

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

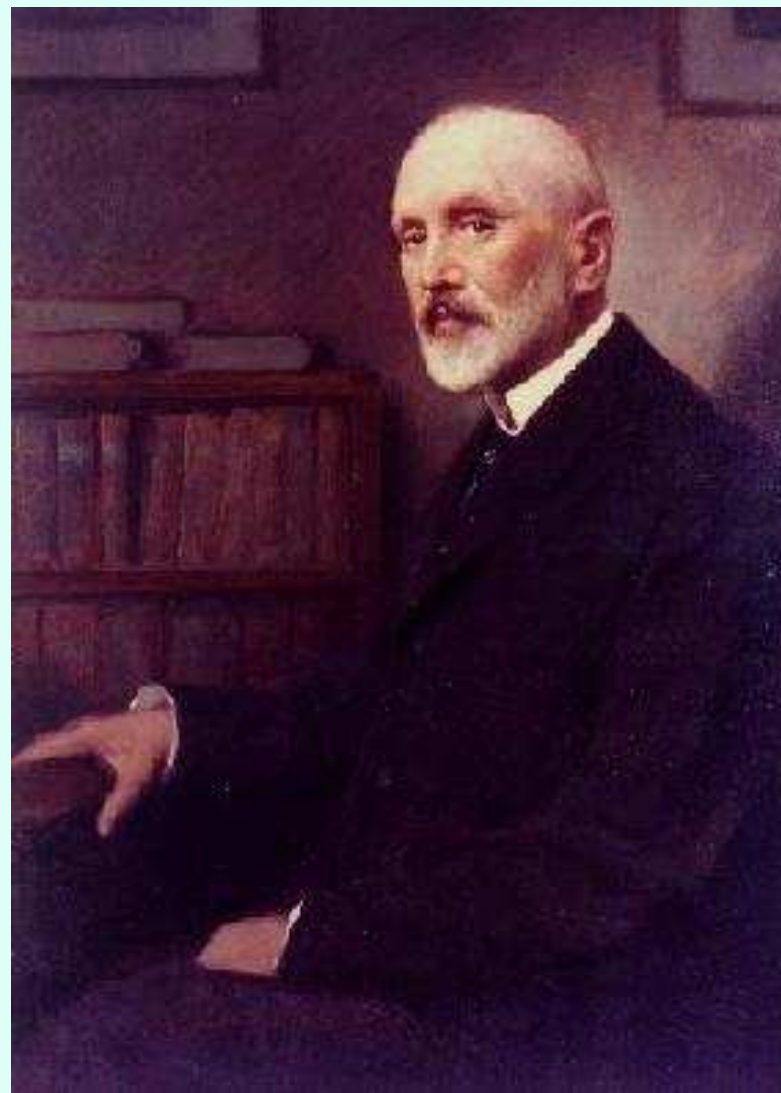
Király Péter

*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

Mi történt 100 éve?

- A 15. Nemzetközi Földmérési Kongresszus Budapesten, Eötvös nagy sikerű előadása
- A Kongresszus javaslata után döntés Eötvös méréseinek évi 60 ezer aranykoronás állami támogatásáról
- A Göttingeni Egyetem Beneke díjának kiírása, Eötvös kifinomult mérési módszereire való hivatkozással.



Az EPF kísérletek előzményei

Néhány fontos előzmény

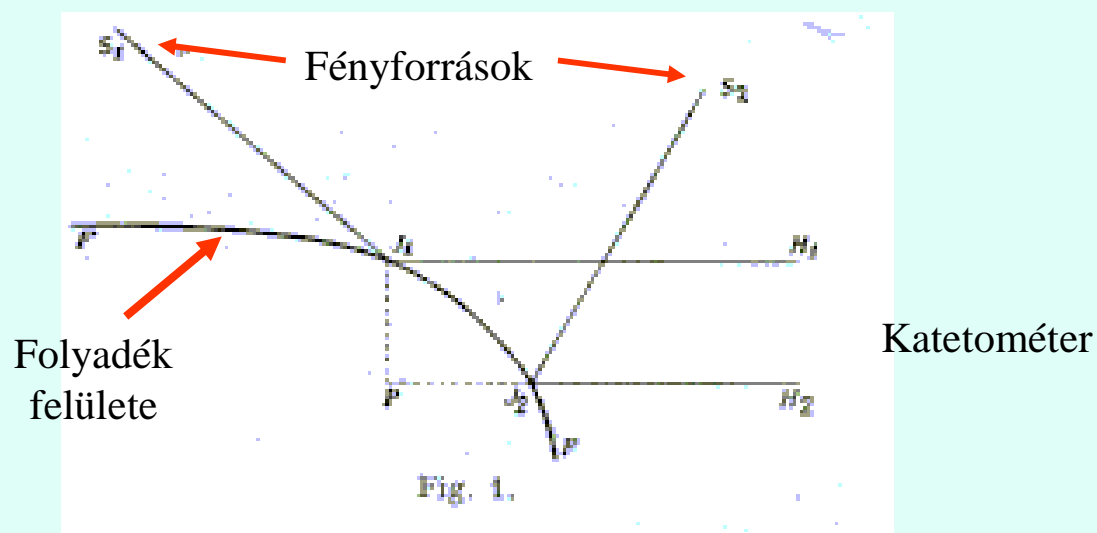
- A kapillaritás Eötvös-törvényének publikálása 1886-ban, a folyadékfelületek stabil körülmények közötti hosszú, gondos tanulmányozása után. Ez hatott Einstein korai munkáira is.
- Torziós ingákkal/mérlegekkel végzett előtanulmányok 1896-ig: a gravitációs és súlyos tömeg arányosságának 5×10^{-8} pontosságú mérése, gravitációs kompenzátor, multiplikátor, G-mérés, árnyékolás, első terepi (geofizikai) mérések (Sághegy).
- 1906-ig balatoni és más terepi mérések
- Eötvös 1905-ben lemondott akadémiai elnöki megbízatásáról, hogy a továbbiakban csak a tudománnyal foglalkozhasson.

Kapilláris jelenségek és gravitációs vizsgálatok közös vonása:

Felületek lokális görbületi tulajdonságainak igen pontos meghatározása.

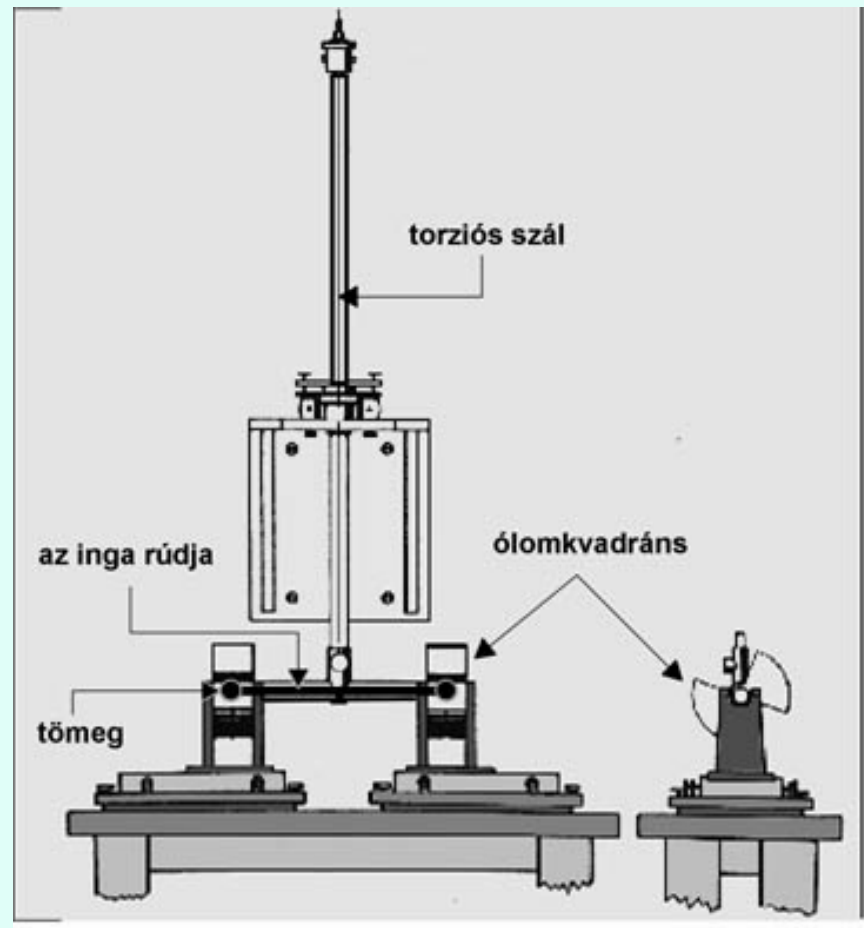
Gravitációs kutatásait a **Nemzetközi Földmérés** program keretében végezte.

A gravitációs szintfelületekkel (ekvipotenciális felületekkel) definiált geoid-alak lokális vizsgálatán keresztül jutott el geofizikai és geodéziai eredményeihez.



Eötvös kapilláris vizsgálatainak reflexiós módszere

Gravitációs kompenzátorral érzékenyített görbületi variométer



Eötvös G értékét két téglafal között, merőleges és párhuzamos helyzet körül lengő torziós inga lengésidejének eltéréseiből határozta meg.

Box 4. Gravitational Attraction Experiments: The Newtonian Constant of Gravitation

One of the oldest fundamental constants is the Newtonian constant of gravitation G , which gives the strength of the gravitational force of attraction between any two objects according to the familiar formula

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

where m_1 and m_2 are the masses of the two objects and r is the distance between them (assumed to be large compared to their extent). In effect measured by Henry Cavendish in 1798, this constant has shown resistance to improvement over the years. In fact, it is the only constant whose recommended value in the 1998 adjustment has a larger uncertainty than its recommended value in the prior 1986 adjustment. The reason for the increased uncertainty is that after the 1986 value was recommended, a new, highly credible experiment reported a value for G that dis-

agreed significantly with the recommended value.¹⁰ Furthermore, a small, but previously unknown, anharmonicity was found in the suspension of torsion balances, such as the one used in the experiment on which the 1986 value was based. These facts suggested that the gravity experiments were not understood as well as was believed. Thus, the 1986 value was retained as the 1998 recommended value, but its uncertainty was increased by about a factor of 12 to recognize these issues and to alert users to the problem. As a result of these considerations, the 1998 recommended value is

$$G = 6.673(10) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}.$$

Recently, a precise result of a new experiment that is in relatively good agreement (within two standard deviations) with the 1986 recommended value has been reported¹¹ (see PHYSICS TODAY, July 2000, page 21).

<http://www.physicstoday.org>

MARCH 2001 PHYSICS TODAY 33

Eötvös eredménye 1896-ban: $G = 6.650 (138) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

Eötvös Loránd: A Föld alakjának kérdése

Az MTA ünnepi közülését megnyitó elnöki beszédből (1901)

Itt lábaink alatt terjed el, hegyek koszorújával övezve, az Alföld rónasága. A nehézség lesimítván, kedve szerint formálta felületét. Vajjon milyen alakot adott neki? Micsoda hegyeket temetett el és mélységeket töltött ki lazább anyaggal, a míg létrejött ez az aranykalásztermő, a magyar nemzetet éltető róna?

A míg rajta járok, a míg kenyerét eszem: erre szeretnék még megfelelni, erre kérek támogatást.

B. EÖTVÖS LORÁND.

Eötvös Loránd költői vallomása csavarási ingájáról

«Egyszerű, mint Hamlet fuvolája,
csak játszani kell tudni rajta;
és miként abból a zenész
gyönyörködtető változatokat tud kicsalni,
úgy ebből a fizikus,
a maga nem kisebb gyönyörűségére,
kiolvashatja a nehézségnek legfinomabb
változásait».

1901, Eötvös Loránd megnyitó beszéde az Akadémia ünnepi „közülésén”

Az EPF kísérletek

Eötvös munkatársai e kísérletekben

Pekár Dezső (1873-1953) . 1895-től Eötvös haláláig vele dolgozott, terepi munkáit is ő vezette. 1934-ig az ELGI igazgatója. Az Eötvös-inga fejlesztése, nemzetközi elterjesztése terén nagy érdemei voltak. 1922-től az MTA levelező tagja. Több külföldi mérésben is részt vett (pl. Indiában).

Fekete Jenő (1880-1943) 15 évig dolgozott Eötvös mellett. Eötvös halála után Texasban, Mexikóban és Venezuelában folytatott ingaméréseivel sok ottani olajelőfordulás megtalálásában segédkezett. Mintegy 10 éves távollét után 1934-ben az ELGI igazgatója, majd 1941-től az MTA levelező tagja lett.

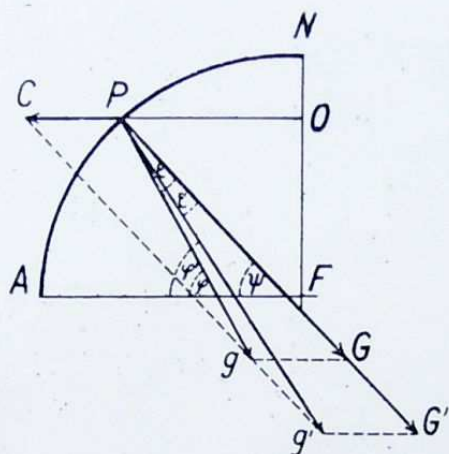


Karl Runge (1856-1927)

1906-ban Karl Runge írta ki a Göttingeni Egyetem Beneke-díj pályázatát, majd 1909-ben is ő értékelte Eötvösék pályamunkáját.

Runge volt a világ első „alkalmazott matematika” tanszékének vezetője. Numerikus matematikai eredményei mellett a spektrumvonal-rendszerek matematikai tulajdonságait vizsgálta. Planck barátja, Max Born doktori témavezetője volt.

Ha nem arányos a tehetetlen és súlyos tömeg...



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

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

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

Hasonló egyenletek érvényesek a vesszős mennyiségekre. Legyen

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

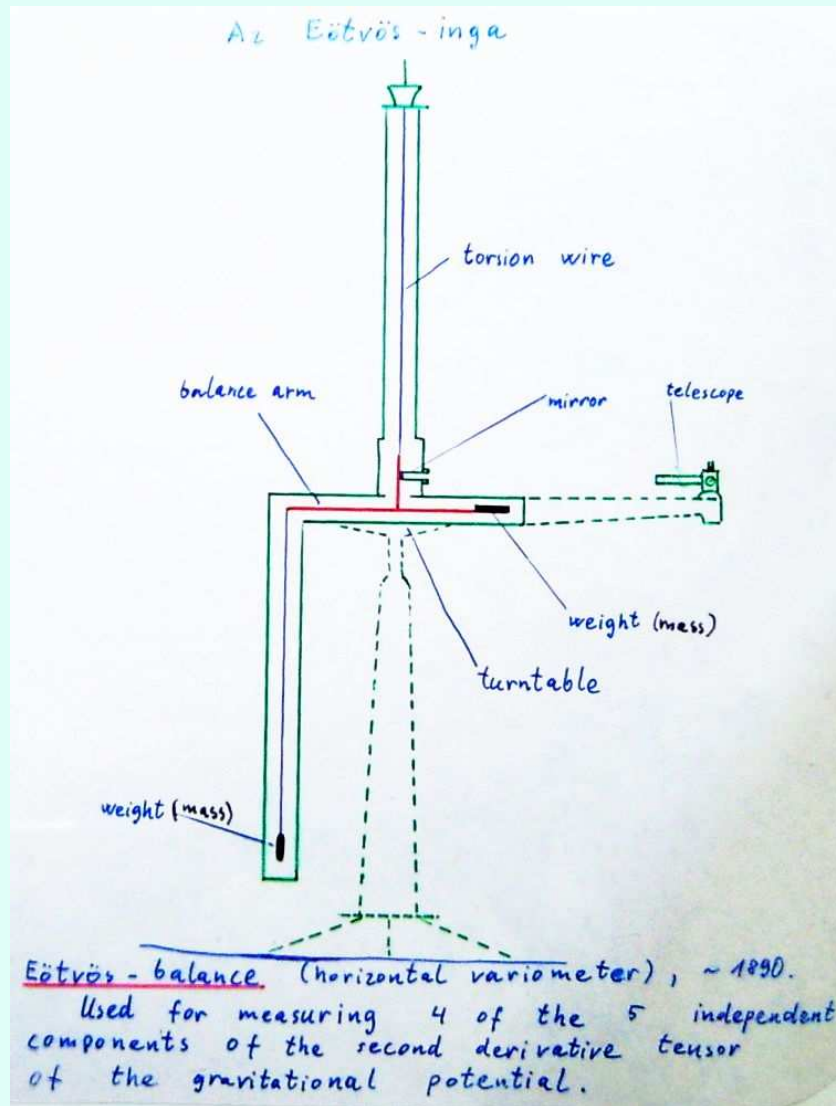
$$\eta = \varepsilon - \varepsilon' = \frac{G}{g} \kappa \sin \varepsilon.$$

Az Eötvös-Pekár-Fekete kísérlet pontossága η értékét 2×10^{-6} szögmásodpercre korlátozza. Ha két folyadékra a κ eltérés a kísérletük által megengedett maximum lenne, és a két folyadék vívfelülete 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.



A gravitációs potenciál második derivált tenzorának mérésekor a két tömeg azonos anyagú (platina), a szabadesés esetleges anyagfüggése mérésekor különböző anyagú.

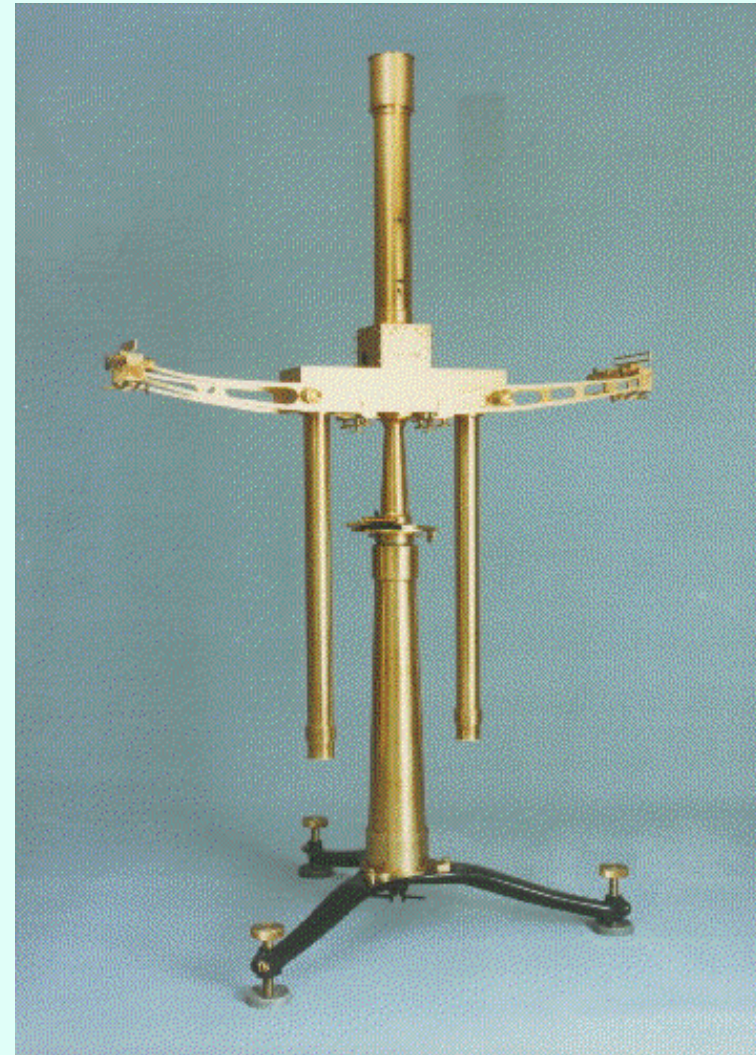
Az EPF mérésekkor 3 különböző, egyszerűsítő feltevéseken alapuló mérési módszert alkalmaztak. A két tömeg különböző magasságon való elhelyezése e méréseknél inkább hátrányt jelent, mint előnyt.

Kettős Eötvös-inga:

Két antiparallel egyszerű inga kombinációja.

Terepi méréseknél lehetővé teszi, hogy egy mérési pontot egyetlen éjszaka mérjenek le.

Az EPF kísérletben a két minta összehasonlítását függetlenné teszi a környezeti tömegeloszlás esetleges változásaitól



Az EPF kísérletsorozat 1922-ben közölt eredményei

- A három módszerrel végzett, jól dokumentált mérések egyike sem talált szignifikánsnak tekintett eltérést különböző anyagpárok **Föld felé** irányuló gyorsulásainak arányában.
- Az eltérések felső korlátja tipikusan 5×10^{-9} , legalább egy nagyságrenddel pontosabb Eötvös korai eredményeinél.
- Rádiummal is végeztek mérést, és ott sem találtak jelentős eltérést vagy a gravitáció árnyékolására utaló jeleket.
- A Nap felé irányuló gyorsulások eltérését is vizsgálták, de nem elég alaposan (kevés idejük maradt)
- Az eredmények tovább javíthatók: „**Ars longa, vita brevis**”

EÖTVÖS LORÁND
ÖSSZEGYÜJTÖTT MUNKÁI

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MEGBÍZÁSÁBÓL
SAJTÓ ALÁ RENDEZTE

SELÉNYI PÁL
A M. TUD. AKADÉMIA LEV. TAGJA

LEKTORÁLTA
JÁNOSY LAJOSNÉ



THREE
FUNDAMENTAL PAPERS OF
LORÁND EÖTVÖS



In commemoration
1848-1998

Eötvös a Dolomitokban

1910-es mérések helye
a Cimabanche völgyben

Eötvös kedvelt
nyaralóhelye



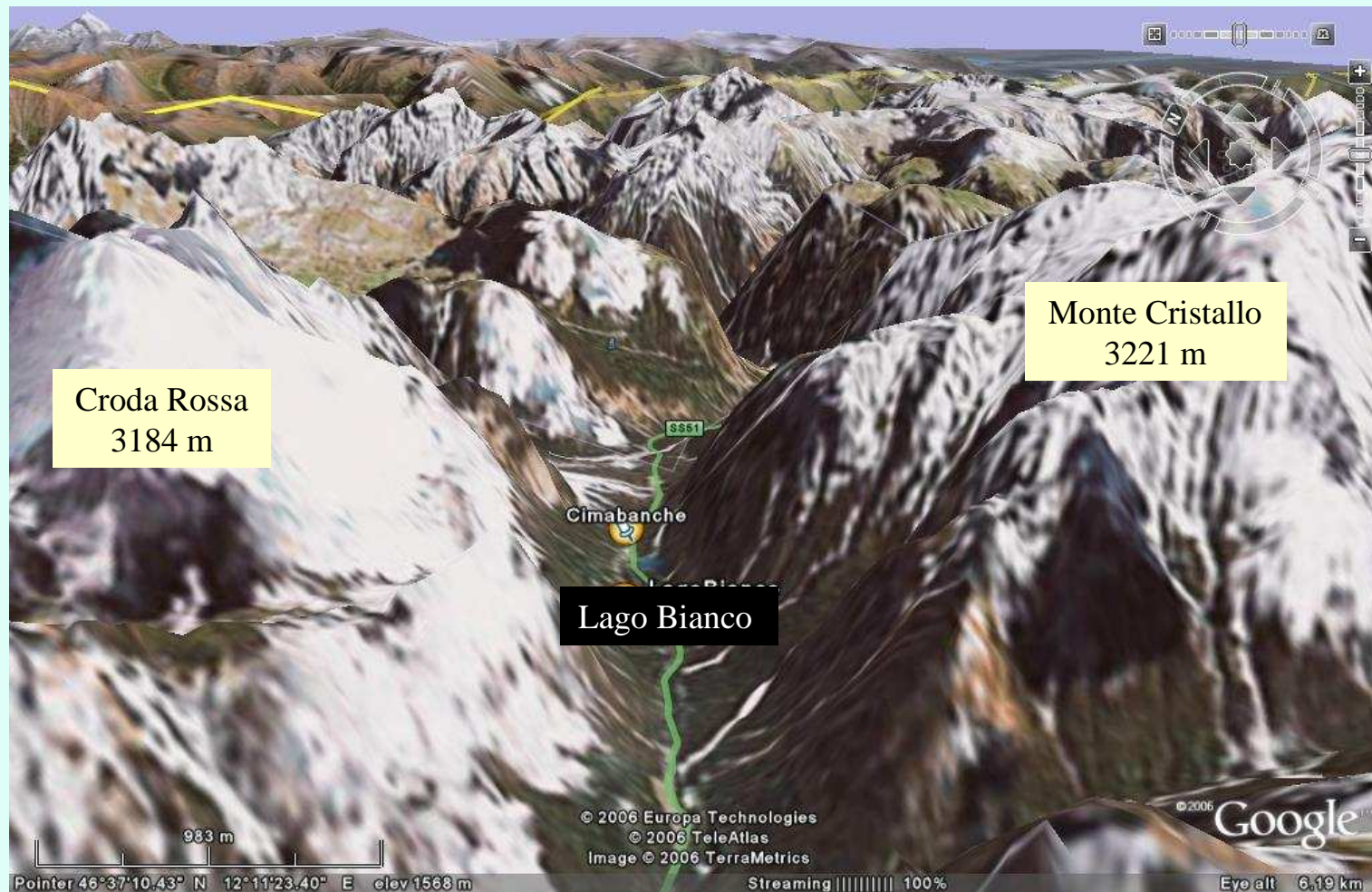
Cima Eötvös

Az Eötvös-csúcs a Dolomitok Cadini-hegyláncában



Szabó Zoltán felvétele

A Cimabanche völgye a „Google Earth” 3D világtérképen



Einstein és az ekvivalencia-elvek

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?

Einstein und der Eötvös-Versuch: Ein Brief Albert Einsteins an Willy Wien

JÓZSEF ILLY

Institut für Isotope der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und
Technische Universität Budapest, Gruppe für Wissenschaftsgeschichte,
H-1525 Budapest, Postfach 77, Ungarn

Received 20 July 1988; revised 15 March 1989

Zusammenfassung

Das Aequivalenzprinzip wurde von Einstein erst 1907 in Worte gefasst. Er wendete sich 1912 brieflich an W. Wien mit der Bitte, den Unterschied der Schwingungsdauer eines Uranpendels und eines Bleipendels sowie die Proportionalität der trägen und schweren Massen eines Blei- und eines Urangewichts auszumessen, und zwar mit einer Drehwage. Der Brief macht es klar, dass Einstein bei der Aufstellung des Aequivalenzprinzips von dem Eötvös-Versuch nichts wusste, und als es ihm nötig schien, das Prinzip experimentell zu prüfen, hat er den Versuch neuentdeckt.

Summary

The principle of equivalence was first formulated by Einstein in 1907. In 1912 he turned by letter to W. Wien with the request to measure the difference between the periods of oscillation of pendulums made of uranium and lead, as well as the proportionality of inertial and gravitational masses of a uranium and a lead weight, respectively, namely with a torsion balance. The letter testifies that Einstein was not aware of the Eötvös experiment when he formulated the principle of equivalence and as soon as he needed an experimental test of it, he reinvented the experiment.

Einstein ekvivalenciaelve és az Eötvös-kísérlet

Einstein az ekvivalenciaelv kimondásakor valóban nem volt tudatában Eötvös kísérleti eredményeinek, vagy csak később elfelejtette?

Az EPF eredményeket 1907-ben még nem ismerhette, de mérési javaslata sejteti, hogy Eötvös első méréseiről, azok módszeréről tudhatott!

Einstein mérési javaslata az alfa-bomlási energia „ekvivalenciájára”

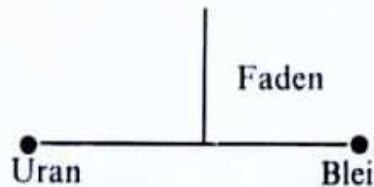
Illy József 1989-es cikkéből:

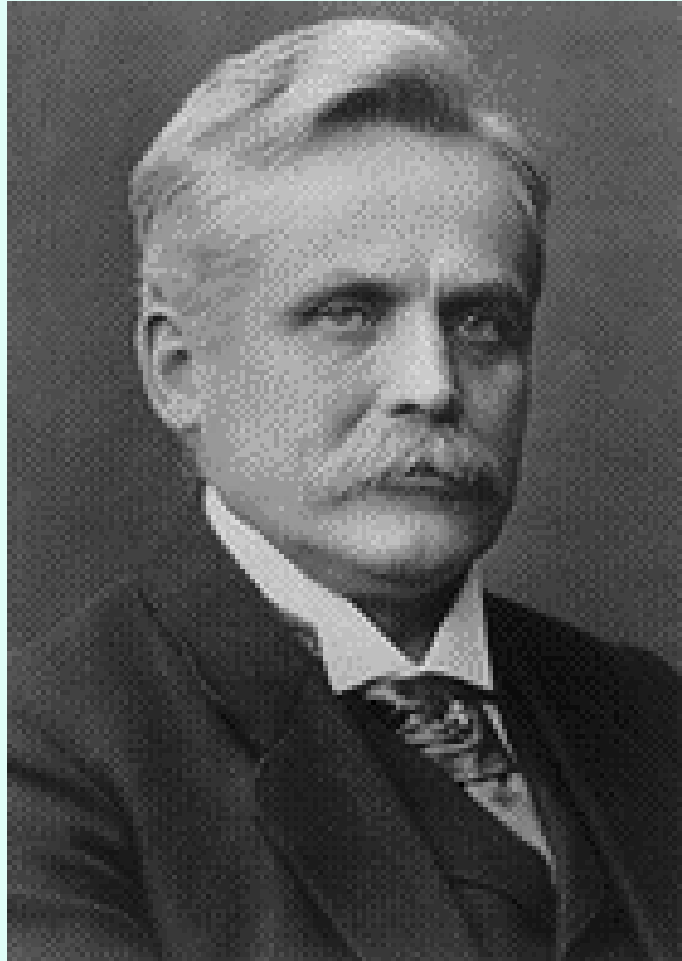
Einstein und der Eötvös-Versuch

419

Es ist ganz klar, hätte Einstein etwas über den Eötvös-Versuch gewusst, so hätte er nicht an Wien geschrieben. Doch der Brief endet nicht mit der Unterschrift:

Post-Scriptum. Es kam mir nachträglich eine viel empfindlichere Methode in den Sinn, um eine nicht genaue Proportionalität der trägen und der schweren Masse von Uran und Blei zu konstatieren, falls es eine solche gibt. Es wäre nämlich in diesem Falle die auf die Körper infolge der Erddrehung wirkende Zentrifugalkraft nicht für alle Körper der Schwere proportional. Die scheinbare Lotrichtung eines Uran-Lotes und eines Blei-Lotes müssten voneinander abweichen. Es müsste ferner eine Drehwage, an deren Balken ein Uranstück bzw. Bleistück angebracht ist, ein Drehmoment erfahren, wenn die Wagebalken in die West-Ost-Richtung gebracht wird, welches Drehmoment bei Kommutieren der Wage um 180° sein Vorzeichen ändern würde. Dieser Effekt wäre, wie ich mich durch Rechnung überzeugte ganz bequem messbar. Vielleicht hätten Sie die Güte, diesen einfachen Versuch ausführen zu lassen, der die Bedeutung eines experimentum crucis hätte.⁴





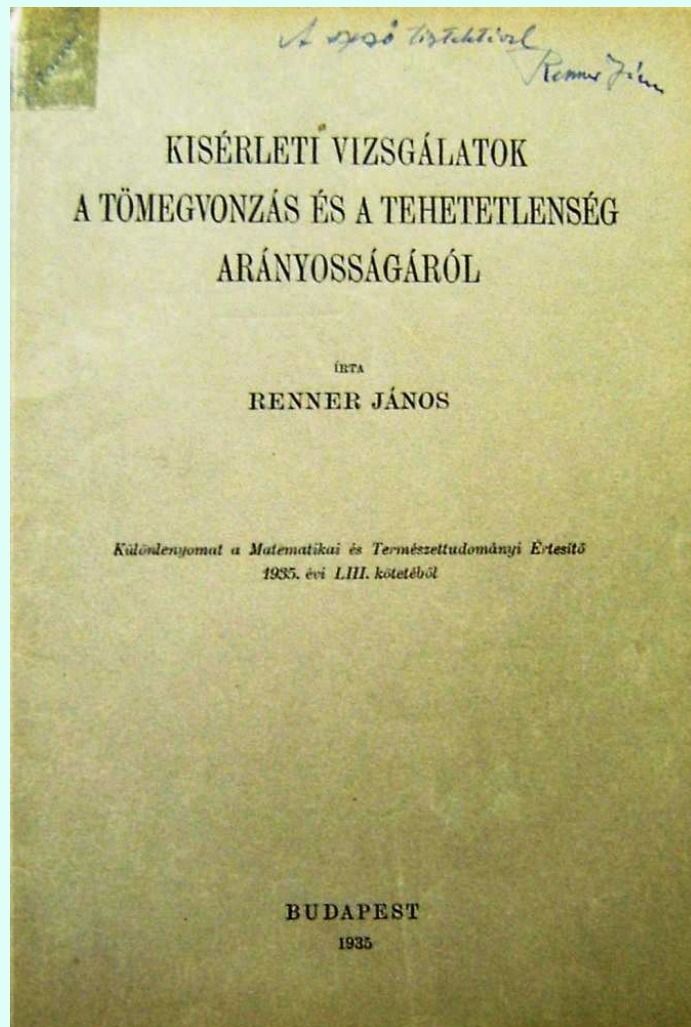
Wilhelm Wien (1864-1928)

A Wien-féle „eltolódási törvény” felfedezésével hozzájárult Max Planck kvantum-hipotézisének megszületéséhez. 1911-ben ezért Nobel-díjjal tüntették ki.

Einstein 1912-ben tőle kérte, hogy tanszékén végeztessen el pontos torziós ingaméréseket az ekvivalencia-elv igazolására.

Eötvös ezzel kapcsolatos korai méréssorozatára talán ő hívhatta fel Einstein figyelmét. Vagy inkább Marcel Grossmann?

Ekvivalencia-mérések 1930 és 1980 között



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.



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.

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.

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

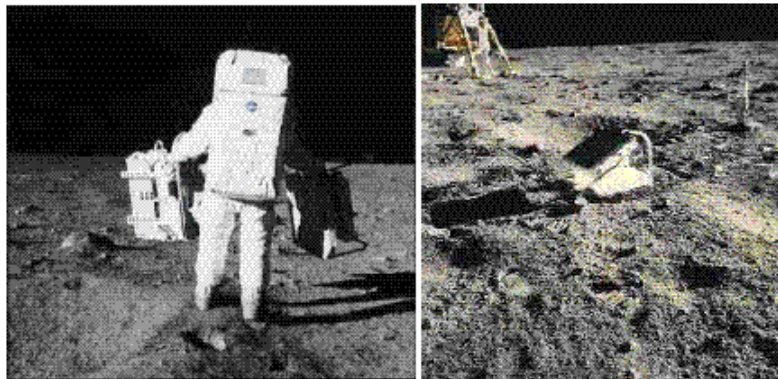


Figure 1: (a) The LLR retroreflector, at Buzz Aldrin's right side, being carried across the lunar surface by the Apollo 11 astronaut. (b) Apollo 11 laser retroreflector array.

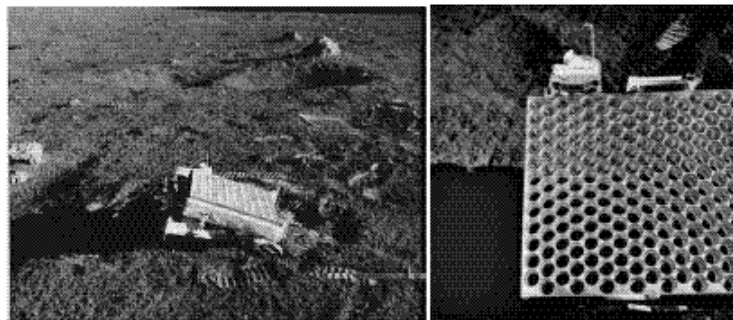
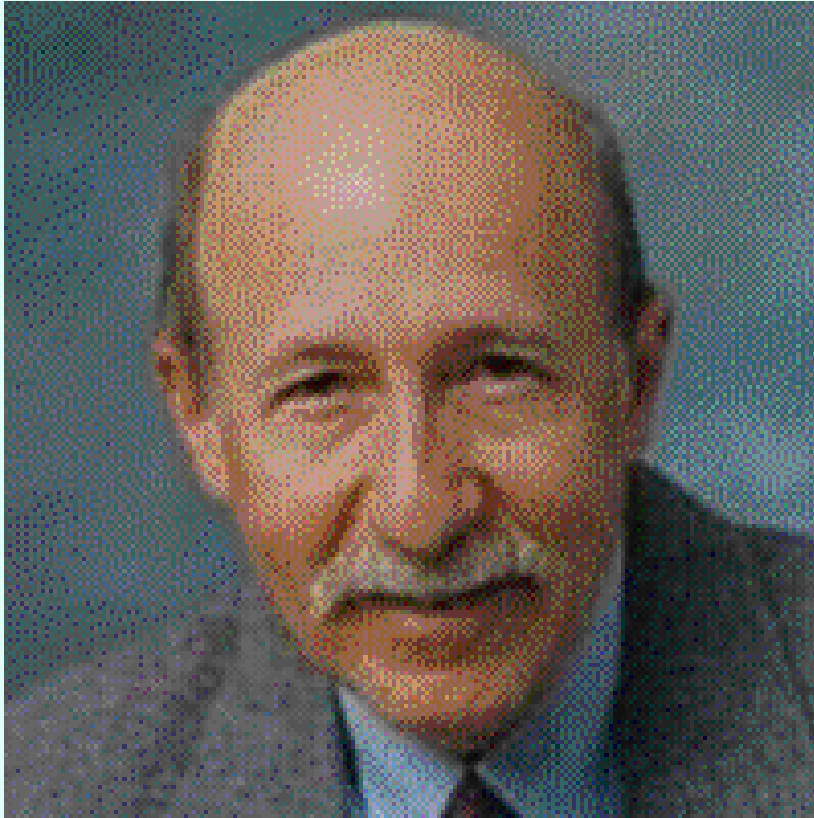


Figure 2: Apollo 14 (left) and Apollo 15 (right) LLR retroreflector arrays.

Az ötödik erő



Ephraim Fischbach

Fischbach és munkatársai 1986-ban publikálták az „ötödik erő” hipotézisét, melyet elsősorban a régi Eötvös-Pekár-Fekete eredményekre alapoztak.

Az ötödik erő szerintük a gravitációnál lényegesen gyengébb, a barionszámmal arányos, és hatótávolsága néhány tíz vagy száz méter.

Ephraim Fischbach és munkatársai „ötödik erő” hipotézise

PHYSICAL REVIEW LETTERS

VOLUME 56

6 JANUARY 1986

NUMBER 1

Reanalysis of the Eötvös Experiment

Ephraim Fischbach^(a)

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, fúrólukokban 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!

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

Here $V_N(r)$ is the usual Newtonian potential energy for two masses $m_{1,2}$ separated by a distance r , and G_∞ is the Newtonian constant of gravitation for $r \rightarrow \infty$. The geophysical data can then be accounted for quantitatively if α and λ have the values²

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

Az eredeti cikkben szereplő és egy módosított regressziós ábra

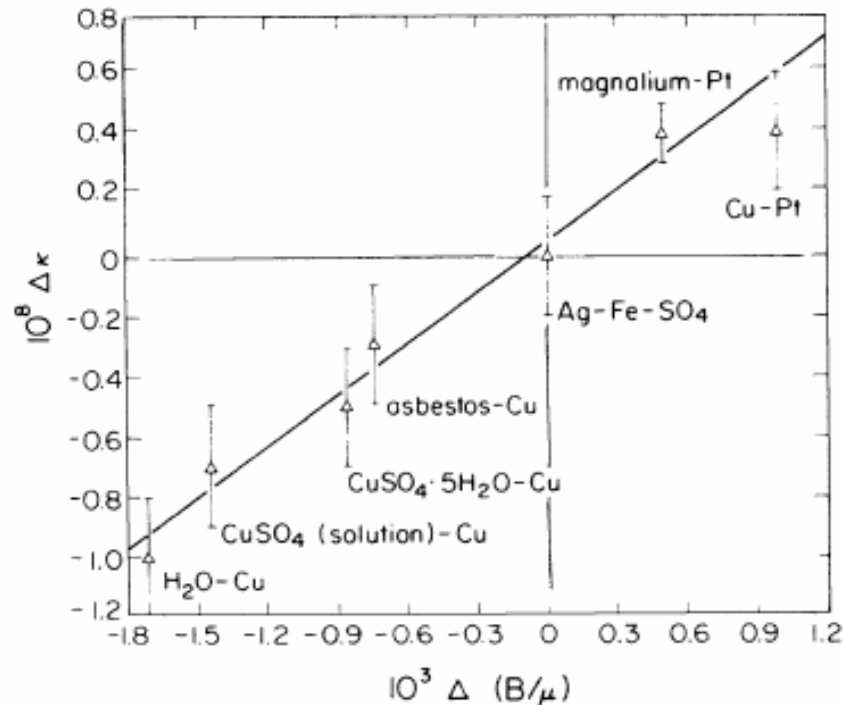
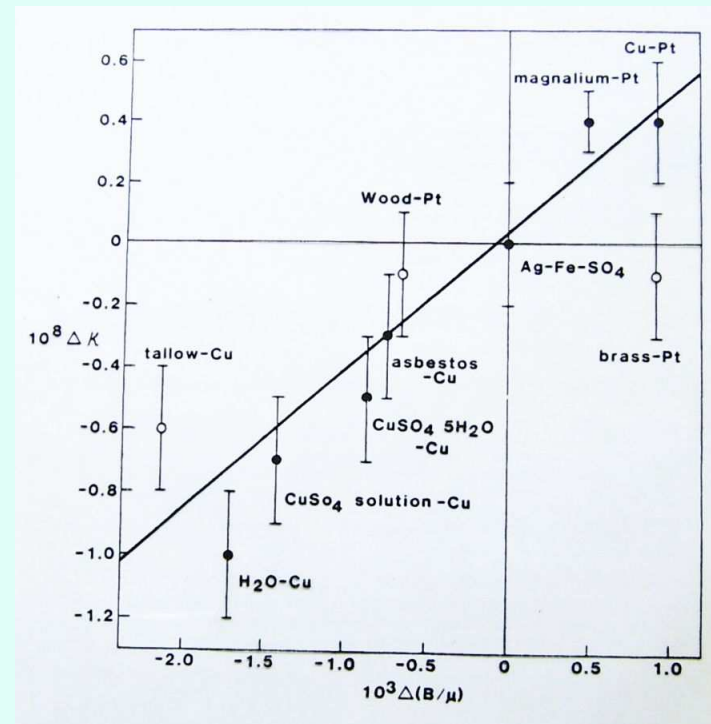
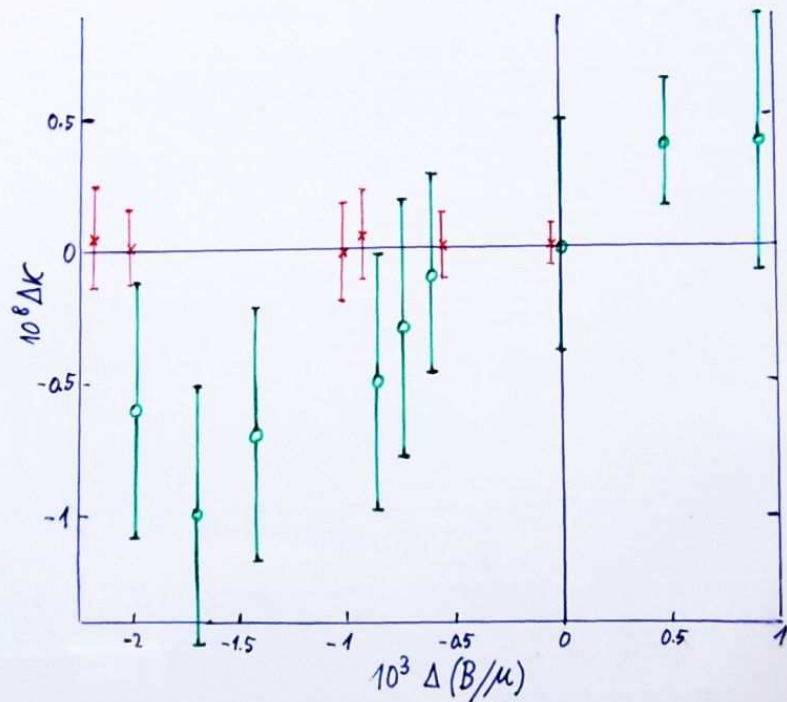


FIG. 1. Plot of $\Delta \kappa$ vs $\Delta(B/\mu)$ using the data in Table I. Ag-Fe-SO₄ refers to the reactants before and after the chemical reaction described by Eq. (7). The solid line represents the results of a least-squares fit to the data.



EPF és Renner mérési eredményei
2.4-szeresre növelt szórásokkal



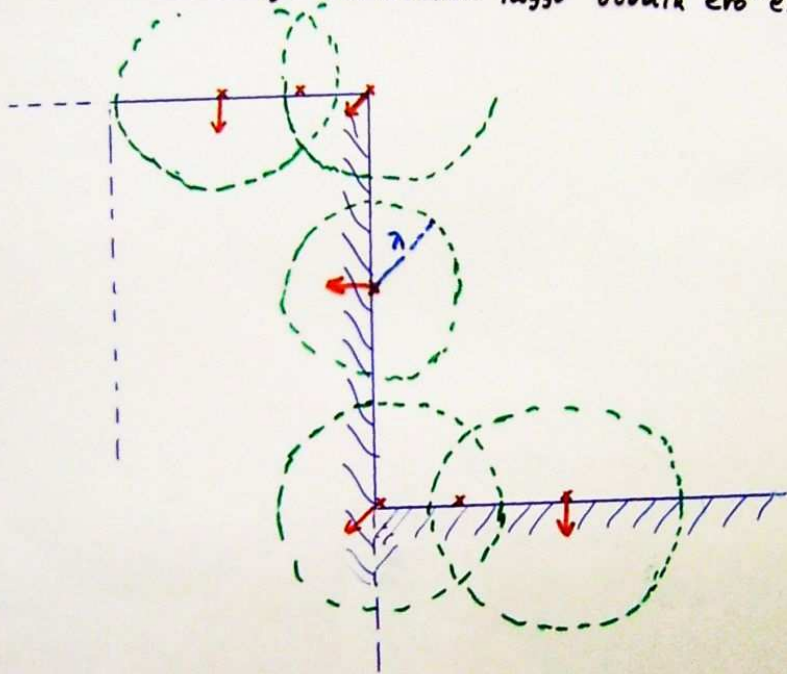
Differential accelerations measured by
Eötvös, Pekár and Fekete (EPF) and by Renner (1930-35).
standard deviations are 2.4 times larger than given by
the authors!

Saját számításaim eredményei
az 1922-es EPF-cikk és Renner
1935-ös eredményei alapján.

Mind az EPF adatok (zöld),
mind a Renner-adatok (piros)
szórását 2.4-szeresre növeltem
az interpolált, nem független
adatok korrelációinak közelítő
kompenzálására.

Látható, hogy Renner adatai
nem utalnak regresszióra.

Környezeti hatások az Eötvös-kísérletnél
 λ hatótávolságú barionszám-függő 'ötödik erő' esetén



A λ -sugarú környezetek eredő gyorsító hatása (piros nyíl) α -val is arányos. Különböző anyagokra gyakorolt eredő hatások eltérése a $\delta(B/\mu)$ fajlagos barionszám-különbséggel is arányos.

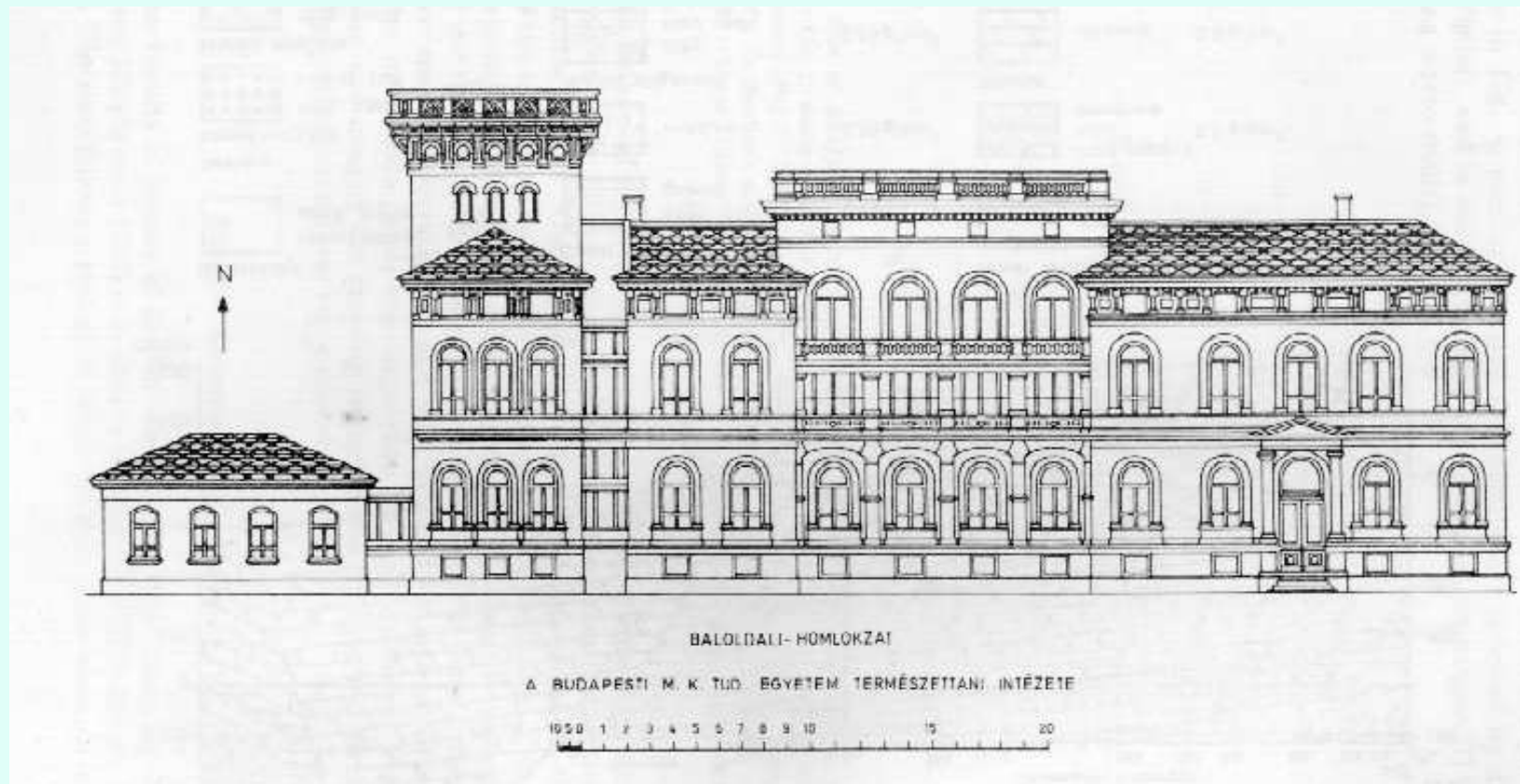
Középhatótávolságú vonzó 5. erő várt hatása egy szirtnél.

Az összetétel-függő erő a szirt közelében egy vízben úszó más anyagú gömb mozgását is befolyásolná.

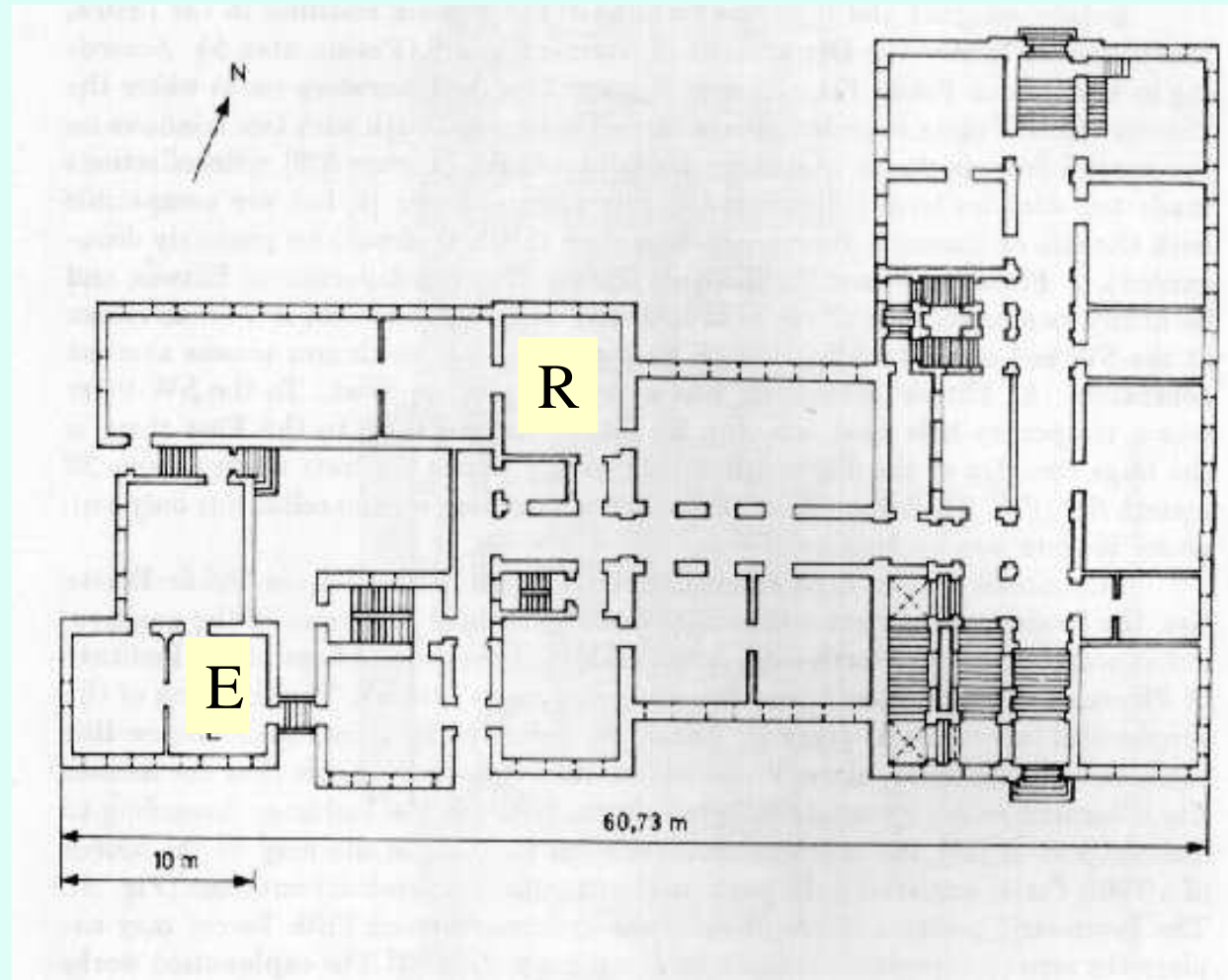
Thieberger egy úszó üres rézgömbnél a szakadék irányában való mozgást talált (taszító 5. erő).

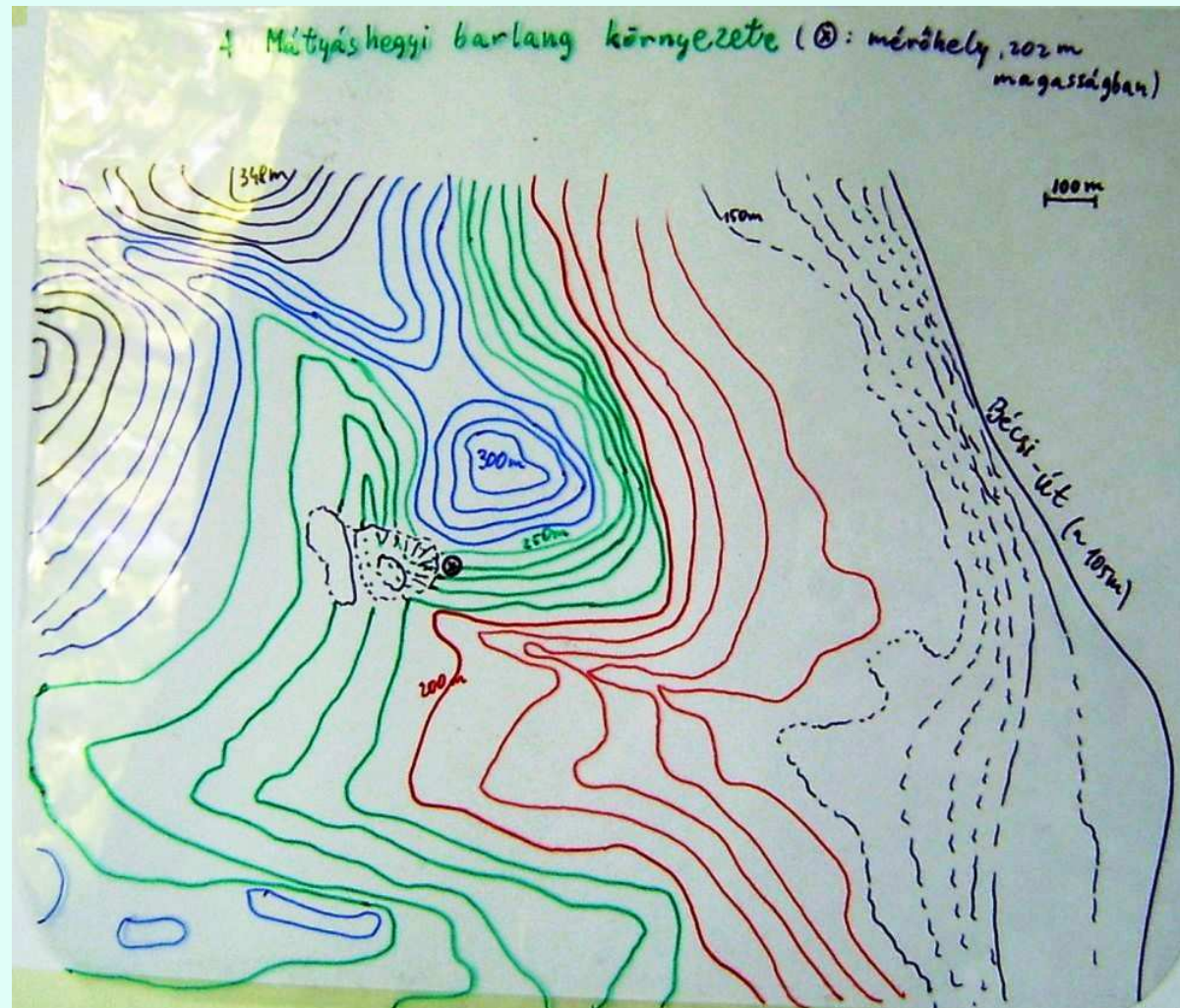
Mások ellenőrző mérései ezt az eredményt nem erősítették meg.

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



Az Egyetem fizikai épületének alaprajza. E az EPF, R a Renner-mérések fő színhelye.





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.

Űrbeli kísérletek tervei

Eötvös and *STEP*



*Baron Roland Eötvös of Vásárosnamény
1848 — 1919*

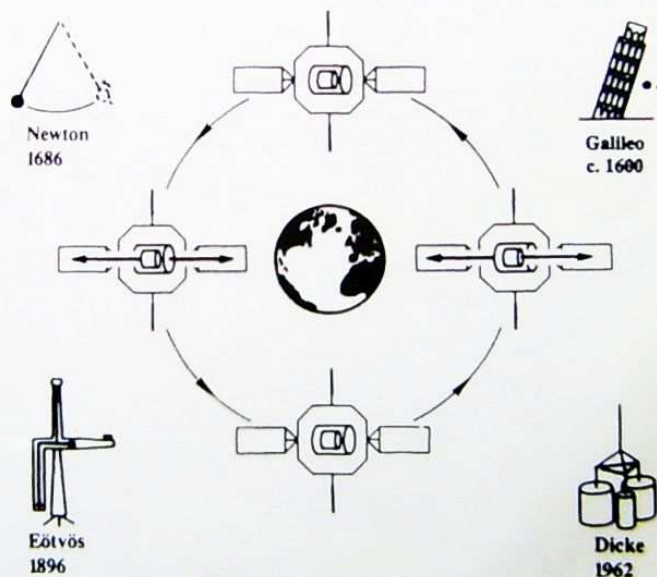
1993, Pisa: a „Satellite Test of the Equivalence Principle” (STEP) és a „Gravity Probe B” kísérlettel foglalkozó konferencián bemutatott poster címlapja

(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.)

STEP Symposium

Testing the Equivalence
Principle in Space

6-8 April 1993 Pisa, Italy



Organised by the
Universita di Pisa
Rutherford Appleton Laboratory
Stanford University

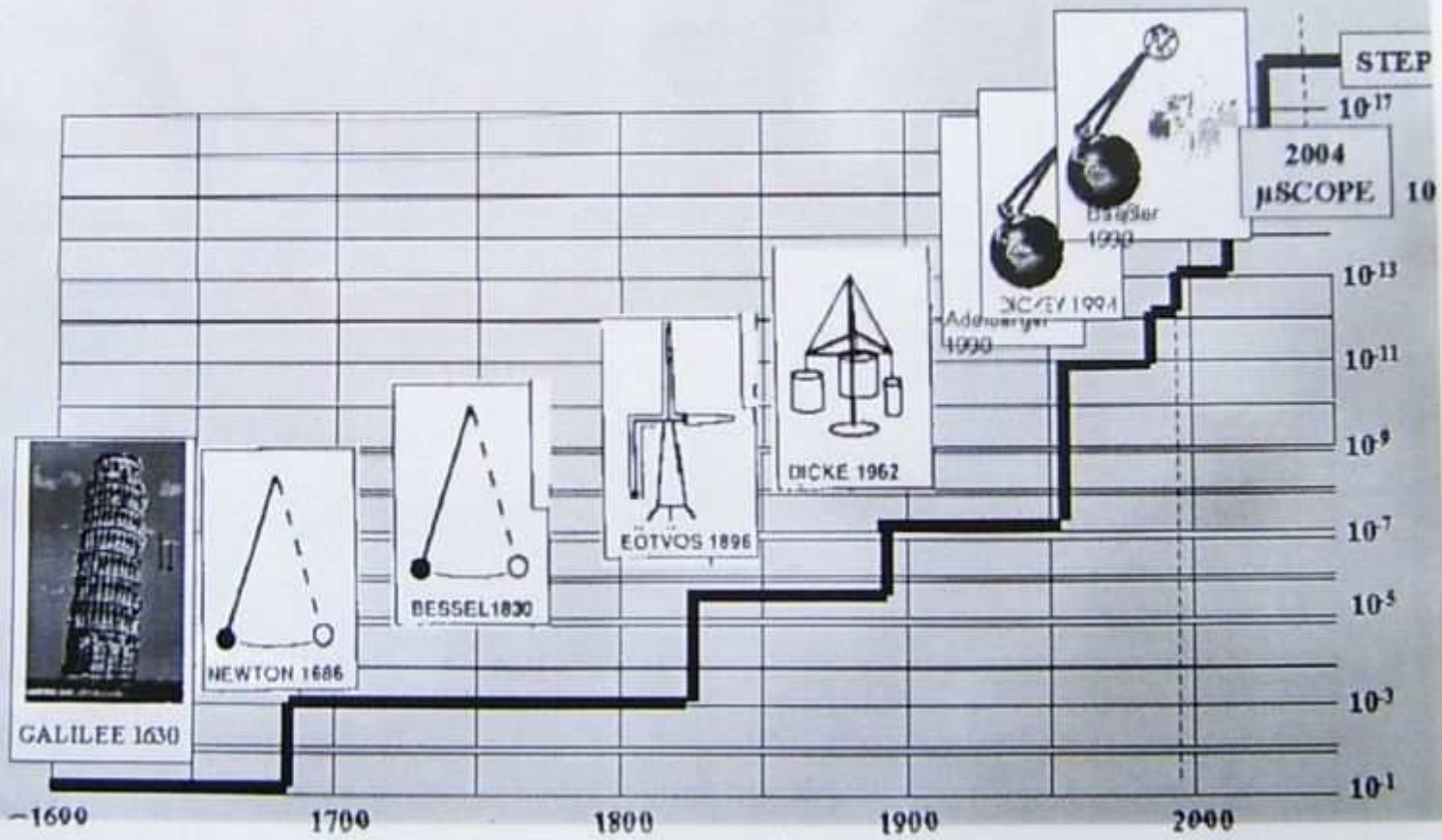
A STEP Szimpózium logója

A tervezett műholdas mérés majdnem 10 nagyságrenddel pontosítaná az EPF méréseket, és 5 nagyságrenddel a jelenleg legszigorúbb korlátokat a gyenge ekvivalencia-elvre.

A STEP kísérletet a végül csak 2004-ben fellőtt Gravity Probe B szonda előkészítése késleltette, de az ott megoldott feladatok segítik is elvégzését.

Az ekvivalencia-mérések pontossága

WORKSHOP - FUNDAMENTAL PHYSICS IN SPACE AND RELATED TOPICS - 5-7 April 2008 - 5



Babér után lihegve.

Széchenyi-hegy, 1863. aug. 22.

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

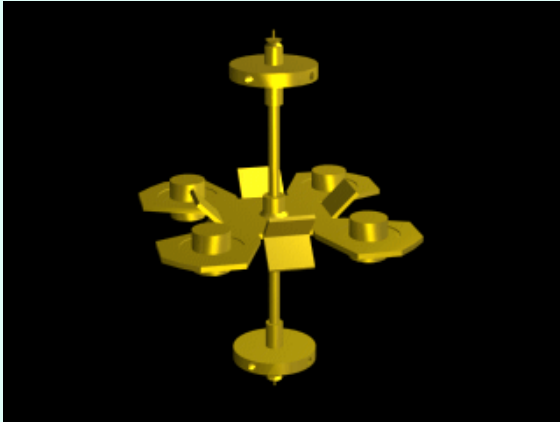
Mit én nem érek el talán soha,
Ő ahhoz eljutott egy perc alatt,
Ó ég! ne légy irántam mostoha,
Adj! Kérlek! adj! nékem is szárnyakat.

$1/r^2$ -es távolságfüggés
kis távolságokon



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

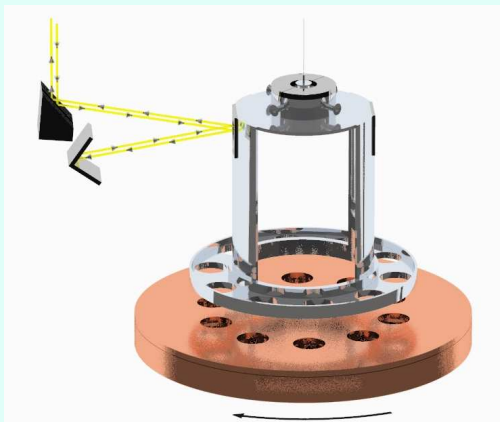
Az Eöt-Wash csoport modern torziós ingái



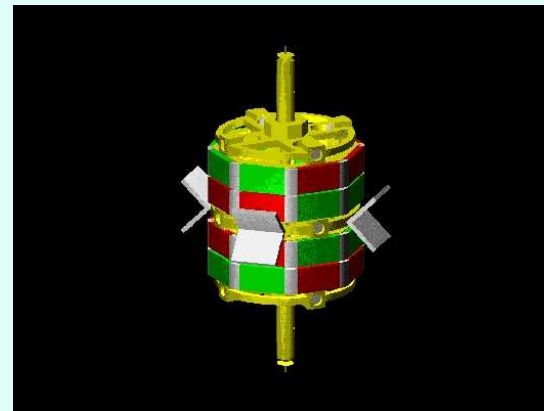
Folytonosan forgó Rot-Wash inga



Ekvivalencia-elv inga 4 anyaggárral

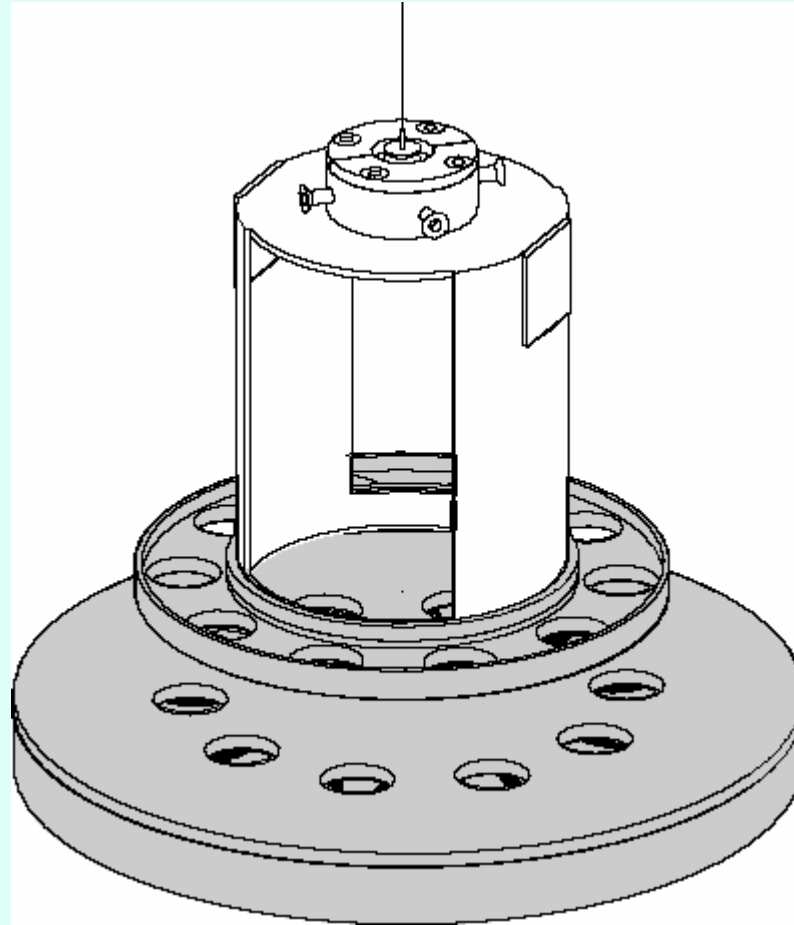


$1/r^2$ törvényt vizsgáló inga



Spin - tömeg kölcsönhatás vizsgálata

Az $1/r^2$ törvényt vizsgáló első inga



Az Eric Adelberger vezette „Eöt-Wash” csoport legújabb preprintje a torziós inga egy kozmológiai alkalmazásáról.

A cikk szerint a gravitációs vonzás távolságtól való inverz négyzetes függése minden eddig igazoltnál kisebb távolságra is igaz, ami cáfol egy fontos kozmológiai hipotézist.

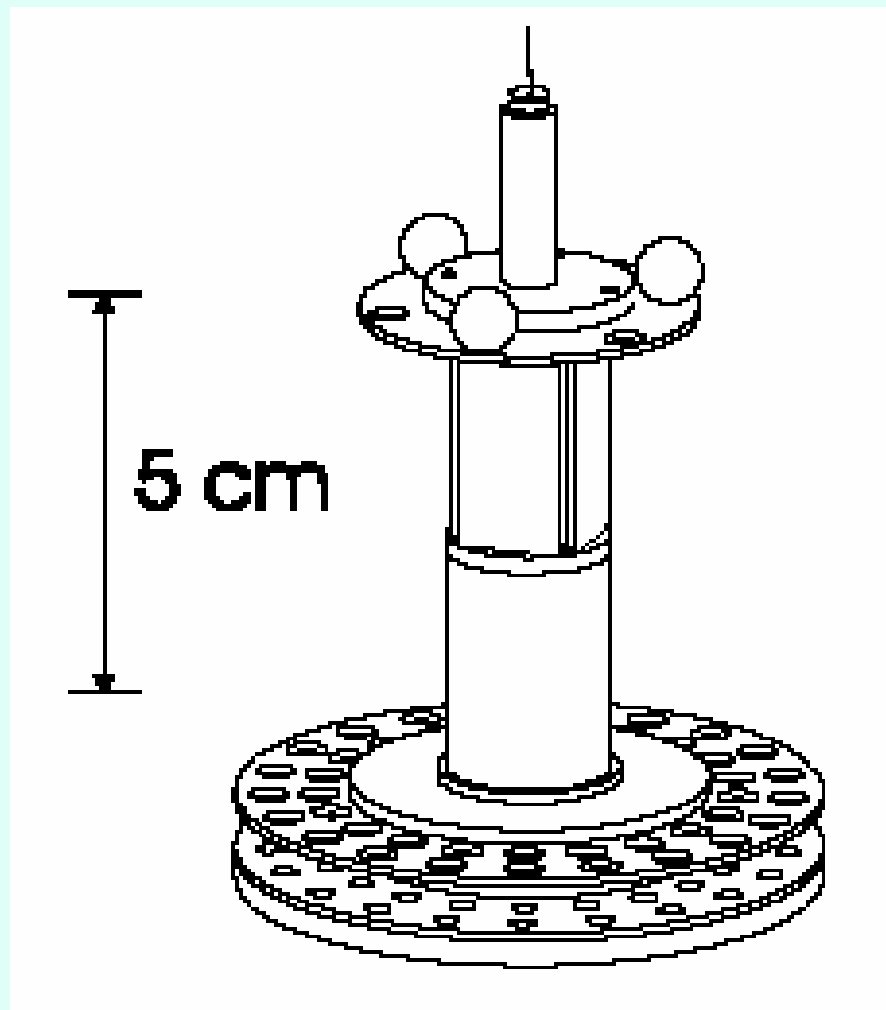
Tests of the Gravitational Inverse-Square Law below the Dark-Energy Length Scale

D.J. Kapner,* T.S. Cook, E.G. Adelberger, J.H. Gundlach, B.R. Heckel, C.D. Hoyle, and H.E. Swanson
*Center for Experimental Nuclear Physics and Astrophysics,
Box 354290, University of Washington, Seattle, WA 98195-4290*
(Dated: November 15, 2006)

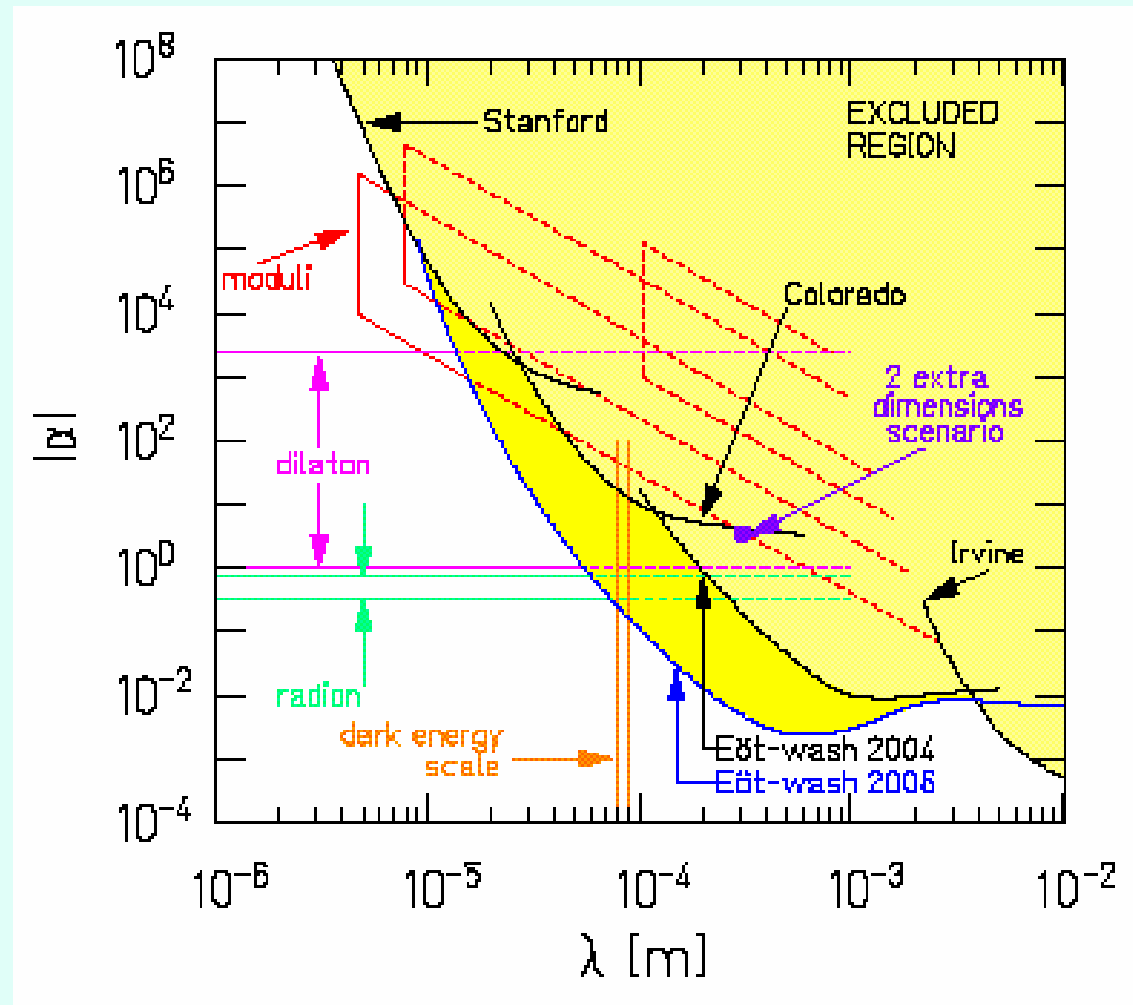
We conducted three torsion-balance experiments to test the gravitational inverse-square law at separations between 9.53 mm and 55 μm , probing distances less than the dark-energy length scale $\lambda_{\text{d}} = \sqrt[4]{\hbar c / \rho_{\text{d}}} \approx 85 \mu\text{m}$. We find with 95% confidence that the inverse-square law holds ($|\alpha| \leq 1$) down to a length scale $\lambda = 56 \mu\text{m}$ and that an extra dimension must have a size $R \leq 44 \mu\text{m}$.

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

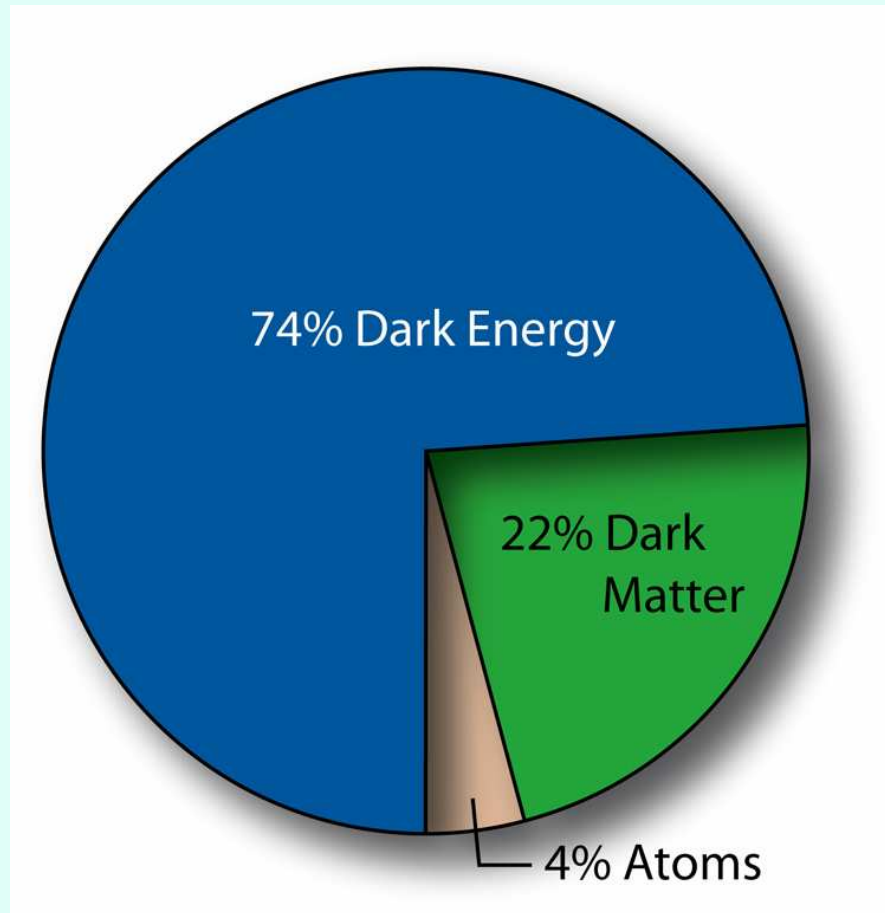
A 2006 november 15-én megjelent preprint szerint a mérés kizár egy fontos hipotézist az Univerzum tömegének túlnyomó részét adó „sötét energiára” nézve.



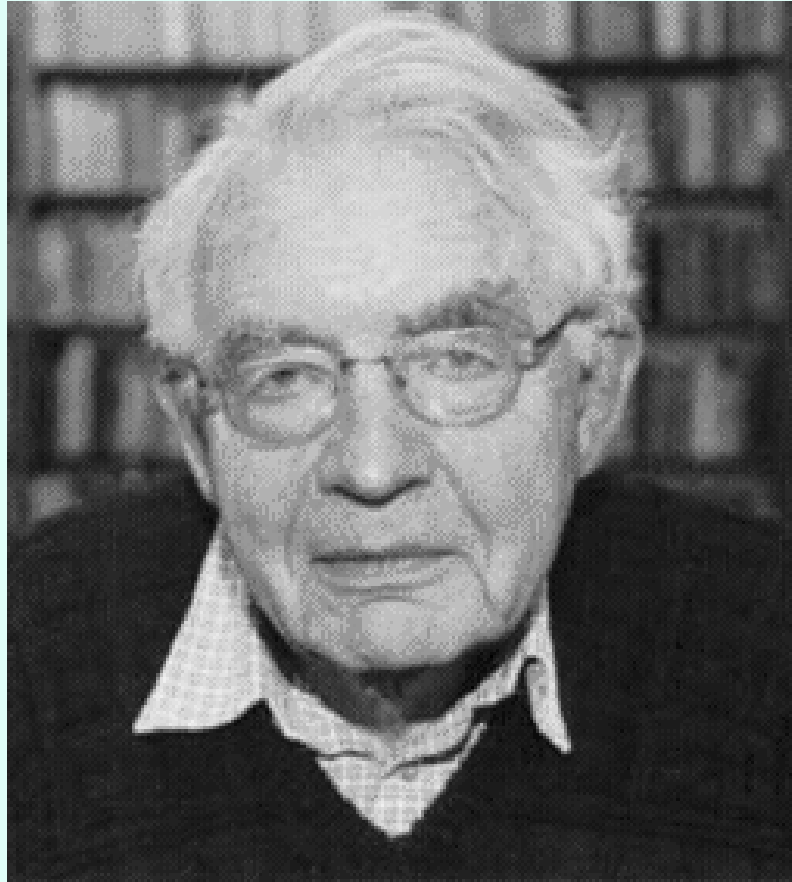
Az ötödik erő paramétereinek ma már kizárható tartománya



Mai tudásunk a Világmindenség tömegének összetevőiről



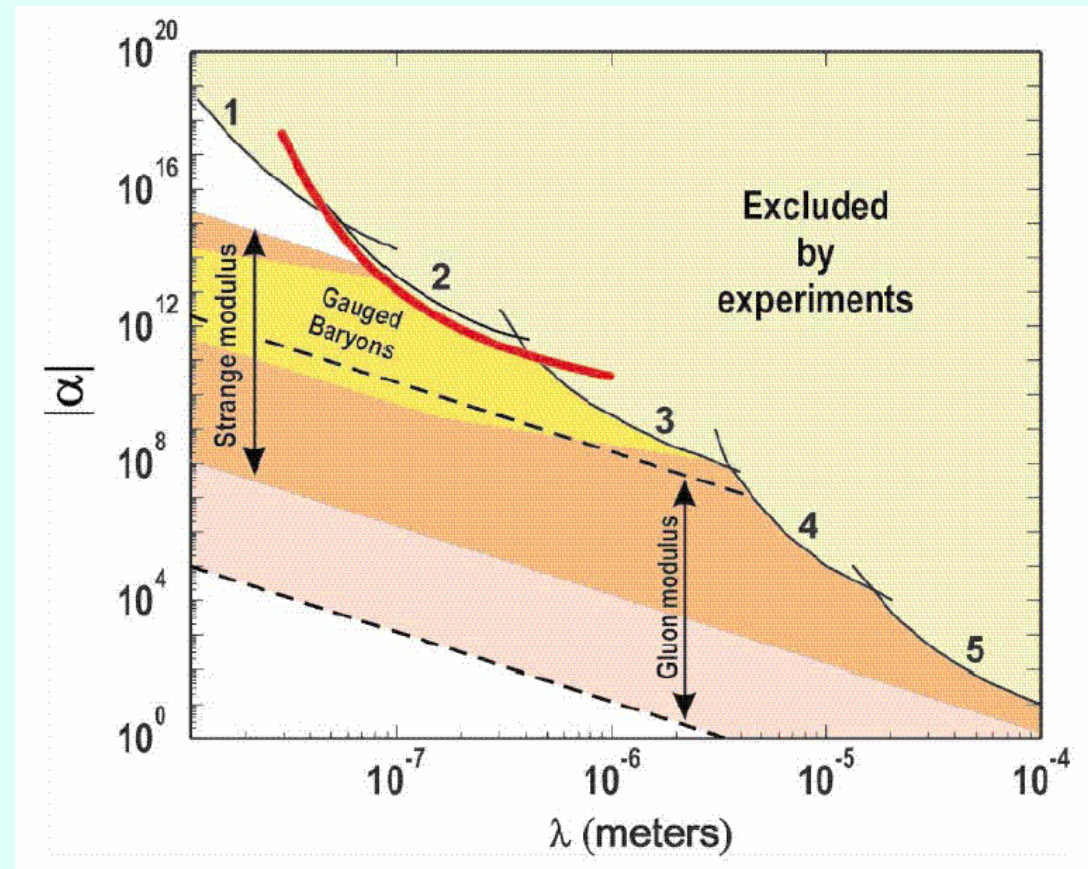
Az arányokat elég pontosan tudjuk, de nem értjük!!!



Hendrik Casimir (1909-2000)

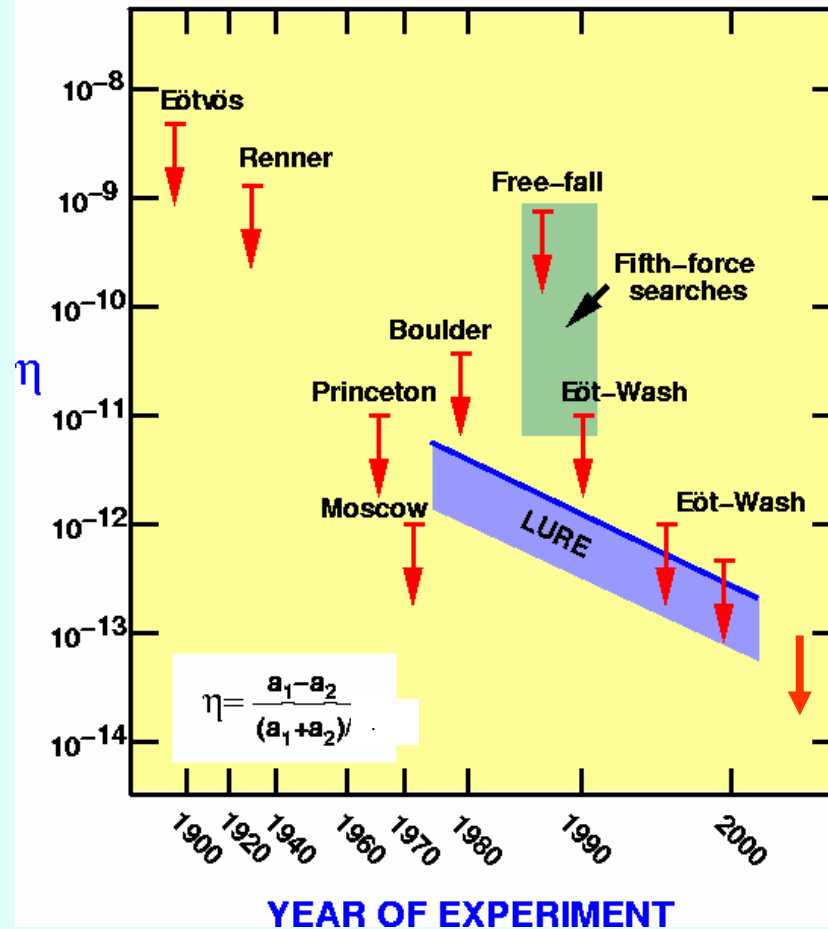
A Casimir-effektus jól vezető testek vagy felületek között erősen távolságfüggő erőt ad, mely a vákuum zérusponthoz tartozó energiájából fakad.

Néhány tíz mikrométeres távolság alatt ez az erő sokkal erősebb a gravitációnál, ami az $1/r^2$ -es távolságfüggés kis távolságokon való igazolását igen nehezíti.

Constraining New Forces in the Casimir Regime Using the Isoelectronic TechniqueR. S. Decca,^{1,*} D. López,² H. B. Chan,³ E. Fischbach,⁴ D. E. Krause,^{5,4} and C. R. Jamell¹

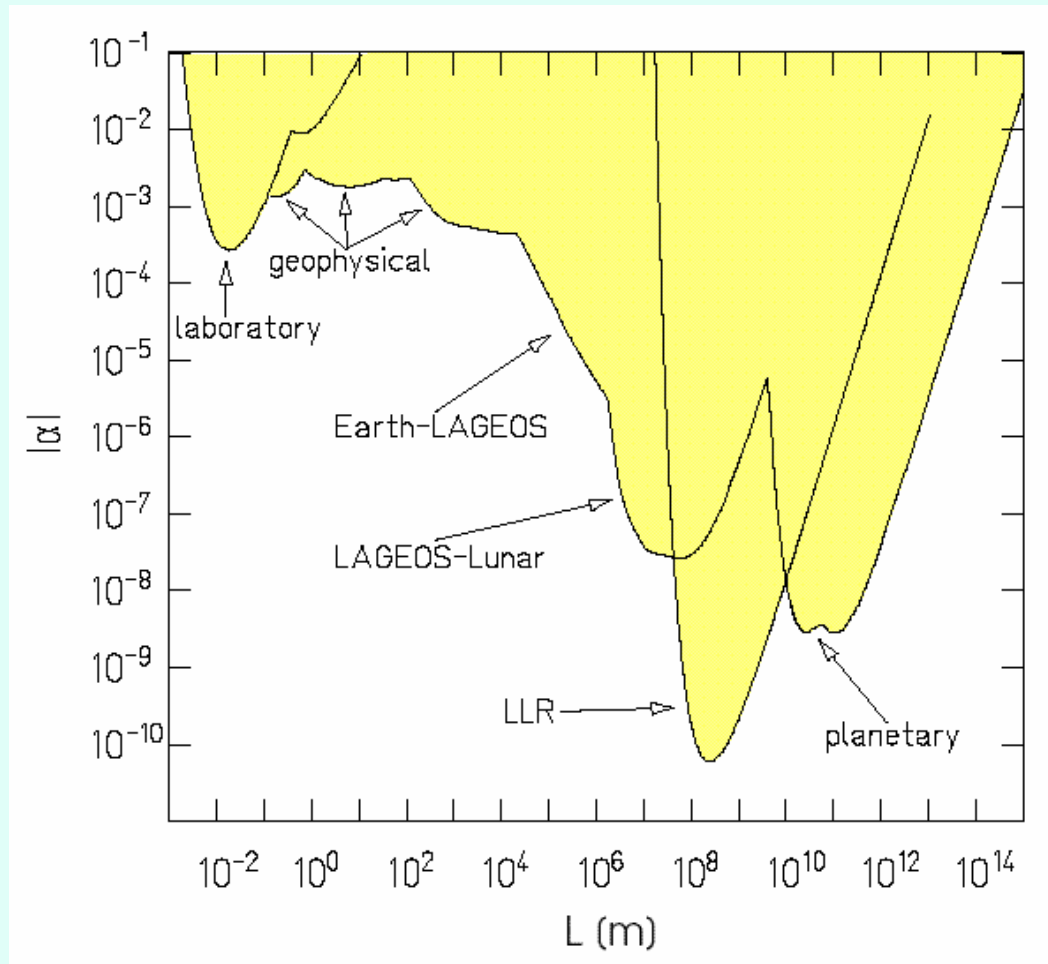
Ekvivalencia-elv és távolságfüggés

TESTS OF THE WEAK EQUIVALENCE PRINCIPLE



Az ekvivalencia-elv esetleges sérülésének felső korlátai az EPF mérésektől Adelbergerig

Felső korlátok az inverz négyzetes vonzástörvénytől való eltérésre



Összefoglalás

- Az először az Eötvös-Pekár-Fekete kísérletben pontosan vizsgált ekvivalencia-elv ma is a kutatások homlokterében áll, és a torziós inga továbbra is fontos kérdések eldöntésére alkalmas.
- Az einsteini általános relativitáselmélet eddig minden próbát kiállt, de jó esély van arra, hogy vagy az ekvivalencia-elv tesztek, vagy a nagyon kis vagy nagyon nagy távolságokra vonatkozó inverz négyzetes távolságfüggés-tesztek fogják először kimutatni, hogy érvényességi köre korlátos.
- Univerzumunk szerkezetét sem nagyon kicsiben, sem nagyon nagyban nem értjük jól, és a kérdőjelek száma szaporodik. A nagy gyorsítóknak és a Földön és az űrben épülő új távcsöveknek méltó versenytársai lehetnek az Eötvös-inga asztallapon is elérő utódai.

„Nemzeti felvirágoztatásunkat alig fenyegeti nagyobb veszély, mint ha a tudományok értékét aszerint latolgatjuk, amint azok egy vagy más mellékcél elérésére szolgálatot tesznek.

Mert amint igaz az, hogy a tudomány hatalom, mely nélkül Európában ma egy nemzet sem élhet, úgy bizonyos az is, hogy a tudományban haladni csak az tud, ki az igazságot magáért az igazságért, és nem mellékérdekből keresi.”

*Elnöki megnyitó beszéd az MTA 51. közülésén
(1890. május 11.)*