

OPPENHEIMER, A MAGFIZIKUS

Bencze Gyula
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

Julius Robert Oppenheimerről, az „atombomba atyjáról” könyvtárnyi irodalom áll rendelkezésre, amely most egy újabb érdekes művel, *Ray Monk: Robert Oppenheimer: A Life Inside the Center* című könyvével gyarapodott [1]. Az új műről már több recenzió is megjelent [2, 3].

Az életrajzok Oppenheimert többnyire kiemelkedő, briliáns fizikusként említik: „Oppenheimer fontos eredményei a fizikában a molekula-hullámfüggvényekre bevezetett Born–Oppenheimer-közelítés, az elektronok és pozitronok elméletével kapcsolatos kutatások, az Oppenheimer–Phillips-folyamat a magfúzióban, és a kvantumtunneling megsejtése [4].

Az Oppenheimer–Phillips-folyamattal kapcsolatos munkája a deuteronok bombázásával létrehozott mesterséges radioaktivitással kapcsolatban fontos lépés volt a magfizikában [5].”

E sorok írójának lehetősége volt Oppenheimer magfizikai tevékenységének eredményeivel periodikusan találkozni az elmúlt évtizedekben, ezért módjában áll e tevékenységet – amelyről korábban már elhangzott egy előadás [6] – részleteiben is áttekinteni.

Oppenheimer jól szituált felső manhattani zsidó családban nőtt fel, de ez az identitás nagyon zavarta, és ezért megpróbált ebből valahogyan kilépni. Tehetséges és kiváló tanulóként végezte egyetemi tanulmányait Amerikában, majd Európába utazott azokat befejezni. 1925-ben a *Rutherford* vezetése alatti Cavendish Laboratóriumba ment, ahol a későbbi Nobel-díjas *Patrick Blackett* lett a témavezetője [7]. Itt derült ki, hogy nincs érzéke a kísérleti munkához, ami tartózkodását megkeserítette és erősen befolyásolta kapcsolatát Blackett-tel. A következő lépés Göttingen, amely *Max Born* vezetésével az elméleti fizika jelentős fellegvára volt. Itt végre gyümölcsöztethette tehetségét, és sztárnövendékké vált a doktoranduszok között. Sajnálatos módon e környezetben már megmutatkoztak jellemének kellemetlenebb vonásai, és hamar népszerűtlenné vált a fiatalok között, akik írásban tiltakoztak Born professzornál arrogáns viselkedése miatt. Érdekes megemlíteni, hogy a diákok petícióját *Maria Goeppert*, a későbbi Nobel-díjas szervezte és írta alá elsőként [8]. Born a kínos helyeze-

tet úgy intézte el, hogy szobájában magára hagyta Oppenheimert az íróasztalára helyezett tiltakozó irománnyal, aki szavak nélkül is „vette az üzenetet”. Feltehetően nagyon megsértődött és doktori fokozatának megszerzése után sietősen továbbment *Paul Ehrenfest* professzorhoz Leydenbe posztdoktori tanulmányokra.

Igen jó összegzése göttingeni tartózkodásának Born professzor levele Ehrenfesthez [9]: „Oppenheimer most Önnél van, miután hosszú időt töltött velem. Szeretném tudni, mi a véleménye róla. Az Ön megítélését nem fogja befolyásolni az a tény, hogy ha nyíltan elismerem, hogy ennyit még nem szenvedtem senkivel, mint vele. Ő látszatra szerény, de valójában belül igen arrogáns. Kétségtelenül nagyon tehetséges, de nincs semmi intellektuális fegyelem benne. Mindent jobban tudó ember modorával és minden neki adott ötletet kisajátítva mindannyiunkat megbénított háromnegyed évre. Végre fellélegezhettem, hogy elment és újra van bátorságom nekikezdeni a munkának. A fiatalok itt ugyanezt érzik. Ne hagyja őt sokáig magával maradni. Stop! Kérem, meg kell mondania a véleményét. Lehet hogy csak túlságosan ideges vagyok!”

Úgy tűnik, Max Bornnal kialakult rossz viszonyát Oppenheimer nem felejtette el, és a maga módján állt bosszút ezért a „kvantummechanika elfelejtett apostolán” [8, 10]. Eljött 1953 decembere, amikor az azóta világhírre szert tett „atombomba atyja” a BBC meghívására hat előadásból álló ünnepi előadás-sorozatot tartott a kvantumfizikáról, mint a hagyományos, nagy presztízsű *Reith Lecture Series* előadója. Az akkor már Edinburgh-ban élő Born nagy élvezettel hallgatta az első három előadást, és örömmel várta a negyediket, amelynek témája már az ő munkásságával is kapcsolatban állt. Nagy csalódására azonban Oppenheimer ki sem ejtette Born nevét, bár igen szemléletesen elmagyarázta a közönségnek a hullámfüggvény statisztikai interpretációjának jelentőségét. Ha valakinek, akkor Oppenheimernek ismernie kellett Born eredményeit ezen a téren, hiszen éppen emiatt utazott hozzá Göttingenbe 27 évvel korábban! Bornnak nagy megrázkódtatást okozott ez az újabb csalódás, hiszen ugyan nem kedvelte Oppenheimert annak arrogáns és agresszív magatartása miatt, azonban ennek ellenére briliáns fizikusnak tartotta. Hosszas vívódás után a következő levelet küldte el Oppenheimernek 1953. december 11-én:

„Különösen örültem annak, hogy hangsúlyozta a kvantummechanika statisztikus interpretációjának fontosságát, amelyet 27 évvel ezelőtt én kezdeményeztem, de nem tudom csalódottságomat eltitkolni,

A *Fizikai Szemle* szerkesztőbizottsága az 1972-ben meghirdetett VÉLEMÉNYEK sorozatát az olvasók kérésére tovább folytatja ez évben is. A szerkesztőbizottság állásfoglalása alapján „a Fizikai Szemle feladatául vállalja el, hogy teret nyit a fizikai kutatásra és fizika oktatására vonatkozó véleményeknek, ha azok értékes gondolatokat tartalmaznak és építő szándékúak, függetlenül attól, hogy egyeznek-e a lap szerkesztőinek nézetével, vagy sem”. Ennek szellemében várjuk továbbra is olvasóink, várjuk a magyar fizikusok leveleit.

hogy a nevetem nem említette meg, bár másokat, mint például *Bohr*, *Heisenberg* stb. idézett. Öreg ember vagyok, és nincs már különösebb ambícióm, hírnévre sem vágyom. Ez alatt a 27 év alatt hallgattam, de most mégis felteszem a kérdést: miért van az, hogy az én részvételemet, mondhatnám úgy is, vezető szerepemet ebben a mechaniztikustól a modern gondolkodásig vezető fejleményben majdnem mindenhol elhanyagolják? Ez 1934(!)-ben kezdődött, amikor Heisenberg egyedül kapta meg a Nobel-díjat azért a munkáért, amelyet velem és részben *Jordannal* együtt végzett. Ő akkoriban (1925) azt sem tudta, mik azok a mátrixok; rövid idővel később azonban mégis bevezették a »Heisenberg-mátrixok« kifejezést. Ezt még meg tudom érteni, mivel az érintetteknek kívül ki lenne képes arra, hogy három személy együttműködéséből kihámozza a hozzájárulásokat? De a hullámfüggvény statisztikus interpretációja már teljesen más dolog. Heisenberg hevesen ellenezte ezt az elgondolást, és egy levélben »a mátrixmechanika szelleme elárulásának« nevezte...»

Oppenheimer egy hét múlva válaszolt és csak annyit írt, hogy a nevetek a minimumra kellett korlátoznia, „nehogy összezavarja a hallgatóságot”.

1929-ben Oppenheimer befejezte európai „kalandozását”, és végleg visszatért az Egyesült Államokba. Addigra már nevet szerzett magának szakmai körökben, köszönhetően Göttingenben Bornnal közösen végzett munkájának és az abban bevezetett „Born–Oppenheimer-közelítésnek” nevezett módszernek. A pasadenai California Institute of Technology és a University of California, Berkeley is ajánlott fel neki állást, ahol lassan kiépített egy modern elméleti fizikai iskolát az érdeklődő, tehetséges fiatalok részére. Érdeklődése széleskörű volt, a kvantumelmélettől kezdve a magfizikáig és asztrofizikáig sok mindennel foglalkozott.

Először doktoranduszával, *Melba Phillips* kisasszonnyal magfizikai témát kezdett vizsgálni. Ennek az adott aktualitást, hogy az új gyorsítók (ciklotron) segítségével deuteronokat is lehetségessé vált gyorsítani, ezért 1935-ben *Laurence* és munkatársai a University of California berendezésével deuteronokkal kiváltott magreakciókat kezdtek tanulmányozni. Deuteronok és atommagok ütközése esetén különféle magreakciók mehetnek végbe, közülük a leginkább az úgynevezett stripping reakciók a leggyakoribbak.

Az atommagok kvantumelmélete szerint a töltött részecskék és atommagok kölcsönhatása egy vonzó, rövid hatótávolságú nukleáris kölcsönhatás, és a taszító Coulomb-kölcsönhatás szuperpozíciója. Ennek alapján az várható, hogy az alacsony energiájú magreakciók valószínűségének energiafüggését a Coulomb-taszítás szabja meg az úgynevezett penetrációs tényező tulajdonságai alapján, azonban a kísérletek arra utalnak, hogy a Coulomb-taszítás hatása nem olyan erős, mint az várható lenne. A jelenség magyarázatára Oppenheimer és *Melba Phillips* szemléletes modellt dolgozott ki [11]. Feltételezésük szerint a deuteronban kötött proton a Coulomb-taszítás hatására

mindig távolabb helyezkedik el az atommagban, azaz a deuteron elektromosan polarizálódik, indukált dipólmomentumra tesz szert, és ez a deformáció adiabatikusan követi az ütköző részecskék relatív mozgását. Ennek következtében a deuteronban kötött proton csak kevésbé hatol be az úgynevezett Coulombgát tartományába, ezért az atommag-reakció energiafüggése különbözhet a Coulomb penetrációs tényező által meghatározott mértéktől.

A Phillips–Oppenheimer-folyamat elnevezés feltehetően *Hans Bethe*től ered, és mai bevett szóhasználat szerint lényegében azt jelenti, hogy a deuteron elektromos térbeli polarizációja befolyásolhatja a kiváltott magfizikai folyamatok hatáskeresztmetszetét. Az elmúlt évtizedekben többféle jelenséget próbáltak meg értelmezni e folyamat segítségével [12], köztük a deuteronok nehéz atommagokon való rugalmas szórásiában tapasztalható anomáliákat, az alacsony energiájú rugalmas proton-deuteron szórási háromtest-számításainak problémáit, sőt még a hírhedt „hideg fúzió” jelenségét is – de sikertelenül. E sorok írójának és amerikai kollégájának csak hat évtizeddel később, 1996-ban sikerült matematikai bizonyítást adni arra, hogy az Oppenheimer–Phillips-folyamat valójában nem is létezik [13].

A 30-as évek második felében kezdett Oppenheimer érdeklődni az asztrofizika iránt, amelynek eredményei többek között az Oppenheimer–Volkoff-egyenletek (1939), amelyek a nyomás gradiensét adják meg egy sztatikus folyadék gömb belsejében az általános relativitáselmélet alapján, így egy csillag belsejének modellezésére alkalmasak. Hasonlóan fontos eredményeket ért el a fekete lyuk jelenségének megvilágítása terén is.

Ezekben az években Oppenheimer nem sokat tördött a világ dolgaival és a napi politikával, azonban a nagy gazdasági válság és a németországi zsidók üldözése az egyetemi értelmiségi körökben akkoriban divatos kommunista eszmék felé vonzotta, bár tagadta, hogy valaha is párttag lett volna. 1940 novemberében zűrés körülmények között feleségül vette *Katherine („Kitty”)* *Puening Harrison*-t, a Berkeley egyetem radikális hallgatóját, korábbi kommunista párttagot, akinek negyedik férje lett.

Ezután az események felgyorsultak. A maghasadás felfedezésével megindult a verseny az atomfegyverért, és 1943-ban beindult a Manhattan Terv, amelynek célja az atombomba létrehozása volt az ezért létesített Los Alamos Laboratóriumban. A projekt katonai parancsnoka *Leslie Groves* tábornok volt, aki nagy meglepetésre Oppenheimert bízta meg a tudományos vezetői feladatok ellátásával, bár annak korábbról semmiféle vezetői gyakorlata nem volt. Groves feltehetően felismerte Oppenheimerben a „gőgös és elbizakodott ambíciót”, amely a program sikeres véghezviteléhez elegendő készletet ad. *Isidor Rabi* szerint a kinevezés „zseniális ötlet volt Groves-tól, akit egyáltalán nem tartottak zseninek”.

A Manhattan Tervről és az atombombáról szintén rengeteg irodalom áll rendelkezésre. Közismert, hogy

a projekt sikerrel járt, finálóját három dátummal lehet röviden összegezni:

- 1945. július 16. Trinity kísérleti robbantás, Jornada del Muerto sivatag, Alamogordo mellett, New Mexico államban.
- 1945. augusztus 6. Hiroshima, Little Boy, az első uránbomba bevetése.
- 1945. augusztus 9. Nagaszaki, Fat Man, az első plutóniumbomba bevetése.

Oppenheimer egyszerre nemzeti hős lett, széles körben ismert személyiség, akinek sokat köszönhet az amerikai nép. Külön érdekesség, hogy *John Adams* amerikai zeneszerző *Doctor Atomic* címmel operát is írt erről, amelynek főszereplője Robert Oppenheimer, az „atombomba atyja”. Az opera középpontjában az 1945. június 16-án a Manhattan Terv keretében végrehajtott első kísérleti atomrobbantás áll („Trinity test”).

Az operát 2005. október elsején mutatta be a San Francisco Opera Amszterdamban. Érdekességként feltétlenül meg kell említeni, hogy a mű 2008. november 8-án Budapesten is látható volt a Művészetek Palotájában, HD videó közvetítésben a Metropolitan Operából. Az opera szövegét *Peter Sellars* írta, számos „eredeti történeti forrás”, a védikus irodalom egyik alpműve, a Bhagavad-Gíta, tewa indián dalok, valamint *John Donne* és *Muriel Rukeyser* költeményeinek felhasználásával. A darab főszereplői a Manhattan Terv kulcsfigurái: Robert Oppenheimer, Leslie Groves tábornok, *Teller Ede* és *Robert Wilson*, továbbá Oppenheimer felesége, Kitty, *Jack Hubbard*, a projekt fő meteorológusa, *James Nolan* kapitány, és az Oppenheimer-gyerekek *Pasqualita* nevű tewa indián dadája [14].

A II. világháború után a Los Alamosban dolgozó kutatók nagy része – feladatuknak, 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 is. Ezzel szemben Teller, Ernest Lawrence és *Luis Alvarez* azzal érveltek, hogy elkerülhetetlen a hidrogénbomba kifejlesztése az amerikai nép védelme érdekében. Teller Maria Goeppert-Mayer segítségével számításokat végzett a „szuperbomba” megvalósíthatóságára vonatkozóan, azonban az eredmények alapvetően optimista interpretálásuk ellenére sem voltak meggyőzőek. Sokan, köztük Oppenheimer is, úgy gondolták, hogy ésszerűbb az erőfeszítéseket egy taktikai atomfegyver-arsenál létrehozására fordítani, mint a kétséges eredménnyel járó „szuper” kifejlesztésével bajlódni. 1946-ban ezért Teller is visszatért a Chicagói Egyetemre.

A helyzet gyökeresen megváltozott, amikor 1949-ben a Szovjetunió végrehajtotta első kísérleti atomrobbantását. Az eredmény felkészületlenül érte a nyugati politikai köröket. *Truman* elnök késedelem nélkül reagált az eseményre, és 1950. január 31-én bejelentette:

„Mint a fegyveres erők főparancsnokának, kötelességeim közé tartozik arról gondoskodni, hogy országunk képes legyen megvédeni magát minden lehetséges agresszió ellenében. Ennek megfelelően utasítottam az Atomenergia Bizottságot, hogy folytassa munkáját az atomfegyverek minden lehetséges formáján, beleértve az úgynevezett hidrogén- vagy szuperbombát is.” 1950-ben Teller visszatért Los Alamosba, és újult erővel kezdett dolgozni a *szuper* megvalósításán [15].

A háború után a nemzeti hős Oppenheimer „divatba jött”. Több bizottság elnöke lett, köztük az Atomenergia Bizottság (Atomic Energy Commission, AEC) tanácsadó testületének, amely esetenként érdekellentétekhez vezetett. Monk azt a példát említi, hogy a Pentagon azért mondott le a hidrogénbomba létrehozásáról, mert Oppenheimer azt technikailag megvalósíthatatlannak ítélte. Ezek után azt közölte az Atomenergia Bizottsággal, hogy a Pentagon nem érdekli a hidrogénbomba kifejlesztése. Ilyen és hasonló ügyeskedéseivel rontani kezdte vezető szerepét a legfelsőbb politikai körökben, amelyek elismerésére annyira vágyott.

A *J. Edgar Hoover* vezette FBI állandó megfigyelés alatt tartotta Oppenheimert már a háború előttről, amikor Berkeley-ben kommunista szimpatizánsokkal került összeköttetésbe, és több párttaggal is közeli kapcsolatban volt, beleértve feleségét és annak testvérét. Az FBI ellátta Oppenheimer politikai ellenfeleit terhelő adatokkal, akik között feltétlenül meg kell említeni *Lewis Strausst*, az Atomenergia Bizottság elnökét, aki már régóta táplált ellenérzéseket Oppenheimerrel szemben, egyrészt mert az ellenezte a hidrogénbombát, másrészt mert többször is megszegyénítette őt a Bizottság előtti vitában.

Oppenheimert kommunista kapcsolata miatt már több esetben feljelentették, költőien fogalmazva „utolérte őt a múltja”. Mivel ragaszkodott hozzá, hogy ügyében őt is meghallgassák, 1949. június 7-én vallomást tett a Kongresszus Amerika-ellenes Tevékenységet Vizsgáló Bizottsága előtt. Elismerte, hogy az 1930-as években kapcsolatban állt a Kommunista Párt több tagjával. Azt is önként elmondta, hogy néhány diákja, köztük *David Bohm*, *Giovanni Rossi Lomanitz*, *Philip Morrison*, *Bernard Peters* és *Joseph Weinberg* Berkeley-ben aktív kommunista tevékenységet folytatott. Ez a vallomás a fizikus közvéleményt megdöbbenettette, mivel a „feldobott” diákok karrierje alaposan megsínylette Oppenheimer önvédelmi akcióját. Oppenheimer tevékenységére vonatkozóan csak egyetlen magyarázattal tudott szolgálni: „Hülye voltam”. *Hargittai István* szerint Monk könyvének fénypontja a híres Oppenheimer-meghallgatás részletes tárgyalása. Mint közismert, a Bizottság előtt szerepelt Teller Ede is, akinek elítélő véleménye egyesek szerint döntő szerepet játszott abban, hogy Oppenheimer biztonsági engedélyét (security clearance) nem hosszabbították meg. A Bizottság indoklása szerint „jellemében alapvető hiányosságok vannak” továbbá „az általa ismert kommunistákkal való kapcsol-

latai messze túllépték az óvatosság és mértékletesség határait”. A meghallgatás teljes szövege megtalálható az interneten [16].

Monk könyvének tartalmát röviden összegezve, Oppenheimer jellemének voltak alapvető hiányosságai, amelyek nem tették őt szerethető munkatárssá. Ami magfizikai tevékenységét illeti, arra pedig talán nem a „briliáns” jelző a legalkalmasabb.

Irodalom

1. Ray Monk: *Robert Oppenheimer: A Life Inside the Center*. Amazon, 2012.
2. Hargittai István, *Nature* 491, 670 (29 November 2012)
3. Steven Shapin, *The Guardian* 16 November 2012, <http://www.guardian.co.uk/books/2012/nov/16/inside-centre-robert-oppenheimer-monk-review>
4. <http://en.wikipedia.org>
5. <http://newworldencyclopedia.org>
6. Bencze Gyula: *Az Oppenheimer–Phillips-folyamat életrajza. Esettanulmány 3 felvonásban*. Simonyi Károly Tudományos Emlékülés, Magyar Tudományos Akadémia, 2006. október 11.
7. Kai Bird, Martin J. Sherwin: *American Prometheus, The Triumph and Tragedy of J. Robert Oppenheimer*. Alfred A. Knopf, New York, 2005.
8. Nancy Thorndike Greenspan: *The End of the Certain World, The Life and Science of Max Born*. Basic Books, New York 2005.
9. Silvan S. Schweber: *Einstein and Oppenheimer: The meaning of genius*. Harvard University Press, 2008.
10. Bencze Gyula: A kvantummechanika elfelejtett apostola, *Természet Világa* 2005/12.
11. J. R. Oppenheimer, M. Phillips: Note on the Transmutation Functions for the Deuterons. *Physical Review* 48 (1935) 500.
12. H. A. Bethe: The Oppenheimer–Phillips Process. *Phys. Rev.* 53 (1938) 39.
13. Gy. Bencze, Colston Chandler: Nonexistence of the Oppenheimer–Phillips process in low-energy deuteron-nucleus collisions. *Physical Review C* 53 (1996) 880.
14. Bencze Gyula: Az „atombomba atyja” dalra fakad, avagy zenedráma az első atombomba megszületéséről. *Természet Világa* 2009/4
15. Bencze Gyula: Teller, a magfizikus és a „megatonna ember”. *Magyar Tudomány* 2008/3 208.
16. <http://www.pbs.org/wgbh/americanexperience/features/transcript/oppenheimer-transcript>