

figyelhető legnagyobb H-tömeg tehát $206-91 = 115$ GeV volt, 10 GeV-vel a Higgs-bozon később megfigyelt tömege alatt. Ugyanakkor a négy kísérlet közül az egyik, az ALEPH meglehetősen nagy konfidencia mellett látott Higgs-bozonszerű jeleket (5. ábra) 115 GeV-nél, amíg a másik három kísérlet (DELPHI, L3 és OPAL) nem. Az ALEPH résztvevői közül sokan egészen a tényleges LHC-megfigyelésig meg voltak győződve róla, hogy a Higgs-bozonnak 115 GeV-nél kell lennie.

Az adatelemzést természetesen nagyon komolyan ellenőrizték mind az együttműködésekben belül, mind pedig a négy együttműködés küldötteiből álló bizottság. Többek között megvizsgáltuk, mi okozza a négy kísérlet ennyire különböző eredményét. Hasonló szempontok alapján kiválogatott, leginkább Higgs-jelszerű eseményeket szedtünk össze a négy kísérletből, és mindegyik eseményhez kiszámítottuk annak valószínűségét, hogy különböző H-tömegek feltételezése esetén mennyire jelszerű. A 6. ábrán ez a tényező szerepel a négy LEP-kísérlet 17 kiválasztott Higgs-szerű eseményjelöltjére. A görbék összevissza tekerednek, hiszen a jelszerűség erősen függ a feltételezett Higgs-tömegtől, ezért spagetti-ábráknak neveztük el. Az ALEPH sok eseményének súlyeloszlása 115 GeV körül sűrűsödik, amíg a másik három kísérletnél jóval kevesebb eseményt látunk véletlen eloszlással. Ez a megfigyelés komoly vihart váltott ki a LEP-nél: sok fizikus aláírt egy kérvényt a CERN főigazgatójához, hogy hosszabbítsák meg egy évvel a LEP működését, de ezt a vezetőség elutasította, mert a szimulációk nem mutattak ígéretes lehetőséget a Higgs-bozon felfedezésére 115 GeV-nél, és az LHC építését a kivitelezőkkel kötött szerződéseknek megfelelően 2001-ben el kellett kezdeni.

A négy LEP-kísérlet egyesített eredménye [4] végül azt mutatta, hogy a Higgs-bozon tömege, ha egyáltalán létezik, 95%-os megbízhatóság mellett 114,4 GeV felett található.

Cikkem második része már a Higgs-bozon megfigyeléséről szól majd.

Irodalom

1. Veszprémi Viktor: A Higgs-bozon kutatása: befejezett vagy csak most kezdődik? *Fizikai Szemle* 70/4 (2020) 118.; http://fizikai.szemle.hu/uploads/2020/05/fizszem-202004-veszpremiviktor_15_07_21_1589288841.7861.pdf
2. Horváth Dezső, Trócsányi Zoltán: *Bevezetés az elemi részek fizikájába*. Typotex kiadó, Budapest (2017) 8. fejezet.
3. D. Horváth: Higgs and BSM Studies at the LHC. *Universe* 5/7 (2019) 160.; <https://doi.org/10.3390/universe5070160>
4. R. Barate és társai [LEP Working Group for Higgs boson searches, ALEPH, DELPHI, L3 and OPAL Collaborations]: Search for the standard model Higgs boson at LEP. *Phys. Lett. B* 565 (2003) 61–75; doi:10.1016/S0370-2693(03)00614-2

A templomba beszélál egy Higgs-bozon...



KI TALÁLTA FÖL AZ EINSTEIN–SZILÁRD-FÉLE HŰTŐSZEKRENYT?

Illy József

Einstein Papers Project
California Institute of Technology

1925 körül tragikus hír jelent meg egy berlini újságban: egy egész család megfulladt, mert hűtőszekrényük szivattyújában szivárgás lépett föl és kiszabadult a mérgező hűtőgáz. Ezzel a megrázó eseménnyel szokták in-



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 egyik szerkesztője a Boston University-n, majd a California Institute of Technology-n.

dokolni, miért látott neki *Albert Einstein* és *Szilárd Leó*, hogy biztonságos hűtőszekrényt tervezzen.

Sajnos, a hír forrását nem sikerült megtalálnom. Akár ez volt az oka együttműködésüknek, akár nem, az tény, hogy 1925-től 1930–1931-ig tartó közös munkájuk eredményeképp 1932-ig öt szabadalmat kaptak abszorpciós és diffúziós hűtőszekrényre, és hetet elektrodinamikus szivattyúsra [1]. Ez az a két típus, amelyet Einstein–Szilárd-féle hűtőszekrényként szoktak emlegetni [2]. Mindkettőnek azon előnyét emelik ki, hogy bennük nincs forgó alkatrész és teljesen zárt, tehát az említett haláleset ennél a két típusnál ki van zárva.

Hogyan került kapcsolatba egymással Einstein és Szilárd? Szilárd a berlini Műszaki Egyetemen folytatta

SZABADALMI LEIRÁS

102079. SZÁM. — XVIII/c. OSZTÁLY.

Hűtőgép.

Dr. Einstein Albert tanár Berlin és dr. Szilárd Leó fizikus Berlin-Wilmersdorf.

A bejelentés napja 1929. évi december hó 5-ike.

A találmány oly hűtőgépre vonatkozik, melynél folyékony fém az elektromos áramtól átjárt cseppfolyós, fémre ható mágneses mező mozgat. E célra higanyon kívül meg más cseppfolyós könnyű fémek is szóba jöhetnek, így pl. mintegy 73% káliumot tartalmazó nátrium-káliumötve-
zet.

Magától értetődik, hogy túlsok amper-
menet alkalmazásának elkerülésére a be-

féle koordináták a síkon belül és X, Y az erő komponensei.

Ha a ponderomotoros erő ezen vektor-
mezeje nem volna örvénymentes, akkor a folyadékban sok energiát fogyasztó és az elrendezés hatásfokát kicsiny értékre csökkentő áramlások keletkezének. Míg szilárd test mozgásánál, pl. elektromotor fegyverzetének mozgásánál, csak a fegy-
verzetre ható erők eredője lényeges, addig

2. ábra. Az elektrodinamikus szivattyús hűtőszekrény magyar szabadalmi leírása.

jük védeni. Figyelemre méltó az az apróság is, hogy míg a később ismertetendő elektrodinamikus szivattyús hűtőszekrény német szabadalmának leírásában első helyen Szilárd neve áll, addig az osztrák, francia, holland és magyar leírásban, azaz Németországból nézve külföldön, már Einsteiné (1. ábra).

Az abszorpciós–diffúziós hűtőszekrény

E hűtőszekrény működése a következő. Példánk az ammónia hűtőközrege vonatkozik, aminek forráspontja alacsony: $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, de nyomás alatt szobahőmérsékleten is folyékony állapotban tartható. Amikor egy benne nem oldódó gáz, például hidrogén (a segédközeg) elkeveredik az ammóniagőzzel, a gőz nyomása állandó marad a hűtőszekrény elpárologtatójában, de mivel ez a nyomás most már az ammónia és a hidrogén parciális nyomásából áll, mindkét gáz úgy viselkedik, mintha a teljes térfogat az övé lenne (Dalton törvénye). Az ammónia nyomása csökken, emiatt elpárolog, tehát kitágul, ez pedig a lehűlésével jár. Az ammónia és a hidrogén keveréke ezután egy másik tartályba kerül, az abszorberbe, ahol egy harmadik közeg, például víz, elnyeli az ammóniát, de a hidrogént nem. A hidrogén az abszorberből az elpárologtatóba jut, és ott a víz és az ammónia, az úgynevezett aqua ammonia, belefolyik a generátorba, és ott fölmelegedik. Az ammónia kilép a vízből, lehűl, amint egy léghűtéses kondenzoron átfolyik és visszajut az elpárologtatóba. Itt azután újratekődik a folyamat. A keringést a gázzal vagy elektromossággal fűtött generátor tartja fenn, forgó alkatrészt tartalmazó szivattyú nincs.

Einsteinék találmánya közvetlenül Baltzar von Platen és Carl Munters találmányát követi [15] azzal az eltéréssel, hogy a hűtőközeget diffúzióval választja el a segédközegetől. Ezt a lehetőséget is előlegezte egy másik Platen–Munters-szabadalom [16], de sikerült az elrendezést annyira megváltoztatniuk, hogy szabadalomképessé vált.

Három változatot szabadalmaztattak Németországban, közülük egyet Franciaországban is [17].

Einsteinék hűtőszekrény-szabadalmi (1. ábra) tehát az akkor már ismert abszorpciós–diffúziós típusba sorolható. Egyéni sajátosságai műszaki részleteikben találhatók, nem az elviekben.

Az elektrodinamikus szivattyús hűtőszekrény

Ezt a típust emlegetik a legtöbbször úgy, mint Einstein (vagy Einstein és Szilárd) hűtőszekrényét. Ebben folyékony fém áramlása keringteti a hűtőközeget, és a modern szaporítóreaktorok éppen ilyen szivattyút használnak folyékony fém hűtőközegük keringtetésére. Hogy azért-e, mert tervezőik megtalálták Einstein és Szilárd szabadalmait, nehéz lenne megmondani. A továbbiak alapján kételkedem benne.

Ezt a találmányt nemcsak Németországban, Ausztriában, Franciaországban, Hollandiában és Svájcban szabadalmaztatták [18], de nálunk is (2. ábra).

Hogyan lehet folyékony fémot mozgatni?

A feladat tényleg izgalmas, a megoldása pedig egyszerű: a Lorentz-erővel.

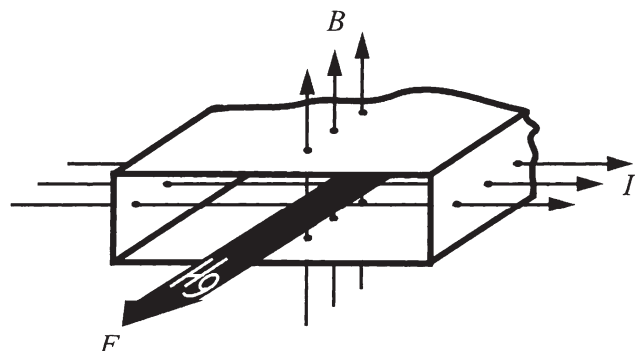
A folyékony fémot (például higanyt, nátrium és kálium eutektikumát stb.) szállító csőre merőlegesen B mágneses mezőt bocsátanak, és mind a csőre, mind a mágneses mezőre merőlegesen I elektromos áramot vezetnek át. Ekkor a higanyra F irányú erő, a Lorentz-erő hat (3. ábra), és az áramlás megkezdődik. Ennél a szivattyúnál sincs mozgó alkatrész.

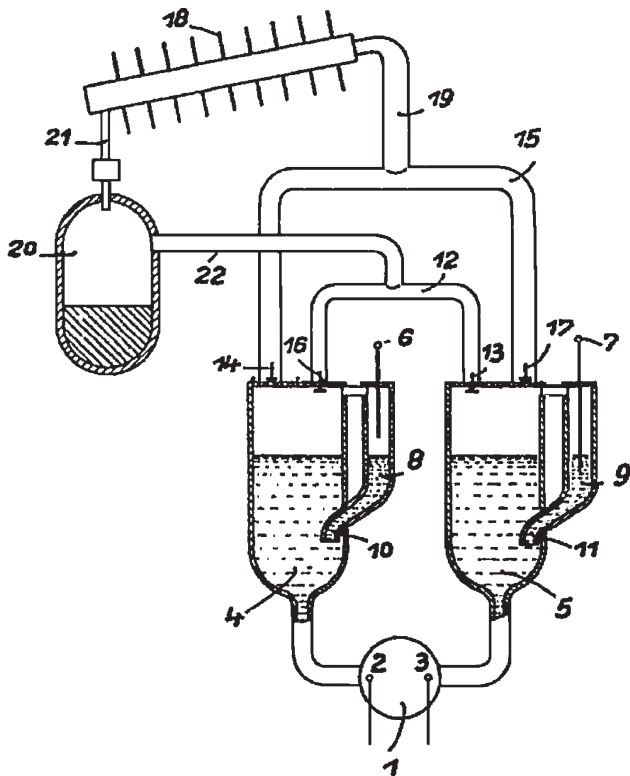
A 4. ábrán látható (1) szivattyú a higanyt, ami most a dugattyú szerepét játssza, hol a (8), hol a (9) hengerbe nyomja, a berendezés tehát úgy működik, mint a két-dugattyús vízszivattyú. A szivattyúzást az áramirány automatikus megváltoztatásával érik el a (6) és (7) elektród révén.

A találmányi igényt 1927. november 12-én nyújtották be a Német Szabadalmi Hivatalnak. A feltalálók sorrendje itt Einstein és Szilárd.

A szivattyú továbbfejlesztett változatára jó egy hónappal később nyújtott be igényt Szilárd és Einstein, azaz ennél Szilárd az első, Einstein a második [19]. Az első bekezdésben ezt olvashatjuk: „Az ilyen berendezést például arra lehet használni, hogy olvasztott fémot fecskendezzünk kokillába...”. Miért éppen ezt a

3. ábra. A Lorentz-erő.





4. ábra. A hűtőközeg mozgatása elektrodinamikus szivattyúval.

lehetőséget említik? A fémolvadék eléggé távol esik a hűtőgéptől! A választ Szilárd egy korábbi szabadalma adja meg, amelyet még 1926 elején, tehát a közös találmány előtt majdnem két évvel nyújtott be: *Eljárás fémek kokillába való befecskendezésére elektromos áram alkalmazásával* [20]. A közös szabadalom után 1931 januárjáig Szilárd még tíz igényt nyújtott be (és kapott szabadalmat) elektrodinamikus szivattyúra vagy ilyen hűtőszekrényre a saját nevéen, és alig néhányat közösen.

Akkor hát Szilárd találta fel az elektrodinamikus szivattyút? Nem. A brit *Frank Holden* már 1907-ben szabadalmat kapott rá [21]. Ő az áramfogyasztás mérésére használta, mivel a bizonyos idő alatt továbbított higany mennyisége megadja az elfogyasztott amperóra és wattóra számát.

Van azonban másik előzmény is, habár csak utalást találtam rá. Azon német cég mérnökei szerint, ahol a fejlesztés folyt és amelyik benyújtotta a szabadalmi igényt, a higany elektromos úton való mozgatása nem újdonság, mert volt egy másik találmányuk, amelynek az Einstein–Szilárd-féle csak egyik lehetséges változata. Így ezt a találmányt Einsteiné előtt nyújtották be szabadalmaztatásra.

Az amerikai *Millard C. Spencer* 1927. július 27-én nyújtott be igényt, alig négy hónappal Einsteiné előtt [22]. Spencer célja az volt, hogy elektromosan nem vezető, korrozív, a hagyományos szivattyú olajozásával, szigetelésével reakcióba lépő folyadékot is tudjon szivattyúzni, legyen csöndes és zárt. A felhasználási lehetőségek közt megemlítette a hűtőszekrényt is!

Egy másik amerikai, *Kenneth T. Bainbridge* 1928. május 28-án folyamodott hasonló szabadalomért [23], akkor, amikor Einsteiné szabadalma még nem jelent meg, tehát ki van zárva, hogy őket másolta volna. Ugyancsak Einsteiné előtt jelent meg *Waldemar Brückel* szabadalma [24].

Így hát itt is kiderült, hogy az elektrodinamikus szivattyúval működő hűtőszekrény elve nem Einstein és Szilárd találmánya, az ő találmányuk csak e típus egyik változata, de eléggé új ahhoz, hogy szabadalmat kapjanak rá.

Mondhatjuk, hogy az ötlet a levegőben volt.

Nem kell sokat gondolkoznunk azon, miért nem Holden vagy Spencer nevéhez kötik ezt a találmányt, sőt, hogy Szilárd nevét is gyakran elhagyják. Einstein neve mindenki másét elhomályosítja.

Az Einstein–Szilárd-féle „különleges” hűtőszekrényeket a szenzációt hajhászó utókor találta föl.

Irodalom

1. Az említett szabadalmi leírások megtalálhatók az Európai Szabadalmi Hivatal (EPO) honlapján. A számok előtti betű a nemzeti hovatartozást jelöli.
2. Mi, magyarok, természetesen nem felejjük el Szilárd szerepét (lásd *Marx György*, *Csikai Gyula* és *Klein György* beszélgetését az MTV1-en, 2001. július 23-án; *Fizikai Szemle* 51 (2001) 308.), nem úgy, mint külföldön, ahol Einstein mellett Szilárdot ritkán említik.
3. Wigner J.: Szilárd Leó. *Fizikai Szemle* 42 (1992) 406.
4. G. Dannen: Leo Szilard the Inventor: A Slideshow. *Leo Szilárd Centenary Volume. Lectures and Contributions on the Centenary of Szilard's Birth*. Budapest, 9–11 February 1998. Ed. G. Marx, Budapest, Eötvös Loránd Physical Society, 1998.
5. W. Lanouette: *Szilárd Leó; Zseni árnyékban*. Magyar Világ, Budapest (1997) 77. o.
6. Szilárd Einsteinnek, 1926. november 15. *Collected Papers of Albert Einstein* (CPAE) Vol. 15, Abstract 649. A kiadvány 1–15. kötete elérhető a Digital Einstein webhelyen. Kettős kattintással a szöveg angol fordítása is megjelenik.
7. Korodi A.: Találkozásom Einsteinnel. *Fizikai Szemle* 45 (1995) 225; Palló G.: Emlékszilánkok Szilárd Leóról. Interjú Korodi Alberttel. *Fizikai Szemle* 41 (1991) 227.
8. Korodi, 226. o.
9. Átruházási nyilatkozat (Szilárd fogalmazványa). 1931. december 1. *Albert Einstein Archives* (AEA) [35 617].
10. Einstein Szilárdnak, 1932. július 6. AEA [35 614].
11. Szilárd Einsteinnek, 1932. július 14. AEA [35 616].
12. Szilárd Einsteinnek, 1926. március 14. CPAE Vol. 15, Document 221.
13. Lanouette, 79. o.
14. CPAE Vol. 16, Abstract 297, megjelenés alatt. AEA [88 607].
15. B. v. Platen, C. Munters: *Verfahren zur Steigerung des Umlaufs eines Hilfsmittels in Absorptionskälteapparate*. D456152.
16. B. v. Platen, C. Munters: *Verfahren zur Kälteerzeugung nach dem Absorptions-Diffusionsprinzip*. D410715. Svédországban 1911-ben szabadalmaztatták.
17. *Verfahren zur Kälteerzeugung*. D499830; *Verfahren und Vorrichtung zur Kälteerzeugung*. D5258331; *Verfahren zur Erzeugung von Kälte*. D527080; *Machine réfrigérante*. F647388.
18. L. Szilard, A. Einstein: *Kältemaschine*. D563403; A. Einstein, L. Szilard: A133386; CH140217; F670.428; H102079; NL31183.
19. L. Szilard, A. Einstein: *Vorrichtung zur Bewegung von flüssigem Metall, insbesondere zur Verdichtung von Gasen und Dämpfen in Kältemaschinen*. D554959.
20. L. Szilard: *Verfahren zum Gießen von Metallen in Formen unter Anwendung elektrischer Ströme*. D476812.
21. F. Holden: *Mercury Meter*. US853789.
22. M. C. Spencer: *Fluid-Conductor Motor*. US1792449.
23. K. T. Bainbridge: *Liquid Conductor Pump*. US1660407.
24. W. Brückel: *Elektrodynamische Pumpe*. D511137.