

A MÁSKÉPP GONDOLKODÁS BŰVÖLETÉBEN

100 éve született David Bohm fizikus

Radnai Gyula
ELTE Fizikai Intézet

...kitántorgott Amerikába másfél millió emberünk...

József Attila 1937 májusában fogalmazta meg e szavakkal a nemzet közös fájdalmát *Hazám* című versében.

A kivándorlás még a 19. században kezdődött, azokban az években, amikor ugyan fokozatosan javult Ausztria–Magyarország ipari/gazdasági helyzete, de ezzel együtt nőttek az életszínvonalbeli különbségek is az országban. Leginkább a vállalkozó kedvű fiatalok mentek el, persze nemcsak Magyarországról, hanem egész Kelet-Európából. A határok nyitottak voltak, a kivándorló emigránsok fő célja az Egyesült Államok, a korlátlan lehetőségek hazája volt. Nagyon sok példát lehetne említeni, a fizikusokhoz legközelebb álló példa talán *Nikola Tesla* (1856–1943), akinek még *Puskásék* adtak pénzt a hajóútra Budapesten, ma pedig szobra áll a Niagara-vízesés közelében. Nem kevesen voltak azok sem, akik egy idő után visszajöttek, s itthon adtak tippeket az itt maradottaknak.¹ Lényegesen többen voltak persze azok, akik kint maradtak.

Böhm Sámuel Mohácsról vándorolt ki 16 éves korában, még a 20. század elején.² Az első világháborút már Amerikában élte át, ahol egy Litvániából menekült zsidó lányt vett feleségül.³ Több gyermekük is született, az első 1917. december 20-án, ő a David nevet kapta. Böhmék akkor Pennsylvániában, egy bányavárosban éltek, amely a Wilkes-Barre névre hallgatott.

David itt járt iskolába, osztálytársai leginkább bányászcsaládok gyermekei közül kerültek ki. Nevét Böhmről ekkor már az angol nyelv számára is elfogadható Bohmra változtatták. 12 éves volt, amikor bekövetkezett a tőzsdekrach New Yorkban. Hamarosan csökkenni kezdett a termelés, nőtt a munkanélküliség, egyre nehezebben éltek a bányászcsaládok. Ezek az évek bizony nyomot hagytak a kamasz David lelkében. Ők ugyan nem szegényedtek el egészen, mivel saját bútörizletük volt, de az elszegényedettek megtapasztalt sorsa elkésérítette, és lelke befogadóvá vált az ezen változtatni törekvő szocialista (= társadalmi) eszmék számára. Amúgy is kissé álmodozó volt, kedvenc olvasmányai a tudományos-fantasztikus re-



A jó tanuló David Bohm.

gények voltak. Az iskolában kitűnt kreativitásával matematikából és fizikából, de félénk, kissé ügyetlen gyerekként semmit se örökölt apja gyakorlati érzékéből. Volt is vita otthon a továbbtanulásáról – apja inkább valamilyen gyakorlati pályára szeretne volna irányítani, nem sok sikerrel.

Oppenheimer mellett Berkeley-ben

Miután apja vállalta fia főiskolai tanítatásának anyagi terheit, *David Bohm* 1939-ben, 22 éves korában megszerezte a B.Sc. fokozatot Pennsylvániában az állami főiskolán (ez ma már egyetem) fizikából, majd – talán apja kívánságára – beiratkozott a keleti parton, a Los Angeles melletti Pasadena-ban működő CalTech-re, a Kaliforniai Műszaki Egyetemre. Egy évet el is végzett itt, de a régóta vágyott inspiratív szellemmel sajnos nem találkozott, és ez eléggé elkésérítette.



Radnai Gyula ny. egyetemi docens, a fizikai tudományok kandidátusa, matematika-fizika tanári szakon végzett 1962-ben. Az ELTE Kísérleti Fizika tanszékén kapcsolódott be a tanárképzésbe, a fizika hazai kultúrtörténetének kutatásába pedig *Simonyi Károly* ösztönzésére fogott a '70-es években. *Physics in Budapest* című – *Kunfalvi Rezsővel* közös – könyve, valamint a *Fizikai Szemlében* és a *Természet Világában* megjelent számos, ma már az interneten is elérhető publikációja hitelesíti ezt a tevékenységét.

¹ Magam is egy olyan helyen lakom, Rákosligetben, amely település a 19. és 20. század fordulóján keletkezett, s ahol egy visszajött, „amerikás magyar” beszélt rá az építetőket, hogy ne kutakat tervezzenek az udvarokba, kertekbe, hanem vízvezeték mind a hűsz megépítendő utcába. Ezeket az utcákat pedig ne emberekről nevezék el, hanem számozzák be őket, mivel ez a modern tendencia, Amerikában már így csinálják... Így lett Rákosligetben elsőnek vízvezeték a környéken, az utcák pedig számoztak – igaz, római számokkal.

² Az itthon maradt rokonság azután egyenesen Auschwitzba került 1944-ben. Senki se jött vissza közülük.

³ Litvánia 1919-ig a cári Orosz Birodalom része volt.

Első éves műegyetemi évfolyamtársaival nem volt képes szakmai vitákat folytatni, mert ezek a hallgatók nem vitapartner, hanem versenytársat láttak benne, miközben bentmaradásukért küzdöttek az egyetemen. Úgy látta, hogy az oktatók a gyakori dolgozat-írással csak leckéztették a hallgatókat, hosszadalmas számításokat igénylő házi feladatokkal csuklózatták őket, nyoma se volt annak az egészséges tudományos légkörnek, amire David Bohm számított és vágyott. Nem a numerikus feladatok megoldása okozott gondot számára, egyszerűen unta ezeket.

Az első tanévet követően kapcsolatot keresett és talált Kaliforniában a San Francisco melletti Berkeleyben működő tudományegyetemmel. Itt volt professzor akkor nemcsak Kalifornia, de az egész Egyesült Államok elismerten egyik legjobb elméleti fizikusa, *Robert Oppenheimer* (1904–1967). Sikertült átmennie erre az egyetemre, és 1941 tavaszán David Bohm már Oppenheimer témavezetésével Berkeley-ben kezdett doktori tanulmányokba és elméleti kutatásba. A téma nagyon izgalmasnak ígérkezett, ez ugyanis proton- és deuteronnyaláb ütközésekor fellépő szórásjelenségek elméleti vizsgálata volt. Izgalmas is lett, bár nem egészen úgy, ahogyan akkor Bohm gondolta.

1941. június 22-én támadta meg a náci Németország a Szovjetuniót, októberben a harcok már Moszkva közelében folytak. December 7-én bombázták le a japánok Pearl Harbort, ezután lépett be az USA a háborúba. Miközben Bohm a doktori disszertációján dolgozott 1942-ben, zajlott a világháború, amelyben ez év végére történt keleten a döntő fordulat, a sztálingrádi csata. 1942. december 2-án *Fermiéknek* sikerült beindítaniuk Chicagóban az atommáglyát, Los Alamosban pedig 1942 őszétől folyt az „atomváros” felépítése, ahová Oppenheimer 1943. márciusban költözhetett át. Körülbelül ekkorra lett készen Bohm doktori disszertációja Berkeley-ben.

Amikor kiderült, hogy a témának nemcsak csillagászati, hanem nagyon is földi, a készülő atombomba számára is hasznosítható alkalmazása lehet, az egyetemi „belügyi” adminisztráció azonnal titkosította a témát. Nemcsak publikálni, de még beszélni se lehetett Bohmnak arról, amin két évig dolgozott. Oppenheimernek szerencsére volt akkora tekintélye, hogy az egyetem az ő véleménye alapján megadta neki a doktori (PhD) fokozatot. Logikus lett volna, hogy ezután Bohm is elköltözik Los Alamosba, de ezt már Oppenheimernek se sikerült elintéznie. David Bohm ugyanis „biztonsági kockázatot jelentett” az Egyesült Államok számára.

Ifjú kommunisták között a RadLab-ban

Az Egyesült Államokban – több más országhoz hasonlóan – csak 1919-ben alakult meg a kommunista párt. A húszas években még csak néhány ezer tagja volt, ezek többsége is bevándorló, főleg kelet-európai emigráns. 1936-ra, a spanyol polgárháború idejére érték el a mintegy 50 ezer főt, és ekkorra már a tagok

több mint fele amerikai születésű volt, legfeljebb a szüleik voltak egykori bevándorlók. A munkásmozgalmi megmozdulásokat, sztrájkokat, utcai tüntetéseket a szakszervezetek szervezték. A kommunista párt főleg gyűléseket, találkozókat tartott, előadói esteket szervezett, amelyeken más érdeklődőket is szívesen láttak. Néhány elhívatott radikális párttag még Spanyolországba is eljutott, hogy harcoljon a köztársaságért. 1942-től kezdődően a Szovjetunió és az Egyesült Államok szövetségesei lettek a világháborúban. Ez egyrészt megkönnyítette az amerikai kommunisták helyzetét, másrészt kiszélesítette, merészebbé tette a szovjet kémtevékenységet az Egyesült Államokban. Azok a naiv, jóindulatú, liberális amerikaiak, akik a Szovjetuniótól remélték, hogy segít megállítani a náci világhuralmi törekvését, most elhívatott tagjai lettek a kommunista pártnak. Eszükbe se jutott, hogy aki mellettük ül egy taggyűlésen, esetleg a Szovjetunió számára továbbít titkos információkat.

Így volt ezzel David Bohm is, aki 1942-ben lépett be az amerikai kommunista pártba. Elhatározását megkönnyítette, hogy a Sugárzási Laboratóriumban, amelyet csak RadLab-nak emlegettek egymás között a fizikusok, és amelynek *Ernest Lawrence* (1901–1958) volt a vezetője Berkeley-ben, Oppenheimer több olyan doktorandusz tanítványával találkozhatott, akikkel meg tudott vitatni nemcsak fizikai, de politikai kérdéseket is, és akikkel legtöbbször sikerült közös álláspontra jutnia. Az is közös volt bennük, hogy legtöbbjük joggal aggódott kelet-európai zsidó rokonai életéért. Közülük David Bohm barátja lett a lengyel bevándorló *Giovanni Rossi Lomanitz* (1921–2002) elméleti fizikus, *Joseph Weinberg* (1917–2002) általános fizikus és *Max Friedman* (1915–?), aki a háború után *Ken Manfred* néven élt tovább, ha nem is tudjuk, meddig.

Mindegyikük belépett a kommunista pártba, és egyikük se juthatott el Los Alamosba, bár a RadLab-ban részt vettek az atombomba számára nélkülözhetetlen kutatásban, az uránizotópok – a ciklotront feltaláló Lawrence irányításával történő – elektromágneses szétválasztásában. A dolog szépséghibája, hogy Weinberget elérte a szovjet hírszerzés is, és később azzal vádolták, hogy titokban nemcsak információkat, de urán-235-öt is juttatott a szovjetekhez, bár ezt nem sikerült bebizonyítani...

Bohm kommunista párthoz való vonzódásához talán az is hozzájárult, hogy egy olyan fiatal lánnyal járt egy évig a marxista előadásokra, aki egyébként szintén rendelkezett magyar gyökerekkel. A lány pszichológiából jött doktorálni Berkeley-be. Akkori neve *Betty Goldstein* volt, de 1947-ben férjhez ment, felvette férje nevét, és *Betty Friedan* (1921–2006) néven később az amerikai feminista mozgalom egyik legismertebb alakja lett. Csupán az 1943-as évet töltötte Berkeley-ben, és hogy ezzel függ-e össze, nem tudni, de 9 hónapi párttagság után David Bohm kilépett a pártból. Később azt mondta, azért lépett ki, mert már unta az előadásokat. Nem juthatott el Los Alamosba, de Oppenheimer kérésére továbbra is végzett a Man-



Az 1947. évi Shelter-szigeti kvantummechanika-konferencia résztvevői (balról jobbra): Isaac I. Rabi, Linus Pauling, John H. van Vleck, Willis E. Lamb, Gregory Breit, Duncan MacInnes, Karl K. Darrow, George E. Uhlenbeck, Julian Schwinger, Teller Ede, Bruno Rossi, Arnold Nordsieck, Neumann János, John A. Wheeler, Hans A. Bethe, Robert Serber, Robert E. Marshak, Abraham Pais, Robert J. Oppenheimer, David Bohm, Richard P. Feynman, Victor F. Weisskopf, Herman Feshbach; hiányzik a képről: Hendrik A. Kramers.

hattan-terv keretében számításokat, akár csak *Szilárd Leó* Chicagóban. Fő kutatási területe a plazmafizika volt és maradt. Post doc-ként élt Berkeley-ben, egészen 1947-ig.

Einstein közelében Princetonban

1947. júniusban a háború utáni első amerikai fizikus-konferenciát a New Yorkhoz közeli Shelter-szigeten rendezték meg. Íme a résztvevők névsora: *Hans A. Bethe*, *David Bohm*, *Gregory Breit*, *Karl K. Darrow*, *Herman Feshbach*, *Richard P. Feynman*, *Hendrik A. Kramers*, *Willis E. Lamb*, *Duncan MacInnes*, *Robert Eugene Marshak*, *Neumann János*, *Arnold Nordsieck*, *Robert J. Oppenheimer*, *Abraham Pais*, *Linus Pauling*, *Isidor Isaac Rabi*, *Bruno Rossi*, *Julian Schwinger*, *Robert Serber*, *Teller Ede*, *George E. Uhlenbeck*, *John Hasbrouck van Vleck*, *Victor Frederick Weisskopf*, *John Archibald Wheeler*.

David Bohm nagyon jó benyomást tett, s ennek egyenes következményeként őstől már a Princetoni Egyetemen tarthatott előadásokat és folytathatta plazmafizikai kutatásait. Külön szerencse volt, hogy *Einstein* lakása melletti házban bérelt szobát és hamar összebarátkoztak. Einstein egyszer úgy nyilatkozott, hogy lélekben fiának tekinti Bohmot. Bohm érdeklődése fokozatosan toldott el a kvantumfizika irányába, és még egy kiváló kvantumelméleti tankönyvet is írt, amely 1951-ben jelent meg New Yorkban. Pedig a munkakörülmények igazán nem voltak ideálisak: 1949 nyarán az Amerika-ellenes Tevékenységet Vizsgáló Bizottság elé idézték kommunista múltja miatt, volt RadLab-os barátaival együtt. Ez volt a McCarthy-korszak – Bohm még vizsgálati fogságban is töltött egy fél évet! El lehet képzelni, hogyan hatott a börtön az egyébként félnék, gátlásos fiatal tudósra. Hiába mentették fel utána, hiába szeretne volna még *Einstein* is asszisztenséül fogadni, princetoni szerződését 1951

júniusában már nem újítták meg. Új állás után kellett néznie: *Einstein* ajánlásával először Manchesterbe pályázott, sajnos eredménytelenül.

Mit értékelt annyira *Einstein* *David Bohm*-ban? A kreativitását, a gondolati bátorságát biztosan. Azt, hogy mert „másképpen gondolkodni”. *Bohm* kvantumelmélet könyve mindenkinek tetszett, olyan jól magyarázta el benne az új fogalmak akkor már széles körben elfogadott koppenhágai, ortodox értelmezését. Mindenkinek tetszett, még *Einstein*nek is. Legkevésbé magának *Bohm*nak. Mire befejezte a könyvet, egyre jobban hitt a „rejtett

paraméterek” létezésében, amelyekről *Neumann János* már a 30-as években bebizonyította, hogy ezek matematikailag nem szükséges feltételei a kvantumelmélet törvényeinek. Lehet, hogy matematikailag nem szükségesek, de fizikailag mégis lehetségesek – gondolta. *Bohm* nem félt új elméletet felállítani, különösen akkor nem, ha ez nem ad más eredményt, mint a kvantumelmélet, éppen csak fizikailag érthetőbb, elfogadhatóbb magyarázatot fűz hozzá. Elővette újra *de Broglie* „vezérhullám”-elméletét, amely pedig még *Einstein*nek se tetszett, mert ezen vezérhullámoknak a fénynél is gyorsabban kellett volna terjedniük. Az azért szimpatikus lehetett *Einstein* számára, hogy már nem állt egyedül a kvantumelmélet ortodox értelmezésének bírálatával – lám, itt egy fiatal tudós, aki elkezdett hinni az *Einstein–Podolsky–Rosen* (EPR) paradoxonban...

A *McCarthy*-hisztéria viszont annyira megviselte *David Bohm* idegeit, hogy mindenképpen el akart menni az Egyesült Államokból. Kapóra jött a nála három évvel fiatalabb, orosz származású elméleti fizikus, *Jayme Tiomno* (1920–2011) hívása São Paulo egyeteméről, s *Oppenheimer*⁴ és *Einstein* ajánlólevelével sikerrel pályázta meg az ottani elméleti fizikai professzori állást.

Brazíliában – elhagyatottan

1951 ősztől 1954 végéig *David Bohm* São Paulóban, idegen nyelvi környezetben, számára megszokhatatlan éghajlat alatt töltötte napjait. Gyomorbántalmi voltak, az ottani ételek se tettek jót neki. Mindjárt az első időkben behívták az amerikai nagykövetségre és

⁴ *Oppenheimer* ellen akkor még nem indult politikai hajszá, *Tiomno* pedig azért is szimpatikus lehetett *Bohm* számára, mert ő is emigráns szülők gyermeke volt – mellesleg Princetonban *Wigner Jenő* volt a doktori témavezetője...

elvették útlevelét. Azt mondták, akkor kapja majd meg újra, amikor visszaindul az Egyesült Államokba. Ekkor döntötte el végleg, hogy amíg a McCarthy-korszak tart, nem fog visszamenni. Pedig már menyaszszonya is várta Princetonban. *Hanna Loewy* (1925–2007) Einstein egyik legközelebbi princetoni barátja, a prágai születésű *Erich Kabler* (1885–1970) bölcsészprofesszor fogadott lánya volt, ismeretségük innen eredt. A csalódott Hanna kényszerűségből egy ideig még levelezgetett Daviddal, összetartozásuk azonban nemsokára távoli baráti kapcsolattá szelídült.

1952. januárban jelent meg a *Physical Review*-ban Bohm két cikke, amelyeket még Princetontól küldött be 1951-ben: *A kvantumelmélet javasolt interpretációja „rejtett változók” segítségével*, de nem aratott sikert a koppenhágai szemléletű fizikusok körében. Nem cáfolták, csak mint érdektelen, nem fontos elméletet elhallgatták. Bohm a plazma viselkedésének elméleti vizsgálatában volt otthon, innen jöttek értelmezési ötletei a kvantumelméletre. Ugyanakkor a kvantumelmélet is adott ötleteket a plazma viselkedésének még jobb leírására, így születtek a *PhysRev*-ben 1951–53-ban megjelent cikkei az elektronok kölcsönhatásának a plazmonfogalom bevezetésével történő tárgyalásáról. E cikkek társszerzője princetoni doktorandusza, *David Pines*⁵ (1924–) volt.

Brazíliában Einstein pótolta valamennyire Bohm számára az éltető intellektuális környezetet azáltal, hogy gyakran váltottak leveleket.⁶ Még leginkább azok a beszélgetések oldották valamennyire Bohm depresszióra hajlamos természetét, amelyeket a São Paulóba látogató fizikusokkal folytathatott. Közöttük volt Richard Feynman (1918–1988) és Isidor Rabi (1898–1988) is. Udvariisan meghallgatták Bohm nézeteit a kvantummechanikai sztochasztikus folyamatok feltételezett determinisztikus háttéréről, de nem lelkesedtek érte. Nem volt ugyanis semmi kísérleti bizonyíték arra, hogy a világűr olyan, az elektronnál is milliószor kisebb méretű részecskékkal van sűrűn betöltve, amelyek úgy vezérlik az elemi részecskék kvantummechanikai viselkedését, mint például a rendezetlenül mozgó vízmolekulák klasszikusan tárgyalható ütközései a vízben oldott festékszempcsék bolyongó Brown-mozgását.

Tény, hogy Bohm nem tudott meghonosodni São Paulóban. Egy év után már portugálul tartotta egyetemi előadásait – csak éppen alig volt kinek. Amerikai állampolgárként még elutazni se tudott az országból más országba, mint az Egyesült Államokba – 1954-ben felvette hát a brazil állampolgárságot, s a kapott brazil útlevéllal, és Einstein ajánlásával Izraelbe utazott. Haifában, a Technionon jobb kísérleti körülményekben reménykedett, mint amilyenek Brazíliában álltak rendelkezésre.

⁵ A ma már idős professzor 1995 óta a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja.

⁶ Einstein ezen 1951 és 1954 között Bohmhoz írt levelei 2017 (!) nyarán bukkantak fel újra, és keltek el jó drágán, egy jeruzsálemi árverésen.

Társakra találva Izraelben

1955. januárban érkezett meg David Bohm São Paulóból Haifába – egy 23°-os szélességi körön lévő városból egy 33°-osra – várható volt, hogy errefelé kellemebb lesz számára az éghajlat, hiszen messzebb került az Egyenlítőtől. De nemcsak ezért lett itt boldogabb. Mindjárt az első héten megismerkedett egy lánnyal, aki bátyjával önkéntesként érkezett Angliából 1948-ban, az első arab–izraeli konfliktus idején. *Saral Woolfson* gyógytornász volt, akkoriban a gyermekparalízis-járvány áldozatait gondozta Haifában. Egy év múlva összeházasodtak. Egészen eltérő volt az érdeklődési körük, gyerekük se lett, házasságuk mégis David Bohm haláláig, 35 éven át tartott. Saral Bohm azután se ment újra férjhez, 2016. áprilisban hunyt el Jeruzsálemben.

Haifában a Technion már jóval Izrael állam 1948-as kikiáltása előtt, még a század elején, a török hódoltság idején, de zsidó kezdeményezésre jött létre. Mái emlégetik Einstein 1923-as látogatását, nem sokkal Nobel-díjának átvételét követően, az akkor Palesztinához tartozó városban és intézetben. Gondosan ápolják azt a pálmafát, amelyet még Einstein ültetett el. Visszatérése után Einstein Németországban, majd később Amerikában is Technion Társaságot alapított – az ő ajánlása szabad utat biztosított Haifában Bohm kutatásai számára. S ami legalább ilyen fontos: Bohm okos tanítványokra lelt Haifában, akik követni tudták egyáltalán nem szokványos gondolatait. Legismertebb közülük *Yakir Aharonov* (1932–), aki orosz emigránsok gyermekeként született Haifában, s annyira ragaszkodott kedvenc tanárához, hogy Bristolba is követte, amikor a Bohm-házaspár 1957 nyarán úgy döntött, hogy áttelepülnek Angliába. Bohm és Aharonov már 1957-ben publikáltak egy közös cikket a *PhysRev*-ben, amelyben az EPR-paradoxon kísérleti bizonyítékait diszkuutálták, spinre átfogalmazva az eredeti állítást. A fizikatörténet váratlan fordulata, hogy a szerzők eredeti szándékával ellentétben ez a munka jelentősen hozzájárult a rejtett paraméterek létezésé elleni erősebb érv, a Bell-egyenlőtlenségek felfedezéséhez, amelyeket néhány évvel később *John Stewart Bell* (1928–1990) északír elméleti fizikus éppen a spinek nyelvén megfogalmazott EPR-paradoxon alapján ismert fel.

Az Aharonov–Bohm-effektus viszont egy olyan kvantumelméleti hatás, amelyet tényleg sikerült kísérletileg igazolni, ezért az egész világon elismerték a fizikusok. Pedig eléggé meglepő dolgot állít – de hát a kvantumelmélet bővelkedik a mindennapi gondolkodás számára meglepő állításokban. Nevezetesen azt sikerült kísérletileg is egyre pontosabban megmutatni, hogy a mágneses mező hatása ott is látható, ahol a térerősség nulla, és csak a vektorpotenciál van jelen, például egy ferromágneses tűkristályt kétfelől távolról megkerülő, majd összetalálkozó elektronnyaláb interferenciájában. Tehát, ahol a mágneses tér erősebb, csak a hozzá tartozó vek-



David Bohm Jiddu Krishnamurti indiai filozófussal.

torpotenciál értéke különbözik nullától. Az effektus újabban fontos alkalmazásra talált szupravezető áramkörök mágneses vezérlésében. A klasszikus Maxwell-elméletben a vektorpotenciál csupán egy matematikai konstrukció, a kvantumelméletben viszont – ezek szerint – reális fizikai jelentése, hatása van. Bristolban ez volt Aharonov doktori munkája, Bohm témavezetésével, és 1959-ben közösen publikálták.

Nem sokkal később újabb költözés következett, mégpedig Londonba. Amikor 1998-ban Aharonov fizikai Wolf-díjat kapott közös munkájukért, Bohm már nem élt.

Kreatív fizikusként és filozófusként Londonban

1961-től, 44 éves korától fogva – egészen 1987-es nyugdíjba vonulásáig – David Bohm Londonban a Birkbeck College⁷ elméleti fizikus professzora volt. A College a London University egyik „kara” volt, ma is az. „Dolgozók iskolájának” is nevezték, mert az esti oktatásra és képzésre specializálódott, ami persze nagyon jól megfelelt az intenzív, folyamatos kutatásra törekvő Bohmnak.

Bohm abban bízott, hogy a London University professzoraként alkalma lesz találkozni, eszmét cserélni más fizikusokkal, találkozni tehetséges, érdeklődő hallgatókkal. Ez a várakozása néhány esetben szerencsésen teljesült. 1961-ben vele együtt került a Birkbeck College oktatói sorába egy fiatal, akkoriban végzett tehetséges fizikus, *Basil Hiley* (1935–), aki még mint egyetemi hallgató hallgatta David Bohm egyik speciális előadását a kvantumelmélet sajátos felfogásáról, és felmerült benne a gondolat, hogy lehetne-e folyamatok fogalmára alapozni a fizikát. Hiley a következő évben, 1962-ben doktorált kondenzált anyagok fizikájából a King's College-ban, s ettől kezdve három évtizeden át ő volt Bohm leghűségesebb vitapartnere, matematikai vonatkozású kutatásainak legfőbb bírálója és segítője. Sok közös publikációjuk

született, Bohm legutolsó, legkiérleltebb felfogású könyvét is együtt írták, de csak Bohm halálát követő évben, 1993-ban jelent meg *The Undivided Universe* címen.

Bohmot orvosi kérdések is foglalkoztatták, de itt is csak a nehezebbek. 1969-ben jelent meg először az amerikai idegsebész *Karl H. Pribram* (1919–2015) könyve, a *Brain and Perception*, amelyben a szerző azt hangsúlyozta, hogy az agyi folyamatok nem lokalizáltak zajlanak, ezért az érzékelés során keletkező információk se köthetők egyetlen helyhez az agyon belül. Hasonló a helyzet ahhoz, ahogyan a hologram rögzíti a képet. Ezt a fizikai analógiát dolgozta ki azután Bohm, így született meg az agy „holonom” modellje, és Bohm eredményeit Pribram bele is vette könyve későbbi kiadásába.

És nemcsak fizikával foglalkozott Bohm ezekben az évtizedekben. A 20. század modern fizikai elméletei, ezek értelmezési problémái mindig is felvetettek filozófiai kérdéseket. Ezek megoldásához nyitott egy járhatónak látszó utat Bohm számára a nála több mint húsz évvel idősebb indiai filozófus: *Jiddu Krishnamurti* (1895–1986), akivel személyesen megismerkedett, sőt, közös könyvük is született *The Ending of Time* címmel. Meglepő hasonlóság: Krishnamurtinak ugyanúgy ez lett az utolsó könyve, mint Bohmnak a Hiley társszerzőségével készült, fent említett publikációja. Igaz, Krishnamurti még megérte a közös könyv bemutatását, Bohm viszont már csak az együtt írt könyv befejezését érte meg – még azon a napon, 1992. október 27-én taxival hazafelé tartva szívinfarktust kapott és meghalt.

David Bohm életéről egykori barátja és munkatársa, *F. David Peat* (1938–2017) állított össze könyvet *Infinite Potential: The Life and Times of David Bohm* címen. Ebből az 1996-ban megjelent könyvből 90 perces dokumentumfilm is készült. Peat ugyanolyan széles érdeklődésű fizikus volt, mint Bohm; 1987-ben jelent meg közös könyvük *Science, Order and Creativity* címmel. Ebben az évben lett Bohm 70 éves. Születésnapjára még meglepetéskiadványt is összeállított Peat és Hiley *Quantum Implications: Essays in Honour of David Bohm* címmel.

1990-ben lett a Royal Society tagja.

Élete utolsó éveiben Bohm sok energiát fordított az általa „dialog”-nak nevezett társadalmi párbeszéd népszerűsítésére, elfogadtatására a széles közvéleménnyel, ennek érdekében rádiós és televíziós beszélgetéseket is kezdeményezett. Nagy feltűnést keltett a dalai lámával folytatott beszélgetése, amelynek nyomán a láma így nyilatkozott: „Ő az én egyik tudományos gurum...” Érdekes módon még 1992-ben bekövetkezett halála után is számos könyve és sok vele kapcsolatos kiadvány jelent meg, mintha egyfolytában jelen lett volna a világban. A 2002-ben megjelent *The Essential David Bohm* előszavát maga a dalai láma írta.

Idén nyáron Londonban közös Bohm–Prigogine-konferenciát rendeztek a két tudós születésének közös centenáriuma alkalmából.

⁷ Hazai vonatkozása is van a Birkbeck College-nak: itt volt professzor 1929-től 1948-ig *Dienes Pál* (1882–1952) magyar matematikus.

És Magyarországon?

Itthon 1960-ban lett fizikus és filozófus körökben igazából ismert David Bohm neve, ekkor jelent meg *Okság és véletlenség a modern fizikában* című könyve a Gondolat Kiadó Stúdium Könyvek sorozatában, 4200 (!) példányban. *Causality and Chance in Modern Physics* az eredetileg 1957-ben megjelent könyv címe, amelyet brazíliai és izraeli tartózkodása során állított össze. Ez lett második könyve, az 1951-ben New Yorkban megjelent *Quantum Theory* után. Kiadója a University of Pennsylvania Press volt, valószínűleg régi egyetemi kapcsolatait felhasználva küldte el nekik a kéziratot. A rövid előszó megírására Louis de Broglie (1892–1987) vállalkozott.

Miközben a könyvet írta, 1951-ben kezdődött brazíliai „száműzetése” alatt Bohm széles körű levelezést folytatott. Matematikából például *Miriam Lipschutz-Yevick* (1924–), „von Neumann” nagy tisztelője volt az egyik tanácsadója. A Hollandiában született hölgy 1940-ben, a náci elöl menekülve került át családosan az Egyesült Államokba, és az MIT-n doktorált 1947-ben matematikából. Bohm számára szimpatikus lehetett, hogy hozzá hasonlóan kiterjedt érdeklődési körrel rendelkezett – még verseket is írt. A fontos azonban az volt, hogy nehéz kérdésekkel fordulhatott hozzá matematikából.

A könyv magyarra fordítására azt követően került sor, hogy oroszra is lefordították. Így kerülhetett a magyar kiadás végére *Jakov Petrovics Terleckij* (1912–1993) szovjet elméleti fizikus hét oldalas utószava az orosz kiadásból. Ezzel együtt se volt könnyű feladata a magyar fordítónak, *Szalai Sándor* (1912–1983) szociológusnak, akit politikailag csak 1957-ben rehabilitáltak, miután 1956-ban kiszabadult 1950 óta töltött börtönbüntetéséből... Se a téma, se az orosz fordítás nem könnyítette meg a helyzetét, mégis kitűnő munkát végzett.

A *Fizikai Szemlében* 1962-ben jelent meg ismertetés a könyvről, F.Gy. (*Fáy Gyula?*) tollából. Ebben olvashatjuk: „A nagyon igényes mű, mely általános világnézeti problémák fejtegetésénél a népszerűsítő irodalom színvonalát meghaladja, elsősorban filozófus olvasók számára szolgálhat tanulságul. Ezt főleg az I., II. és V. fejezetekre mondhatjuk el, melyek a szakmaiaknál általánosabb (vagy szakmaiakat, de általánosabban megragadó) kérdéseket tárgyalnak. E fejezetek: Okság és véletlenség a természeti törvényekben; Okság és véletlenség a klasszikus fizikában – A mechanikus szemlélet; és: A természeti törvény általánosabb fogalma. Az öt fejezetből álló 12 íves könyv közbenső III. és IV. fejezete szakmai jellegű. E fejezetekben David Bohm-ból a »fizikus beszél«. A III. fejezetben a klasszikus fizika múlt századvégi helyzetének és teljesítőképeségének ismertetéséből kiindulva jó stílussal, mértéktartóan taglalja a kvantumelmélet kialakulásának főbb állomásait, finoman átszöve e taglalást a kauzalitás szempontjaival. A fotoelektromos effektustól, a Planck-féle sugárzási törvénytől kezdve, a Bohr-féle atommodellen, a de Broglie-féle anyaghullám-konceptión, a Davisson–Germer-kísérleten, és a Schrödinger-egyenleten keresztül, a hullámfüggvény Born-féle valószínűségi értelme-

zéséig és a Heisenberg-féle bizonytalansági relációig jut el. Innen még a IV. fejezeten keresztül a „szubkvantum szint” Bohm-féle koncepciójának kifejtésével találkozunk, mely – mint ismeretes – annak a gondolatnak a jegyében fogant, hogy a kvantummechanikai mennyiségek határozatlansága mögött meg kell keresni a rejtett paramétereket, melyek olyanok, mint a Brown-mozgásnál a molekuláris hatások.”

Kritikát is megfogalmazott az ismertetés szerzője: „A Neumann eredményeire hivatkozó rész torz beállítás, és mivel egy könyvismertetés nem ad keretet a pozitív vélemény kifejtésére, itt csak sajnálatunkat fejezhetjük ki. Szerző itt nem tárgyilagos, és nem »szenvtelen«, de annyi világos, hogy Neumann eredményeivel részletesebben kellett volna foglalkoznia, ami azonban véleményünk szerint Bohm szemléletével nem fér össze. Mindazonáltal ezt nem tartjuk a könyv alapvető hiányosságának, inkább napfoltnak.”

2008-ben került elő újra David Bohm neve és szemlélete a *Fizikai Szemlében*. A 2008/6. számban jelent meg *Geszti Tamás* igényesen összefoglaló, egyben elgondolkodtató cikke *Kvantum és klasszikus határán* címmel. Ebben a következő rövid tájékoztatást adta a kvantumelmélet Bohm-féle megközelítéséről:

„Bohm-mechanika. A Schrödinger–Dirac-quantummechanika nagyszerű szorításából való kimenekülés leg-regebbi stratégiája a kvantum mozgás hullámtermészetét elsőnek felismerő Louis de Broglie-től származik, de részletes kidolgozásában néhány évtizeddel később David Bohm játszott döntő szerepet, ezért többnyire »Bohm-mechanika« néven emlegetik. Ebben a képben pontszerű részecskék mozognak egy nemlokális »vezérhullám« vagy »kvantumpotenciál« hatása alatt, szigorú determinizmusban. A véletlenszerűséget a részecskék kaotikus mozgása tartja fenn;⁸ a valószínűségek kialakításában a részecskék kezdeti valószínűségeloszlásának van lényeges szerepe. Részecskék és vezérhullám csatolt dinamikája, némiképpen konspirációszerűen, a mérési eredményeknek éppen a szokásos kvantummechanikával megegyező statisztikáját alakítja ki.

A Bohm-mechanikát a kutatók kicsiny, de lelkes csapata műveli a világban, tárgyatva a kereteket a kvantumtérelmélet felé; a fizikusok többsége nem hiszi, hogy ez az irányzat lényegesen hozzásegítene a fizika megértéséhez.”

Mit mondhatunk hát most, David Bohm születésének századik évfordulóján?

Bohm igazi „másképpen gondolkodó” fizikus és filozófus volt, aki mindig a dolgok jobb és jobb megértésére törekedett, és ebben alig hagyta magát befolyásolni a már meglévő és általánosan elfogadott elméletektől. Amikor úgy érezte, hogy sikerült valamit a maga számára világosabbá tennie, elszántan küzdött azért, hogy felfogását másokkal is megismertesse és elfogadtassa. Ez a próféta hajlam igazán tiszteletre méltó, de nem könnyítette meg az életét.

Emlékezzünk rá megértéssel és tisztelettel.

⁸ Ezt Bohm idejében még nem láthatták ilyen világosan, de ma már nyilvánvaló, hogy enélkül a dolog nem működne.