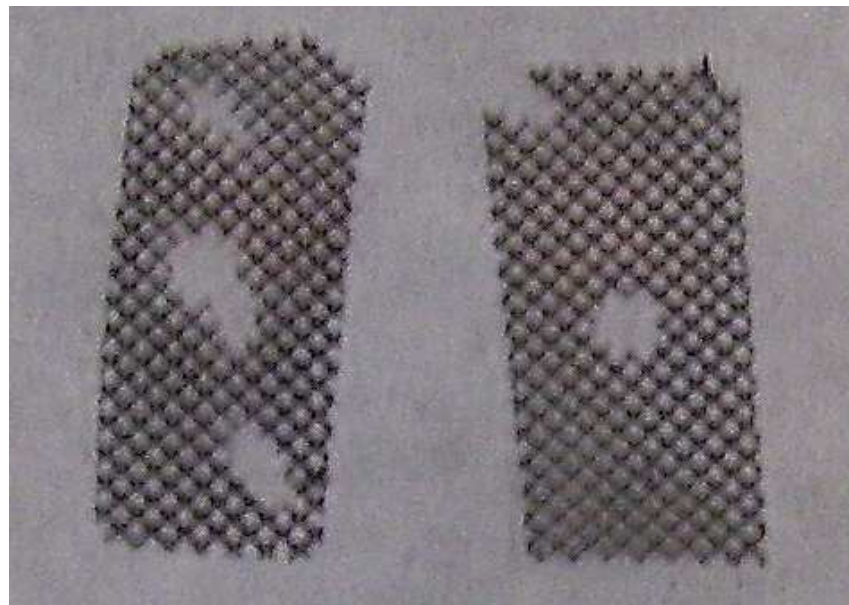
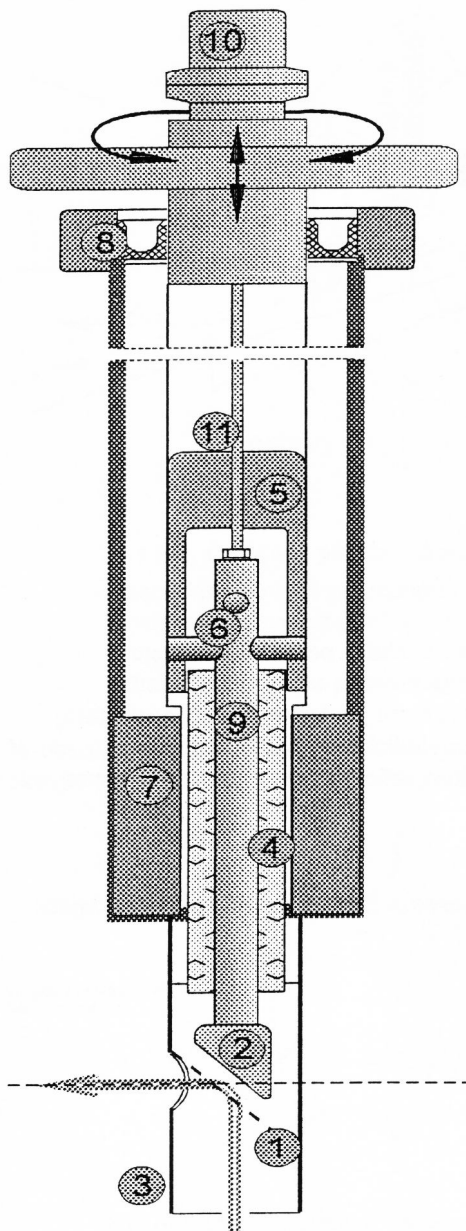
E- energia jonu
q- ładunek jonu
m- masa jonu
r- promień orbity
B- indukcja pola magnetycznego



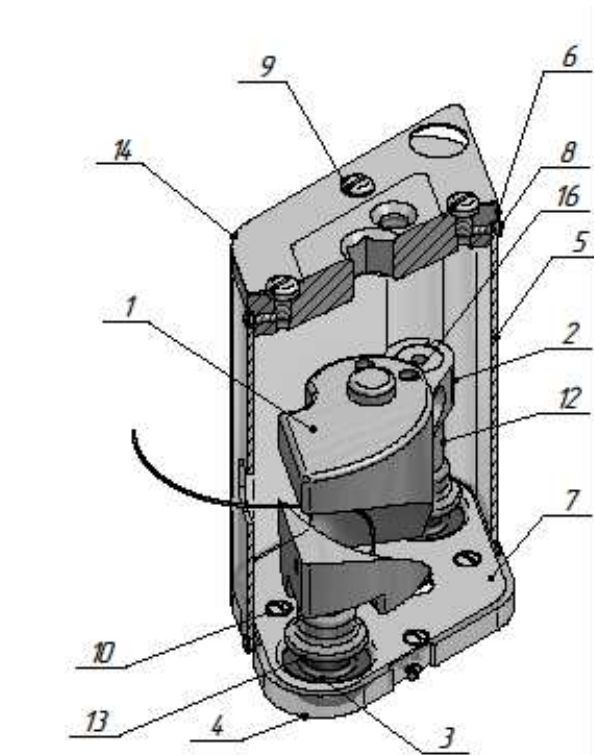
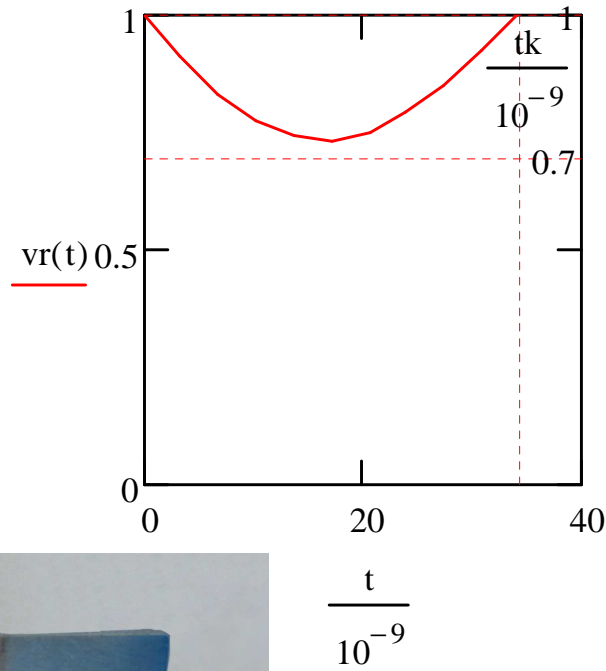
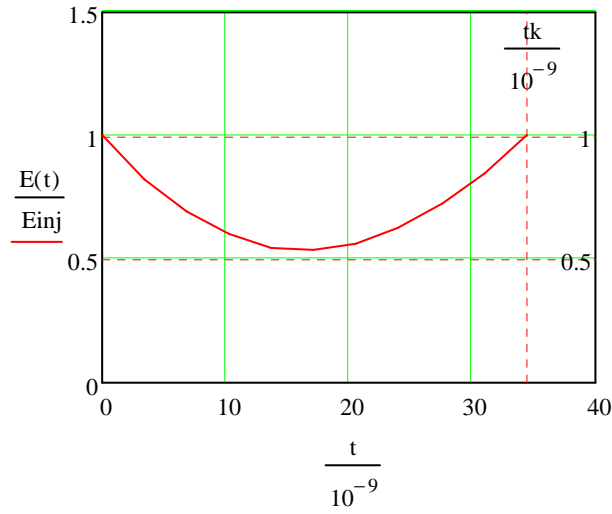
Inflektor
- zwierciadło
elektrostatyczne



Inflektor zwierciadlany



Inflektor spiralny



				2990.02.00.00 Ошибка: Нет ссылки			
				Инфлектор			
				Ошибка: Нет ссылки			
				0	2:1		

Cyklotron izochroniczny

$$\frac{m \cdot v^2}{\rho} = q \cdot v \cdot B$$

$$B \cdot \rho = \frac{m \cdot v}{q} = \frac{p}{q}$$

$$\omega_c = \frac{q}{m} \cdot B$$

$$\omega_{RF} = h \cdot \omega_c$$

$$m_r = m_0 \gamma = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

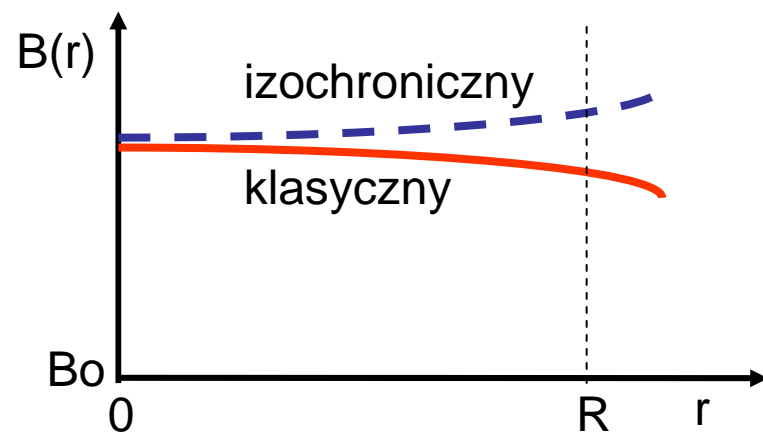
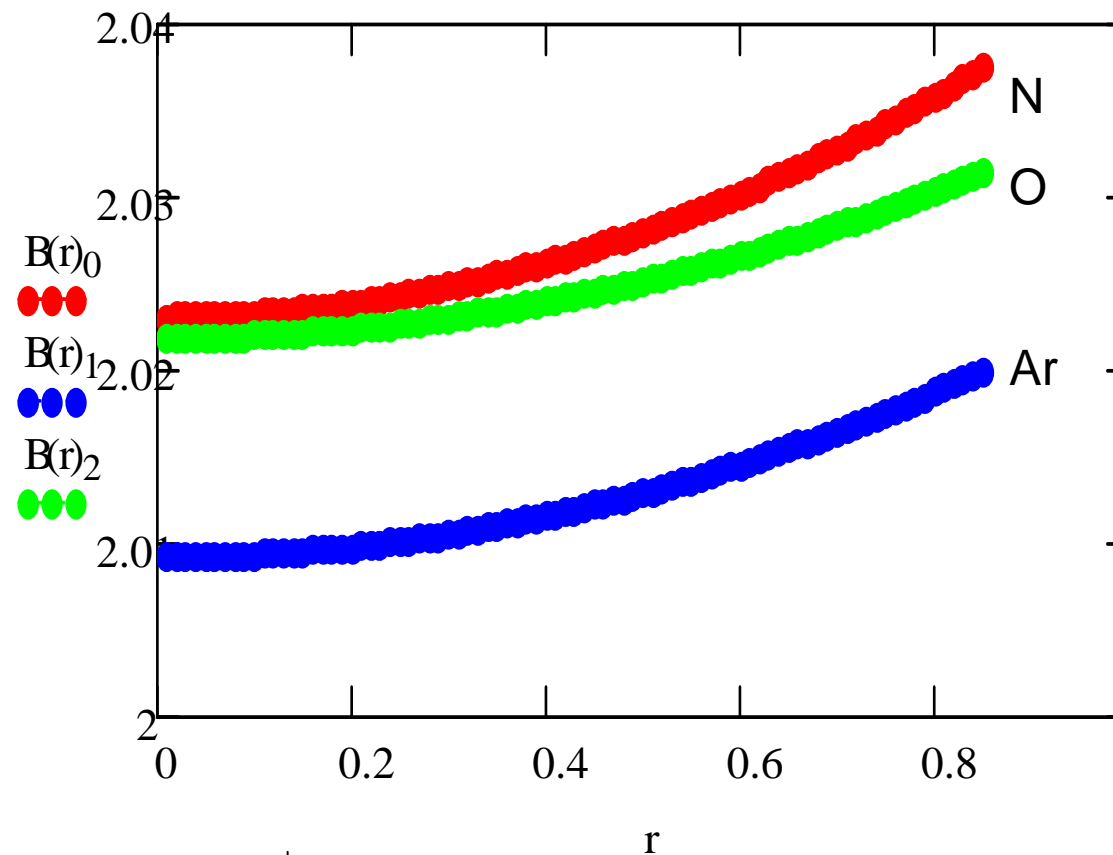
$$\gamma(r) = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v(r)}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{r \cdot \omega_c}{c}\right)^2}}$$

$$\omega_c = \frac{Bq}{m}$$

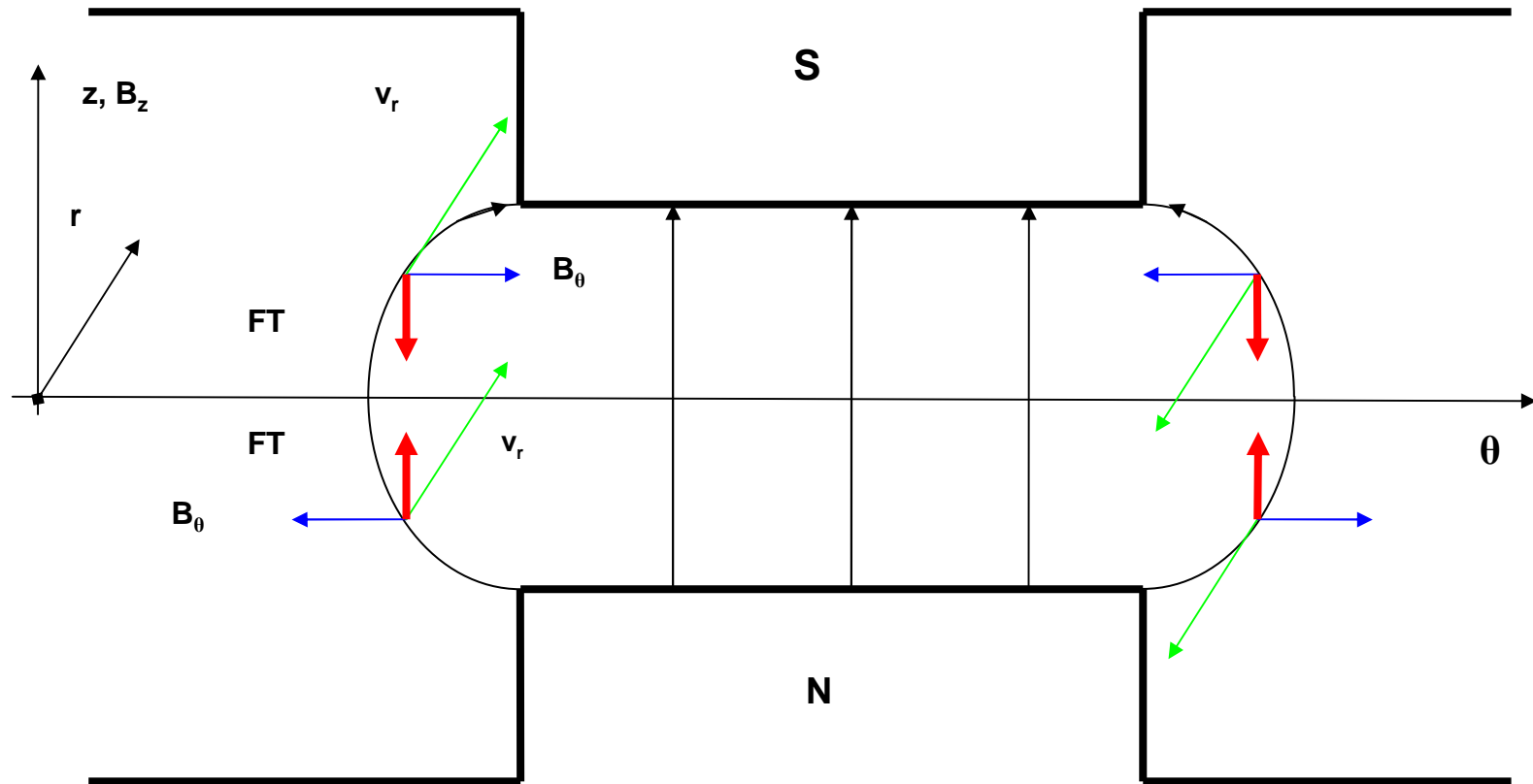
$$B(r) = \gamma(r) \cdot B_0$$

$$B(r) = \frac{B_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v(r)}{c}\right)^2}} = \frac{B_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{r \cdot \omega_c}{c}\right)^2}}$$

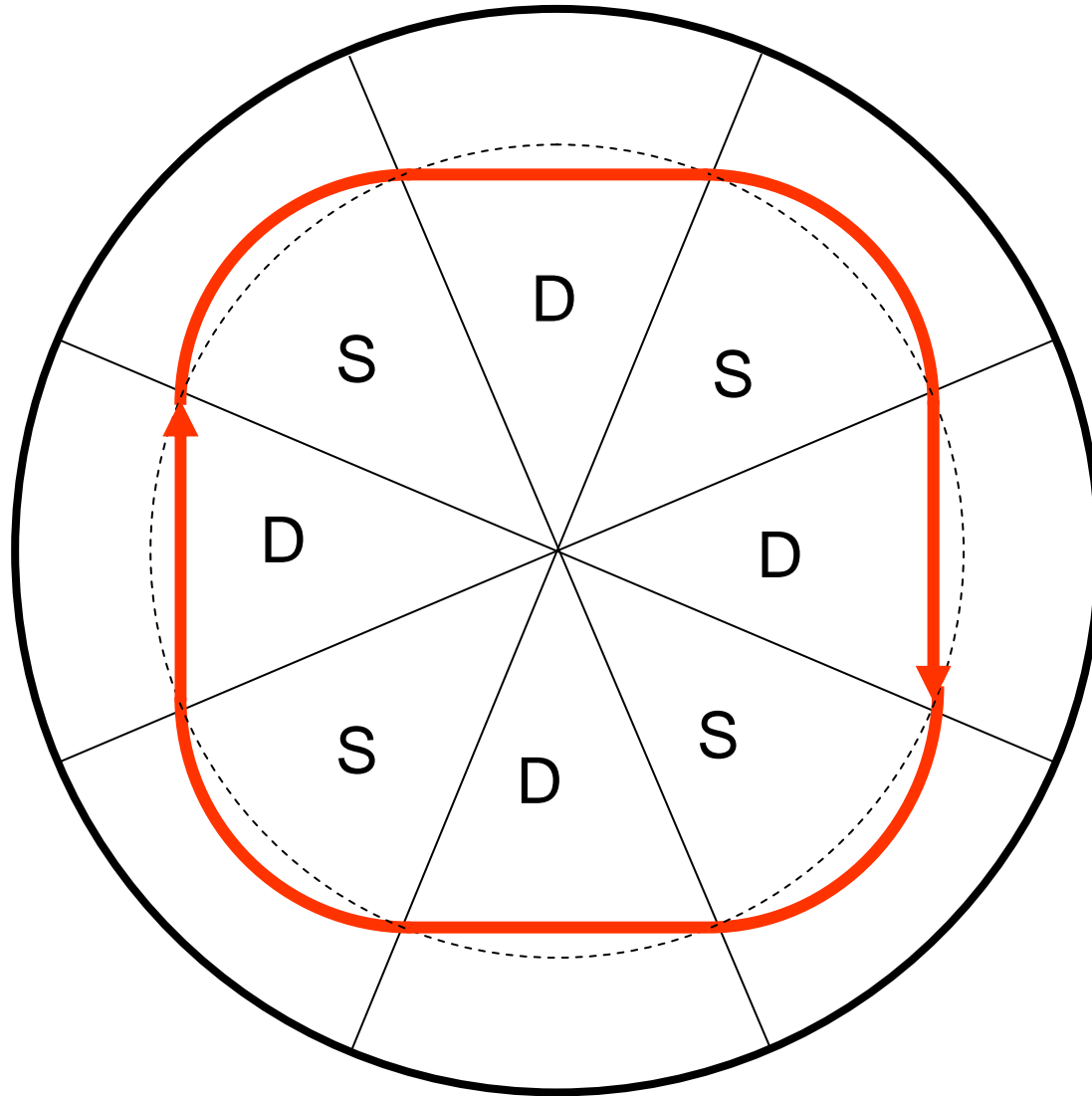
Cyklotron izochroniczny



Sila Thomasa



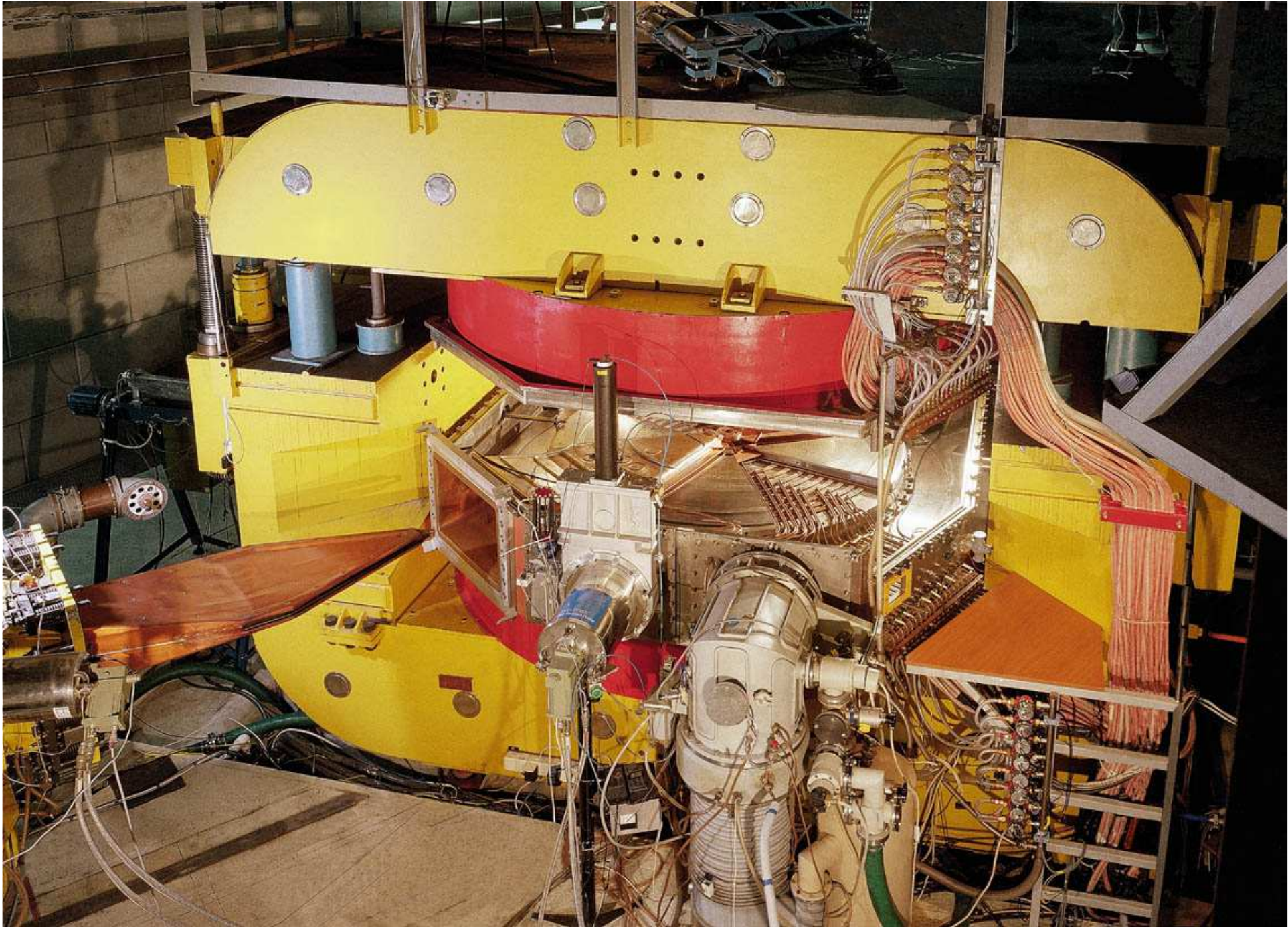
Sila Thomasa

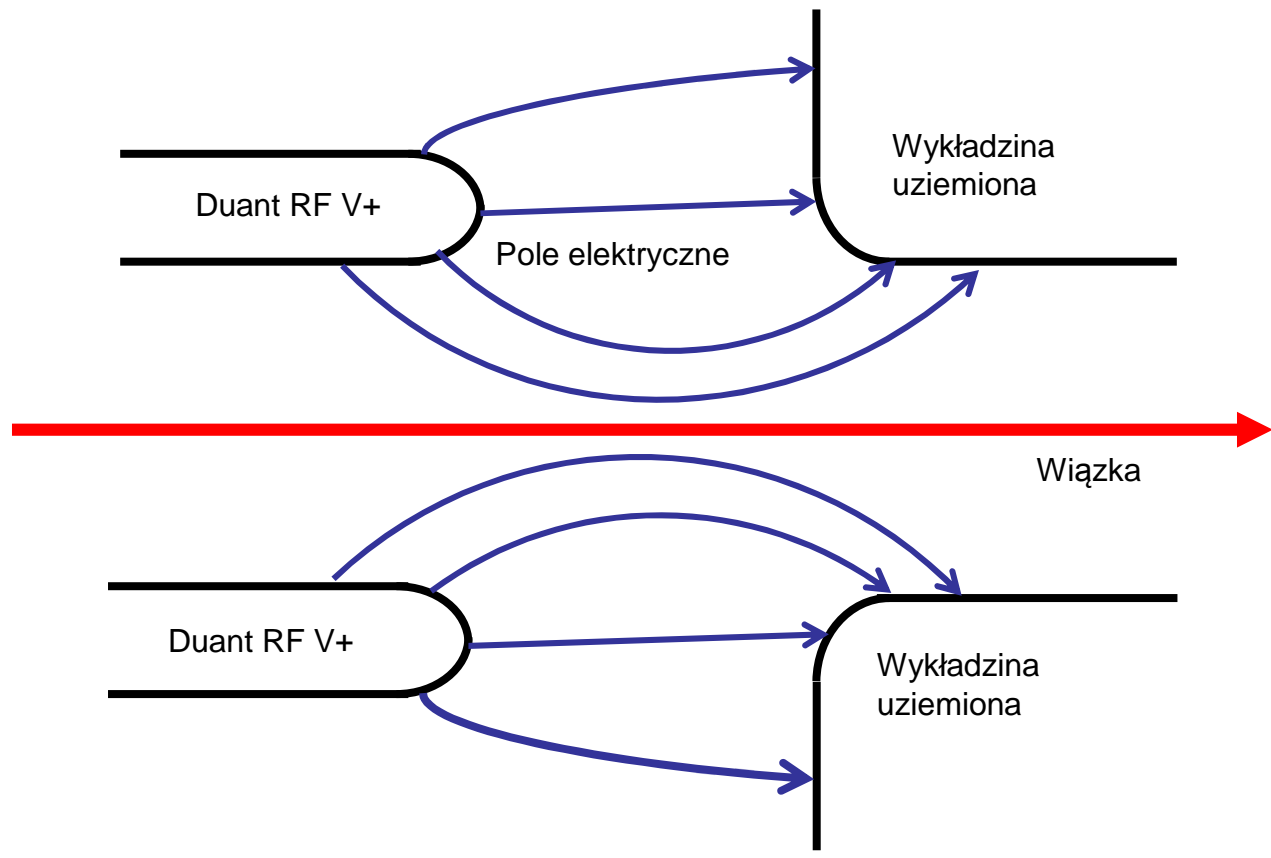


Wewnątrz wykładzin umieszczone są duanty, na które podawane jest napięcie (do 70kV) o wysokiej częstotliwości (od 12 MHz do 19 MHz). Wykładziny są uziemione. W szczelinie pomiędzy brzegiem duantu a brzegiem wykładziny następuje przyspieszanie jonów (4 razy na każdym obrocie).

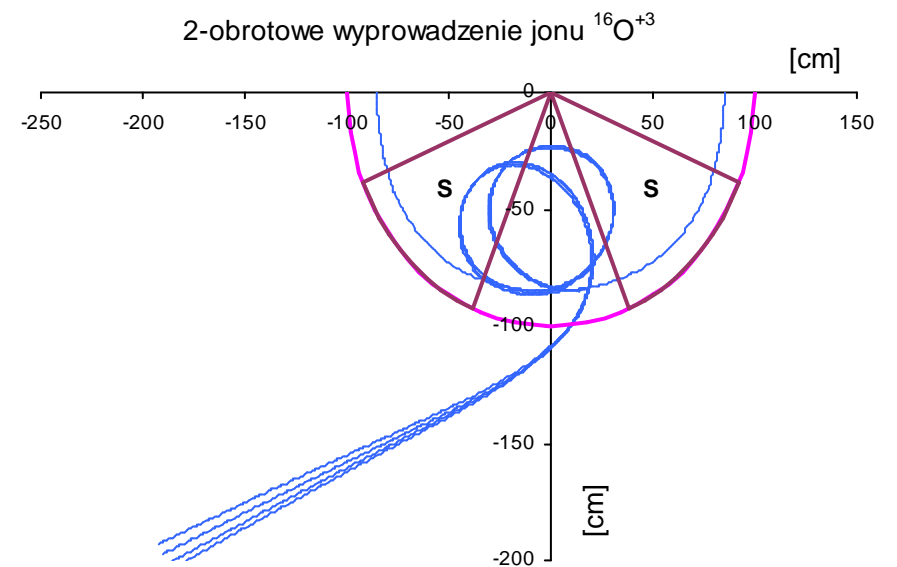
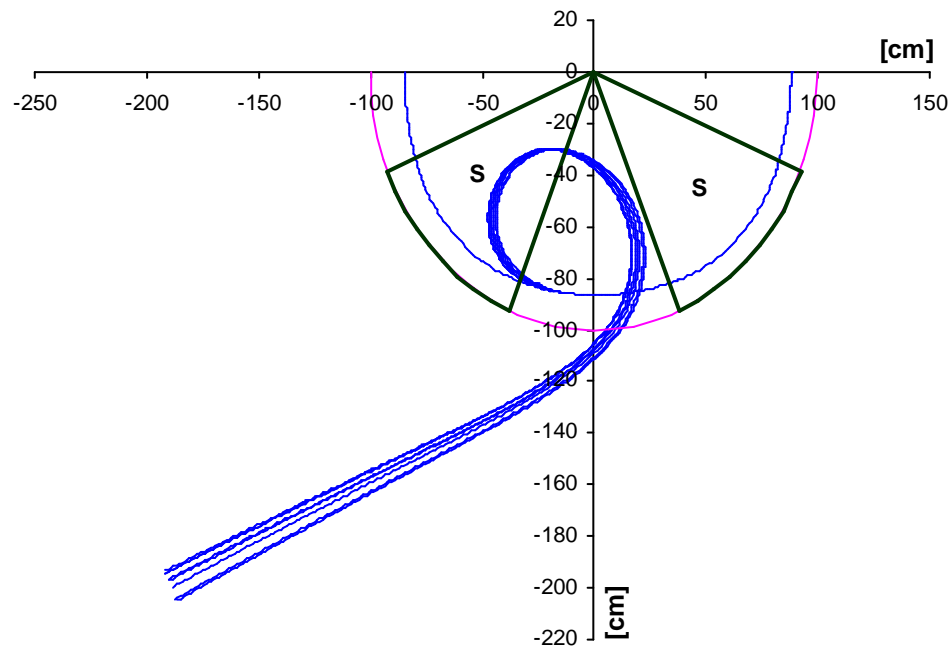


WYKŁADZINY DUANTÓW

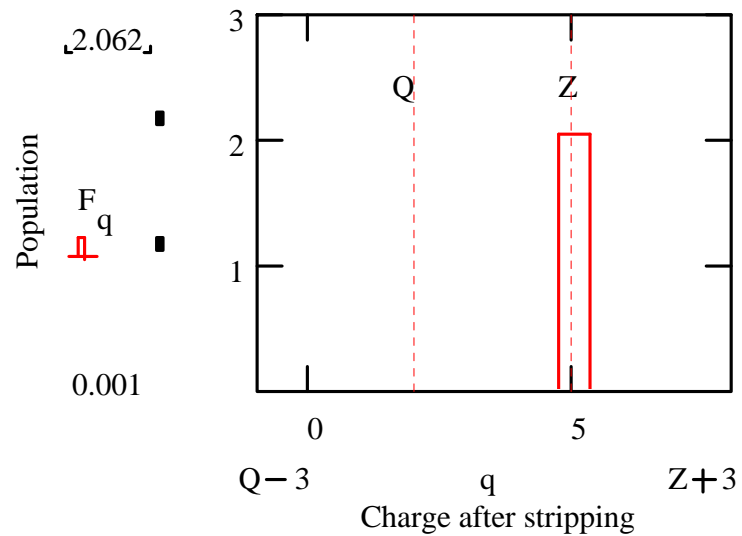




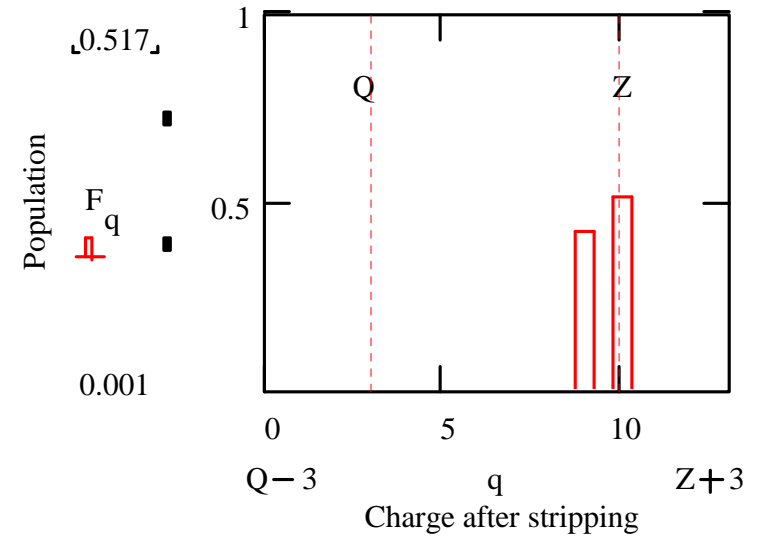
Wyprowadzenie wiązki – stripper



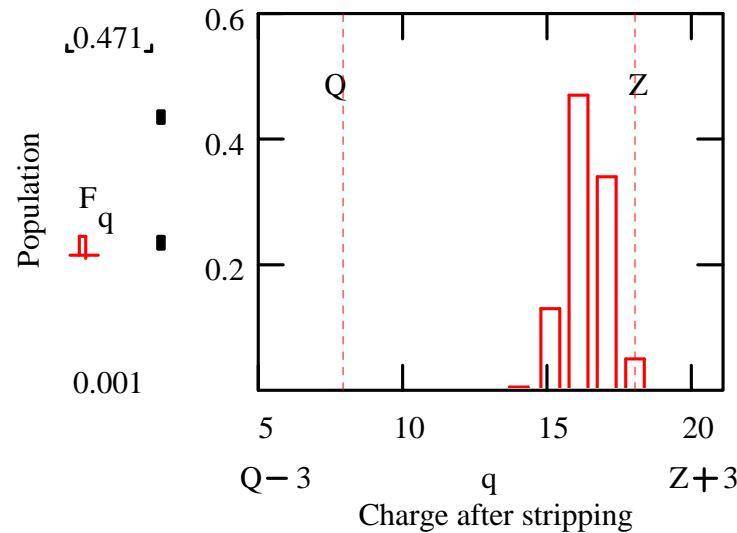
Zależność populacji stanów ładunkowych po strippingu od liczby masowej A jonów



$A=10, Z=5, Q=2,$
 $E=5 \text{ MeV/A}$

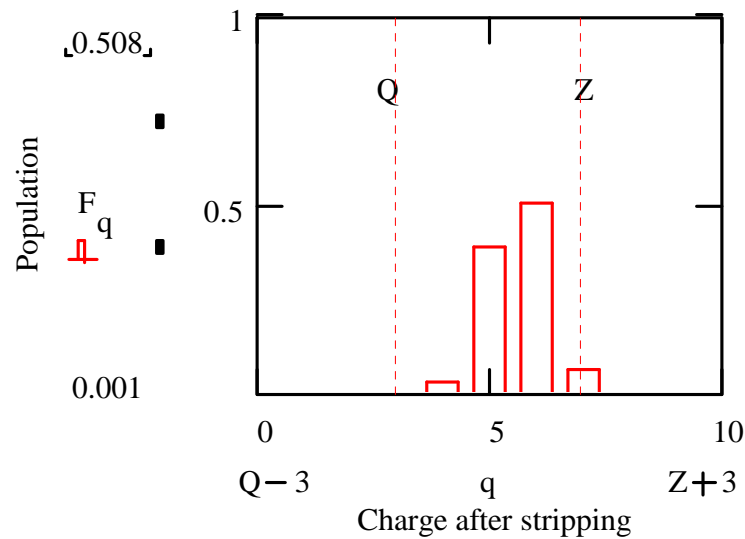


$A=20, Z=10, Q=3,$
 $E=5 \text{ MeV/A}$

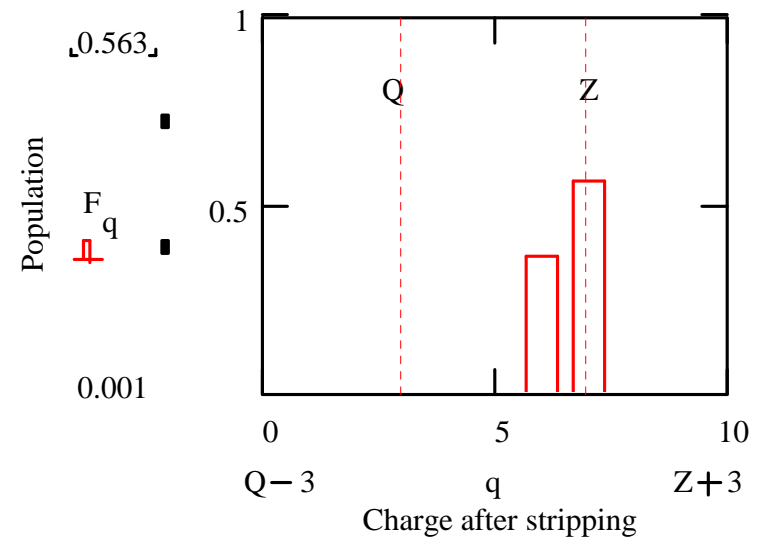


$A=40, Z=18, Q=8,$
 $E=5 \text{ MeV/A}$

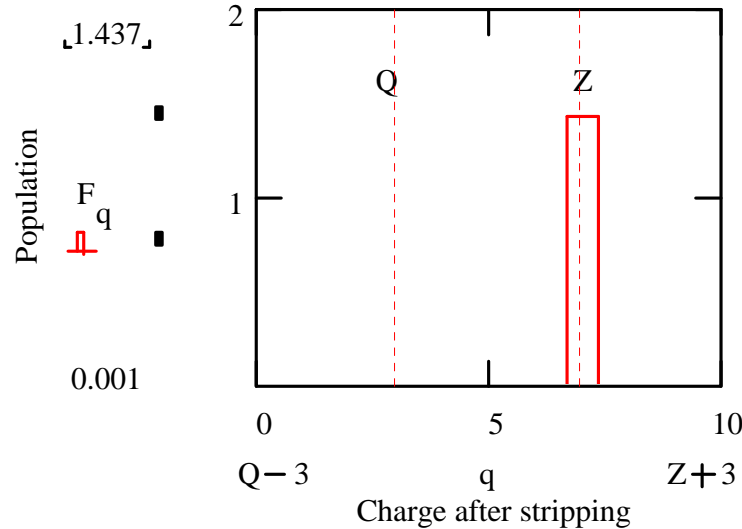
Zależność populacji stanów ładunkowych po strippingu od energii jonów



$A=14, Z=7, Q=3,$
 $E=1 \text{ MeV/A}$

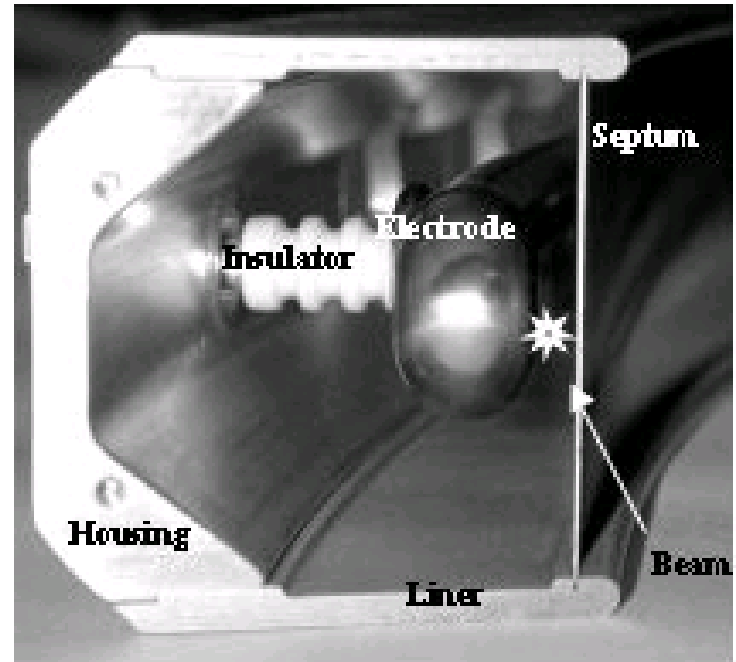


$A=14, Z=7, Q=3,$
 $E=3 \text{ MeV/A}$



$A=14, Z=7, Q=3,$
 $E=6 \text{ MeV/A}$

Wyprowadzenie wiązki – deflektor elektrostacyjny



Jonowody

Na wszystkich jonowodach zainstalowane są elementy ułatwiające prowadzenie w nich przyspieszonej wiązki ciężkich jonów do układu eksperymentalnego.

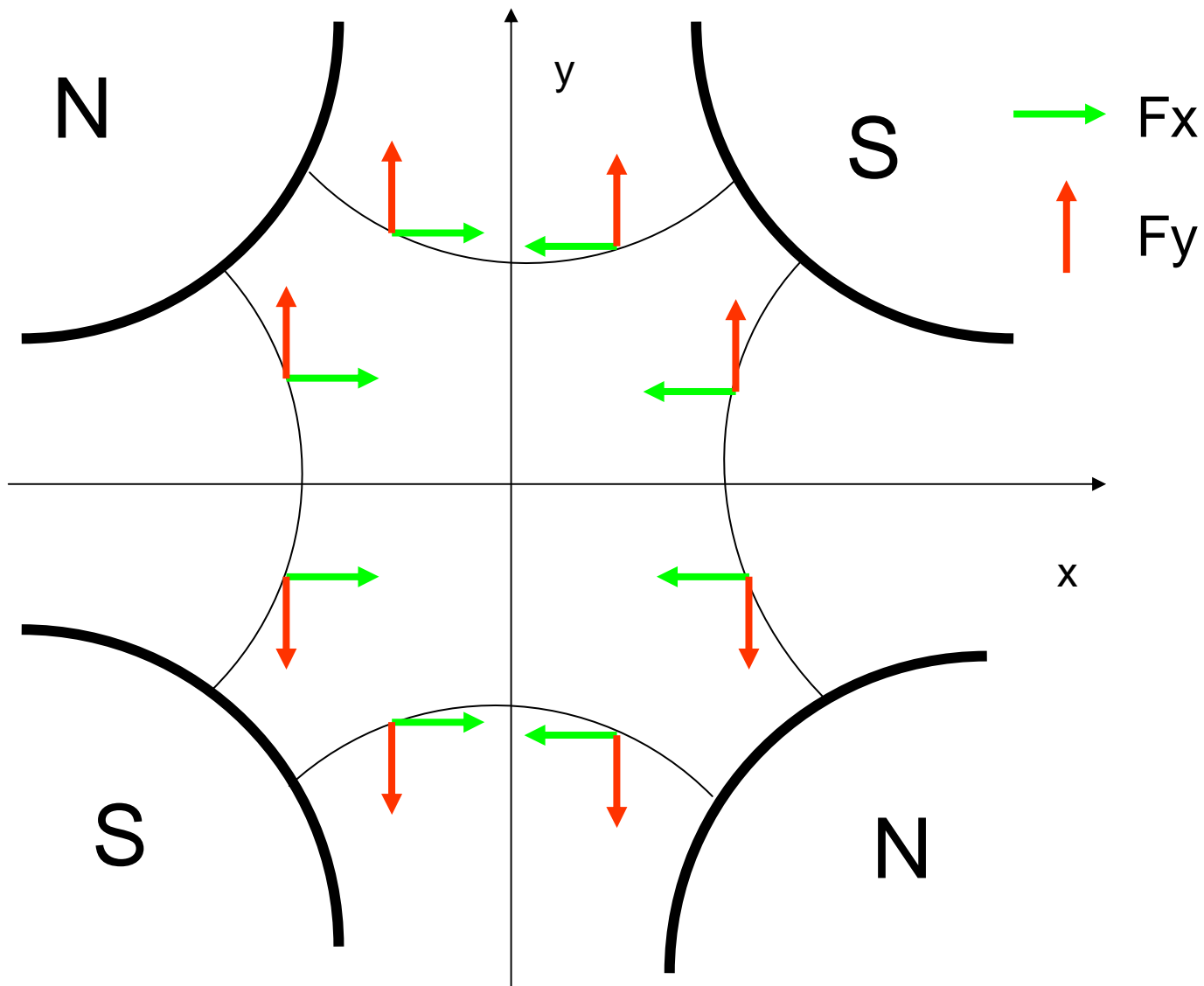
- magnesy kwadrupolowe**
- magnesy dipolowe: analizujące, rozpraszające i steeringi**
- kubki Faraday'a**
- ekrany luminescencyjne**



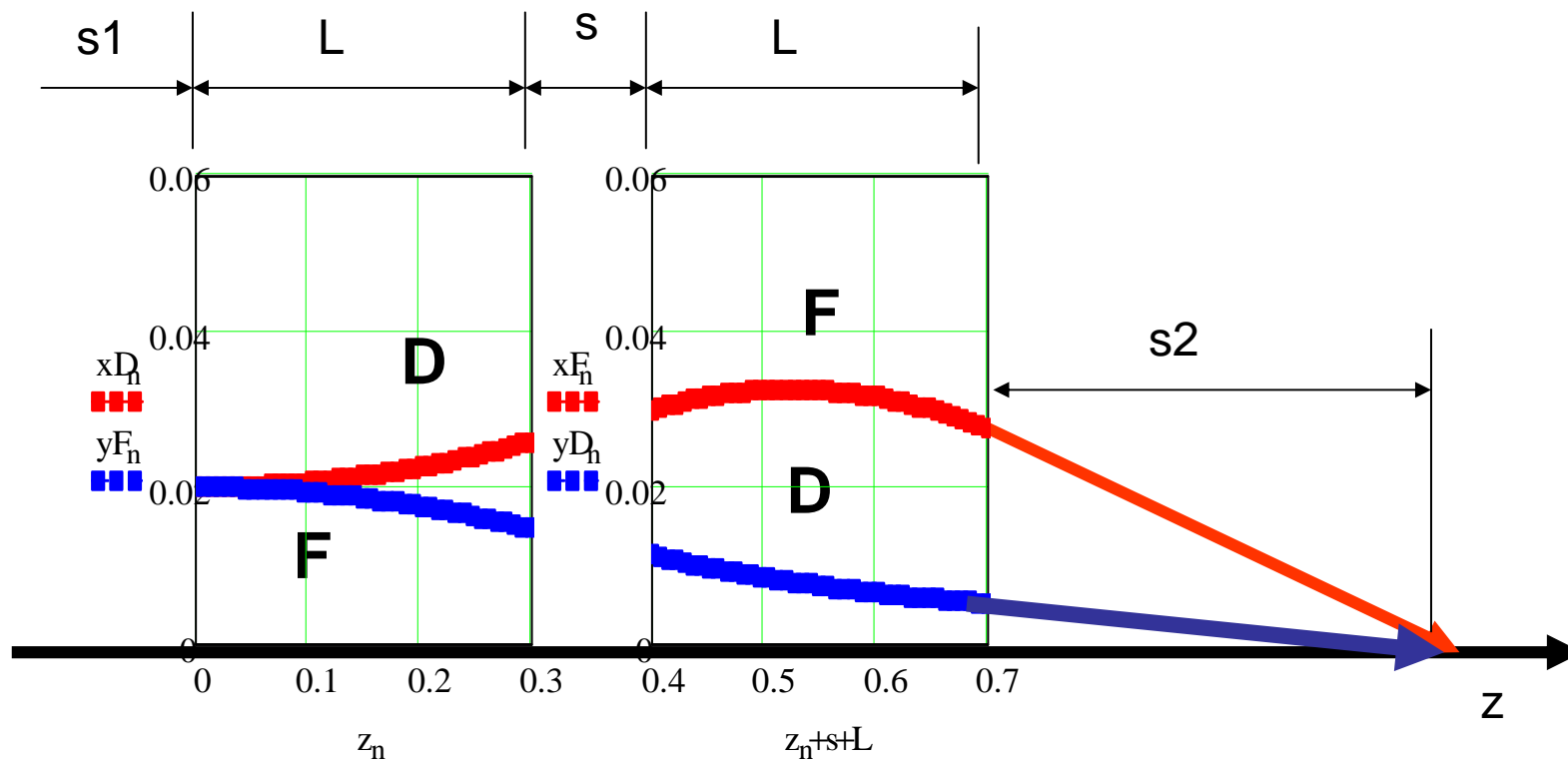
Magnes kwadrupolowy



Magnes kwadrupolowy



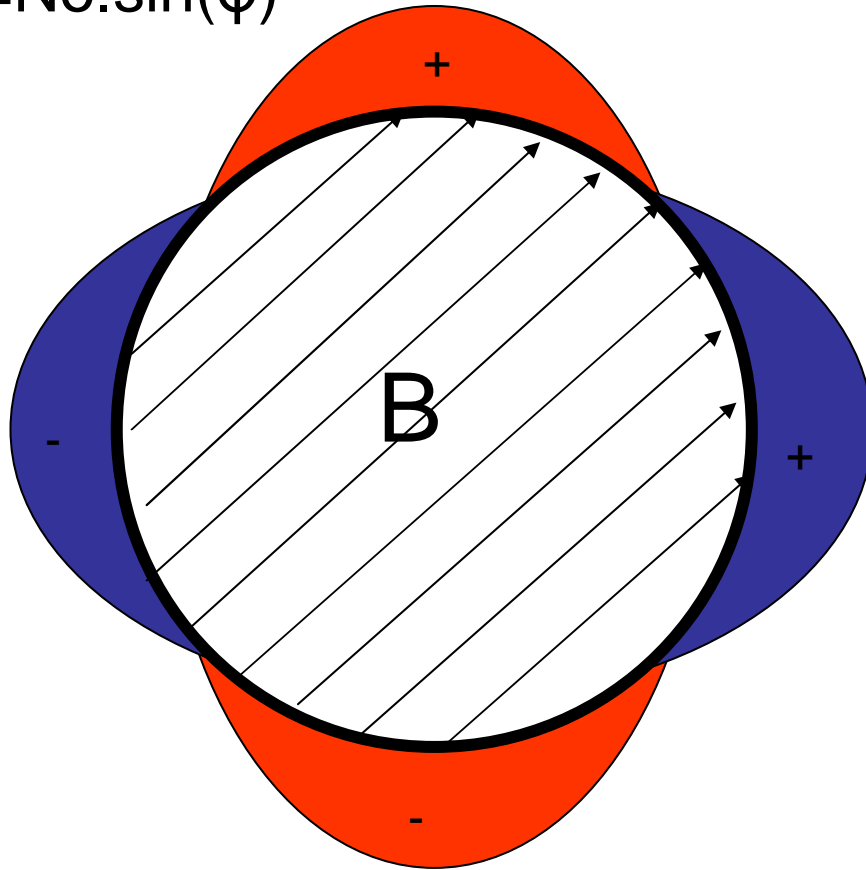
Magnes kwadrupolowy



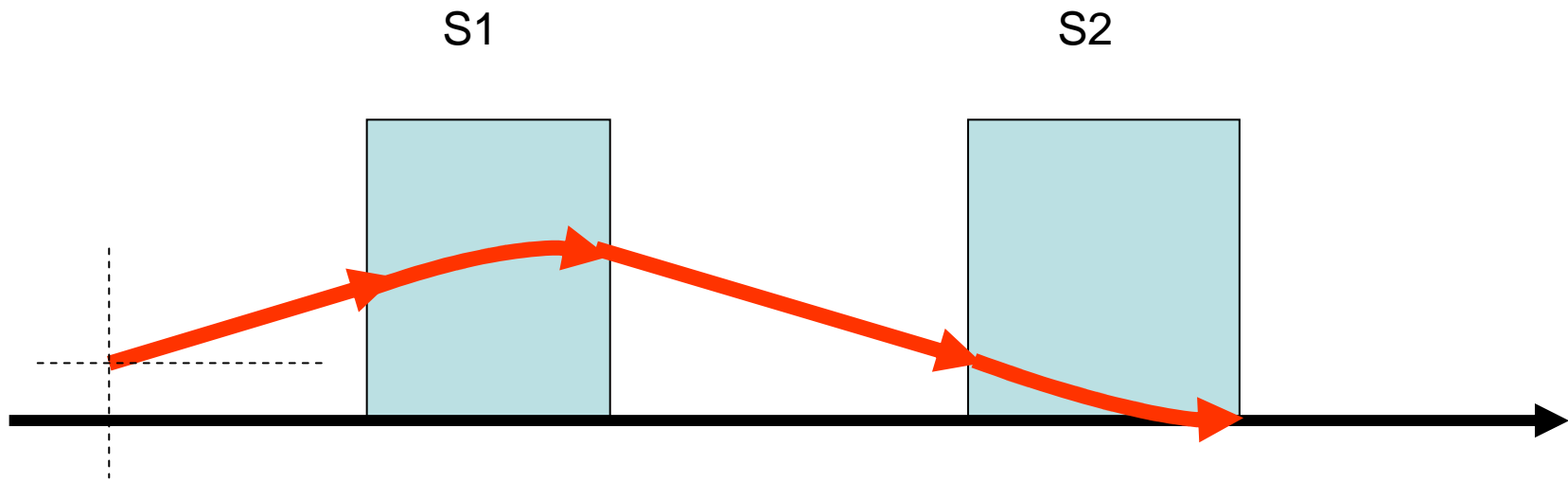
Magnes dipolowy - steering

$$N1 = N_0 \cdot \cos(\varphi)$$

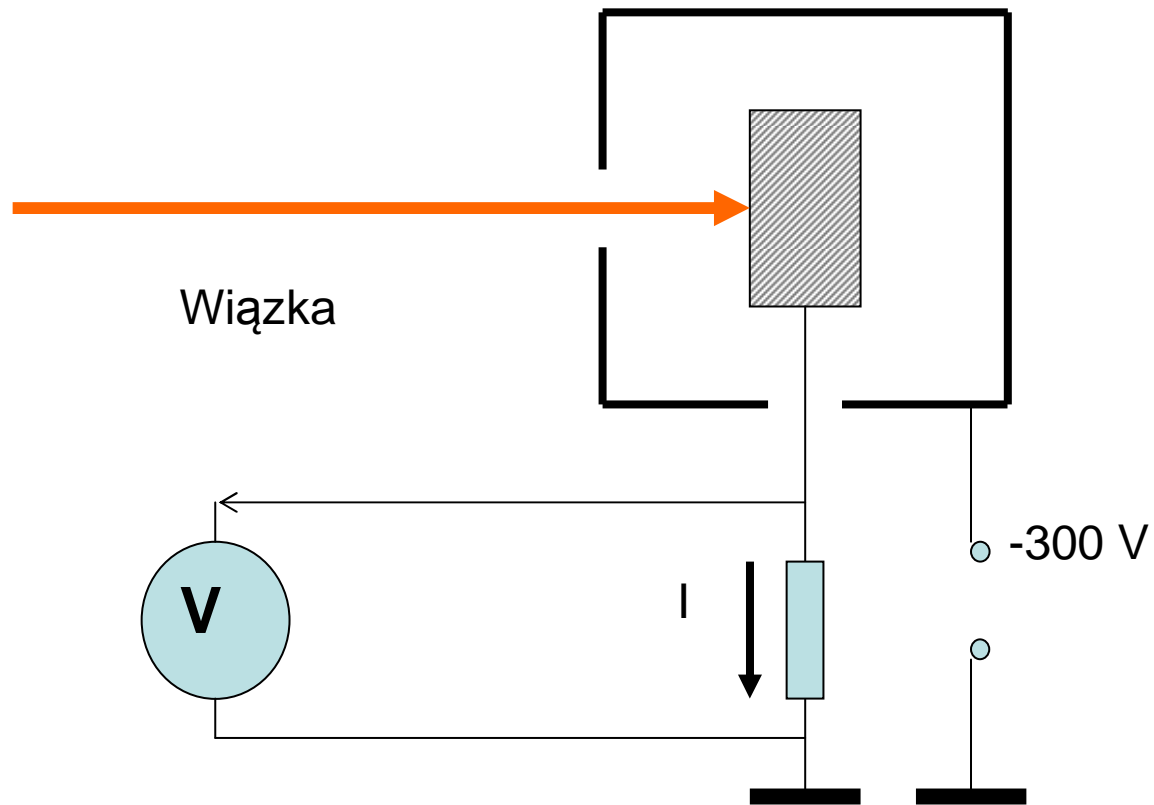
$$N2 = N_0 \cdot \sin(\varphi)$$



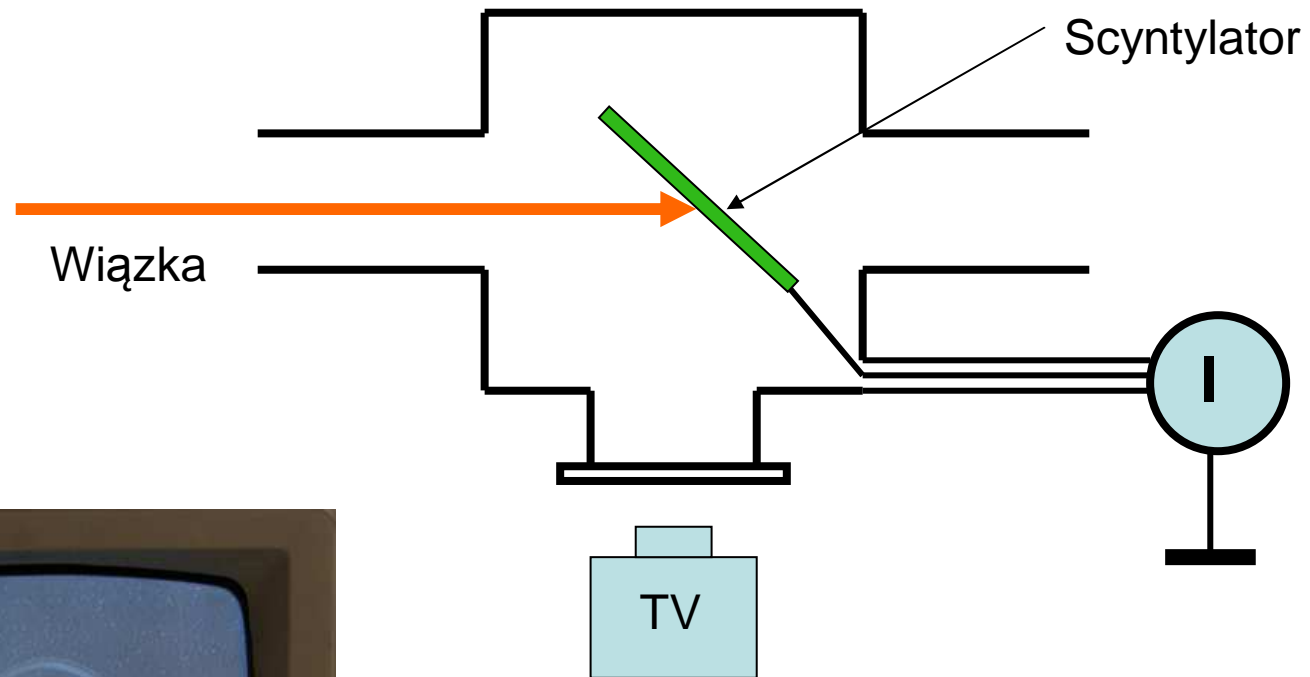
Magnes dipolowy - steering



Diagnostyka wiązki - kubek Faraday'a



Diagnostyka wiązki - „luminofor”





Dziękuję za uwagę!