

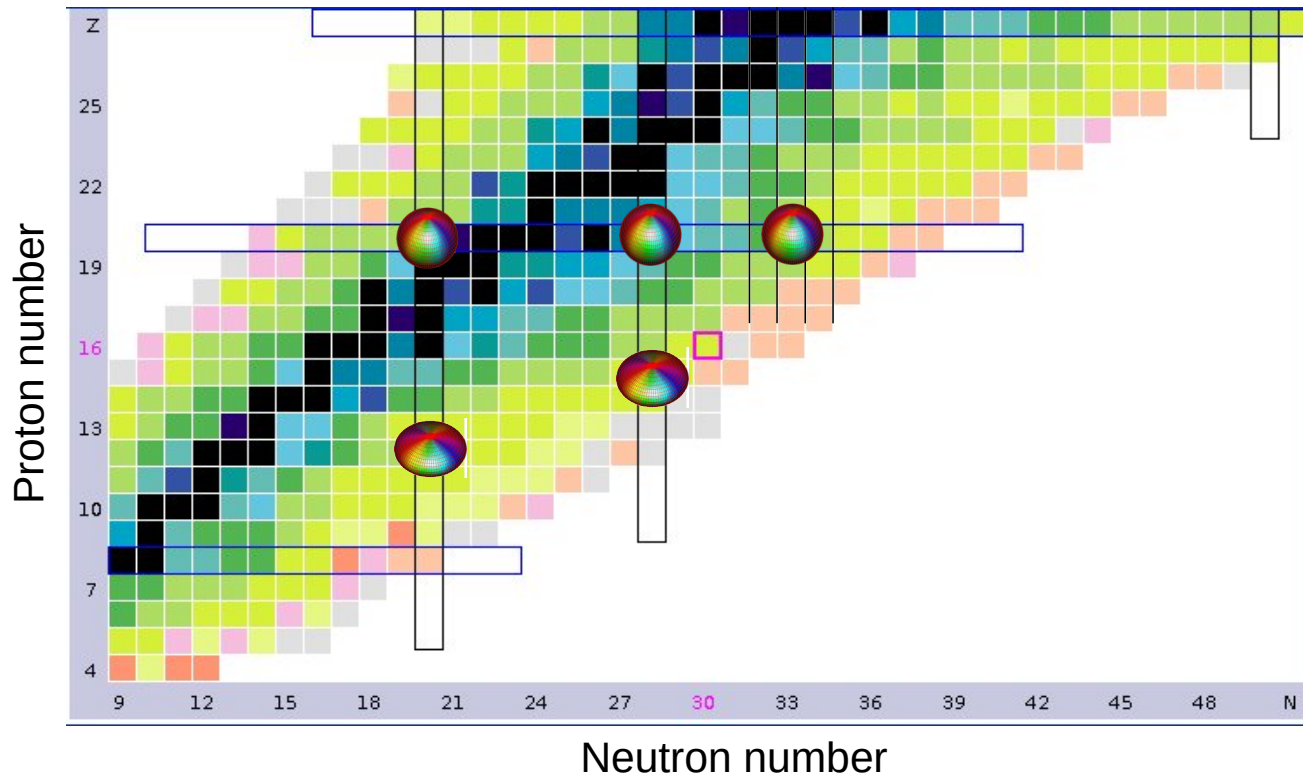


# $^{46}\text{S}$ és $^{47}\text{S}$ atommagok gamma-spektroszkópiái vizsgálata

Begala Marcell

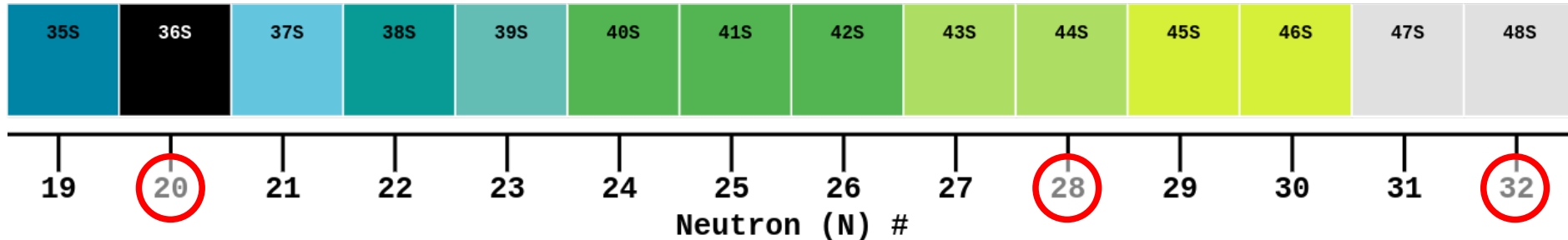
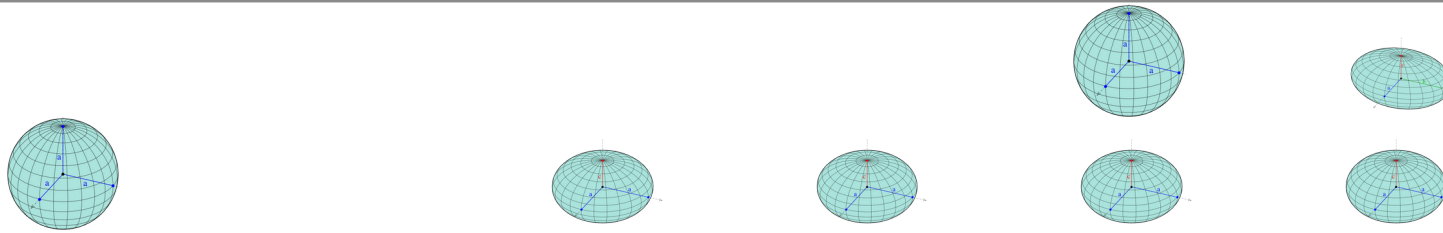
a SUNFLOWER és Seastar kollaborációk nevében

# Motiváció



Neutrongazdag atommagok az  $A \sim 30-50$  tartományban érdekes mag szerkezeti tulajdonságokat mutatnak: az  $N=20$  és  $N=28$  neutron héjzáródások eltűnnek nagy  $N/Z$  arányoknál, új alhéjzáródások alakulnak ki  $N=32$  és  $N=34$ -nél, deformációs szigetek és alakkoegzisztencia jelenik meg.

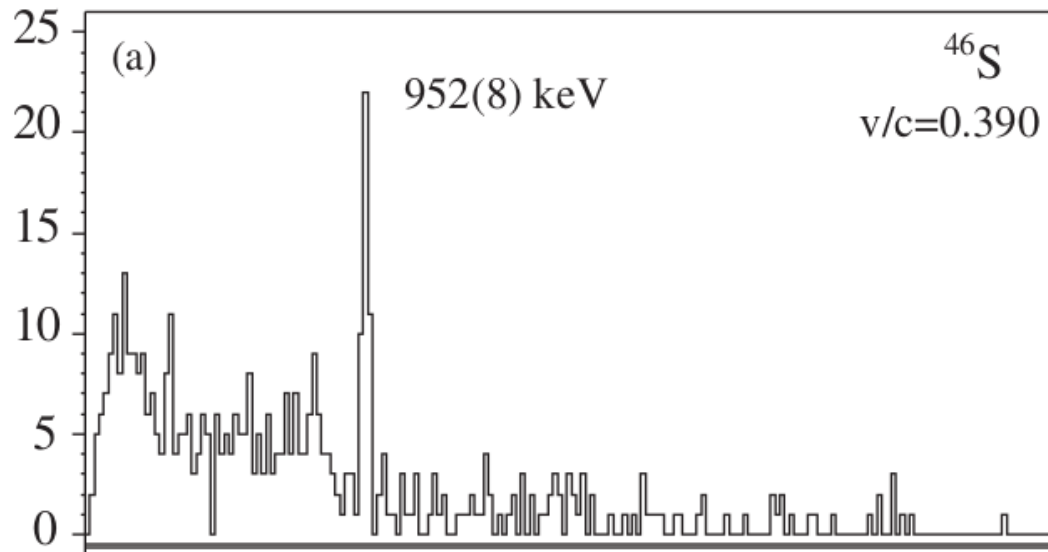
# Motiváció



Neutrongazdag kén izotópok számos deformációra utaló jelet mutatnak:

- $^{36}\text{S}$   $N=20$ -nál gömbszerű
- A héjközi atommagok  $^{40}\text{S}$  és  $^{42}\text{S}$  tengelyesen szimmetrikus, belapult (prolate) alakúak.
- $^{44}\text{S}$ : az  $N=28$  héjzáródás eltűnik, a mag az  $A\sim 40$  körüli deformációs szigethez tartozik
- $^{46}\text{S}$  és  $^{47}\text{S}$ : az  $N=28$  és  $N=32$  (al)héjzáródás között helyezkednek el, háromtengelyűen deformált alak megjelenését is jósolják a  $^{46}\text{S}$

# Szakirodalom



- A. Gade et. al.: In-beam gamma-ray spectroscopy of very neutron-rich nuclei: excited states in  $^{46}\text{S}$  and  $^{48}\text{Ar}$ ,  
*PRL 102, 182502 (2009)*
- $2^+$  állapot  $^{46}\text{S}$ -ben @ 952 keV
- $^{47}\text{S}$  nincs spektroszkópiai információ

# Kísérlet



## Particle identification scheme at BigRIPS

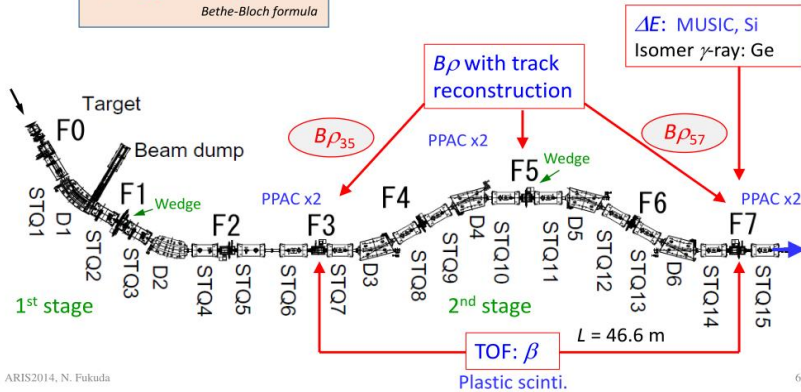
### TOF- $B\rho$ - $\Delta E$ method

$$\frac{A}{Q} = \frac{B\rho}{\gamma\beta} \frac{c}{m_u}$$

$$Z \leftarrow \Delta E = f(Z, \beta)$$

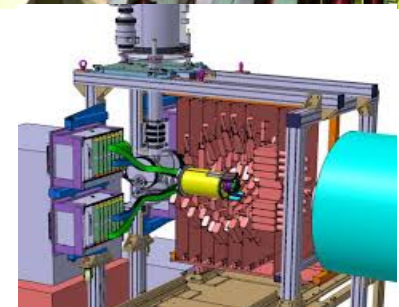
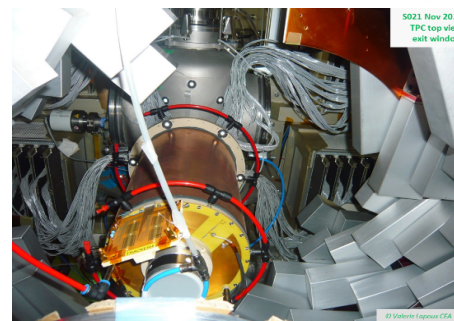
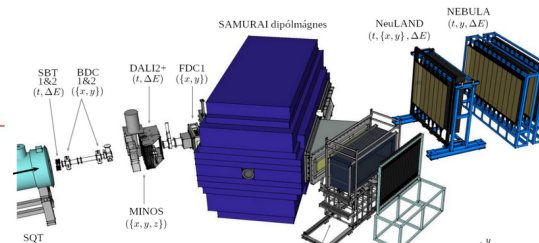
*Bethe-Bloch formula*

TOF: Time of flight  
 $B\rho$ : Magnetic rigidity  
 $\Delta E$ : Energy loss



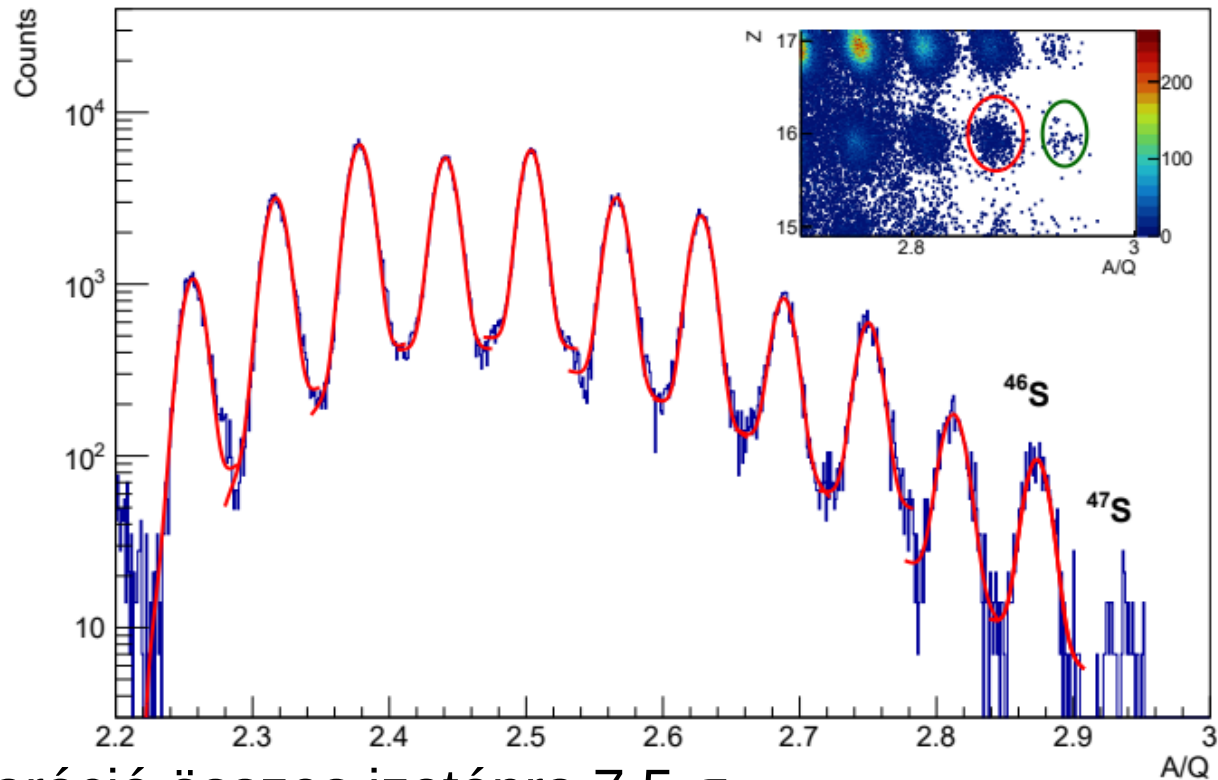
ARIS2014, N. Fukuda

6



- A kísérletet a RIKEN Nishina Center nevű kutatóintézetben végezték.
- Adatok: az utolsó SEASTAR kampány, a berendezés az  $^{56}\text{Ca}$  köré beállítva.
- Elsődleges nyaláb:  $^{70}\text{Zn}$  @ 345 MeV/u 240 pA,  $^9\text{Be}$  10 mm vastag céltárgy
- Másodlagos nyaláb: BigRIPS szeparátor A/Q válogatás  $B\rho$ - $\Delta E$ -TOF
- Másodlagos céltárgy: MINOS 151 mm hosszú IH2 + hengeres TPC
- A/Q azonosítás: SAMURAI spektrométer  $B\rho$ - $\Delta E$ -TOF módszerrel.
- Gamma-detektálás: DALI2+ NaI detektor

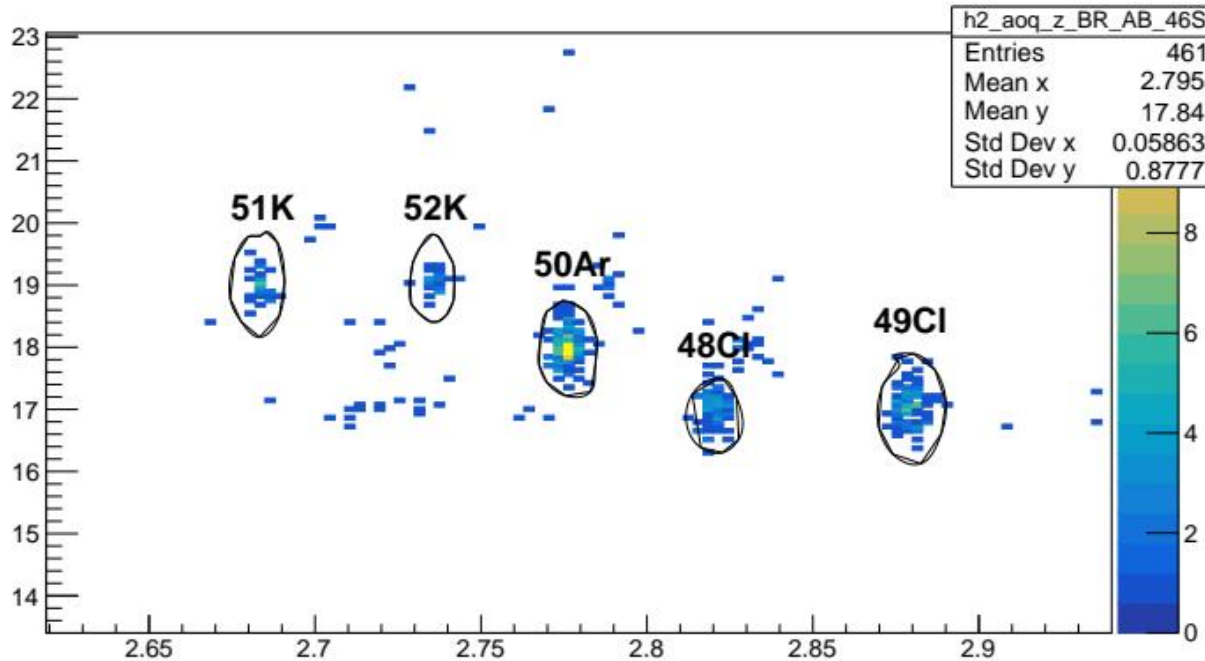
# PID $^{46}\text{S}$ és $^{47}\text{S}$



- Z szeparáció összes izotópra  $7.5 \sigma$ ,
- A/Q szeparáció S izotópokra  $9.4 \sigma$
- $^{46}\text{S}$  és  $^{47}\text{S}$  jól szeparáltak és egyértelműen szétválaszthatóak

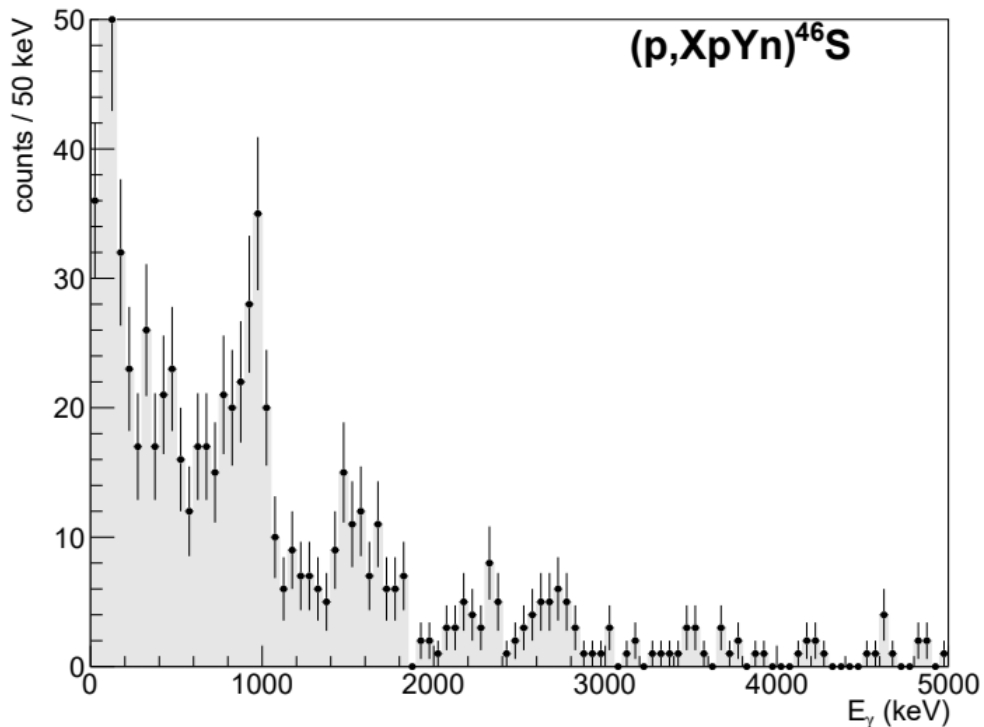
# $^{46}\text{S}$ előállítása

- $^{46}\text{S}$  legfőképp 2p2n, valamint 1p2n és 1p1n multinukleon kilökéses reakcióban állt elő  $^{50}\text{Ar}$ ,  $^{49}\text{Cl}$ , és  $^{48}\text{Cl}$  másodlagos nyalábrészecskékből.
- összesen 380 eseményben

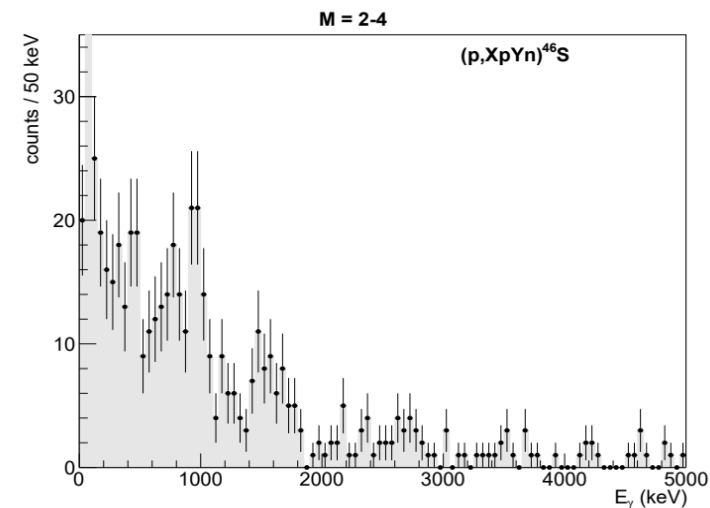
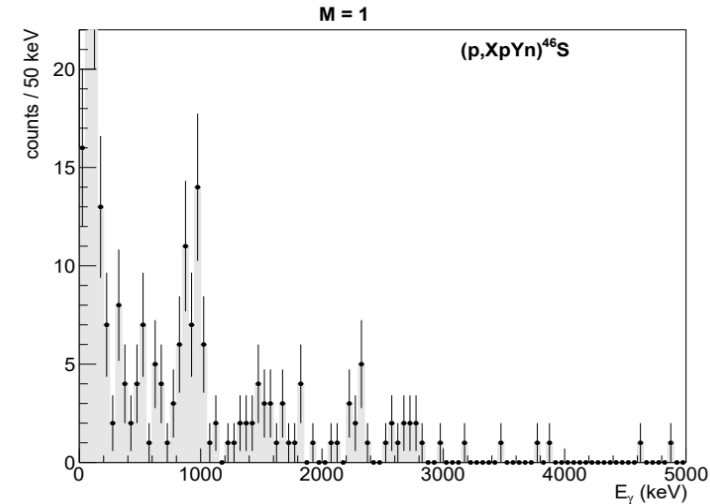


	$^{46}\text{S}$
$^{48}\text{Cl}$ (p,2p1n)	66
$^{49}\text{Cl}$ (p,2p2n)	93
$^{50}\text{Ar}$ (p,3p2n)	162
$^{51}\text{K}$ (p,4p2n)	35
$^{52}\text{K}$ (p,4p3n)	24
Total	380

# $^{46}\text{S}$ gamma spektruma

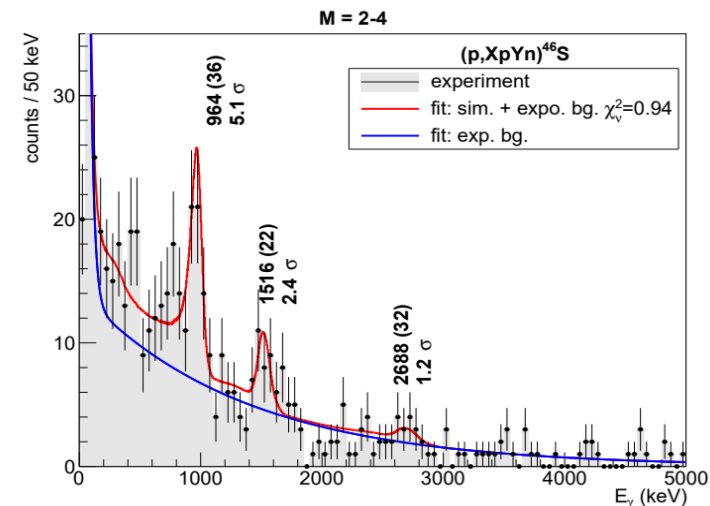
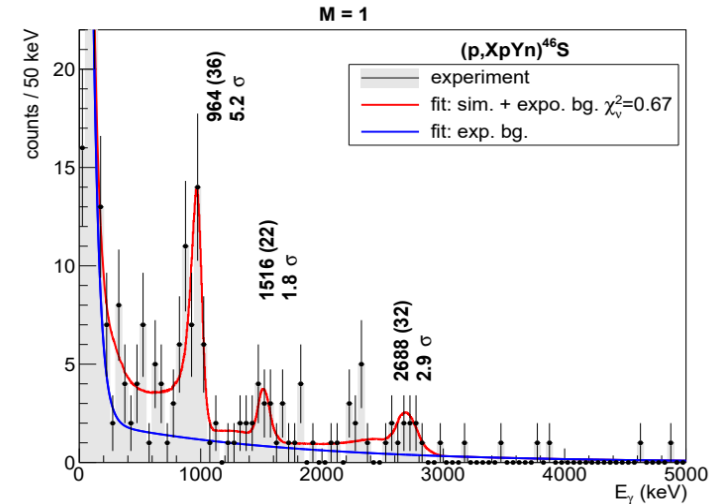
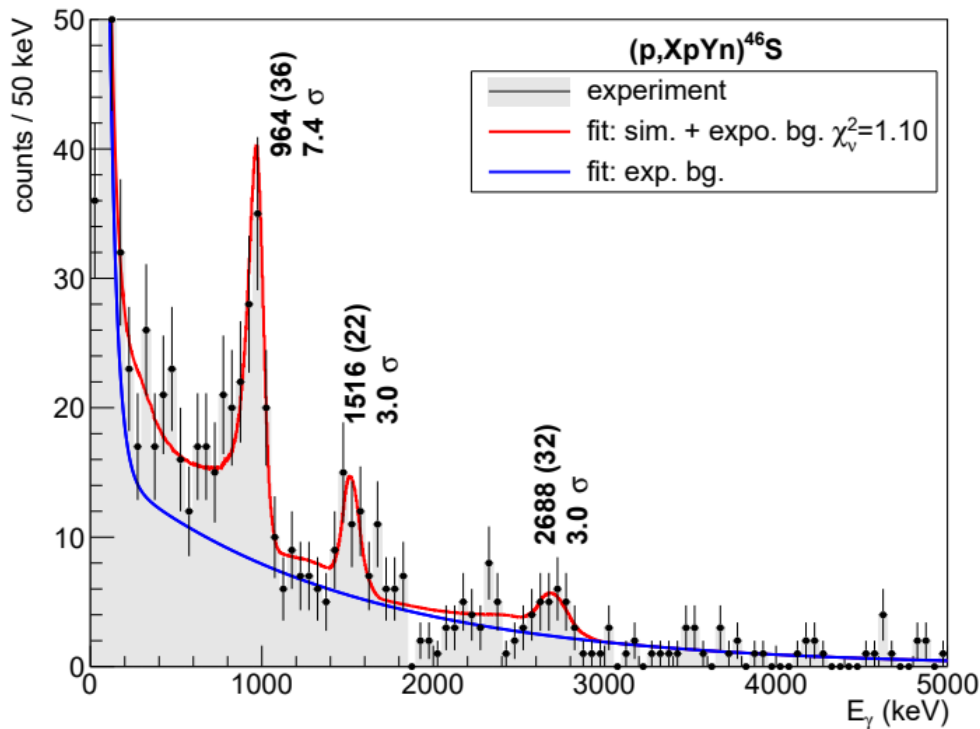


- 3 csúcs: a legerősebb 950 keV körül, két gyengébb 1500 és 2700 keV-nél.
- M=1: a csúcs ~950 keV erősebb
- M=2-4: a csúcsok ~1500 és ~2700 keV nál erősebbek, egy csúcs tűnik fel ~750 keV-nél.



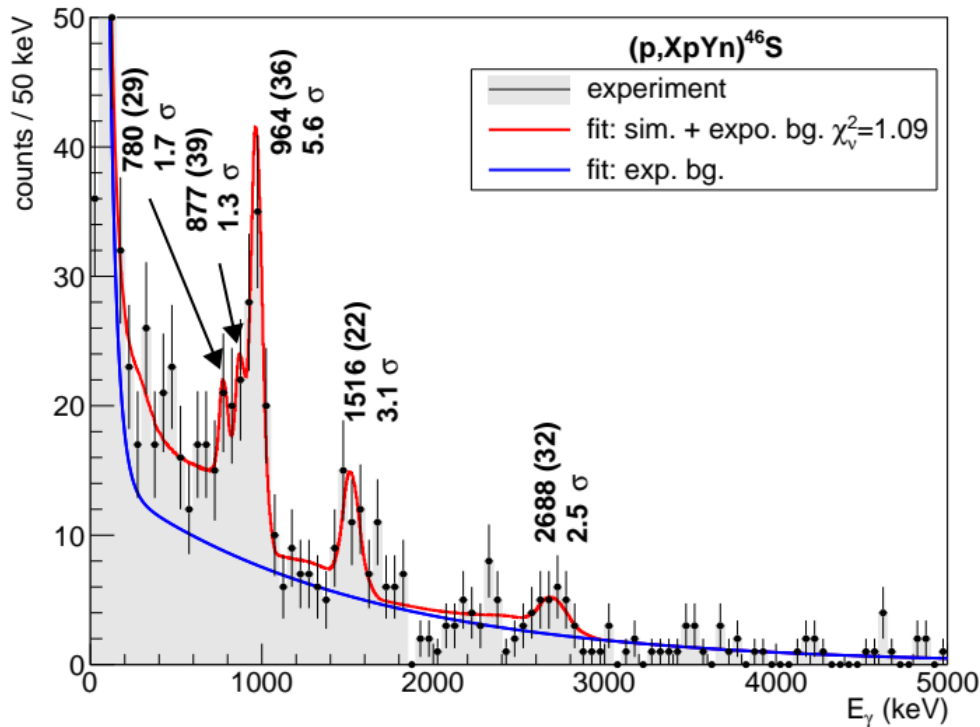


# $^{46}\text{S}$ gamma spektruma

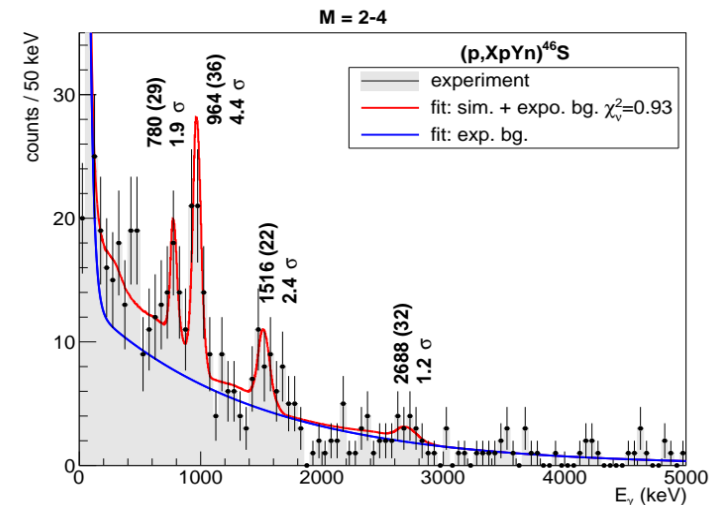
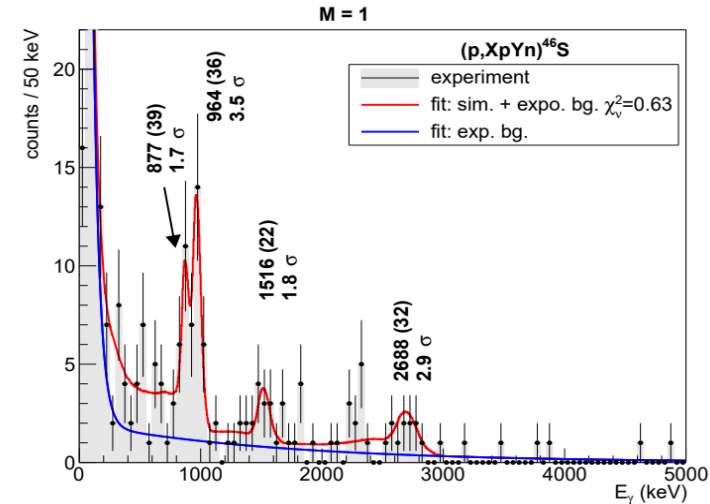


A  $\sim 950$  keV-es csúcs leírására legalább 200 ps életidő feltételezése szükséges, de a  $\sim 750$  keV csúcs megjelenése az M=2-4 spektrumban ellentmond ennek a feltételezésnek.

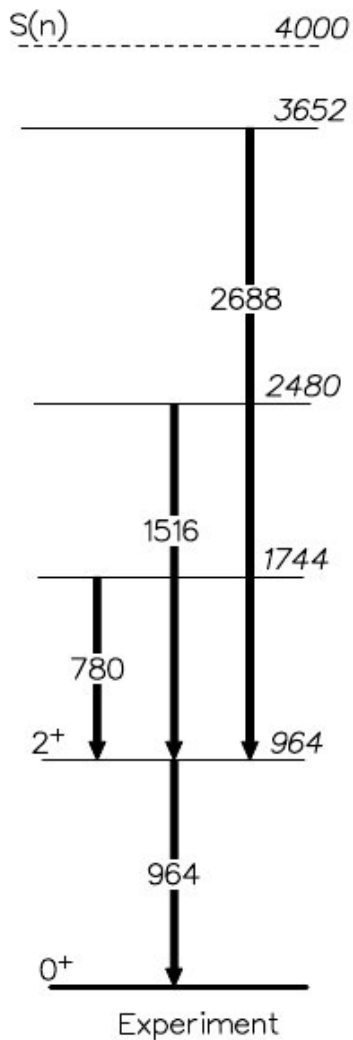
# $^{46}\text{S}$ gamma spektruma



- Prompt bomlásokat használva az 5 csúcsot tartalmazó illesztés bizonyult a legjobbnak.
- a 877 keV szignifikanciája alacsony, így 4 gamma vonalat rendelünk  $^{46}\text{S}$ -hez.

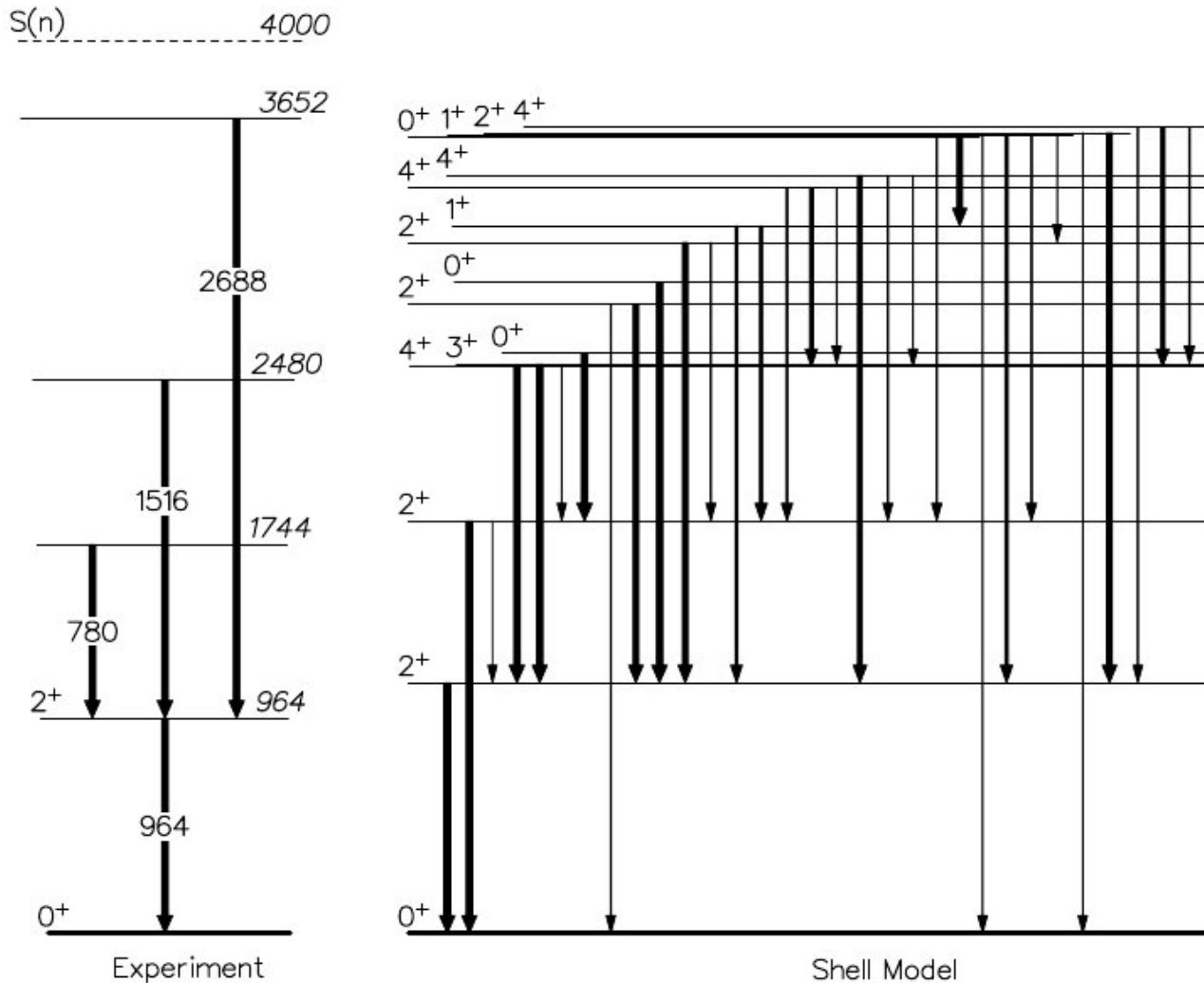


# A $^{46}\text{S}$ nívósémája



- Megerősítjük a  $2^+ \rightarrow 0^+$  átmenetet.
- Megfelelő mennyiségű statisztika hiányában nem tudtuk a gamma-gamma koincidenciákat meghatározni.
- A nagyobb multiplicitású M=2-4-es spektrumban való kiterősödésük miatt az új átmeneteket a  $2^+$  állapotra helyezük.

# Az elméleti számítások összevetése a kísérleti eredményekkel $^{46}\text{S}$



A legújabb LSSM jó leírást ad.

A számolt elágazási arányok és a multinukleon kilökéses reakcióban előállt állapotok alapján:

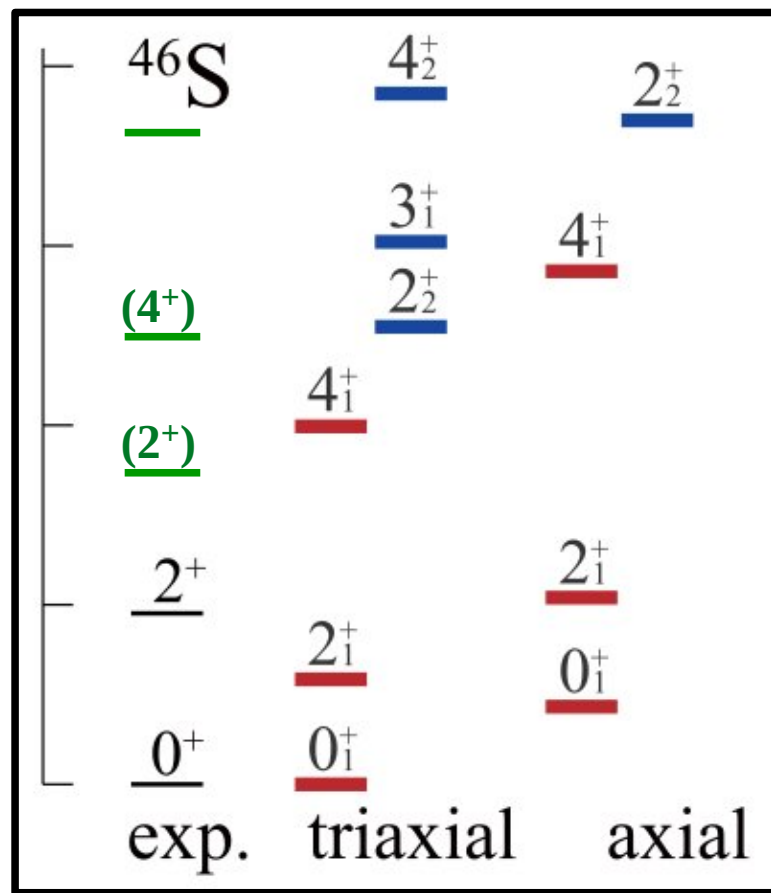
- 1744-keV  $\rightarrow 2^+_{2}$
- 2480-keV  $\rightarrow 4^+_{1}$
- 3652-keV  $\rightarrow 2^+_{5}$

# Az elméleti számítások összevetése a kísérleti eredményekkel $^{46}\text{S}$

$E_{4^+}/E_{2^+}$  arány: 2.57

- Vibrátor: 3.33
- Rotor: 2.00
- Davydov-Filippov model, triaxiális rotor: ~2.6

GCM számolások háromtengelyűen deformált alak megjelenését is jósolják a tengelyesen szimmetrikus, belapult (prolate) falak mellett.

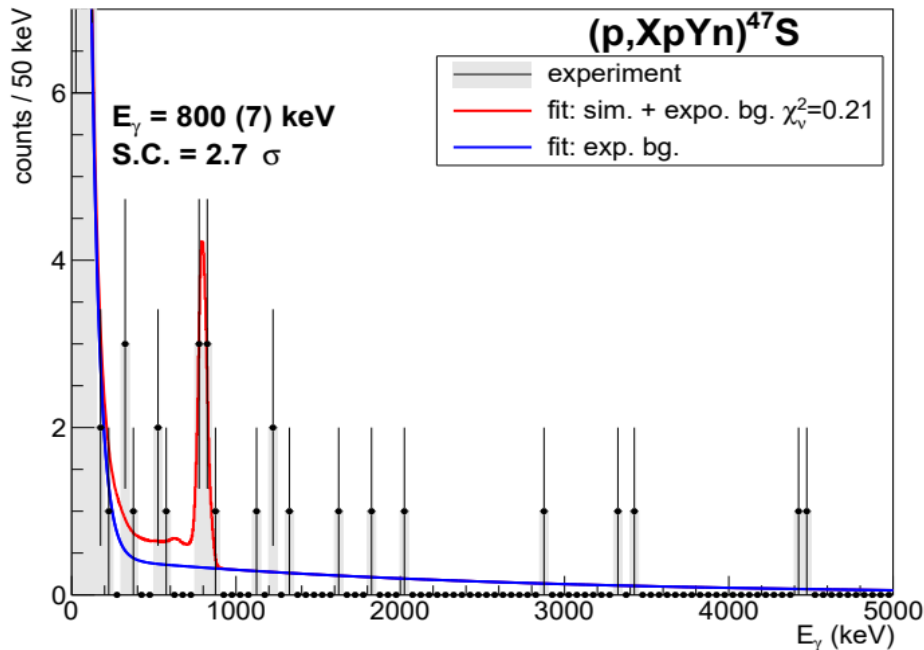


# $^{47}\text{S}$ előállítása

- Másodlagos nyalábrészecskék hasonlóak mint a  $^{46}\text{S}$  esetében
- $^{47}\text{S}$  szintén  $^{48}\text{Cl}$ ,  $^{49}\text{Cl}$ , és  $^{50}\text{Ar}$ ; 1p, 1p1n, és 2p1n (multi) nukleon kilökéses reakciókban állt elő.
- Nagyon kevés esemény, mindössze 57.

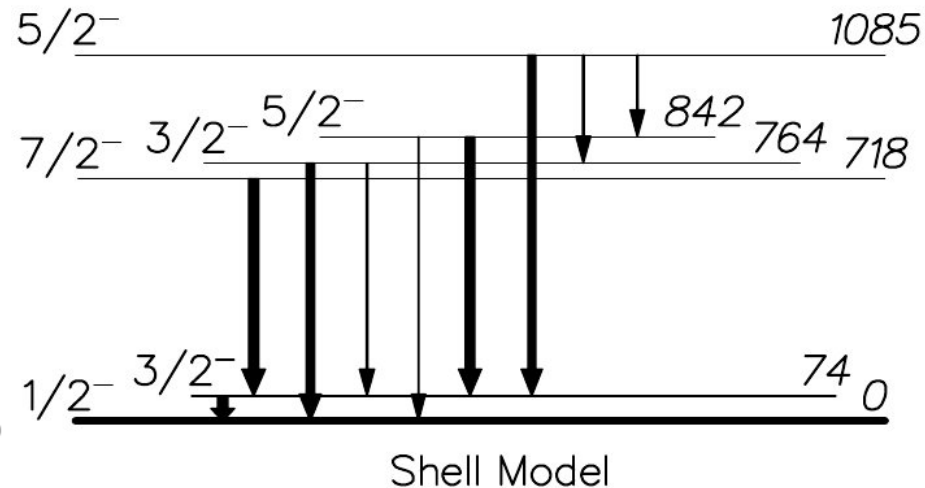
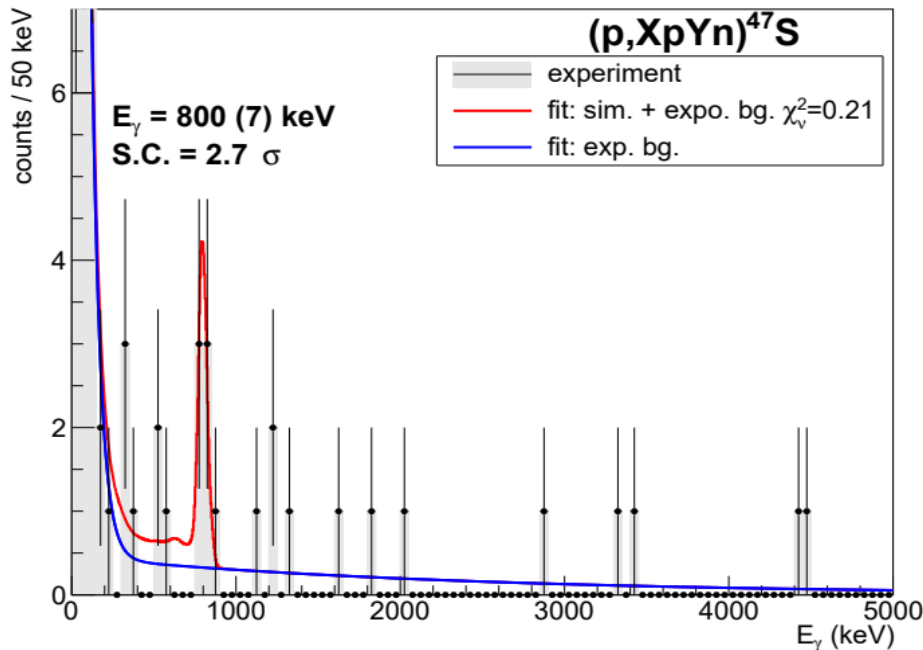
# $^{47}\text{S}$ gamma spektruma

- A statisztika hiánya miatt a spektrum illesztésénél alkalmazott háttérparamétereket a  $^{46}\text{S}$  illesztéséből vettük.
- 800 keV-nél egy jól látható csúcs rajzolódik ki.



# $^{47}\text{S}$ gamma spektruma

- A statisztika hiánya miatt a spektrum illesztésénél alkalmazott háttérparamétereket a  $^{46}\text{S}$  illesztéséből vettük.
- 800 keV-nél egy jól látható csúcs rajzolódik ki.
- LSSM számolások alapján több lehetséges elméleti párja is lehet ennek az átmenetnek.





# Összefoglalás

- $^{46}\text{S}$  és  $^{47}\text{S}$  atommagok gerjesztett állapotainak vizsgálata multinukleon kilökéses reakcióban.
- Új átmentek a  $^{46}\text{S}$ -hez rendelve, azonosítva 3 új gerjesztett állapotot.
- $^{47}\text{S}$ : egy gamma-vonal lett a maghoz rendelve.
- A kísérleti adatok elméleti számításokhoz való hasonlítása a triaxiális alak megjelenését jelzi  $^{46}\text{S}$ -ben.



# Köszönöm a figyelmet!

M. Begala, D. Sohler, Z. Elekes, M. M. Juhász, Y. Utsuno, T. Otsuka, P. Doornenbal, A. Obertelli, H. Baba, F. Browne, D. Calvet, F. Château, S. Chen, N. Chiga, A. Corsi, M. L. Cortés, A. Delbart, J.-M. Gheller, A. Giganon, A. Gillibert, C. Hilaire, T. Isobe, T. Kobayashi, Y. Kubota, V. Lapoux, T. Motobayashi, I. Murray, H. Otsu, V. Panin, N. Paul, W. Rodriguez, H. Sakurai, M. Sasano, D. Steppenbeck, L. Stuhl, Y. L. Sun, Y. Togano, T. Uesaka, K. Wimmer, K. Yoneda, N. L. Achouri, O. Aktas, T. Aumann, L. X. Chung, F. Flavigny, S. Franchoo, I. Găsparić, R.-B. Gerst, J. Gibelin, K. I. Hahn, D. Kim, T. Koiwai, Y. Kondo, P. Koseoglou, J. Lee, C. Lehr, B.D. Linh, H. N. Liu, T. Lokotko, M. MacCormick, K. Moschner, T. Nakamura, S. Y. Park, D. Rossi, E. Sahin, P.-A. Söderström, S. Takeuchi, H. Törnqvist, V. Vaquero, V. Wagner, S. Wang, V. Werner, X. Xu, H. Yamada, D. Yan, Z. Yang, M. Yasuda, L. Zanetti