

8. ábra. Háromelemű Ronchi-rács rekonstruált, valós holografikus képének mikrofényképe és két rekonstruált képének profilja.

tikai nemcsak makroszkopikus mérésekkel (diffrakció hatások) határozhatók meg, hanem a felvett hologra-

mok kvantitatív mikroszkopikus (fáziskontraszt, interferencia) vizsgálatával is [14–16]. A módszert a digitális holográfiában is alkalmaztuk [17].

Irodalom

1. W. H. Carter, A. A. Dougal: Field Range and Resolution in Holography *J. Opt. Soc. Am* 56(1966) 1754.
2. E. B. Champagne: Nonparaxial Imaging, Magnification and Aberration Properties in Holography. *J. Opt. Soc. Am.* 57(1967) 51.
3. E. B. Champagne, N. G. Massey: Resolution in Holography. *Appl. Opt.* 8(1969) 1879.
4. J. Nowak, M. Zajac: Numerical Investigations of Holographic Imaging Quality. *Opt. Appl.* 15(1985) 239.
5. I. Banyasz, G. Kiss, P. Varga: Holographic image of a point source in the presence of misalignment. *Appl. Opt.* 27(1988) 1293.
6. K. Biedermann: A function characterizing photographic film that directly relates to brightness of holographic image. *Optik* 28(1968/69) 160–176
7. A. A. Friesem, A. Kozma, F. G. Adams: Recording parameters of spatially modulated coherent wavefronts. *Appl. Opt.* 6(1967) 851–856.
8. D. G. Falconer: Noise and distortion in photographic data storage. *IBM J. Res. Dev.* 14(1970) 521–526.
9. I. Banyasz: Evaluation of the imaging properties of holograms recorded in materials of limited spatial resolution. *Opt. Engineering* 32(1993) 2539–2547.
10. R. Collier, K. Burckhardt, L. Lin: *Optical Holography*. Academic Press, New York, 1971, Chapter 10.
11. I. Banyasz: Method for the evaluation of the effects of film nonlinearities on the holographic image. *Opt. Lett.* 18(1993) 658–660.
12. I. Banyasz, A. Fimia, A. Belendez, L. Carretero: Nonlinear recording of amplitude holograms in Agfa 8E75HD: comparison of two developers. *Optics Communications* 111(1994) 225–232.
13. I. Banyasz: Resolution problems in holography. *Proc. SPIE*, 1574(1991) 282–293.
14. I. Banyasz: Direct measurement of the refractive index profile of phase gratings, recorded in silver halide holographic materials by phase-contrast microscopy. *Appl. Phys. Lett.* 83(2003) 4282–4284.
15. I. Banyasz: Fourier analysis of high spatial frequency holographic phase gratings. *J. Mod. Opt.* 52(2005) 2443–2451.
16. I. Banyasz, Higher-order harmonics in bleached silver halide holograms. *Optics and Lasers in Engineering* 44(2006) 926–942.
17. I. Banyasz, J. Kornis: High-resolution lensless Fourier-transform digital holography. *Proc. SPIE* 5856(2005) 71–79.

EINSTEIN, A »HADITENGERÉSZ«

Illy József
Einstein Papers Project
California Institute of Technology

1943 tavaszán, az Egyesült Államok hadseregének, haditengerészetének és Nemzeti Védelmi Kutatótanácsának együttes ülésén *Stephen Brunauer*, a Haditen-

Köszönöm *Futó László* ny. főiskolai docens szakmai segítségét.

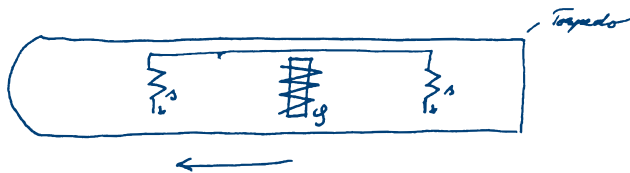


Illy József 1956-ban szerzett fizika-matematika tanári oklevelet a József Attila Tudományegyetemen (JATE), Szegeden. 1982-től a fizikai (tudománytörténet) tudományok kandidátusa, 1983-ban egyetemi doktor, JATE. 1991 óta az Einstein Papers Project szerkesztője a Boston Universityn, majd a California Institute of Technology.

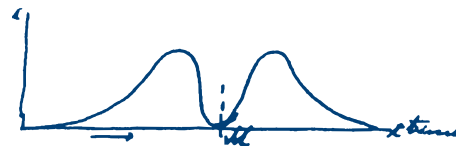
gerészet Fegyverkezési Hivatala Nagyerejű Robbanószert Kutató és Fejlesztő Csoportjának vezetője kíváncsian megkérdezte, vajon dolgozik-e *Albert Einstein* valamelyik hivatalnak. Ó, ő pacifista! Őt nem érdekli semmi, aminek gyakorlati jelentősége lenne, csak az, hogy egyesített mezőelméletén dolgozzék! – kapta a tagadó válaszokat. Brunauer azonban nem tudta elképzelni, hogy Einsteint ne érdekelné, ki győz ebben a Hitlerrel vívott háborúban, ezért, saját szakállára, találkozót kért Einsteintől [1].

Mielőtt folytatnám, ismerkedjünk meg ezzel a fiatal tengerészttel.

Stephen Brunauer 1903-ban Budapesten született *Brunauer István*ként. Mivel az első világháború után, zsidó származása (az 1920. évi XXV. törvénycikk, az úgynevezett numerus clausus-törvény) miatt nem vet-



1. ábra. A mágneses gyutacs áramköre [4].



2. ábra. Az áramerősség változása a gyutacsban a hajótest alatti áthaladáskor [4].

ték föl az egyetemre, kivándorolt az Egyesült Államokba, elvégezte a New York-i Városi Főiskolát (City College of New York), mégpedig magna cum laude minősítéssel mind kémiából, mind angol nyelvből, majd a Mezőgazdasági Minisztérium kémiai és talajtani hivatalában állt munkába, a Kötöttnitrogén-laboratóriumban. Közben egy év alatt doktori fokozatot szerzett a Johns Hopkins Egyetemen.

1938-ben főnökével, Paul Emmett-tel és honfitársával, Teller Edével publikálta a ma róluk BET-nek nevezett módszert, amellyel ki lehet számítani például finom szemcsés por fajlagos (egységnyi tömegre vonatkozó) felszínét abból a gázból, amely a szemcsékre tapad [2].

A szépen induló életpályát azonban megszakította a világháború. A japánok Pearl Harbor elleni váratlan légitámadása hadüzenetre kényszerítette az Egyesült Államokat, és Brunauert is behívták, hogy mint a nitrogénkémiai jártas szakember, vezesse a robbanószerkezetek fejlesztését a haditengerészetnél.

Einstein 1943. május 13-án fogadta Brunauert, aki egyenesen föl tette a nagy kérdést: hajlandó lenne-e Einstein az ő csoportjának dolgozni. Szorongva várta a választ a megrögzött pacifistától. Nagy meglepetésére Einstein azonnal igent mondott. „Az emberek azt hiszik – tette hozzá –, hogy csak az elmélet érdekel és semmi, ami gyakorlatias. Ez nem igaz. Dolgoztam a zürichi [helyesen: berni, I. J.] szabadalmi hivatalban, és sok találmány kifejlesztésében vettem részt. A pörgettyűs iránytűében is.” Einstein ugyanis 1920-tól 1926 végéig nyári szabadidejének jó részét *Hermann Anschütz-Kaempfe* kieli üzemében töltötte, és élvezte, hogy fizikusi és nem csekély mérnöki tudását csillogtathatja az Anschütz által föl talált pörgettyűs iránytű kidolgozásában. A kész iránytű szabadalmi jogdíjából 1938-ig részesedett.

Einstein „igenje” szenzációként hatott a Fegyverkezési Hivatalban. „Einstein közénk állt!” Einstein is meg lehetett elégedve, ha másért nem, hát azért, mert, mint mondta: „a haditengerészetnél vagyok, de nem kérték, hogy tengerészhaját vágassak”. Egyenruhára sincs szüksége, tette hozzá, megteszi anorákja is, és majd felgyűri a nadrágja szarát.

Pontosabban szólva, nem volt tagja a haditengerészetnek. Szerződéses polgári alkalmazottja volt. A bérért a megengedett maximumban, napi 25 dollárban határozták meg, „nevetségesen kicsi összegben”, írja Brunauer visszaemlékezésében.

Einstein „igenjéből” természetesen sajtószenzáció is lett. Június 25-én a Reuter Iroda jelentése alapján a *New York Times* közölte, hogy „Einstein professzor csatlakozott az Egyesült Államok Haditengerészeté-

nek Robbanóanyag-hivatalához »rendkívüli tagként«. A Hivatal kiadványa, a *Star Shell* szerint a robbanóanyagokat irányító folyamatokat fogja kutatni. Részmunkaidőben fog dolgozni, a princetoni Felsőbb Kutatások Intézetében...¹

Mit kapott Einstein „házi feladatnak”?

Ötleteket vártak tőle, miként lehetne a „nagy torpedóbotrányt” megszüntetni. A torpedókkal több nehézség is adódott, többek közt az, hogy a kontakt (becsapódó) és a mágneses gyutacs megbízhatatlan volt [3].

A kontakt gyutacs akkor lép működésbe, amikor a torpedó eltalálja a hajót. 90 fokos ütközésnél azonban a gyutacs nem mindig működött. A mágneses gyutacsnak pedig akkor kellett gyújtania, amikor a torpedó a hajótest alá ért. Ezzel meg az volt a baj, hogy érzékelt a Föld mágneses mezejének változását is, nemcsak a hajótest mágneses mezejének növekedését, így a hajó felé haladtában – kivált, ha erős volt a földmágnesesség, azaz közelebb voltak a mágneses sarkhoz – akkor is robbantott, amikor a torpedó még nem ért el a hajó alá. Ez okból inkább a kontakt gyutaccsal foglalkoztak. Valószínű, hogy Einsteinól a mágneses gyutacs átdolgozását várták, fölhasználva *Kirkwood* és mások, köztük *Neumann János* hidro- és aerodinamikai kutatásait.

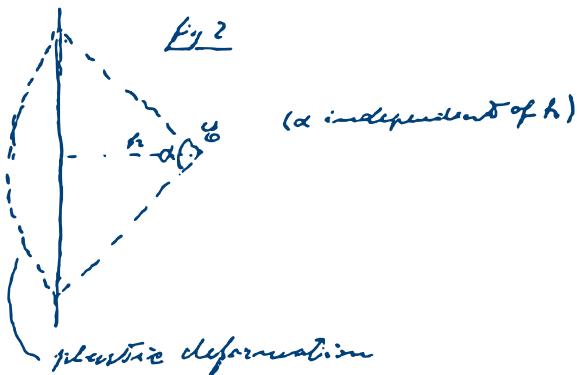
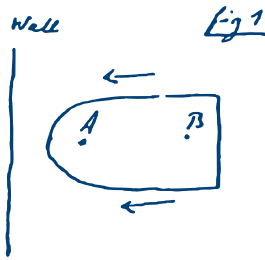
Június 18-án küldte el vagy adta át Brunauernek első ötletét, magyarázattal [4].

A torpedó két végén lévő s tekercs ellentétes irányú, így a közepén lévő, váltóárammal táplált S elektromágnes mágneses mezeje által keltett változó elektromos áram egyenlő nagyságú és ellentétes fázisú feszültséget kelt bennük, ezért ha a két s tekercsnél zárjuk az áramkört, ezen az – Einstein által be nem rajzolt – vezetéken nem folyik áram (1. ábra).

Amint azonban a torpedó a hajó alá ér, a hajó vas teste előbb az elülső, majd a hátsó tekercs indukcióját növeli meg, emiatt áram lép föl, amelynek lefutását a 2. ábra mutatja.

Ha a „gyutacs” úgy van beállítva, hogy akkor robbantson, amikor a növekvő áram visszaesik (azaz mindkét tekercs indukciója megint azonos lesz, hiszen mindkettő a hajó alatt van), a torpedó a hajótest M közepe alatt fog fölrobbanni. A gyújtóberendezést

¹ Azok a tengerésztisztek, akikkel Einstein a hírről kapcsolatban lefényképezték, és a *New York Times* 1943. június 26-i számában közzétették, a Princetoni Egyetem katonai tanszékének munkatársai voltak, és semmi közük sem volt Einstein háborús ténykedéséhez.



3. ábra. Ötletek a robbanótöltet hatásosabb elhelyezkedéséről (fig 1, A) és hatékonyságáról (fig 2) [9].

akkor kell élesíteni, amikor a torpedó már elhagyta a kilövő tengeralattjárót, nehogy annak teste már elindítsa a folyamatot.

Einstein szerényen hozzáfűzte: meglehet, hogy az ötlet nem új, és műszakilag nehezen valósítható meg.

A levélre nem Brunauer válaszolt, hanem főnöke, William Blandy ellentengernagy, részben azért, hogy üdvözölje Einsteint „a fedélzeten”, részben, hogy mindjárt ki is oktassa ezt az Albert Einsteinnek nevezett civilt, hogyan kell viselkedni a tengerészetnél. „Levelét, helyesen, kettős borítékban küldte – írta – »szigorúan bizalmas« megjegyzéssel a belső borítékon. Ezen felül a szabályzat előírja, hogy a »szigorúan bizalmas« megjegyzést a levél minden lapjára világosan rá kell bélyegezni.” [5]

Blandy Einstein ötletére is válaszolt. Igen, vannak hasonló szerkezetek a tengerészetnél, és majd küld két szakértőt a továbbiak megvitatására. Az egyik John Bardeen volt, aki majd 1956-ban a tranzisztorért, 1972-ben pedig a szupravezetés elméletéért kap Nobel-díjat. Ő a háború alatt, szintén polgári alkalmazottként, azon dolgozott, miként lehet megvédeni az amerikai hadihajókat és tengeralattjárókat a mágneses torpedóktól és aknáktól.

A találkozásra 1943. július 2-án került sor. „Dr. Einstein javaslata nem elsősorban a mérnöki szempontok problémájára irányul – írták emlékeztetőjükben –, hanem arra, miként lehet a robbanást a hajótesthez közelre állítani... Ez ugyan fontos része az általános problémának, de ennek részletes megfontolását el kell odáznia más, sürgős munka miatt.” [6]

Ez az emlékeztető megemlíti Einstein más javaslatát is. Így például, hogy a primer és a szekunder tekerceset egymásra merőlegesen is el lehet helyezni. Így a kölcsönös induktancia anélkül érhető el, hogy nehéz-

kes beállításokkal kelljen küszködni. Ha pedig a célhajó feneke lapos, a fenék szegélyénél induló jelet lehet eléggé erőssé tenni ahhoz, hogy a fenék alatt el-tűnve elég legyen a robbantáshoz.

Einstein két javaslatát modellkísérlettel is kipróbálták. Eredményükről sajnos, nem tudunk.

Június közepén Brunauer bejelentette, hogy Neumann Jánossal együtt fogja meglátogatni Einsteint.

Neumann-nak a hidrodinamikai turbulencia és a lökeshullámok iránti érdeklődését a nemlineáris parciális differenciálegyenletek megoldásának problémái táplálták. Mielőtt csatlakozott volna a Los Alamos-i Tudományos Laboratóriumhoz (azaz az atombomba kidolgozásához), a Hadtengerészet Fegyverkezési Hivatalában dolgozott, és a lökeshullámokkal foglalkozott [7]. Bizonyára e témáról beszélgettek, mivel Einstein később említette Brunauernek, hogy sikerült egyszerűsíteni a víz alatti robbanás matematikai leírását, és ezt megvitatta Neumann-nal is. (Neumann éppen 1942-ben dolgozta ki a lökeshullámok elméletét [8].)

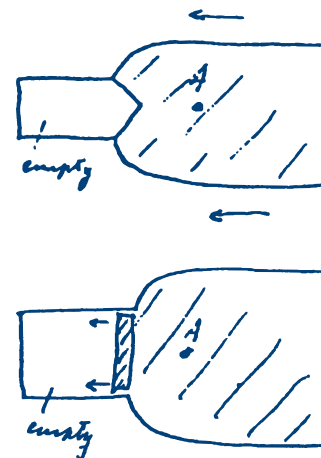
A hiányosan fennmaradt levelezésből arra lehet következtetni, hogy Brunauer most a torpedó romboló hatásának optimalizálását várta Einsteintől. Augusztusban Einstein be is számolt neki ötleteiről. Levelében (3. ábra) vázlatokat is adott [9].

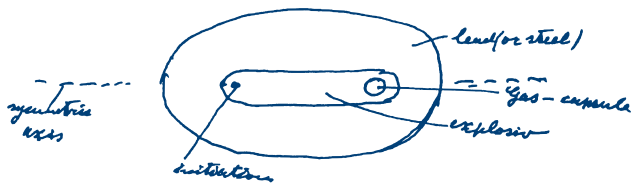
Az E helyzetben föllépő robbanás, ha elég erős, behorpasztja, sőt be is törheti a hajó oldalát. A deformáció nagysága b -val nő, így csökken annak valószínűsége, hogy a robbanás át tudja lyukasztani a hajófalat.

Az elmélet ellenőrzésére ilyen robbanás által okozott károsodásról készült fényképeket kért. Végül is két robbantást javasolt: egy gyöngébbet, amely átlukasztja a hajó falát, majd egy a másodikat, hogy sugárirányú repedéseket hozzon létre.

Két további ötlete szerint (4. ábra) üres csúcsot kell szerelni a torpedó csúcsára, hogy „a perforációt biztosítsa” [10]. Ez a megfogalmazás kissé ködös. Schwarz úgy véli, hogy valami lövedékre gondolt, ami innen kilöve biztosítja, hogy a torpedó ne csak behorpassza, hanem be is törje a hajófalat [11]. Einstein azonban a pöttycsúcsot üresnek („empty”) jelzi.

4. ábra. Rajzok az előző ábrát tartalmazó levél hátoldaláról. Einstein „üreeffektussal” (felső rajz), vagy egy gyorsított tömeg segítségével (alsó rajz) gondolta biztosítani a hajófal áttörését [10].





5. ábra. Torpedó- vagy aknagyutacs [13].

A másik vázlaton az üres pótcsúcsban korong van, amely becsapódáskor előrecsúszik. Ez arra utal, hogy mindkét esetben azt akarta biztosítani, hogy ezek a csúcsok, ütközéskor belapulva és a falra „ragadva”, meggátolják, hogy a torpedó elcsússzék a hajótesten.

Brunauer el volt ragadtatva ezektől az ötletektől. Kérte Einstein, hogy öntse mindezt matematikai alakba, Kirkwood lemezek károsodásával foglalkozó elméletére támaszkodva. Az elméleti fizikus Einstein józanságára jellemző, hogy szerinte erre „egyedül a kísérlettől várhatunk megbízható tájékoztatást”.

Augusztusban Einstein a fordított feladattal kapcsolatos ötlettel állt elő: hogyan védhető meg a hajó torpedótámadás ellen. Sajnos, a részletekről nincs értékelhető feljegyzés.

Eddigi munkásságának elismeréseképp Vannevar Bush följánlotta, hogy Einsteint kinevezik a Nemzeti Védelmi Kutatóbizottság tanácsadójának. Ezt el is fogadta.

Októberben újabb ötlete született [12]. A torpedó nagyobb kárt tenne a hajóban, ha nem merőleges becsapódáskor robbanna, hanem akkor, amikor párhuzamosan halad a hajóval. Ez a helyzet úgy állhat be, hogy a hajó által magával ragadott vízréteg elfordítja a merőlegesen közeledő torpedó csúcsát, és mivel propellerje a falnak nyomva tartja, a torpedó a hajótesthez simul, majd kezd eltávolodni tőle. Ez az a pillanat, amikor robbanni kell. Vagy olyan szerkezet kell hozzá, amely akkor gyűjt, amikor a torpedó egy bizonyos része érintkezik a hajótesttel, vagy egy óraműnek kell elindulnia az első érintkezéskor, amely bizonyos idő múlva robbant; de lehet a kettő kombinációja is, azaz az óramű akkor indul, amikor a torpedó bizonyos része érintkezik a hajótesttel.

Einsteinnek ezen ötletei végül is ötletek maradtak. A „nagy torpedóbotrány” problémáját hadmérnökök oldották meg.

Utolsó javaslata egy sajtóságos gyutacs volt.

„A gyújtás és a gázdoboz úgy van elhelyezve – írta –, hogy az utóbbi nyomása a legrövidebb idő alatt föllépjön” (5. ábra) [13]. Föltehetőleg a hajófalat akarta ezzel berobbantani. Az is meglehet azonban, hogy ez nem a torpedó gyutacsja akart lenni, hanem víziaknáé. Erre lehet következtetni George Gamow visszaemlékezéséből. Ő – saját állítása szerint – Brunauerrel fölváltva látogatta Einsteint, és hozta-vitte az általa kért és készített dokumentumokat. Gamow így ír: „Nagyon sok javaslat volt, például parabola alakjában elhelyezett, víz alatti aknák sorozatos robbantása, amely (parabola) japán tengerészeti támaszpont bejáratára nézne, majd ezt követően légitámadás japán repülőgép-hordozók ellen. Einstein dolgozószobájában fogadott ... és végig-

mentünk valamennyi javaslaton, pontról pontra. Szinte mindegyiket jóváhagyta, mondogatván... »Ó, igen, nagyon érdekes, nagyon, nagyon elmés« – és másnap a hivatalos vezető admirális nagyon boldog volt, amikor jelentettem neki Einstein megjegyzéseit.” [14]

Brunauer másképp emlékezett. „Az utóbbi években Gamow azt a látszatot keltette, mintha ő lett volna a kapcsolat a haditengerészet és Einstein között, hogy kéthetente látogatta, és a professzor csak »hallgatta«, de maga nem tett hozzá semmit – mindez csak mese. A leggyakrabban én látogattam, és ez úgy kéthavonta esett meg.”

Mennyi időt töltött Einstein ezzel a „hadikutatással”? Amikor Brunauer erről kérdezte, azt válaszolta, hogy három hónap alatt öt napot [10]. Brunauer ezt kevesellte, és megajánlott heti egy napot. Einstein elfogadta. Az alatt a körülbelül két év alatt, amíg szerződéses viszonyban állt a haditengerészetrel, a tizedét kapta annak az összegnek, ami a Felsőbb Kutatások Intézetében egy havi fizetése volt.

Miként értékelhetjük Einstein haditechnikai kutatását? Ezt megtette Brunauer. „Nem lenne helyes, ha konkrét eredményeket tulajdonítanánk neki – írta. – A háború során kidolgozott új és hatékonyabb nagy erejű robbanóanyagokat kutatócsoportok hozták létre, és Einstein ilyen csoport tagja volt. De másképp is segített: morálisan. Felemelő volt az a tudat, hogy Einstein velünk van.”

Irodalom

1. A hivatkozás nélküli idézetek Brunauer következő visszaemlékezéseiből valók:
S. Brunauer: Einstein and the Navy..., An Unbeatable Combination. *On the Surface* 9 (Jan. 24, 1986), 1–2.
S. Brunauer: Einstein in the U. S. Navy. In Burton, H. Davis és Hettinger, William P. Jr.: *Heterogeneous Catalysis: Selected American Histories*. American Chemical Society, Washington, DC, 1982, 217–226.
2. S. Brunauer, P. H. Emmett, E. Teller: Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *Journal of the American Chemical Society* 69 (1938) 309–319.
Lásd még B. H. Davis, J. Halász: B. E. & T. Scientists in the Background of Surface Science. *ChemTech* 21 (1991) 18–25; magyarul: B. E. & T.: Tudósok a felület tudományának háttérében. *Magyar Kémikusok Lapja* 48 (1993) 286–293.
3. F. J. Milford: US Navy Torpedoes. Part Two. The Great Torpedo Scandal, 1941–43. *Submarine Review* (Oct. 1996), www.geocities.com/Pentagon/1592/ustorp2.htm?20075
4. Einstein Brunauernek, 1943. június 18. *Albert Einstein Archives, Jerusalem* (a továbbiakban AEA) 81 025.
5. William H. P. Blandy Einsteinnek, 1943. június 22. AEA 81 011.
6. Conference between Naval Ordnance Laboratory Representatives and Dr. Albert Einstein, 1943. július 2. AEA 81 024.
7. 1941 és 1945 között 11 cikke, illetve jelentése foglalkozik lökés-hullámokkal.
8. 1942–1943-ban jelent meg a *Theory of Shock Waves*. Progress Report to the National Defense Research Committee, Div. 8, U.S. Dept. Comm. Off. Techn. Serv. (Aug. 31, 1942.) PB 32719, January 29, 1943, pp. 37.
9. Einstein Brunauernek, 1943. augusztus 22. AEA 81 032, 1. oldal.
10. Ugyanott, 2. oldal.
11. F. Schwarz: Einstein's Ordnance. *AmericanHeritage.com History's Homepage. Invention & Technology Magazine* 13/4 (1998).
12. Einstein Robert Finkelsteinnek, 1943. október 27. AEA 78 939.
13. Einstein Brunauernek és Gamownak, 1944. október 15. AEA 81 030.
14. G. Gamow: *My World Line: An Informal Autobiography*. Viking, New York (1970) 149–150.