

EGY MARSLAKÓ, DE NEM A FÖLDÖN KÍVÜLRŐL!

Bencze Gyula

KFKI Részecske és Magfizikai Kutatóintézet

Teller Ede nevét Magyarországon még az is ismeri, aki az iskolában nem jeleskedett fizikából. Neve hallatán minden vetélkedő műsorban azonnal rávágják a művelt állampolgárok, hogy „a hidrogénbomba atyja”. Csak kevesen tudják, mivel is foglalkozott, és hogy fizikusnak is kiemelkedő volt. Szakmai pályafutása két különálló, de egymással szorosan összefüggő szakaszra osztható. Az első szakaszban, nagyjából 1928 és 1952 között, munkásságában a tudományos kutatás dominált. A második részben, amelyben nagy szerepet játszott a maghasadás 1939-ben történt felfedezése, érdeklődése középpontjába a fizika védelmi célokra történő felhasználása, valamint a Livermore Laboratórium 1952-beli megalapítása és kutatási profiljának kialakítása került. E rövid megemlékezés ezt a két szakaszt igyekszik áttekinteni.

A fizikus Teller Ede

Teller tanulóévei jelentős részét (1917–1925) a Trefort utcai Minta-gimnáziumban töltötte, amely akkoriban egyike volt a legjobb budapesti középiskoláknak. Kiemelkedő képességei már korán megmutatkoztak, mivel 1925-ben fizikából és matematikából is megnyerte a Eötvös-versenyt, matematikából harmadmagával.

Teller apai tanácsra a karlsruhei műegyetemen kezdte meg tanulmányait 1926-ban, és vegyészmérnöknek készült. Érdeklődése azonban a fizika felé vonzotta, ezért két év után átiratkozott a müncheni egyetemre, ahol a híres *Arnold Sommerfeld* professzor dolgozott. Itt érte egy szerencsétlen közlekedési baleset, amelynek során egyik lábfejét elvesztette. Felépülése után a lipcsei egyetemen folytatta tanulmányait.

Teller Ede tudományos pályafutásának kezdete arra a időszakra esett amikor a kvantummechanika forradalma már lezajlott, és annak eredményei, valamint új szemléletmódja a fizika és a kémia különböző területein izgalmas és ígéretes távlatokat nyitottak.

A lipcsei egyetemen *Werner Heisenberg* irányítása alatt 1928-ban kezdte el kutatómunkáját, és 1930-ban benyújtott doktori disszertációjában a hidrogénmolekula-ion szerkezetének és gerjesztett állapotainak leírására alkalmazta a kvantummechanikát [1]. Teller érdeklődési köre azonban igen széles volt, és egyaránt foglalkoztatta a szabad elektrongáz diamágneses szuszceptibilitásának problémája, valamint a hang diszperziójának elmélete is, amely témakörben *Lev Landau*val közös cikket is publikált egy szovjet fizikai folyóiratban [2].

Az írás a 2008. január 16-án a Magyar Tudományos Akadémián megrendezett Teller-emlékülésen elhangzott előadás rövidített és módosított változata.

A magfizika iránti érdeklődését *George Gamow* keltette fel, akit 1935-ben követett az Egyesült Államokba a George Washington Egyetemre. Az itt töltött egy évtized alatt teljesedett ki Teller életműve a magfizika témakörében, és születtek meg legfontosabb magfizikai eredményei.

Teller *Memoárjában* erről a periódusról a következőképpen emlékezik meg: „1935-ben a kvantummechanika még újdonság volt az Egyesült Államokban. Fő feladatom előadások tartása volt a témakörben, hasonló ahhoz, amelyet a University College-ben tartottam; olyan kevés matematikát használtam amennyit csak lehetett...”

Gamow azért választott engem a George Washingtonra, mert jó másodhegedűs voltam: a legőrültebb ötleteit is figyelmesen végighallgattam. *Betbe* leki-csinyló volt vele, *Placzek* mindig félbeszakította őt, hogy hagyja abba, én sokkal kezelhetőbb ellenfél voltam.” ([3] 123. old.)

Teller Ede legfontosabb magfizikai tárgyú kutatásait az alábbiakban lehet röviden összefoglalni:

1. A béta-bomlás elmélete, „spin-flip” folyamatok és új kiválasztási szabályok, „Gamow–Teller-átmenetek” [4].
2. Neutronok szóródása hidrogénen [5].
3. Termonukleáris reakciók hatáskeresztmetszetének energiafüggése [6].
4. Müonok befogása és bomlása anyagban [7].
5. Atommagok dipól óriásrezonanciái [8].
6. A d+d reakció elméleti vizsgálata [9].
7. Az elemek keletkezése csillagokban [10].

George Gamow



A béta-bomlás elméletének kidolgozása *Fermi* névéhez fűződik (1934), aki feltételezte, hogy az elektron és a neutrínó nincs jelen az atommagban, csak a bomlás során keletkezik. Míg az atommag dinamikáját az erős nukleáris kölcsönhatás szabja meg, a bomlásért egy gyenge kölcsönhatás felelős, amelyet a bomlás leírásánál perturbatív módon lehet tárgyalni. *Fermi* eredeti megfogalmazásában a bomlási folyamatban az atommagok spinje nem játszik szerepet, ezért az átmeneteknél az atommagok spinje nem változhat meg. *Gamow* és *Teller* felvetették annak lehetőségét, hogy a bomlási folyamat közben „spin-flip” is lehetséges, ez a körülmény pedig kibővítette a bomlási folyamatok lehetőségét.

A *Gamow*–*Teller*-átmenetek új kiválasztási szabályokat hoztak magukkal, ez pedig lehetővé tette egy sor olyan kísérleti adat kielégítő értelmezését is, amely nem illett bele a *Fermi*-féle eredeti elméleti keretbe. *Gamow* és *Teller* 1936-ban publikált cikke [4] fontos lépés volt abban a folyamatban, amely lehetővé tette a gyenge kölcsönhatás természetének a megértését és elvezetett végül a gyenge és elektromágneses kölcsönhatás *Glashow*, *Salam* és *Weinberg* által kidolgozott egyesített elméletéhez.

Teller sokirányú érdeklődését jelzi, hogy nagyjából egyidőben a termonukleáris reakciók hőmérsékletfüggésének szerepét is tanulmányozta *Gamow*-val a csillagok energiatermelésében, a fiatal (későbbi Nobel-díjas) *Julian Schwinger*rel pedig alacsony energiájú neutronok szórását vizsgálta fázisanalízis segítségével molekuláris hidrogénen. [5, 6]. Ezen vizsgálatok célja a nukleon–nukleon kölcsönhatás spinfüggésének felderítése volt, amely az orto- és para- (hidrogén) állapotokon való szórás révén tanulmányozható.

Később egy kis kitérőt tett a részecskefizika területére is. *Fermi*vel és *Weiskopf*ffel közösen publikált cikkeiben a mezonok anyagban történő lassulását és azt követő bomlását vizsgálva kimutatta, hogy a müon nem lehet azonos a *Yukawa* által feltételezett π -mezonnal, az erős kölcsönhatást közvetítő részecskével [7, 11].

Teller továbbra is figyelemmel kísérte és kihívásként kezelte a magfizika aktuális problémáit, különös tekintettel a kísérletek által felvetett kérdésekre. 1937-ben *W. Bothe* és *W. Gentner* 17 MeV energiájú fotonokkal kiváltott, úgynevezett fotonukleáris reakciók gerjesztési függvényét vizsgálva azt találta, hogy abban magas, 15–30 MeV energiánál széles, rezonancia-szerű csúcsok jelennek meg. A mért hatáskeresztmetszetek több nagyságrenddel nagyobbak voltak, mint az a korabeli elméleti elképzelések szerint várható volt. 1947-ben *G.C. Baldwin* és *G.S. Klaiber* (γ, f) reakciók hatáskeresztmetszetében találtak is ilyen rezonanciákat. Az óriásrezonanciákat később aztán töltött részecskés reakcióknál is azonosították, ahogy nagyobb energiájú részecskényalábok is elérhetővé váltak a kísérletezők számára.

A jelenség magyarázatára *Goldhaber* és *Teller* újszerű elképzeléssel állt elő [8]. Feltételezték, hogy a mag protonjai és neutronjai kétféle folyadékként dipólrezgéseket végeznek egymással azonos vagy ellentétes fázis-

ban mozogva. A feltevés szerint a proton- és neutronfolyadék az oszcilláció során megőrzi gömbszimmetrikus alakját és súrlódásmentesen áthatol egymáson. A főképpen egyszerű kvalitatív megfontolásokon alapuló *Goldhaber*–*Teller* féle hidrodinamikai modell helyesen reprodukálta a rezonancia gerjesztési energiájának az A tömegszámtól való függését:

$$E_{\text{gerj}} = 34 A^{-1/6} \text{ MeV.}$$

Ez az eredmény azt mutatja, hogy *Goldhaber* és *Teller* a jelenség lényegét helyesen ragadta meg, nevezetesen hogy az óriásrezonancia a protonok és neutronok kis amplitúdójú, koherens oszcillációjával jön létre. Az óriásrezonanciák későbbiekben kidolgozott mikroszkopikus elmélete szerint a rezonancia a héjmodell keretében egyszerű részecske–lyuk gerjesztések koherens szuperpozíciójaként jön létre, és minden magban megtalálható.

A nukleon–nukleon kölcsönhatás részletes tulajdonságainak vizsgálata a 40-es évek végén is a figyelem középpontjában volt, ebből természetesen *Teller* sem maradhatott ki. *Konopinski*vel közös vizsgálataiban a $d+d$ reakciót tette vizsgálat tárgyává [9]. Az eredményekről készült cikk érdekessége, hogy a reakciót jellemző megfigyelhető mennyiségekből igyekezett következtetést levonni a $d-d$ effektív kölcsönhatás tulajdonságaira vonatkozóan – mindezt jó tíz évvel *Feshbach* projekciós operátor módszerének, valamint majd húsz évvel az N -test probléma egzakt *Jakubovszkij*-féle integrálegenleteinek megszületése előtt.

Feltétlenül figyelmet érdemel még *Teller* és a későbbi Nobel-díjas *Maria Goepfert-Mayer* munkája az elemek eredetéről [10]. A különböző elemek gyakoriságára vonatkozó kísérleti adatok arra utalnak, hogy a könnyű és nehéz elemek más-más mechanizmussal jönnek létre. A cikk a nehéz elemek eredetét vizsgálja azzal a feltételezéssel, hogy a neutronban igen gazdag magfolyadékból – „polineutron” – jönnek létre maghasadással. Ez a neutronfolyadék spontán nem bomlik, méretére vonatkozóan azonban az egyetlen feltevés, hogy nem haladhatja meg a csillag méretét, amelyben az elemek eloszlását vizsgálják. Néhány egyszerűsítő feltevés mellett a $62 \leq Z \leq 78$ tartományra végeztek modellszámításokat. Érdekes megjegyezni, hogy néhány évtizeddel később, a sokrészecske-probléma egzakt matematikai elméletének kidolgozása után felvetődött a kérdés, hogy vajon létezik-e multineutron – több neutronból álló rendszer kötött állapota – annak ellenére, hogy a neutron–neutron kölcsönhatás nem elég erős kéttest kötött állapot létrehozására. *Alfred Ivanovics Baz* és munkatársai a *Kurcsatov* Intézetben a kérdést az úgynevezett K -harmonikusok módszerével vizsgálva arra a félkvantitatív következtetésre jutottak, hogy ha létezik is ez a rendszer, legalább 100 neutronból kell állnia [12].

Teller Ede magfizikai munkásságát összegezve látható, hogy figyelme középpontjában mindig aktuális problémák álltak. Cikkeit inkább az ötletesség, mint a matematikai apparátus briliáns alkalmazása jellemezte. Módszereiben célratoró volt, egyszerűsítő feltevés-

seivel mindig sikerült a lényegét megragadnia. A Gamow–Teller-átmenet és az óriásrezonanciák Goldhaber–Teller-modellje örökre beírta Teller nevét a magfizika történetébe. Magfizikai munkássága szorosan összekapcsolódik azzal az egy évtizeddel, amelyet a George Washington Egyetemen töltött.

A „hidrogénbomba atyja”

A neutron és az atommagok erős kölcsönhatásának tanulmányozása során Enrico Fermi és munkatársai 1934-től egy sor radioaktív elem keletkezését regisztrálták. Hasonló kísérleteket végzett Párizsban *Irène Curie* és *Pavle Savić*. *Otto Hahn*, *Fritz Strassmann* és *Lise Meitner* Berlinben már 1937-ben legalább kilenc radioaktív termék jelenlétét bizonyította, a gond ezen reakciótermékek azonosítása volt. A két kémikusnak, Hahn-nak és Strassmann-nak sikerült a termékek között a báriumot azonosítani, amiről 1939 januárjában számoltak be a *Naturwissenschaft* című folyóiratban. Néhány héttel később ezt követte a *Nature* hasábjain az időközben külföldre menekült Lise Meitner és unokaöccse, *Otto Frisch* cikke, amelyben szintén az urán szétbomlásával foglalkoztak. A „maghasadás” elnevezés valójában Lise Meitnertől és unokaöccsétől ered.

Az atombombához vezető út ma már jól ismert, és az alábbiakban lehet röviden összefoglalni:

- 1936. – *Szilárd Leó*, a nukleáris láncreakció gondolata (alapötlet: ${}^9\text{Be}(n,2n){}^8\text{Be}^* \rightarrow 2\alpha$).
- 1939. – Hahn és Strassmann, a maghasadás felfedezése.
- 1939. – Németországban megalakul az Uranverein.
- 1942 – Szilárd Leó kezdeményezésre megindul a Manhattan-projekt.
- 1942. december, Chicago – működni kezd az első „atommáglya”.
- 1942. – Los Alamosban megindul a bombaprojekt.
- 1945. július 16. – Trinity kísérleti robbantás, Jornada del Muerto, Alamogordo mellett.
- 1945. augusztus 6., Hiroshima – „Little Boy” az első uránbomba bevetése.
- 1945. augusztus 9., Nagasaki – „Fat Man” az első plutóniumbomba bevetése.

A 2. világháború után a Los Alamosban dolgozó kutatók nagy része – feladatuk, az atombomba létrehozásának sikeres teljesítése után – visszatért az egyetemi életbe. Sokan közülük úgy tartották – köztük Hans Bethe is – hogy az Egyesült Államoknak nem kellene több tömegpusztító fegyvert kifejlesztenie, és ezzel példát kellene mutatni a Szovjetunióknak. Ezzel szemben Teller, *Lawrence* és *Luis Alvarez* azzal érveltek, hogy elkerülhetetlen a hidrogénbomba kifejlesztése az amerikai nép védelme érdekében. Teller Maria Goepfert-Mayer segítségével számításokat végzett a „szuperbomba” megvalósíthatóságára, azonban az eredmények az alapvetően optimista interpretálásuk ellenére sem voltak meggyőzőek. Sokan, köztük *Oppenheimer* is, úgy gondolták, hogy ésszerűbb az erő-



Stanislaw Ulam, Richard Feynman és Neumann János

fejlesztéseket egy taktikai atomfegyver-arszenál létrehozására fordítani, mint a kétséges eredménnyel járó „szuper” kifejlesztésével bajlódni. 1946-ban ezért aztán Teller is visszatért a Chicagói Egyetemre.

A helyzet gyökeresen megváltozott, amikor 1949-ben a Szovjetunió végrehajtotta első kísérleti atombomba-robbantását. Az eredmény felkészületlenül érte a nyugati politikai köröket. *Truman* elnök késelelem nélkül reagált az eseményre és 1950. január 31-én elrendelte, hogy haladéktalanul kezdjék meg a „szuper” bomba kifejlesztését.

1950-ben tehát Teller visszatért Los Alamosba és újult erővel látott munkához. Hasonló problémák foglalkoztatták *Stanislaw Ulam* lengyel emigráns matematikust is. A lemergi származású Ulam a híres *Stefan Banach* tanítványa volt. *Neumann János* meghívására utazott ki az Egyesült Államokba, Princetonba. Amerikai tartózkodása alatt rohanta le 1939-ben Németország Lengyelországot, így kényszerült amerikai emigrációba. Neumann János ajánlására kezdett dolgozni a Manhattan-projektben és került Los Alamosba.

A szuperbomba életútja is igen tanulságos:

- 1942. – Fermi felveti a fúziós láncreakció gondolatát.
- 1942. Los Alamos – Teller elkezd dolgozni a „szuperen”.
- 1945. – a háború befejeződik, a Manhattan-projekt sikerrel zárul.
- 1949. – az első szovjet atombomba-kísérlet.
- 1950. – Truman elnök utasítására megindul a „szuper” létrehozása.
- 1950. – a „klasszikus szuper” sikertelensége után megszületik a „Teller–Ulam-design”
- 1951 tavasza – a sikeres „Greenhouse” teszt
- 1952. november 1., Eniwetok korallzátony – „Mike”, az első kísérleti robbantás.
- 1952. – megalakul a Lawrence Livermore Laboratórium.
- 1954. Bikini korallzátony – a második atmoszférikus kísérleti robbantás, a „Castle Bravo” robbantásánál a cseppfolyós gázt már szilárd LiD-del helyettesítették.

• Megindul a Teller–Ulam-vita.

A Teller által megálmodott „klasszikus szuper” elve azon alapul, hogy a hidrogén nehéz izotópjai között végbemenő fúziós reakciók valószínűsége a részecskék kö-

zötti Coulomb-taszítás miatt igen kicsi, ezért az ütközés energiáját – ha úgy tetszik, a fúziós üzemanyag (deutérium és trícium) hőmérsékletét – nagymértékben meg kell növelni. Ezt a célt valószínűleg meg egy hagyományos hasadási bomba, amely gyutacsaként makroszkopikus méretekben gyűjtaná be a fúziós reakciót. Ulam és munkatársa, *Cornelius Everett* számításai, amelyeket Fermi is megerősített, azonban kimutatták, hogy Teller eredeti elképzelése hibás, a becsült trícium mennyiségénél lényegesen többre van szükség, de még ebben az esetben is akkora lenne a fúziós energiaveszteség, hogy önfenntartó folyamat nem indulna be.

A nehézségekből a kiutat az az ötlet mutatta meg, amely szerint a hasadási bomba által keltett robbanás következtében a fúziós üzemanyag óriási mértékben összenyomódik, és ezáltal annak begyűjtása jóval könnyebben megvalósítható. A megoldás kulcsa a primer és szekundér fokozat különválasztásában rejlik. Bár Ulam eredeti ötlete a primer bomba által keltett lökéshullámot használná fel kompresszióra, Teller hamar felismerte, hogy azt a primer robbanás keltette elektromágneses sugárzás jóval hatékonyabban megvalósítja. Ennek alapján született meg a Teller–Ulam-elgondolás, amely azután az amerikai hidrogénbomba alapját képezte. A részletek természetesen ma is szigorúan titkosak, ezért a témával foglalkozó irodalom ma is csak találgatásokra hagyatkozhat [13].

A „szuper” ötletének, a Teller–Ulam-elgondolásnak szerzőségére vonatkozóan igen változatosak a vélemények. Teller 1955 februárjában a *Science* folyóiratban megjelent *The Work of Many People* című cikkben ismertette a hidrogénbomba megszületésének körülményeit, és azt hangsúlyozta, hogy a hidrogénbomba sok ember munkájának eredménye. A személyével kapcsolatos találgatásokra reagálva hozzátette: „A nyilvánosság elé tárt történet azonban gyakran egészen más. Egy-egy briliáns ötlet kapcsán túlságosan gyakran is csak egyetlen személy neve kerül említésre. Ez a kép egyaránt hamis és igazságtalan. Sokkal közelebb kerülünk a való élethez és a felfedezés izalmához, ha inkább sok tudós elme kölcsönhatását hangsúlyozzuk.” [14]

Sokak szerint a működő hidrogénbomba ötlete Ulamtól ered, de ezt Teller határozottan cáfolta 1999-ben egy interjúban: „Enyém az ötlet, nem Ulamé. Sajnálom, hogy ilyen nyersen kell válaszolnom. Ulam indokoltan volt elégedetlen a régi módszerrel. Eljött hozzám egy részötlettel, amelyet én már jóval korábban kidolgoztam, de az emberek nem hallgattak rám.” [15]

Nem segíti a helyzet tisztázását, hogy memoárjaiban a *Science*-beli cikkéről a következőket írta [3]: „A cikkben még azt is elismertem, hogy Ulam javasolta a kompressziót, bár erre már hetekkel azelőtt rájöttem, mielőtt Stan felvetette volna. Az ő érdeme abban rejlett, hogy megszabadított attól, hogy *Bradbury* utasításának megfelelően más tervekkel is foglalkozzam. Ennek ellenére nem volt ellenemre a cikkben ez a kegyes hazugság, hogy lecsendesítsem a háborgó érzelmeket. Valamivel később, amikor világossá vált, hogy Los Alamos át akarja írni a történelmet, megkér-

tek, írjak alá egy szabadalmi kérelmet és esküdjek meg, hogy Ulam és én vagyunk a terv eredeti megalkotói. Mivel hónapokkal azután, hogy a számítások elkezdődtek Ulam még mindig nem értette meg a tervemet és kijelentette, nem fog működni, indokoltan éreztem, hogy tartózkodjam a hamis esküktől. Nem írtam alá, és ennek eredményeképpen a szabadalmi kérelem soha nem is került benyújtásra.”

A tényekhez tartozik, hogy Teller emlékirataiban bevallotta, nem nagyon szívelte Ulamot: „Stan Ulam, egy lengyel matematikus, egy ideig a háborús csoportomban dolgozott. Stan röviddel a háború után ott hagyta Los Alamosot, de egy kicsivel több mint egy év után visszatért. Eredetileg Neumann Jancsi ajánlásával jött hozzám, de kellemetlen társaságnak találtam őt. Nagyon nagyra tartotta magát, és igen nagy erőfeszítéseket tett, hogy demonstrálja, mennyire okos (ami furcsa volt, mert nyilvánvaló volt a zsenialitása). Bár a háború alatt és az utána következő időszakban kapcsolataink igen korlátozottak voltak, allergiás lettem rá. A viselkedése világgóssá tette, hogy az ő ellenérzései irántam még erősebbek voltak.” ([3] 296. old.)

Ulam önéletrajzi kötetében ezzel szemben nem nagyon foglalkozik ezzel a kérdéssel, inkább a Los Alamos-i életbe ad humoros betekintést. Ezt példázza a következő idézet „Az egyetlen dolog, ami megszakította a munkát, a diszkussziók, az esti összejövetelek, családi látogatások és vacsorameghívások ismétlődését és váltakozását, az volt, amikor a csoportunk hirtelen egyszer összejött pókerezni. A csoportba tartozott *Metropolis*, *Davis*, *Calkin*, *Flanders*, *Langer*, *Long*, *Konopinski*, *von Neumann* (amikor éppen a városban volt), néha *Kistiakowski*, Teller és mások. Kis tételekben játszottunk; a játék gyermeksége, valamint a heves érzelmnyilvánításokkal és kissé durva stílussal fűszerezett frivol diszkussziók a Los Alamos lényegét képező nagyon komoly és fontos dolgok közepette üdítő, friss fürdőnek tüntek.

Ebben a játékban az, akit nem érdekel komolyan a játék maga, csupán pihentető foglalatosságnak szánja, nem fog igazán jól szerepelni. *Von Neumann*, Teller és jómagam a licitálás és a lejátszás alatt teljesen más dolgokról gondolkodtunk, következőképpen nagy gyakorisággal mi veszítettünk. *Metropolis* egyszer elmondta, mekkora győzelem volt számára tíz dollárt nyerni *Neumann Jánostól*, a játékelméletről szóló híres könyv szerzőjétől! A könyvet megvette öt dollárért, a maradék öt dollárost pedig a belső fedőlapra ragasztotta a győzelem szimbólumaként. Nem tudósok és nem matematikusok számára talán nem teljesen világos, hogy az ember fejben képes intenzív elméleti munkát végezni, míg közben valami teljesen prózai tevékenységet folytat.” ([16] 196. old.)

A kötetet kísérő utóiratban felesége, *Françoise* reflektál inkább a vitára: „Nagyban folytak a technikai és politikai viták, amikor a problémán rágódva Stan hirtelen egy teljesen új és izgalmas módszerre bukkant. »Rájöttem, hogyan fog működni a dolog.« »Milyen dolog?« – kérdeztem. »A szuper« – válaszolta. »Teljesen más séma, és meg fogja változtatni a történelem menetét.«

Teller azonnal felismerte, hová vezethet az új út, és gyorsan nekikezdtek a jól ismert jelentés megírásának. Két részből állt, ahogy Stan elmondta, mert Teller hozzáadta – Stan szavaival – saját párhuzamos sémáját, ami megváltoztatta Stan eredeti elképzelését. Ettől kezdve az volt a benyomásom, hogy Teller Stant félretolta, és többé nem állt vele szóba.” [17]

Hans Bethe, aki szintén résztvevője volt a hidrogénbomba-projektnek, ezzel szemben mértéktartó objektivitással nyilatkozott: „A történeti hűség kedvéért azt hiszem pontosabb úgy fogalmazni, hogy Ulam volt (a hidrogénbomba) atya, mivel ő adta a megtermekenyítő ötletet, Teller volt az anya, mert ő maradt a gyerekekkel. Ami engem illet, azt hiszem én voltam a bábaasszony.” A tényekhez tartozik, hogy Hans Bethe már 1954-ben megkísérelte eloszlatni a hidrogénbomba története körüli félreértéseket, és *Comments on The History of the H-Bomb* címmel írt cikkében igyekezett fényt deríteni számos tévhitre. A cikk tényleges publikálására a titkosítás feloldása miatt azonban csak 1982-ben kerülhetett sor, amikor végre megjelenhetett a *Los Alamos Science* folyóiratban [18].

Új adalékokat szolgáltat a Teller–Ulam-vitához Teller egy 1979-ből származó, publikálatlan nyilatkozata, amelyet *Hargittai Magdolna* és *Hargittai István* dolgozott fel és értékelt [19].

Mindenesetre a Teller–Ulam-elgondolás sikerrel állta ki a próbát. Az első, 1951 tavaszán végrehajtott „Greenhouse” nevű teszt után 1952. november 1-jén az Eniwetok korallzátonyon végrehajtott „Mike” nevű első kísérleti robbantás sikerrel járt, és a sajtó Teller Edét kezdte ünnepelni, mint „a hidrogénbomba atyját”. Teller a robbantást már a kaliforniai Berkeley-ből kísérte figyelemmel, és hamarosan az új fegyverlaboratórium, a Livermore Laboratórium munkatársaként lobbizott a hidrogénbomba mellett a legmagasabb politikai körökben. A második atmoszférikus kísérleti robbantásra a Bikini korallzátonyon 1954-ben került sor.

A teljes történethez tartozik, hogy az első hidrogénbomba még cseppfolyós deutériumot használt fúziós anyagként, ezért a Mike súlya meghaladta a 80 tonnát. A két évvel később, 1954-ben a Bikini korallzátonyon végrehajtott Castle Bravo robbantásnál a cseppfolyós gázt már szilárd LiD-del helyettesítették. A további kutatások során aztán főleg a Lawrence Livermore Laboratórium munkájának eredményeképpen sikerült kisméretű, könnyen hordozható robbanófejeket kifejleszteni.

Amerika „legbefolyásosabb tudósa”

A Livermore Laboratórium megalapítása után Teller kapcsolatai egyre romlottak kollégáival és a Los Alamos Nemzeti Laboratóriummal. Ehhez nagyban hozzájárult az Oppenheimer-ügyben játszott szerepe is, ez azonban már egy másik történet.

Teller fokozatosan elszigetelődött a fizikusok közösségében, és egyre inkább a nagypolitika körében keresett magának fegyvertársakat. Hamarosan egy új

szerepben, a politikus szerepében jelentkezett, és az egyik legbefolyásosabb tudóssá vált az Egyesült Államokban.

1958–1960 között a Lawrence Livermore Laboratórium igazgatójaként, majd 1960–1975 között igazgatóhelyettesként különböző, kissé kalandor projektekbe vitte bele laboratóriumát, mint például a Plowshare-terv, a röntgenlézer-projekt, valamint a „csillagháborús terv”. Ezek közül azonban egyik sem járt sikerrel, és a nagy tervek mára már feledésbe merültek. Ezen időszak részletes elemzése *William J. Broad Teller háborúja* című könyvében található [20]. Teller 1975-ben vonult nyugalomba a Lawrence Livermore Laboratórium emeritus igazgatójaként és a Hoover Intézet tudományos tanácsadója volt haláláig.

Pályafutásának második részében többek között az atomenergia alkalmazásának szószólójává is vált, és alapvető fontosságú szerepet játszott az atomerőművek biztonsági kérdéseinek minél szélesebb körben való ismertetésében. *Alvin Weinberg*, az Oak Ridge Laboratórium egykori igazgatója, az atomreaktorok elméletének kiemelkedő kutatója a következőképpen összegezte Teller szerepét e fontos kérdésben: „Teller Ede volt az első ember, aki hangoztatta, hogy a reaktorbiztonság abszolút követelmény, mert anélkül az atomenergia nem terjedhet el és javasolta Reaktorellenőrző Bizottság megszervezését, aminek ő lett az első elnöke. Teller ajánlotta egy összefüggés elfogadását a reaktor teljesítménye és a reaktor körüli biztonsági zóna kiterjesztése között. Hogy a Teller által lefektetett biztonsági elvek szerint épült reaktorok közül egy sem követelt emberáldozatot, az nagy meglepéssel töltheti el az atomenergia ma már öreg úttörőit.” [21]

A rendszerváltás után Teller többször is hazalátogatott, és az ilyen alkalmakat felhasználva mindig megosztotta véleményét a hazai szakemberekkel a reaktorok biztonsága, illetve az atomenergia felhasználása terén [22, 23]. Fontos még megemlíteni, hogy neves szószólója volt a színvonalas természettudományos oktatásnak is. Már 1958-ban a *Time* magazinnak adott interjújában [24] hangsúlyozta, hogy a modern társadalmakban alapvető fontosságú a tudomány alapjainak az ismerete, és kemény kritikával illette a témában az amerikai társadalmat. „Nem tudok olyan középiskoláról az országunkban, ahol a tanuló alapos matematikai és tudományos alapképzésben részesülhet – akkor sem, ha ő akarja, akkor sem, ha egy esetleges *Einstein*ről lenne szó.” Az amerikai viszonyok ismeretében Teller azt is hozzátette: „A baseball szurkolók nélkül nem tudna létezni, de hol vannak a tudomány szurkolói?”

Teller Ede, az ember

Milyen ember volt Teller Ede? Hogyan lehetne összegezni és értékelni életművét?

Hargittai István Teller Edéről írt színdarabjában [25] így fogalmazza meg véleményét: „Ha a darabból az olvasónak (netán nézőnek) kétségei maradnak Teller

Ede megítélésében, akkor az híen tükrözi a szerző kétségeit. Teller az én szememben az a hős, aki meg akarja menteni az emberiséget, talán meg is menti, de eközben az akaratát a megmentett akaratára fölé próbálja helyezni és a megmentett nem tud fenntartás nélkül elismeréssel adózni neki tettéért. Alapvetően ebben látom Teller Ede tragédiáját.”

William Broad a következőképpen fogalmaz [20]: „Az atomkorszaknak aligha volt nála befolyásosabb tudósa, talán az egész évszázadnak sem. Nevét rendszeresen együtt emlegették a tudomány óriásainak nevével, mint Einstein, Bohr és Fermi. Ráadásul példátlan politikai befolyása volt. Elnökök jöttek, elnökök mentek nagy hatalmú munkatársaikkal együtt. Tudományos felkészültségű államférfiak emelkedtek fel és váltak kegyvesztetteké. Ám Teller évtizedeken át maradt a színen, bombákat épített, kifejtette véleményét a kongresszus előtt, tábornokokat és elnököket látott el tanácsaival. Befolyása egy egész korszakra nyomta rá bélyegét...”

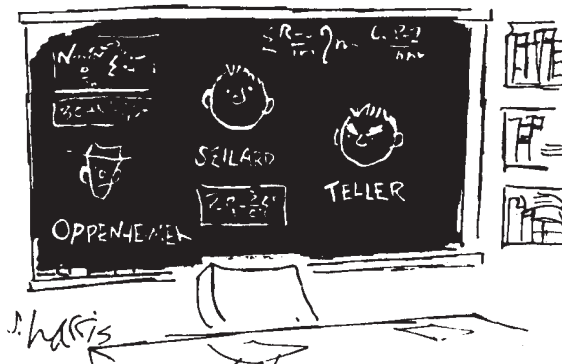
Hogy milyen volt Teller mint tudós? Idézzük John Maddox nekrológiát a neves Nature folyóiratból: „Amit a barátai mondanak Tellerről, az mind igaz: vilámgyors gondolkodású és szeniális, képzelőereje lélegzetállító, fizikai energiája csodálatos volt. Intellektuális bátorsága félelmetes volt – szinte kihívta maga ellen a kritikát. Bírálóinak – akik valószínűleg többségben vannak – szintén igazuk van abban, hogy fondorlatos és manipulatív volt. Intellektuális bátorsága a meggondolatlansággal és a provokációval volt határos, intoleranciája pedig azokkal szemben, akik nem értettek vele egyet, megbocsáthatatlan volt. Mindannyian egyetértenek azonban abban, hogy kivételesen tehetséges fizikus volt.”

Alvin Weinberg, az atomenergetika nagy öregje szerint: „Teller az egyik legokosabb ember, akivel találkoztam. Nagyon gyorsan vág az agya, rendkívüli a fizikai intuíciója. Ami nem jelentheti azt, hogy jó néhányszor ne tévedett volna. Előáll dolgokkal, amelyek később befuccsólnak. Képzletgazdag és eredeti. A reaktorok biztonságának teljes egészében ő a feltalálója.”

Hargittai Magdolna és Hargittai István abban a kivételesen helyzetben voltak, hogy az idős Teller Edével sokat beszélgethettek, és talán Teller Edének, az embernek legjobb ismerőit. Ők így fogalmaztak [19]: „Teller Ede nyilatkozata 1979-ben érzékelteti azt a felelősséget, amelyet Teller a Szabad Világ hatékony védelméért viselt, és annak a tudományos és politikai tevékenységnek a súlyát, amit e védelem érdekében kifejtett. Ugyanakkor megmutatkozik ebben a nyilatkozatban az az emberi kicsinyesség is, amelytől még ez a mégoly nagy tudós sem tudta függetleníteni magát.”

Sidney Harris, a kiváló amerikai karikaturista, a tudományos folyóiratok kedvenc illusztrátora egy remek rajzzal örökítette meg, hogyan látta ő Teller Edét. A rajz a Természet Világa folyóirat számára magyar szöveggel is elkészült, befejezőképpen érdemes felidézni itt is.

EINSTEIN TÁBLÁJA, AHOGY HÁTRAHAGYTA AZ UTÓKORNAK



Irodalom

1. Teller E.: Über das Wasserstoffmolekülion. *Zeits. f. Physik* 61 (1930) 458–480.
2. Landau L.D., Teller E.: Zur Theorie Der Schalldispersion. *Phys. Zeits. d. Sowjetunion* 10 (1936) 34.
3. Teller E., Shoolery J.: *Memoirs: A Twentieth-Century Journey in Science and Politics*. Perseus Publishing, Cambridge, Massachusetts, 2001.
4. Gamow G., Teller E.: Selection Rules for Beta-Disintegration. *Phys. Rev.* 49 (1936) 895.
5. Schwinger J., Teller E.: The Scattering of Neutrons by Ortho- and Parahydrogen. *Phys. Rev.* 51 (1937) 775 (Letter to Editor), és *Phys. Rev.* 52 (1937) 286–295.
6. Gamow G., Teller E.: The Rate of Selective Thermonuclear Reactions. *Phys. Rev.* 53 (1938) 608.
7. Fermi E., Teller E., Weisskopf V.: The Decay of Negative Mesotrons in Matter. *Phys. Rev.* 71 (1947) 314–315.
8. Goldhaber M., Teller E.: On Nuclear Dipole Vibrations. *Phys. Rev.* 74 (1948) 1046–1049.
9. Konopinski E.J., Teller E.: Theoretical Considerations Concerning the D + D Reactions. *Phys. Rev.* 73 (1948) 822–830.
10. Goepfert-Mayer M., Teller E.: On the Origin of Elements. *Phys. Rev.* 75 (1949) 1226–1231.
11. Fermi E., Teller E.: The Capture of Negative Mesotrons in Matter. *Phys. Rev.* 72 (1947) 399–408.
12. Baz A.I., Bragin V.N.: Do multineutrons really exist? *Physics Lett.* B39 (1972) 599.
13. Makra Zs.: Az atomfegyverek fizikája I–II. *Fizikai Szemle* 35 (1985) 428, 473.
14. Teller E.: The work of many people. *Science* February 25, 1955, 267–275.
15. Blomberg S.A., Panos L.G.: *Edward Teller, Giant of the Golden Age of Physics*. Charles Scribner's Sons, New York, 1990.
16. Ulam S.M.: *Adventures of a Mathematician*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1991
17. Ulam F.: *Postscript to Adventures*. University of California Press, 1991.
18. Bethe H.A.: Comments on The History of the H-Bomb. *Los Alamos Science* 6, Fall 1982.
19. Hargittai M., Hargittai I.: Teller Ede a halál árnyékában, *Magyar Tudomány* 2001/8, 1001. old.
20. Broad W.J.: *Teller háborúja*. Osiris Kiadó, Budapest, 1996.
21. Weinberg A.M.: Atomenergia – magyar találmány? *Fizikai Szemle* 42 (1992) 413–415.
22. Teller E.: A reaktoroknak jól kell működniök... *Fizikai Szemle* 42 (1992) 130.
23. Teller E.: Veszedelem és alkalom. *Fizikai Szemle* 43 (1993) 1.
24. Teller E.: Knowledge is Power. *Time* 1958. nov. 18.
25. Hargittai I.: *Teller Ede tragédiája*. Studia Physica Savariensia XII., Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely, 2004.