

NEUTRÍNÓ-FÉNYKÉP

szélesebb keretben

*„Minden tudomány csak
a történetén keresztül
érthető meg”*

Pauli: Nyílt levél Tübingenbe.

Zürich, 1930. dec. 4.

„Kedves Radioaktív Hölgyek és Urak,

... kétségbeesett kísérletre vállalkoztam, ...”

„Ha feltételezzük, hogy a β -bomlásnál az elektronnal együtt egy „neutron” is emittálódik, ... akkor a folytonos β -spektrum érthetővé válik.”

„Sajnos, Tübingenben nem tudok személyesen megjelenni, mert Zürichben, a december 5-6. éjszaka tartandó bálon nélkülözhetetlen vagyok.”

Két gentleman fizikus!

Falkenhagen: (Scheffczyk: Schattenblick, Mai, 2011)

Wisconsin: 1930. április 1. – szeptember 30.

Daniels (Manhattan Project, Metallurgiai Labor)

Dokumentum nem maradt.

Elterjedt hírek szerint itt felfedezte a neutron!

Chadwick a Nobel-díj felét felajánlotta, de

Falkenhagen udvariasan elhárította.

(Wikipedia)

„Neutron” ↔ *„Neutrínó”* ?

Vajon *Chadwick* és *Pauli* neutronjai azonosak-e?

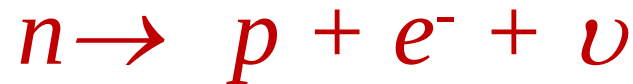
Fermi: - "No. Le *neutroni* di *Chadwick* sono grande.
Le *neutroni* di *Pauli* erano piccole;
egli devono star chiamato neutrini."

- „Nem, *Chadwick neutronjai* nagyok.
Pauli neutronjai kicsik;
ezeket neutrínóknak kellene hívni."

(Jéki L.)

Fermi: La Ricerca Scientifica, Ann.IV. Vol.II/12 (1933) 491
Zeitschrift für Physik, **88** (1934) 161.

Neutrínót feltételezve $\rightarrow$ Folytonos β -spektrum



(A kölcsönhatás konkrét alakja: *négyesvektor*: V)

Ebben a dolgozatban mondták ki először,

hogy a klasszikus fizika elektromágneses és
gravitációs terein kívül

más, fizikai realitással bíró terek is vannak!

Nordsieck: Phys. Rev. **46** (1934) 234.

- „The theory recently proposed by Fermi for β -ray disintegration offers a precise theoretical method for treating the interaction of the neutron with charged particles.”
- „The calculated effects are many orders of magnitude too small.”
- „This is a direct consequence of Fermi's introduction of the small dimensionless number G to fit the empirical slowness of β -ray decay.”

Konopinski: Phys. Rev. **48** (1935) 7. és 107.

Eltérés a kísérleti elektronspektrum alaktól.

Korrekciós tényezőt javasol a hullámfüggvény
magasabb rendű deriváltjaira hivatkozva.

Rámutat a **V-től eltérő kölcsönhatás lehetőségekre.**

- „*Fermi must assume that the negative energy state of both the electron and the neutrino are filled in the Dirac fashion.*”
- „*We shall employ ... the emission of an antineutrino connected with the electron emission.*

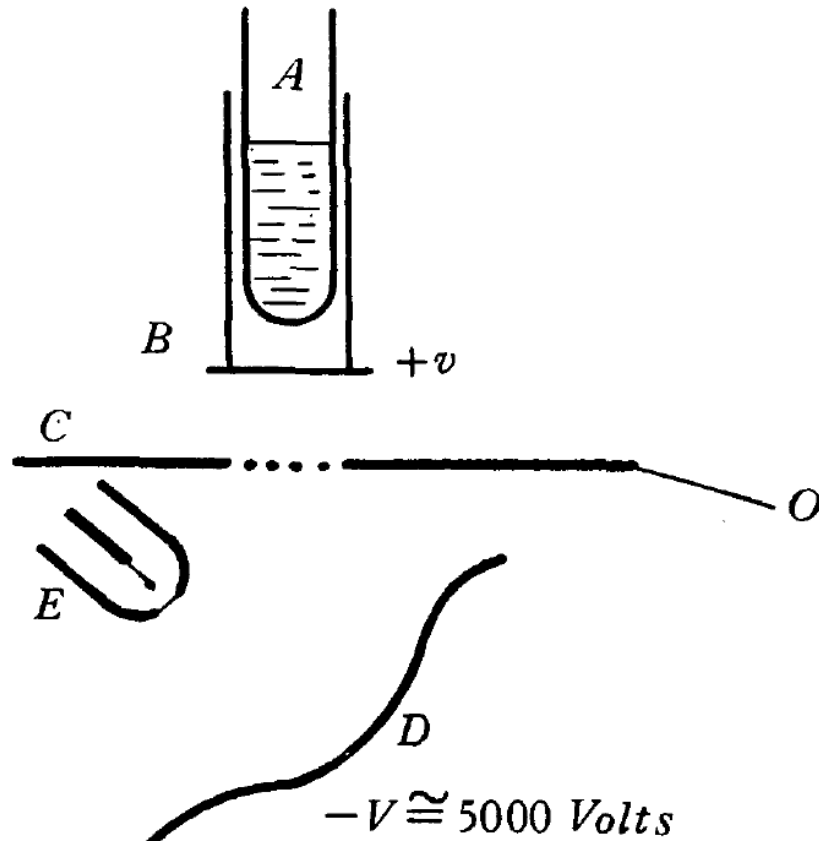
Bloch: Nature, **136** (1935) 911.

- „*Two forms of interaction proposed by Fermi and Konopinski ...*”

A kölcsönhatás meghatározza
az elektronenergia spektrumot, ...
és az elektron-neutrínó szögkorrelációt.

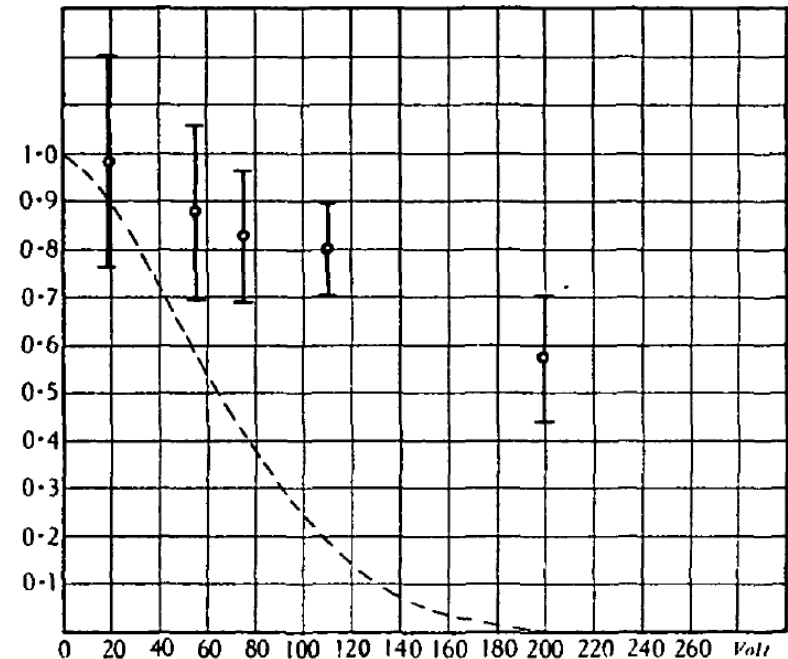
- „*Experiments ... might thus enable a decision to be made between the alternatives.*”

Leipunski: ProcCambPhilSoc, 32 (1936) 301: $\text{}^{11}\text{C}\text{O}_2$



*A visszalökött mag
energiaspektruma*

--- : neutrínó nélkül

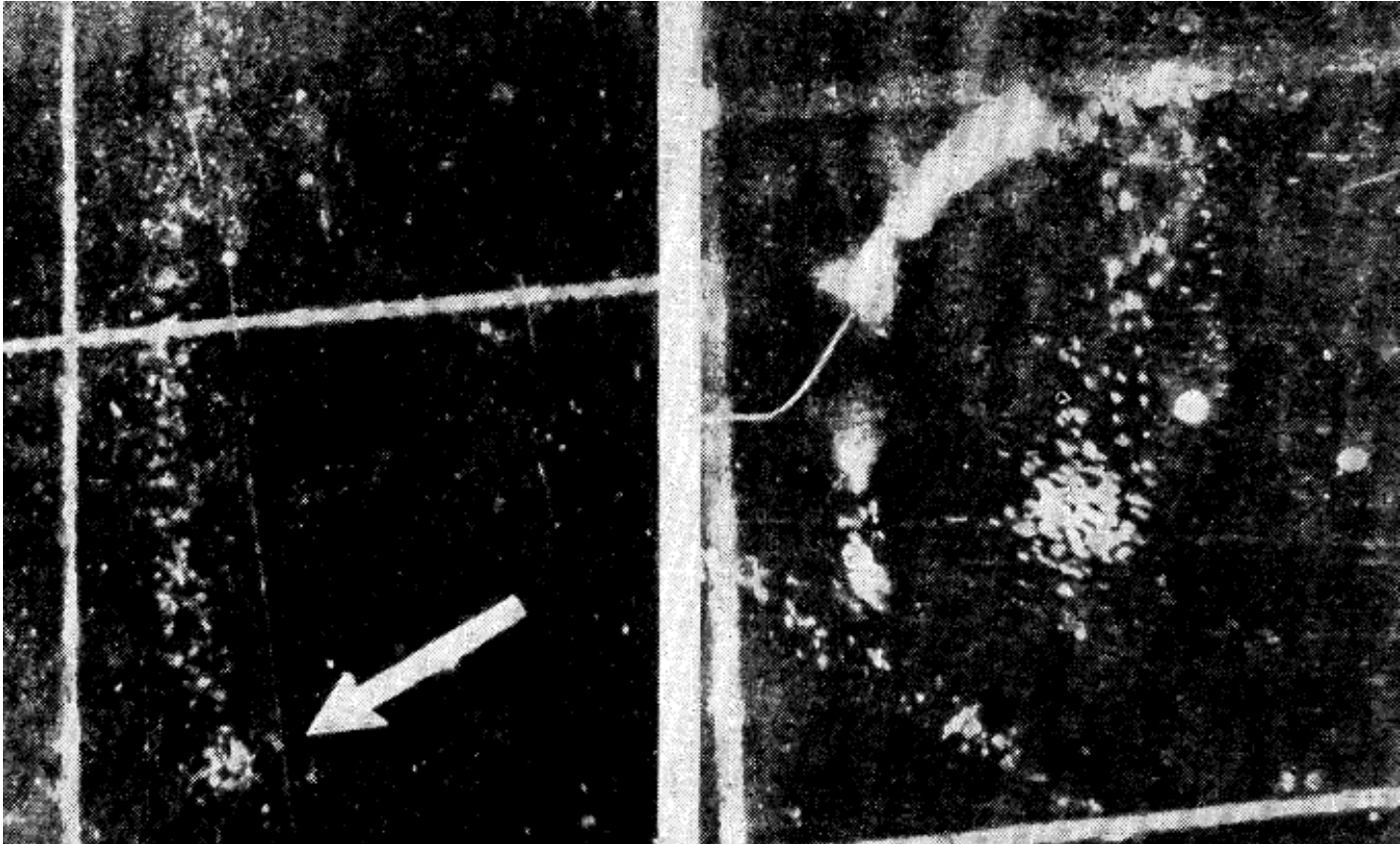


Thanks to: *Rutherford, Chadwick, Cockroft*: $^{10}\text{B} + ^2\text{H} \rightarrow \text{}^{11}\text{C} + n$

Halpern/Crane: Phys. Rev. 53 (1938) 676, 789. ³⁵Cl

- „The length of track produced in a cloud chamber by the recoil nucleus ... is too small to measure directly.”
- „However, the recoil nucleus produces a number of ion pairs in the gas.”
- „The resulting droplets can be seen individually.”
- „From the number of droplets an estimate is made of the kinetic energy of the recoil nucleus.”

^{35}Cl bomlása ködkamrában



- „The higher recoil energy of ^6He would lessen this difficulty.”

Hamilton: PhysRev. **71** (1947) 456.

- *”The angular correlation functions $W(\theta)$ (in contrast to the energy spectra) are markedly different for the different possible interactions.”*
- *”With increasing order of forbiddenness, emission of the neutrino in the same direction as the electron is increasingly emphasized.”*
- *„At the midpoint of the spectrum, the angular dependence is most pronounced.”*

Allowed transitions (W_0):

Scalar:	$W_{0S} = 1 - (p/E) \cos\theta;$
Polar vector: (Fermi)	$W_{0V} = 1 + (p/E) \cos\theta;$
Tensor: (Gamow-Teller)	$W_{0T} = 1 + \frac{1}{3}(p/E) \cos\theta$
Axial vector:	$W_{0A} = 1 - \frac{1}{3}(p/E) \cos\theta$
Pseudoscalar:	$W_{0P} = 1 - (p/E) \cos\theta.$

First forbidden transitions (W_1):

$$3W_{1S} = \left| \int \mathbf{r} \right| [1 - (p/E) \cos\theta] (p^2 + q^2 + 2pq \cos\theta),$$

$$4W_{1V} = \left| \int \mathbf{r} \right| [1 + (p/E) \cos\theta] (p^2 + q^2 + 2pq \cos\theta)$$

$$+ \left| \int \boldsymbol{\alpha} \right|^2 (3 - p \cos\theta/E)$$

$$+ \left\{ \left(\int \mathbf{r} \right)^* \cdot \left(\int \boldsymbol{\alpha} \right) - \text{cc} \right\}$$

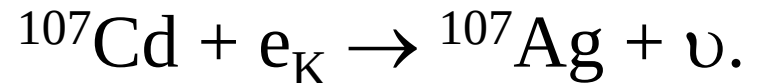
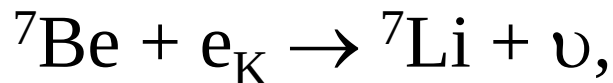
$$\times [q + p \cos\theta + (p/E)(p + q \cos\theta)],$$

Sherwin: PhysRev. **73** (1948) 216. **^{32}P**

- „By evaporation of carrier-free ^{32}P , ... the momentum of the recoil ion is measured by timing its flight.”
- ”It is shown that
 - (a) momentum is not conserved between the electron and the recoil nucleus, ...,
 - „(c) the observed recoil momentum spectra agree rather well with $(1 - \beta \cos \theta)$ neutrino-electron angular correlation function, ...”
- ”... must be regarded as tentative.”

Crane: Rev. Mod. Phys. **20** (1948) 278.

- „*Recoil experiments have something to offer which cannot be obtained in other ways.*”



„SUGGESTIONS FOR FURTHER EXPERIMENTS”

A ${}^6\text{He}$ -t már meg se említi!

Allen: Phys. Rev. 75 (1949) 570.

- „*The recoil nuclei emitted during the beta decay of ${}^6\text{He}$ have been detected by means of an electron multiplier tube, and the beta-rays counted by means of an end window Geiger counter.*”
- „*The best agreement was obtained when the recoil spectra were compared with the curves predicted by the $1-(v/3c)\cos\theta$ electron-neutrino angular correlation.*”

DeGroot: Physica, **16/5** (1950) 456.

ON THE THEORY OF BETA-RADIOACTIVITY, I.

THE USE OF LINEAR COMBINATIONS OF INVARIANTS

IN THE INTERACTION HAMILTONIAN

- „*The theory of β -radioactivity, based on the use of a linear combination of all five realistic invariants, is developed for allowed transitions ...*”

Az első alapos, részletes elméleti közlemény.

Debrecen

Sólyom: Fizika Magyarországon 1945 és 1959 között

- *„Az ötvenes évek elején sorra kapcsolódtak be az intézet munkájába a kutatómunka iránt érdeklődő hallgatók, például ... Csikai Gyula, sőt középiskolás diákok ...Hrehuss Gyula”*

Fenyvesi: TermVil. **2014-2**, 50.

- *”Szalay Sándor ... 1951-ben javasolta Csikai Gyulának, aki akkor II. éves egyetemi hallgatóként externista volt a Kísérleti Fizikai Tanszéken, hogy tanulmányozza az expansziós ködkamrák elvi és technikai kérdéseit.”*

Allen: PhysRev. **89** (1953) 902.

- *“The energy spectrum of the recoil nuclei emitted during the beta-decay of ${}^6\text{He}$ has been investigated...”*
- *“The shape of the time of flight spectrum suggests a*
$$1 + (v/3c) \cos \theta$$
electron-neutrino angular correlation corresponding to the tensor type of interaction.”
- *“The experiments are continued in order to increase the statistical accuracy.”*

Reines: PhysRev. **92** (1953) 830.

- *"An experiment has been performed to detect the free neutrino."*



- *"It appears probable that this aim has been accomplished although further confirmatory work is in progress."*

- *"A more detailed paper is in preparation."*

Davidson: PhysRev. **92** (1953) 1584.

- "...*Note that the spectrum shape is a more sensitive measure of the admixture terms than the electron-neutrino correlation function, provided that the admixture is small.*"

Rustad: PhysRev. **97** (1955) 991.

- *"The coefficient α in the electron-neutrino angular correlation*

$$W(\theta) = [1 + \alpha(p/W)\cos\theta]$$

for the ${}^6\text{He}$ - ${}^6\text{Li}$ transition has been determined by measuring the coincidence rate between recoil ions and beta rays."

- *"The measured values of the correlation coefficient are ...*

$\alpha = +0.31(\pm 0.14)$ for the mean beta energy 2.0 MeV."

- *"The limiting value set by the experiment for (G_A/G_T) proves that the tensor invariant is dominant*

in the beta-decay interaction of ${}^6\text{He}$."

Hrehuss: Fizikai Szemle, 6 (1956) 153.

- ”*A debreceni Atommagkutató Intézetben is szükségessé vált, hogy egy **kutatási célokra alkalmas diffúziós ködkamrát** készítsünk.*”
- ”*Előzőleg azonban a tanulmányozás céljára egy igen egyszerű, kis berendezés készült, ami olyan megbízhatóan és szépen működik, hogy rendkívül alkalmas középiskolák és bevezető egyetemi előadások demonstrációs eszközeként.*”

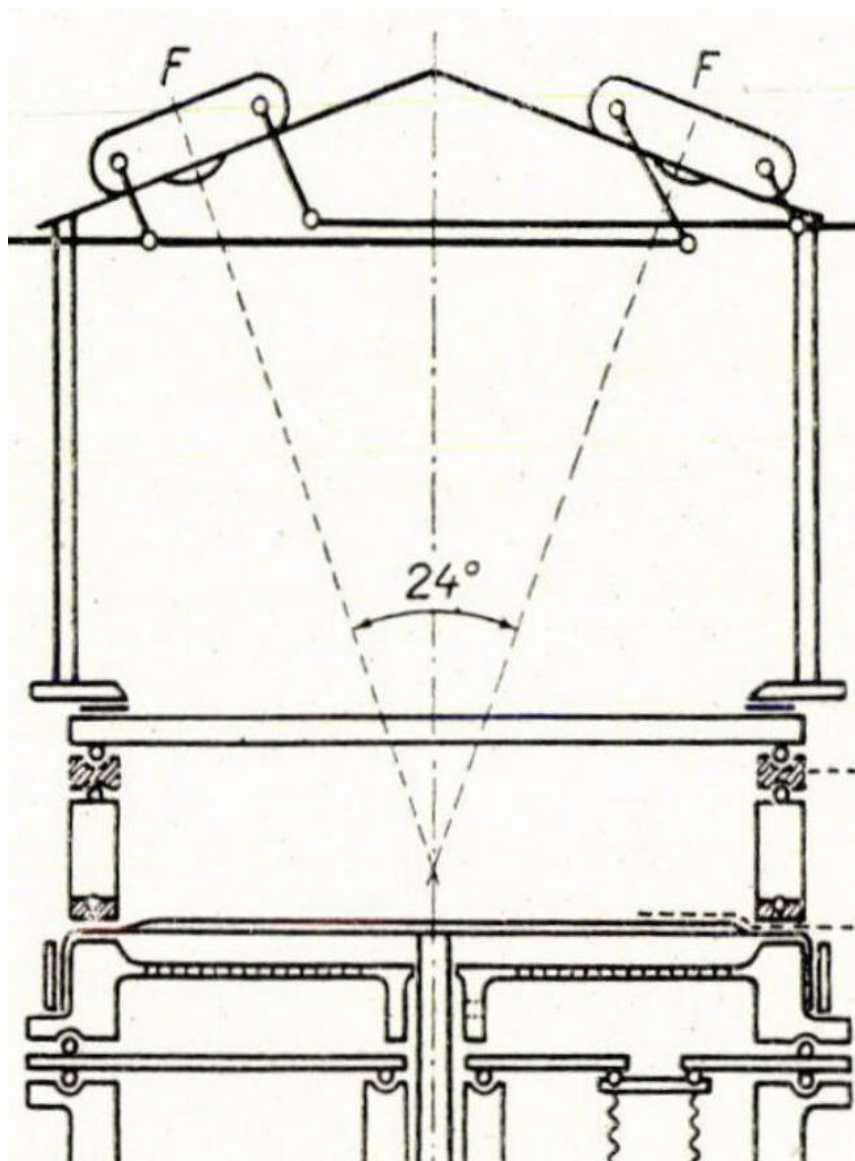
Értjük a működését?

Csikai, Hrehuss, Szalay:

MTA OsztKözl, 7 (1957)

137.

- ”*A debreceni Atommag
Kutató Intézetben
építettünk egy precíziós
mérésekre alkalmas
expanziós ködkamrát.*”



A trükk!

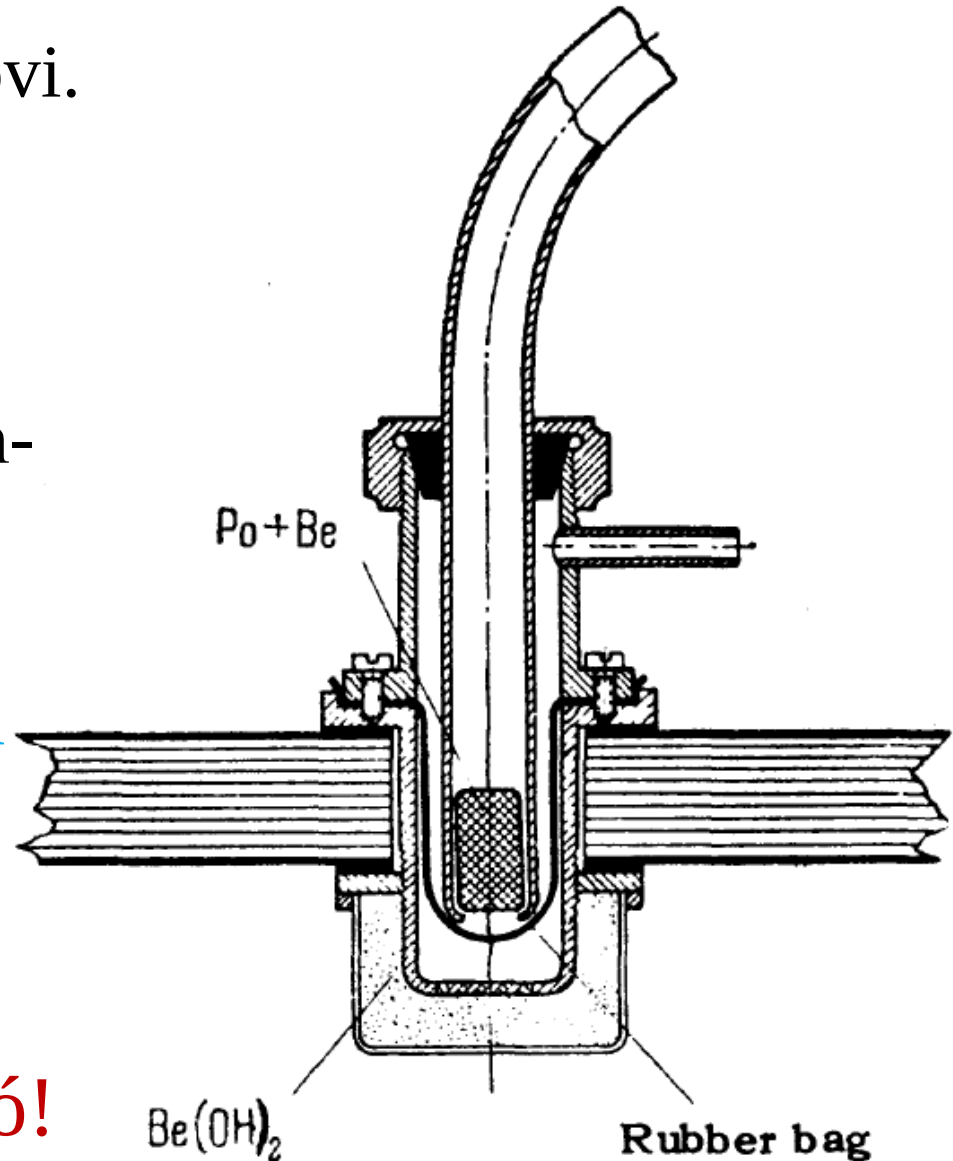
1) Sűrített levegő a Po-Be neutronforrást a kamrához lövi.

2) ${}^9\text{Be} + n \rightarrow {}^6\text{He}(0.8\text{ s}) + \alpha$

3/a) Sűrített levegő a neutronforrást a tárolóba visszalöki.

3/b) A gumizsák a ${}^6\text{He}$ gázt a szűrőpapír csészén át a ködkamrába nyomja. +0.3 s:

4) Expanzió, flash $\rightarrow$ fotó!



Szalay Sándor, 1956. július 16.

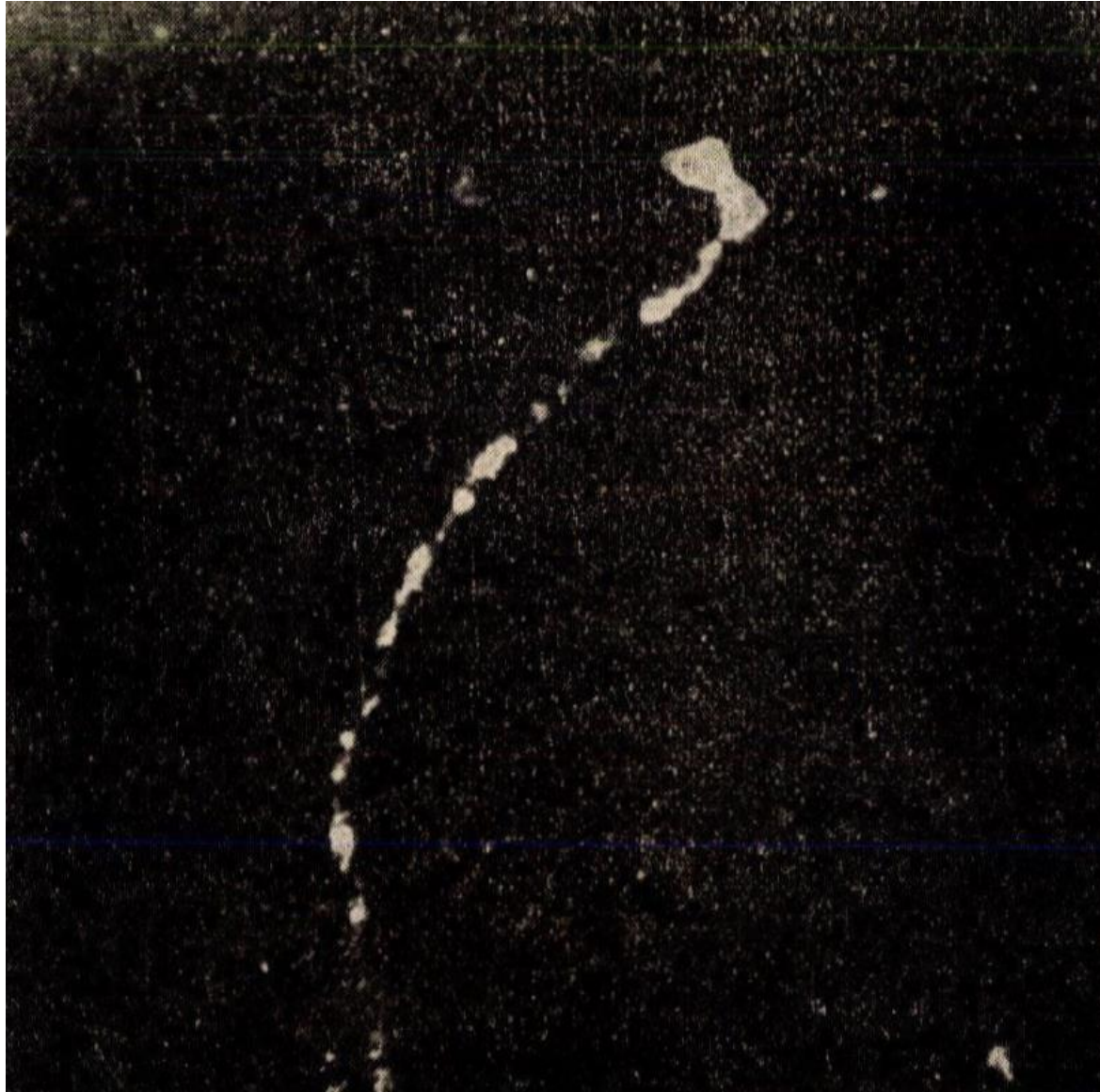
- *„Nyugtalanít engem, hogy éjszaka nincs senki az épületben; bármi történhet, nem vesszük észre. Maguk úgyis mindig bent vannak; költözzenek be az épületbe!”*

[„Debrecen, **Bem tér 18/c. I. em. 122. sz.** alatti lakásába történt beköltözését bejelentette.”
(Katonai igazolvány)]

Könyvtár, beszélgetés, zene, ...

az első sikeres fényképek!

A fotó!



Dombi: Élet és Tudomány,
2014/6 166.

- ”*Szalay professzor*
1956 október közepén
arra kért, menjek el
Krakkóba,
Lublinba és
Varsóba;
tartsak előadásokat a
kutatásainkról.”

Krakkó: *Prof. Henryk*
Niewodniczański
(1934: Cambridge,
Rutherford)

Lublin: *Prof. Włodimierz Żuk*
(Testvér-város/egyetem)

Varsó: *Profs:*
Marian Danysz,
Andrzej Sołtan
(*Szalay*-kapcsolatok)

Csikai: Il Nuovo Cimento, 5/4 (1957) 1011.

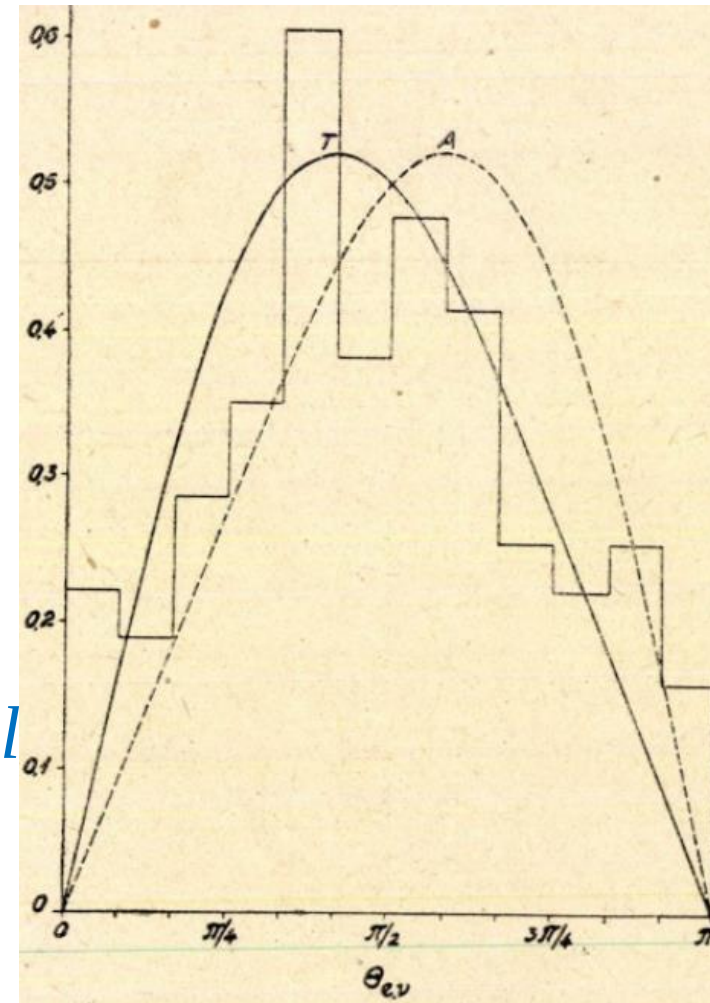
- *"We are aiming at the determination of the angle-correlation between the particles."*

- *"We hope that we may gain important information upon the type of interaction between nucleons and leptons."*



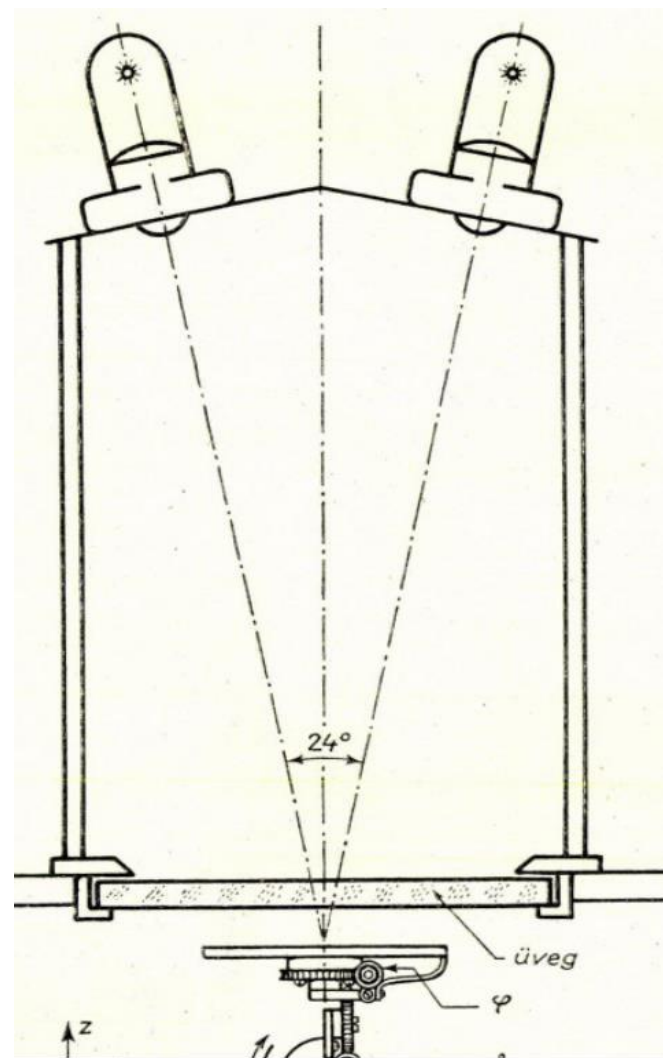
Csikai: MTAMatFizOszKözl. **8** (1958) 245.

- *”Több mint 2000 felvétel készült.
120 olyan esetet kaptunk, ahol a
... bezárt szög, ... mérhető volt.”*
- *„A kísérletileg kapott relatív
gyakoriság a **tenzor** kölcsönhatási
formának megfelelő szög-eloszlással
mutat jobb egyezést.”*
- *„Azonban a statisztikus hiba nagy.”*



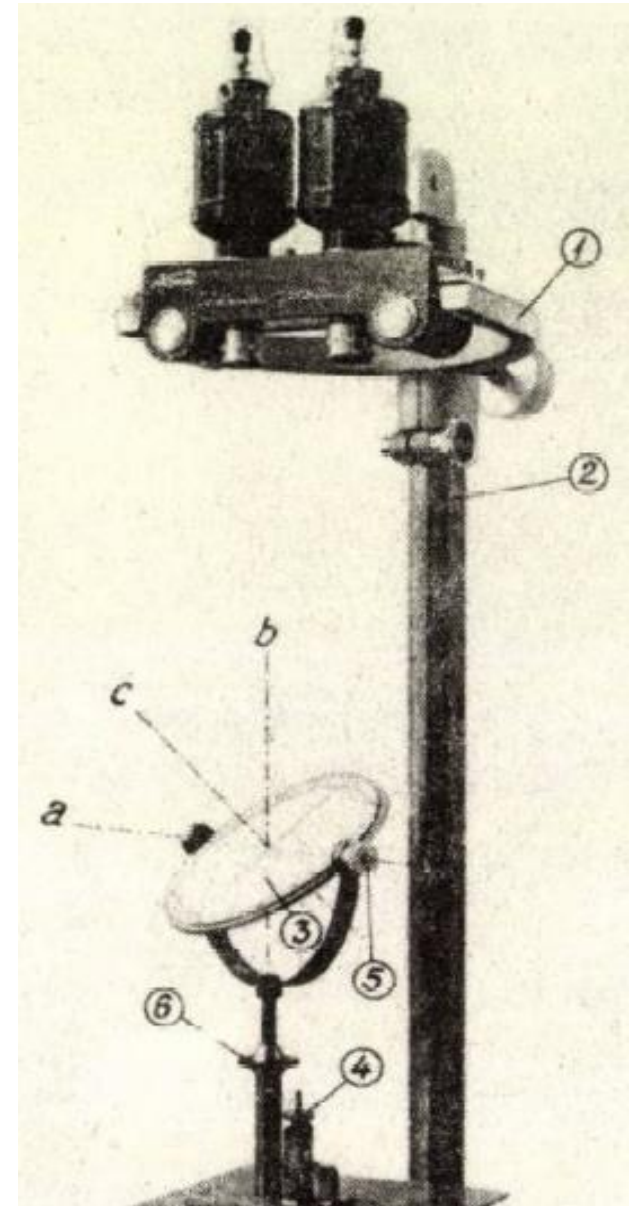
Bacsó: ATOMKI Közl. III-4 (1961) 203.

- "A vizsgálni kívánt eseményeket két egymástól független filmre rögzítettük."
- "Visszavetítéskor a két gép és film eredeti (felvételi) helyzetéhez viszonyított 0,01mm-es elmozdulása **a kép észrevehető megkettőzéséhez vezetett.**"
- "A mérés hibáját csak hosszas beállítási munkával lehetett az elfogadható minimumra csökkenteni."





- „A sztereó felvételpárok **azonos filmszalagra** készülnek.”
- „Az objektívek közötti bázistávolság a perforációs osztás egész számú többszöröse.”
- „Az új berendezés a beállítási időt kiküszöbölte, a **mérést** meggyorsította és **pontosabbá tette.**”



Ridley: NuclPhys. **25** (1961) 483.

- *“The correlation parameter α was found to be $-0.353(\pm 0.043)$, confirming current belief the Gamow-Teller interaction is of axial vector (A) type.”*
- *“The maximum admixture of a tensor interaction is given by $|C_T|^2 / |C_A|^2 < 0.08$.”*

Vise: PhysRev. **132** (1963) 2573.

- *“The energy spectra of recoil lithium ions in coincidence with beta particles of selected energy have been measured for the beta decay of ${}^6\text{He}$. ”*

„ $\lambda = -0.319 \pm 0.028$ ”

