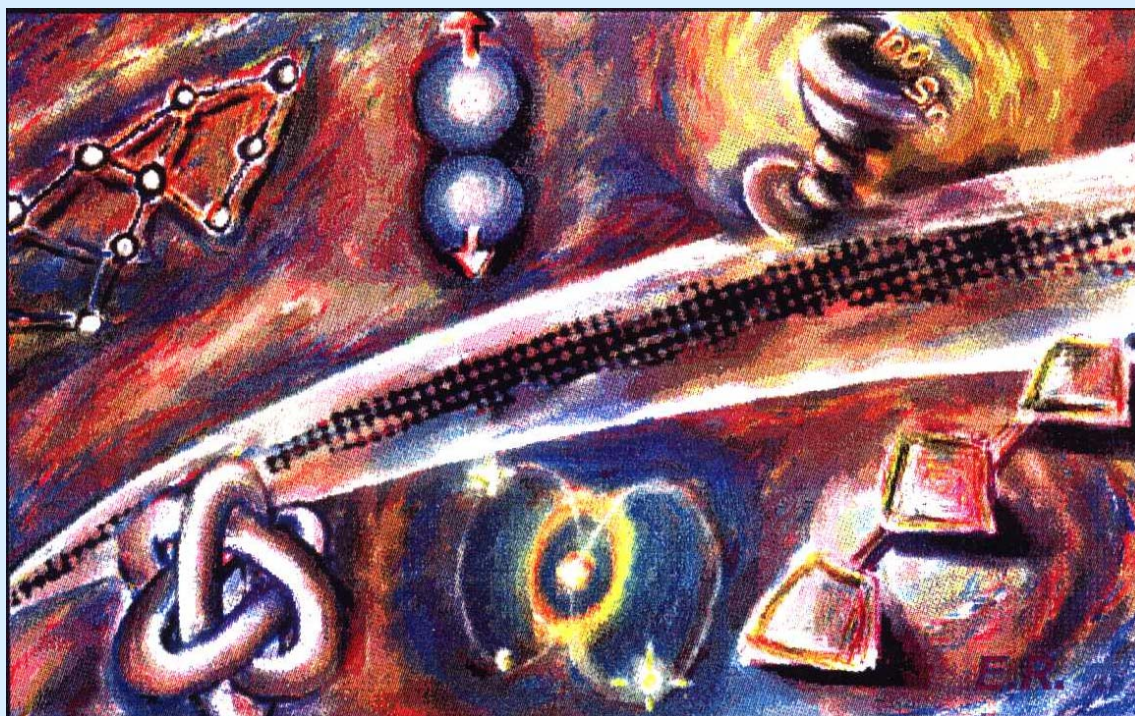


O egzotycznych nuklidach i ich promieniotwórczości

Marek Pfützner

Instytut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Warszawski



Tydzień Kultury w VIII LO im. Władysława IV, 13 XII 2005

Instytut Radowy w Paryżu

11 rue Pierre-et-Marie-Curie

22 avril

$$\begin{aligned} \text{Cl} + \text{cau} &= 14,448,05 & \text{Rad}^c &= 0,109,25 \\ \text{id} + \text{Rad}^c &= 14,357,3 \\ \text{Crausot side} &= 10,314,65 & \text{Ag}^d &= 0,10649 \\ \text{Cr} + \text{Ag}^d &= 10,421,12 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 7.39270 \\ 7.02723 \\ \hline 2.41993 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0.10925 \\ \text{Cl} = 0.02830 \\ \text{Ra} 0.08295 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0.594 \\ 0.2723 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2.91882 \\ 2.41993 \\ \hline 0.49889 \end{array}$$

$$\frac{\text{Ra}}{\text{Cl}} = 3.154 \quad \begin{array}{r} 1.85003 \\ 0.49889 \\ \hline 2.34892 \end{array}$$

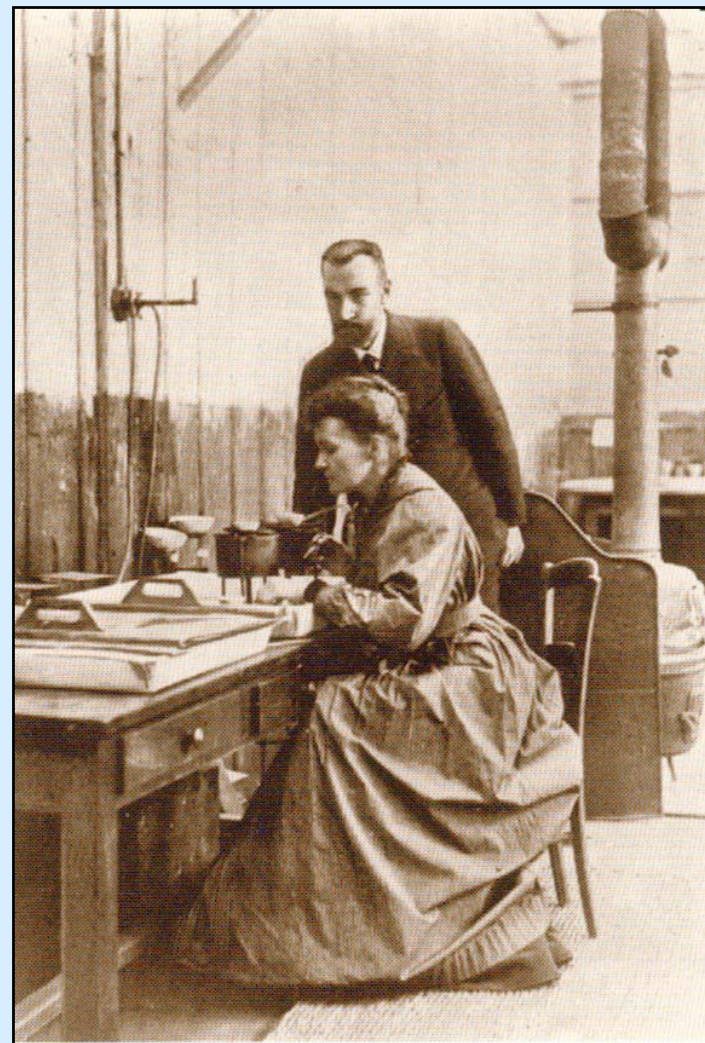
$$\text{Ra} = 223.3$$

Apres sécher avec les et HCl, mes
le crausot, pesé

$$\begin{aligned} \text{crausot} + \text{argent} &= 10.3942 \\ &10.31465 \\ \hline \text{Ag} &= 0.07955 \\ \text{Cl} &= 0.02830 \\ \hline \text{2e} & \text{Rad} = 0.10564 \end{aligned}$$

Différence avec Rad donné précédemment
0.00083 m

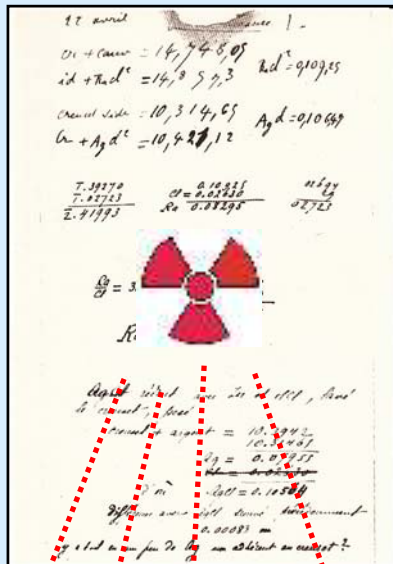
g et est en un peu de Ag non adhérent au crausot ?



Promieniowanie

Każdy atom radu spontanicznie wyrzuca cząstkę α i powstaje atom radonu.

Półokres rozpadu (czas połowicznego zaniku) Ra = 1600 lat.



Ok. 1 cząstka α /sek.

1 atom Ra :

czekamy 1600 lat $\rightarrow$ szansa na rozpad $\alpha = \frac{1}{2}$

czekamy 1 sek. $\rightarrow$ szansa $\approx 1/100.000.000.000 = 1/10^{11}$

szansa trafienia szóstki w TotoLotku $\approx 1/10^7$

na kartce jest ok. 10^{11} atomów Ra

- dla fizyków to dużo,

- ale dla chemików bardzo mało :

$$1/(3 \times 10^{10}) \text{ g} = 1/30.000.000.000 \text{ g}.$$

Nuklidy

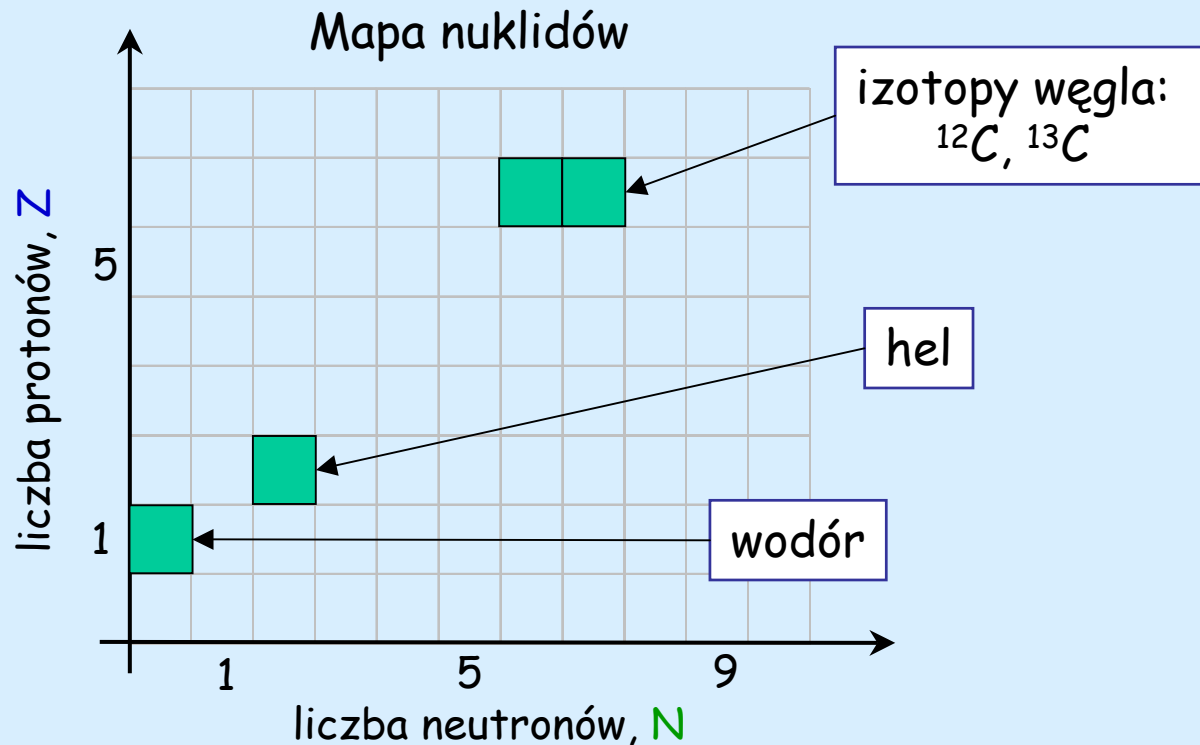
Nuklid (elektrycznie obojętny atom) :

Z protonów + N neutronów + Z elektronów

Liczba Z decyduje o własnościach chemicznych

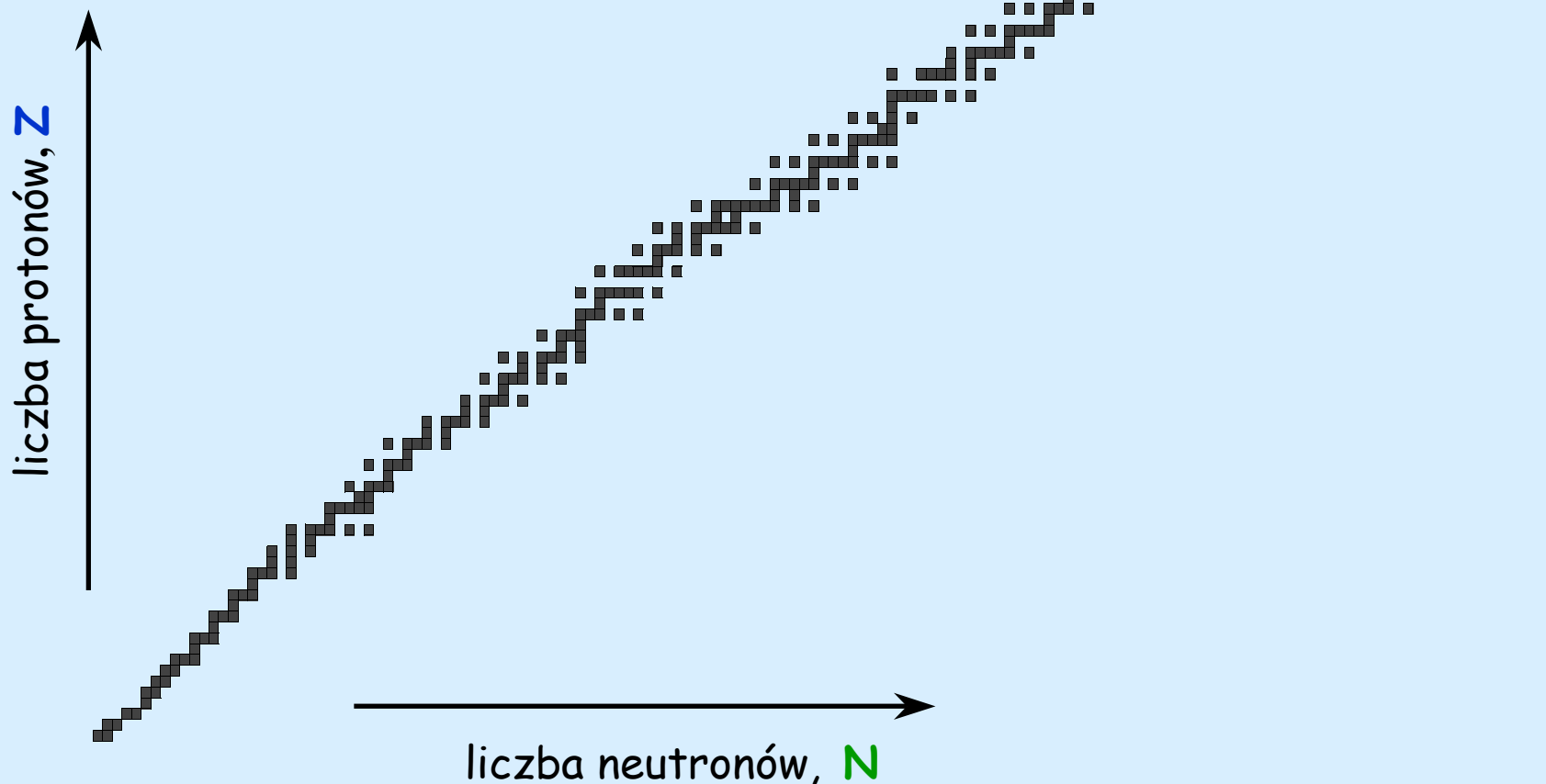
→ pierwiastki chemiczne

Różne liczby N → izotopy

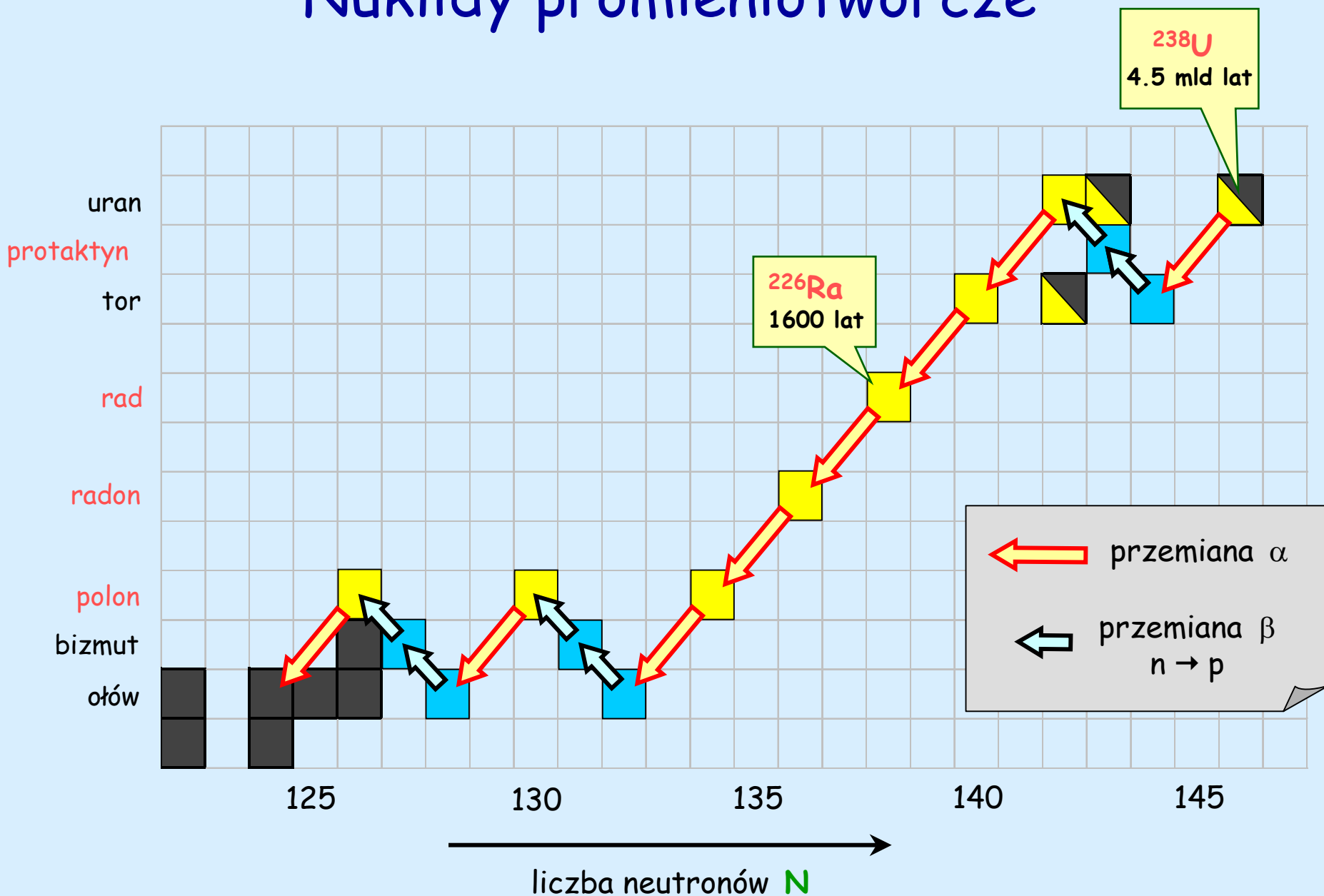


Nuklidy trwałe

287 nuklidów, w tym
83 pierwiastki od wodoru ($Z=1$)
do uranu ($Z=92$)



Nuklidy promieniotwórcze



Zagadki przemiany α (1)

Rozważmy przemianę $^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} + \alpha$

energia cząstek α , $E_\alpha = 5 \text{ MeV}$,

$\rightarrow$ prędkość $v = 0.05 c = 15000 \text{ km/s}$!

Skąd bierze się energia cząstki α ?

Masa atomu ^{226}Ra jest większa niż masa atomu ^{222}Rn i cząstki α !



$$M(^{226}\text{Ra}) - M(^{222}\text{Rn}) - M(^4\text{He}) = \Delta M > 0$$

$$E_\alpha \approx \Delta M \cdot c^2$$

Zagadki przemiany α (2)

$$^{226}\text{Ra} : E_{\alpha} = 5 \text{ MeV}, \quad T_{1/2} = 1600 \text{ lat}$$

$$^{238}\text{U} : E_{\alpha} = 4.2 \text{ MeV}, \quad T_{1/2} = 4.5 \text{ mld lat}$$

$$^{212}\text{Po} : E_{\alpha} = 8.8 \text{ MeV}, \quad T_{1/2} = 0.3 \mu\text{s}$$

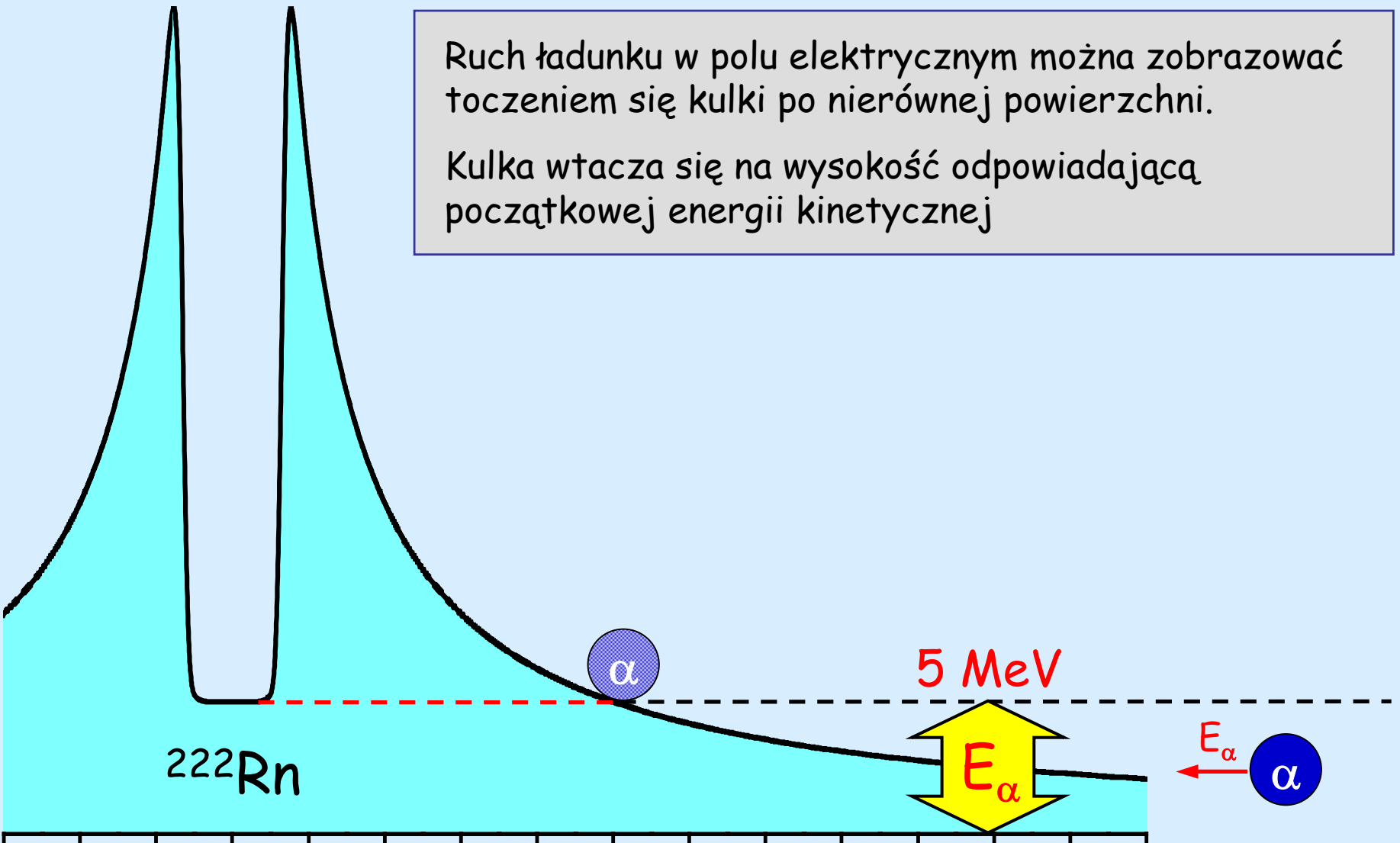
Dlaczego półokresy rozpadu tak bardzo się różnią?

Zrozumienie zależności półokresu rozpadu od energii wymaga zastosowania innego wielkiego odkrycia fizyki XX w. : **mechaniki kwantowej**.

Model „minigolfowy”

Ruch ładunku w polu elektrycznym można zobrazować toczeniem się kulki po nierównej powierzchni.

Kulka wtacza się na wysokość odpowiadającą początkowej energii kinetycznej

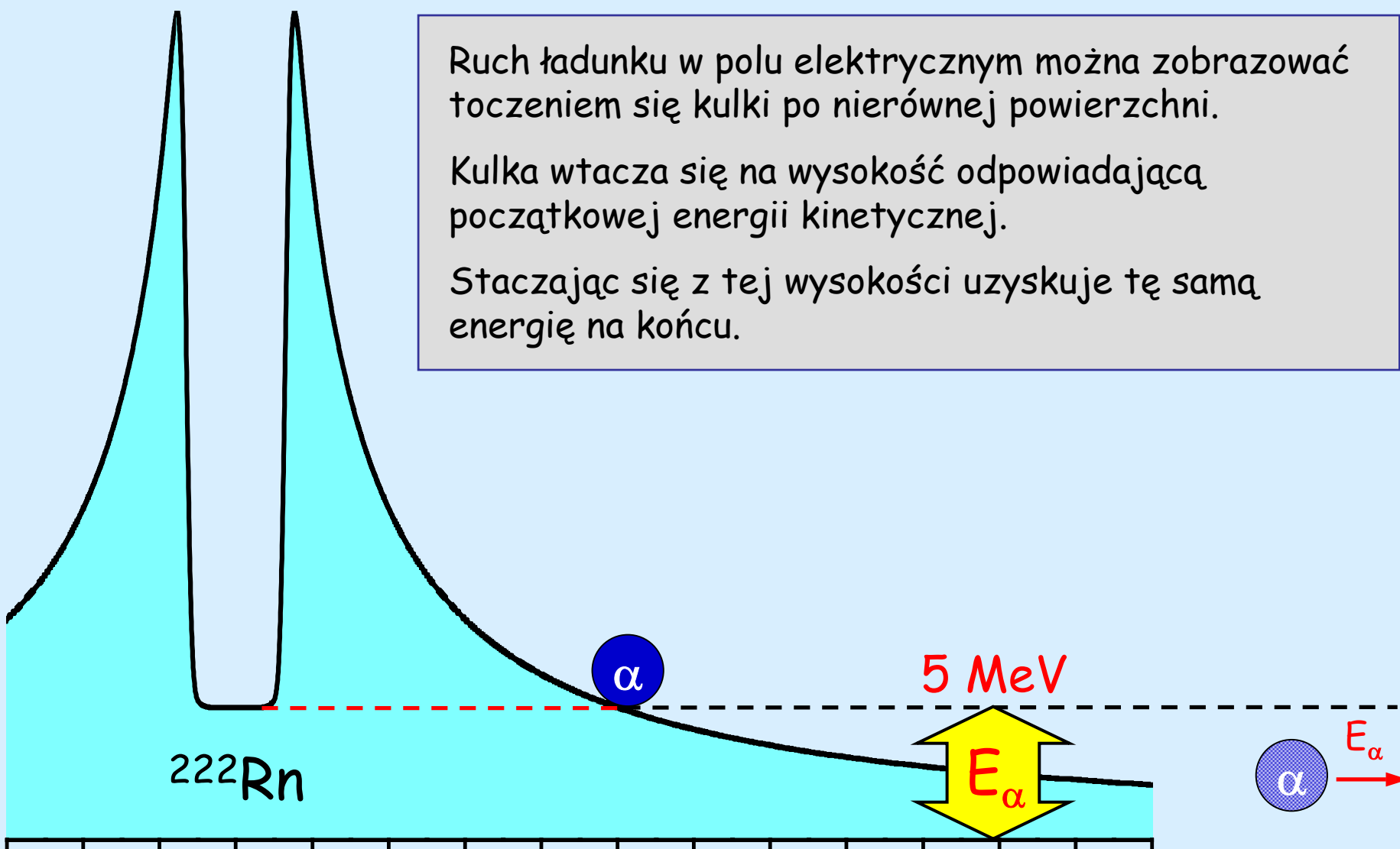


Model „minigolfowy”

Ruch ładunku w polu elektrycznym można zobrazować toczeniem się kulki po nierównej powierzchni.

Kulka wtacza się na wysokość odpowiadającą początkowej energii kinetycznej.

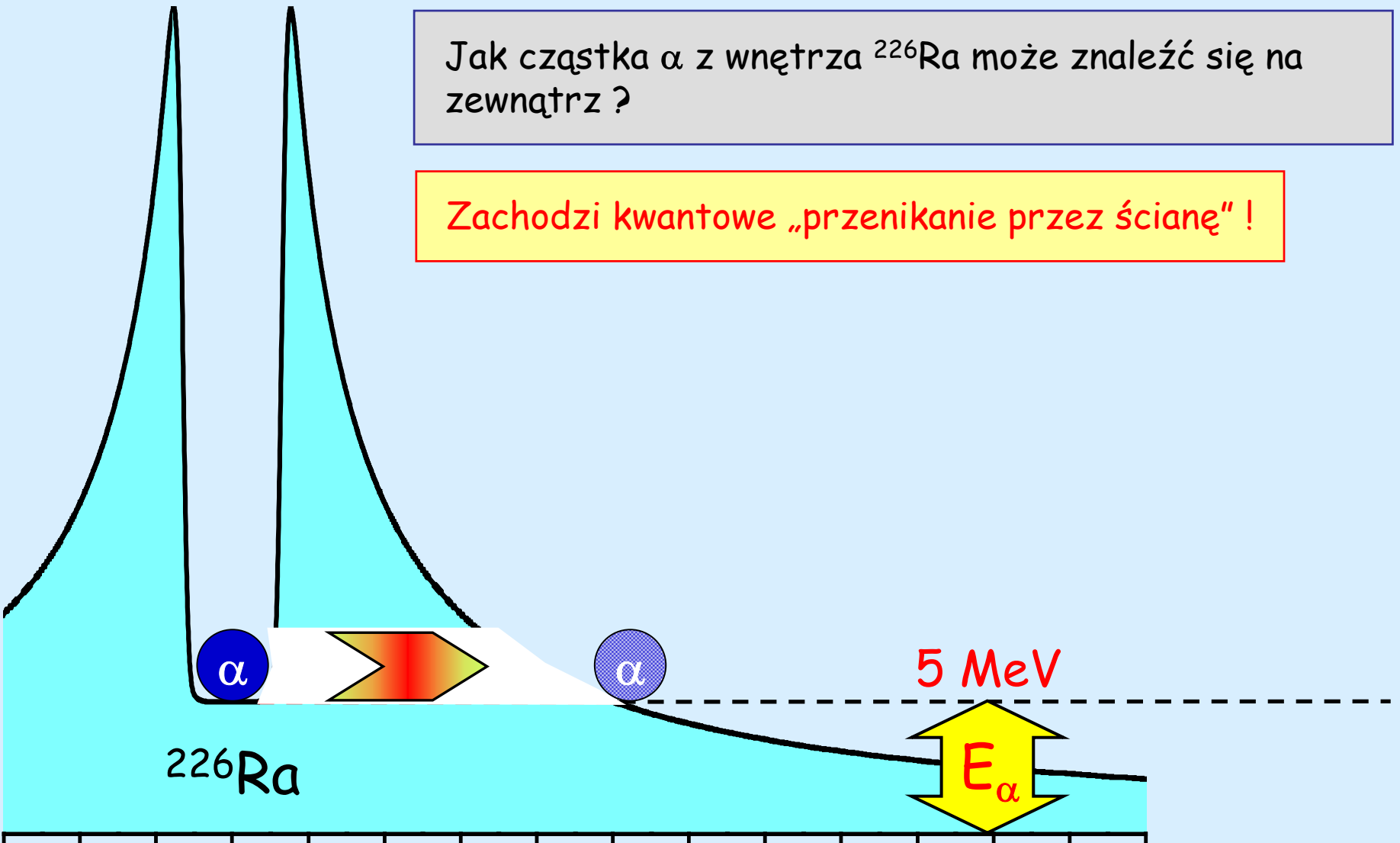
Staczając się z tej wysokości uzyskuje tę samą energię na końcu.



Model „minigolfowy”

Jak cząstka α z wnętrza ^{226}Ra może znaleźć się na zewnątrz ?

Zachodzi kwantowe „przenikanie przez ścianę” !

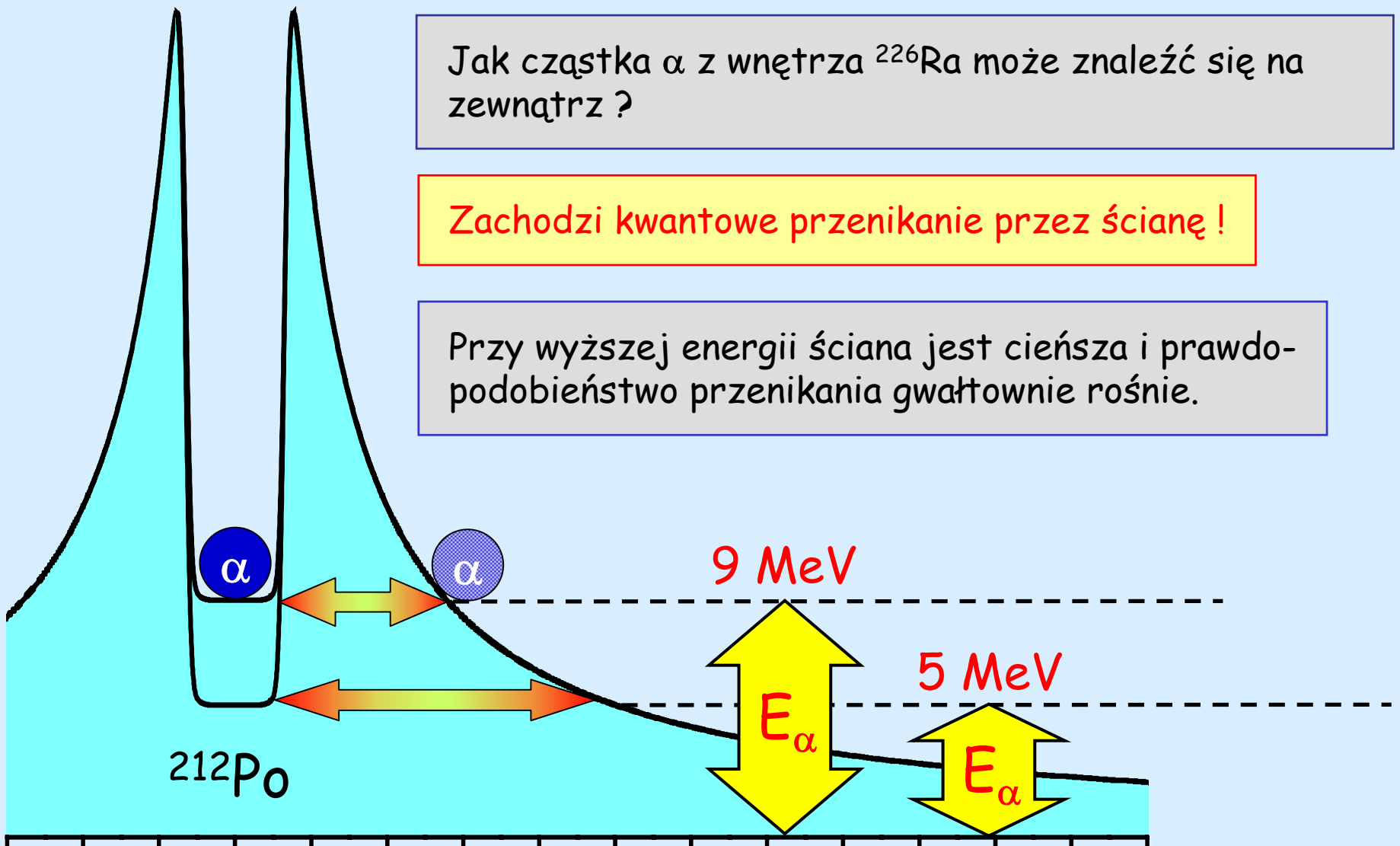


Model „minigolfowy”

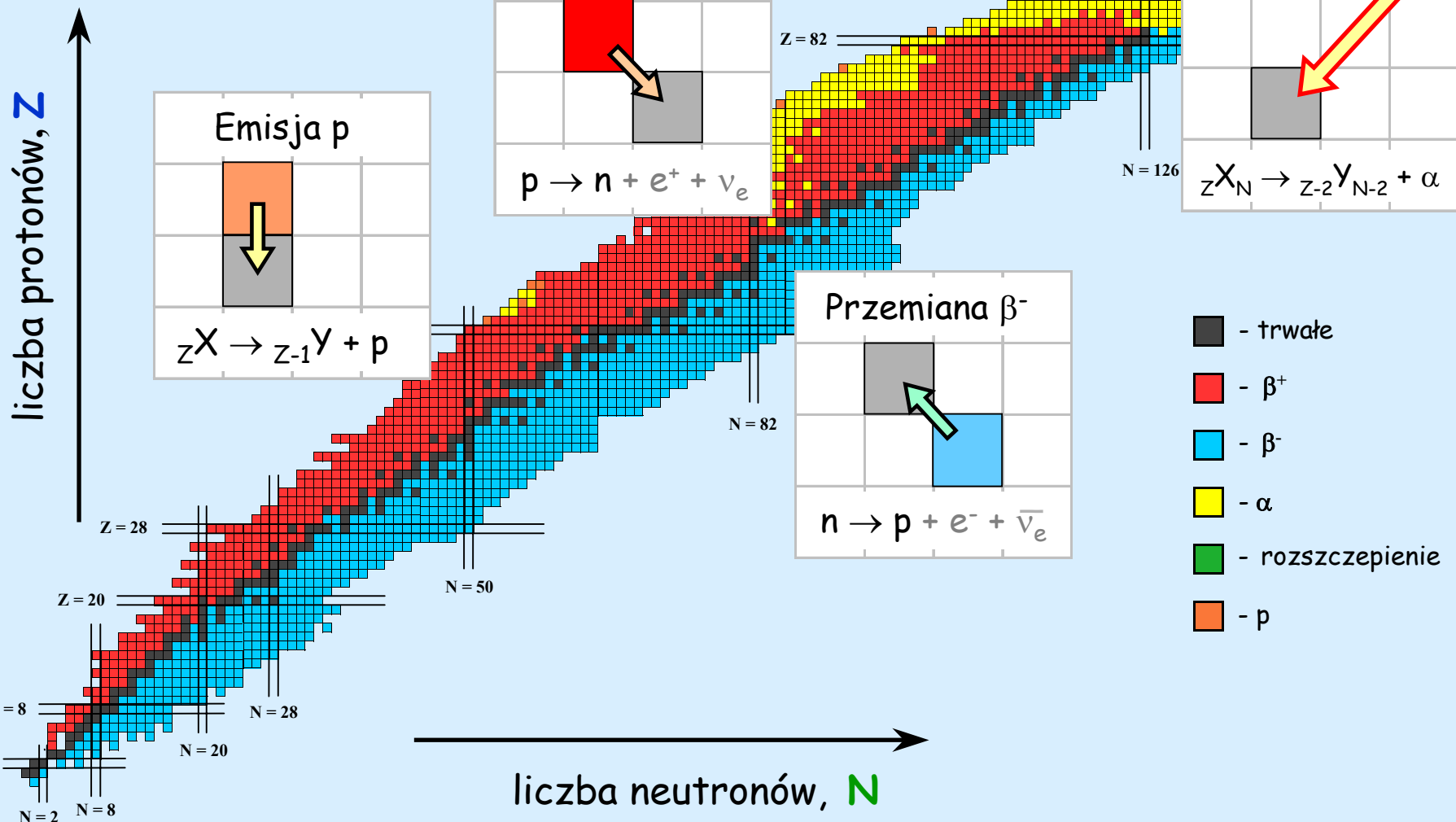
Jak cząstka α z wnętrza ^{226}Ra może znaleźć się na zewnątrz ?

Zachodzi kwantowe przenikanie przez ścianę !

Przy wyższej energii ściana jest cieńsza i prawdopodobieństwo przenikania gwałtownie rośnie.



Nuklidy odkryte do dziś



Badania egzotycznych nuklidów (na skraju mapy)

Nuklidy dalekie od „ścieżki stabilności” :

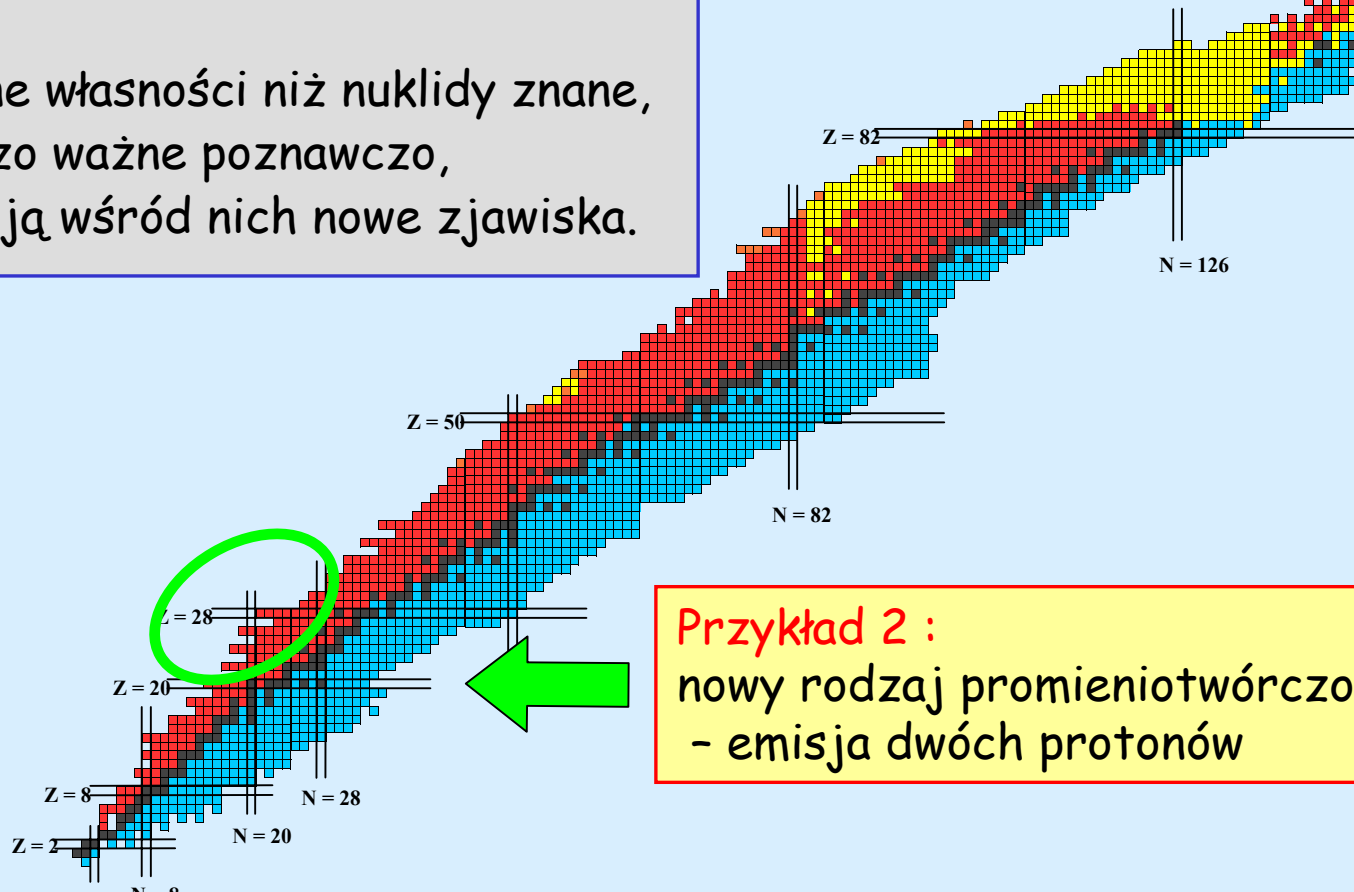
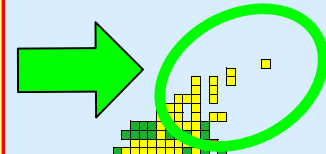
- żyją bardzo krótko,
- trudno je wytworzyć.

Ale :

- mają inne własności niż nuklidy znane,
- są bardzo ważne poznawczo,
- występują wśród nich nowe zjawiska.

Przykład 1 :

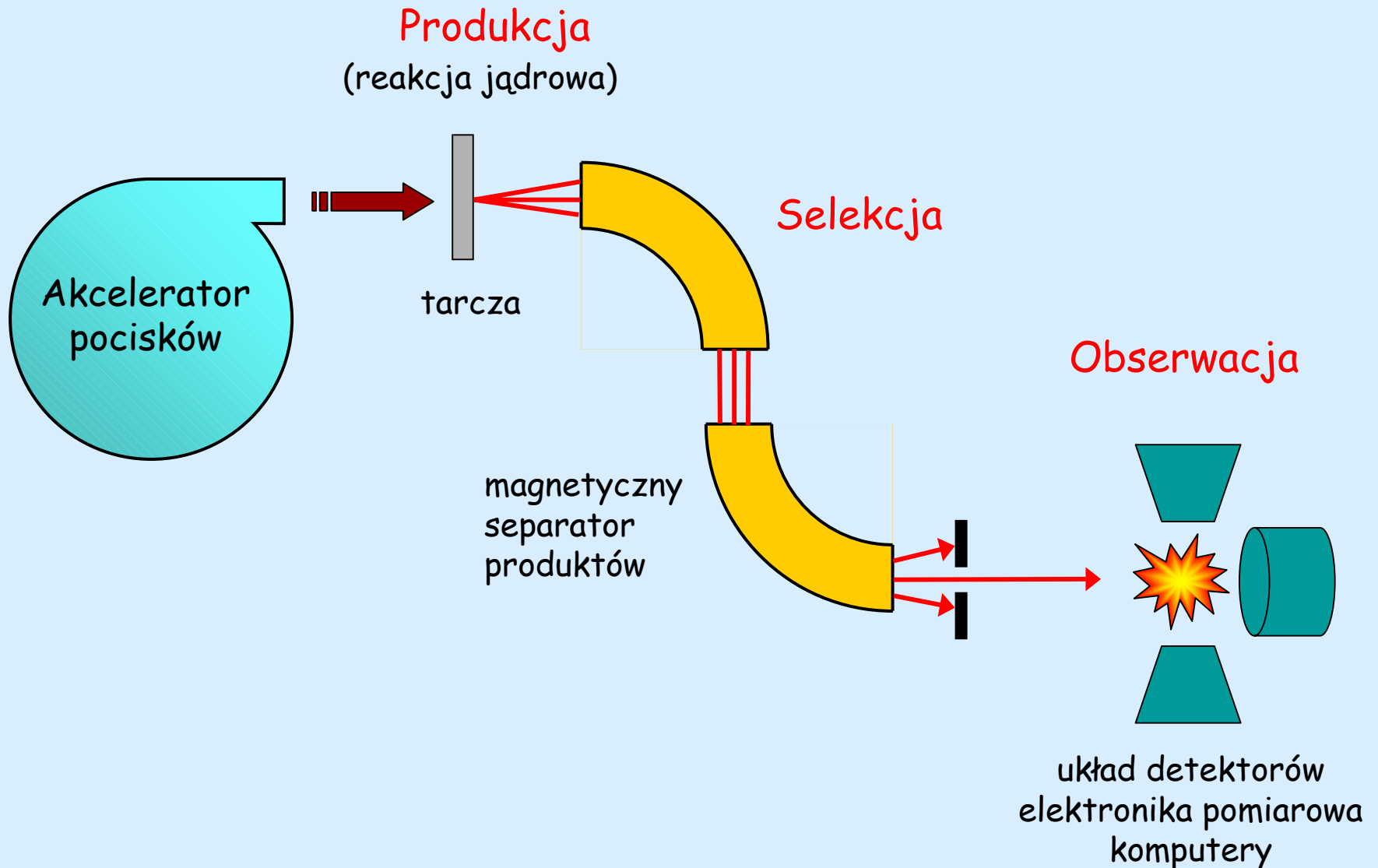
poszukiwanie nowych
pierwiastków



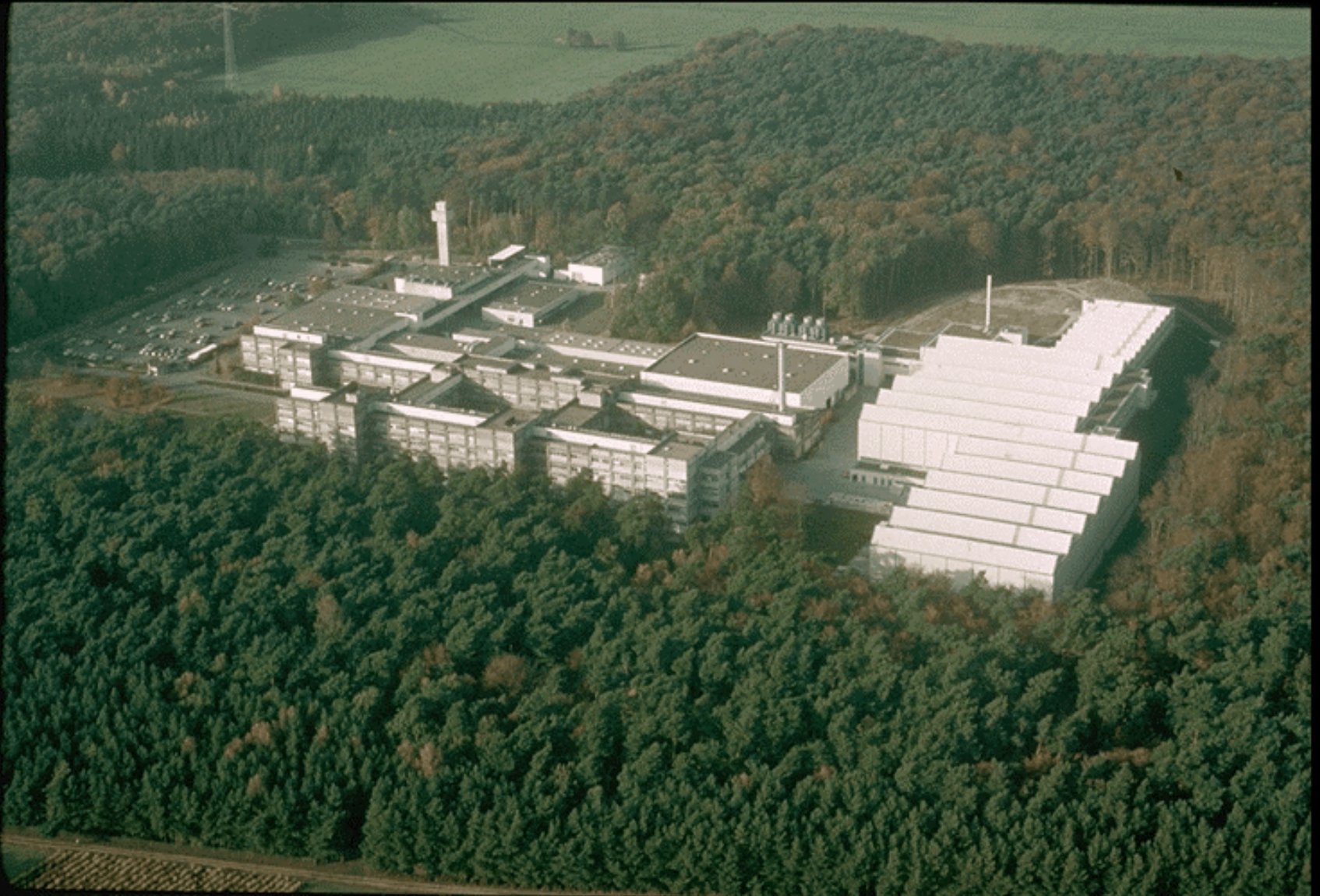
Przykład 2 :

nowy rodzaj promieniotwórczości
- emisja dwóch protonów

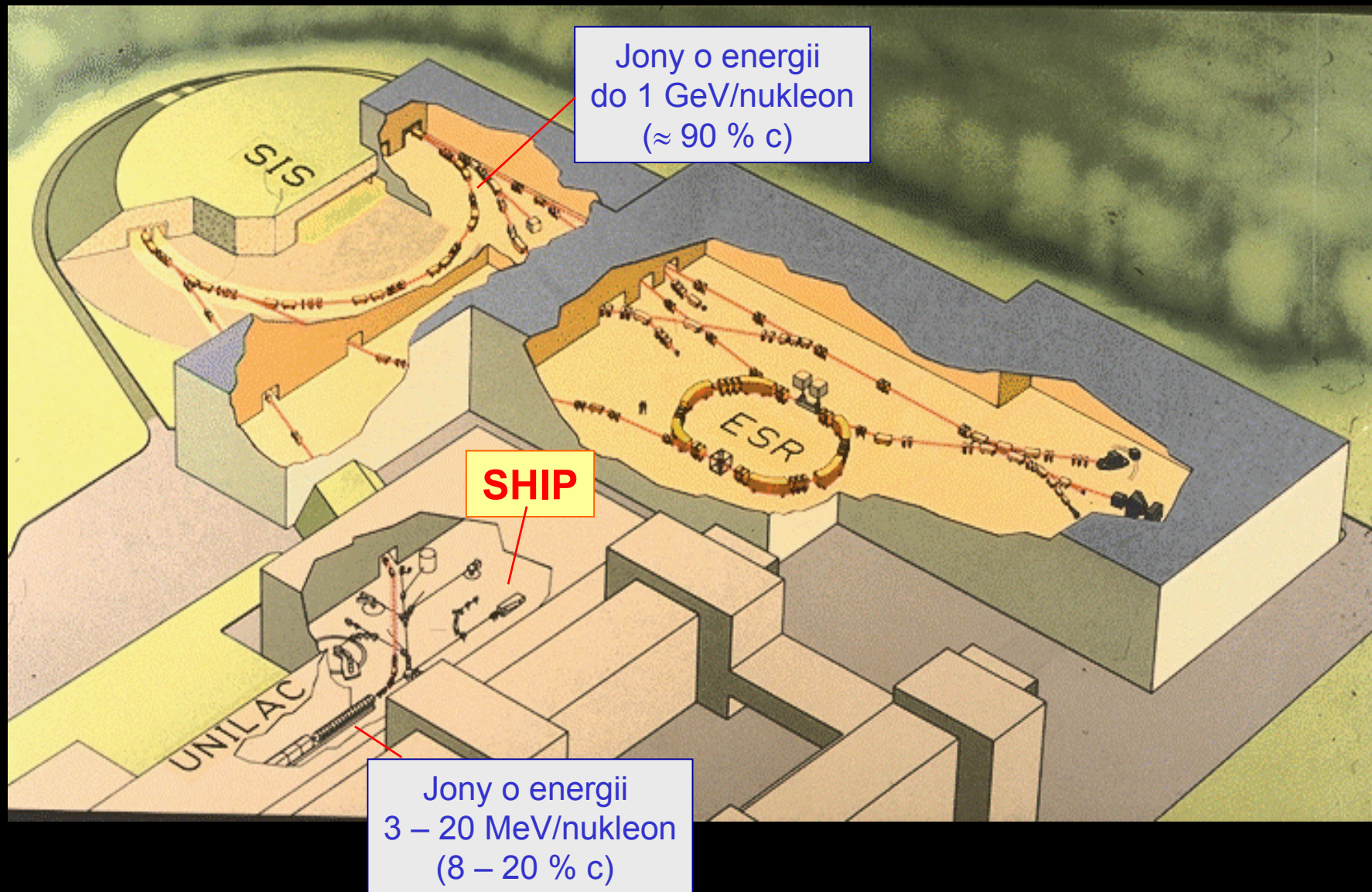
Schemat współczesnego eksperymentu



Laboratorium GSI w Darmstadt

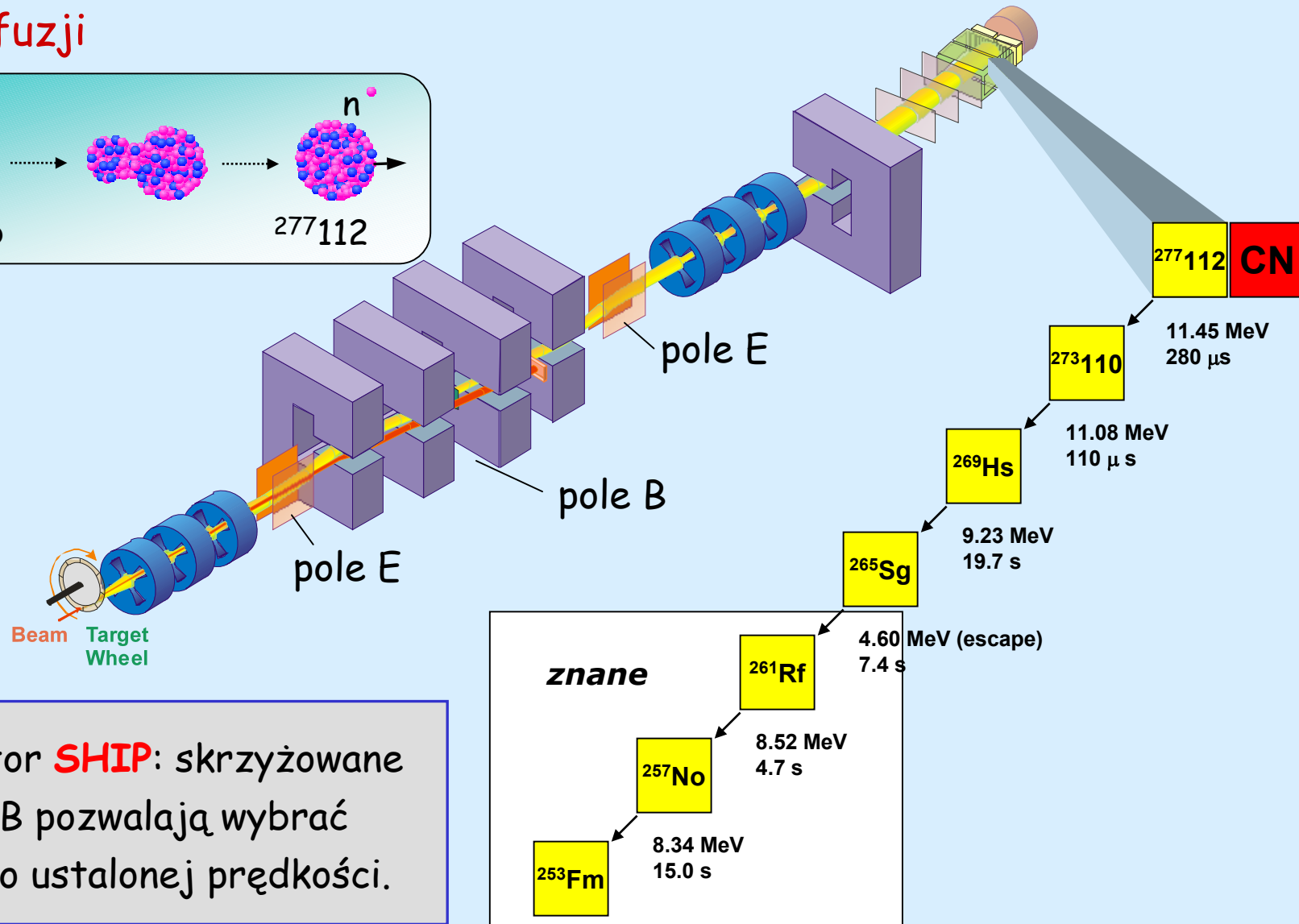
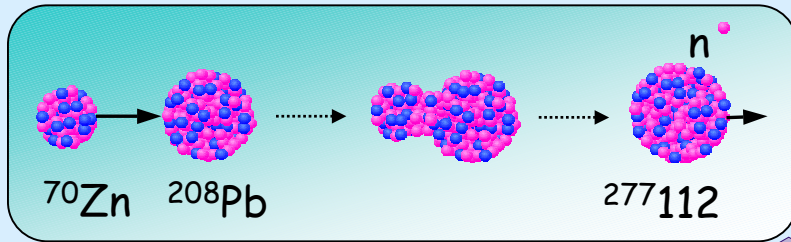


Laboratorium GSI w Darmstadt



Separator SHIP i synteza pierwiastka 112

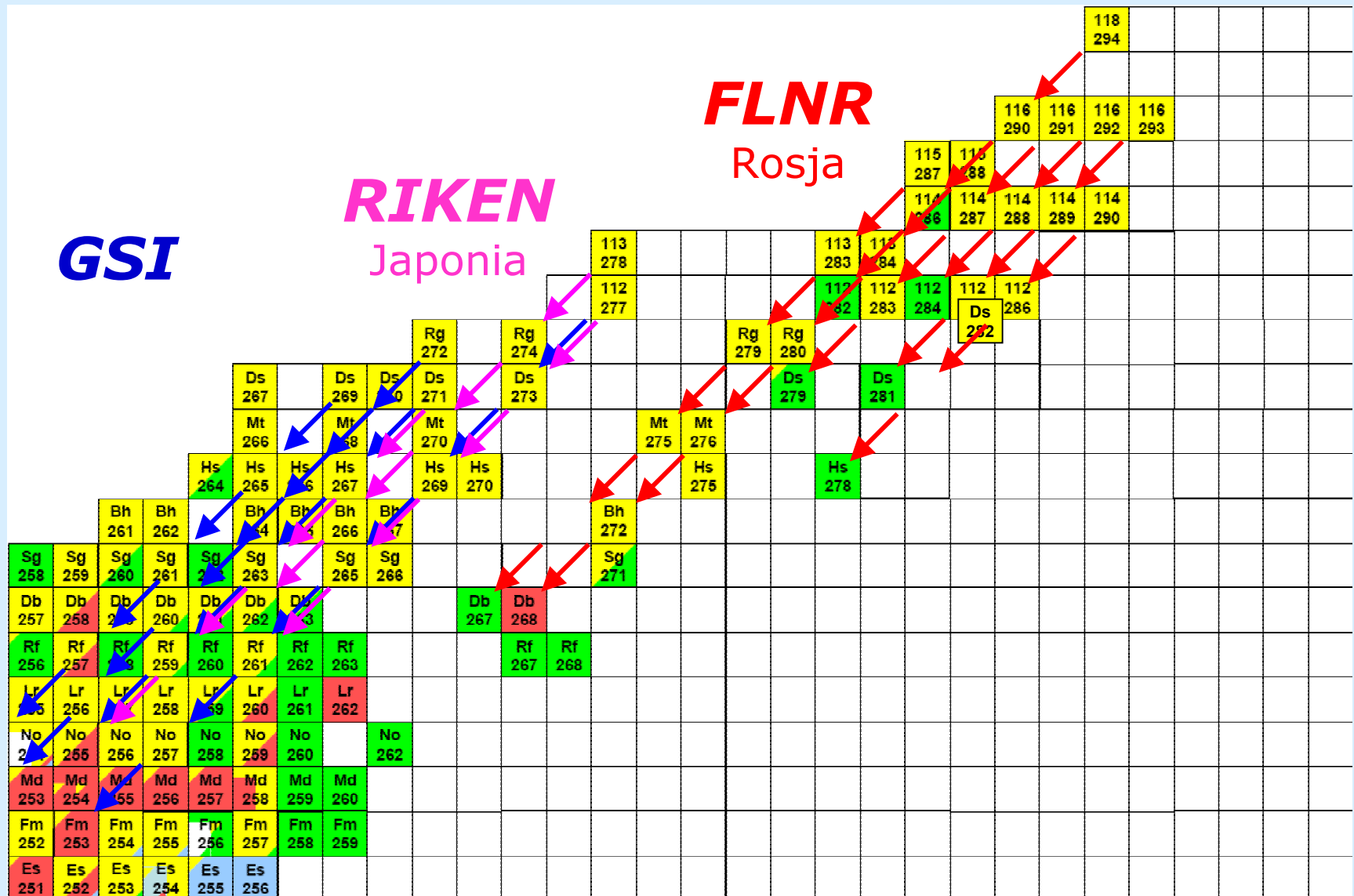
Reakcja fuzji



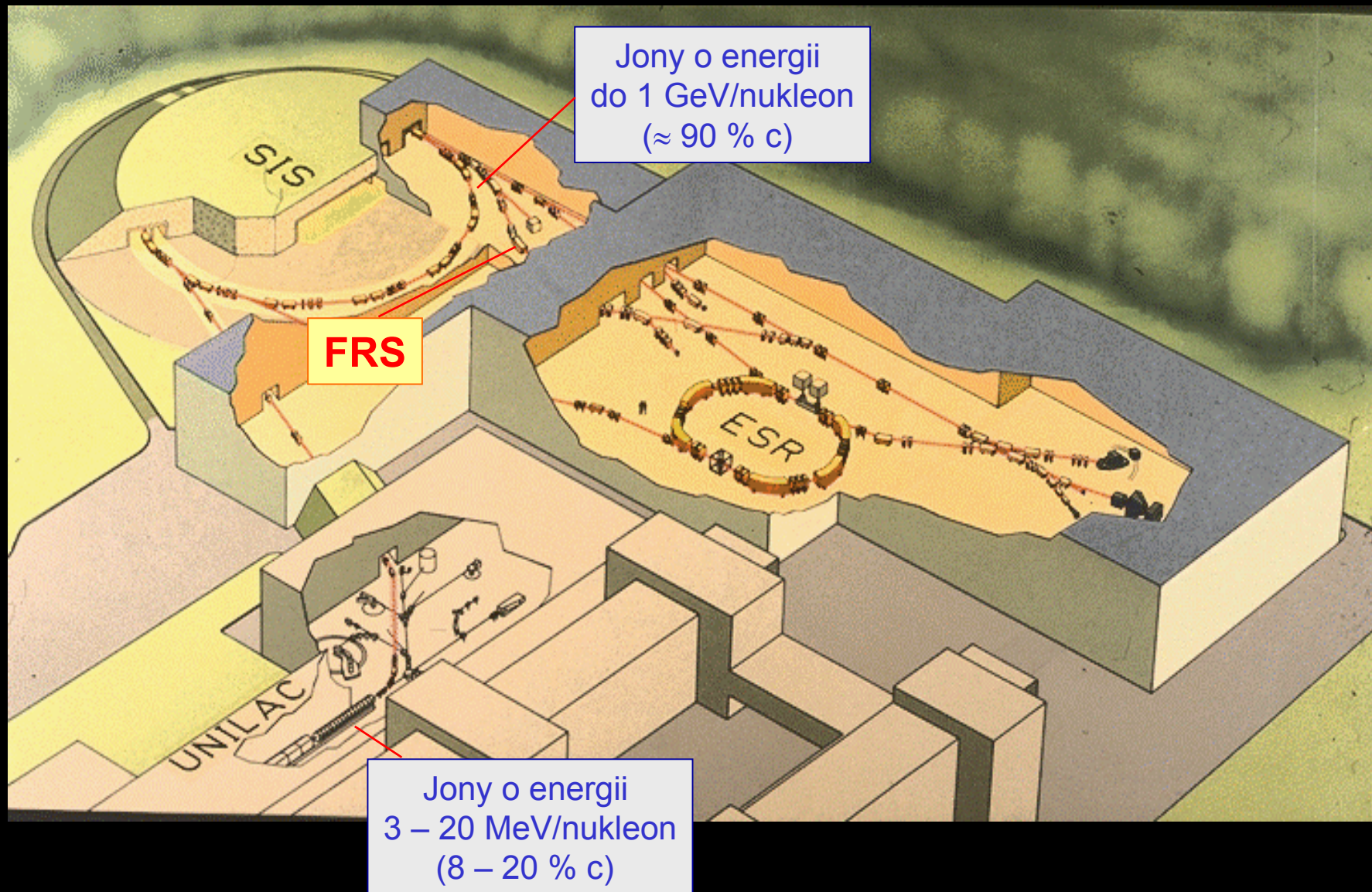
Separator **SHIP**: skrzyżowane pola E i B pozwalają wybrać cząstki o ustalonej prędkości.

Synteza pierwiastków superciężkich

stan obecny

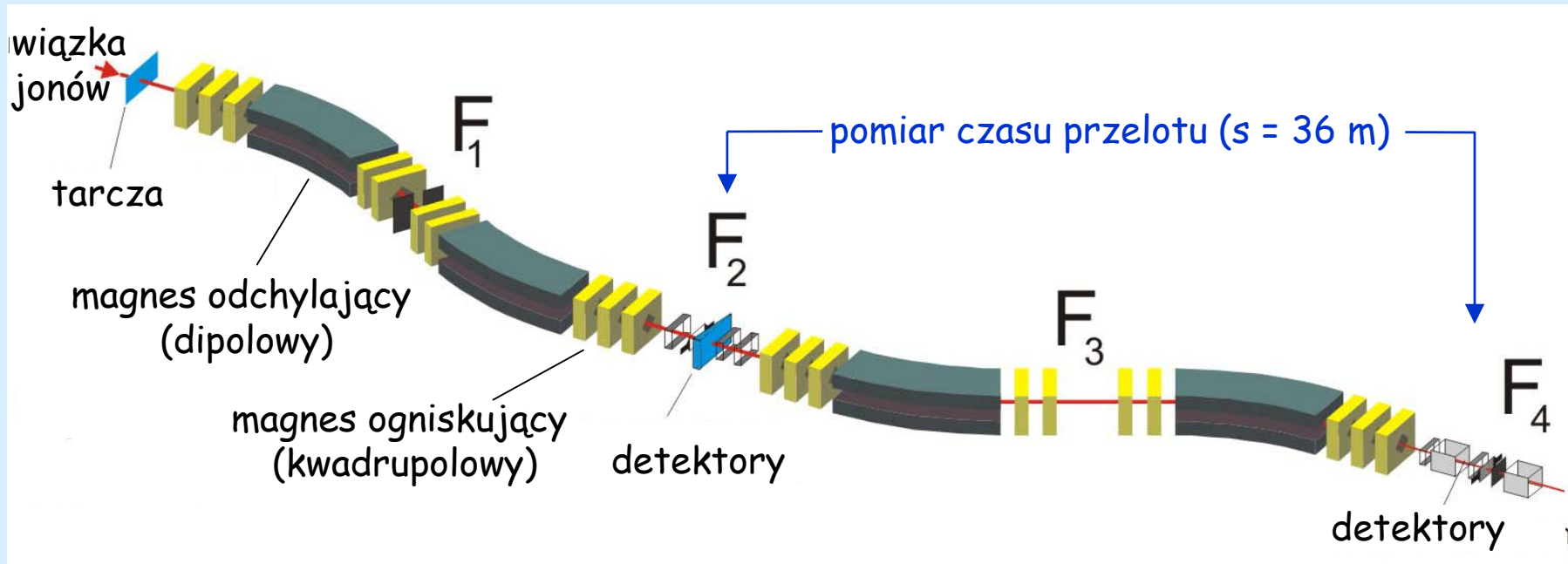
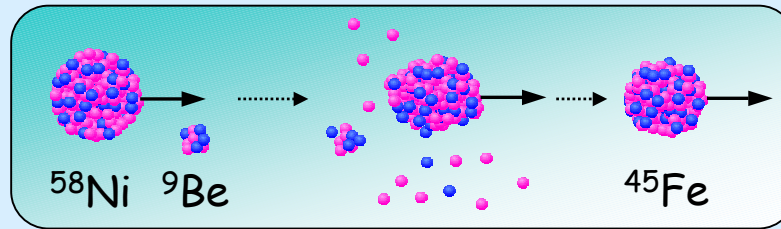


Laboratorium GSI w Darmstadt



FRS : separator fragmentów w GSI

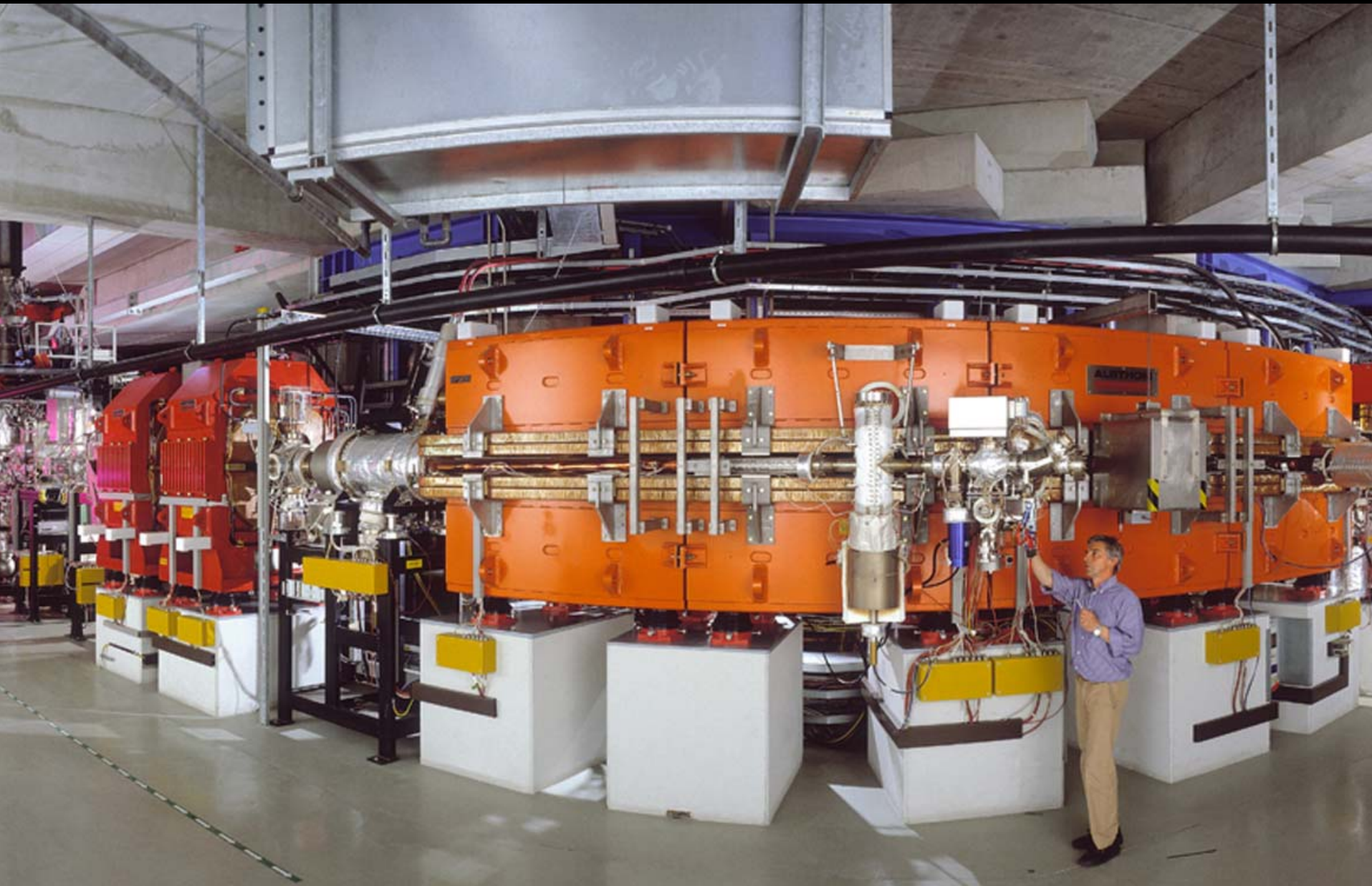
Reakcja fragmentacji



Promień toru r cząstki o ładunku q i prędkości v w polu B

$$B \cdot r = p/q = \gamma \cdot m \cdot v/q, \quad \gamma = 1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$$

Magnesy odchylające i ogniskujące



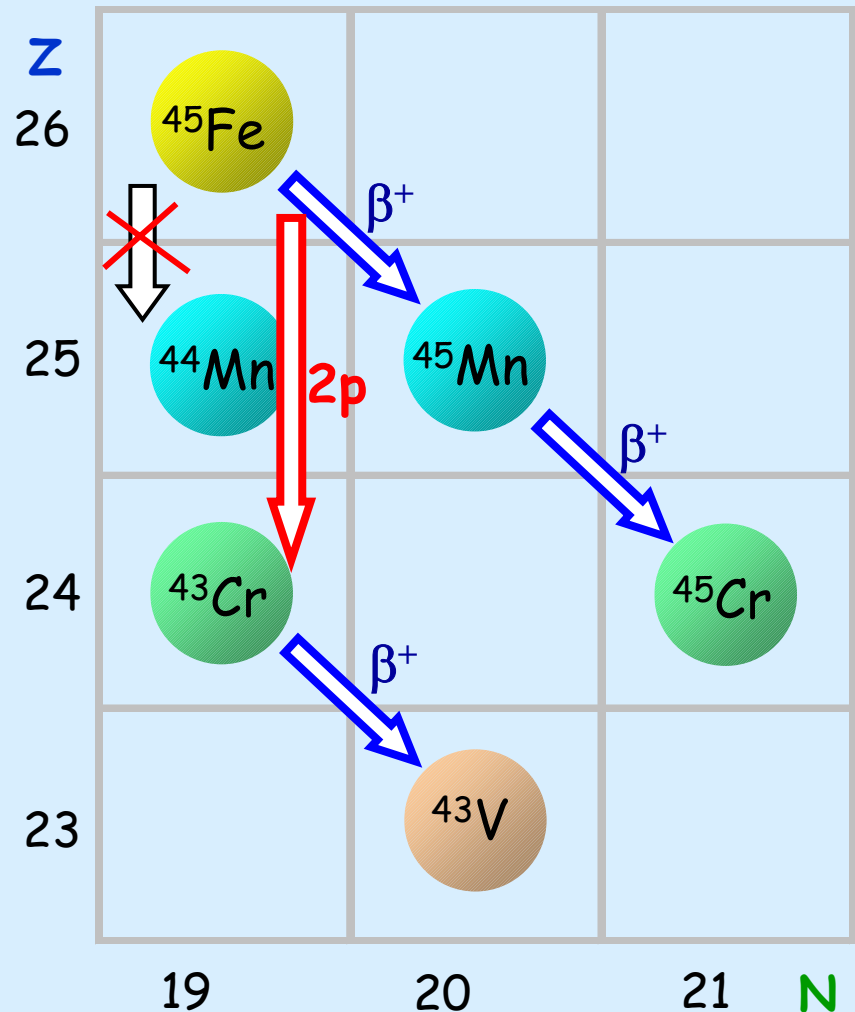
Promieniotwórczość dwuprotonowa

Proces przewidziany teoretycznie przed 40 laty dla skrajnie neutrono-deficytowych nuklidów.

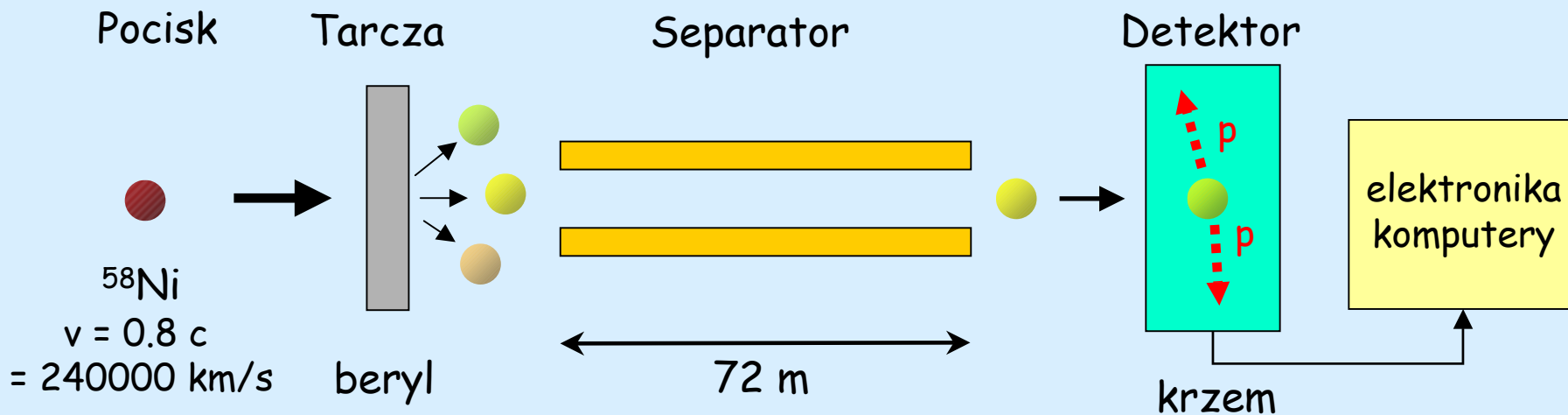
Główne przeszkody w obserwacji :

- 1) bardzo trudno wytworzyć te nuklidy,
- 2) oba protony muszą „przeniknąć przez ścianę” zanim zajdzie przemiana β (10 ms).
→ ostry warunek energetyczny :

$$E_{2p} \approx 1 \text{ MeV}$$

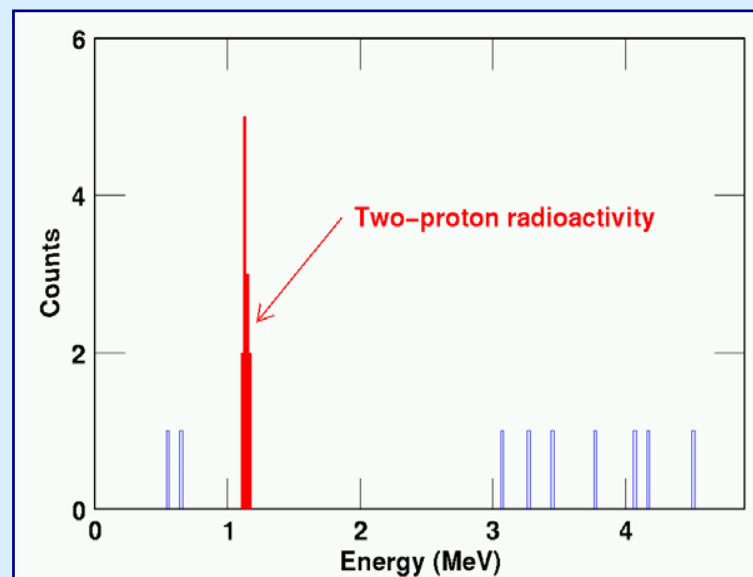


Badanie rozpadu ^{45}Fe



Wyniki :

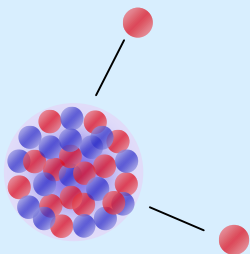
- kilkanaście atomów ^{45}Fe
- wydzielona energia, $E = 1.2 \text{ MeV}$
- półokres rozpadu, $T_{1/2} \approx 2 \text{ ms}$
- ➔ zgodne tylko z hipotezą emisji $2p$!



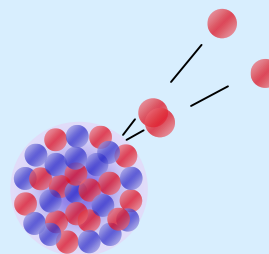
Następny krok

Zmierzyliśmy jedynie sumaryczną energię i czas rozpadu!

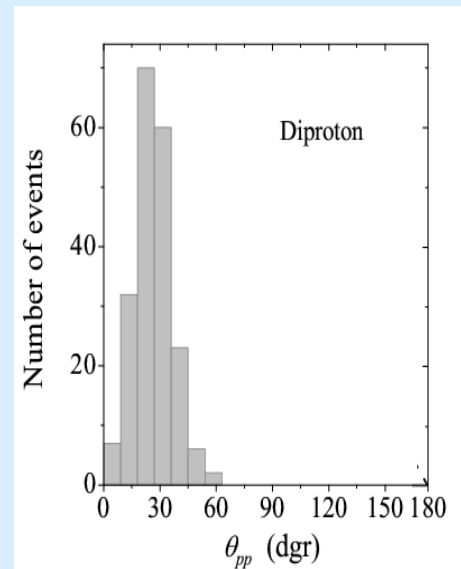
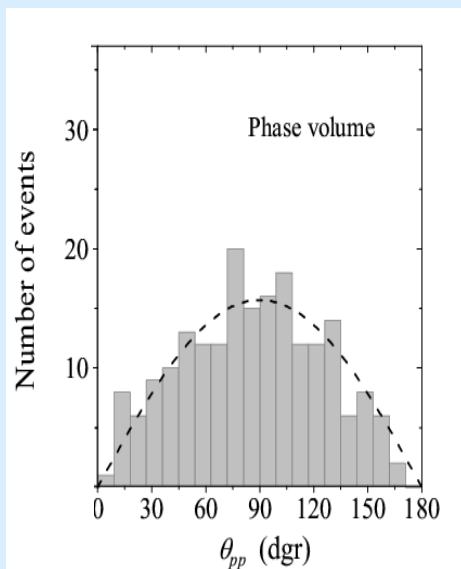
- ▶ Teraz trzeba zarejestrować oba protony oddzielnie i zmierzyć ich indywidualne energie i kąt między kierunkami ich wylotu.



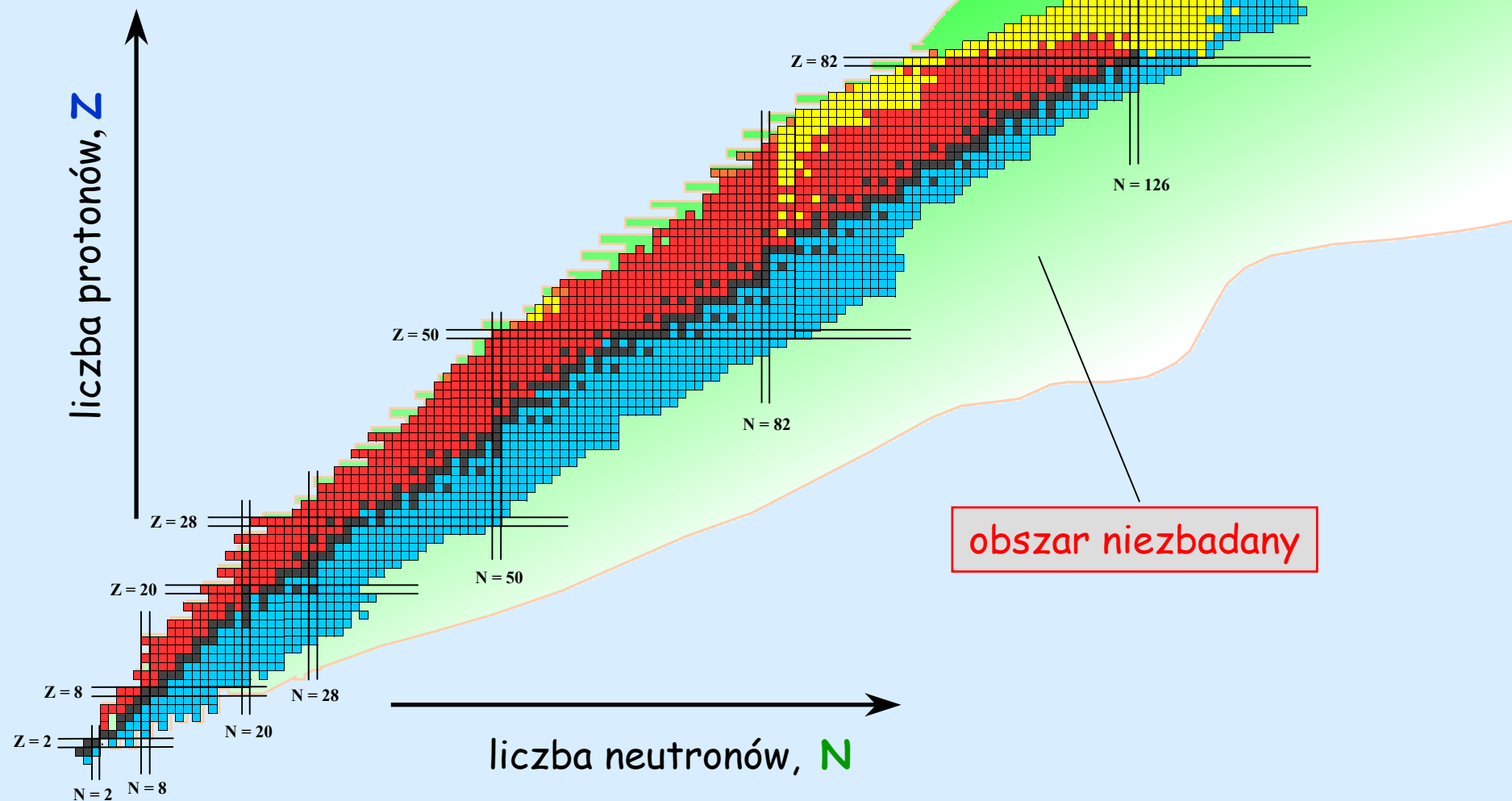
rozkład izotropowy



silna korelacja



Eksploracja trwa...



Zakończenie

- ✗ Omówiłem tylko dwa przykłady badań w dziedzinie nuklidów egzotycznych. Występuje tu jednak całe bogactwo innych zjawisk.
- ✗ Duża część świata nuklidów nie jest jeszcze poznana, wiele zagadek czeka na rozwiązanie,
 - gdzie są granice tego świata?
 - czy istnieją trwałe pierwiastki superciężkie?
 - gdzie i jak powstały w Kosmosie znane pierwiastki?
 - czy i jak nuklidy egzotyczne różnią się od już poznanych?
- ✗ Badania te mają świetne perspektywy! W Niemczech, USA, Chinach i Japonii powstają nowe wielkie laboratoria poświęcone fizyce nuklidów egzotycznych.

Planowana rozbudowa GSI

Projekt zatwierdzony do realizacji → <http://www.gsi.de>



Zapraszam na Hożę!

<http://www.fuw.edu.pl>

**ROK 2005
ROKIEM FIZYKI**

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
oraz Polskie Towarzystwo Fizyczne
zapraszają
na cykl wykładów
z fizyki współczesnej

„Wtorki na Hożej”

25 października
dr Jacek Szczytko
Nanotechnologie

8 listopada
prof. dr hab. Marek Grad
Struktura skorupy ziemskiej
i trzęsienia ziemi w Polsce
- czy grozi nam tsunami na Bałtyku?

22 listopada
dr hab. Piotr Durka
Elektryczny ślad myśli

6 grudnia
prof. dr hab. Marek Demiański
O początku i końcu Wszechświata

20 grudnia
prof. dr hab. Michał Jaroszyński
Poszukiwanie planet odległych gwiazd

WYKŁADY POPULARNO-NAUKOWE
DOSTĘP WOLNY!

Wykłady będą odbywały się w siedzibie Wydziału Fizyki UW
ul. Hoża 69, w Sali Dużej Doświadczalnej W godz. 17:30 - 18.30

Ul. Hoża 69, Sala Duża Doświadczalna, 17:30 – 18:30