

Az $X17$ bozon $\gamma\gamma$ -bomlásának keresése

*16. Magfizikus Találkozó
2018. augusztus 29. - szeptember 1.
Jávorkút*

Nagy Ádám

Debreceni Egyetem; MTA Atommagkutató Intézet



**DEBRECENI
EGYETEM**

16. Magfizikus Találkozó



Motivációk

- A sötét anyag kutatása a fizika egyik kiemelt területe.
- Számos elméleti modell előrejelez egy részecskét, amelynek tömege $10 \text{ MeV} - 1 \text{ GeV}$ tartományban van.
- Az *MTA Atomki*-ben elvégzett ${}^7\text{Li}(p, e^-e^+){}^8\text{Be}$ kísérlet a belső párkeltési együttható mérése során kimutatott anomália →
(*A. J. Krasznahorkay et al.; Phys. Rev. Lett. 116, 042501, (2016).*)
- Egy lehetséges szignatúrája az $X \rightarrow e^-e^+$ bomlásnak (???) .
- Az kísérleti eredményt nagy nemzetközi érdeklődés fogadta.

A ${}^7\text{Li}(p, e^-e^+){}^8\text{Be}$ kísérlet eredményének interpretációi I.

- A kapott eredmény nem magyarázható meg magfizikai folyamatok segítségével.

(X. Zhang, G. A. Miller; *Phys. Lett. B* 773, 159, (2017).)

- *Feng* és munkatársai munkája szerint a kapott eltérés magyarázható egy $m_0c^2=16.7\text{ MeV}$ tömegű, $J^\pi=0^-$ (vektor-bozon) tulajdonságú részecskével.

(J. L. Feng et al.; *Phys. Rev. Lett.* 117, 071803, (2016).)

- *Ellwanger* és *Moretti* interpretációja szerint egy $J^\pi=1^+$ tulajdonságú részecske bomlását figyeltük meg.

(U. Ellwanger, S. Moretti; *arXiv: 1609.01669v2*.)

A ${}^7\text{Li}(p, e^-e^+){}^8\text{Be}$ kísérlet eredményének interpretációi II.

- Hogyan mérhető $X17$ spinje és a paritása, melyik modell adja helyesen a bozon tulajdonságait?

PRL 117, 071803 (2016)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
12 AUGUST 2016

Protophobic Fifth-Force Interpretation of the Observed Anomaly in ${}^8\text{Be}$ Nuclear Transitions

Jonathan L. Feng,¹ Bartosz Fornal,¹ Iftah Galon,¹ Susan Gardner,^{1,2} Jordan Smolinsky,¹ Tim M. P. Tait,¹ and Philip Tanedo¹

¹*Department of Physics and Astronomy, University of California, Irvine, California 92697-4575, USA*

²*Department of Physics and Astronomy, University of Kentucky, Lexington, Kentucky*

(Received 3 May 2016; published 11 August 2016)



PUBLISHED FOR SISSA BY SPRINGER

RECEIVED: September 23, 2016

REVISED: October 24, 2016

ACCEPTED: October 28, 2016

PUBLISHED: November 8, 2016

**Possible explanation of the electron positron anomaly
at 17 MeV in ${}^8\text{Be}$ transitions through a light
pseudoscalar**

Ulrich Ellwanger^{a,b} and Stefano Moretti^b

Az $X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérletek motivációja:

- A Landau-Yang tétel szerint:

Tömeggel rendelkező részecskék, amelyenek a spinje 1, azok nem bomolhathak el egy γ -párra.

- Azaz, amennyiben az $X17$ részecske $J^\pi=1^+$, a $X17 \rightarrow \gamma\gamma$ bomlási csatorna tiltott. Ha az $X17$ részecske $J^\pi=0^-$ $X17 \rightarrow \gamma\gamma$ bomlási csatorna megengedett.

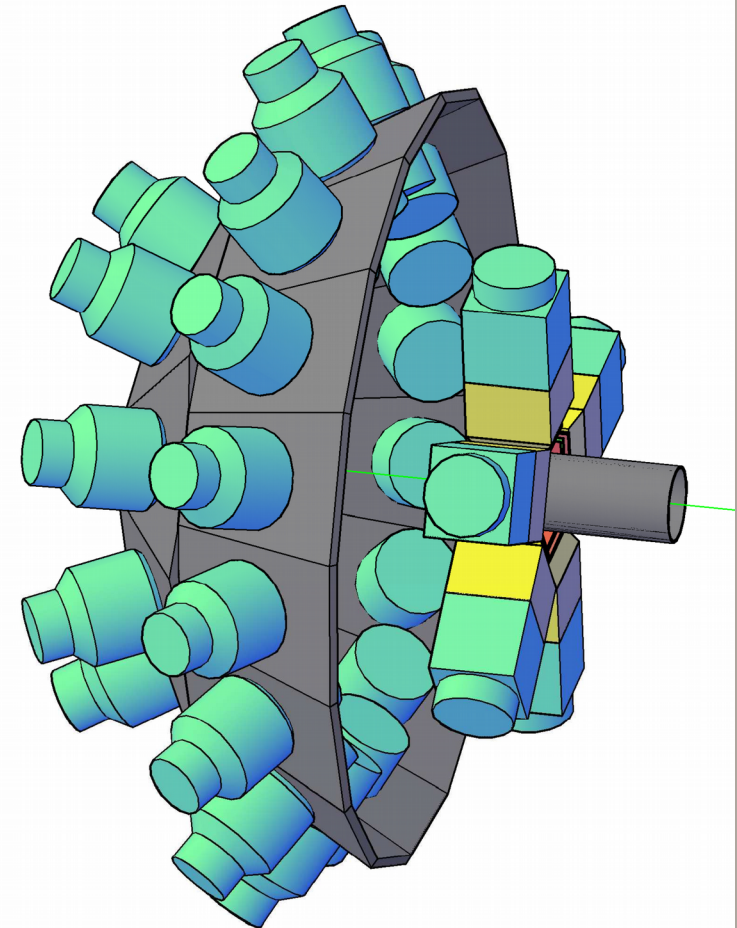
$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

1.) A kísérleti berendezés:

- 3"x 3" LaBr_3 detektorok egy detektor-ball-ban elhelyezve.

1. ábra.

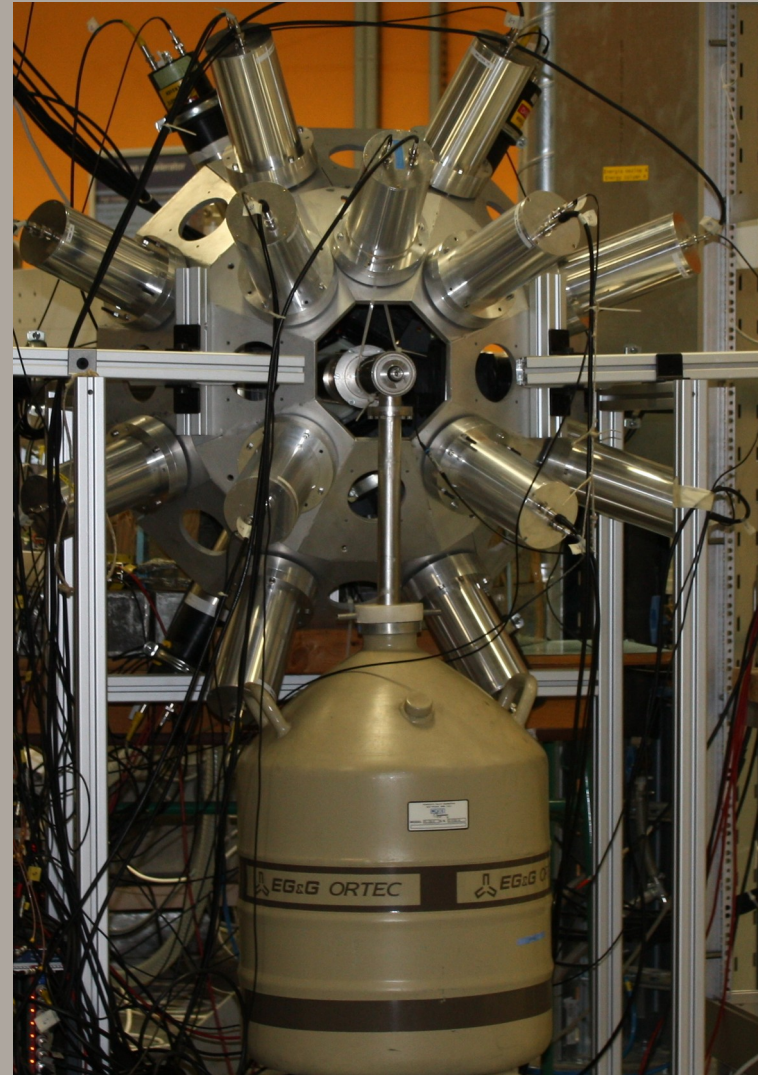
A kísérlet során használt $\gamma\gamma$ -spektrométer sematikus rajza. (Az ábra bemutatja az e^-e^+ -pár spektrométert is.)



$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

2. ábra.

A kísérlet során használt $\gamma\gamma$ -spektrométer. A detektor-ball -ba 12 darab 3"x3" LaBr_3 detektor van beépítve. A detektor-ball mögött két 3.5"x6" LaBr_3 van elhelyezve. Ezek egymás által bezárt relatív szöge 90° .



$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

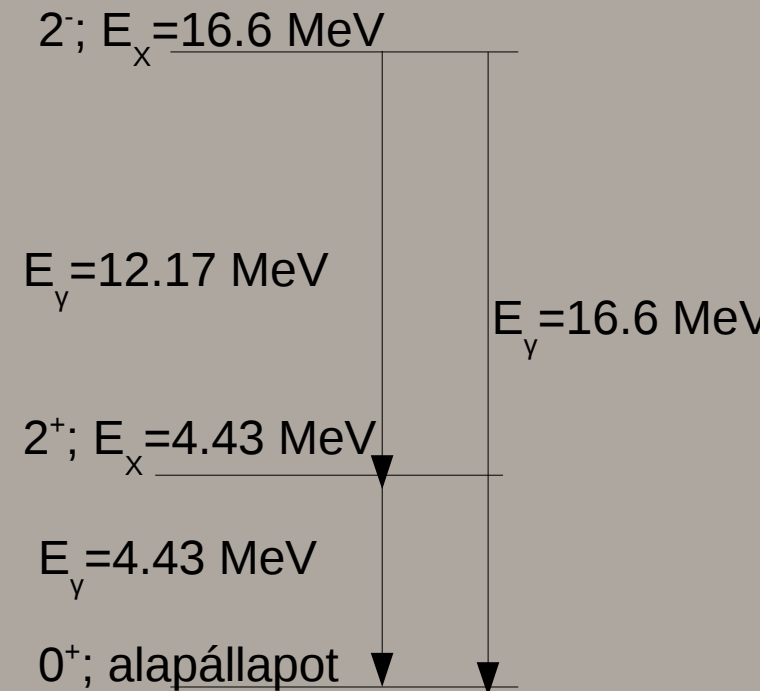
1.) A kalibrációs mérések elvégzése:

- A kalibrációs mérés elvégzésének a célja, hogy meggyőződjünk arról, hogy kísérleti berendezésünk valóban a koincidencia eseményeket gyűjti.
- A kísérlet elvégzéséhez egy ^{11}B céltárgyat használtunk, amelyet egy $E_p = 685 \text{ keV}$ energiájú proton nyalábbal bombáztunk.
- $\rightarrow$ A ^{12}C gerjesztett állapotaihoz jutottunk.
(<https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>)

$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

1.) A kalibrációs mérések elvégzése:

- A ^{12}C $E_x=16.6 \text{ MeV}$ energiájú állapotát gerjesztettük.
- γ -kaskád mérést végeztünk.
- Ha kísérleti eszközünk jól kalibrált koincidencia események gyűjtésére, akkor az energiaösszeg spektrumban egy csúcsot kell, hogy tapasztaljunk $E=15.6 \text{ MeV}$ -nél.

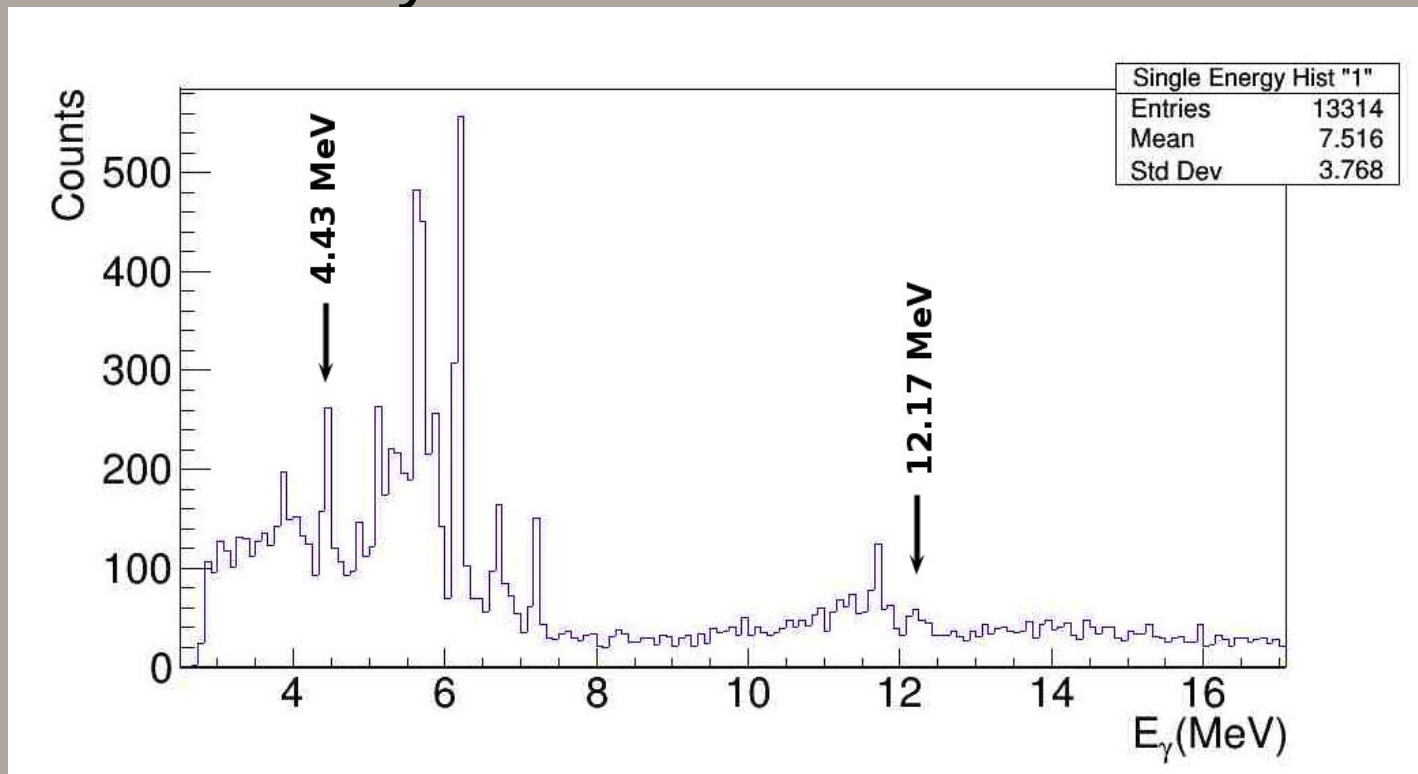


3. ábra. A ^{12}C nívó sémája.

$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

1.) A kalibrációs mérések elvégzése:

- A mérés eredményei:

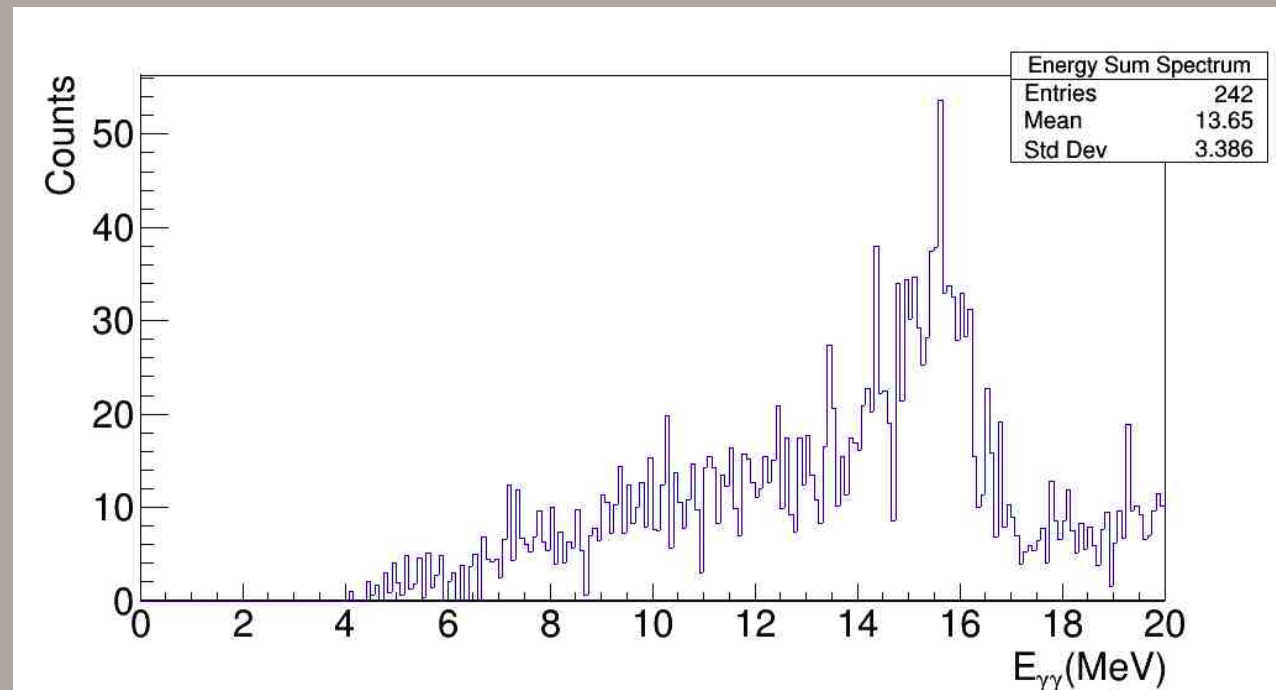


4. ábra. A LaBr_3 detektorral mért szingli (1γ) spektrum.

$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

1.) A kalibrációs mérések elvégzése:

- A mérés eredményei:



5. Ábra. Az idő koincidenciában detektált γ -energiák összedspektrumát mutatja be és az $E=15.6$ MeV-nél tapasztalt csúcsot.

$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

1.) Az $X17 \rightarrow \gamma\gamma$ bomlás keresése:

- Cél: a ^4He második gerjesztett állapotának az előállítása (0^- ; $E_x=21.1 \text{ MeV}$; $\Gamma=0.84 \text{ MeV}$).
- A felhasznált magreakció: $^3\text{H}(p,\gamma)^4\text{He}$; $E_p = 1.000 \text{ MeV}$.
- $E_{thr}=1.084 \text{ MeV}$, (p, n) csatorna energia-küszöbe.
- A kísérlet során felhasznált céltárgy:
 - Tríciumozott titánium réteg, vastagsága: 3.0 mg/cm^2 , rápárolgatva 0.4 mm vastagságú Mo hátlapra.
 - Céltárgy hűtése: folyékony N_2 alkalmazásával.

$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

- Adatfeldolgozás, az eredmények ismertetése:
 - 1.) A ${}^3\text{H}(p,\gamma){}^4\text{He}$ kísérlet során energia-összeg spektrumot vettünk fel.
 - 2.) A *valós koincidencia eseményeket tartalmazó spektrum* felvétele során az alábbi feltételeket követeltem meg:
 - Az adott detektor párra vonatkozóan az energia változó és a triggeridő változó a megfelelő tartományba essen.
 - Az esemény multiplicitása 2 legyen.
 - A két detektor koincidenciában adjon energia jelet.
 - Az energia szimmetria kapu a kiolvasott energiákra vonatkozóan teljesüljön:

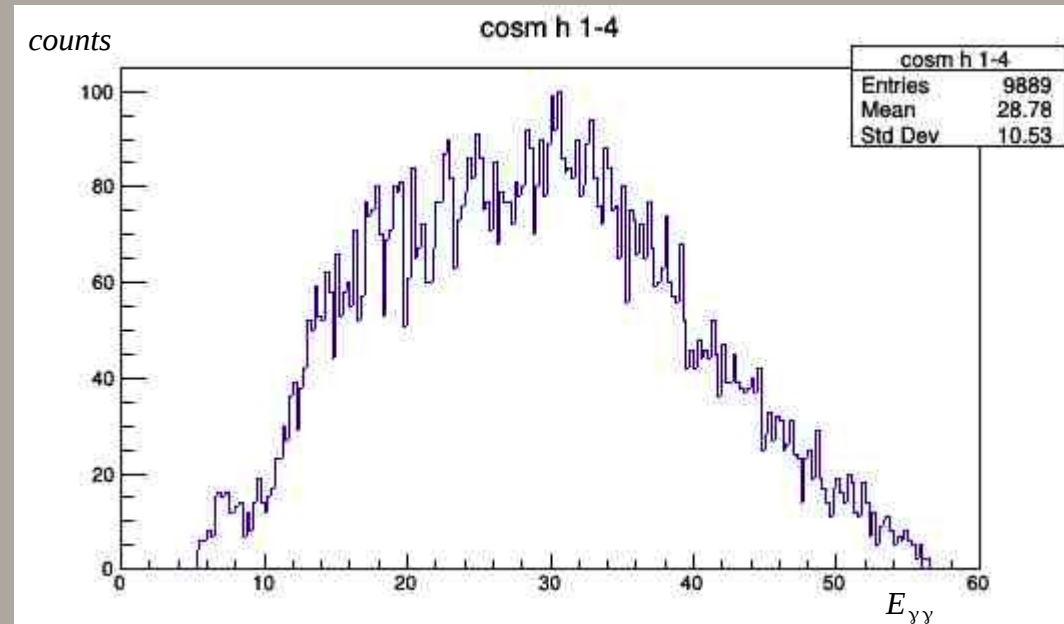
$$-0.1 < \frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2} < 0.1$$

$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

- Adatfeldolgozás, az eredmények ismertetése:

3.) Véltelenszerű átszóródások figyelembe vétele. $\rightarrow$ Antikioncidencia események levonásával.

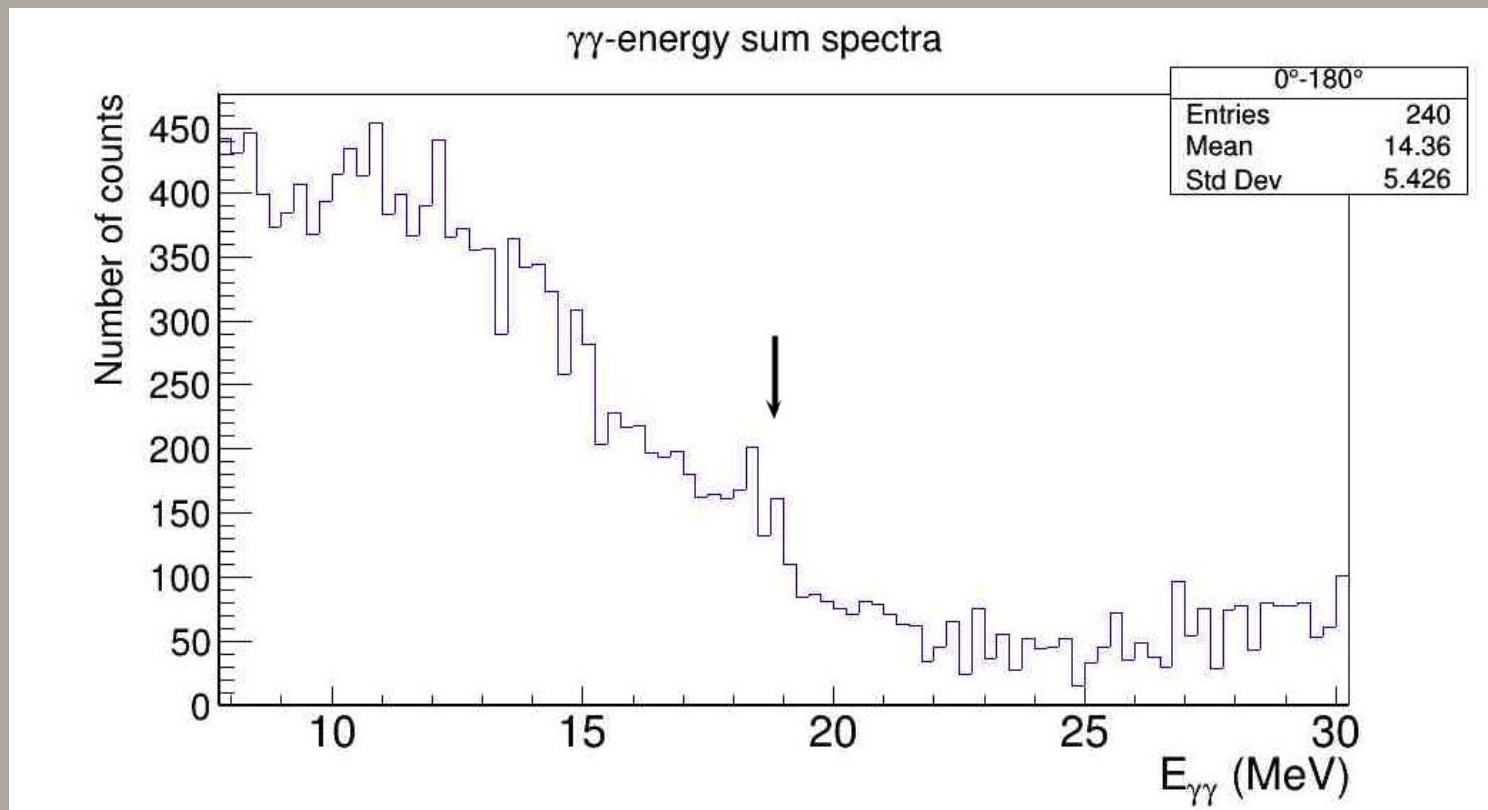
4.) Kozmikus háttér levonása érdekében nyaláb nélküli méréseket végeztünk. Az így keletkezett adatokkal korrigáltuk a nyalábbal végzett mérések eredményeit.



6. ábra. Kozmikus háttér mérése, koincidenzában mért események energiaösszege.

$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérlet az MTA Atomki Tandetron Gyorsítójánál

- Adatfeldolgozás, az eredmények ismertetése:



7. ábra. Energia-összeg spektrum bemutatása.
Kis statisztikájú csúcs $E=18$ MeV körül.

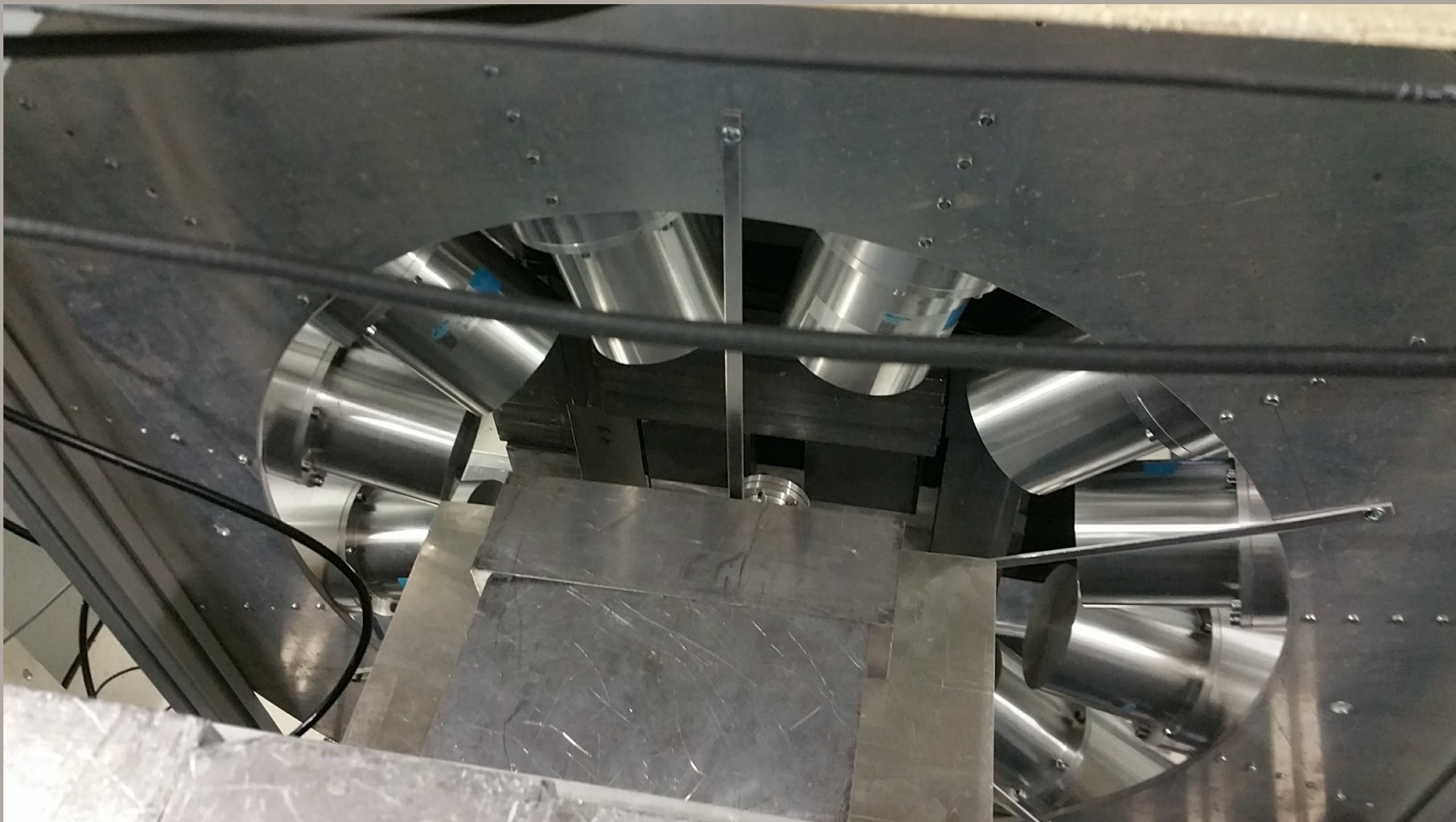
X17 $\rightarrow \gamma\gamma$ kísérletek az FRMII Kutatóreaktornál (München)

- A ^4He állapotait gerjesztettük:
 - 1.) $E_x=20.21 \text{ MeV}$, $\Gamma=0.50 \text{ MeV}$;
 - 2.) $E_x=21.01 \text{ MeV}$, $\Gamma=0.84 \text{ MeV}$.
- A $^3\text{He}(n,\gamma)^4\text{He}$ magreakció felhasználásával. A neutron nyaláb energiája: $E_n=1 \text{ meV}$.
- Céltárgy: 2 bar nyomású gáz céltárgy.
- A kísérlet előnye: A kedvező neutron befogási hatáskeresztmetszet miatt elért magas eseményszám.
- $\sigma(n, \gamma)$ becslése: Fermi által felismert összefüggés segítségével:

$$\sigma(n, \gamma) \simeq \frac{1}{\sqrt{E_n}}$$

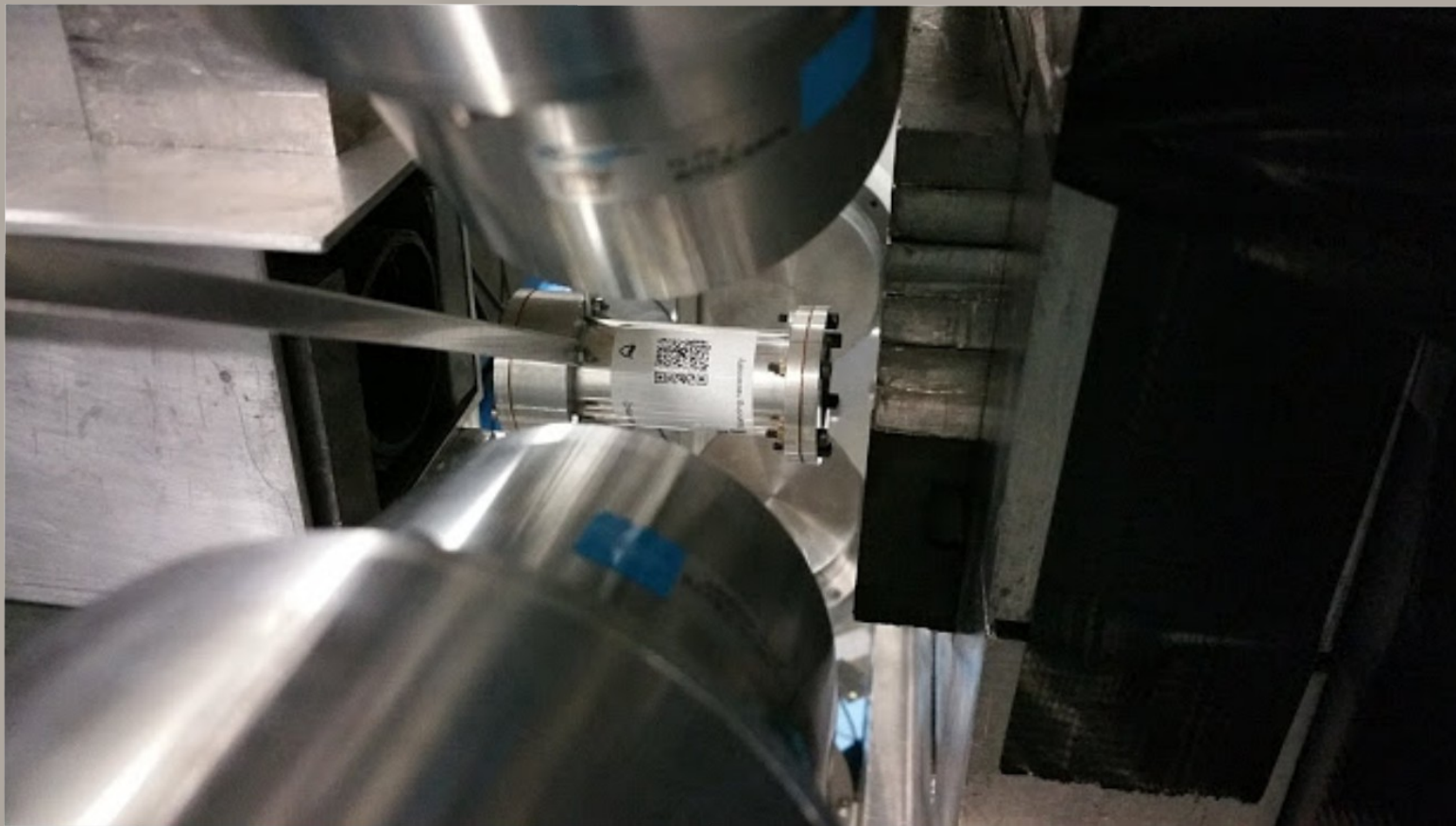
$$\rightarrow \sigma(n, \gamma) = 15.5 \text{ b}$$

X17 $\rightarrow$ $\gamma\gamma$ kísérletek az FRMII Kutatóreaktornál (München)



8. ábra: A München-ben használt kísérleti összeállítás bemutatása.

X17 → $\gamma\gamma$ kísérletek az FRMII Kutatóreaktornál (München)

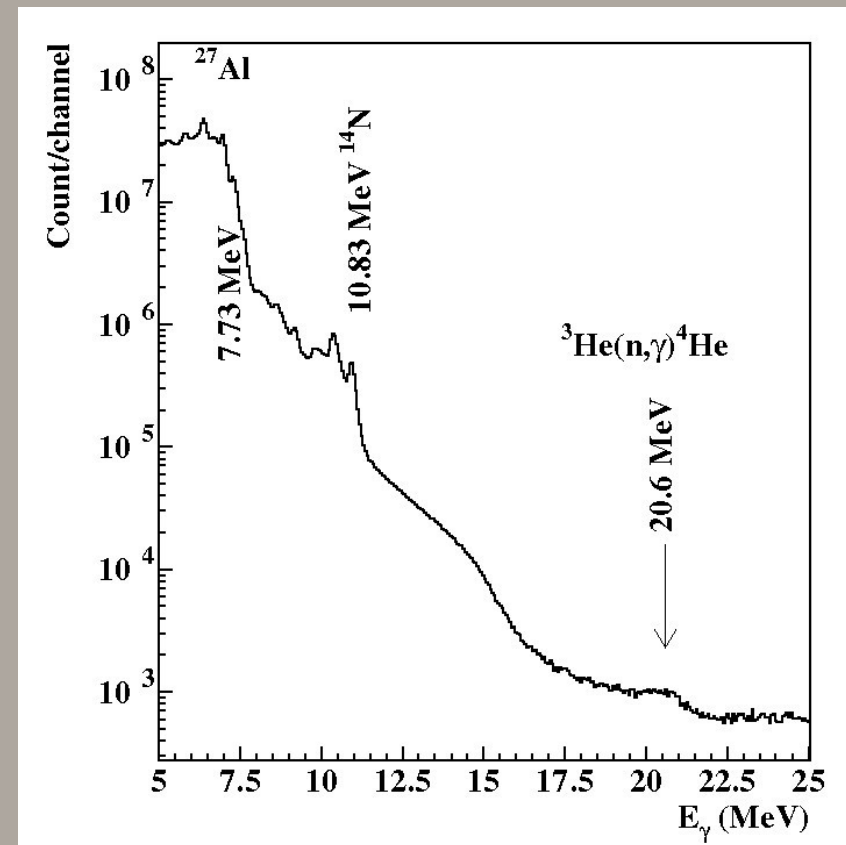


9. ábra: A kísérletben használt ^3He céltárgy bemutatása.

X17 $\rightarrow \gamma\gamma$ kísérletek az FRMII Kutatóreaktornál (München)

- Az eredmények bemutatása:

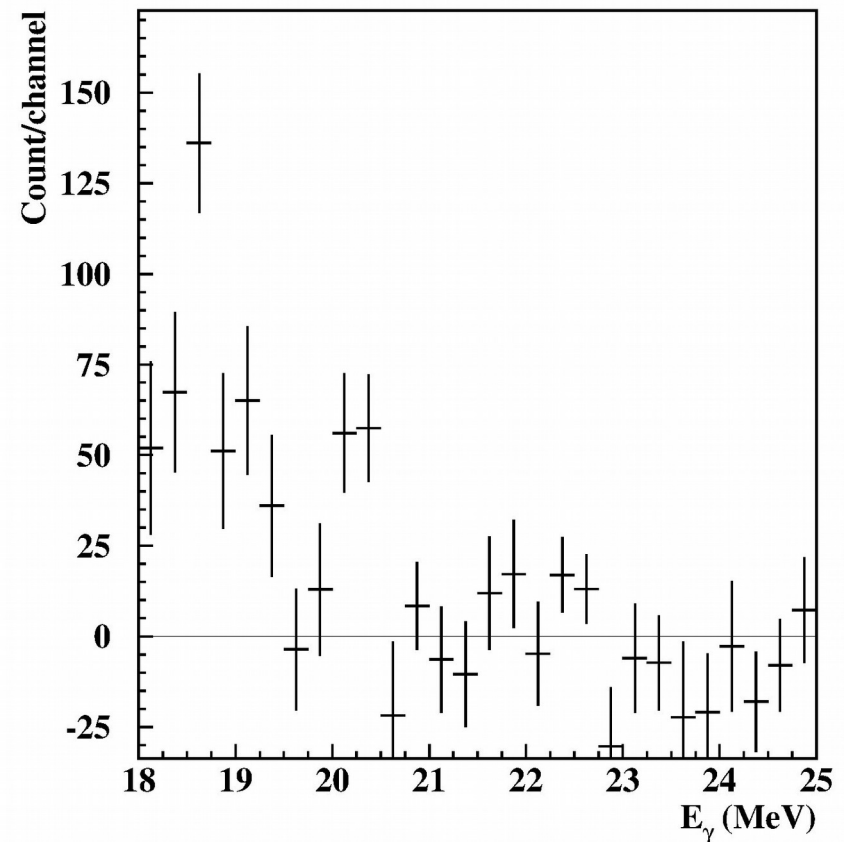
10. ábra:
A γ -sugárzás spektruma,
amely mutatja a ${}^3\text{He}(n,\gamma){}^4\text{He}$
reakció $E_x=20$.
tartozó csúcsot.



$X17 \rightarrow \gamma\gamma$ kísérletek az FRMII Kutatóreaktornál (München)

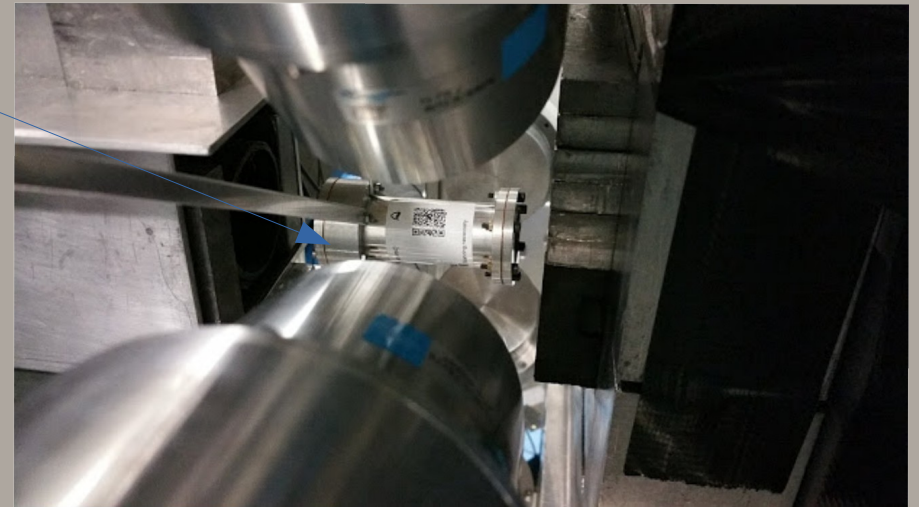
- Az eredmények bemutatása:

10. ábra:
Koincidenciában detektált γ -energiák összeg spektruma.



Kitekintés, tervek

- Az adatok kiértékelésének részletesebb elvégzése:
 - 1.) szög korrelációk felvétele
 - 2.) kozmikus háttér precízebb levonása
- A gáz céltárgy méreteinek a megnövelése a jövőben.



**Köszönöm a megtisztelő
figyelmet!**