

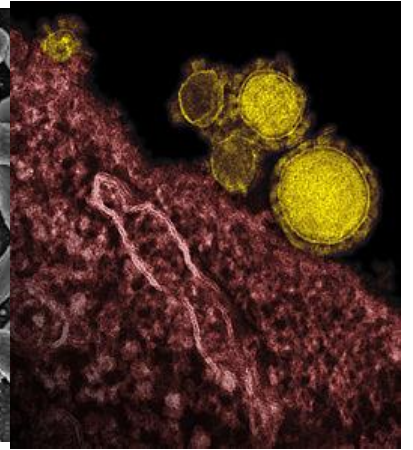
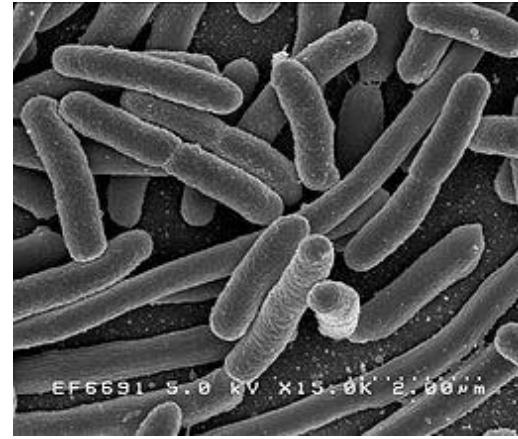
A sötét anyag nyomában

Krasznahorkay Attila
MTA Atomki, Debrecen



Látható és láthatatlan világunk

- A levegő
- Túl kicsi dolgok →
Mikroszkóp
- Túl távoli dolgok →
távcső, teleszkópok
- Gravitációs vonzás, Mágneses vonzás
- Radioaktív sugárzások

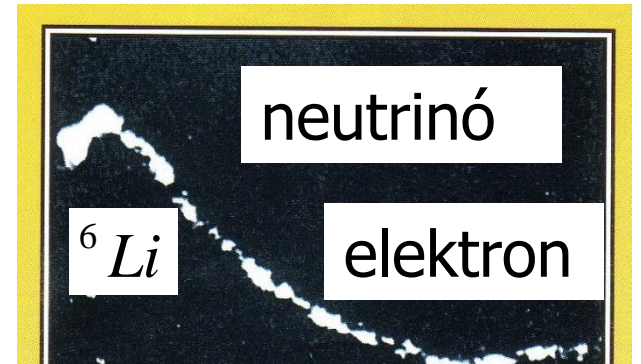


Baktériumok (1674, 1865)

Vírusok (1892)

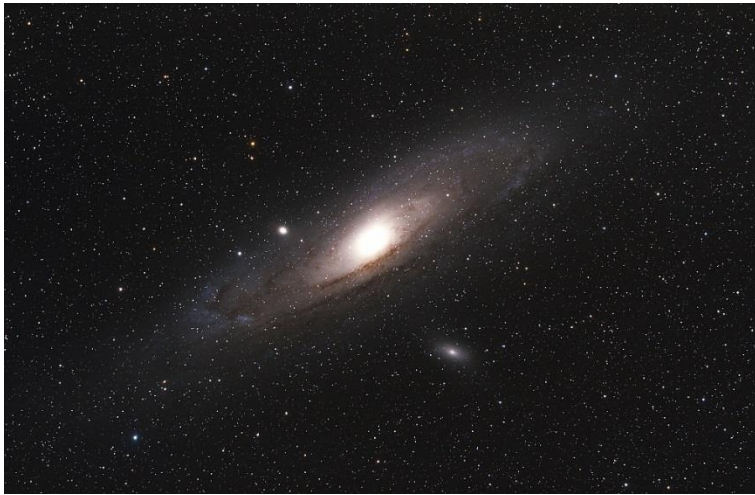


Fotoemulzió
Becquerel, 1899
 α , β , γ sugárzás



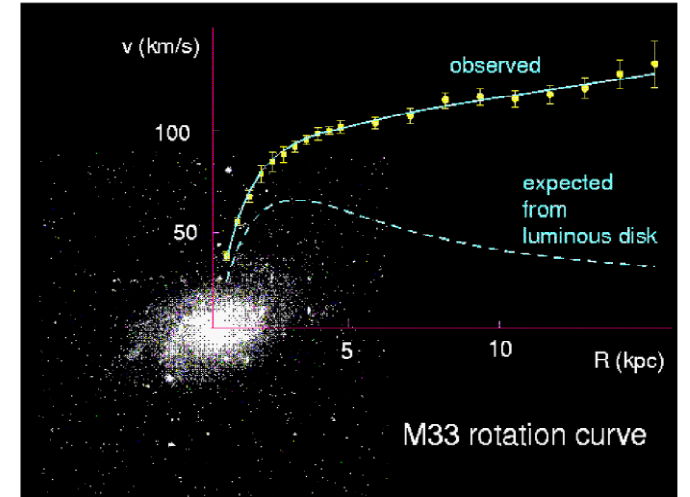
Csikai-Szalay kísérlet

A sötét anyag kutatásának első motivációja



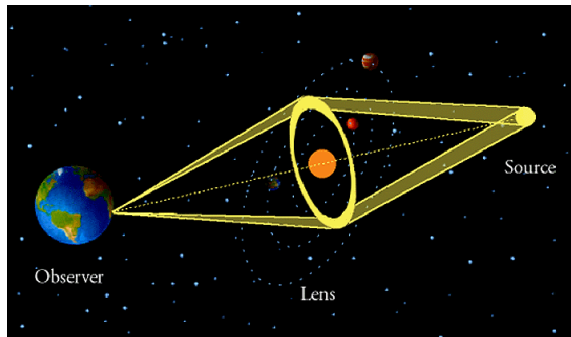
Andromeda galaxis
Tömeg: 370 milliárd M_{\odot}
Távolság: 2,5 millió fé

- A rotációs görbék tanulmányozása
- Sötét anyag glória a galaxisok körül



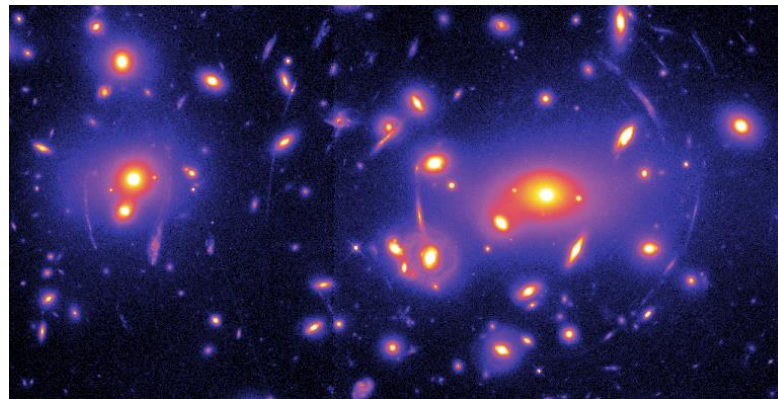
Népszámlálás az Univerzumban

Csillagok és galaxisok csak: 0.5 %
Neutrínók: 0.3 – 10 %
Az ismert anyag: 5 %
Sötét anyag: \approx 30 %
Sötét energia \approx 65 %



A gravitációs
lencsehatás

Sötét galaxisok



Miket tudunk, és miket nem a sötét anyagról?

- Érzékeljük a látható csillagokra kifejtett gravitációs hatását.
- Nagyon sok van belőle (95%)
- Szorgalmasan keressük az alkotó részecskéit, egyre érzékenyebb detektorokkal.

- Milyen részecske (részecskék) alkotják?
- Van-e (vannak-e) ezek között eddig ismeretlen kölcsönhatások?

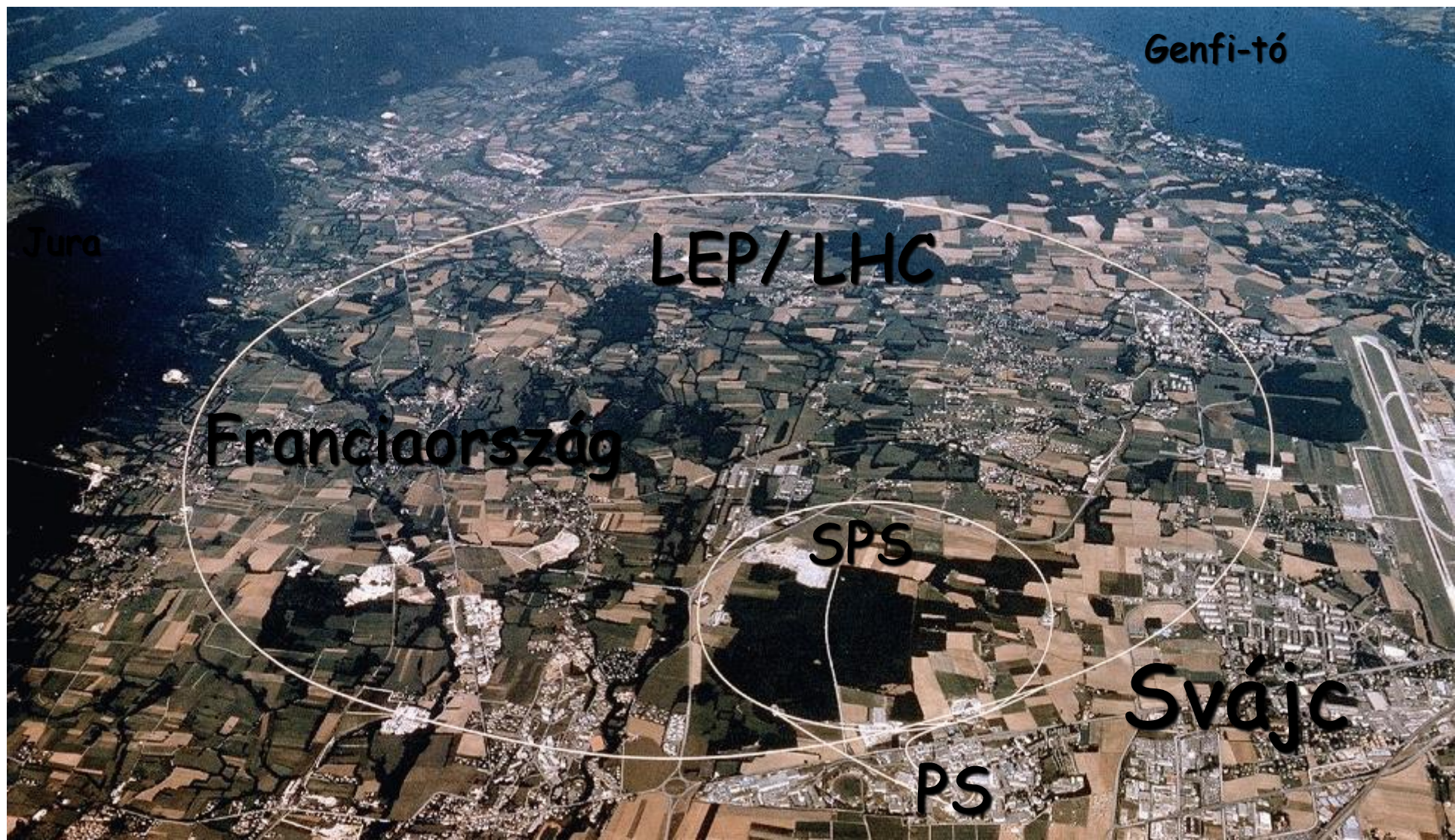
Keresés a pincétől a padlásig, már 30 éve, minden szegletben, óriási erővel...

- LUX (Large Underground Xenon) detektor



- AMS (Alpha Magnetic Spektrometer) az űrben

Légifelvétel a CERN-ről

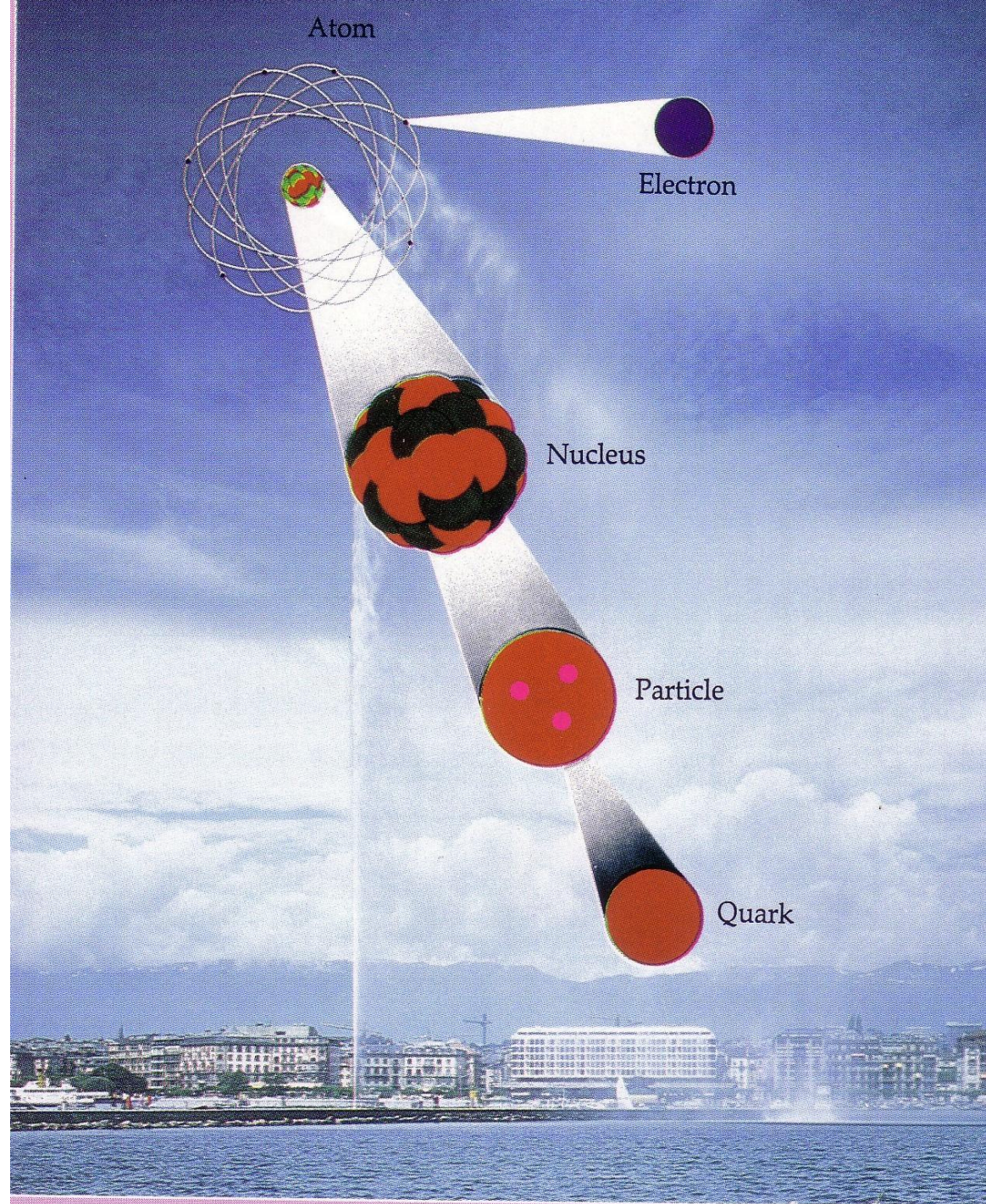


Alapvető kölcsönhatások

1. Gravitációs
2. Elektromágneses
3. Erős
4. Gyenge



Értjük a körülöttünk lévő világot.???



Atomfizika

Magfizika

Hadronfizika
Relativisztikus
nehézion fizika
QGP

Részecskefizika

Standard Model

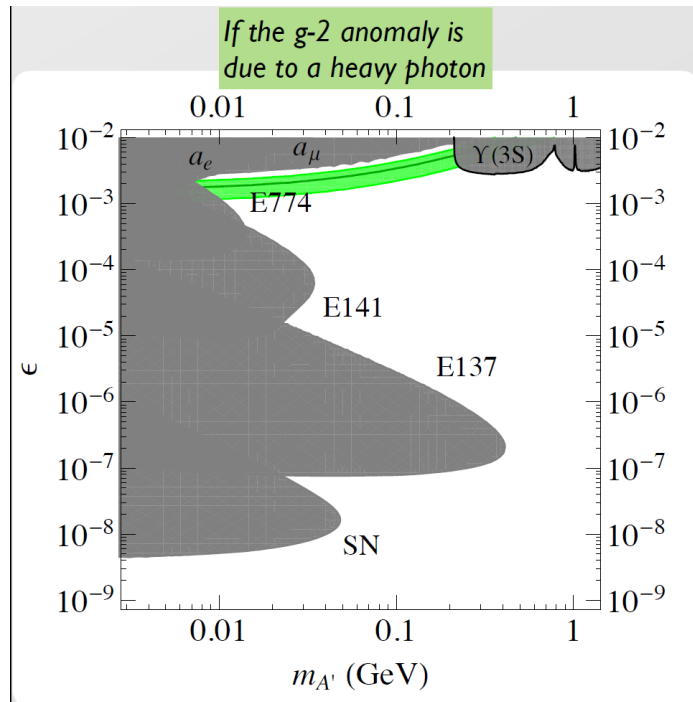
Az atommag mint felfedező gép

- Mi az Atommagkutató Intézetben az atommagok tulajdonságait és átalakulásait vizsgáljuk. Valójában azonban az atommag is egy felfedező gép, mint az LHC ahol talán a természet összes kölcsönhatása jelen van.
- A négy jelenleg ismert kölcsönhatás közül kettőt az atommagban fedeztek fel. Az erős és a gyenge kölcsönhatásokat. Hogy mire is jók ezek? Az erős kölcsönhatás eredményezi az atommagok igen nagy kötési energiáját, amit felszabadítva termelnek energiát az atomreaktorok. A gyenge kölcsönhatás nélkül pedig nem sütné a nap.
- Mi az atommagban kezdtük el keresni a sötét anyagot.

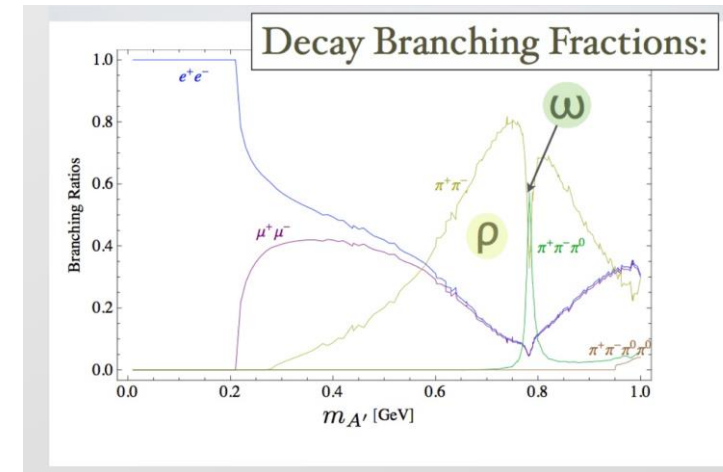
A sötét erő és a sötét foton

- Látható világunkban a fotonok, a fény kvantumai közvetítik az elektromágneses kölcsönhatást. A sötét világban a fény megfelelője a sötét sugárzás, aminek a kvantumjai a sötét fotonok (2008).
- Nagy kísérletek a sötét foton kimutatására.
- A fenti elmélet értelmében lehetnének sötét atomok, és elkezdhetnénk gondolkodni a sötét kémiáról is. De van akik már sötét DNS-ről stb. is beszélnek.

A sötét foton jellemzői



Elágazási arány

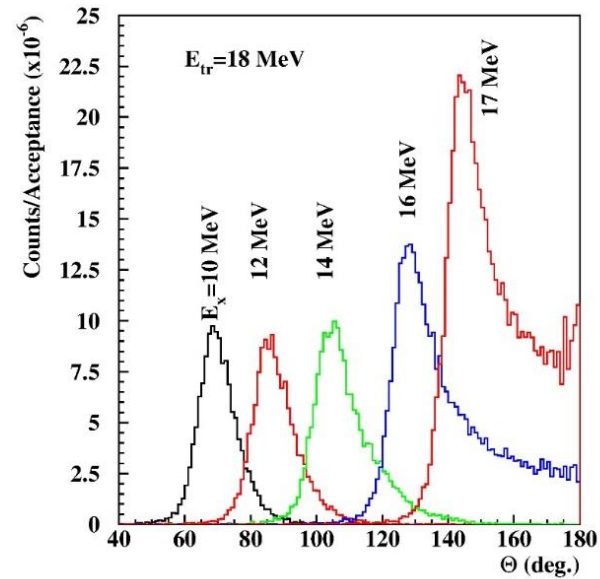
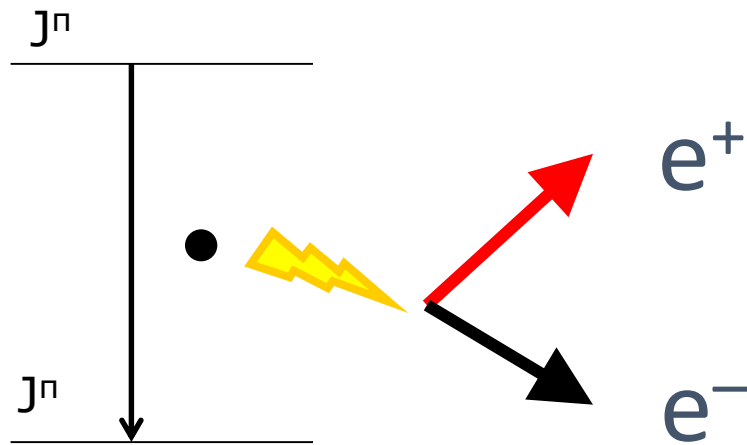


Élettartam

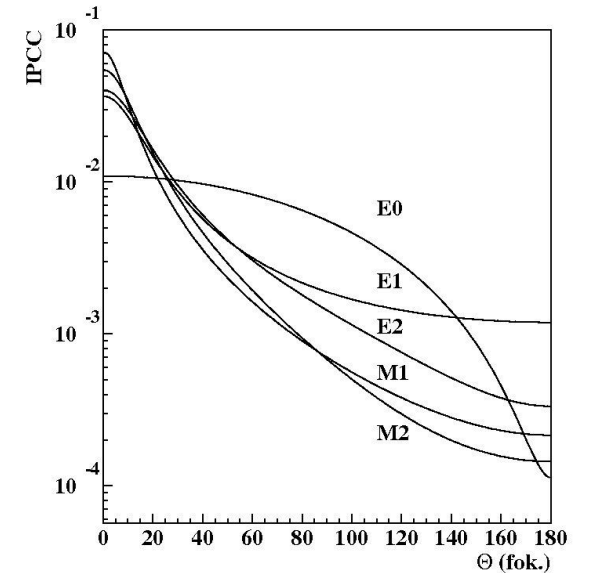
$$\gamma\epsilon\tau \propto \left(\frac{10^{-4}}{\epsilon}\right)^2 \left(\frac{100 \text{ MeV}}{m_{A'}}\right)^2$$

A cél: olyan elektron-positron párokat kimutatni egy atommag jól meghatározott gerjesztett állapotának bomlása során, amik jelenlegi tudásunk szerint csak egy új részecske bomlásából származhatnak.

A sötét foton e^+e^- bomlásának keresése atommag átmenetekben

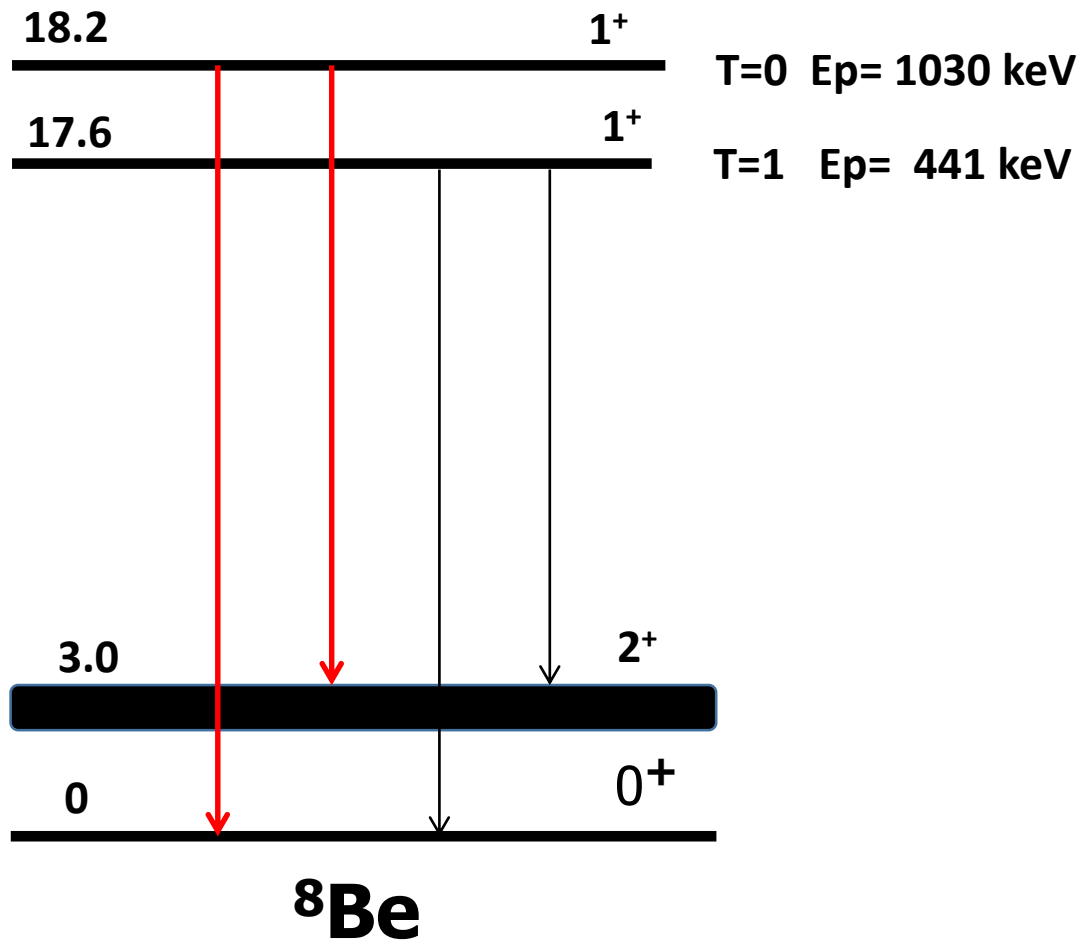


e^+e^- belső párkeltés

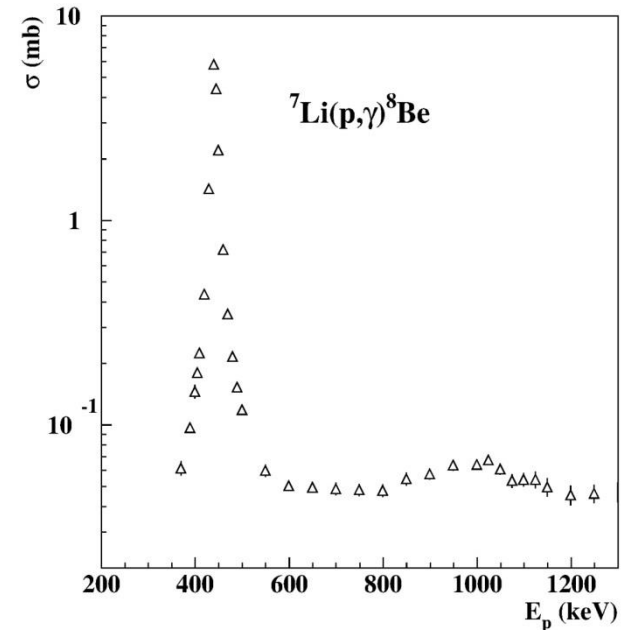


Jellegzetes csúcs a részecskék szögkorrelációjában (kinematika).

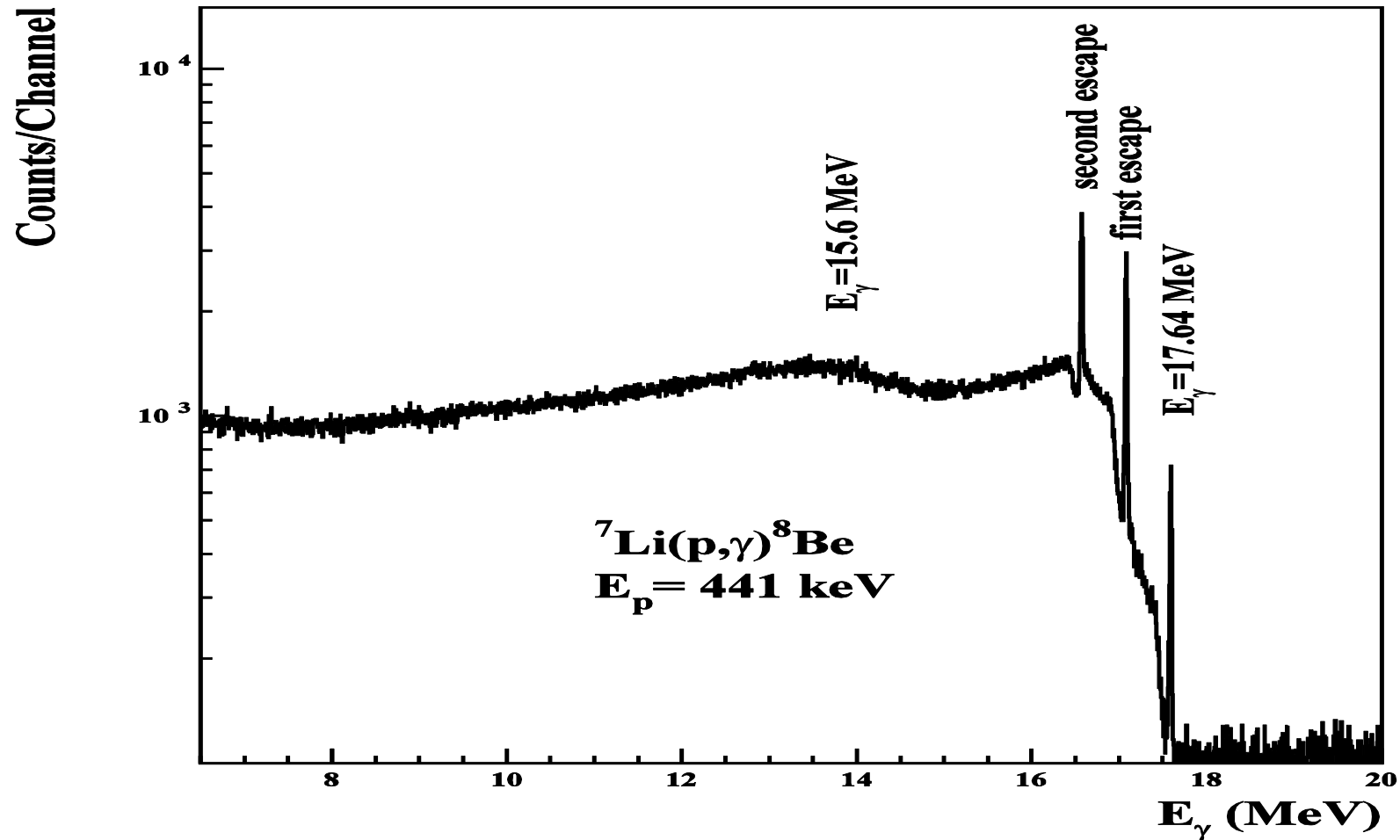
A ^8Be M1 átmeneteinek vizsgálata



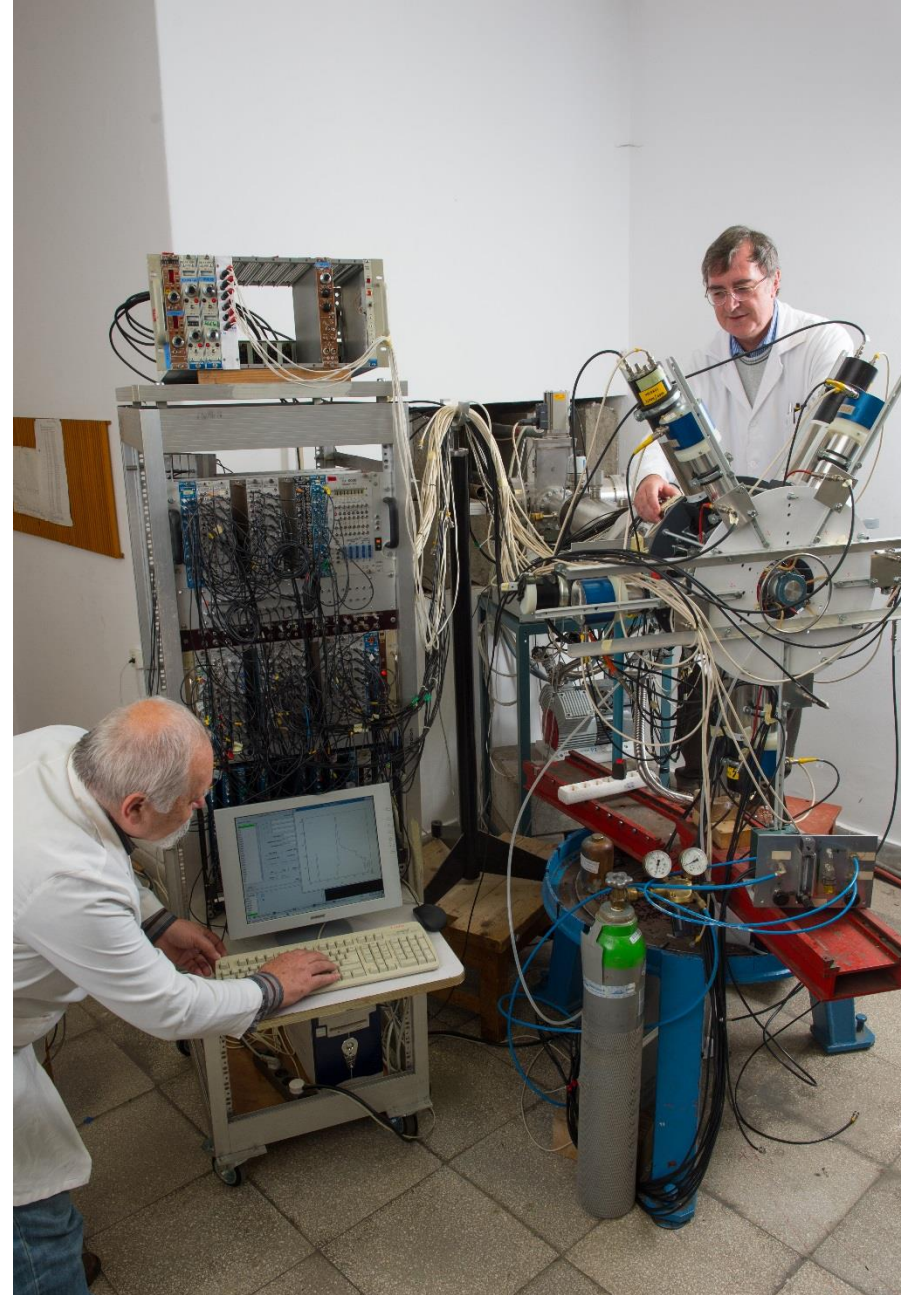
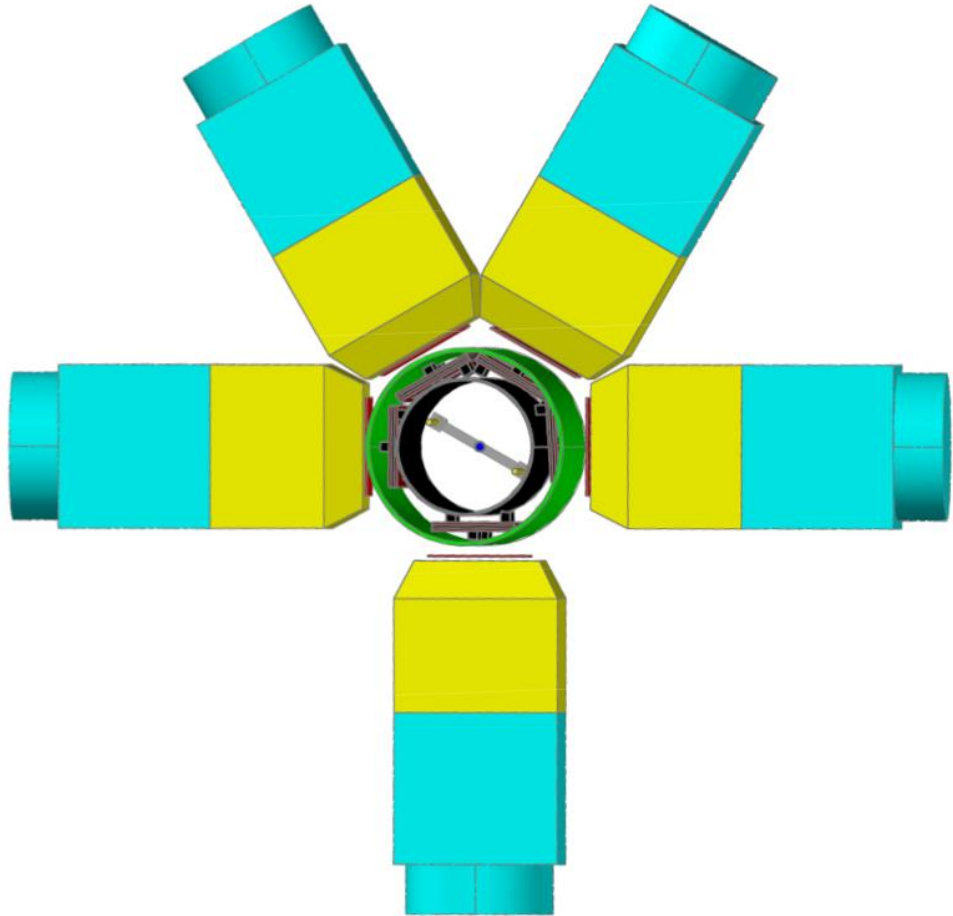
Gerjesztés a $^7\text{Li}(p,\gamma)^8\text{Be}$ magreakcióval



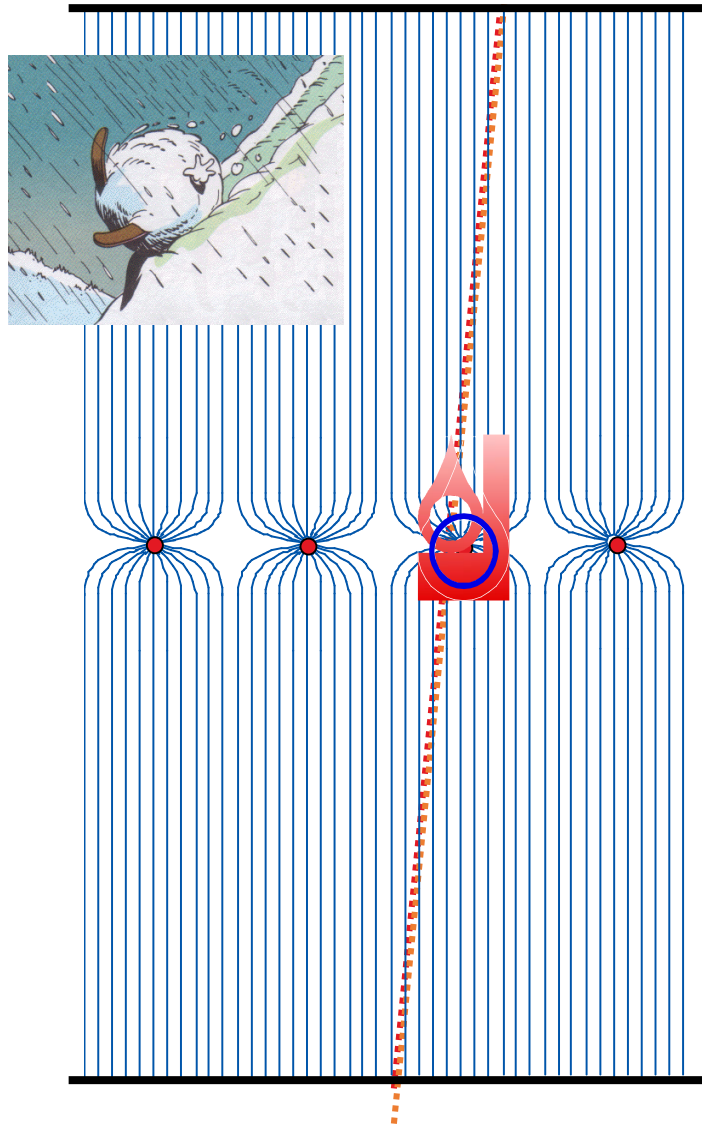
A 441 keV-es rezonancián mért γ -spektrum



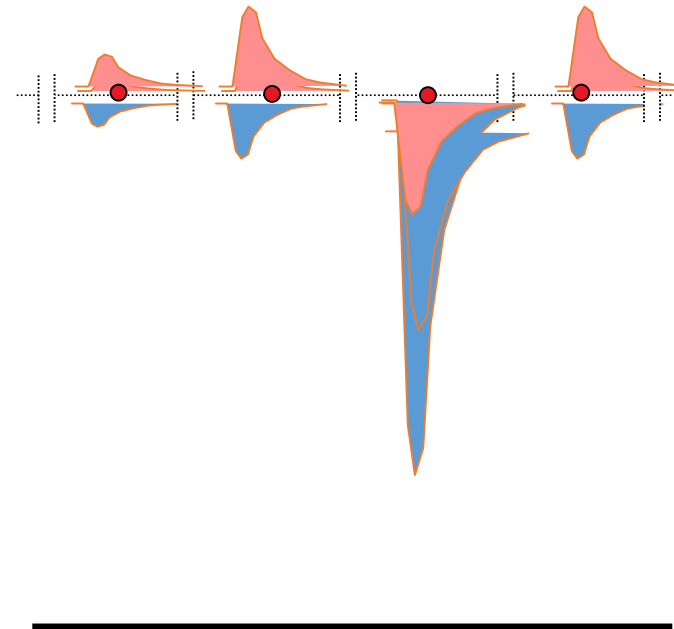
Az elektron-pozitron spektrométer



Meglátni a láthatatlant (detektorok)

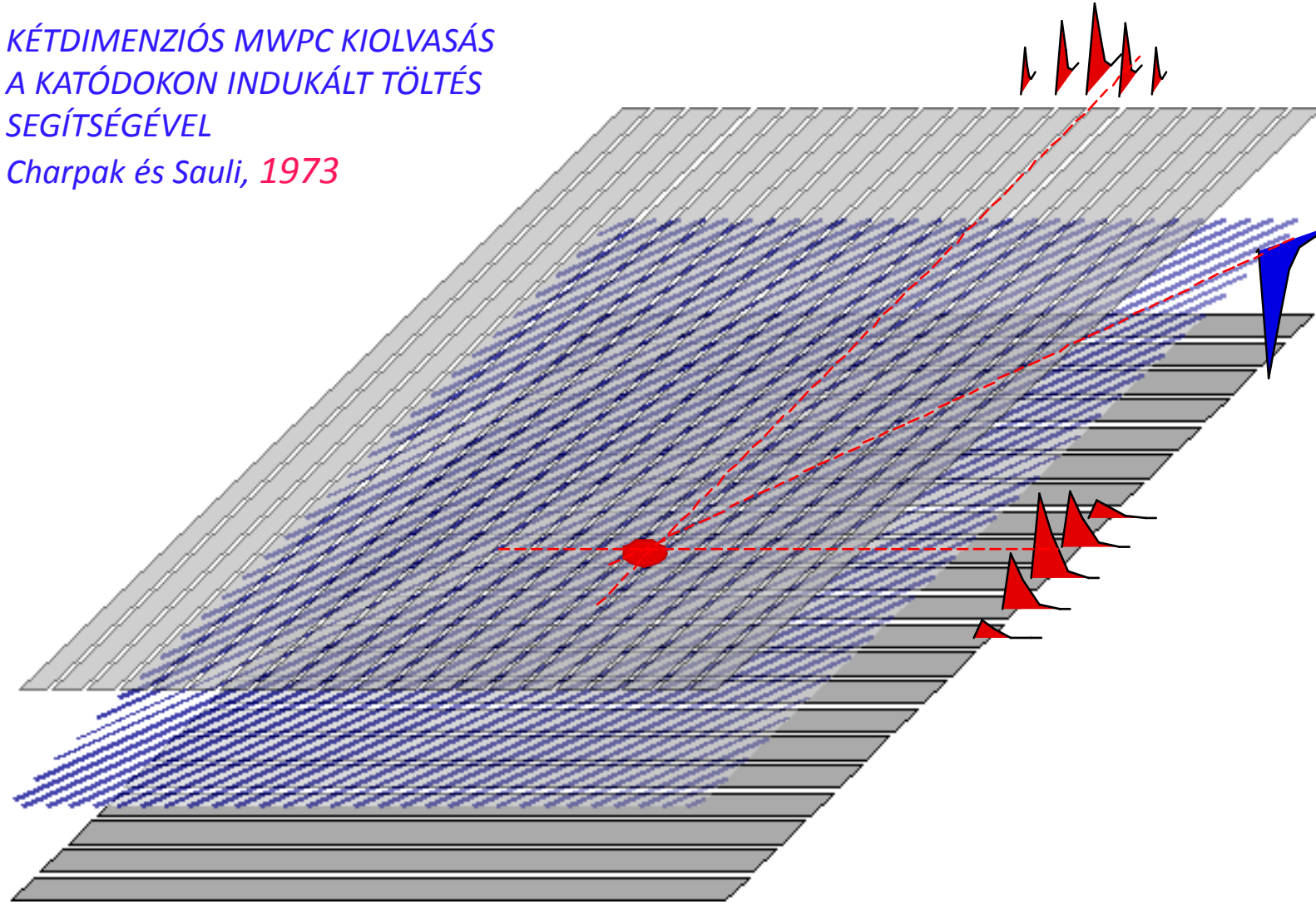


SOKSZÁLAS PROPORCIONÁLIS KAMRA (MWPC):



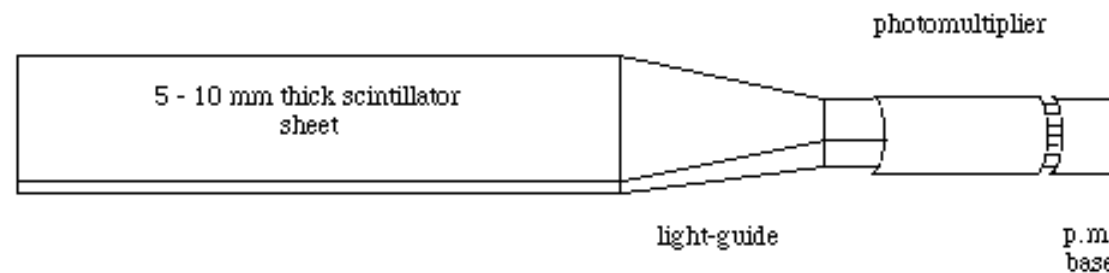
KÉTDIMENZIÓS MWPC KIOLVASÁS
A KATÓDOKON INDUKÁLT TÖLTÉS
SEGÍTSÉGÉVEL

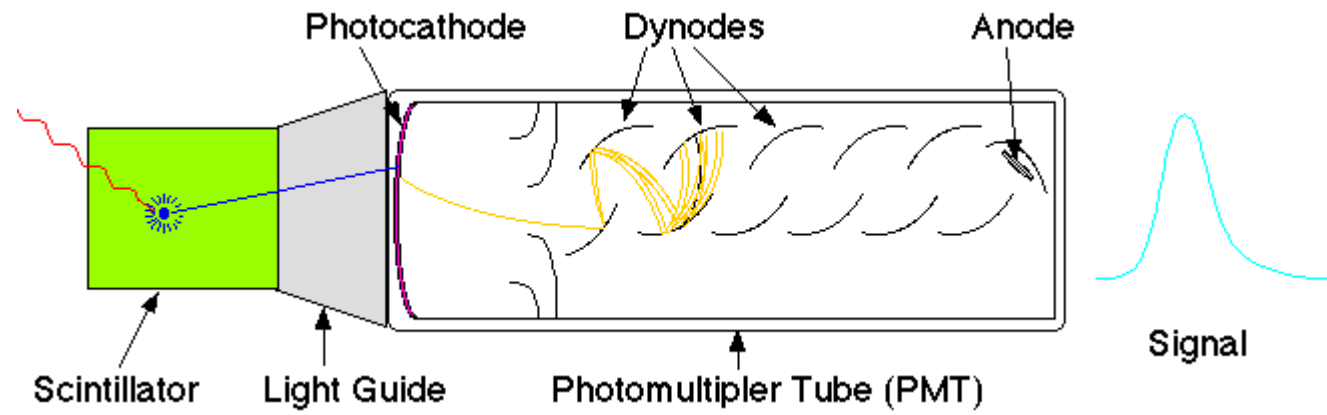
Charpak és Sauli, 1973



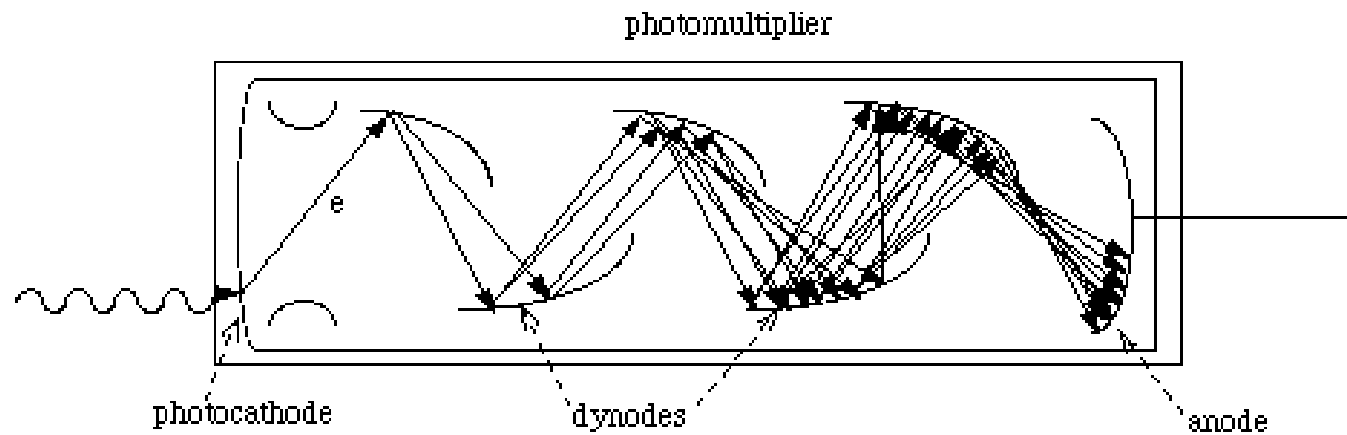
Szcintillációs detektorok

- Szcintilláló anyagok:
 - A gerjesztett atomok legerjesztődésekor illetve a szabaddá vált elektronok befogódásakor "szcintillációs fény" keletkezik.
 - szervetlen kristályok (ZnS(Ag), NaI(Tl), CsI(Tl)...)
 - Szerves anyagok (plasztikok, folyadékok...)
 - Gázok
- A keletkezett fényt fényvezetővel (plexi, fényvezető szál...) visszük a fotoelektron sokszorozóra.

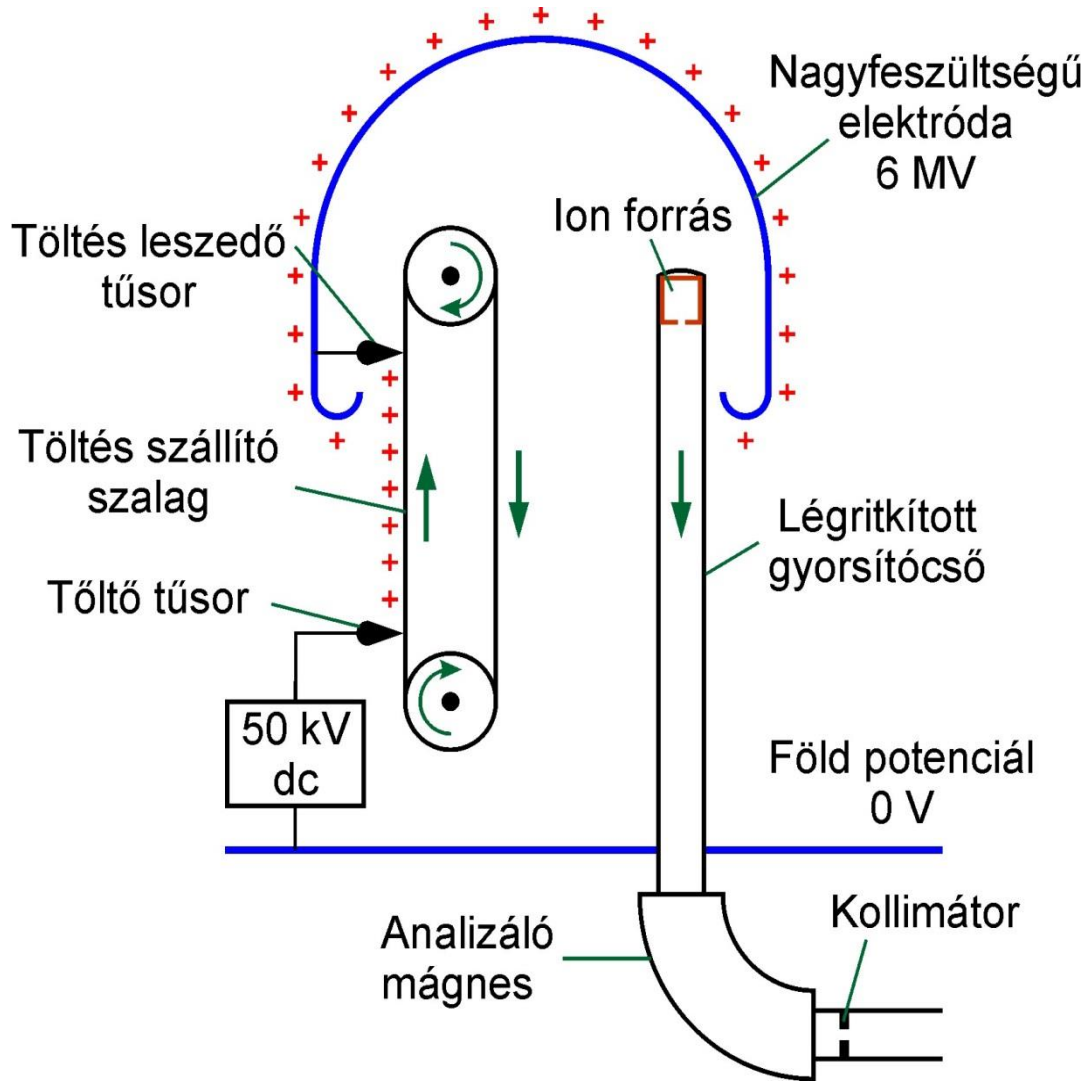




A fotoelektron sokszorozó



Elektrosztatikus Van de Graaff generátor



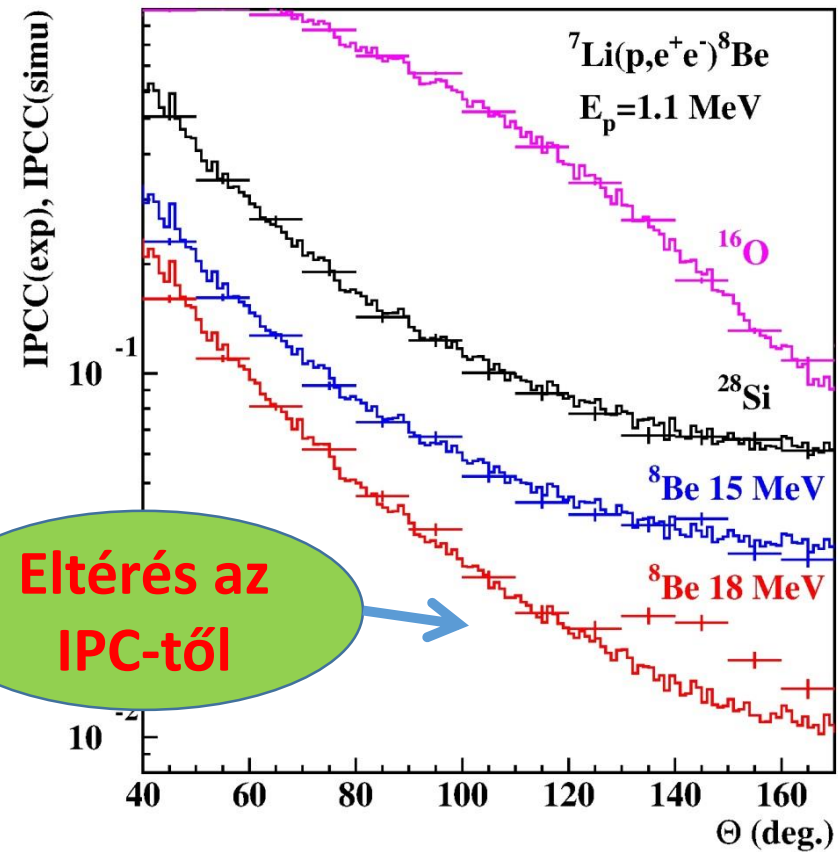
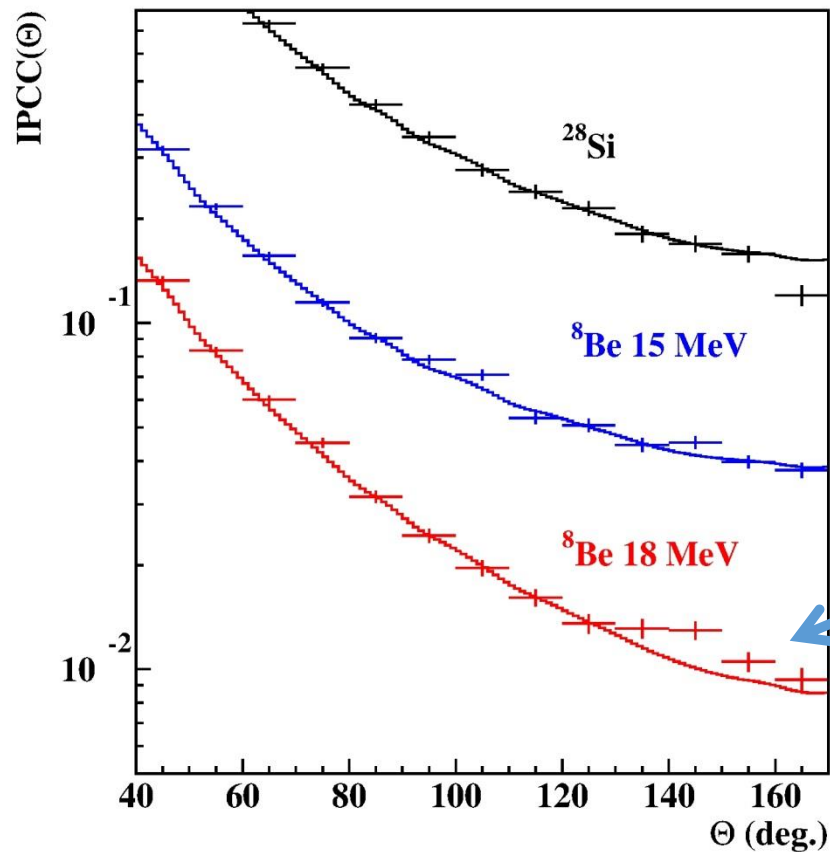
- Tűsorral feltöltött szalag viszi fel a töltéseket egy félgömbre, ami így nagyfeszültségre töltődik fel.
- A gyorsító tér előállítása sok, egyre nagyobb feszültségen lévő elektródával.
- Köztük ellenállás osztó.



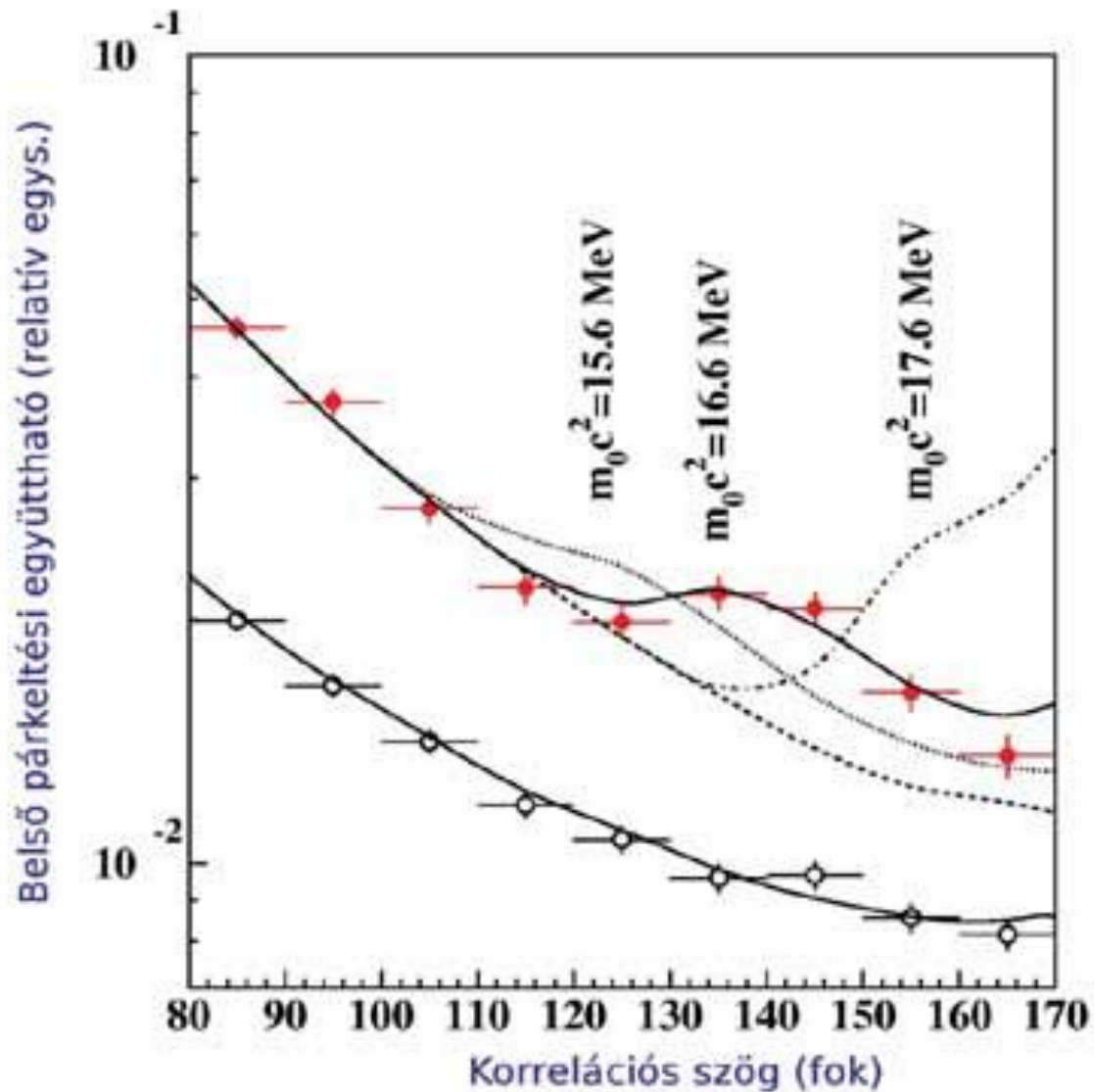
A rezonancián történt mérések

$E_p = 1.04$ MeV

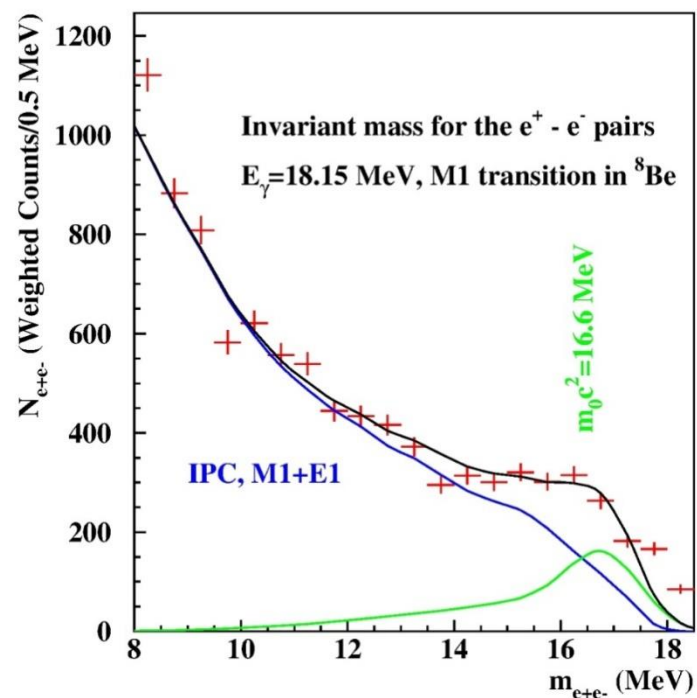
$E_p = 1.10$ MeV



Kísérleti eredményeink értelmezése



Az elektron-pozitron szögkorrelációra kapott eredményeink értelmezése egy új részecske keletkezésének és elbomlásának feltételezésével.



Observation of Anomalous Internal Pair Creation in ^8Be : A Possible Indication of a Light, Neutral Boson

A. J. Krasznahorkay,^{*} M. Csatlós, L. Csige, Z. Gácsi, J. Gulyás, M. Hunyadi, I. Kuti, B. M. Nyakó, L. Stuhl, J. Timár, T. G. Tornyi, and Zs. Vajta
Institute for Nuclear Research, Hungarian Academy of Sciences (MTA Atomki), P.O. Box 51, H-4001 Debrecen, Hungary

T. J. Ketel

Nikhef National Institute for Subatomic Physics, Science Park 105, 1098 XG Amsterdam, Netherlands

A. Krasznahorkay

CERN, CH-1211 Geneva 23, Switzerland and Institute for Nuclear Research, Hungarian Academy of Sciences (MTA Atomki), P.O. Box 51, H-4001 Debrecen, Hungary
(Received 7 April 2015; published 26 January 2016)

Electron-positron angular correlations were measured for the isovector magnetic dipole 17.6 MeV ($J^\pi = 1^+, T = 1$) state \rightarrow ground state ($J^\pi = 0^+, T = 0$) and the isoscalar magnetic dipole 18.15 MeV ($J^\pi = 1^+, T = 0$) state \rightarrow ground state transitions in ^8Be . Significant enhancement relative to the internal pair creation was observed at large angles in the angular correlation for the isoscalar transition with a confidence level of $> 5\sigma$. This observation could possibly be due to nuclear reaction interference effects or might indicate that, in an intermediate step, a neutral isoscalar particle with a mass of $16.70 \pm 0.35(\text{stat}) \pm 0.5(\text{syst}) \text{ MeV}/c^2$ and $J^\pi = 1^+$ was created.

Evidence for a Protophobic Fifth Force from ^8Be 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 40506-0055 USA*

Phys. Rev. Lett. 117, 071803

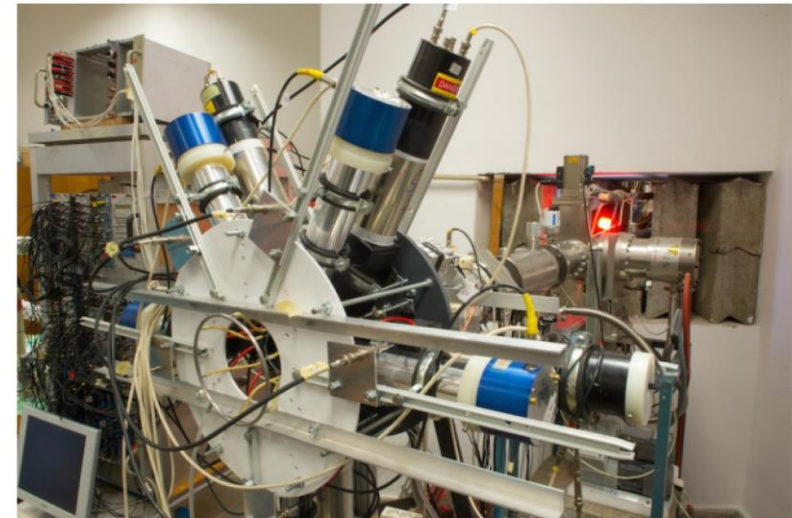
NATURE | NEWS

Has a Hungarian physics lab found a fifth force of nature?

Radioactive decay anomaly could imply a new fundamental force, theorists say.

Edwin Cartlidge

25 May 2016



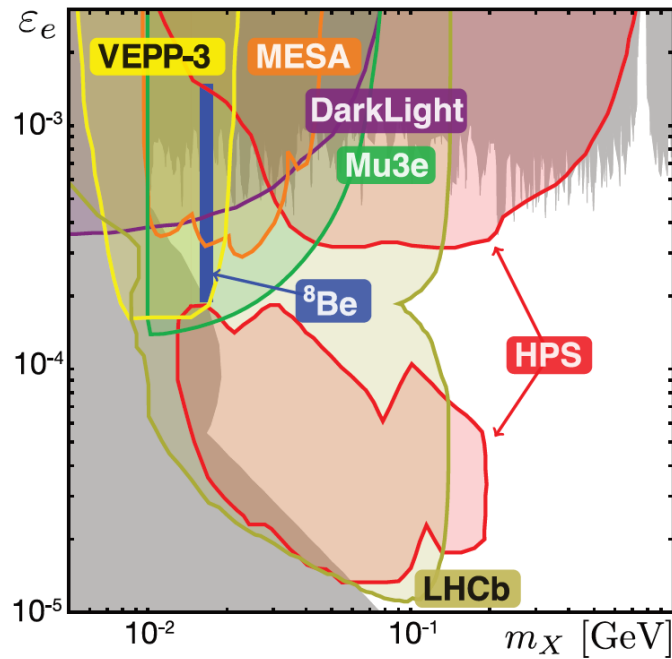
MTA-Atomki

Physicists at the Institute for Nuclear Research in Debrecen, Hungary, say this apparatus — an electron-positron spectrometer — has found evidence for a new particle.

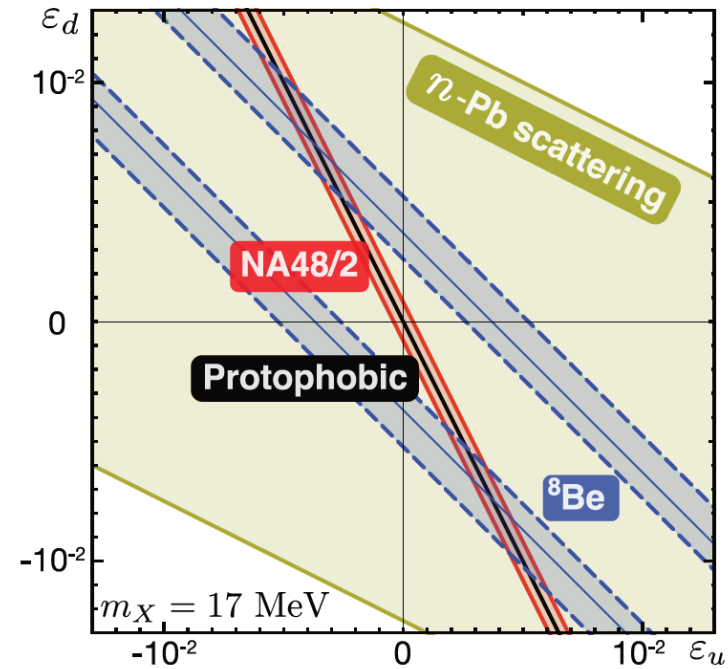
Print

A laboratory experiment in Hungary has spotted an anomaly in radioactive decay that could be the signature of a previously unknown fifth fundamental force of nature, physicists say, if the finding holds up.

Csatolási állandók az elektronhoz és a kvarkokhoz



Csatolási állandó az elektronokhoz, a részecske tömegének függvényében



Csatolási állandók korrelációja az atommagot felépítő kvarkokhoz

Világszerte kísérleteket terveznek...

Many searches for Dark Force in the Labs around the world (ongoing/proposed).



Typical searches for Dark Force exploit the small Z' coupling to the SM particles (rather than using the DM particles).

Particularly attractive: One of the New physics scenarios that can be tested with Low-energy experimental facilities (Nuclear/Hadronic physics labs).

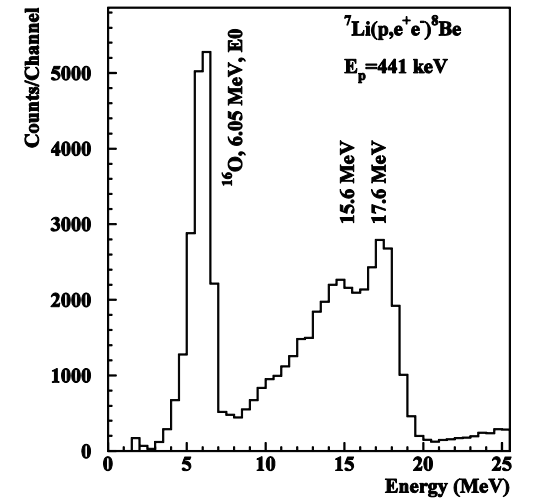
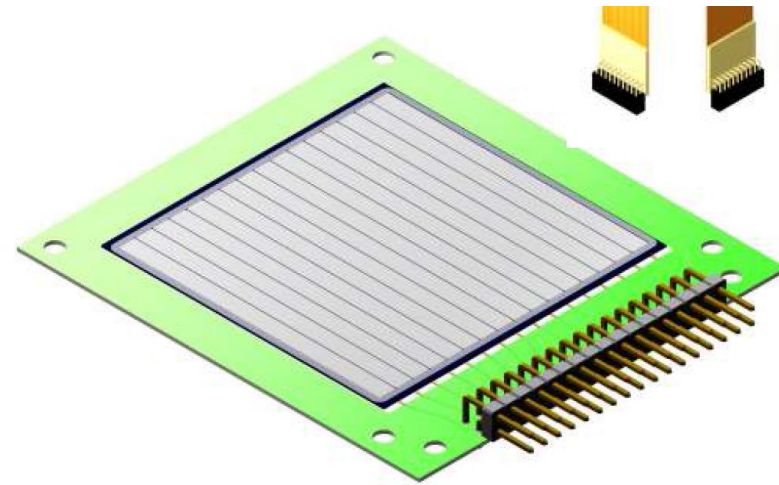
[Dark force carrier Z' scale (GeV) \approx 1/1000 \times Typical new physics scale (TeV)]
"various Low-E Labs" "LHC"

A folytatása következik...

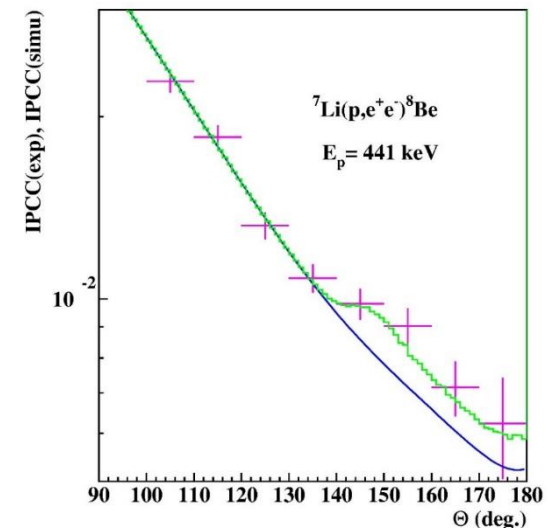
- Több teleszkóp, nagyobb hatásfok
- Helyzetérzékeny Si detektorok az elektronok és a pozitronok impulzus vektorainak meghatározására.
- Az invariáns tömeg pontos meghatározása.
- A 17.6 MeV-es átmenetben látunk-e valamit? (A proton fóbiás modell jóslatai)
- A részecske élettartamának meghatározása.
- E1 átmenetben ($^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$) látunk-e valamit? (megmarad-e a paritás a kölcsönhatásban?)

Az első eredmények az új Tandetronnál (2017. február)

1. Új gyorsító
2. Új detektorok
3. Új adatgyűjtő rendszer



**Az elméleti
előrejelzés teljesült!**



Fantasztikus korban élünk.

**Fizikai képünk az elkövetkező években
valószínűleg alapvetően át fog alakulni.**

De gyünk részt ebben a folyamatban!