

Warszawa 1.10.2003

Inauguracja roku akademickiego 2003/2004

**ODKRYCIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI
DWUPROTONOWEJ**

o pracy Marka Pfütznera i in.

opublikowanej w European Physics Journal **14** (2002) 279

Z HISTORII ODKRYĆ

1896 – A.H.Becquerel

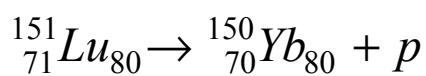
– promieniotwórczość uranu

1898 – M.Skłodowska-Curie i P.Curie

– polon (${}^{210}_{84}\text{Po}_{126}$) i rad (${}^{226}_{88}\text{Ra}_{138}$)

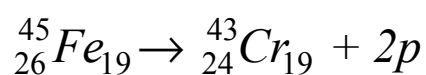
1981 – S.Hofmann i in.

– promieniotwórczość protonowa



2002 – M. Pfützner i in.

– promieniotwórczość dwuprotonowa



TERMINOLOGIA

Nuklid – atom, którego jądro ma określoną liczbę protonów (**Z**) i określoną liczbę neutronów (**N**)

Z – liczba atomowa

A = **Z** + **N** – liczba masowa

Symbol nuklidu: ${}_Z^AX_N$

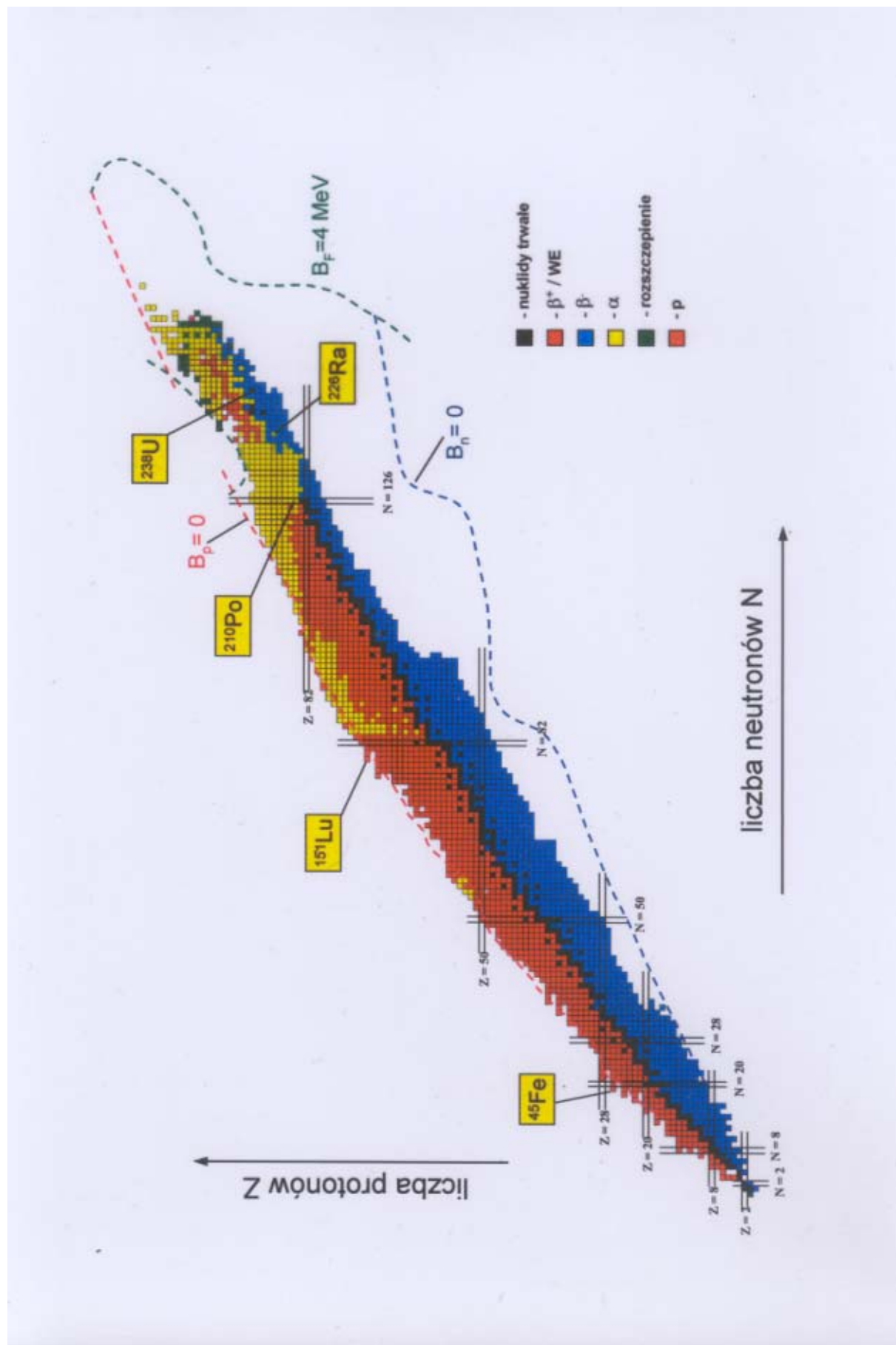
X – symbol pierwiastka chemicznego

Podgrupy nuklidów:

ustalone Z	– izotopy (pierwiastka)
„ N	– izotony
„ A = Z + N	– izobary

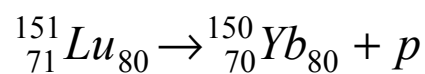
Liczba nuklidów:

trwałe i długożyciowe	287
wszystkie znane (2003)	> 2700
łącznie z przewidywanymi	ok. 6000



PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ ^{151}Lu ($T_{1/2} = 90 \text{ ms}$)

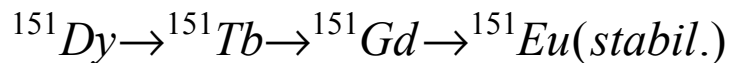
(i) Promieniotwórczość protonowa (rozpad p)



(ii) Przemiana beta

β^+ ($p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$) i/lub

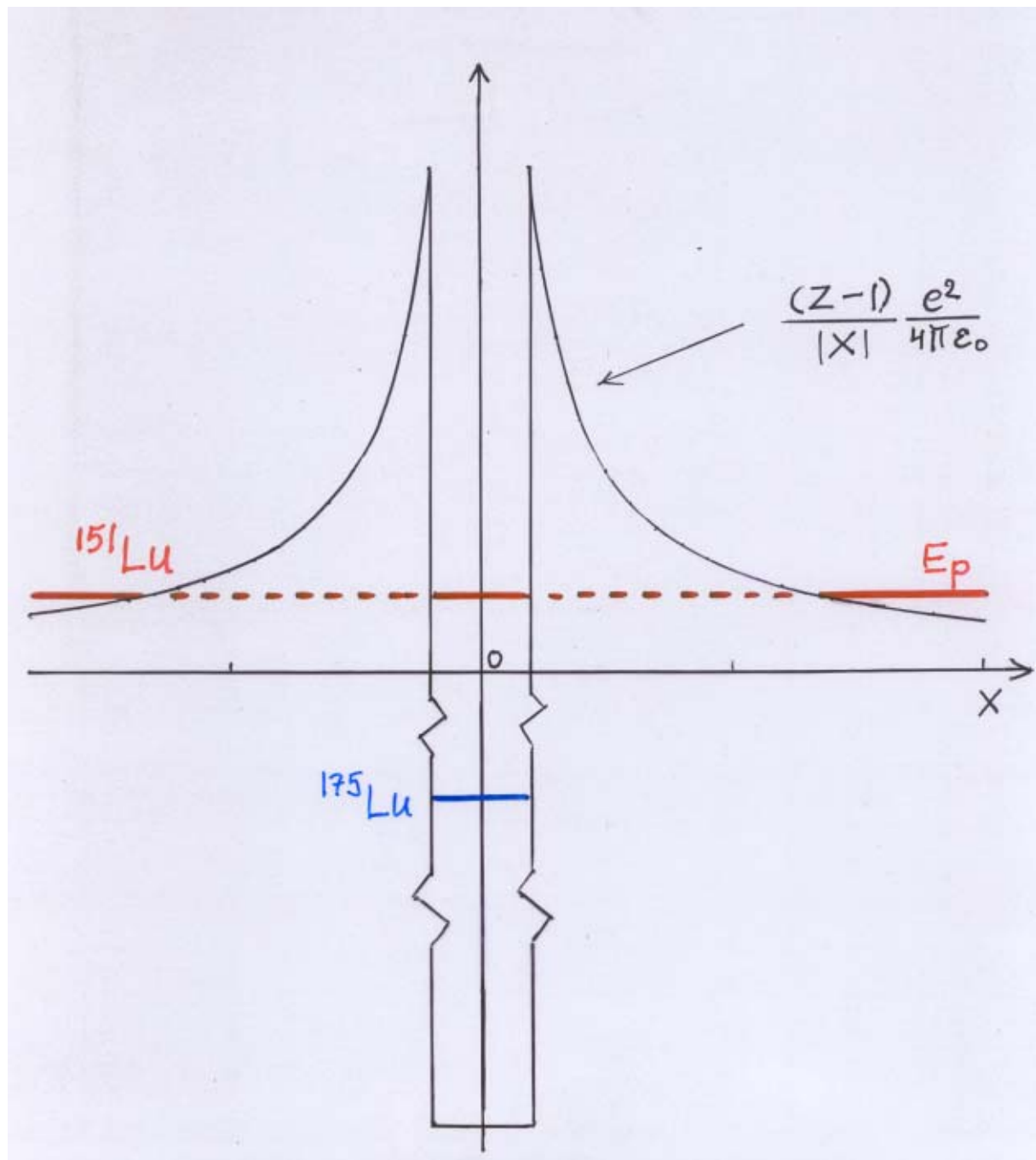
wychwyt elektronu ($p + e^- \rightarrow n + \nu_e$)



(iii) Rozpad 2p niemożliwy!

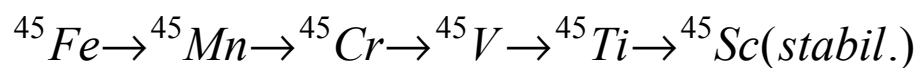
PORÓWNANIE IZOTOPÓW $^{175}_{71}\text{Lu}_{104}$ I $^{151}_{71}\text{Lu}_{80}$

Energia układu $^{A-1}_{70}\text{Yb} + p$ (schematycznie)



PRZEWIDYWANA PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ ${}^{45}_{26}\text{Fe}_{19}$

(i) Przemiana beta

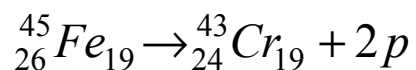


(ii) Brak rozpadu protonowego!

$$E_p < 0$$

(iii) Możliwość rozpadu dwuprotonowego

(W.Goldanski 1960 i późniejsze prace teoretyczne)



$$E_{2p} > 0$$

Rola efektu tunelowego!

ODKRYCIE ROZPADU 2p IZOTOPU ${}^{45}_{26}\text{Fe}_{19}$

Projekt i kierowanie badaniami:

Marek Pfützner

Zespół wykonawców: międzynarodowy

Uczestnicy z Warszawy:

Zenon Janas

Robert Grzywacz*)

Jan Kurcewicz)

Krzysztof Rykaczewski*)

Marek Pfützner

*) Obecnie w Oak Ridge National Laboratory, USA

Miejsce:

laboratorium badań ciężkojonowych GSI w Darmstadcie

EKSPERYMENT W DARMSTADCIE

„Pociski”: ${}^{58}_{28}\text{Ni}^{26+}$ (ciężkie jony)

energia: 650 MeV/nukleon

natężenie: ok. 10^9 / sek

Reakcja: ${}^{58}\text{Ni} + {}^9\text{Be} \rightarrow {}^{45}\text{Fe}$ (fragmentacja)

Identyfikacja produktów reakcji (separator fragmentów)

- czas przelotu
- odchylenie w polu magnetycznym
- efekt jonizacyjny

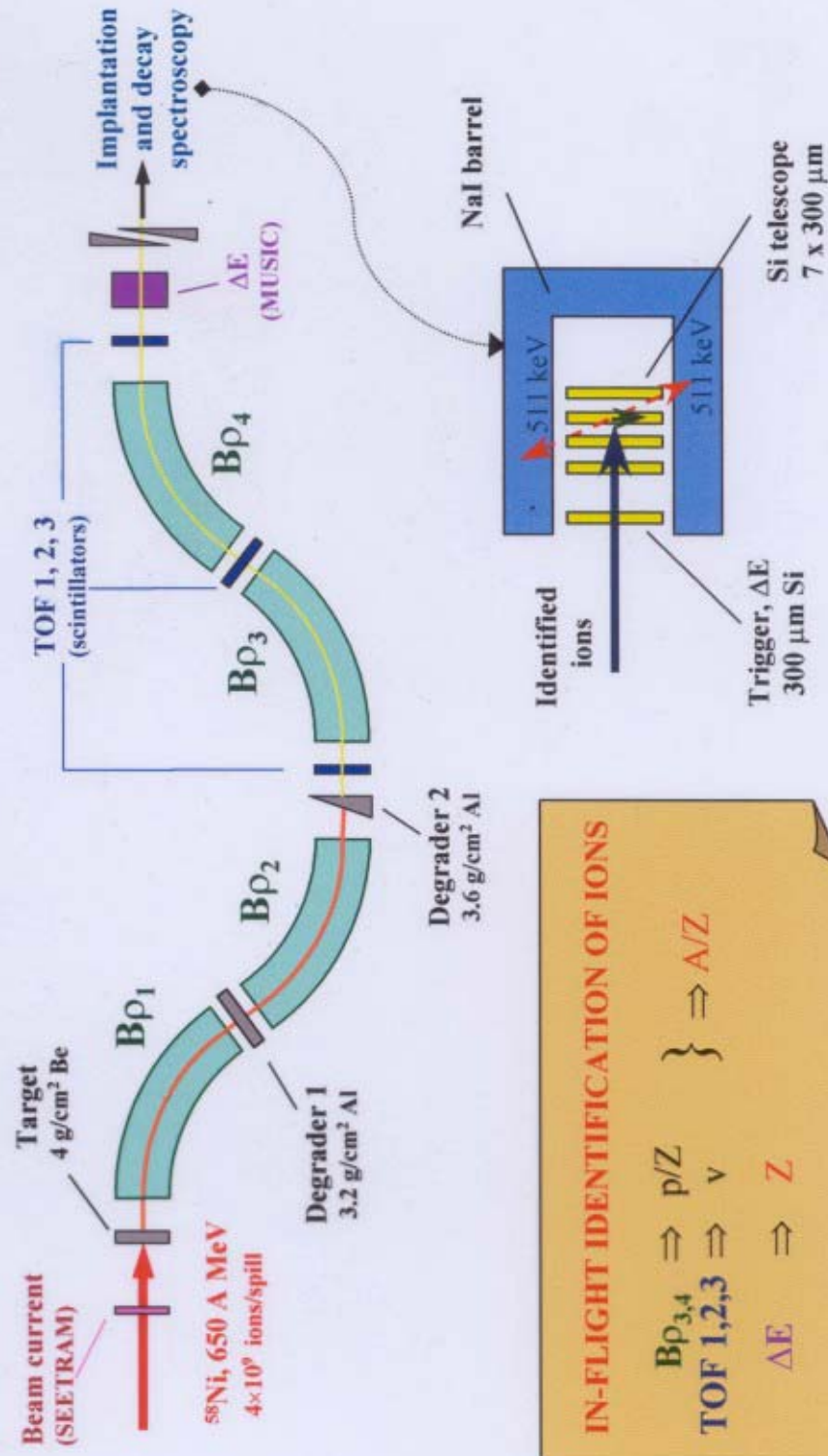
Czas pomiaru: ok. 6 dni

Liczba zarejestrowanych produktów reakcji: 2115

Opracowanie wyników: M. Pfützner (w Warszawie, 2002)

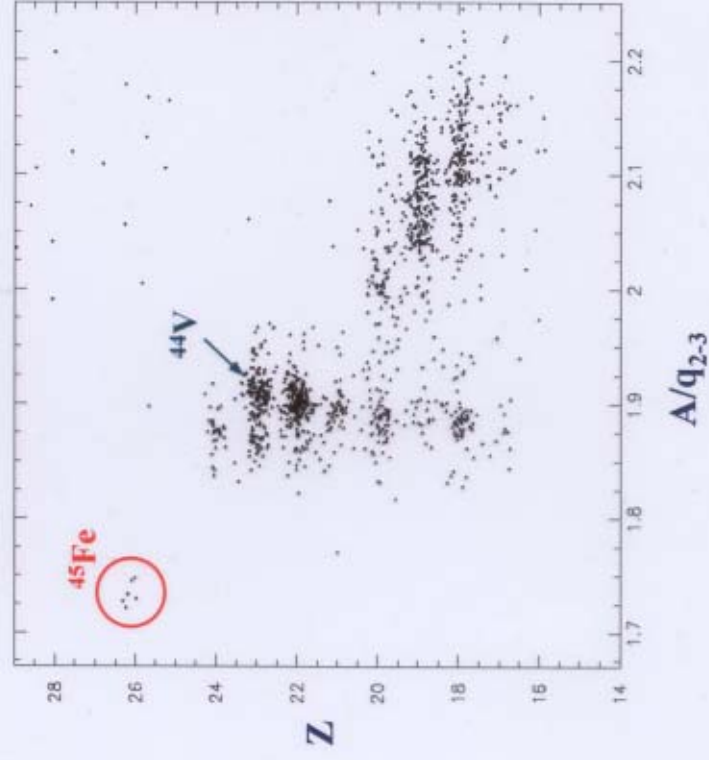
6 atomów ${}^{45}\text{Fe}$; 4 akty rozpadu 2p

Fragment Separator (FRS) at GSI

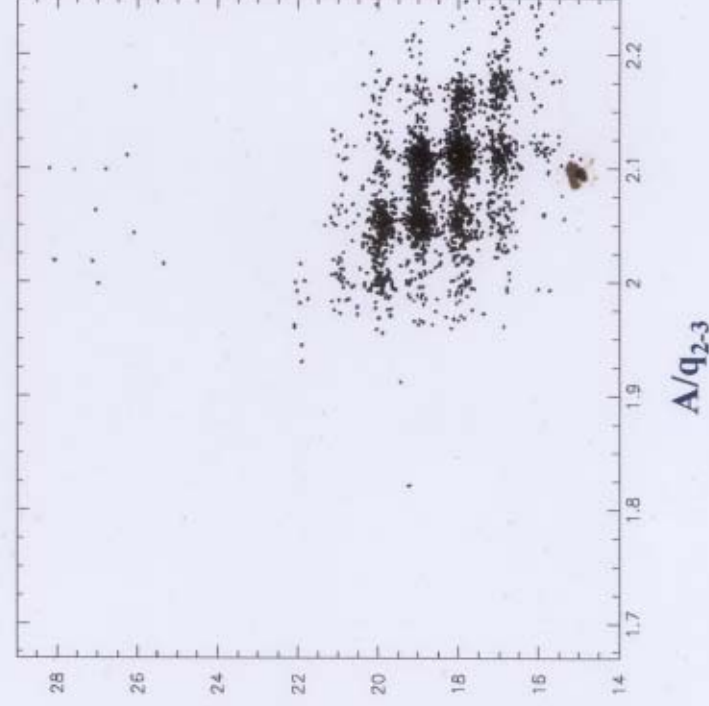


^{45}Fe identification

Ions, which triggered DGF system:
2115 events in 8117 min. (5.6 d)

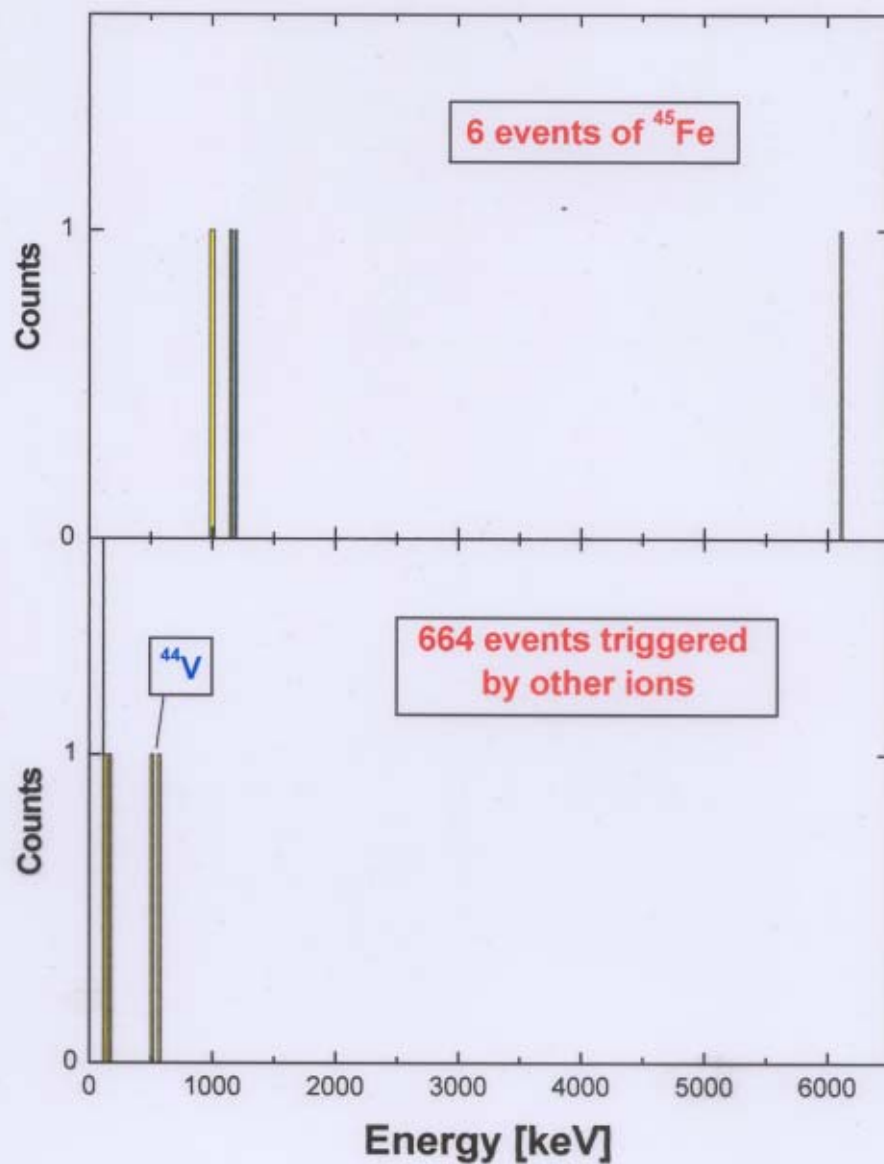


Ions registered in the Si telescope
during 10 ms after each trigger
3970 ions in 21 s (2115×10 ms)



Decay spectra correlated with an implanted ion

Sum over detectors 2 - 7



WYNIK POSZUKIWANIA ROZPADU 2p JĄDRA ^{45}Fe

Eksperyment w Darmstadcie

4 akty rozpadu 2p

Energia pary protonów: $E_{2p} = 1,1 \pm 0,1 \text{ MeV}$

Okres połowicznego zaniku: $T_{1/2} = 3,4^{+3,4}_{-1,1} \text{ ms}$

Potwierdzenie wyników — eksperyment w Caen

12 aktów rozpadu 2p

$E_{2p} = 1,14 \pm 0,05 \text{ MeV}$

$T_{1/2} = 4,7^{+3,4}_{-1,4} \text{ ms}$

Przyszłość: m.in. eksperyment w East Lansing

Astrofizyczne procesy nukleosyntezy

