

# A Fischbach-féle ötödik erő hipotézise és magyar vonatkozásai

1. Az 1986 januárjában közzétett hipotézis és motivációi
2. Médiahátszél, az első kritikák, fontos elterelő események
3. Előjelhiba, a környezet fontosságának realizálása, sziklafalak szerepe
4. Mit mérhettek a régi Eötvös-kísérletekben talált kis eltérések?
5. Magyar reakciók: kéziratok keresése, kísérleti tervek, a Renner-vita
6. Kísérletek világszerte, néhány pozitív eredmény, majd cáfolatok
7. A megcáfolt hipotézis hozadécai világszerte, és különösen hazánkban
8. A folyamatban lévő MICROSCOPE misszió: Eötvös álma megvalósulóban?

**Király Péter, az MTA Wigner FK külső munkatársa**  
ETTE gravitációs teadélután, 2017. április 4.

# Az Eötvös-kísérlet eredményeinek újraértelmezése

## PHYSICAL REVIEW LETTERS

---

VOLUME 56

6 JANUARY 1986

NUMBER 1

---

### Reanalysis of the Eötvös Experiment

Ephraim Fischbach<sup>(a)</sup>

*Institute for Nuclear Theory, Department of Physics, University of Washington, Seattle, Washington 98195*

Daniel Sudarsky, Aaron Szafer, and Carrick Talmadge

*Physics Department, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907*

and

S. H. Aronson

*Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York 11973*

(Received 7 November 1985)

We have carefully reexamined the results of the experiment of Eötvös, Pekár, and Fekete, which compared the accelerations of various materials to the Earth. We find that the Eötvös-Pekár-Fekete data are sensitive to the composition of the materials used, and that their results support the existence of an intermediate-range coupling to baryon number or hypercharge.

## Ötödik erő; Eötvös-típusú mérések reneszánsza 1986-tól

(*Phys Rev. Letts* 56, 1, 1986)

A feltételezett Yukawa-típusú, összetétel-függő erő 3 pillére:

1. A  $K^0$  - anti- $K^0$  rendszer nem látszott Lorentz-invariánsnak.
2. Mély aknában, fúrólyukakban végzett mérésekből más  $G$ -t kaptak.
3. Az EPF eredmények az egy nukleonra jutó kötési energiával korreláltak. Korreláció csak a Föld felé gyorsulást mérő EPF+Renner-mérésnél várható!

$$V(r) = -G_{\infty} \frac{m_1 m_2}{r} (1 + \alpha e^{-r/\lambda})$$
$$= V_N(r) + \Delta V(r). \quad (1)$$

Here  $V_N(r)$  is the usual Newtonian potential energy for two masses  $m_{1,2}$  separated by a distance  $r$ , and  $G_{\infty}$  is the Newtonian constant of gravitation for  $r \rightarrow \infty$ . The geophysical data can then be accounted for quantitatively if  $\alpha$  and  $\lambda$  have the values<sup>2</sup>

$$\alpha = -(7.2 \pm 3.6) \times 10^{-3}, \quad \lambda = 200 \pm 50 \text{ m}. \quad (2)$$

Az új, Yukawa-típusú kölcsönhatás erősségét és hatótávolságát jellemző **alfa** és **lambda** paraméter fenti értéke F.D. Stacey ausztrál geofizikus szóbeli közlésén alapult, aki bányákban és fúrólyukakban vizsgálta a nehézségi gyorsulás mélységfüggését.

## Mi motiválta a régi Eötvös-kísérletek eredményeinek újraszámolását?

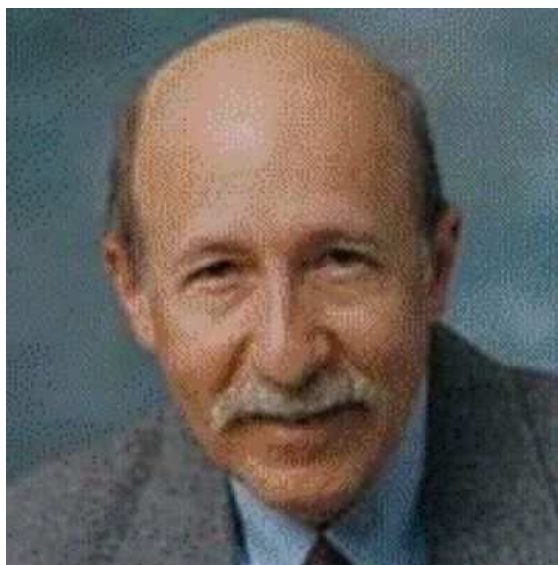
**Wigner (1949):** A barionszám, mint megmaradó mennyiség, töltésként viselkedhet.

**T.D. Lee és C.N. Yang**, Phys. Rev. 98, 1501 (1955): Conservation of heavy particles and gauge transformations.

Itt a szerzők felvetik, hogy a tömegek szorzatával arányos gravitáció mellett a **barionszámok szorzatával arányos erő is felléphet** két test között, ami a magok kötési energiája miatt Eötvös méréseiben talán kimutatható lenne. A szerzők itt még nem feltételezték, hogy az erő lehet **Yukawa-típusú**, vagyis véges hatótávolságú.

**Fischbach** realizálta, hogy a fúróluk-mérések és a kaon-rendszereknél észlelt anomáliák miatt feltételezett 100 méter nagyságrendű hatótávolság miatt nem cáfolják a Lee-Yang hipotézist az időközben elvégzett Dicke-típusú mérések pontosabb eredményei, mivel ott nem a közeli Föld, hanem a távoli Nap irányú gyorsulásokat hasonlították össze.

## Az 1986. január 6.-i Fischbach-cikk legfontosabb szerzői



Ephraim Fischbach



Carrick Talmadge



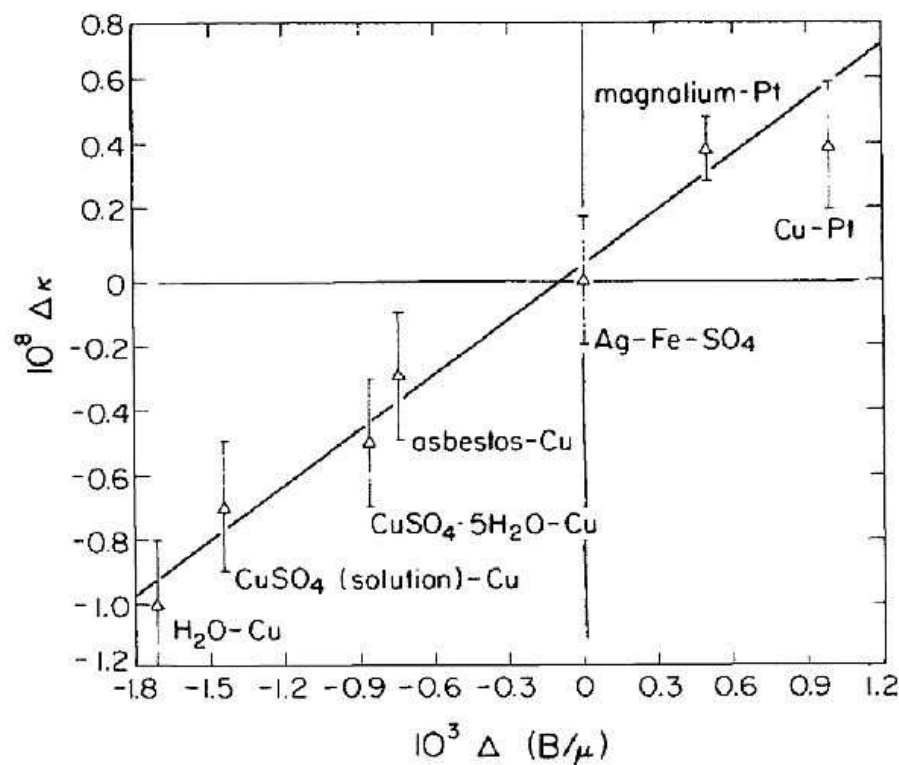
Sam Aronson

**Carrick Talmadge** Fischbach doktorandusza volt, aki később e témából doktorált, és sok számolásban, így az Eötvös-mérések kiértékelésében, valamint későbbi cikkekben is Fischbach munkatársa volt. Ma fizikai akusztikával foglalkozik.

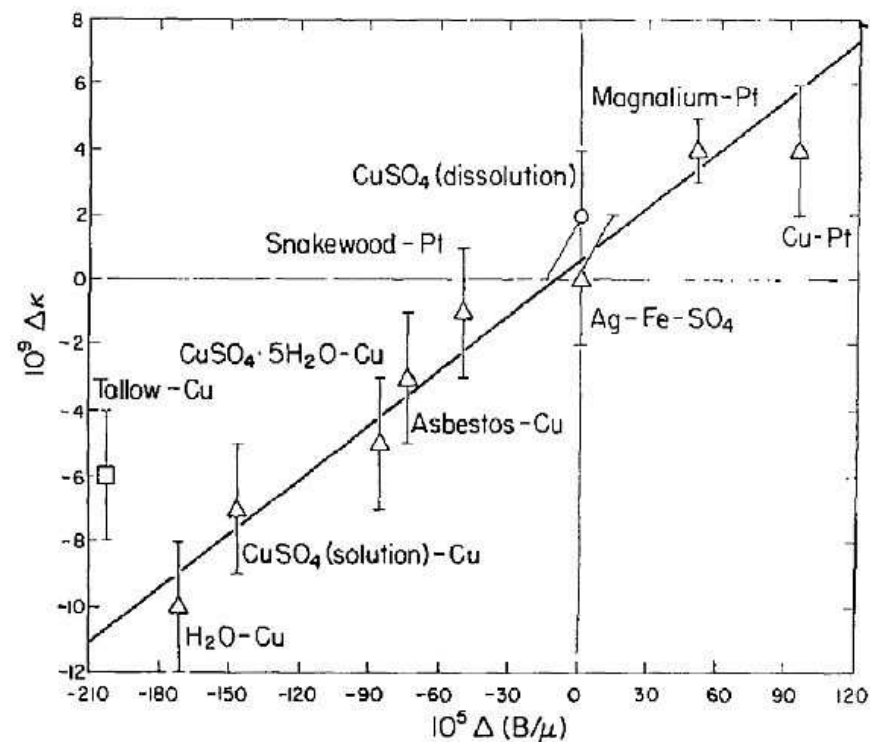
**Sam Aronson** Fischbach barátja, aki a semleges kaon-antikaon rendszer relativisztikus viselkedésében talált anomáliák magyarázatát látta az 5. erőben. Sokáig a Brookhaven National Lab, majd a RIKEN BNL Reserch Center igazgatója. 2015-ben az Amerikai Fizikai Társulat (APS) elnöke volt.



## A Fischbach-Talmadge újraszámolás meglepő eredménye és későbbi kis korrekciója



(a)

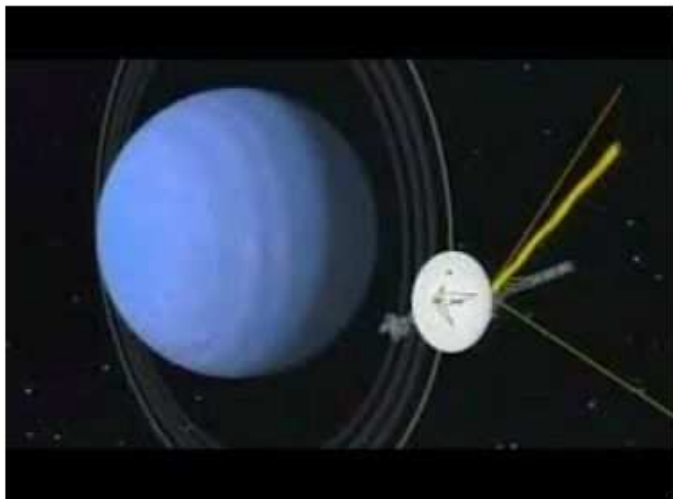


(b)

**Fig. 3.** Dependence of Eötvös parameter on baryon number: (a) is from [Fischbach 1986a] and (b) is Figure 2 of [Fischbach 1988a]. (Fischbach 2015-ös cikkéből átvéve)

**Eötvös-paraméter: a két anyagra vonatkozó gyorsulás különbsége / átlaga**

## Fontos égi és földi események 1986 első felében



jan. 24: Voyager-2 az Uránusznál



jan. 28: Challenger-robbanás



Comet Halley 14th March 1986

március: Halley-küldetés



Április 26: Csernobil

**Mindezek az események könnyen elterelhették volna a figyelmet az amúgy is bizonytalan alapokon nyugvó Fischbach-hipotézisről!**

# Médiahátszél és az első kritikák

Az 1986. jan. 6.-án megjelent tudományos közleményről 8.-án már első oldalas cikk jelent meg a New York Times-ban, a következő címen:

## „Hints of 5th Force in Universe Challenge Galileo's Findings”.

Innen ered a máig is használt „ötödik erő” kifejezés. E cikket sok tv-kommentár és népszerűsítő cikk követte, amelyek mindegyike Eötvös munkásságára is kitért.

Az első két **komoly kritika** Robert Dicke (aki egyik bíráló volt) és Richard Feynman részéről érkezett.

**Dicke** felvetette, hogy Eötvösék méréseiben az azonos tömegű minták térfogatai korrelálhatnak a minták barionszámával, ami az ingában a légáramlást befolyásolhatja.

**Feynman** a geofizikai G-mérések és az 1922-es Eötvös-Pekár-Fekete cikk numerikus kompatibilitását vizsgálta, és ezek között nagyságrendi eltérést talált. Kiderült még, hogy ő az 1922-es EPF cikket sokkal alaposabban ismerte, mint maga Fischbach. Ő így a cikk következtetéseit nem fogadta el, és ennek hangot is adott. A röviddel ezután bekövetkezett **Challenger-katasztrófa** után viszont figyelme arra terelődött.



# Amibe kis híján hamar belebukott a Fischbach-hipotézis

A Phys. Rev. Letters a beküldött bíráló megjegyzéseket gyűjtögette és megküldte a szerzőknek, és csak júniusban jelenhettek meg azok a szerzők válaszával együtt. Addig csak preprintekben vagy informálisan értesülhettünk a hibákról, bírálatokról.

**Hans Henrik Thodberg** már januárban észrevette, hogy az eredeti dolgozat **előjelhibát** tartalmaz, így a geofizikai mérések szerint a barionok között ható erő **taszító**, míg az Eötvös-adatok Fischbachék által adott értelmezése szerint **vonzó** (1 ill. 0 vagy 2 spinű a közvetítő részecske?).

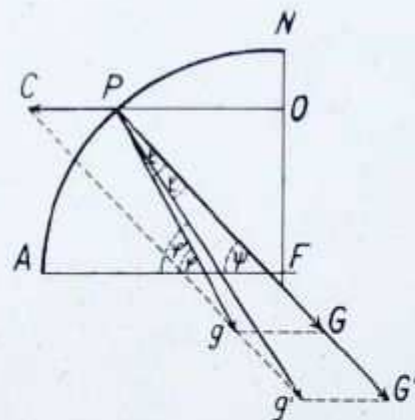
A látszólagos ellentmondás feloldása: a néhány tíz vagy száz m hatósugarú, barionok között ható 5. erő nagyságát és irányát nem a Föld alakja, hanem **a közeli tömegek elhelyezkedése, aszimmetriája** szabja meg! Ezért fontossá vált, hogy Eötvösék hol, milyen környezetben végezték a méréseiket. Az is világossá vált, hogy új kísérleteket szirtek, sziklafalak közelében érdemes végezni, ahol az aszimmetria nagyobb.

Másik fontos megjegyzés volt, hogy Fischbachék **Renner János** 1933 és 1935 között végzett, az Eötvös-méréseknél névlegesen 5-10-szer pontosabb méréseit miért nem vizsgálták. Erre a válasz az volt, hogy Dicke csoportja e méréseket már a 60-as években bírálta, nem tartotta konzisztensnek a kis hibákat a mérési és kiértékelési módszerrel.

## Mérhették-e az eredeti Eötvös (és Renner) kísérletek a feltételezett 5. erő paramétereit (és a kölcsönhatás vonzó vagy taszító voltát)?

**Nem:** az új, összetétel-függő kölcsönhatás hatótávolsága kicsi a Föld sugarához képest!  
**Viszont:** az Eötvös-paraméter és a számolt 5. erő **arányossága** a hipotézis mellett szólt!

Ha nem arányos a tehetetlen és súlyos tömeg...



$$g = G \cos \varepsilon - C \cos \phi$$

$$C \sin \phi = G \sin \phi$$

$$\tan \varepsilon = \frac{C \sin \phi}{g + C \cos \phi}$$

Hasonló egyenletek érvényesek a vesszős mennyiségekre. Legyen

$$G' = G(1 + \kappa), \quad \text{Ekkor:}$$

$$\eta = \varepsilon - \varepsilon' = \frac{G}{g} \kappa \sin \varepsilon.$$

Az Eötvös-Pekár-Fekete kísérlet pontossága  $\eta$  értéket  $2 \times 10^{-6}$  szögmásodpercre korlátozza. Ha két folyadékra a  $\kappa$  eltérés a kísérletük által megengedett maximum lenne, és a két folyadék vízszintje az egyenlítőn egybeesne, az általuk meghatározott "tengerszint" a sarkoknál csak egy hajszálnyival különbözne!

## Az ekvivalencia-elv ellenőrzésének elvi alapjai a forgó Földön.

Ha azonos (tehetetlenségi) tömegű testekre ható gravitációs erő más nagyságú ( $G$  és  $G'$ ), akkor a gravitációs és centrifugális erők eredője más irányú is lesz ( $g$ ,  $g'$ ).

Ezt az irányeltérést érzékeli a legalább 4 irányban beállított, egyensúlyi helyzetben leolvasott Eötvös-ingával végzett mérések sorozata. Fontos a környezet stabilitása; a kis, lassú változások hatása interpolációval csökkenthető.

## Nyomozás az Eötvös és Renner-kísérletek körülményei és hibaszámítása iránt

**Hazai fizikus körökben** (KFKI, ELTE, ELGI ...) nagy volt az érdeklődés a Fischbach-cikk iránt:

- a) Alátámasztják-e a Renner-kísérletek eredményei a Fischbach-hipotézist?
- b) Hol, milyen tömegeloszlású környezetben végezték Eötvös és Renner a méréseiket?
- c) Hogyan csinálták Eötvös és Renner a hibaszámítást? (Máshogy-e, mint Renner?)
- d) Milyen új kísérleteket érdemes csinálni hazánkban vagy nemzetközi kollaborációban?
- e) Hogyan illeszkedik az új erő az elméleti fizikai tájképbe?

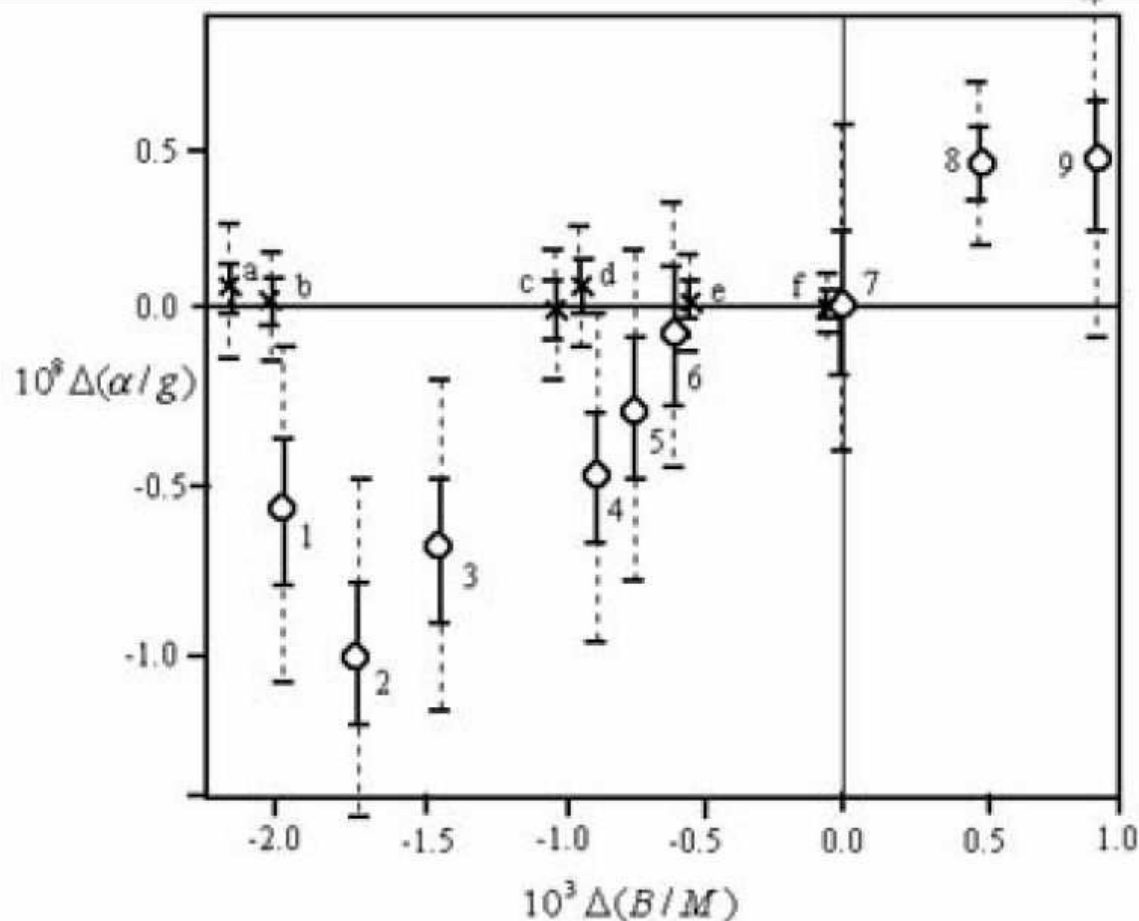
### **Saját akkori hozzájárulásom:**

1. Kiszámoltam a Renner-kísérlet eredményeit a feltételezett 5. erő szempontjából
2. Könyvtári kutatásokat végeztem Eötvös és Renner hagyatékában
3. Megvizsgáltam a hibaszámítás kérdését a Dicke-csoport korábbi kritikája alapján
4. Részt vettem a tervezett új kísérletek megbeszélésein
5. Számos magyar nyelvű előadást tartottam, több cikket is írtam e témáról
6. 1986-88-ban Nyugat-Európában és az USA-ban is mintegy 10 előadást tartottam.

**Renner Jánossal** kapcsolatban mindig felhívtam a figyelmet tapasztaltságára, a Fasori gimnázium hírnevére (**Wigner, Neumann**). Kissé az is motivált, hogy Renner édesapja dédapámmal együtt volt a Soproni Evangélikus Líceum tanára, és mindketten tanították a később híressé vált **Rácz László** tanár urat.

## Eötvös (számok) és Renner (betűk) eredményei a Fischbach-féle reprezentációban

(E. Fischbach, Bod L., Nárayné Ziegler M. és Marx Gy. „Az Eötvös-kísérlet száz éve” cikkéből, Fiz. Szemle 1993. március)



1. ábra. A számmal jelzett pontok az EPF, a betűvel jelzettek a Renner-mérések eredményét adják, az eredeti és annál 2,4-szer nagyobb hibával ([8] alapján). Renner eredményeinél nem látszik szisztematikus függés a B/M értékek különbségétől, de a zérustól való eltérések a vártnál kisebbek. Az anyagpárok megnevezését lásd [8]-ban.

[8]: Király P.: Az 5. erő körüli viták – magyar szemmel. Természet Világa 5, 154 (1987).



Lehet, hogy Eötvös mérései a bal oldali kis épületben, Renneréi középen voltak?

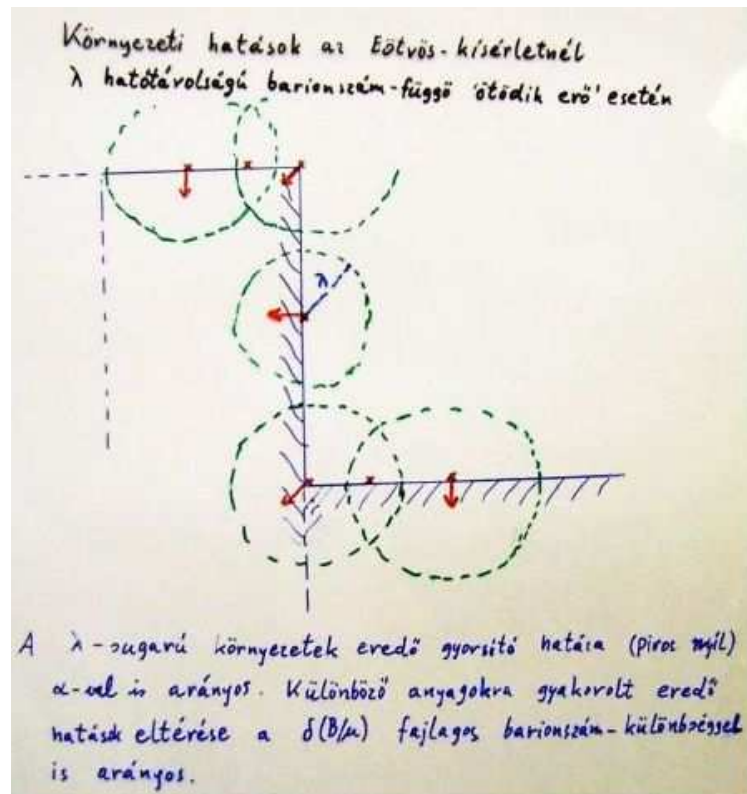
Az Egyetem fizikai, D épületének eredeti homlokzati képe.  
Felmerült, hogy EPF és Renner méréseit az épület  
tömegeloszlása más-más módon befolyásolhatta.





## Hol látszott leghatékonyabbnak az 5. erő nagyságának és irányának kimérése?

Palisades (Oszlopsor), New Jersey



Az Eiger északi fala, Berni Alpok



Peter Thieberger mérései a Palisade Sill peremén, Phys. Rev. Letts. 58, 1066 (1987)

Koncepció: a szirt peremén 4 fokos vízben lebegő üreges rézgömb hogyan mozdul el az 5. erő hatására? **A szakadék felé úszott**, de mi lehetett az oka? Konvekció?

VOLUME 58, NUMBER 11

PHYSICAL REVIEW LETTERS

16 MARCH 1987

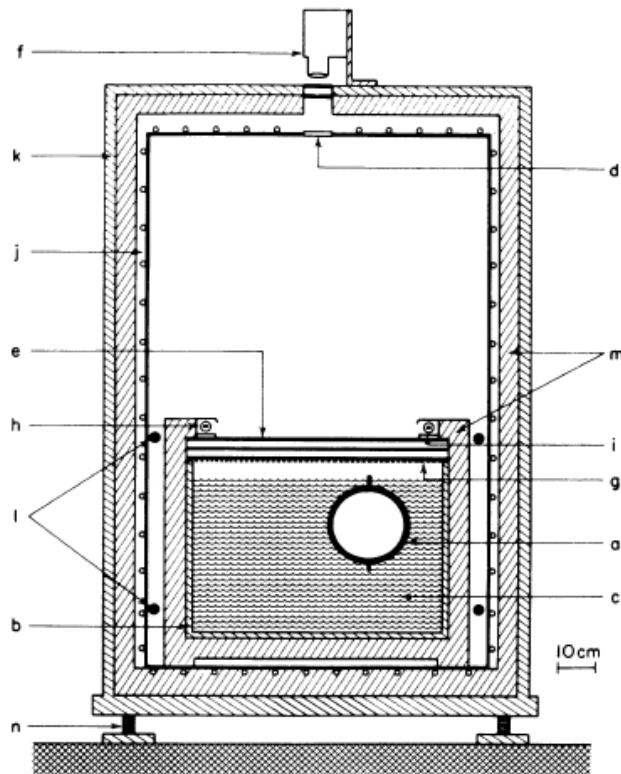


FIG. 1. Schematic diagram of the differential accelerometer used in the experiments. A precisely balanced hollow copper

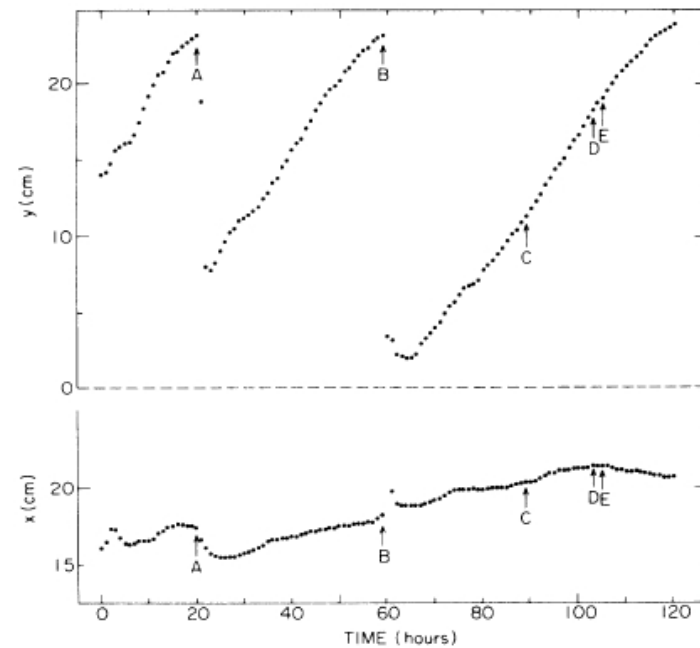


FIG. 2. Position of the center of the sphere as a function of time, measured with respect to an  $x$ - $y$  grid placed on the tank window. The  $y$  axis points approximately east, away from the cliff. On a circle with north at  $0^\circ$  and east at  $90^\circ$  the  $y$  axis is at  $88^\circ$ , the  $x$  axis at  $178^\circ$ , and the edge of the cliff averaged over  $\pm 150$  m intersects this circle at about  $186^\circ$ . Coordinates



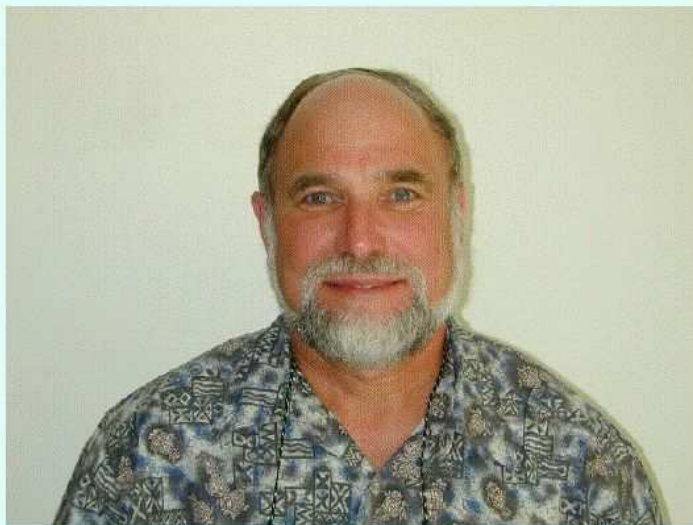
**1988. január: Sam Aronson meghívására a Brookhaven Laboratóriumban adtam elő.**

A szeminárium után Peter Thieberger mutatta meg a Palisades Sill-en végzett mérésének eszközeit, és diszkutáltunk a megismétlés lehetőségeiről. Később a brookhaveni beam dump-nál újra elvégezte a mérést, és negatív eredményre jutott (mint mások is, különféle módszerekkel vizsgálva a feltételezett 5. erőt).

**1990. táján egyre nagyobb lett a konszenzus, hogy a Fischbach által feltételezett erősségű, Eötvös-mérések által sugallt 5. erő nem létezik.**



## Az 1987-ben Seattle-ben alakult Eöt-Wash kutatócsoport és néhány eredményük

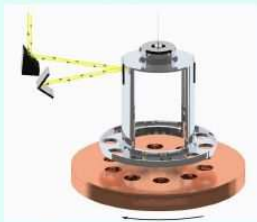


Eric G. Adelberger, University of Washington, Seattle.  
1987-ben ő alapította az „Eöt-Wash” csoportot.

Az Eöt-Wash csoport modern torziós ingái



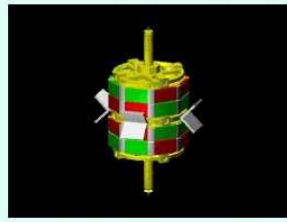
Folytonosan forgó Rot-Wash inga



$1/r^2$  törvényt vizsgáló inga



Ekvivalencia-elv inga 4 anyagpárral

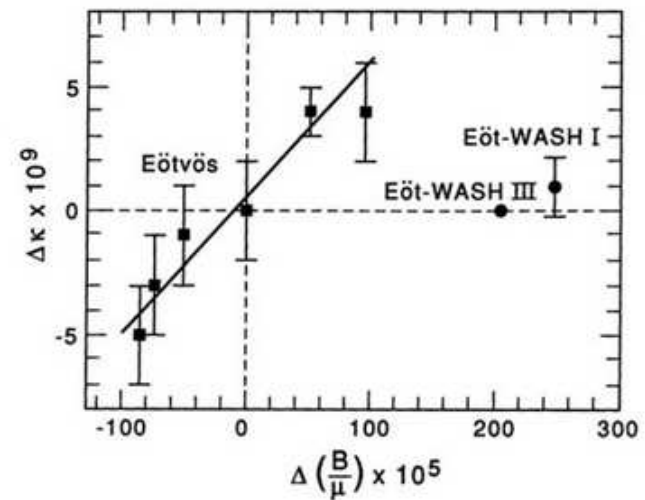


Spin - tömeg kölcsönhatás vizsgálata

### 2.4 The Force Is Falling

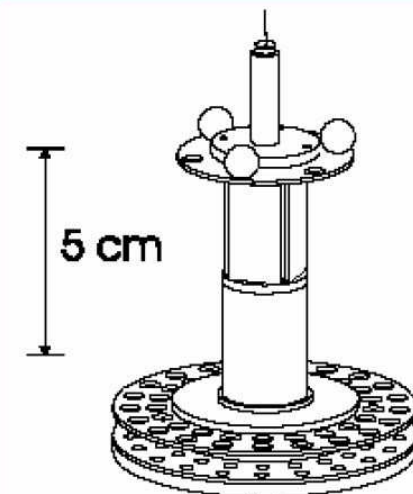
71

**Fig. 2.26** Comparison of the Eötvös reanalysis of Fischbach et al. (1986a) with the results of the Eöt-Wash I and III experiments. The error bar on the Eöt-Wash III datum is smaller than the dot (From Adelberger 1989)



Az „Eöt-wash” csoport legújabb torziós ingája, amellyel a gravitáció  $1/r^2$ -es távolságfüggését kb. 50 mikrométerig sikerült igazolni.

A 2006 november 15-én megjelent preprint szerint a mérés kizár egy fontos hipotézist az Univerzum tömegének túlnyomó részét adó „sötét energiára” nézve.





## Ekvivalencia-elvek és a Nap – Föld – Hold rendszer (Nordtvedt-effektus)

A tehetetlen és súlyos tömeg arányossága, ekvivalencia-elvek

- 1907: Einstein ekvivalencia-elve. Zuhanó liftben és tömegektől távol végzett nem-gravitációs kísérletek. Mennyivel erősebb elv, mint a tehetetlen és súlyos tömeg arányossága (ill. szabadesés univerzalitása)?
- Még erősebb ekvivalencia-elv: a gravitációs kötési energia sem befolyásolja a kétféle tömeg arányát.
- A Nap-Föld-Hold rendszer mozgásában kimutatható-e eltérés az általános relativitás szerint várttól?

A gravitációs kötési energiára is vonatkozó ekvivalencia-elvet bizonyítják a Holdra vitt fényvisszaverő-tükrök!

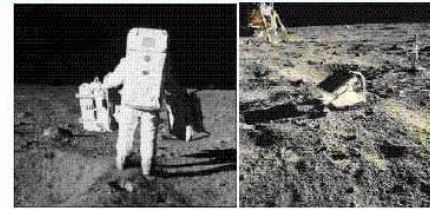


Figure 1: (a) The LLR retroreflector, as Bruce Aldrin's right side, being carried across the lunar surface by the Apollo 11 astronaut, (b) Apollo 11 laser retroreflector array.

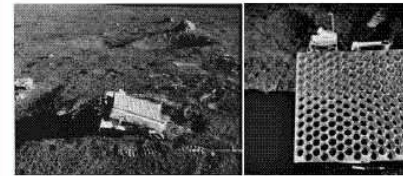


Figure 2: Apollo 14 (left) and Apollo 15 (right) LLR retroreflector arrays.

Hogyan gyorsul a Föld és a Hold a Nap felé? Hiszen gravitációs kötési energiájuk más (a relatív járulék a Földnél  $-4,6 \times 10^{-10}$ , a Holdnál ennél abszolút értékben kb. 20-szor kisebb). A Holdon hagyott lézerfény-visszaverő tükrök segítségével a távolságok néhány mm pontossággal mérhetők, és eszerint a két égitest kb.  $10^{-13}$ , **gravitációs kötési energiájuk  $10^{-3}$  pontossággal ugyanúgy gyorsul!**

Felvetődött viszont, hogy a Hold összetétele más (a Föld köpenyéhez hasonló), így a két hatás esetleg kompenzálhatja egymást. **Az Eöt-Wash csoport mindkét anyag Nap felé gyorsulását ingával összehasonlította, és  $10^{-13}$  pontossággal nem talált eltérést!**



## Az 1986-os Fischbach-cikk utóélete és hozadékai a nagyvilágban és nálunk

Sok tucat különféle módszerrel végzett kísérlet eredménye, hogy ma a gravitáció  $1/r^2$ -es erőtvényét és összetétel-függetlenségét sokkal nagyobb pontossággal ismerjük, mint 1986-ban (de az erőtvény érvényessége nagyon kis és nagyon nagy távolságokon továbbra is kérdéses).

Az Eötvös-típusú kísérletek fogalma ma tágabb körre terjed ki, mint korábban.

Az 5. erő fogalma polgárjogot nyert, és ma is intenzív kutatás tárgya. Fischbach munkáinak idézettsége mutatja, hogy művei iránt ma is nagy az érdeklődés.



### Reanalysis of the Eötvös experiment

E Fischbach, D Sudarsky, A Szafer, C Talmadge, SH Aronson  
Physical Review Letters 56 (1), 3

648

1986

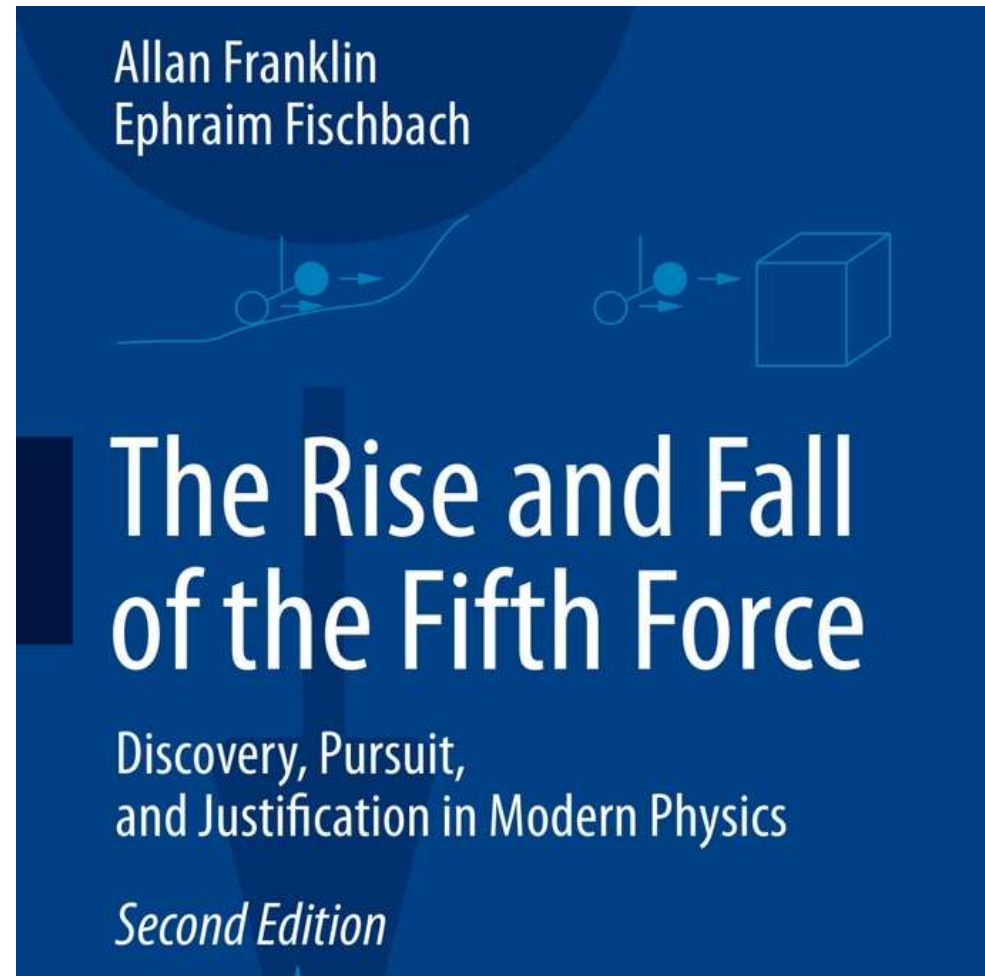
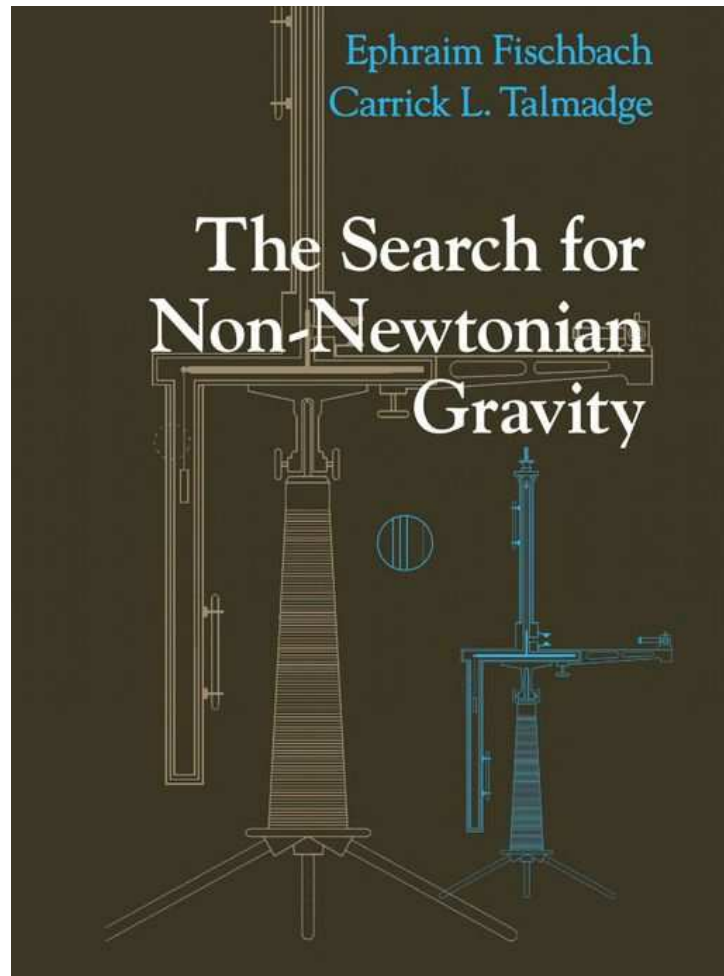
### The search for non-Newtonian gravity

E Fischbach, CL Talmadge  
Springer Science & Business Media

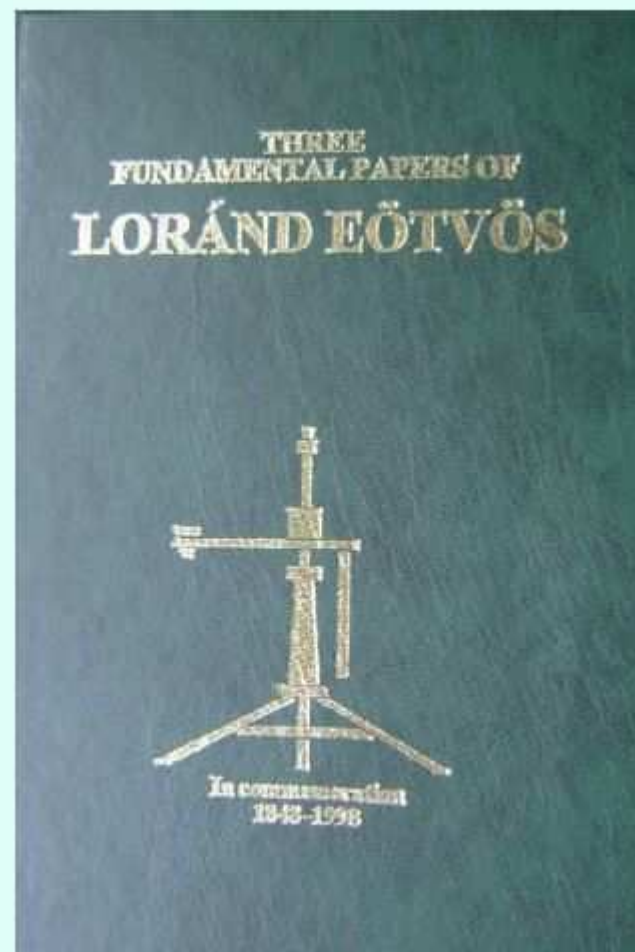
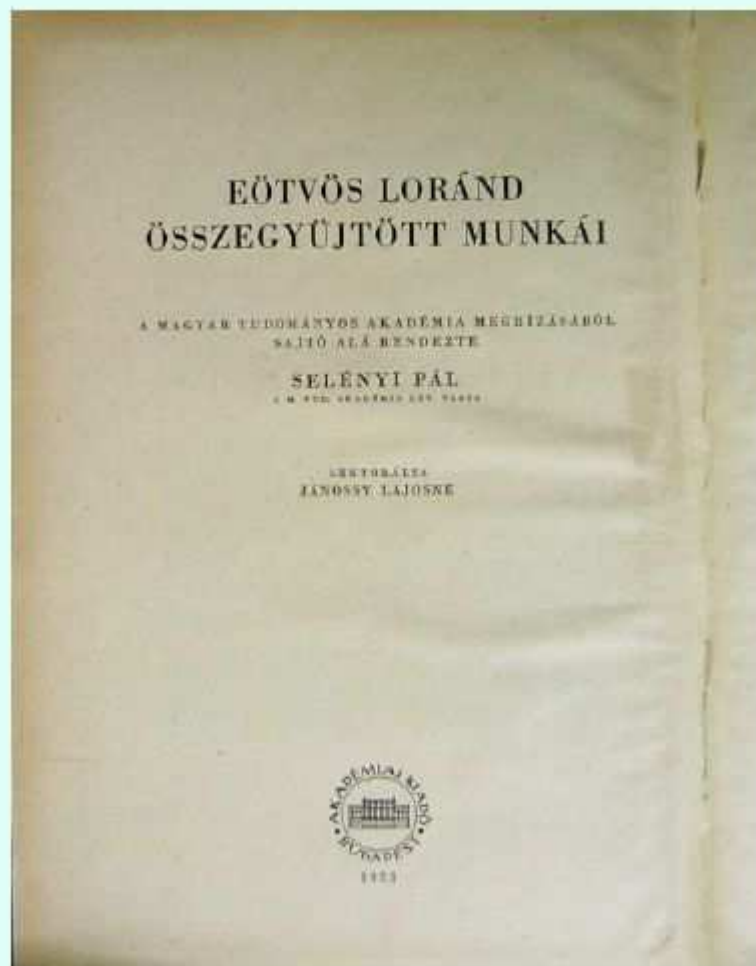
410

2012

Fischbach két, társszerzővel írt műve újszerű hipotézise kalandos történetéről



Eötvös Loránd 1953-ban kiadott összegyűjtött munkái, és születésének 150 éves évfordulójára kiadott 3 alapvető műve (eredeti nyelven és angolul). Az utóbbi érdekessége, hogy az 1922-ben kiadott EPF cikk angol fordítását Fischbach volt szíves az ELGI rendelkezésére bocsátani.



Nemrégiben került elő Eötvös 1908-ban írt, korábban sokat keresett kézírata, amin az 1922-es EPF cikk alapult. E kéziratot két műszerekkel kapcsolatos prospektussal együtt az UNESCO 2015-ben elfogadta, mint a Kulturális Világörökség részét.

Benützt wurden zwei Instrumente derselben Art wie die Eötvös ~~bei~~ seinen Untersuchungen localer Schwerevariationen benützt und im I. Bande der Abhandlungen der XV<sup>ten</sup> Allgemeinen Konferenz der Erdmessung (1906) beschrieben hat. Es sind dies Drehwaagen von grosser Empfindlichkeit, ~~welche~~ welche um eine vertikale Achse drehbar, also für die hier behandelten Untersuchungen eben geeignet sind.

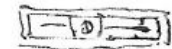
Fig. 6 stellt das eine ~~Instrument im Querschnitt~~ <sup>von</sup> Eötvös ~~nebst~~ „das einfache Schwerenivometer“ genannte Instrument im vertikalen, Fig. 7 im horizontalen Querschnitt dar.

Das ~~Drehwaagen~~ Gehäuse ~~besteht~~ ist aus einem 3 mm. dicken Messingblech und <sup>aus gleich starken</sup> Messingröhren

Fig. 6



Fig. 7





**Egy tervezett űrmissziókról szóló konferencián bemutatott dolgozat Eötvösről**

<http://tudor.kfki.hu/eotvos1/stepcikk.html>

*Eötvös and STEP*

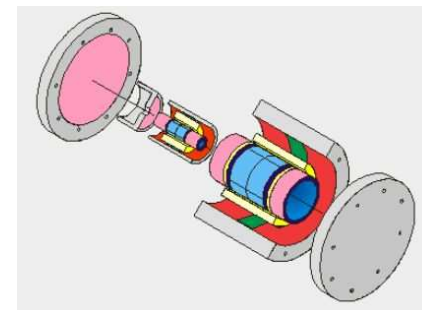


*Baron Roland Eötvös of Vásárosnamény  
1848 — 1919*

1993, Pisa: a „Satellite Test of the Equivalence Principle” (STEP) és a „Gravity Probe B” kísérlettel foglalkozó konferencián bemutatott poster címlapja

(Eötvös bemutatása mellett javasoltam a „STEP” név helyett „**Eötvös**” használatát, esetleg „**E**quivalence **O**rbital **T**est for a **V**ariety **O**f **S**ubstances” rövidítéseként.)

## A megvalósulóban lévő francia MICROSCOPE űrbeli kísérlet az ekvivalencia-elvre



**Az ekvivalencia-elvet a remény szerint  $10^{-15}$  relatív pontossággal ellenőrző mérés talán megvalósítja Eötvös fiatalkori álmát: madárként, nem a Földön küszködve arat sikert.**

Babér után lihegve indulánk  
Én és a csattogány a csúcs felé.  
S míg én küzködtem a hegy oldalán,  
Ő fölrepült s jutalmát elnyeré.

Mit én nem érek el talán soha,  
Ő ahhoz eljutott egy perc alatt,  
Ó ég! ne légy irántam mostoha,  
Adj! Kérlek! adj! nékem is szárnyakat.

*Laurels beckoned us, so we started out  
With Nightingale towards a mountain height.  
While I grappled with the sheer cliffs below,  
She seized her prize in easy, graceful flight.*

*What I may perhaps never ever reach,  
Took but a brief moment for the bird;  
O Heaven don't be so unjust, I plead,  
Grant me wings too. Let my prayer be heard.*

# Ki sugallhatta az 1986-os Fischbach-hipotézist?

Angyalok

vagy

Ördögök?



Köszönöm

a figyelmet!

M.C. Escher: Angels and Devils, 1960.





**Kiegészítők**

## Az első levél a Renner-mérésekről Robert Dicke induló kísérletével kapcsolatban

Prof. L. Jánossy  
Department of Physics  
University of Budapest  
Budapest /Hungary/

Princeton, January 31, 1961.

Dear Professor Jánossy:

I am interested in the experimental confirmation of the principle of equivalence and I recently came across with the little known paper by John Renner published in 1935 in the proceedings of the Hungarian Academy of Sciences. He performed Eötvös' experiment with a technique even more refined and obtained results which about an order of magnitude better than his predecessor's. Because of the outstanding importance of this experiment, I would like to know more about his work and wonder if you know whether Dr. Renner is still alive and where he lives. His work was done in your department, anyway and may have you heard already about it directly; what is your opinion in this case? One would like to know, for example, what is the meaning of the statement made in par. III according to which he was able to determine  $1/40$  of a millimeter in the scale in the optical arrangement; in par. IV, in fact, he states that the statistical error in such reading was .0022 millimeters, which is less than the one you can compute if you assume that the error in each measurement is equal to  $1/40$  millimeter.

You might be interested in knowing that the Eötvös' experiment is being repeated with refined electronic technique here in Princeton by professor Dicke and his collaborators.

I wonder if you carried more experiments on the interference of weak beams of light; I read with interest your papers of 1957; can you send me reprints of your theoretical papers /in the Nuovo Cimento, I believe/ on this and related topics?

Thank you very much.

Yours truly:

Bruno Bertotti

Bruno Bertotti Jánossynak írt levele a Dicke-csoport kezdődő méréseiről és a Renner-mérésekkel kapcsolatos kétségekről.

Renner későbbi válasza szerint ő Eötvös módszerét követte valamennyi mérése kiértékelésénél.

Dicke 1965-ben publikált, Nap irányú gyorsuláson alapuló mérései mintegy 2 nagyságrenddel javították Renner eredményeit.

Dicke csoportját a Brans-Dicke elmélet validálása miatt is érdekelte az ekvivalencia-elv minél pontosabb vizsgálata. Nem sokkal e kísérletek befejezése után oroszánrészük volt a háttérsugárzás felfedezésében.



Robert H. Dicke (1916-1997)

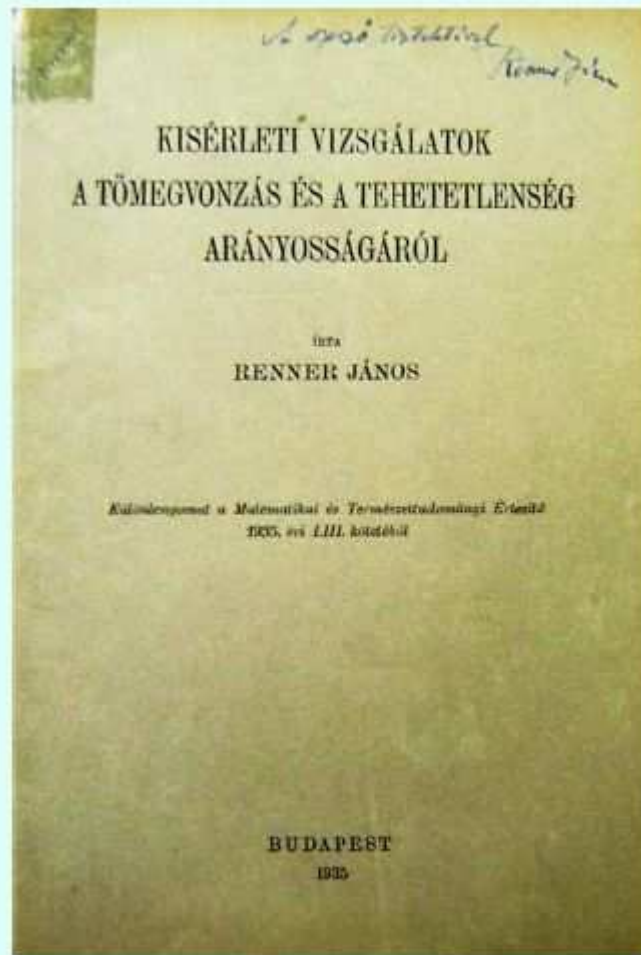
Dicke csoportja végezte Princeton-ban az 1960-as évek elején az első modern ekvivalencia-elv mérést.

A Föld helyett a Nap irányába való gyorsulást használták fel, és  $10^{-11}$  relatív pontosságot értek el.

Braginsky és csoportja a 70-es években  $\sim 10^{-12}$  pontosságot ért el, de kevésbé dokumentálták.



**Ma sem világos, hogy miért egyeznek Renner eredményei olyan jól a várakozással. Lehet, hogy a dolgozatban közölnél több mérést végzett, de eldobta azok eredményét, amiket valami miatt gyanúsak talált?**



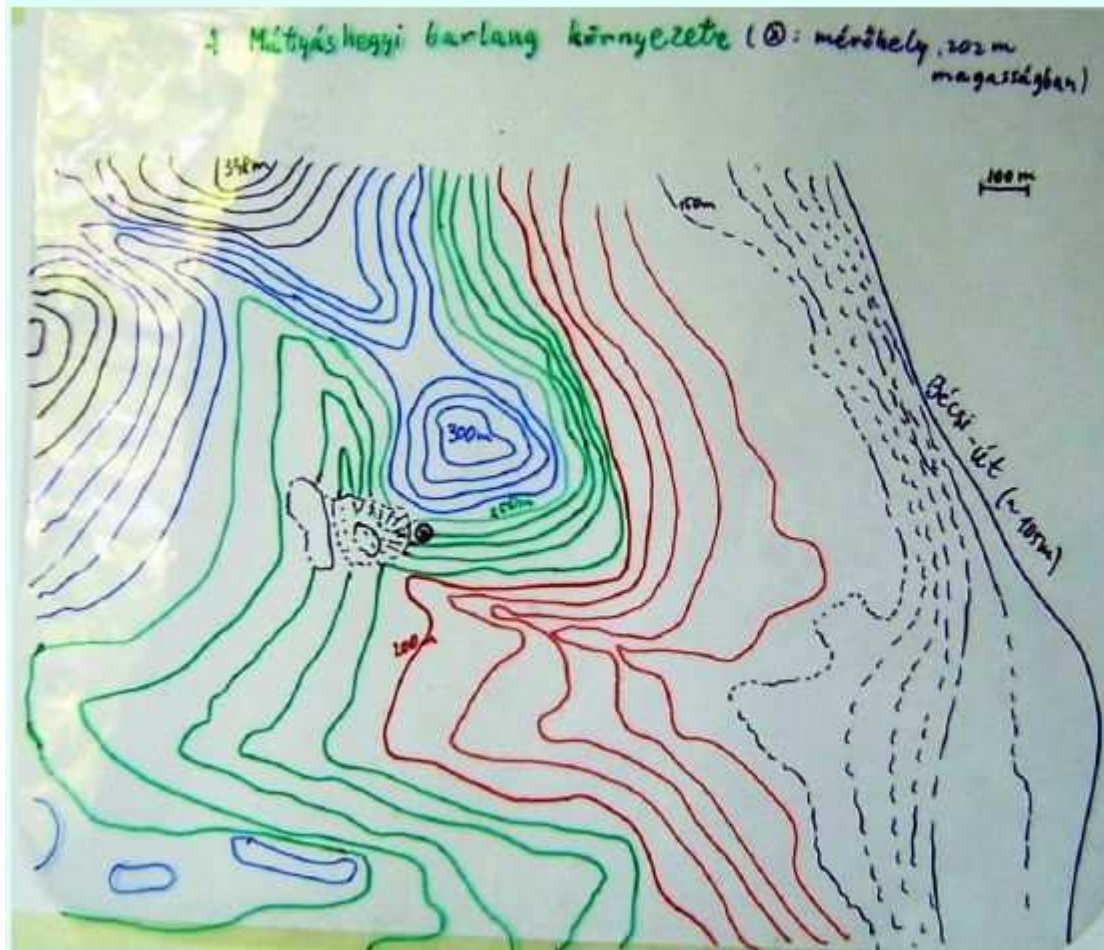
Renner János az 1930-as években más anyagpárokkal és jobb műszerrel, sok évi tapasztalatát felhasználva ismételte meg az EPF kísérleteket.

Anyagfüggést nem talált, a relatív eltérések felső határát jelentősen, kb. egy nagyságrenddel tovább javította.

Eötvös első mérései, az EPF mérések és Renner eredményei legfeljebb  $10^{-7}$ ,  $10^{-8}$  és  $10^{-9}$  relatív hibával igazolták, hogy a gravitációs gyorsulás független az anyagi összetételtől. Ennél pontosabb mérések az 1960-as évekig nem voltak.



**1987-ben a Mátyás-hegyi barlangban is indultak mérések az esetleges 5. erő kimutatására (Szabó Zoltán támogatásával), automatizált Eötvös-ingával.**



A Mátyáshegyi barlang környezetének szintvonalas helyszínrajza. Az ábra az itt végzett mérések előzetes kiértékeléséhez készült.

Az 5. erő paramétereinek becslésére a KFKI és ELGI a barlangban lévő egyik teremben végzett Eötvös-ingás méréseket (Főleg Szentpétery Imre és Hegymegi László).

Az adatok kiértékelésére és közlésére az időközben publikált pontosabb mérések miatt már nem került sor.

**A legpontosabb EPF kísérletek kezdetének centenáriumán elhangzott előadás**

URL: <http://tudtor.kfki.hu/eotvos1/eotvoseloadas06.pdf>

# A 100 éves Eötvös-Pekár-Fekete kísérletek és máig tartó hatásuk

**Király Péter**

*KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet  
Kozmikus Fizikai Főosztály*

Elhangzott az MTA Fizikai Tudományok Osztálya és az  
Eötvös Loránd Fizikai Társulat ünnepi tudományos ülésén,  
2006. november 22-én

