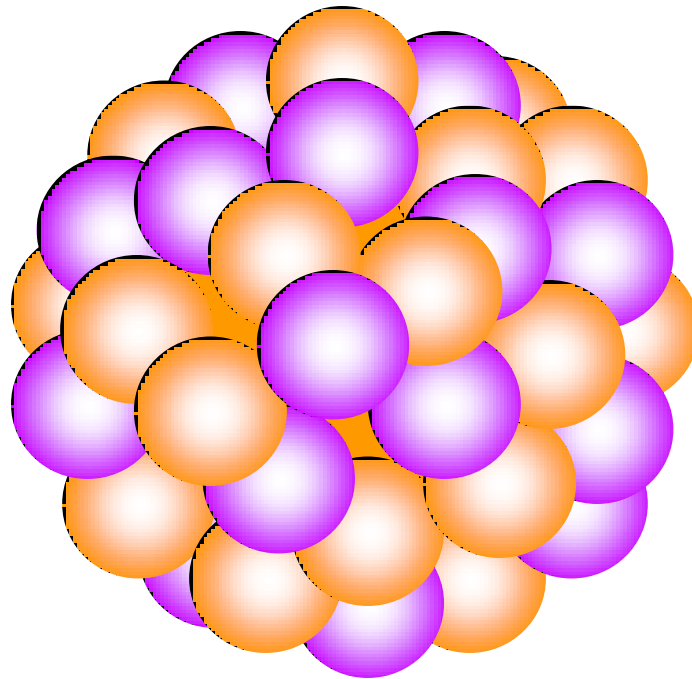


FIZYKA III

MEL

Fizyka jądrowa i cząstek elementarnych

Wykład 6 – Detekcja cząstek



Detekcja cząstek

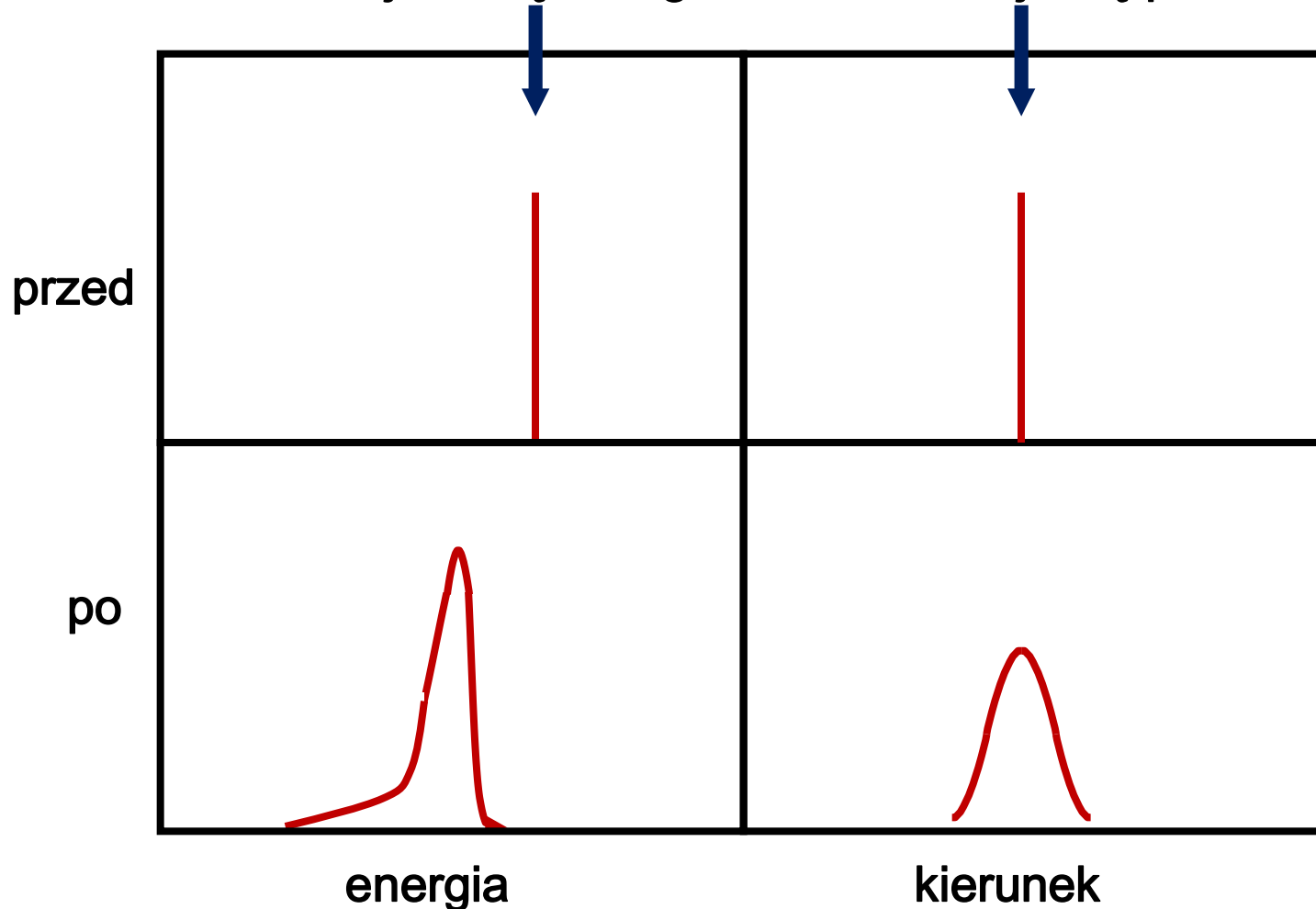
- rejestracja
- identyfikacja
- kinematyka

Zjawiska towarzyszące przechodzeniu cząstek przez materię

- jonizacja
- scyntylacje
- zjawiska w półprzewodnikach
- promieniowanie Czerenkowa
- promieniowanie hamowania (bremsstrahlung)
- wielokrotne rozpraszanie
- cząstki neutralne?

Wielokrotne rozpraszanie

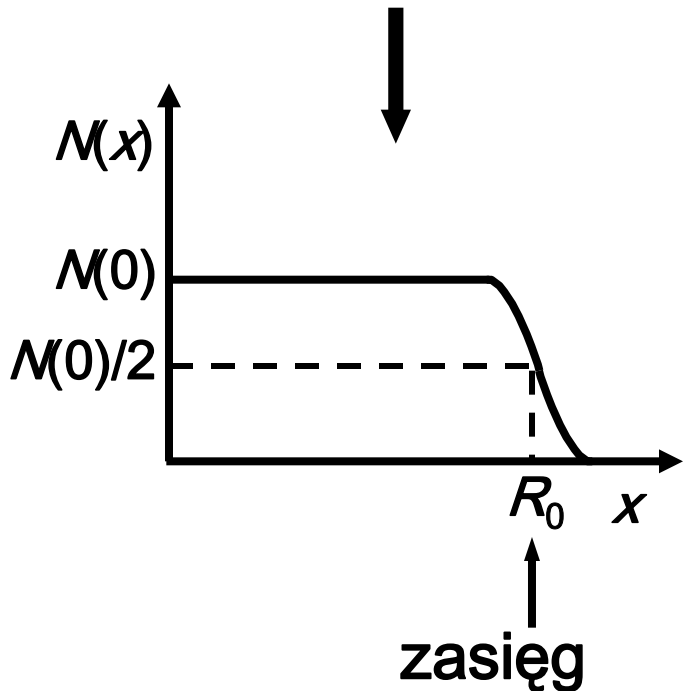
Cząstka traci niewielką energię i nieznacznie zmienia kierunek w każdym akcie oddziaływania. Po przebyciu pewnej drogi w ośrodku...
...zmniejsza się energia ...i dekolimuje się pierwotna wiązka.



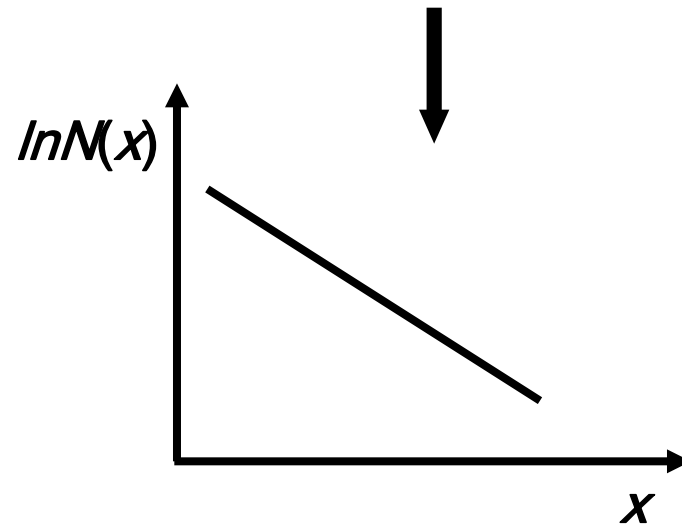
Wielokrotne rozpraszanie

Intensywność wiązki w funkcji drogi przebytej w ośrodku:

w wyniku wielokrotnego rozpraszania



w wyniku procesów, w których cząstka traci znaczną część energii i wypada z wiązki



proces statystyczny:

$$\Delta N = -\mu N \Delta x$$

$$N(x) = N(0)e^{-\mu x}$$

Jonizacja

Średnie straty energii na jonizację (formuła *Bethe – Blocha*):

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2}{m_e \beta^2 c^2} nZ \left[\ln \frac{2m_e \beta^2 c^2}{I(1-\beta^2)} - \beta^2 \right]$$

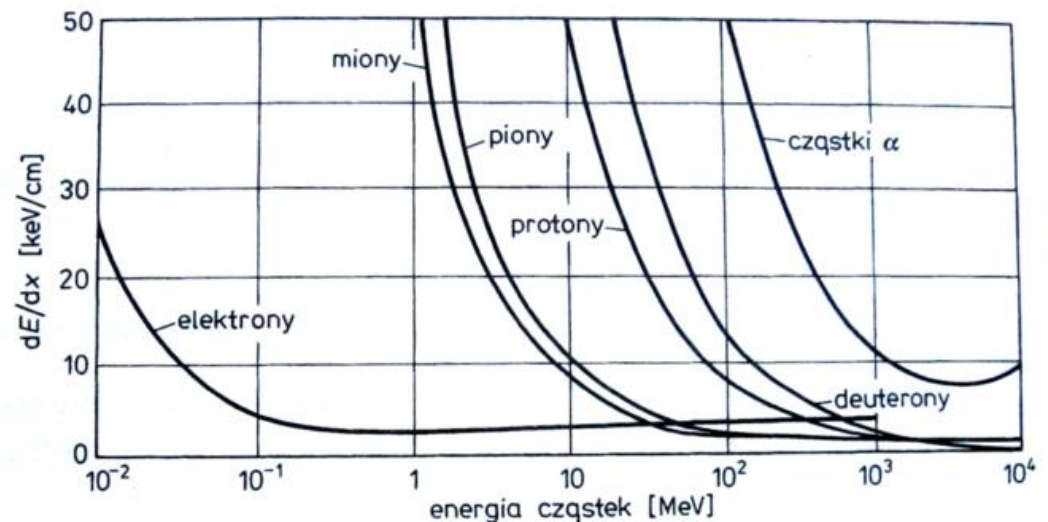
$e \cdot z$ – ładunek cząstki

Z, A – wielkości charakteryzujące ośrodek

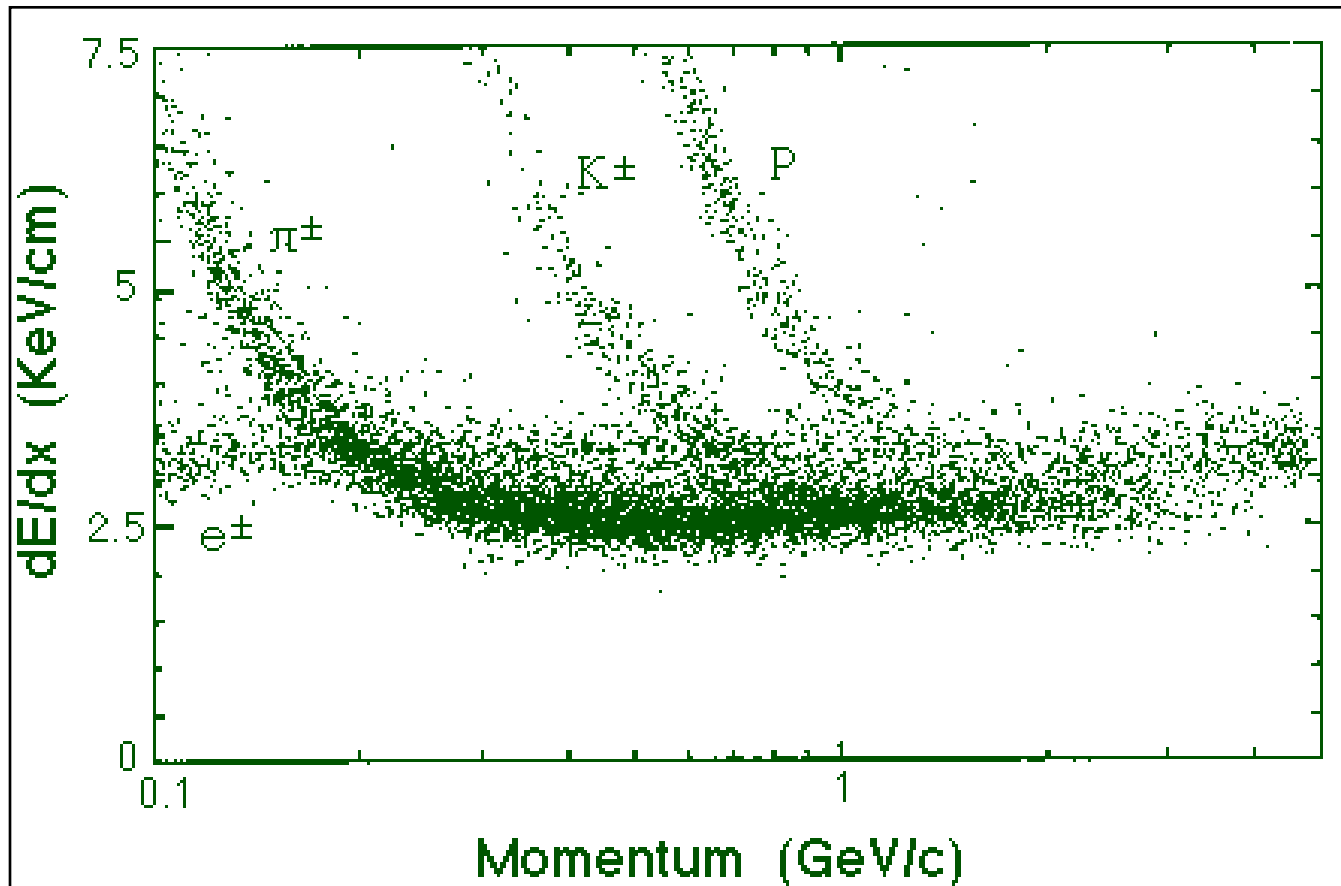
β – prędkość cząstki (v/c)

I – energia jonizacji ($I \approx 13.5 \cdot Z$ eV)

n – koncentracja



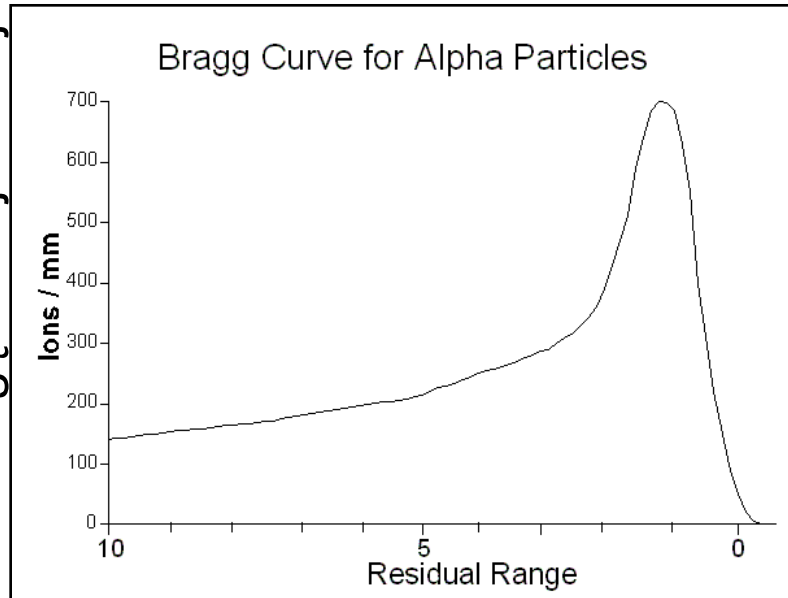
Jonizacja



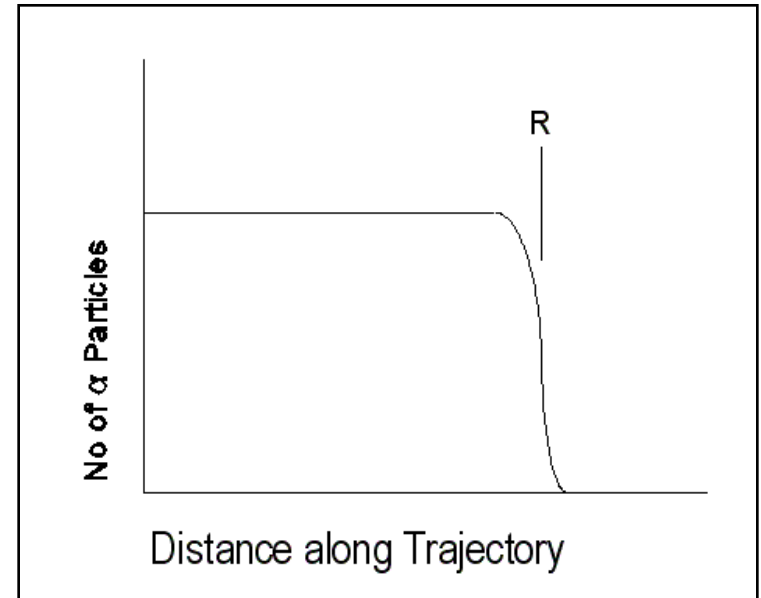
możliwa identyfikacja

Krzywa Bragga

średnia gęstość jonizacji

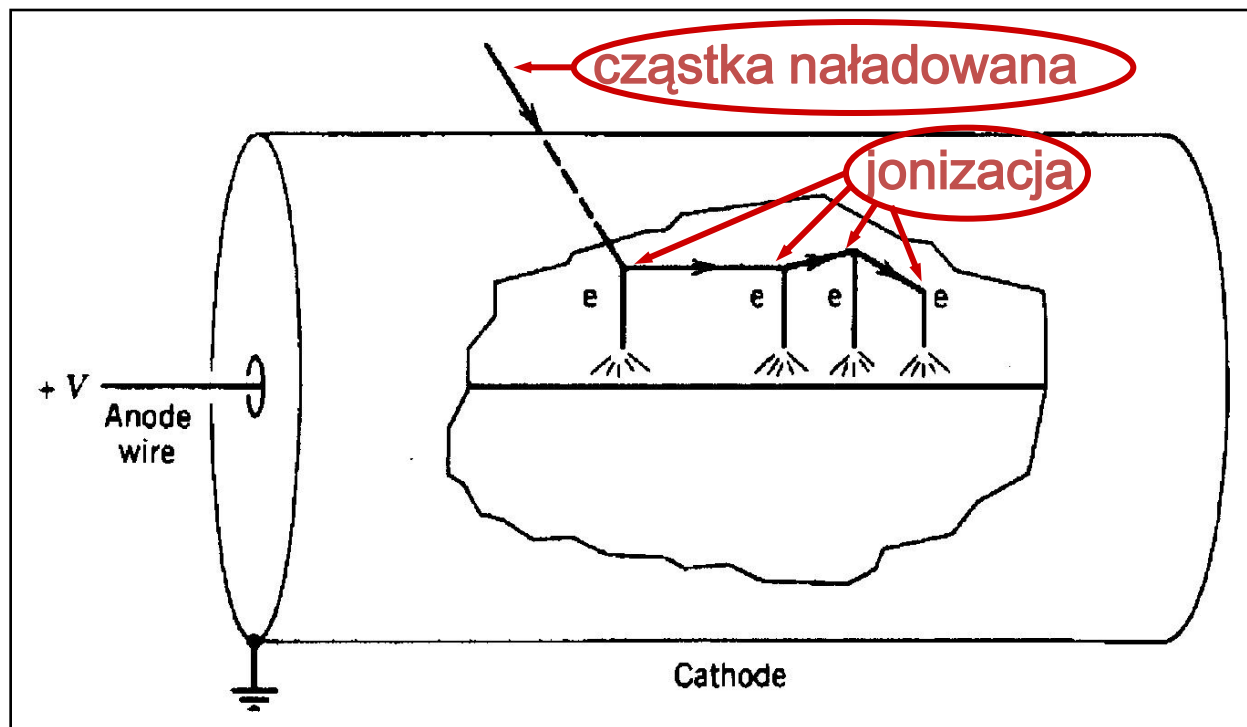


droga przebyta w absorbencie

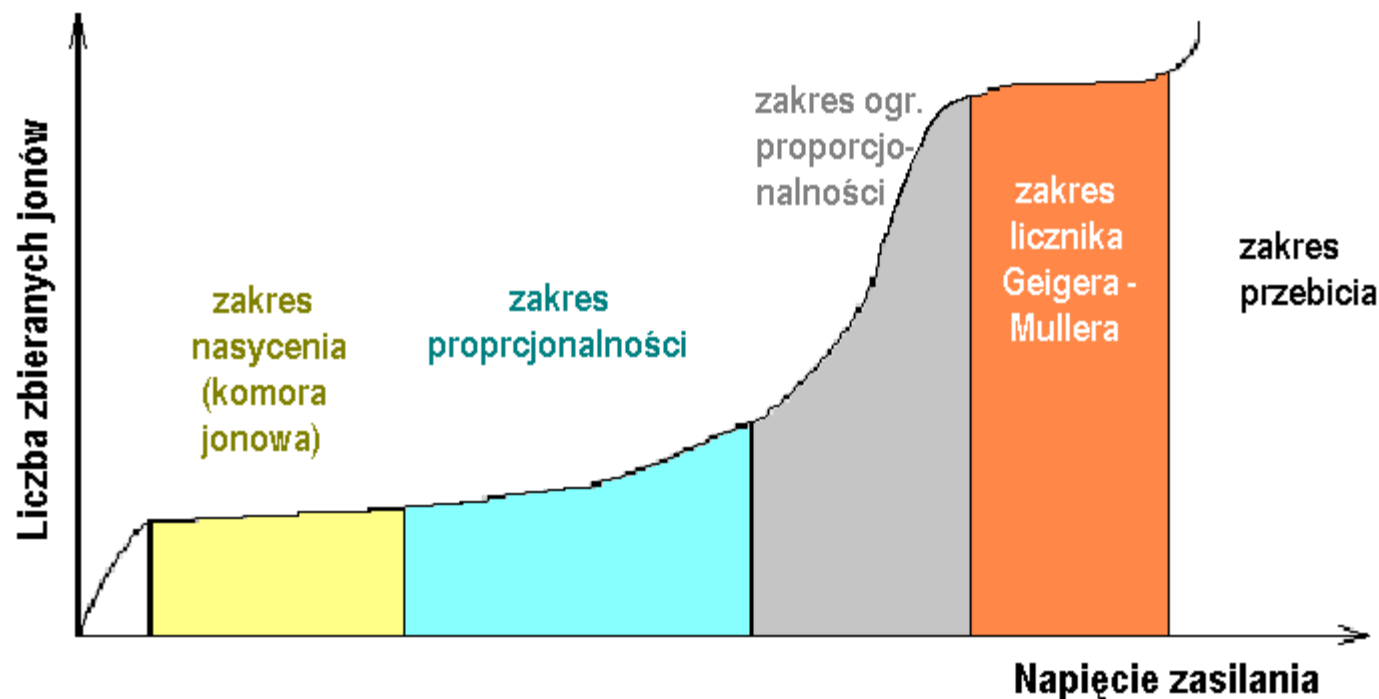


zasięg

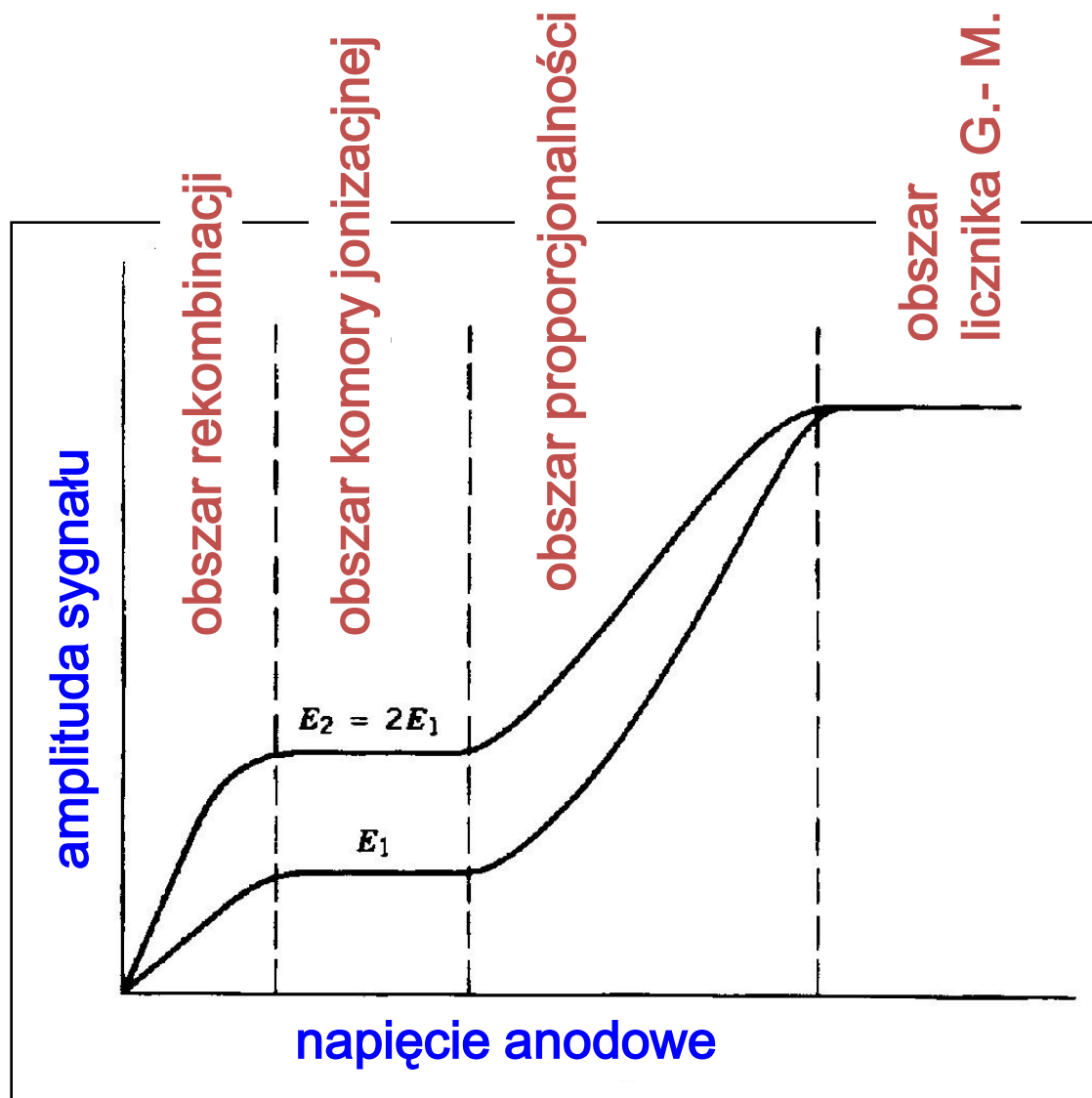
Liczniki jonizacyjne



Charakterystyka i przedziały pracy komory gazowej



Liczniki jonizacyjne



Komora jonizacyjna

Liczba wytworzonych jonów proporcjonalna do traconej przez cząstkę energii.

Niewielkie impulsy – rejestracja cząstek silnie jonizujących.

cienkościenne okienko

Licznik proporcjonalny

Jonizacja wtórna – impuls wzmacniony $10^2 - 10^4$ razy

Wysokość impulsu proporcjonalna do liczby jonów pierwotnych, a więc do energii cząstki.

→ warunek – dobra stabilizacja napięcia anodowego

Licznik Geigera-Millera

Detektor jonizacyjny pracujący w zakresie geigerowskim – silne pole elektryczne w pobliżu anody powoduje jonizację lawinową.

Prosty przyrząd rejestrujący promieniowanie.

Brak informacji o

- rodzaju promieniowania
- energii

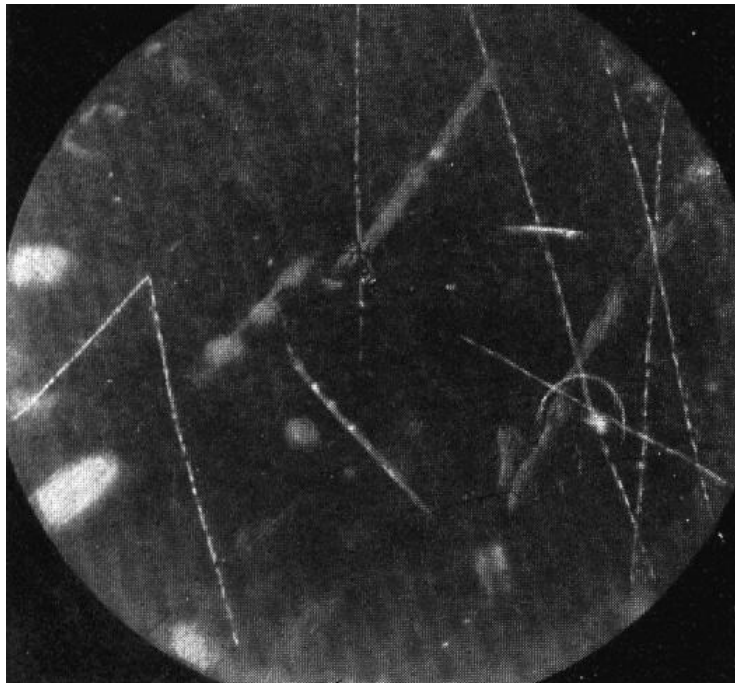
Czas martwy – czas wyładowania (kilka μs), w którym licznik nie rejestruje cząstek.

Detektory śladowe

Komora mgłowa Wilsona:

jonizacja w przechłodzonej parze

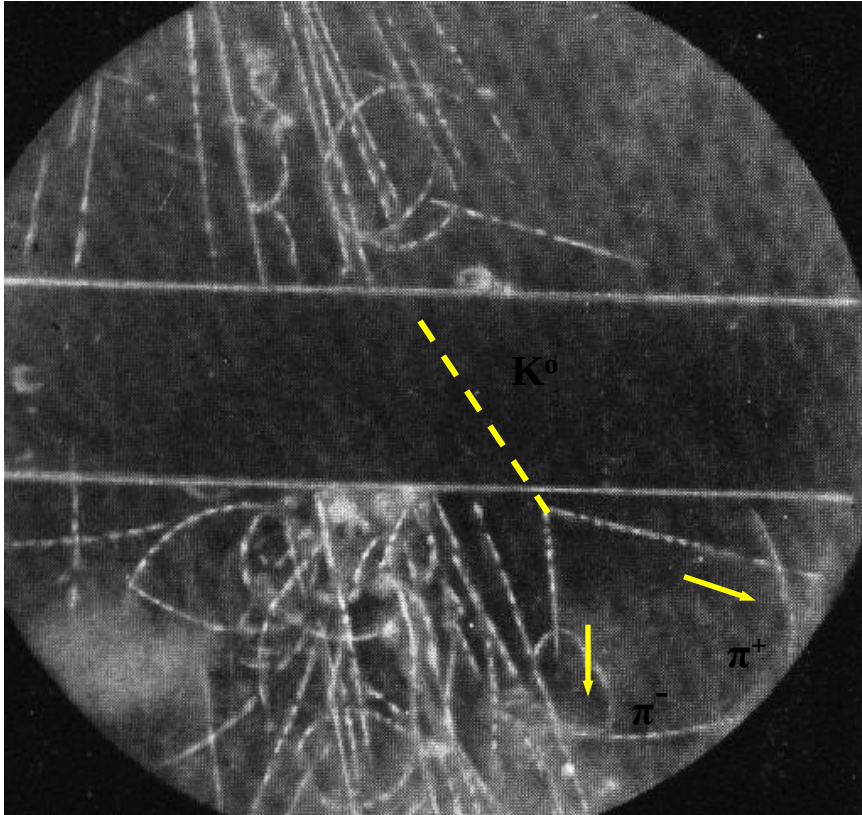
rozprężenie adiabatyczne → przesycenie



Charles Wilson

$\frac{1}{2}$  1927

Pierwsza fotografia cząstki V^0



wtórne kosmiczne, $h = 0$
komora mgłowa
 $B = 0.35$ T, płytka 3' Pb
(Manchester Univ.)

G.D.Rochester i C.C.Butler;
Nature, 160, 855, (1947)

$$\theta = 67^\circ$$

$$p_+ = 200 \div 300 \text{ MeV}$$

$$p_- = 700 \div 1000 \text{ MeV}$$

$$m_V = 500 \div 600 \text{ MeV}$$

$$\tau = 10^{-11} \div 10^{-9} \text{ s}$$

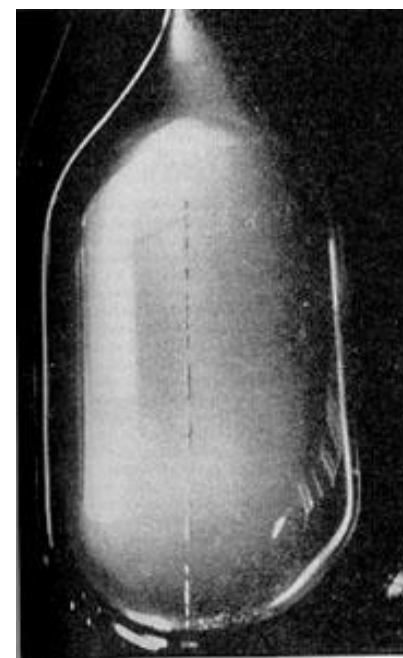
Komora pęcherzykowa Glasera

- D.Glaser, 1953 (1955 – 1985)
- ekspansja przegrzanej cieczy
- fotografia 4π
- jednocześnie target i subst. robocza
- pole magnetyczne
- np.: H_2 , C_3H_8 , CF_2Cl_2 , Xe , ...

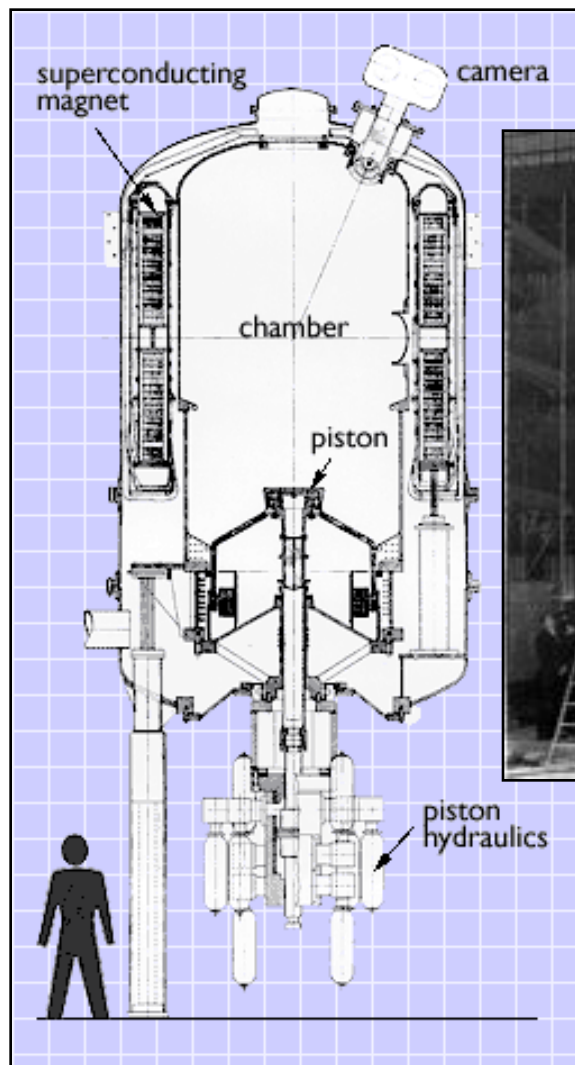
Donald Glaser



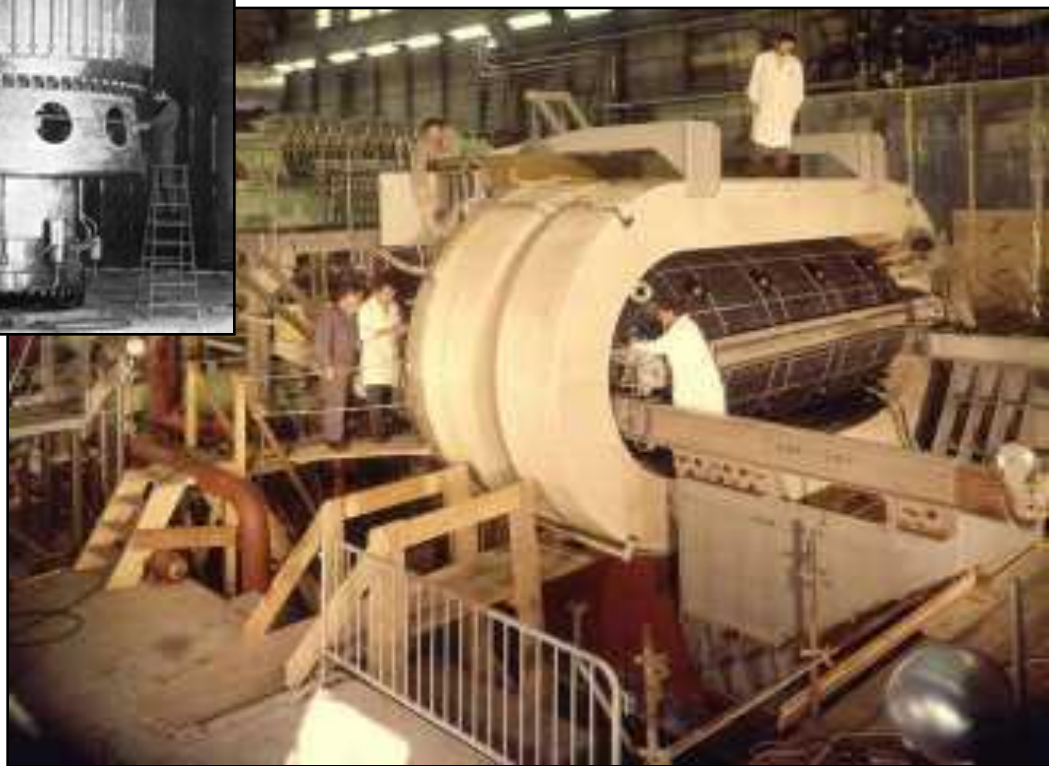
1960



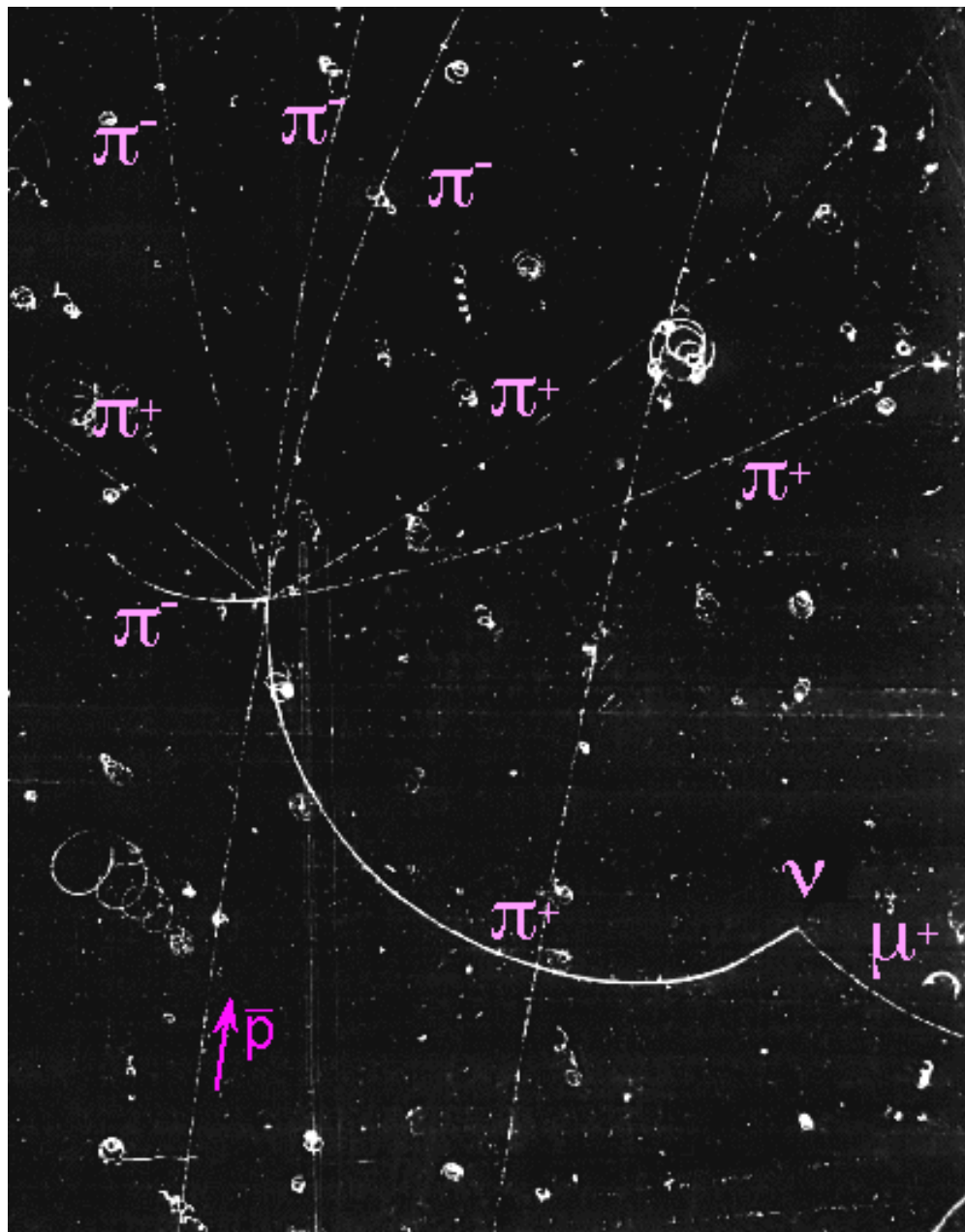
Komora pęcherzykowa



Gargamelle



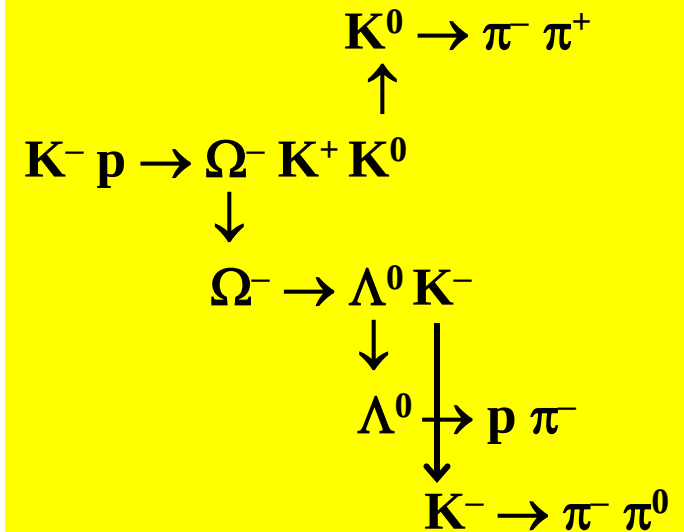
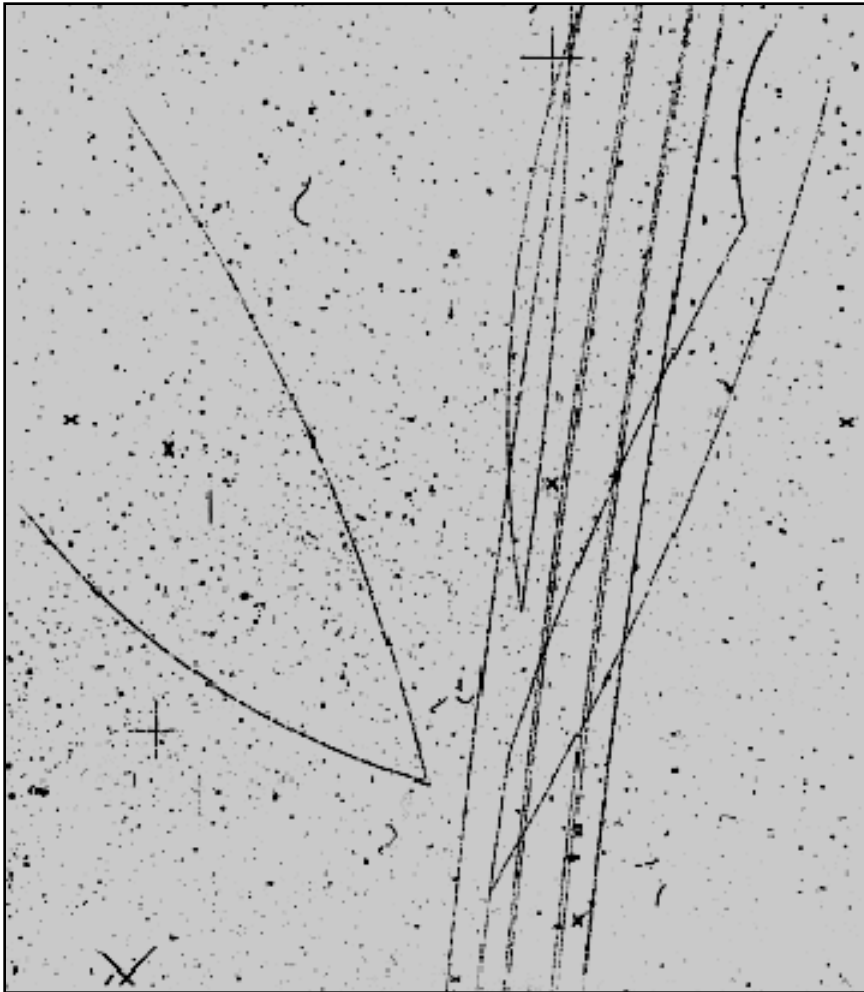
BEBC, 33.5 m³, H₂, 3.5 T



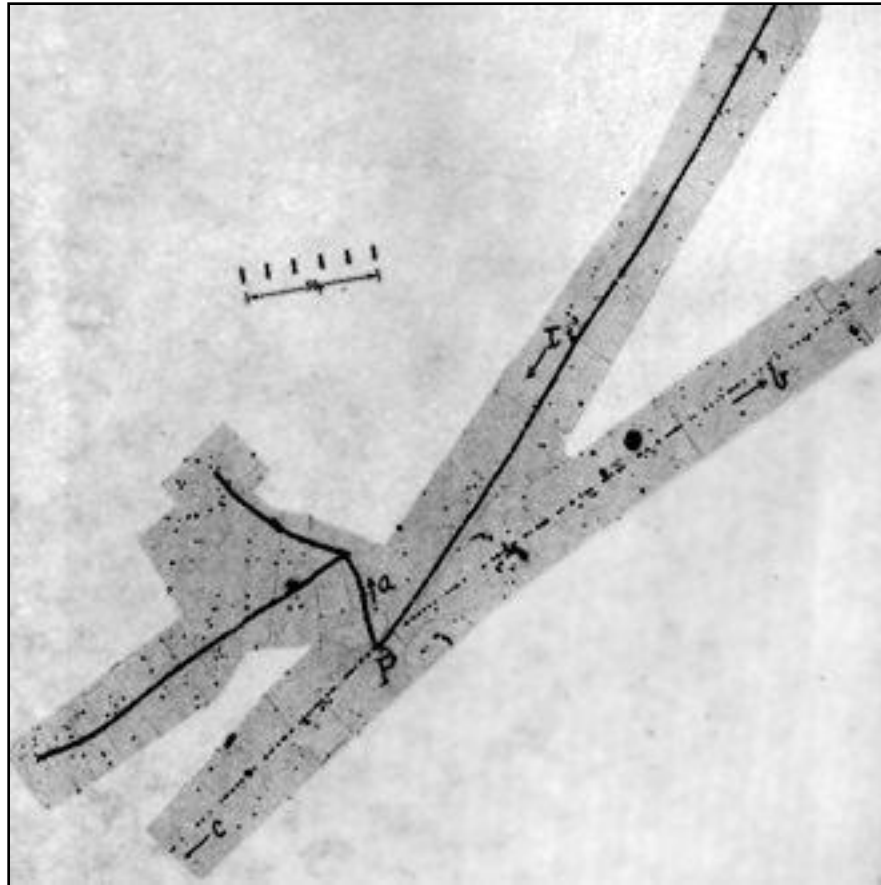
Analiza



K^- (4.2 GeV) w komorze H_2



Emulsja jądrowa

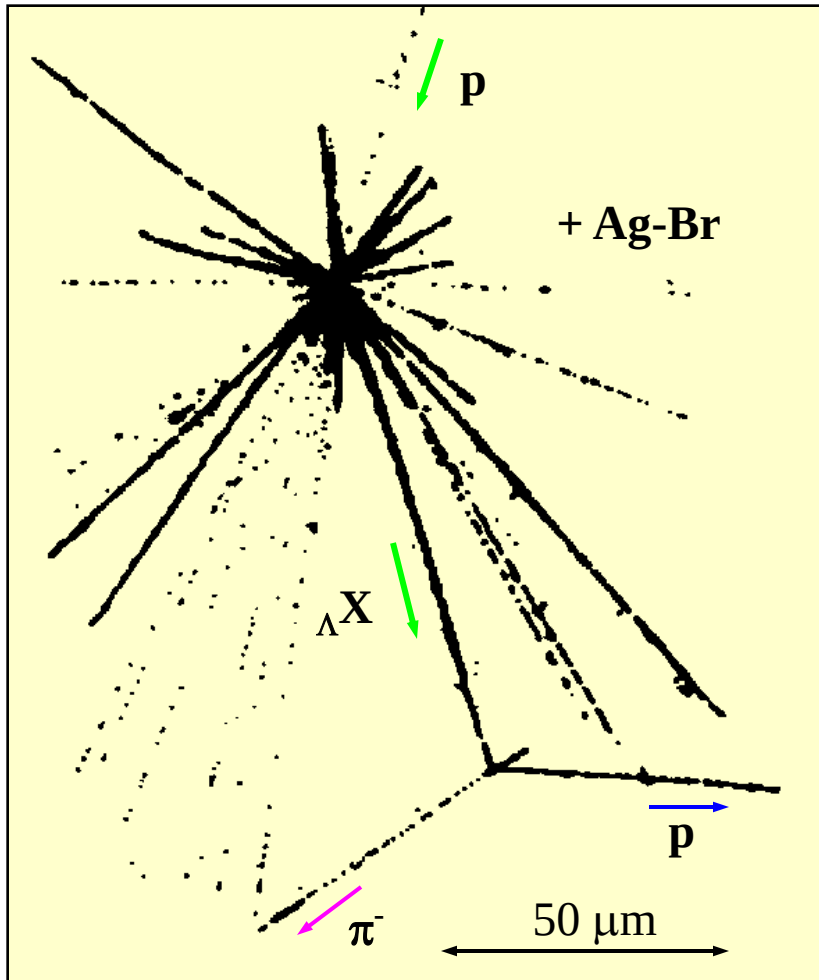


Cecil Frank Powell



1950

pierwsze hiperjądro



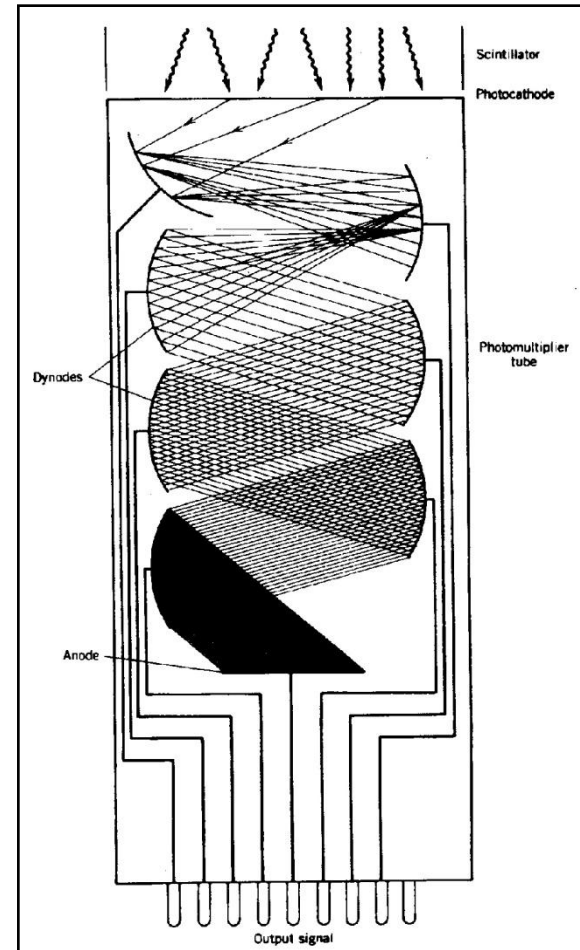
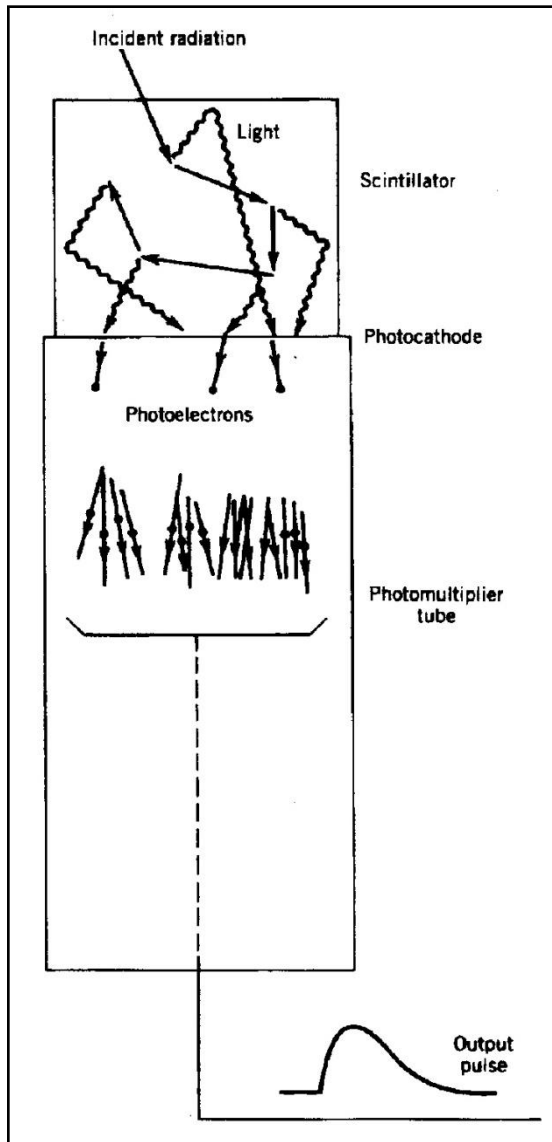
**produkcja i rozpad
pierwszego zarejestrowanego i
zidentyfikowanego hiperjądra**

**wtórne kosmiczne
emulsja jądrowa
M. Danysz, J. Pniewski,
1952, UW**

**najczęściej hiperhel ${}^5_{\Lambda}\text{He}$
typowy rozpad: ${}^5_{\Lambda}\text{He} \rightarrow$
 $\pi^- + p + {}^4\text{He}$ (+ 34.6 MeV)**

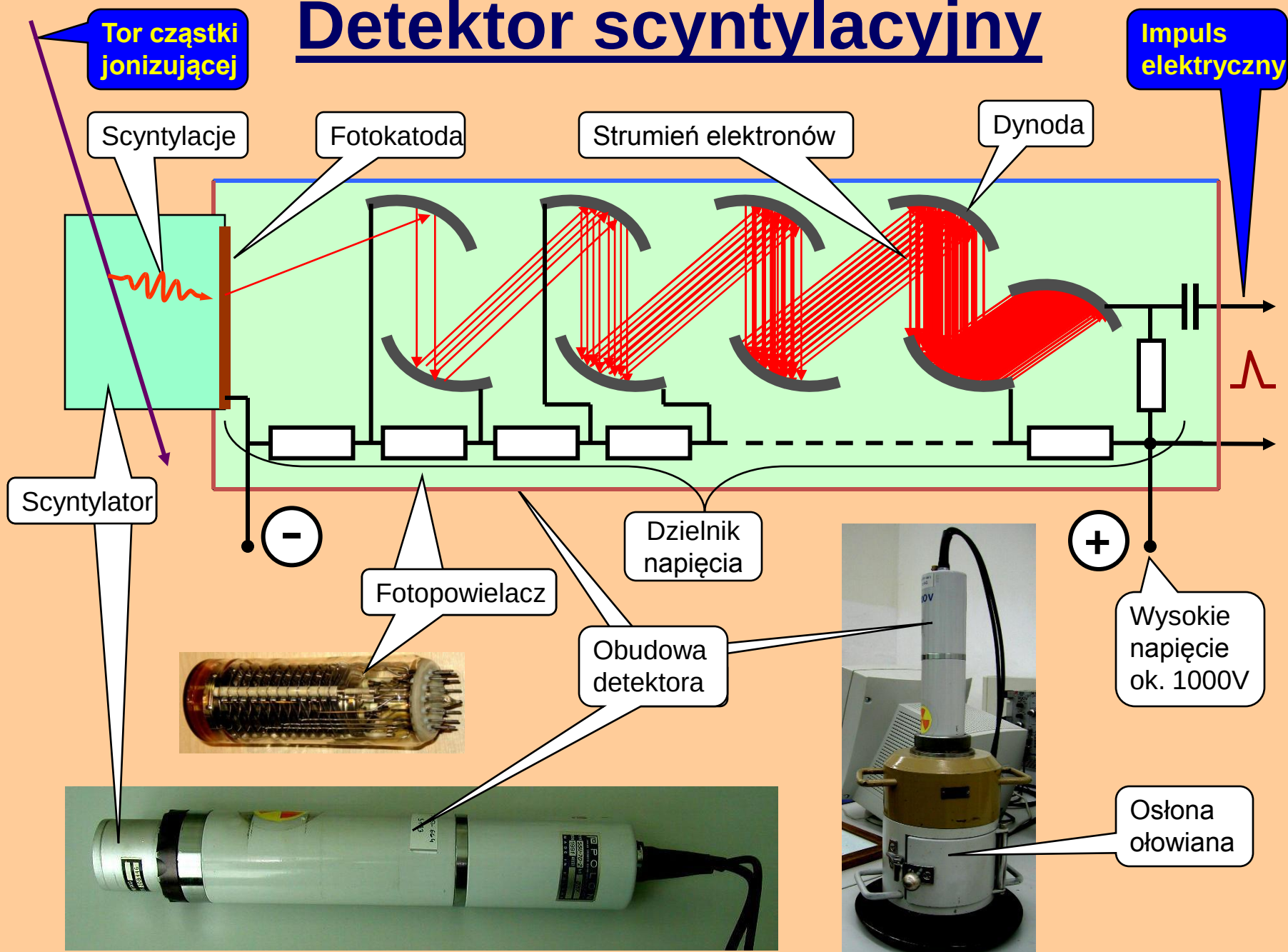
scyntylator

NaI(Tl)

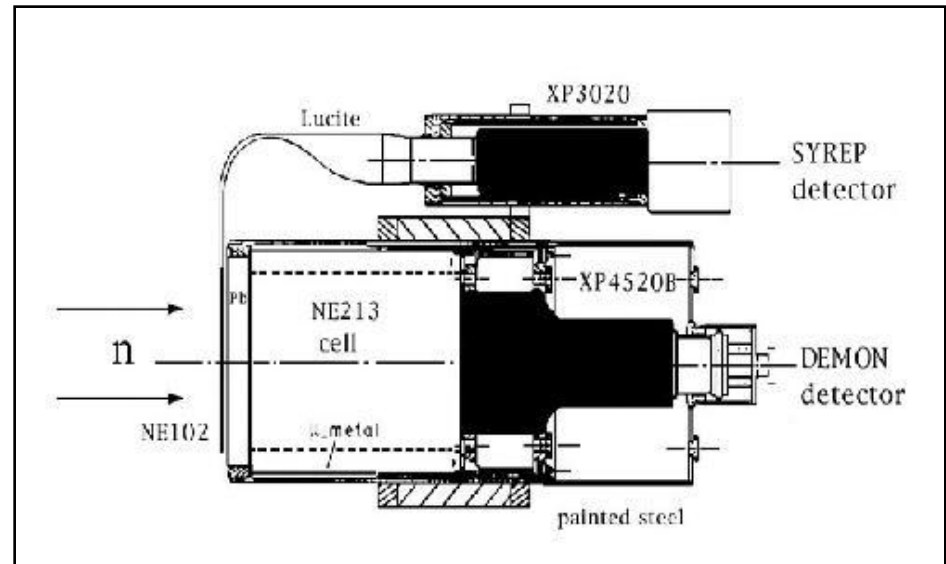


fotopowielacz

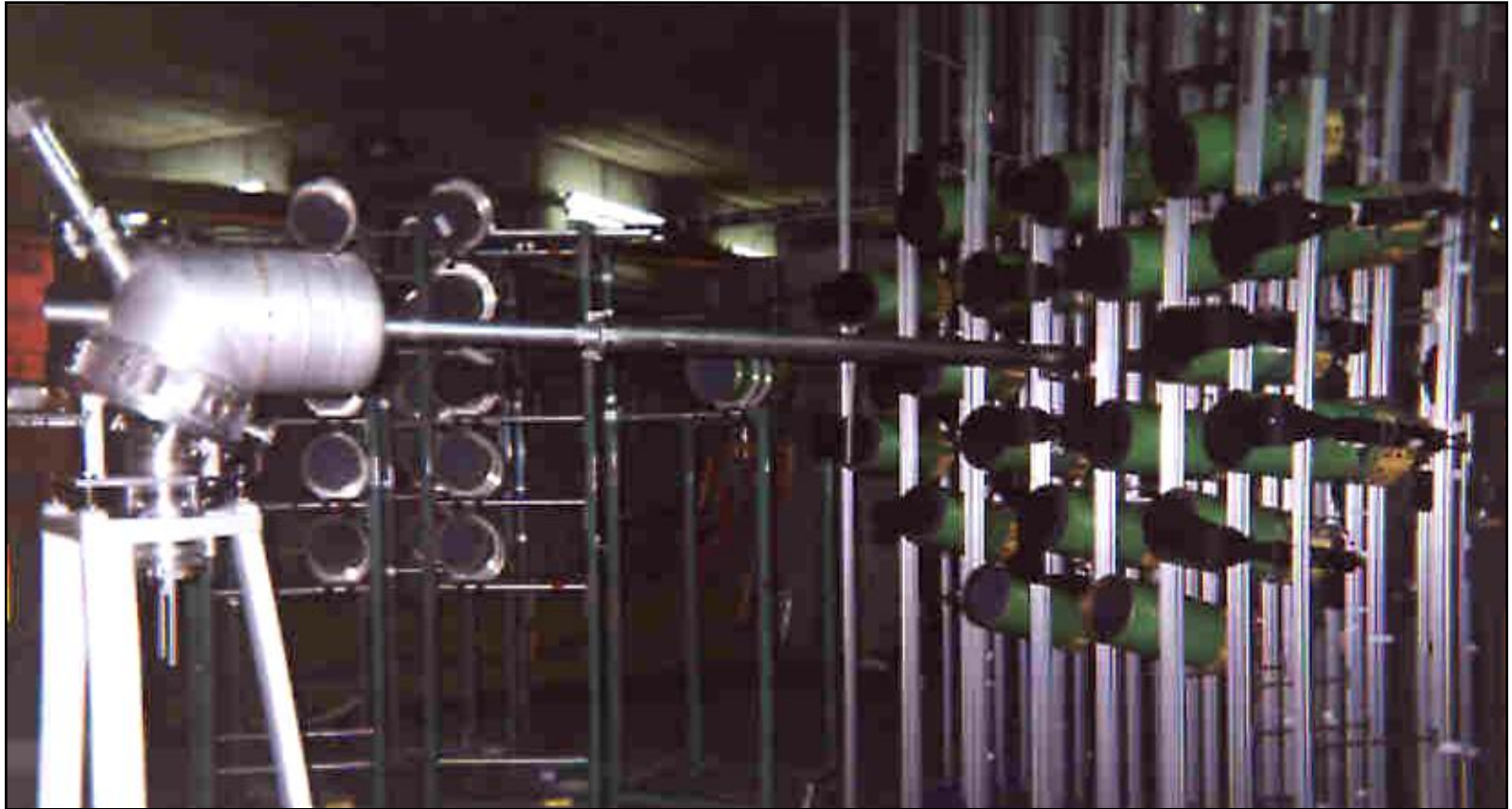
Detektor scyntylacyjny



detektor modułowy



demon E286 (nasz)



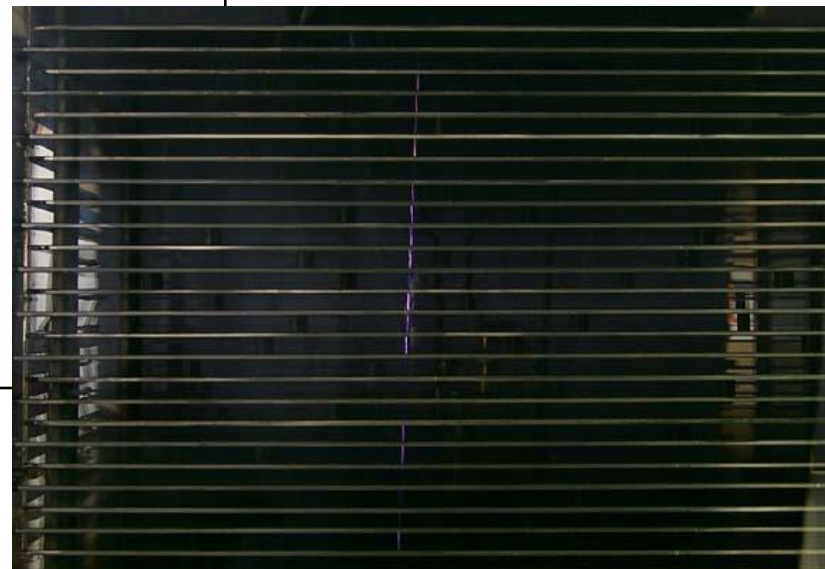
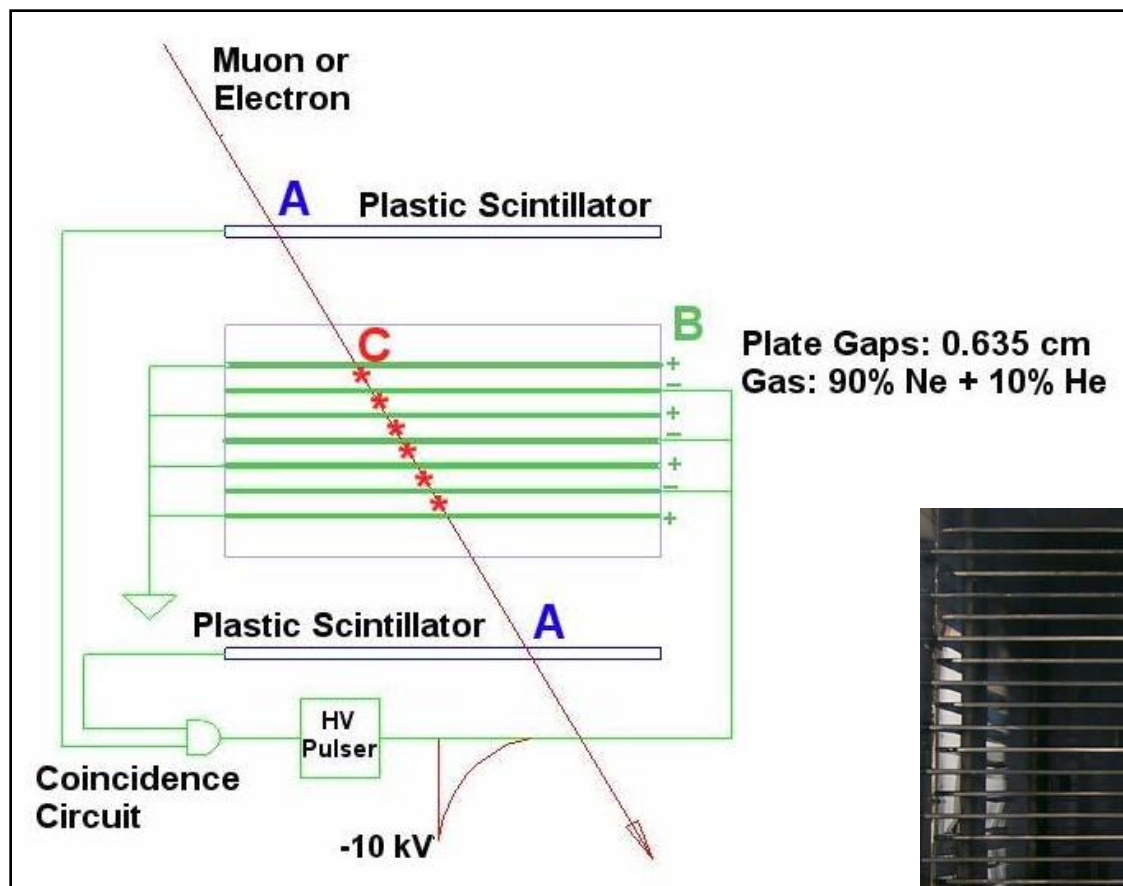


konstrukcja

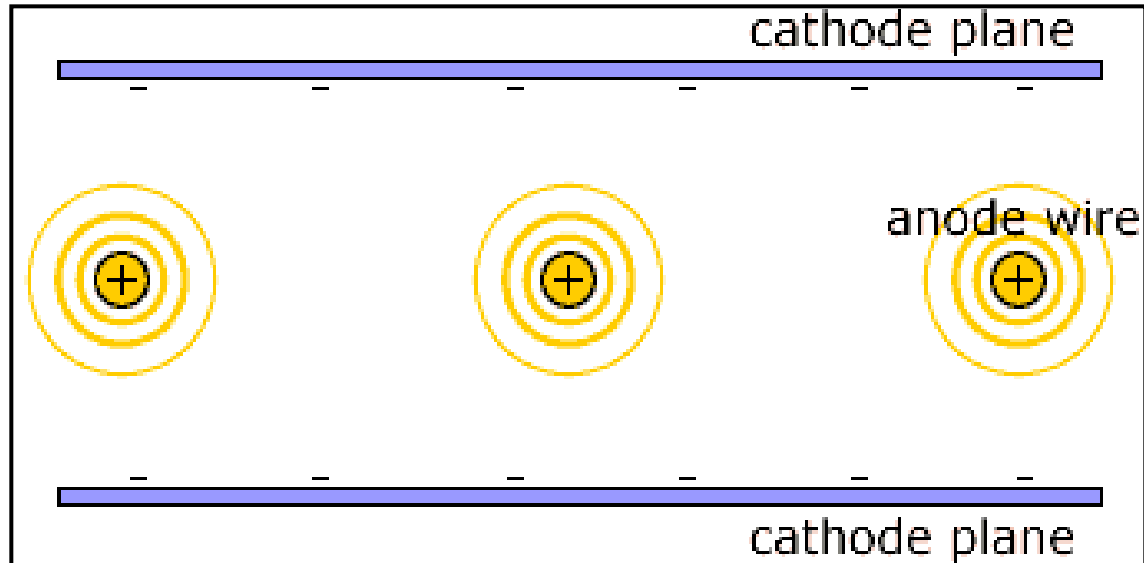
Komora iskrowa

wyładowania iskrowe
w miejscach jonizacji

CERN



Komora drutowa



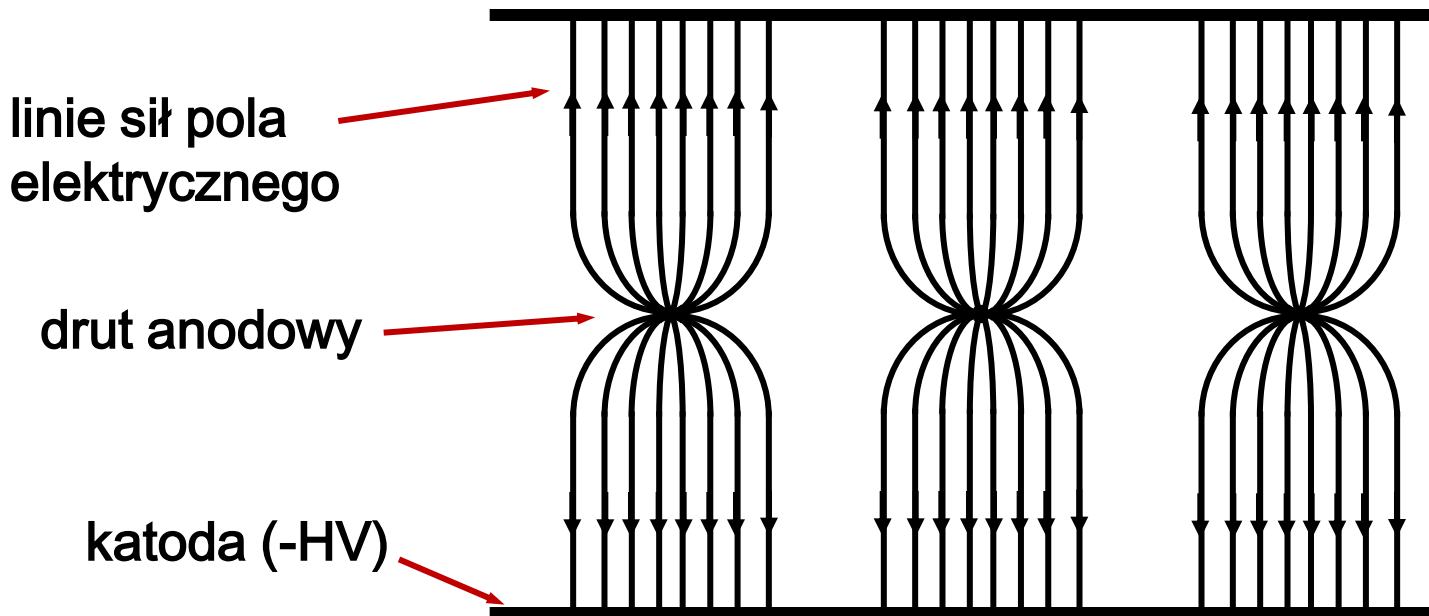
Georges Charpak



1992



Komora drutowa

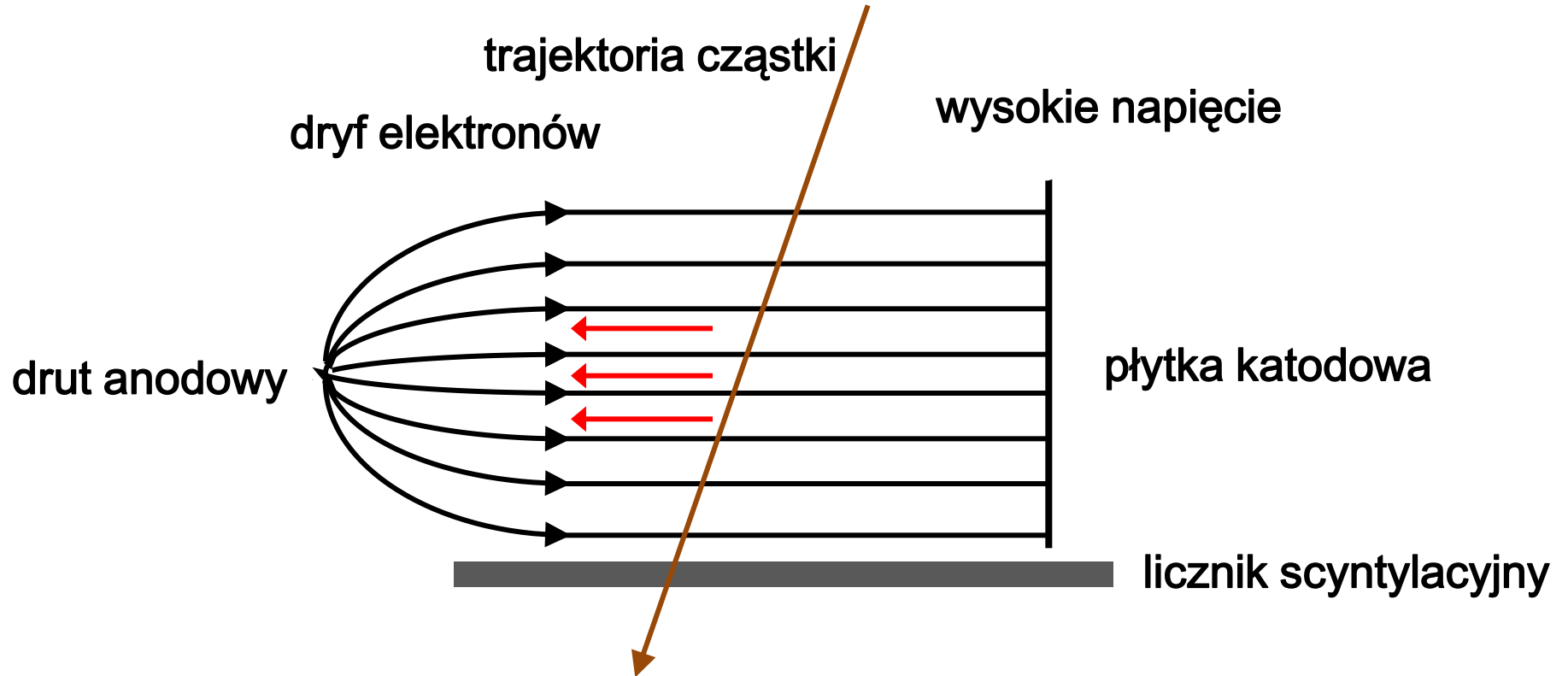


Określenie współrzędnej x oddziałującej cząstki.

Dwie komory o prostopadłych drutach -
określenie współrzędnych x i y .

Komora dryfowa

pole elektryczne niemal jednorodne w całym obszarze komory



czas dryfu

=

czas dotarcia sygnału
do drutu anodowego

-

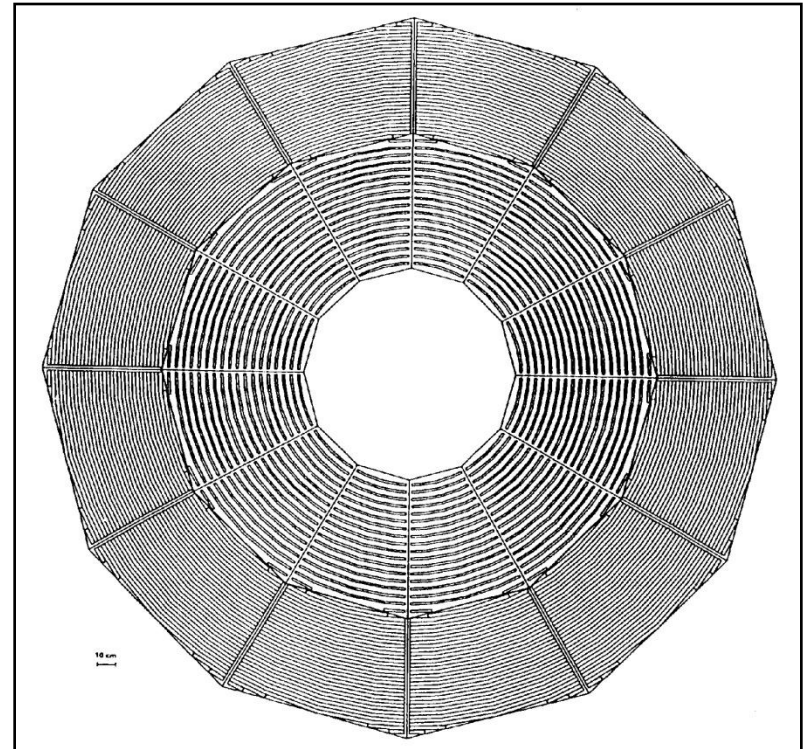
czas przejścia cząstki
przez licznik scyntylacyjny



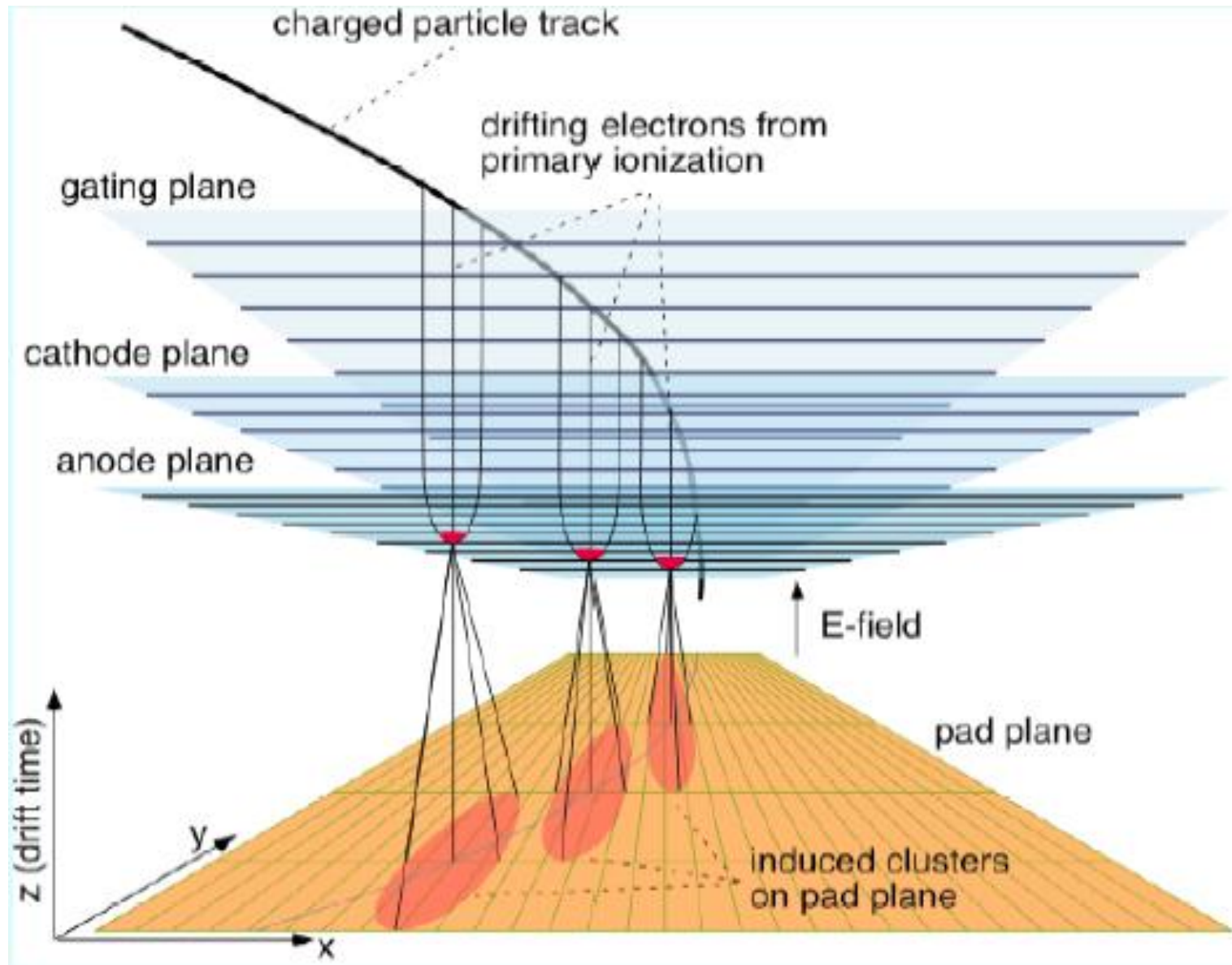
tor cząstki

Komora projekcji czasowej

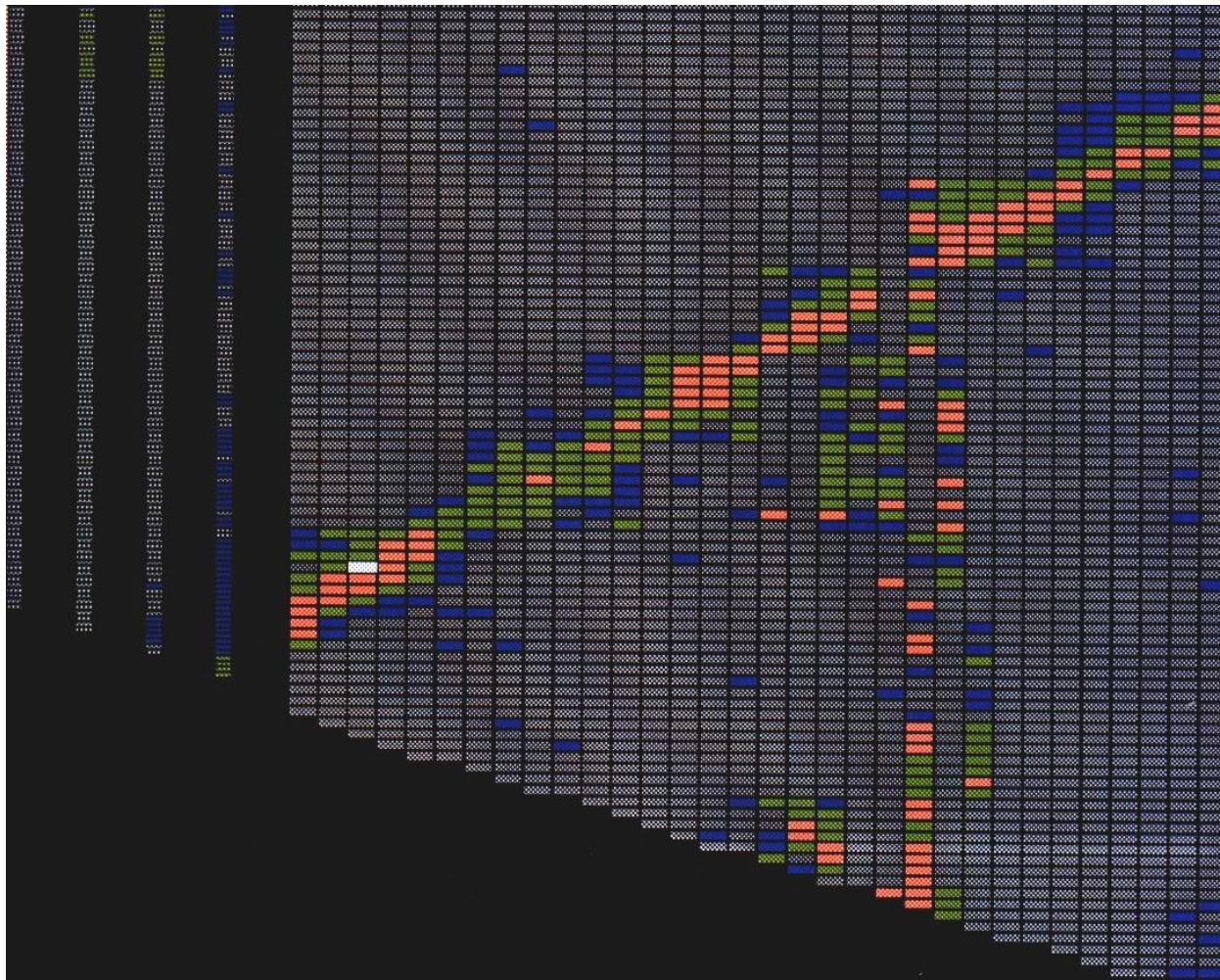
TPC (Time Projection Chamber)



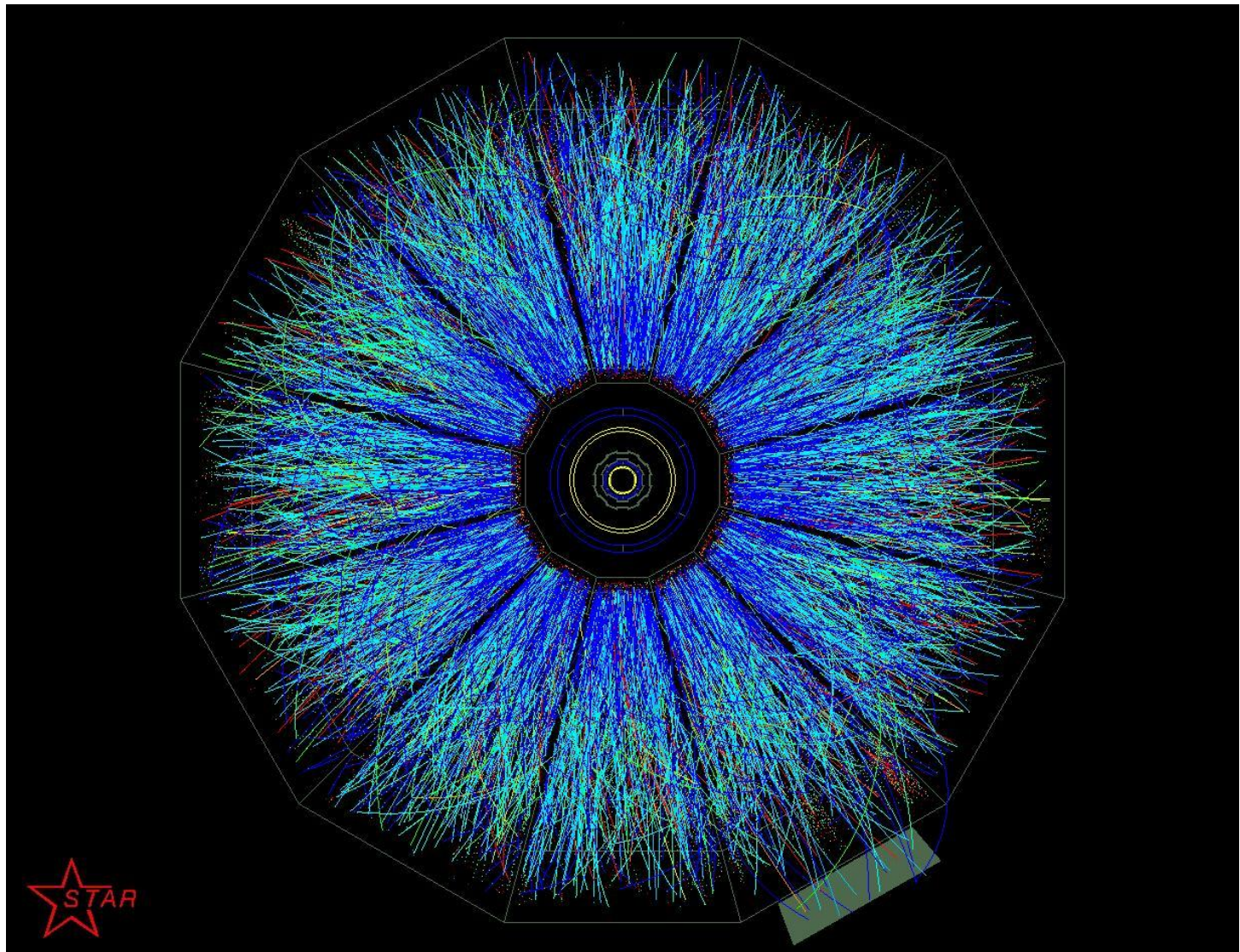
Komora projekcji czasowej



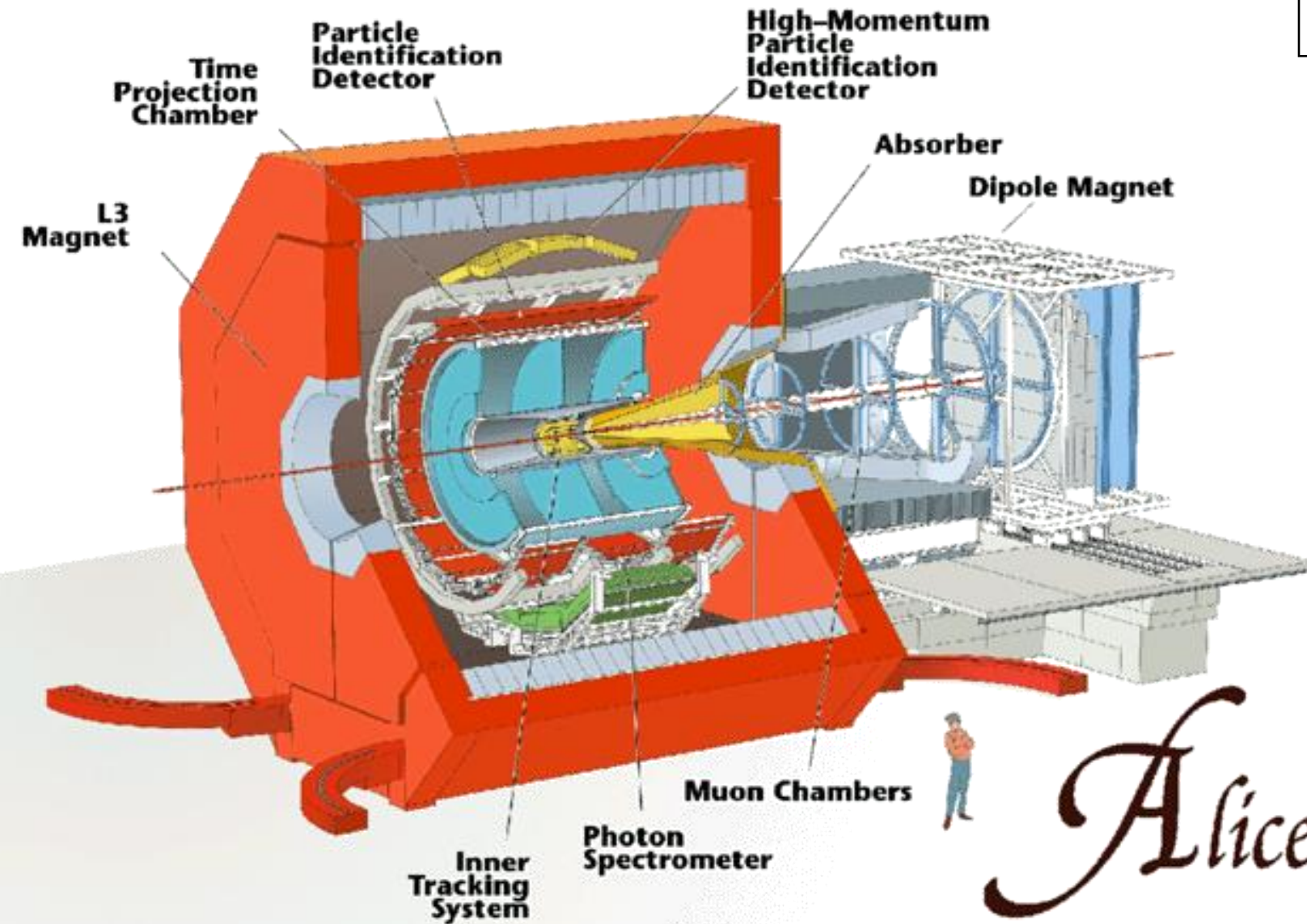
to działa!



on line

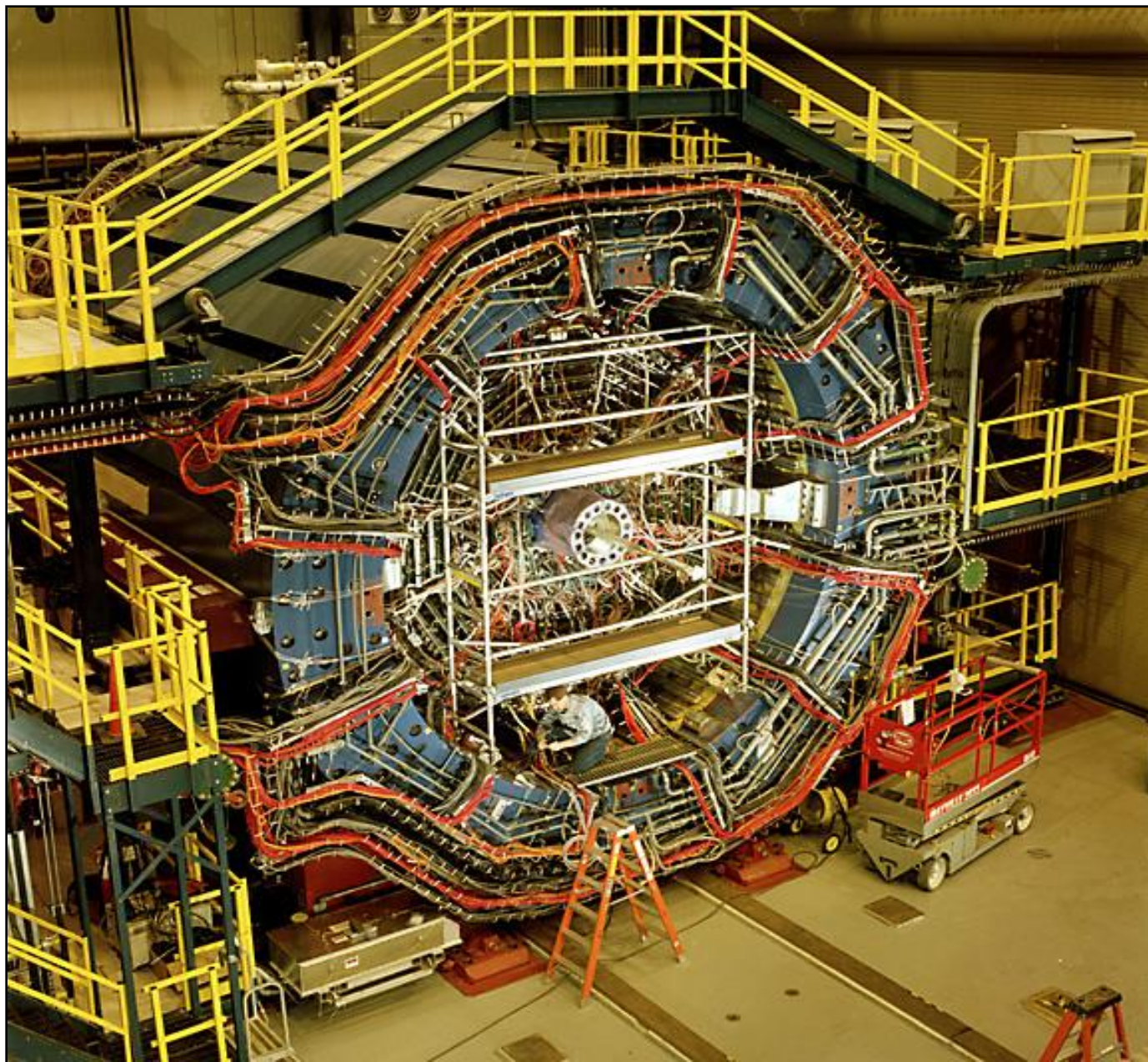


ALICE - CERN



Alice





Oddziaływanie promieniowania γ z materią

- zjawisko fotoelektryczne

- oddziaływanie z elektronem związanym w atomie – całkowita absorpcja kwantu γ

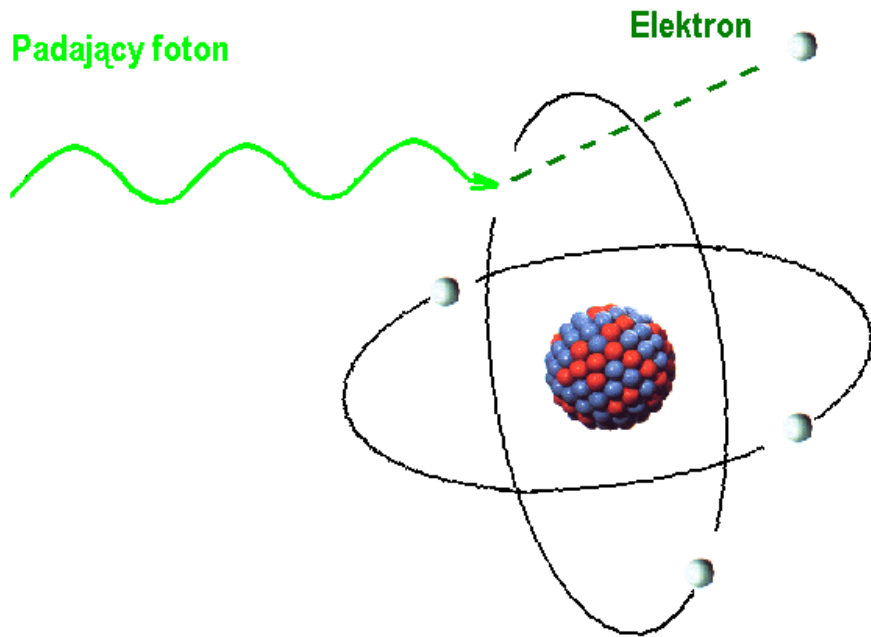
- rozpraszanie komptonowskie

- rozpraszanie kwantu γ na swobodnym elektronie – kwant γ zmienia energię i kierunek ruchu

- tworzenie par elektron-pozyton

- kwant γ znika, a pojawia się para elektron-pozyton

Zjawisko fotoelektryczne



$$h\nu = W + \frac{mv^2}{2}$$

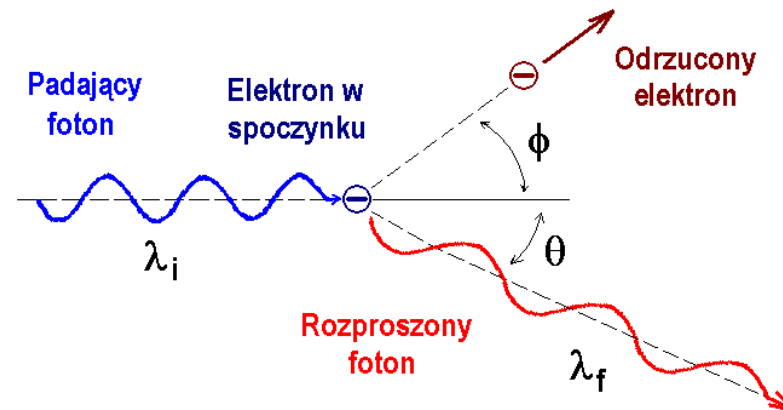
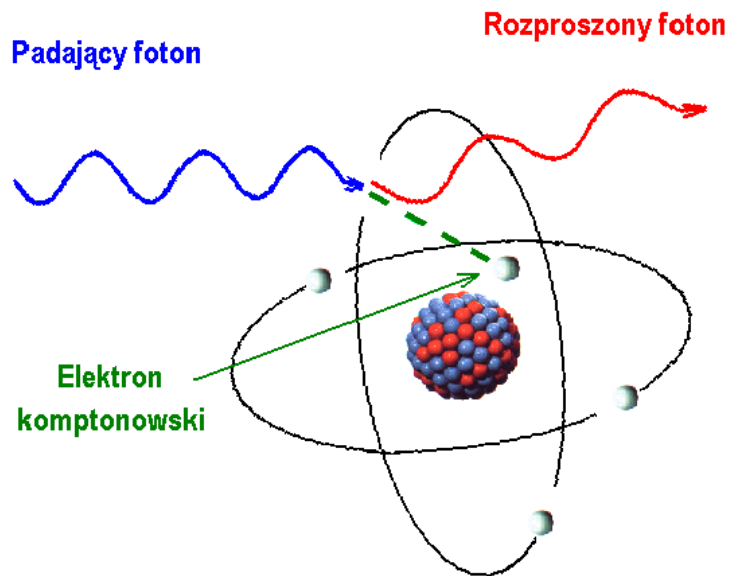
$h\nu$ – energia fotonu

W – praca wyjścia elektronu

m – masa elektronu

v – prędkość wybitego elektronu

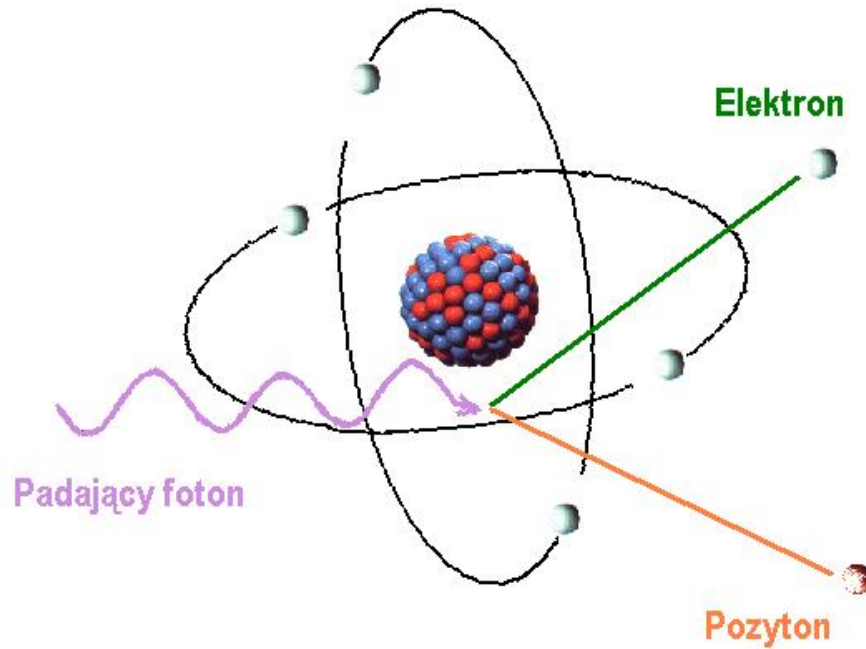
Zjawisko Comptona



$$\lambda_f - \lambda_i = \Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

λ_i – długość fali padającego fotonu
 λ_f – długość fali rozproszonego fotonu
 θ – kąt rozproszenia fotonu

Tworzenie par elektron-pozyton



$$h\nu = 2m_e c^2 + E^+ + E^- + E_K$$

$m_e c^2$ – energia spoczynkowa elektronu
 E^+ - energia kinetyczna pozytonu
 E^- - energia kinetyczna elektronu
 E_K – energia kinetyczna trzeciego ciała
(najczęściej jądra atomowego)

Detekcja gamma

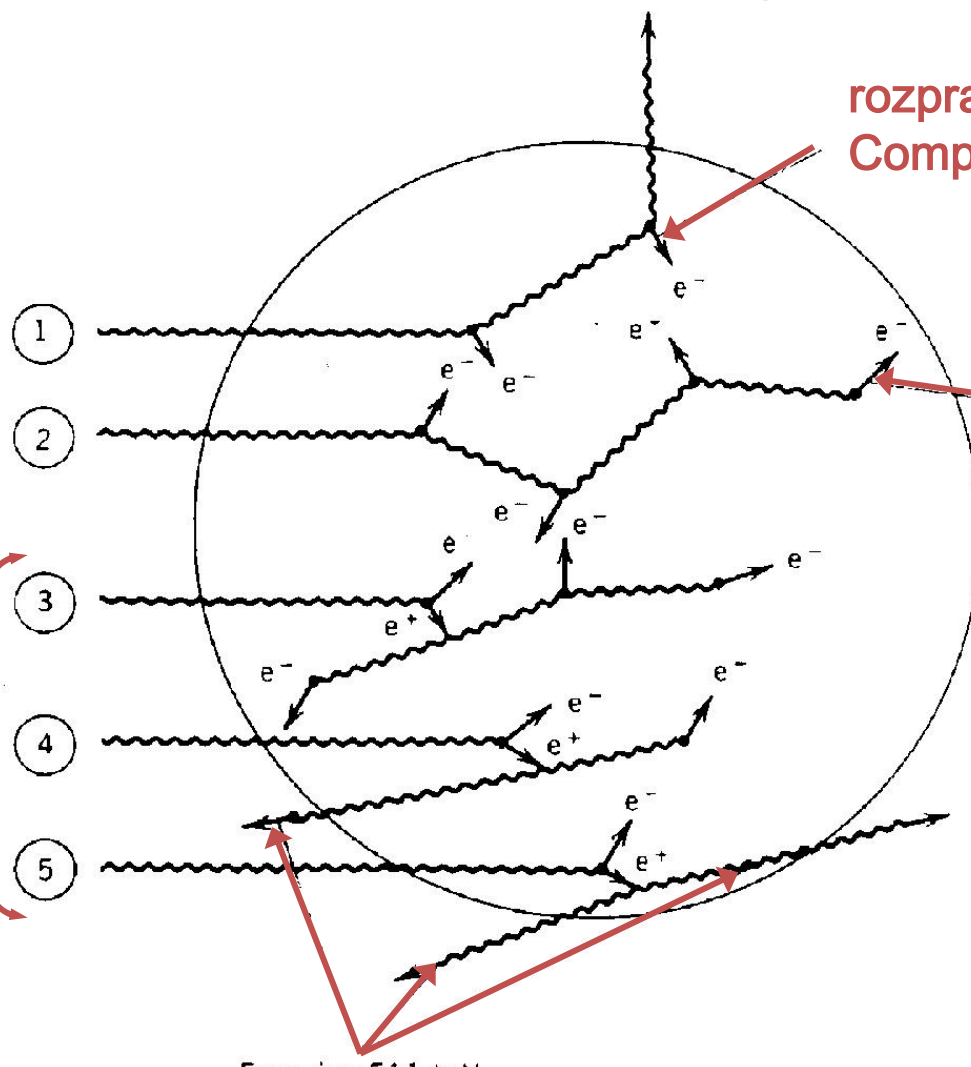
ucieczka rozproszonego fotonu – częściowa strata energii

rozpraszanie
Comptona

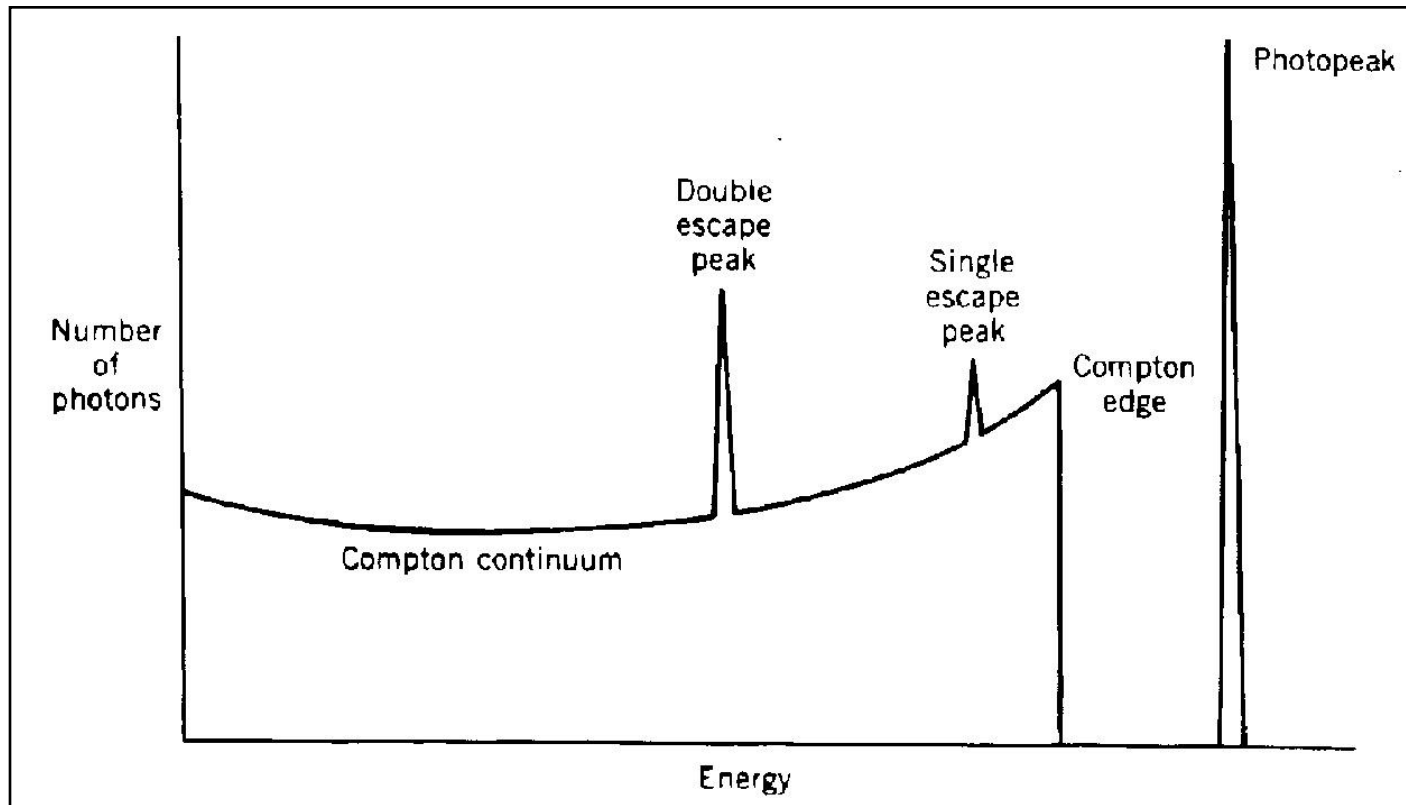
absorbcja w zjawisku
fotoelektrycznym

tworzenie par

ucieczka fotonu 0,511 MeV pochodzącego z anihilacji



Widmo promieniowania gamma



Współczynnik osłabienia wiązki prom. gamma

$$N(x) = N(0)e^{-\mu x}$$

