

## Szilárd Leó, a marslakó

Az emberiségre az egyik legnagyobb hatást gyakorló tudományág az atomfizika. Talán ez nem is annyira meglepő, hiszen az atombomba képes véglegesen elpusztítani az emberiséget.



*Szilárd Leó*

Az atombomba története 1789-ben kezdődött, amikor Martin Heinrich Klaproth berlini patikus egy új elemet fedezett fel, amit a hat évvel korábban felfedezett Uránusz bolygó tiszteletére „uránium”-nak nevezett el. Jó 100 év múlva, 1896-ban Henri Becquerel, francia fizikus felfedezte, hogy az uránium egy különös, mindenre átható sugárzást bocsát ki (az „első”, azaz „alfa” sugárzás). Majd kimutatta, hogy ezek a sugarak az uránium belsejéből jönnek, és nagyon nagy az energiájuk. Az addig oszthatatlannak tekintett atomnak tehát van belső szerkezete!

Az atom belső szerkezetét Ernst Rutherford, Nobel-díjas angol fizikus fejtette meg 1909-ben, és tulajdonképpen ez indította el az atomkor kezdetét. Miből van az atom, amely ilyen nagy energiájú sugárzást képes kibocsátani? Rutherford az alfa sugárzást ráirányította egy vékony aranylemezen<sup>1</sup>, és azt vette észre, hogy a legtöbb alfa részecske átment a vékony aranylemezen, de néhány visszapattant. *Majdnem hibetetlen volt, mintha egy 15 hüvelykes ágyúgolyóval egy darab selyempapírra tűzelnél, és a golyó visszapattan, és megüt téged!* – csodálkozott el a fizikus. Ebből hamar rájött, hogy az atomnak kell legyen egy nagyon kicsi, de annál keményebb része, az „atommag”. E körül keringenek az elektronok. Így fény derült arra, hogy az alfa sugarak az atommagból származnak, tehát annak az energiáját hozzák ki.

<sup>1</sup> Akkoriban aranyból tudták előállítani a legvékonyabb fémlemezt.

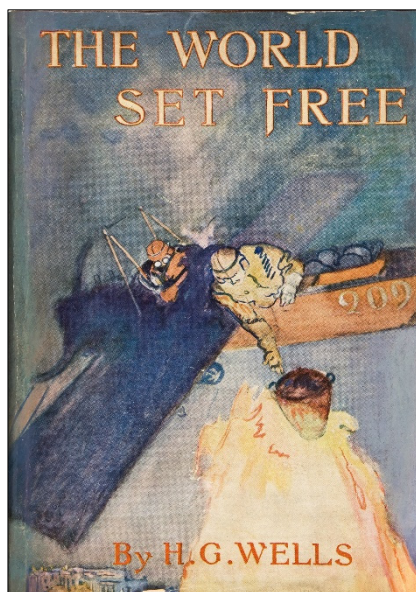


Az atommag és az alfa sugárzás felfedezése annyira fantasztikus dolog volt, hogy megihlette az írók fantáziáját is. Herbert George Wells elolvasta Rutherford egyik munkatársa könyvét, és írt belőle egy regényt, ami 1914-ben jelent meg *A felszabadult világ* címmel.

Ebben látványosan előrejelezte az atomkor legfontosabb felfedezéseit. A könyvben Wells kifejezetten az *atombomba* szavakat használta, már 1914-ben. Szilárd Leó: *Én ezt a könyvet 1932-ben olvastam, de akkor nem tett rám különösebb benyomást – legalábbis akkor úgy gondoltam.* De egy 1960-as TV interjúban elmesélte, hogy a láncreakció feltalálásakor a könyvben leírt atomháború járt az eszében, amelyben London, Chicago, Párizs és több más város elpusztult. Szilárd Leó a láncreakciós ötletével lehetségessé tette H. G. Wells fikcióját. Egy teljesen újfajta energiaforrást fedezett fel: az atomenergiát.

Húsz évig kísérleteztek a fizikusok az atommagból kisugárzott alfa részecskékkel, amelyekkel különféle más atomokat bombáztak, és figyelték, hogy mi történik. 1932-ben megszülettek a részecskegyorsítók, amelyekkel mesterségesen sokkal jobban fel tudták gyorsítani a lövedékeket, például a protonokat, mint amennyi energiájuk volt az alfa részecskéknek. Ezekkel újabb magreakciókat idéztek elő, újabb Nobel-díjakat osztottak ezekért. És mindegyik magreakcióban rengeteg energia szabadult fel atomonként, sokkal több, mint az addig megszokott vegyi reakciókban, mint például az égésben, a puskapor vagy akár a dinamit robbanásakor. Ezt atomenergiának nevezték, ami nyilván csakis az atommagból származhatott. Azonban Rutherford számára nyilvánvaló volt, hogy ilyen módon nem lehet nagy mennyiségben energiát termelni, azért, mert a bombázó protonokat fel kell gyorsítani, és az ehhez szükséges energia jóval nagyobb, mint amennyi atomenergia felszabadul a reakcióban.

Viszont 1932-ben egy új lehetőség nyílt az atomfizikusok számára: James Chadwick, angol fizikus felfedezte a neutron. Rájöttek, hogy az atommagban nem proton és elektron, hanem proton és neutron van. Sőt, ezzel könnyű volt atomokat bombázni, mivel elektromosan semleges, a pozitív atommag nem taszítja el, hanem



*H. G. WELLS könyve első amerikai kiadásának borítója (Wikipédia)*

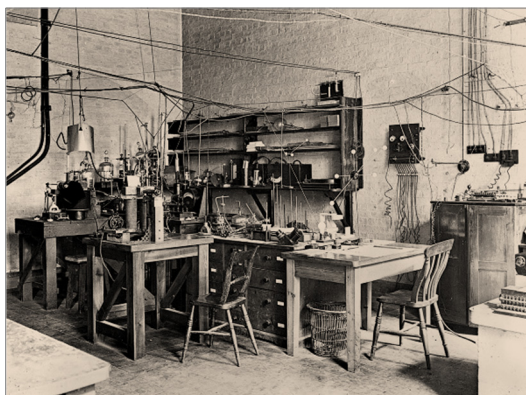


könnyen behatol abba, és még gyorsítani sem kell. Új kísérleteket kezdtek el. Németországban Friedrich von Weiszacker, Franciaországban Frédéric Joliot Curie, Olaszországban Enrico Fermi irányításával zajlott a nukleáris kutatás. Fermiék rendszeresen sorba vettek minden elemet, amihez csak hozzá tudtak jutni, bombázták őket neutronokkal, és vizsgálták, hogy mi történik.

Csak hogy Ernst Rutherford nem hitte, hogy akár a neutronnal is nagyon sok atomból egyszerre fel lehet szabadítani a bennük rejlő atomenergiát, hogy valamire fel lehessen használni azt: *Egy atom felbomlásában keletkező energia igen csekély mértékű. Bárki, aki energiaforrást remél az atomok átalakulásából, az holdkóros, aki butaságokat beszél.*

Akadott egy fiatal fizikus, aki feltette magának a kérdést: hogyan lehetne mégis felszabadítani nagy mennyiségben az atomokban rejlő energiát?

1933-ban vagyunk, London belvárosában, a Southampton Row-on. Itt ballagott Szilárd Leó, amikor megállította egy átkelőnél egy piros lámpa. Saját állítása szerint, amikor a lámpa zöldre váltott, akkor ötlött eszébe, hogyan lehet felszabadítani rengeteg atomnak az energiáját egyszerre: láncreakcióval! Ugyanis az nem véletlenszerűen néhány, hanem egyszerre rengeteg atomnak az energiáját szabadítja fel!



*Sir Ernst Rutherford laboratóriuma* (Wikipédia)

## Szilárd Leó gyermekkora és családja

De ki is volt Szilárd Leó, ez a „holdkóros”, aki ellent mert mondani a Nobel-díjas Lord Ernst Rutherford atomtudósnak?

Szilárd Leóról az a hír járta, hogy a Marsról jött. A Manhattan terv idején, az amerikai atombomba elkészítése idején, többeknek feltűnt, hogy milyen sok kitűnő magyar tudós vesz részt ebben a bombafejlesztésben, és feltették azt a kérdést, hogy vajon, hogy lehet ez? Akkor valaki mondta, hogy ezek nem igazán magyarok, hanem marslakók, csak álcázásul beszélnek magyarul.

Leó dédapja 1800 táján Nagyfalun (Árva megyében, a mai Szlovákiában), a Kárpátok közt pásztorkodott. 1810-ben ott született fia, Spitz Sámuel, aki feleségül



vette a Tátrából jött Klopstock Leontinát. Német anyanyelvű fia, Spitz Lajos (Leó édesapja) Körmöcbányán járt iskolába, ott tanult meg magyarul. Húszévesen, 1880-ban beiratkozott a budapesti Műegyetemre, a Műegyetemen híd- és vasútépítésre szakosodott. Egy intelligens pesti leányt vett feleségül, Vidor Teklát. A Városliget közelében laktak, ahol a magyar arisztokrácia villái keveredtek újjgazdag polgári vállalkozók házaival. Ide született be Leó, 1898. február 11-én. Abból a már emancipált magyar-zsidó háttérből származott, amiből olyan sok kiváló tehetséges természettudós és író, művész élt Magyarországon a Monarchia utolsó 2-3 évtizedében. A Szilárd család kifejezetten jó polgári miliót biztosított ennek a fiúnak. 1902-től itt élte le gyerekkorát. 1900-ban Spitz Lajos (spitz: hegyes) nevét Szilárdra változtatta, így lett fia két éves korában Szilárd Leó.

Mindenkinek feltűnt a kisgyerek csillapíthatatlan kíváncsisága: szüntelen kérdezett, még idegeneket is. Így emlékszik vissza ezekre az évekre Szilárd Leó: „Ahogy ma látom, kutatónak születtem. Azt hiszem, a legtöbb gyerek kíváncsian kutakodó fejjel jön világra. Talán azért lettem tudós, mert valamilyen értelemben gyermek tudtam maradni.” Az őszinte kíváncsiságát kapcsolatban állt egy másik tulajdonságával. Lessing német költő szerint *Ha valaki udvarias próbál lenni, gyakran hazudnia kell.* Szilárd Leó inkább a becsületességet választotta.

Életrajzírója, William Lanouette ezt írja a gyerekekről: *A gondolatokat éppolyan ellenállhatatlanul csábítónak és kísértőnek találta, mint az édességeket. Mindkét szenvedély végigkísérte egész életén. Korai gyerekkorában felfedezte, milyen élvezet új dolgokat kitalálni. Csak le kell ülni és gondolkodni.* Ez például abban nyilvánult meg, hogy Leó nagyon szeretett új társasjátékokat kitalálni vagy régi játékok szabályait megváltoztatni.

1908 és 1916 között a budapesti VI. kerületi Kemény Zsigmond Főreálgymnáziumba járt. Ennek az iskolának volt akkor a legjobb kísérleti felszerelése, és Leó nagyon szerette a kísérleteket elvégezni. A fizikatanár segédje lett, ami könnyebb hozzáférést biztosított az eszközökhöz. Egyik gimnáziumi tanáruk azt mondta édesapjának: *Nézzé Szilárd úr, a maga kisebbik fia, Béla, kitűnő gyerek. De tízenhárom van belőle egy tucatban. Leó azonban igazán zseni.* 1916-ban le is érettségizett itt.

Az első világháború kellős közepében, a nagyváradi premontrei iskola fizikatanára, Károly Iréneusz József javaslatára a magyar Matematikai és Fizikai Társulat a matematika versenyek mellett fizikaversenyt is szervezett az iskolásoknak. A legelső fizikaversenyen Szilárd Leó első díjat nyert, Jendrassik Andrással, a Ganz gyár későbbi igazgatójával közösen.

1916 szeptemberében a Budapesti Műszaki Egyetemre iratkozott be, oda járt öccse, Szilárd Béla is.

Az egyetemet a világháború miatt félbe kellett szakítania. Az elején Szilárd Leó a fronton a tüzérségnél szolgált, de az influenzajárvány miatt gyakran betegeskedett, így tartalékos állományban töltötte a harcok idejét.



1919. december 25-én hajóra szállt, és végleg elhagyta Magyarországot. Berlinbe ment, ahol hamarosan beiratkozott a már akkor is híres Műegyetemre. Ott kiváló fizikus professzorok voltak, több Nobel-díjas tudós tanított (köztük Einstein is). Az 1920-as években Berlin volt az európai fizika fővárosa. Ekkor a mérnöki szakmáról átpártolt a fizikára. Max von Laue tanítványaként doktorált „cum laude”-val 1922-ben, és tanársegédje lett a fizika tanszéken.

## Szilárd Leó tudományos munkássága

1926-ban írt egy igen érdekes cikket, amelyben kapcsolatba hozta a rendet teremtő emberi értelmet, mai kifejezéssel az információt, az entrópiával, azaz a rendezetlenség mértékével. A cikke arról szól, hogy hogyan idézhetünk elő entrópia-csökkenést emberi beavatkozással. Szilárd nemcsak kapcsolatba hozta az információt az entrópiával, hanem ennek alapján ki is számolta az információ mértékegységét, amit ma bitnek nevezünk. Ezzel az elméletével két évtizeddel előzte meg az információelmélet megszületését. Nem csoda, hogy a cikk igen nagy feltűnést keltett szakmai körökben, még Einstein érdeklődését is felkeltette az egyetemen.

Egy igen érdekes, egyfajta tisztelő barátság alakult ki közöttük. 1925 és 1933 között több mint harminc szabadalmat nyújtott be, nyolcat Einsteinnel közösen. 1927-ben Einsteinnel közösen szabadalmaztatta a *mozgó alkatrész nélküli hűtőrendszer*t, melynek nagy újdonsága az volt, hogy nem volt benne mozgó alkatrész. Így nem volt benne könnyen meghibásodható alkatrész, a kísérleti példányt gyártó cég 100 év garanciát is vállalt volna. Csakhogy a határfoka igen kicsi volt, ezért nem kezdték el a sorozatgyártást. 1929-ben a szabadalmaztatják a *ciklotron elvét*.

**PATENT SPECIFICATION**

**344,881**

Convention Date (Germany) : Dec. 8, 1928.  
Application Date (in United Kingdom) : Dec. 3, 1929. No. 37,004 / 29.  
Complete Accepted : March 3, 1931.

COMPLETE SPECIFICATION.

**Pump, especially for Refrigerating Machines.**

We, Prof. Dr. ALBERT EINSTEIN, of 5, Haberlandstrasse, Berlin, Germany, of Swiss Nationality, and Dr. LEO SZILARD, of 95, Prinz Regentenstrasse, Berlin-5 Wilmersdorf, Germany, of Hungarian Nationality, do hereby declare the nature of this invention and in what manner the same is to be performed, to be particularly described and ascertained in and by the following statement:—

Another important point is the low vapour pressure of the alkali metals, which ensures that the operative medium will not distil over into the parts of the apparatus where it might give rise to trouble.

The alkali metals, when pure, are not liquid at room temperature, so that, when they are used in a pure state, the apparatus must be kept at a higher temperature, a condition which also restricts the

*Einstein és Szilárd angol szabadalma a hűtőgépre (GB344881A)*





Gábor Dénes, Nobel-díjas fizikus, a holográfia megteremtője is nagyon jó barátja volt Szilárd Leónak a berlini években, így nyilatkozott Leóról: *Megszokta beszélni minden találmányát velem. Annyira tiszteltem őt, hogy sokszor ostobának éreztem magam a jelenlétében. Az összes nagy ember közül, akit életemben megismertem, meszesemenően az ő elméje volt a legragyogóbb.*

De Szilárd Leó sosem kapott Nobel-díjat. Ugyanis általában csak az ötletig ment el egy-egy kutatásban, de nem azért, mert nem tudta volna továbbvinni, hanem azért, mert úgy gondolta, hogy az ötleten túl már mások is meg tudják valósítani, és nem akart olyasmivel foglalkozni, amit mások is meg tudnak tenni. Mások meg is tették, és sorra kapták a Nobel-díjakat.

1933 elején, amikor Adolf Hitler átvette a hatalmat Németországban, megérezte a változó idők szelét, a veszélyt: *Bepakoltam két bőröndömet, hogy bármelyik pillanatban elbágyhassam az országot.* Elsősorban a papírjait, a tudományos kutatásának meg a tudományszervezésének a papírjait csomagolta össze. Amikor 1933. február 27-én felgyújtották a Reichstag-ot, minek következtében Hitler a teljes hatalmat kezébe vette, Szilárd rögtön tudta mit kell tennie. Felszállt a bécsi gyorsra, éppen az utolsó pillanatban, ugyanis a következő nappal kezdődően a zsidóellenes bojkott miatt nem engedték ki a zsidókat Németországból. Így gondolt vissza erre a szerencsés menekülésre: *Az embernek nem kell sokkal okosabbnak lennie a többinél, ha boldogulni akar az életben; az is elég, ha csak egy nappal megelőzi őket.* Másodszor is új hazát kellett választania.

Újabb hazája Anglia lett, ahol nemcsak fizikusi tevékenységgel foglalkozott (jelentős szabadalmak fűződnek a nevéhez ebből az időszakból is), hanem részt vett azokban a mentési akciókban, amelyek a Németországban rekedt jobbrészt zsidó, de nem csak zsidó tudósoknak a szabad földre juttatását célozták. Segített Sir William Beveridge-nek, a *Tudósokat Támogató Tanács* megalapításában és működtetésében, amely kimenekítésük után megélhetési lehetőséget is biztosított a tudósoknak Angliában. A szervezet ma is működik.

## Az atomenergia felszabadításának az ötlete

A 30-as években felismerte azt, hogy a biológia lesz a tudomány legközelebbi frontvonala. A sors azonban közbeszólt. Idézzük Szilárd Leót: *1933 végén Londonba kerültem, és olcsó nyelvtanulási módszerként sokat olvastam angol újságokat. Egy reggel a lap a Brit Tudósegyesület éves közgyűléséről írt, ahol Lord Rutherford tartott beszédet. Idézték azt a kijelentését, hogy aki az atomenergia nagyméretű felszabadításáról beszél, az holdkóros.*

Rutherford tudta, hogy az atomokból rengeteg energia szabadulhat fel, de boldog volt, ha 1 vagy 2 atommag-átalakítást létre tudott hozni. Szilárdnak



nagyon megtetszett a cikkben, hogy milyen hatalmas energiákat rejt magában az atom, de azt nem tudta elfogadni, amit Rutherford írt, hogy azt az energiát nem lehet felszabadítani. És ekkor a marslakó otthagytta a biológiát, és az atomfizika felé fordult. *Az az ötletem támadt, hogy lehetségessé válnék egy láncreakció, ha találnánk egy elemet a 92 kémiai elem között<sup>2</sup> amelyet, ha eltalál egy neutron, az két neutront bocsátana ki.*

Szilárd Leó anélkül, hogy egy konkrét magreakcióra gondolt volna, azt tételte fel, hogy ha egy magreakcióban ugyanolyan részecske keletkezik, mint amelyik létrehozza a reakciót, akkor egy ilyen reakció önfenntartóvá válik. Tehát nem kell kívülről mi beavatkozzunk, mint a Rutherford kísérlete esetében, nem kell állandóan gyorsítani az atomokat bombázó protonokat, hanem a keletkezett részecske az létre is hozza a következő reakciót. Ha pedig legalább két neutron keletkezik, akkor a reakciók megsokszorozódnak (2-ből 4, 4-ből 8, 8-ből 16, és így tovább, exponenciális növekedéssel), így akkor makroszkopikus méreteket ölt a felszabaduló energia. Ez lenne a láncreakció. Ugyanúgy, mint a vegyi reakciók esetében: egy szál gyufával erdőtűzet lehet csinálni. A vegyészek jól ismerték a láncreakció fogalmát: a reakcióban termelődött energia újabb reakciókat hoz létre, az ott keletkezett energia megint újabbakat, és így tovább. Szilárd Leó rájött, hogy a semleges neutronnal kell bombázni az atommagot, amely egyszerűen besétál az atommagba, és nem a pozitív töltésű alfa részecskével vagy esetleg protonokkal, amelyeket az ugyancsak pozitív atommagok eltaszítanak: *Ha elegendő mennyiséget halmozunk fel az ilyen anyagból, akkor olyan láncreakciót tudnánk megvalósítani, amelyben nagy mennyiségben szabadulna fel az atomenergia.* Ha a láncreakció egyszer beindul, akkor az igen rövid idő alatt végbe is megy. A másodperc milliomod része alatt milliárdnyi magreakció játszódik le, így az energiának rendkívül heves robbanás formájában kell felszabadulnia. Mint egy bomba. Az atomenergia esetében, atombomba. Felismerte a „kritikus tömeg” létét: ahhoz, hogy a keletkezett neutronok újabb atommagba ütközzenek, tehát újabb reakciót okozzanak, az anyagdarabnak elég nagynek kell lennie, különben a neutron kiszökik az anyagból, és a láncreakció leáll. Ez egy nagyon merész ötlet volt: az atomenergia felszabadításának az ötlete.

Szilárd Leó nem tudta, hogy milyen anyag alkalmas erre, de ebben a gondolatban benne volt a későbbi atombomba lehetősége is. Világosan látta, hogy Németországban a náci párt maga lett a német állam. És hogy a náci háborúra készültek. Ezért a láncreakció gondolatát szabadalmaztatta, de nem akarta, hogy a németek tudomást szerezzenek róla, ezért a szabadalmát titkosította, úgy, hogy a Brit Admirálisnál letétbe helyezte.

---

<sup>2</sup> Akkoriban 92 vegyi elemet ismertek.



Cambridge-ben, az atomkorszak elindítójától, Ernst Rutherfordtól kért lehetőséget, hogy a laboratóriumban kísérletileg megtalálja a neutron-kibocsátó elemet, ami a láncreakció alapanyagát képezné, ugyanis Rutherford volt a kor talán legnagyobb fizikusa, aki ehhez hozzá tudott volna szólni. Miután Szilárd elmondta neki ezt az ötletét, Rutherford a leírások szerint kidobta az irodájából, annyira fel volt háborodva, hogy ilyen lehetetlen ötlettel állt elő Szilárd. Teller Ede a következőkre emlékszik vissza: *1934 végén a nagy magfizikus, Rutherford előadását hallgattam, melyen szakértő közönség előtt vagy fél órán keresztül azt fejtegette, milyen bolond, aki a magenergia gyakorlati felhasználását javasolja. Egy héttel később Londonban Szilárd elmesélte nekem, hogyan dobták ki Rutherford hivatalából, amikor a magenergia gyakorlati felhasználását javasolta. Így aztán tudtam, kiről beszélt Rutherford.*

Szilárd Leó nem tudta meggyőzni kollégáit sem, Niels Bohrt vagy Enrico Fermi sem, hogy az atomenergia kiszabadítható az atomból, és gyakorlati célokra is felhasználható. A tekintélyes és Nobel-díjas fizikusok csak elnézően mosolyogtak a „marslakó” Szilárd „holdkóros” ötletén. Még Einstein sem hitt e lehetőségben. Ő is 1933-ban menekült el Németországból, de egyenesen Amerikába. 1935-ben először lépett fel nyilvánosan új hazájában egy tudományos konferencián. Einstein nem ismerte Szilárd láncreakciós ötletét, és a következőket mondta a riportereknek az atomok energiájának a felszabadításáról: *Majdnem teljesen biztos vagyok abban, hogy nem lesz lehetséges átalakítani anyagot energiává gyakorlati célokra. Ez olyasmi, mint sötétben madarakra lőni egy olyan országban, ahol csak néhány madár van.*

Évek múlva Wigner Jenő így jellemezte Szilárd Leót: *Hosszú életemben, amit tudósok között töltöttem el, soha nem találkoztam senkivel, akiben több lett volna a képzelet és az eredetiség, akinek a gondolkodása és a véleménye annyira önálló lett volna, mint Szilárd Leóé. Amikor ezt mondom, kérem, gondoljanak arra, hogy Albert Einsteint is jól ismertem.*

Leónak rögeszméje lett a láncreakció. Nem maradt hátra más, mint hogy munkahelyén, a Szent Bertalan kórházban kezdjen el kutatni, T. A. Chalmers angol kutatóval és Joseph Rotblat-tal. A kórház rádium sugárforrását használva próbálta megtalálni a láncreakcióra képes vegyi elemet. A berilliummal kísérletezett, de az végül nem bizonyult megfelelőnek.

De eközben talált egyebet: izotópok szétválasztásra kidolgoztak egy olyan megoldást, amelyet ma Szilárd-Chalmers módszernek neveznek. Az effektus lényege az, hogy ha egy atommag neutront nyel el, és nem hasad fel, akkor a keletkezett izotóp gammasugárzást bocsát ki, amely hátralöki magát az izotópot, mint az ágyúgolyó kilövése az ágyút. Így az izotóp kiszakad a kémiai kötésből, hatékonyan szétválasztható a többi atomtól, és összegyűjthető. Ez aztán nagyon fontos szerepet játszott később az urán felhasználásában, mert nem minden uránatom alkalmas az atombombára vagy az atomenergia felszabadítá-





sára. A *Nature* 1934 szeptemberi számában jelent meg Szilárd Leo és T. A. Chalmers cikke, ami egy új tudományág, a „forróatom-kémia” megszületését eredményezte. Ez volt az első módszer, amellyel külön lehetett választani mesterségesen létrehozott radioaktív izotópokat az eredeti atomoktól.

Szilárd Leo 1935-ben megkapta Angliában a menekültstátuszt, és attól kezdve Oxfordban, a Clarendon Laboratóriumban dolgozott, ahol folytatta magfizikai kutatásait. A harmincas évek Angliájában olyan híres tudósokkal tartott együtt előadást, mint Lise Meitner, Neumann János, vagy éppen egykori tanára, Erwin Schrödinger.

1937-ben részecskegyorsítót tervezett James Tuck angol fizikussal, a betatronnal, amellyel beta részecskéket, azaz elektronokat lehetett gyorsítani, hogy atommagokat bombázzanak velük. Előnye az volt, hogy a negatív elektront az atommag nem taszította el, hanem ellenkezőleg, vonzotta. A betatron végül Donald Kerst, amerikai fizikus építette meg 1940-ben.

Egy évvel a második világháború kitérője előtt átköltözött az Egyesült Államokba. Harmadszor változtatott hazát: *A gyökerek fontosabbak, mint a szárnyak. De ha nem verhetek gyökeret, szárnyakat fogok használni.*

Amerikában nagyon sok lehetősége kínálkozott. A Columbia Egyetemen alkalmazza őt Walter Zinn atomfizikus. A Pupin laboratóriumban lehetősége lett a láncreakció ötletét kivitelezni: végigpróbálni a vegyi elemeket, megtalálni a láncreakcióra alkalmasat. Hamarosan Enrico Fermi is megérkezett Amerikába<sup>3</sup>.

Az eltelt évek alatt senki sem talált olyan magreakciót, amelyben egy neutron kettőt szabadítana fel. Elkedvetlenedett, már-már lemondott a láncreakció létrehozó vegyi elem kereséséről. December 21-én levelet küldött a Brit Admirálisnak, melyben javasolta az 1934-ben beadott láncreakció szabadalma titkosságának a feloldását. De éppen ekkor hozta New Yorkba Niels Bohr fizikus a nagy hírt Európából: az urán atommag ketté tud hasadni!

Berlinben Otto Hahn kémikus – Rutherford korábbi munkatársa – és Fritz Strassmann neutronnal bombázták az urán atommagot. Furcsa módon, a magfizika addig ismert alaptörvényét megszegve, megjelent egy fele akkora atomtömegű vegyi elem, a bárium. Honnan? Ezt először Lisa Meitner és unokaöccse Otto Frisch<sup>4</sup> értelmezték. Szerintük a bárium úgy jelenhetett meg, hogy az urán atommag kettőbe hasadt a neutron hatására! És ezután rengeteg energia szabadult fel, pontosan Einstein híres energia-képlete szerint:  $E=mc^2$ . Majd értesítették minderről Niels Bohrt, a nagy dán tudóst, aki éppen Amerikába hajózott egy konferenciára.

<sup>3</sup> Amikor Fermi Stockholmban átvette a Nobel-díjat, kihasználta az alkalmat, és nem ment vissza Olaszországba, hanem családjával az Amerikai Egyesült Államokba emigrált.

<sup>4</sup> Mindkettő zsidó tudósok voltak, akik akkorra már elmenekült Németországból.



Amikor Szilárdhoz eljutott ez a hír, ő volt az első, aki rögtön tudta, hogy ez a felfedezés elvezethet a nukleáris láncreakcióhoz, ami pedig elvezethet az atombombához. De csak akkor, hogyha teljesül az 1934-es szabadalmában megfogalmazott feltétel: hogyha a neutron okozta reakció után felszabadul még legalább két neutron, ami továbbviszi a reakciót: kettőből 4, abból 8 maghasadás, és így tovább. A marslakó, aki Rutherford szerint holdkóros is, azzal az ötlettel állt elő, hogy az uránium maghasadásánál újabb neutron-kibocsátás is megtörténhet! Ha pedig a kibocsátott neutronok száma meghaladhatja az 1-et, akkor lehetséges lenne az energiatermelő láncreakció kialakulása.

Elkezdődött a versenyfutás: keletkeznek-e az uránium maghasadása után újabb neutronok? Mert ha igen, és több keletkezik, mint egy, akkor Szilárdnak igaza lesz: lehetséges a láncreakció, tehát az atombomba is. Ki találja meg hamarabb, hogy szabadul-e fel, és ha igen, akkor hány neutron szabadul fel egy maghasadáskor?

Fermi Chicagóban, a Curie házaspár Franciaországban, Hahn és Strassmann Németországban, Szilárdék pedig New Yorkban a Columbia egyetemen ismételték újból és újból az urán maghasadási kísérletet. Az eredmény az lett, amit már Szilárd megsejtett: igen, körülbelül két vagy három gyors neutron bocsátódik ki minden egyes maghasadásnál. Hasonló eredményre jutott Fermi Chicagóban, de tőlük függetlenül az európaiak is. Ezzel beigazolódott Szilárd sejtése, aki most már tudta: az uránium volt a hiányzó láncszem a láncreakció elméletében, az atom energiájának felszabadításában.

A sors fintora, hogy amikor Szilárd Leó 1938. december 21-én levelet írt a brit Admirálisnak, hogy feloldja a láncreakció szabadalmának a titkosítását, éppen aznap fedezték fel Hahnék a maghasadást.

Továbbá az is kiderült, hogy az uránércből csak a 235-ös uránium hasad, a 238-as uránium az elnyeli a neutronot, és nem hasad szét, hanem átalakul, plutónium lesz belőle. Ezért csak az igen ritka, 235-ös uránium volt alkalmas a láncreakcióra. Sajnos Rutherford 1937-ben meghalt, nem láthatta, hogy mégis ki lehet csikarni az atomokból az energiát.

## Az atombomba megvalósítása

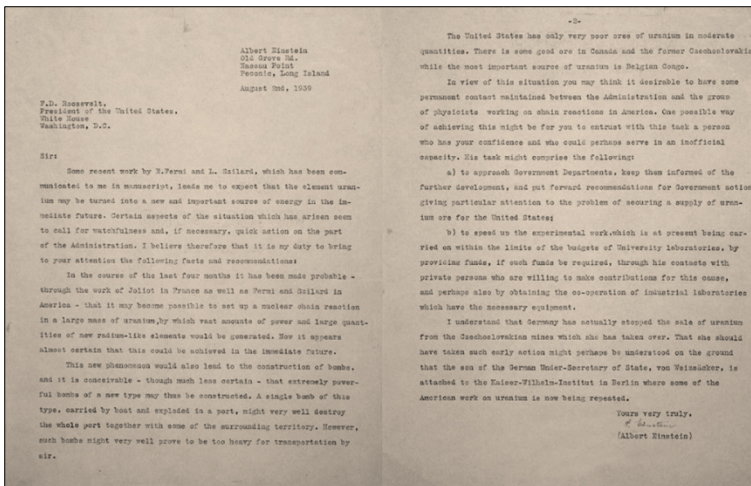
Szilárd mindig előrenézett, mindig foglalkozott azzal, hogy milyen következményei lehetnek egy felfedezésnek. Ebben az esetben tudta, hogy a nukleáris láncreakció az atombombához vezet. Ezért 1939 tavaszán javasolta, hogy a tudósok minden magfizikai kutatást titkosítsanak, ne publikáljanak. De a nukleáris láncreakció potenciális veszélyeit a fizikusok sem látták át mind. Nagy fizikusokkal is vitába kellett szállnia Szilárdnak. Ez is egy új, furcsa gondolat



volt, hogy tudományos eredményeket titkosítsanak, hiszen a tudomány az mindig egyetemes jellegű volt.

A jég megtört. Joliot-Curie-nak fontosabb volt a tudományos elsőbbség, és publikált. Így a keletkező neutronok felfedezésének híre 1939 júniusában napvilágot látott a *Nature* folyóiratban. A szellem kiszabadult a palackból. Marx György fizikus így fogalmazott: *1939 tavaszán elszabadult a lavina: felfedezték a maghasadást.*

1939 szeptemberében kirobbant a második világháború. Szilárd Leó tudta, hogy a németek nem hagyják ki az atombomba lehetőségét. Meggyőzte Albert Einstein, hogy használja fel hírnevét, és írjon levelet Franklin Rooseveltnak amerikai elnöknek, hogy Amerika is kezdjen el atombombát gyártani. Einstein feladta legendás pacifizmusát, és 1939. augusztus 2-án aláírta a levelet.



### *Einstein-Szilárd levele Rooseveltnak* (Wikipédia)

Szilárd terve sikerrel jár: Roosevelt elnök létrehozta az *Urán Tanácsadó Bizottságot*, melynek tagjai voltak Szilárd Leó, Wigner Jenő és Teller Ede is. A bizottság katonatiszt tagjai viszont örülségnek tekintették, hogy ki nem próbált tudományos elmélet alapján bombát gyártani. E hozzáállás nem volt teljesen alaptalan, ugyanis még senki sem látott ilyen láncreakciót. Létrejöhet-e egyáltalán a valóságban az, amit 1934-ben Szilárd Leó kitalált? És azt sem tudták, hogy a németek már szeptember 17-én megkezdték az atombomba programot. Végül a marslakók, akiket Weinberg a „chicagói magyar maffiának” nevezett, és akik kizárták tartották, hogy a németek nem készítenek bombát, győztek:

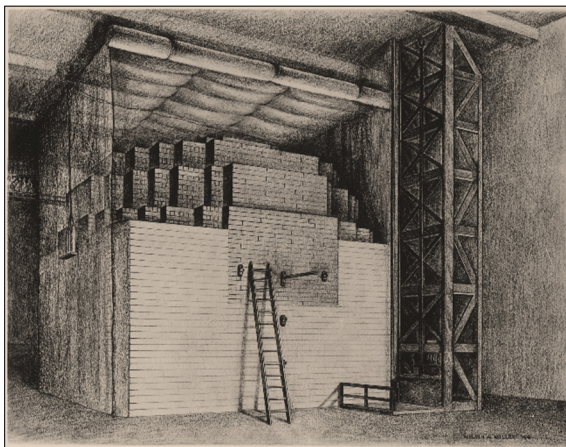


1940 novemberében a kormány szerződéses megbízást adott a Columbia Egyetemnek az atomenergia kifejlesztésére.

A háborús hírek nagy kapkodásában a katonai titkosszolgálat kiderítette, hogy Fermi olasz fasiszta, Szilárd pedig németpárti, ezért nem javasolták őket titkos munkára. Nem tudták, hogy az elvégzendő „titkos munka”, a láncreakció létrehozása éppen az ő fejükben született meg.

A titkos kutatóközpontot Chicagóban állították fel, „Metallurgiai Laboratórium” fedőnév alatt. Szilárd Leó volt tulajdonképpen a Met-lab vezető fizikusa. Ő nem vett részt a terv egy bizonyos részének a kivitelezésében, hanem számtalan ötlettel, javaslattal irányította, segítette a munkát. Előre látta a felbukkanó problémákat, és javaslatokat tett azok elkerülésére. Ezért „Generálisnak” becézték a munkatársai. A kémiai problémák megoldása Wigner Jenő, a matematikai számítások elvégzése Neumann János feladata volt. Vagyis, a marslakóké<sup>5</sup>.

A terv első lépése a láncreakció létrehozása volt, ellenőrzött körülmények között. Kísérletileg bizonyítani kellett, hogy az nemcsak Szilárd fantáziájában, hanem valóban létrejöhet, és fenntartható ellenőrzött körülmények között. Ezt a kísérleti felszerelést nevezték atomreaktornak, vagy atommáglyának. A *Chicago Pile-1* nevű atomreaktort a chicagói egyetemmel szemben levő amerikai futballstadion tribünje alatt építették meg. Vajon, felszabadul-



*Az első atomreaktor, a Chicago-Pile 1942-ben, a Manhattan-terv része (Wikipédia)*

e az atomenergia? Igaza van-e Szilárd Leónak? Ha rosszul számoltak, akkor be sem indul, vagy, esetleg felrobban az egész tribün, vagy ki tudja, az egész város.

A reaktor tulajdonképpen egy nagy tömeg, ami uránrudakból és grafitteglákból állt össze. Ugyanis az volt a probléma, hogy egy maghasadásból keletkezett neutronok túl gyorsak voltak, kirepültek az urándarabból. Le kellett őket lassítani, hogy azok újabb uránium atommagoknak ütközhessenek, újabb hasadást idézzenek.

<sup>5</sup> Szilárd Leó, Neumann János, Teller Ede, Wigner Jenő, Kármán Tódor, Erdős Pál, Pólya György, Kemény János, Halmos Pál voltak a marslakók. Olykor más magyar tudósokat is annak neveztek, akik nem emigráltak Amerikába.

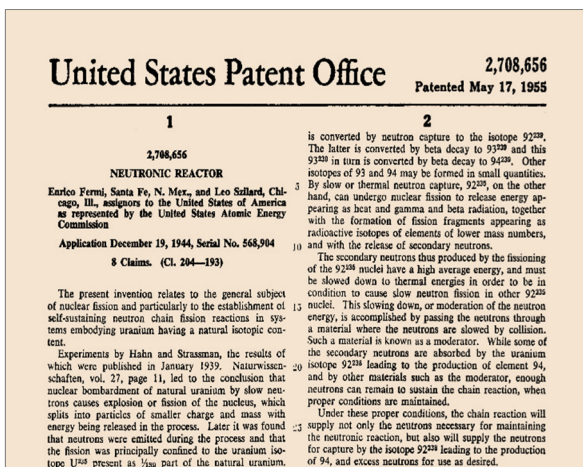


nek elő. Próbálkoztak lassítani a neutronokat vízzel (H<sub>2</sub>O), de az inkább elnyelte a neutronokat; majd nehézvízzel (D<sub>2</sub>O), ami jó lett volna, de azt lassú és igen költséges volt előállítani. Szilárd szénatomokat javasolt, azaz grafitot. De amikor kipróbálták, nem működött: a grafit nem csak lelassította, hanem el is nyelte a neutronokat, és a reakció leállt. Szilárd rájött, hogy nem a grafitval van a baj, hanem a benne levő szennyeződések nyelik el a neutronokat. Majd tiszta grafitot szerzett be. 1939 nyarán Fermi és Szilárd megtervezte grafitval az első nukleáris reaktort, a láncreakció tanulmányozására.

Tulajdonképpen a németek is próbálkoztak grafitval, de elvetették azt, ugyanis nem jöttek rá, amire Szilárd rájött, éspedig, hogy a szennyezés nyeli el a neutronokat. A Német Atomenergia Csoport a költséges és igen lassan előállítható nehézvizet választotta a neutronok lassítására. Emiatt maradtak le az atomprogrammal! Tulajdonképpen volt egy másik ok is, éspedig az, hogy Heisenberg – aki Németországban maradt – rosszul számította ki a kritikus tömeget<sup>6</sup>.

1942 júniusában a kormány eldöntötte: atombombát kell készíteni. Katonai vezetőjének Leslie Groves tábornokot nevezték ki, aki a Pentagon felépítését is levezette. 1942. december 2-án a titkos gyárakban előállított 235-ös uránmennyiség elérte a számítások által megkapott kritikus tömeget: 9 óra 45 perckor a chicagói atommáglya kezdett felmelegedni, szép lassan beindult a világ első, önfenntartó nukleáris láncreakciója!

*Az olasz hajós partot ért. A bennszülöttek nagyon barátságosak voltak. Ez volt a kódolt telefonüzenet, ami a kísérlet sikerét jelentette be. Ez a sikeres kísérlet bebizonyította, hogy magbomlás által feltárt atomenergia előcsalogatható a láncreakció segítségével, pontosan úgy, ahogyan Szilárd elképzelte 10 évvel korábban. Enrico Fermi és Szilárd Leó később szabadalmat kapott az atomreaktorra.*



*Szilárd és Fermi reaktor szabadalma (benyújtva 1944-ben)*

<sup>6</sup> Heisenberg a háború után azt vallotta, hogy ezt tudatosan tette, hogy Hitlernek ne legyen atombombája.





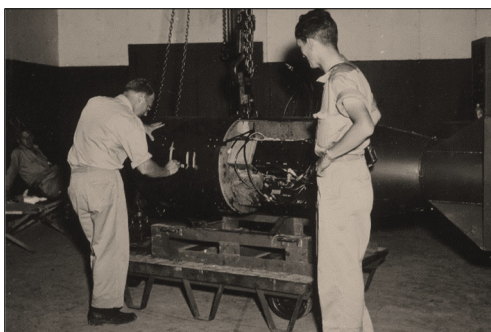
H.G. Wells 1914-ben megjósolta, hogy az atom belsejében szunnyadó energiát „indukált radioaktivitással” lehet előteremteni egy gépben: mai fogalmakkal, atomreaktorban. Csak annyiban tévedett, hogy ez nem az általa megjósolt 1953-ban, hanem már 1942-ben megtörtént.

A sikeres chicagói kísérlet után minden elméleti és gyakorlati kérdés pontra volt téve, a bombát már csak el kellett készíteni. Robert Oppenheimer, az atombombát gyártó Manhattan titkos terv szakmai vezetője 1944-ben titkos laboratóriumot jelölt ki az új-mexikói Los Alamosban, hogy elkészítsék az első atombombát.

Ekkor Szilárd megint néhány lépéssel a többiek előtt járt, ugyanis rájött arra, hogy 1944 táján Németország sorsa már megpecsételődött, tehát az atombombát nem kellett már ledobni Németországra, mert már nem volt rá szükség. Tehát még el sem készült a bomba, és Szilárd, aki kezdeményezte és sürgette az atombomba elkészítését, már a betiltásán fáradozott. Éppen ezért a Manhattan-terv katonai parancsnoka, Groves nem bízott meg Szilárdban. Sőt, nyílt ellentét alakul ki köztük. Így jellemezte Szilárd Leót: *Szilárd Magyarországon született, német, vagy talán osztrák katonára volt. Az első világháború után mindig tanulmányozott valamit, sohasem tanított; semmi lényegeset nem csinált, csak örököké tanult.* Groves széleskörű nyomozást indított Szilárd ellen, ugyanis az folyton „elképesztő” gondolatokkal állt elő, köztük most már az azal, hogy a bombát nem szabad felrobbantani. Így Szilárd szép lassan kimaradt, vagy inkább árnyékba került a további fejlemények során. Nem is vitték Los Alamosba, hanem Chicagóban hagyták. Groves írt utólag egy könyvet, *Az atombomba születése*, és ebben meg sem említette Szilárd Leót.

## A II. világháború után

Szilárd már a háború utáni időközön gondolkodott. Előre látta, hogy az atombomba emberek ellen való bevetése egy fegyverkezési versenyt fog elindítani Amerika és a Szovjetunió között. 1945 tavaszán Szilárd újból Einsteinhez fordult, egy újabb levelet megfogalmazni Rooseveltnél elnökhöz, amelyben felhívják a figyelmét ezekre a veszélyekre. De közben az elnök április 12-én váratlanul elhunyt.



*Az első atombomba, a Little Boy összerakása*  
(Wikipédia)



1945. május 9-én Németország kapitulált, Európában vége lett a háborúnak. Sok tudós feltette magának a kérdést, hogy akkor most minek kell az atombomba?

Új elnök került a Fehér Házba, Harry Truman. Ő és új külügyminisztere, Burns hallani sem akartak arról, hogy a bombát ne használják fel. Így a Manhattan-terv nem állt le, ugyanis az amerikai hadi irányítás úgy gondolta, hogy Japánban nagy szükség lehet erre a bombára, hiszen a japánok nem adták meg magukat, és a háború folytatása Japánban nagyon sok amerikai katona életébe kerülne.

A tudósok azért vállalták fel erkölcsileg is az atombomba elkészítését, hogy megelőzzék ebben a náci Németországot, ahol felfedezték a maghasadást, és ugyancsak folyt atombomba program. Japán támadásának a terve felháborította azokat a tudósokat, akik arra tették fel az életüket, hogy Németországot kell legyőzni ezzel a fegyverrel. Szilárd Leó lett a hangadó. Innen kezdve az élete az atombomba felhasználásának megakadályozásáról szólt, illetve a hidegháború résztvevőinek békítéséről. 1945 júliusában megfogalmazott egy tiltakozó petíciót Truman elnökhöz, a „Szilárd-petíciót”, amit több tudós is aláírt, elsősorban a chicagóiak, amelyet az amerikai elnöknek nyújtottak be: *A Tervben kifejlesztett fegyver által képviselt erőnek az egész világra kiterjedő társadalmi és politikai hatása különleges erkölcsi kötelezettségeket ró az Egyesült Államok kormányára és népére... Azt javasoljuk tehát, hogy mielőtt a bombát használják... tegyék közzé és demonstrálják annak erejét, ezzel a japán népnek alkalmat adunk arra, hogy mérlegelje, milyen következményekkel jár, ha továbbra sem kapitulálnak.*

Továbbá javasolta, hogy a háború után vonják nemzetközi ellenőrzés alá az atomenergia felhasználását, hogy megakadályozzanak egy háború utáni atomfegyverkezési hajszát. Ezt aláírta a Metallurgiai Laboratóriumban és az Oak Ridge-ben dolgozó legjelentősebb 70 tudós. De Groves tábornok megakadályozta, hogy a petíció eljusson Truman elnökhöz, és azt is, hogy Szilárd bárhol is publikálja. Ez az a pillanat, amikor kiderült, hogy a tudósok szava semmit nem ér, ugyanis ők arra voltak hivatva – az amerikai hadi vezetésnek a fejével gondolkodva –, hogy az atombombát létrehozzák, és nem arra, hogy a felhasználásának a mikéntjéről döntsenek.

1945. július 16-án, ugyanaznap, amikor Szilárdék Chicagóban aláírták a petíciót, Új Mexikóban, a Jemez hegység közelében, az Openheimer által Trinity-nek nevezett helyen felrobbant a „szerkentyű”, az első kísérleti atombomba. Egyetlen neutron elkezdte a Szilárd-féle láncreakciót, és a folyamat megállíthatatlan lett. Egy fél gramm anyag átalakult tiszta energiává, Einstein képlete szerint, ez volt a bomba ereje. A hatása lenyűgöző volt. *Ha sok ezer Nap egyszerre lángolna fel az égen, az közelítené csak meg a Legfelsőbb Személy univerzális formájának ragyogását.* Ezeket a



sorokat idézte Robert Oppenheimer az indiai szent könyvből, a *Baghavád Gíta*-ból (XI, 12) amikor meglátta az első atombomba robbanását.

Az atomfizikával és magfizikával a középiskolai oktatás során a diákok a 12. osztályban találkoznak. A tananyag tartalmazza az atomreaktor szerkezetét, az eredményeket, de fontos a diákokkal megismertetni azt az utat, ahogyan ezekre az eredményekre a tudósok eljutottak, illetve a fizikatudomány emberi és társadalmi dimenzióit.

J. Ogborn fogalmazta meg ezt nagyon világosan: *Kevés időt áldoztunk arra, hogy a fizikát úgy mutassuk be, mint egy nagyszabású emberi vállalkozást, melyet valódi emberek alkottak, valóságos emberi tulajdonságokkal és hibákkal bíró emberek.*

Szilárd Leó életútja pontosan ezt a hiányt pótolja: emberi dimenziót ad a fizikának, ebben a konkrét esetben az atom- és a magfizikának. Megértjük belőle, mennyi emberi gondolkodás, kételkedés, munka bújik meg olyan fogalmak mögött, mint atommag vagy maghasadás.

Szilárd Leó, akit sokszor neveztek az „atombomba atyjának”, saját magát sem hagyta ki kritikus elemzéseiből. Egy rövid írásában, *Háborús bűnösként álltam a bíróság előtt*-ben hangot adott lelkiismeret-furdalásának, hogy az ő találmánya volt az a fegyver, amely mindent elpusztíthat egy háborúban. Nyilvánosan ellenezte a további kísérleti atomrobbantásokat, de a hidrogénbomba fejlesztését is. Többször is nyilvános vitába szállt ezzel kapcsolatban Teller Edével, a hidrogénbomba atyjával.

A hirosimai atombomba után Szilárd Leó tulajdonképpen otthagyta a fizikát. A békéért való harc mellett, egy új területen kezdett dolgozni, a biológia felé fordult haláláig. 1946 októberében a chicagói egyetem Radiobiológiai és Biofizikai Intézetében a biofizika tanára lett. Mint biológus, sok felfedezése volt a molekuláris biológia területén. Szilárd ontotta a használható gondolatokat, és a kutatók jelentős része nem is habozott felhasználni azokat, akikből aztán Nobel-díjasok lettek, és a Nobel-díj átvételekor is köszönetet mondtak Szilárdnak.

Jacques Monod, a párizsi Pasteur Intézet professzora, amikor átvette 1965-ben az enzimszintézisért az élettani Nobel-díjat, elmondta, hogy Szilárd kérdései vezették el végül is az enzimszintézis genetikai kontrolljára vonatkozó eredményeihez.

Szilárd Leó találmánya, az atombomba, ma is Damoklész kardjaként áll az emberiség fölött. Ma is érvényesek az aggodalmai, mondhatjuk még nagyobb mértékben, hiszen már nem csak Amerikának és Oroszországnak van atombombája, és ma még ellenőrizhetetlenebb hogy kinek a kezébe jut a bomba indítási gombja. Az általa megjósolt fegyverkezési hajszája a második világháború után elkezdődött, és úgy tűnik, ma újra kezd felerősödni.

Másrészről a Szilárd Leó láncreakciója által nyert atomenergia ma még mindig az egyik legfontosabb megoldás az energiaszükségletre, ugyanis a fosszilis



energiaforrások fogytán vannak, és a CO<sub>2</sub> termékükkel szennyezik a levegőt és erősítik az üvegházhatást, illetve a zöldenergia még messze nem elégíti ki a szükségleteket. A fúziós magenergia pedig még csak kísérleti stádiumban van.

Hogy hogyan alakul ez a helyzet tovább, nem tudjuk. Nincs manapság egy Szilárd Leó, aki előrelássa évekkal az emberiség történelmének alakulását.

## Könyvészet

- Marx György: *A marslakók érkezése*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000.
- Hargittai István: *Az öt világformáló marslakó*, Vince Kiadó, Budapest, 2006.
- Bödök Zsigmond: *Nobel-díjas magyarok*, Nap Kiadó, Dunaszerdahely 2005.
- Hraskó Péter: Epizódok a maghasadás felfedezésének történetéből, in *A Természet Világa*, 2006/I. különszáma, Budapest
- Werner Braunbeck: *Az atommag regénye*, Gondolat Kiadó, Budapest 1960.
- Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete*, Gondolat Kiadó, Budapest 1978.
- Tibor Frank: The Multiple Exiles of Leo Szilard, in *Physics in Perspective*. 2005/7, 204–252, Birkhauser Verlag, Basel, 2005.
- Egy különös kisfiú  
<https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/MuMaTu-a-mult-magyar-tudosai-1/szilard-leo-6052/egy-kulonos-kisfiu-60C7/>

**Miholcsa Gyula**

Marosvásárhely

e-mail: miholcsagyula@gmail.com

