

3. Szatmáry Zoltán, Aszódi Attila: *Csernobil. Tények, okok, biedelmek*. Typotex Kiadó, Budapest 2014.
4. V. Drozdovitch, A. Bouville, N. Chobanova, V. Filistovic, T. Ilus, M. Kovacic, I. Malatova, M. Moser, T. Nedveckaite, H. Völkle, E. Cardis: Radiation Exposure to the population of Europe following the Chernobyl accident. *Radiation Protection Dosimetry* 123/4 (2007) 515–528.
5. Országos Meteorológiai Szolgálat (szerk. Simon Antal): A csernobili atomerőmű balesetével kapcsolatos légköri radioaktivitás és meteorológiai mérések előzetes eredményei. *Meteorológiai Tanulmányok* 60 (1986).
6. P. D. Dee, S. M. Uppala, A. J. Simmons: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 137/656 (2011) 553–828.
7. W. Skamarock, J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. Barker, M. G. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. *NCAR Technical Note* NCAR/TN-475+STR, DOI: 10.5065/D68S4MVH (2008).
8. A. Stohl, M. Hittenberger, G. Wotawa: Validation of the Lagrangian particle dispersion model FLEXPART against large scale tracer experiment data. *Atmos. Environ.* 32 (1998) 4245–4264.
9. A. Stohl, D. J. Thomson: A density correction for Lagrangian particle dispersion models. *Bound.-Layer Meteorol.* 90 (1999) 155–167.
10. A. Stohl, C. Forster, A. Frank, P. Seibert, G. Wotawa: Technical note: The Lagrangian particle dispersion model FLEXPART version 6.2. *Atmos. Chem. Phys.* 5 (2005) 2461–2474, DOI: 10.5194/acp-5-2461-2005.
11. *Chernobyl. Assessment of Radiological and Health Impacts. 2002 Update of Chernobyl: Ten Years On*. Nuclear Energy Agency Organization for Economic Cooperation and Development (2002) <https://www.oecd-nea.org/rp/reports/2003/nea3508-chernobyl.pdf>

IN MEMORIAM...

CENTENÁRIUMI MEGEMLEKEZÉSEK 2016 – 2. RÉSZ

– száz éve született angolszász fizikusok

Radnai Gyula
ELTE, Fizikai Intézet

E megemlékező tanulmány első részében (*Fizikai Szemle* 2016/7–8) öt olyan tudósról volt szó, akik 100 éve haltak meg. Ezután olyanokkal foglalkozunk, akik 100 éve születtek. Először négy angolszász tudós életpályáját tekintjük át. Mindenek előtt azét az amerikai fizikusét, aki 1960-ban az *American Journal of Physics*, majd 1961-ben a *Scientific American* hasábjain emlékezett meg őszinte elismeréssel Eötvös Loránd gravitációs méréseiről. Előbbit a *Magyar Fizikai Folyóirat*, utóbbit a *Fizikai Szemle* közölte magyar fordításban. Ez utóbbiból idéznék most:

„A gravitációs gyorsulás állandó voltát sokszor ellenőrizték, a legtokéletesebbek ezen a téren a magyarországi Eötvös Loránd 1889 és 1908 közt végrehajtott rendkívüli pontosságú kísérletei. A kísérletek időpontja sok fizikust arra az elképzelésre készítetett, hogy Eötvös munkája döntő módon befolyásolta *Albert Einsteint*, aki 1908 és 1915 között állította fel az általános relativitás elméletét. A tény az, amint azt Einstein 1934-ben megírta, hogy neki nem volt komoly kétsége »a gravitációs gyorsulás állandó volta felől Eötvös csodálatra méltó

kísérletei eredményének az ismerete nélkül sem, melyeket – ha emlékezetem nem csal – csak később ismertem meg.« Mindazonáltal teljesen jogos azt mondani, hogy ha az Eötvös-kísérletek bármilyen negatív eredménnyel jártak volna, minden fizikus hallott volna néhány napon belül a megdöbbentő hírről, és az általános relativitáselmélet egész alapja megdőlt volna még az elmélet megszületése előtt. Ebből következik, hogy minden olyan kísérlet, amely a gravitációs gyorsulás állandó voltát az Eötvös-kísérletekénél nagyobb pontossággal bizonyítja, Einstein elmélete mellett szolgált alapvető bizonyítékot. Eötvös készüléke a gyorsulás állandó voltát $5 \cdot 10^{-7}$ százalék pontossággal határozta meg... Meglepő módon a modern technika teljes igénybevételével Eötvös eredményeinek pontosságát csak egy 50-es faktossal sikerült megjavítanunk. 10^{-8} százalékos pontossággal állíthatjuk, hogy a réz és az ólom gravitációs gyorsulása állandó. Reméljük, hogy a hamarosan megkezdendő új kísérletsorozatban a pontosságot még egy 10-es faktossal növelni tudjuk.» (*Fizikai Szemle* 1962/4)

Végül is három nagyságrenddel sikerült növelni Eötvös Budapesten elért mérési pontosságát Princetonban, több, mint fél évszázaddal később.

Kinek sikerült ez, ki volt ez a fizikus?

Eötvös gravitációs kísérleteinek amerikai csodálója: Robert H. Dicke (1916–1997)

A Missouri-beli Louis-ban született az Egyesült Államokban. Apja szabadalmi ügyintéző volt – akárcsak Albert Einstein a század elején. Egyetemi MSc-fokozatot



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 Szemle*ben és a *Természet Világában* megjelent számos, ma már az interneten is elérhető publikációja hitelesíti ezt a tevékenységét.



Robert H. Dicke

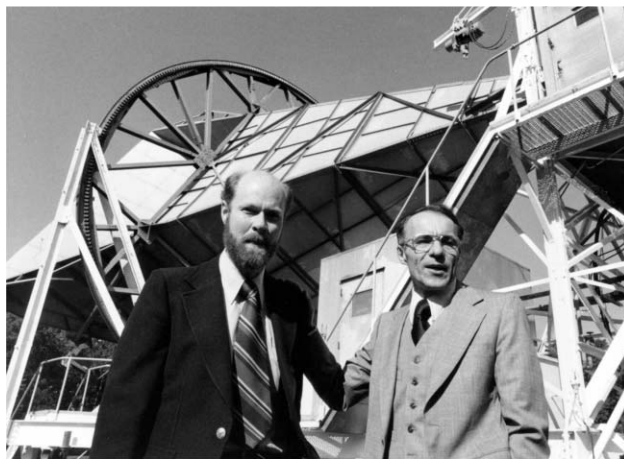
a szülőhelyétől több mint 1000 km-re lévő Princetonban szerzett, két évvel később pedig PhD-fokozatot ért el az innen is több mint 500 km-re lévő Rochesterben magfizikából. Mindkét egyetemről több száz kilométerre adódott első munkahelye – az embernek át kell állítania hazai szemléletét az amerikai távolságokra.

Az MIT-n (Massachusetts Institute of Technology) kezdett dolgozni, de nem tudta folytatni a Rochesterben megkezdett magfizikai kutatásait, mert be kellett kapcsolódnia az ott folyó mikrohullámú radarkutatásba. Jó elméleti felkészültségét és kiváló gyakorlati érzékét, műszerépítő képességeit azonban ezen a területen is sikerült megmutatnia. Kifejlesztette az egyimpulzusú és a koherens impulzusú radart, feltalált és megépített egy olyan mikrohullámú radiométert, amely ma is több modern rádióteleszkóp szerves része.

1942-ben nősült meg, majd élt 55 évig boldog házasságban *Anny Currie*-vel, aki három gyermekkel ajándékozta meg: lányuk 1945-ben született, fiaik pedig 1946-ban és 1953-ban.

1946-ban munkahelyet váltott: ettől kezdve Princetonban tanított és kutatott az egyetemen. Nagy figyelmet fordított a mikrohullámú spektroszkópiára, kidolgozta a mikrohullámú koherens sugárzás, a „radarlézer” elméletét. 1955-ben lett professzor, 1967 és 1970 között ő volt Princetonban a Fizikai Intézet vezetője. A gravitációs vöröseltolódással kapcsolatos elméleti megfontolásai vezették el Eötvös Loránd kutatásainak felfedezéséhez, majd az Eötvös méréseinek pontosítását jelentő, az ekvivalenciaelv érvényességét nyomonkövető, rendkívül körültekintő és alapos saját kutatásainak megtervezéséhez és kivitelezéséhez.

Az 1960-as évek közepén publikálta azt a feltevését, hogy léteznie kell a világban egy, még a Nagy Bumm-



Arno Penzias és Robert Wilson

ból származó kozmikus, mikrohullámú háttérsugárzásnak, és kutatni kezdte e sugárzás észlésének kísérleti lehetőségeit. Nem tudott arról, hogy ezt a feltevést már több mint egy évtizeddel korábban megfogalmazta, kidolgozta és publikálta *Ralph Alpher* (1921–2007) és *Robert Woodrow Herman* (1914–1997). Sajnos a kísérleti kimutatás se neki sikerült, mivel *Arno Penzias* (1933–) és *Robert Wilson* (1936–), a Bell Telephone Laboratories munkatársai megelőzték, midőn egy véletlen felfedezés nyomán eljutottak a kozmikus háttérsugárzás létezésének kísérleti igazolásához.¹ Meg is kapták érte az 1978. évi fizikai Nobel-díj egyik felét. (Másik felét *Pjotr Kapica* (1894–1984) kapta.)

Robert H. Dicke 1975-ben az első „Albert Einstein professzor” lett Princetonban és számos amerikai kitüntetéssel ismerték el érdemeit. *Carl Brans* (1935–) nevű tanítványával továbbvitte a *Paul Dirac* által 1937-ben felvetett gondolatot, és olyan gravitációelméletet dolgoztak ki, amely szerint az Univerzum tágulásának eredményeként a gravitációs állandó mégsem marad állandó, hanem egymilliárd évenként 2%-kal csökken.

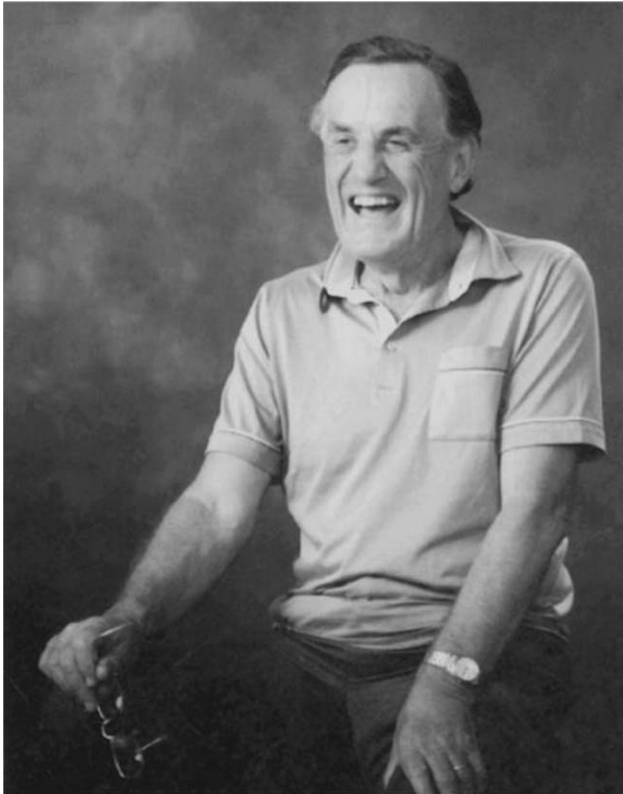
Princetonban halt meg, 81 éves korában.

Sikeres brit mérnökfizikus és rádiócsillagász: Robert Hanbury Brown (1916–2002)

Indiában született, egy brit katonatiszt gyermekeként, akinek akkor éppen Indiában volt az állomáshelye. Nyolc éves korától már Angliában járt iskolába. 16 és 19 éves kora között Brightonban az ottani műszaki főiskolán jutott alapfokú elektromérnöki végzettséghez, utána Londonban az Imperial College hallgatójaként szeretett volna PhD-fokozatot szerezni.

Itt figyelt fel rá *Henry Tizard* (1885–1959) rektor, miközben tehetséges fiatalokat keresett a „Chain Home” fedőnévvel folyó titkos kutatáshoz. Henry Tizard rektorsága mellett fontos kormányzati állást is betöltött: 1933 óta az angliai „Légügyi tudományos kutatások bi-

¹ A sors iróniája, hogy ebben a műszerben Dicke szinkronerősítője működött, azzal vált a jel mérhető nagyságává a háttérzajok fölött.

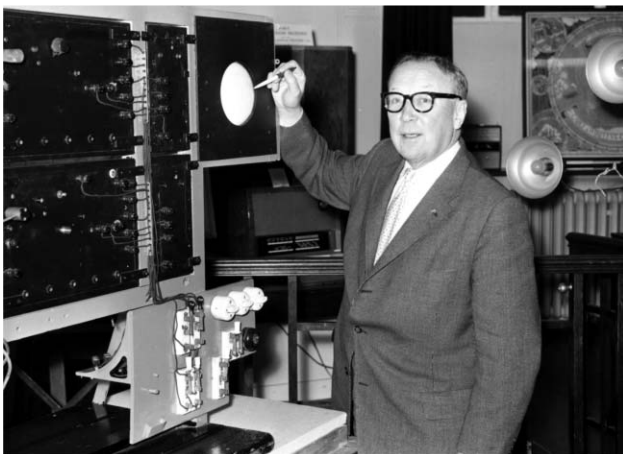


Robert Hanbury Brown

zottságának” elnöke volt, s mint ilyen, megszállottan hitt a rádióhullámokkal történő légi- és tengeri felderítés eredményességében. Anglia határainak védelmére szeretett volna kiépíttetni egy speciális rádióadókból és -vevőkből álló védőláncot a sziget keleti és déli oldalán. Csakhamar kiderült, hogy az alkalmazott frekvencia esetén a látótávolság esős időben jelentősen csökken, szükség volt jóval nagyobb frekvenciájú, kisebb hullámhosszú rádióadók megépítésére. Ebben jutott fontos szerep *Watson-Watt* (1892–1973) angol mérnöknek, az „angliai radar” feltalálójának, és az ő csapatában dolgozott a fiatal *Hanbury Brown* is.

1940-ben, az „angliai csata” idején Tizard titkos miszsióval elrepült az Egyesült Államokba, hogy rávegye a gazdag, tőkeerős államot az angliai tudományos ered-

Robert Watson-Watt



mények, a náci Németország elleni háborúban felhasználható angliai találmányok támogatására. Cserében felajánlotta néhány angliai titkos fejlesztésű dokumentum ingyen átadását az Egyesült Államok számára. Magával vitte többek között azt a Birminghamben kifejlesztett, 10 kW teljesítményű üreges magnetront is, amellyel centiméteres hullámhosszú mikrohullámokat lehetett előállítani. Merész vállalkozása sikerrel járt, pedig nem mehetett biztosra, mivel 1940-ben az Egyesült Államok még nem lépett be a háborúba.

Tizardnak sikerült elintéznie néhány angliai (nemcsak angol nemzetiségű!) tudós kiutazását, ezek között volt Robert Watson-Watt és 1942-től Hanbury Brown is. Eredményesen dolgoztak, sőt, még a háború után is folytatták Amerikában az intenzív radarfejlesztést. Amikor azonban 1949-ben Watson-Watt Kanadába tette át csapata székhelyét, Hanbury Brown úgy döntött, hogy visszajön Angliába. Szeretett volna PhD-fokozatot szerezni és újra magánéletet élni. Mindkettő sikerült, miután a Manchesteri Egyetem kutatója lett és a rádiócsillagászatba dolgozta bele magát, miközben megismerkedett *Heather Hilda Chestermannal*, akit 1952-ben feleségül vett. A későbbiekben egy kislányuk és két ikerfiúk születtek.

1962-ben két évre Ausztráliába költöztek, hogy a Sydney Egyetem megbízásából Hanbury Brown Ausztráliában is megépítse Manchesterben feltalált, két rádióteleszkóp összekapcsolásával működő „intenzitás interferométerét”. Ennek segítségével jutott el ugyanis Manchesterben a kvazárok felfedezéséhez. Ausztráliában a két évből 27 év lett, közben 1982 és 1985 között ő töltötte be a Nemzetközi Csillagászati Unió elnöki tisztét.

Amikor 2002-ben, 86 éves korában lehunyta szemét Angliában, a háborús károkat szenvedett Winchestertől mintegy húsz kilométerre lévő Andoverben, elégedetten állapíthatta meg, hogy sikeres brit fizikusként ugyanolyan fontos szerepet töltött be a háborúban Anglia határainak megvédésében, mint Ausztrália csillagászatának felvirágoztatásában, a békében.

Két brit Nobel-díjas biofizikus: Francis Crick (1916–2004), Maurice Wilkins (1916–2004)

Szinte misztikus, hogy ők ketten nemcsak egy évben születtek, nemcsak ugyanabban az évben kaptak orvosi, fiziológiai Nobel-díjat, de egy évben haltak is meg. Életükben több közös momentum volt, bár teljesen máshonnan indulva kezdtek, s azután teljesen máshova érve fejezték be földi pályafutásukat. *Francis Crick* Angliában született, életének harmadik harmadát azonban az Egyesült Államokban élte le, *Maurice Wilkins* Új-Zélandon született, viszont hatéves korától fogva már Angliában élt és itt is halt meg. Nézzük sorjában!

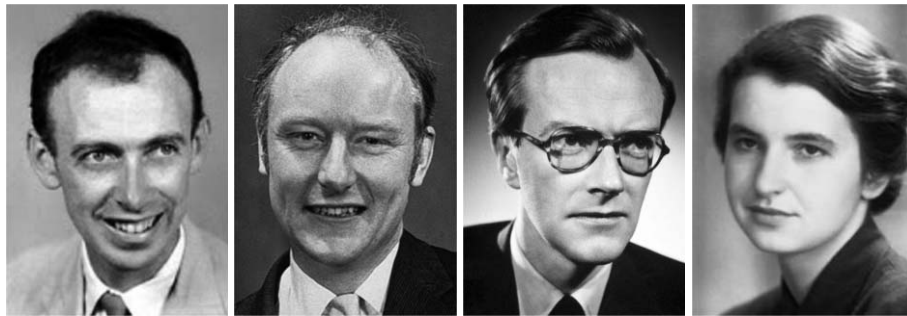
Francis Crick nagyapja cipész és amatőr természetbúvár volt, apja pedig már jól menő cipőgyárat tulajdonolt. Crick nagybátyját is érdekelték a természettudományok, gyakorlati emberként fényképezésre,

üvegfúvásra és kémiai kísérletezésre tanította unokaöccsét, aki 14 éves koráig még szülőfalujához közel, Northamptonban járt iskolába. Utána egy londoni középiskolába ment át, majd a londoni University College diájként szerzett BSc-fokozatot fizikából 1937-ben. A PhD-hez vezető tanulmányait azonban megzavarta a kitört világháború: még a laboratóriumot is, ahol dolgozott, 1940-ben lebombázták a németek. Ezután a háború végéig a brit haditengerészet egyik kutatóintézetében a víz alatti aknák építésének, telepítésének és felderítésének (víz alatti radar, ultrahang) technikáját kutatta.

A háború után az élő és élettelen közti határ kezdte foglalkoztatni, és olyan egyetemet keresett, ahol modern biológiai ismeretekre tehet szert, új kémiai-fizikai kutatási módszereket tanulhat. Kiváló helynek tűnt e célra Cambridge, a Cavendish Laboratórium, amelynek vezetője 1938-tól kezdve a Nobel-díjas *William Lawrence Bragg* (1890–1971) volt, aki a háború után – elég nagy kockázatot vállalva – nem az atombomba hatására keleten és nyugaton egyaránt fellendülő magfizikai kutatást, hanem a békés célú röntgendiffrakciós kutatást részesítette előnyben, és ennek kémiai és biológiai alkalmazását támogatta.

Maurice Wilkins apja Írországból jött iskolaorvos volt Új-Zélandon. Azonban hamarosan visszatért Angliába, és Maurice már Birminghamben kezdett iskolába járni. Itt végzett középiskolát, majd Cambridge-ben szerzett fizikából BSc-fokozatot 1938-ban. A PhD megszerzéséhez visszajött Birminghambe, és az itteni egyetemen egy éve működő mérnök-fizikus, *John Randall* (1905–1984) kutatásaiba kapcsolódott be. Foszforeszcenciával és termolumineszcenciával foglalkoztak közösen, így született meg Wilkins PhD-disszertációja, már az „angliai csata” idején, 1940-ben.

A háború kitörését követően persze mással is el voltak foglalva: az admiralitástól a tanszékre érkezett titkos felkérés alapján olyan radar kifejlesztésén dolgoztak, amelynek hullámhossza centiméter nagyság-



James D. Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins és Rosalind Franklin

rendű, hogy a tengeralattjárók vízszint fölé emelkedő periszkópját is észre lehessen venni. A kutatást irányító tanszékvezető, *Marcus Oliphant* (1901–2000) klisztronnal kísérletezett, azonban ennek teljesítménye legfeljebb 400 W lehetett. Wilkins az érzékelésre használt katódsugárcsövek hatékonyságát tudta növelni, de ez még nem volt elég az üdvösséghez. Az áttörést Randall ötlete hozta meg, amikor feltalálta az üreges magnetront. Ezt vitte el azután Tizard Amerikába, és a Tizard misszió nyomán az Egyesült Államokba kiutazó fizikusok közé 1943-ban bekerült Maurice Wilkins is. (Randall nem akart elmenni.) Akkor már nem is a radarkutatásba, hanem egyenesen a Manhattan-tervbe vonták be Wilkinst, ahol az uránizotópok szétválasztásán dolgozott.

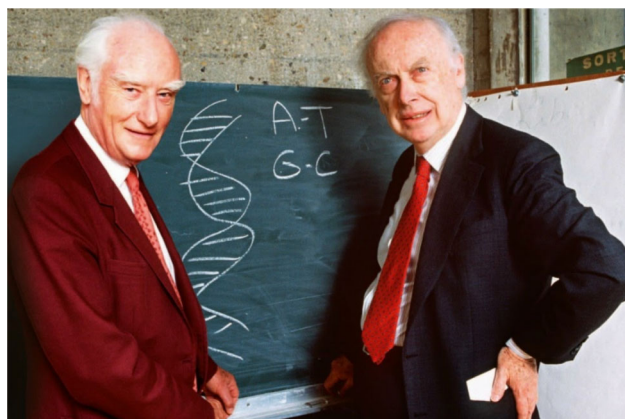
Amikor Wilkins visszatért a háború után Nagy-Britanniába, a King's College professzorának hívására Londonban kötött ki. A professzort John Randallnak hívták... Érdekes módon akkor már biofizikai kutatással foglalkozott, és ebbe vonta be Wilkinst. John Randall Cambridge-ben szerezte meg annak idején a PhD-fokozatot, témavezetője pedig William Lawrence Bragg volt. Könnyen lehet, hogy Braggnek is volt szerepe abban, hogy Randall röntgendiffrakciós kutatásba fogott, biológiai makromolekulák térszerkezetének leképezését vizsgálta és vizsgáltatta egy egész kis kutatócsoporttal, amelynek vezetésére 1946-ban Wilkinst kérte fel. (Újabb érv emellett, hogy a személyes szimpátia felülírhatja a legérdekesebb kutatási téma iránti elkötelezettséget is.)

Az egyetlen hölgy a csoportban *Rosalind Franklin* (1920–1958) fizikai kémikus volt, aki 1950 és 1953

Watson és Crick 1953-ban



Crick és Watson az ezredfordulón





Az 1962-es Nobel-díj átadása után (balról jobbra): Maurice Wilkins (orvostudomány), Max Perutz (kémia), Francis Crick (orvostudomány), John Steinbeck (irodalom), James Watson (orvostudomány), John C. Kendrew (kémia).

között dolgozott velük. Wilkins egy PhD-hallgatóval együtt készítette el a DNS-szalak első diffrakciós képét 1950-ben. E hallgató munkáját vette át azután Rosalind Franklin, akinek rendkívül éles diffrakciós képeket sikerült készítenie a DNS-ről. A diffrakciós képek egyértelművé tették, hogy a DNS-nek helikális, csavarszerű szerkezete van, és az is felvetődött a csoportban, hogy ez a hélix esetleg több, két vagy három spirálból is állhat. A viták során Rosalind Franklin megbántódott, mert érvei nem kaptak elég figyelmet, munkája pedig kellő elismerést a főnökétől, ezért kivált a csoportból és egy másik intézetbe ment át. Ahhoz azonban Randall már nem járult hozzá, hogy az itt készített felvételeit is elvigye magával.

Cambridge-ben Cricknek 1951-ben egy rendkívül éles eszű, fiatal munkatársa akadt, aki az Egyesült Államokból érkezett a Cavendish Laboratóriumba, hogy gyakorlatot szerezzen a röntgendiffrakciós molekuláris biológiai kutatásban. *James D. Watson* (1928–) Chicagóban zoológusi diplomát szerzett, de főleg a genetika és a mikrobiológia érdekelte. Cambridge-ből időnként átrándult Londonba, vitte és hozta a legújabb híreket és felvételeket. Az amerikai *Linus Pauling* (1901–1994) kutatásaival ijesztgette és sürgette mindkét csapatot, tudván, hogy Pauling is nukleinsavak szerkezetének feltárásán dolgozik. 1953-ban végre sikerrel jártak Cambridge-ben, igaz, Cricknek és Watsonnak a DNS-molekula kettősspirál-szerkezetét könnyebb volt egy „Babylon”-szerű gyerekjátékból megépíteni, mint a publikációjukban lerajzolni.²

James G. Watson és Francis Crick nevezetes cikke 1953. áprilisában jelent meg a *Nature* folyóiratban *Molecular structure of Nucleic Acids* címmel.³ Ez egy rendkívül rövid, alig egy oldalas cikk, amelyben javaslatot tesznek a DNS szerkezetére. (Egy cikknek nem kell feltétlenül hosszúnak lennie ahhoz, hogy korszakalkotó felfedezésről adjon hírt.) A publikáció tudományos körökben nagy feltűnést keltett, még a napilapok is beszámoltak a felfedezésről.

A Maurice Wilkins és Rosalind Franklin által készített felvételekre alapozott elméleti megfontolások, amelyek főleg Francis Cricktől és James Watsontól származtak, széles körben elfogadásra kerültek a

biológusok körében, és az 1962-es közös fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjhoz vezettek Crick, Watson és Wilkins számára. Sajnos Rosalind Franklin már nem részesülhetett az őt megillető elismerésben, mert 1958-ban rákban elhunyt. A tudománytörténet azonban csaknem egyenlő súlyúnak ítéli a négy tudós hozzájárulását a felfedezéshez.

Életük hátralévő négy évtizedében Crick és Wilkins is kitarzott a biofizika mellett. Crick a genetikai kód kutatásával foglalkozott, 1976-tól kezdve a kaliforniai Salk Intézetben. Kitartóan érdekelte az élet eredete, végül is a „panspermium” elmélet híve lett, amely szerint az élet spórákban érkezett a Földre, valahonnan a világrűrből... Wilkins kutatóintézeti igazgatóként irányított számos mikrobiológiai kutatást Londonban, de nem lett hűtlen a King's College-hoz sem, ahol professzor volt az 1961-ben alapított biofizikai tanszéken.

Családi életük sajátos tükrözte egyéniségük különbözőségét: Crick kétszer nősült meg, először 24, másodszer 33 éves korában. Első házasságából egy fia, a másodikból két lánya született. Wilkins elég soká tépelődött, mire 43 éves korában rászánta magát a házasságra, nekik egy fiúk és egy lányok született.

A két brit Nobel-díjas után legközelebb két „100 éves” szovjet-orszói Nobel-díjasra emlékezünk.

² A felfedezés izgalmas történetét James D. Watson írta meg, a Gondolat Kiadó gondozásában 1970-ben magyarul is megjelent *A kettős spirál* című könyvében.

³ <http://www.nature.com/nature/dna50/watsoncrick.pdf>