



Hargittai István

BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

Buckminsterfullerén – mi van a név mögött?

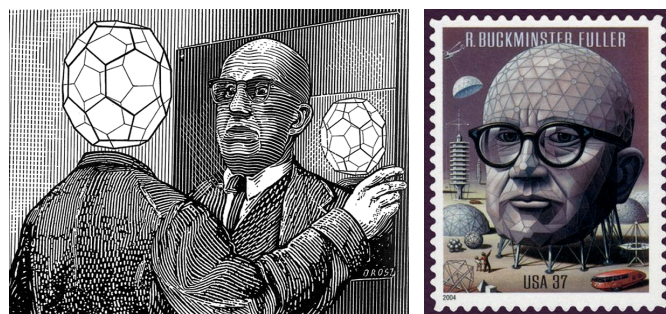
Negyven évvel ezelőtt, 1985-ben jelent meg a *Nature*-ben Harold W. Kroto, Richard E. Smalley, Robert F. Curl és diákjaik rövid közleménye, amelyben hírül adták, hogy kísérletükben megfigyelték a csonkolt ikozaéder alakú C_{60} -molekulát, amelynek a buckminsterfullerén (*buckminsterfullerene*) nevet adták [1]. A felfedezés 1996-ban a három professzornak Nobel-díjat hozott. Hagyomány, hogy a Nobel-díj kihirdetése napján a Királyi Svéd Tudományos Akadémián előadást tartanak a díjban elismert felfedezéssel kapcsolatos témában. 1996 októberében ezt az előadást én tartottam a szimmetriáról.

Már 1970-ben megjelent egy dolgozat, amelyben szimmetriameggondolások alapján Eiji Osawa felvetette egy csonkolt ikozaéderes alakú C_{60} -molekula lehetőségét [2]. 1973-ban Dmitrij A. Bocsvar és Elena G. Galpern kvantumkémiai számítások eredményeként jutott el csonkolt ikozaéderes C_{60} szerkezethez [3]. A C_{60} -molekula kísérleti megfigyeléséről először az Exxon cég egyik laboratóriumának a magyar származású Andrew Kaldor vezette kutatócsoportja tudósított 1984-ben [4]. Közöltek egy tömegspektrumot, amelyen sok más csúcs mellett, környezetéből valamelyest kiemelkedve látható a C_{60} -as. A tömegspektrumot grafit lézeres elpárologtatásával végzett kísérletben vették fel.

A *Nature*-cikk szerzői hasonló kísérleteket folytattak, de munkájuk három lényeges szempontból különbözött az Exxon-projektől. Kíváncsiságukat felkeltette a C_{60} -as csúcs, és addig „játszottak” a kísérleti feltételekkel, amíg olyan tömegspektrumot nem kaptak, amelyet már a C_{60} -csúcs uralt. Ez volt az első fontos különbség. A második az volt, hogy olyan szerkezetet kerestek, amelyet a stabilis C_{60} -molekulához rendelhetnének. Így jutottak el ők is – Osawa [2] és Galpern [3] után – a csonkolt ikozaéderes alakhoz. A harmadik különbség az volt, hogy el is nevezték a csonkolt ikozaéderes alakú C_{60} -molekulát. Mivel a szerke-

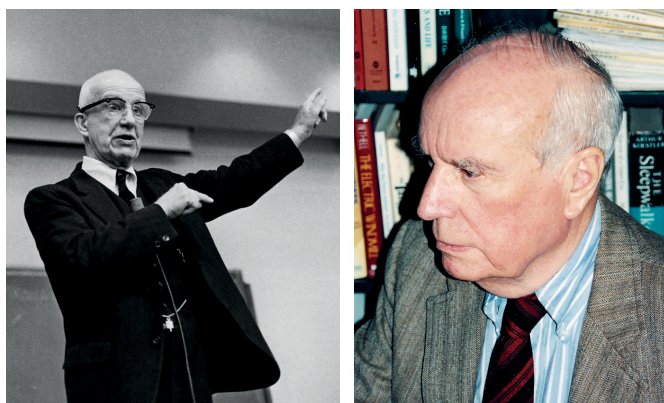
zet keresése közben R. Buckminster Fuller „geodéziai kupolájának” emléke terelte őket a helyes irányba, a *buckminsterfullerene* nevet választották. A név első látásra nehézkesnek tűnik, sokan azt is kifogásolták, hogy egy ismeretlen, nem is kémikus nevet választották, még a *Nature* oldalain is megjelentek bíráló megjegyzések. Idővel azonban mindenki megbarátkozott a névvel, amely könnyedén gördül le a nyelvünkön, és valóban népszerű lett.

R. Buckminster Fuller (1897–1985) amerikai tervező, feltaláló, építész és filozófus (lásd pl. [5], 60–86.) a Massachusetts állambeli Miltonban született és a helyi középiskolában érettségizett. Innen a Harvard Egyetemre ment, de nem tudott beilleszkedni, kétszer is kicsapták, és sohasem fejezte be egyetemi tanulmányait. Később sok egyetem tüntette ki tiszteletbeli doktorátussal és professzori címmel. Mai szóhasználatával az anyagtudomány és az anyagtechnológia érdekelte a legjobban, amit kiégyesített társadalmi érzékenysége. Pályájának első szakaszában sok kezdeményezése többnyire kudarcra végződött. Már majdnem feladta, amikor úgy döntött, hogy nem érdeklik az anyagi javak, és az emberiség boldogulásának szenteli az életét. Ez nemes szándék volt, de sok olyan követőjénél visszaüött, aki csak azt vette át tőle, hogy nem kell a megélhetéssel törődni. Fullernek nem voltak anyagi gondjai, mert publikációi, előadásai, szabadalmi biztosították jólétét.



R. Buckminster Fuller-portré Orosz István grafikáján [5] és egy 2004-es amerikai bélyegen

Nem ismertem Fullert, de többször találkoztam legközelebbi munkatársával, Edgar J. Applewhite-tal (1919–2005), akitől sokat hallottam róla. Applewhite a Yale Egyetemen, majd a Harvard Egyetemen tanult, szolgált az USA Haditengerészeténél és a CIA-nél. Kilenc évet töltött Fullerrel fő műve, a kétkötetes *Synergetics* megalkotásán. Úgy dolgoztak, hogy Applewhite Fuller korábbi írásaira támaszkodva megírta a soron következő fejezetet, majd Fuller megjegyzéseit figyelembe véve alakította ki a végleges szöveget. Amikor érdeklődtek foglalkozásáról, Applewhite, aki maga is több sikeres könyv szerzője volt, saját magát „laikus”-ként jellemezte.



Balra: R. Buckminster Fuller, 1970, Pacific High School, Saratoga, California (Lloyd Kahn felvétele és szívességéből). Jobbra: Edgar J. Applewhite, 1996, washingtoni otthonában (Hargittai István felvétele)



Fuller egyik találmánya a Dimaxion House; a „dimaxion” a dinamika, a maximum és az ion szavakból alkotott mozaikszó. Az „ion” Faraday-tól származik, görög eredetű és mozgásra utal. A „dimaxion” autonóm szerkezetre vonatkozik, olyan összerakható és szállítható házra, amely a benne lakó számára mindent biztosít. Fuller 1947 óta építette ezeket az épületeket, amelyeket korábban már mások is építettek, de csak az ő hatására indult a tömegtermelésük. Legalább száz cég állított elő legalább kétezer ilyen házat.

Fuller számára a tér és a térfogat fizikai valóságot jelentett, nem csak absztrakciót. Kapcsolatot fedezhetünk fel közte és a középkori olasz építész, Francesco Borromini (1599–1667) munkássága között. Azt azonban nem tudjuk, hogy Fuller ismerte-e az építész munkáit, mert notóriusan nem hivatkozott másokra, nem idézett és nem is köszönt meg közreműködést munkáiban – Applewhite kivétel volt, mert a *Synergetics* címdoldalán és borítóján is szerepel a neve.

Fuller részletesen írt a kémiai kötés természetéről anélkül, hogy Linus Paulingot megemlítené volna ebben a kontextusban (másutt megemlíti), holott felismerhető Pauling tanítása. Fuller elképzelései nemcsak a C_{60} esetében hatottak a kémiai felfedezésre. 1962-ben Donald Caspar és a későbbi Nobel-díjas Aaron Klug felfedezték az ikozaéderes vírusszerkezetet, és részletesen írtak Fuller geometriai elveinek inspiráló hatásáról. A poliovírus kutatása során kifejezetten segítette őket Fuller „geodéziai kupola”-szerkezete.



Aaron Klug és a szerző, Klug kezében egy csonkolt ikozaéderes C_{60} -modellel, 2000-ben a Cambridge-i Molekuláris Biológia Laboratóriumában (ismeretlen szerző felvétele)

Így írtak erről [6]: „Az általunk talált megoldást azok a geometriai elvek sugalmazták, amelyeket Buckminster Fuller alkalmazott geodéziai kupolái megszerkesztésében. A geodéziai kupolák tervrajzai és az ikozaéderes vírusok közötti hasonlóság a poliovírussal foglalkozó munkánk idején keltette fel figyelmünket. Fuller úttörő volt a fizikai geometria kifejlesztésében, amely a hatékony tervezés elvein alapul. Ezeknek az elveknek a jegyében vizsgáltuk a vírusok fehérjehéjának szerkezetét. Észszerű feltevéssel élve, a megkívánt kváziazonosság fokát illetően csak egyetlen általános módja van annak, hogy azonos fehérjealegységekből izodimenziós héjakat szerkesszünk, ez pedig szükség-szerűen ikozaéderes szimmetriához vezet. Mi több, az ilyen szerveződésű vírusegységeknek van egy meghatározott méretű héjhoz való ön hasonlóság tulajdonságuk. Az alapfeltevés az, hogy

a héjat mindenütt azonos típusú kötések tartják össze, de ezek a kötések kissé különböző módon deformálódhatnak a különböző nem szimmetrikus környezetekben. A molekulaszervezetek nem aszerint alakulnak ki, hogy egzakt matematikai elveknek feleljenek meg, hanem hogy a rendszer minimális energiájú konfigurációja valósulhasson meg.” Ezt az utolsó tételt különösen gondolatébresztőnek és általános érvényűnek tartom.

Fuller 1966-ban készült el az 1967-es Montreali Világkiállítás amerikai pavilonjának terveivel. Mint később kiderült, annak idején Kroto és Smalley is meglátogatta ezt a pavilont, és 1985-ben emlékeztek a jellegzetes szerkezetre. Feleségemmel 1995-ben néztük meg kanadai látogatásunk során. Szerencsére nem hagytuk magunkat lebeszélni, amikor azt mondták, hogy a pavilon leégett. Valóban volt egy tűz, de az csak a burkolóréteget semmisítette meg, és a szerkezet számunkra érdekes acélváza ezzel jól láthatóvá. Az itt bemutatott fényképen a híres konstrukció egy részlete kiemeli a sok hatszög között az egyik ötszöget. A matematikusok már rég tudták, hogy ha szabályos hatszögekből építünk gömb alakot, akkor közéjük kell helyeznünk 12 szabályos ötszöget. A hatszögek száma tetszőleges, kivéve az egyet. A csonkolt ikozaédernek 32 oldala van, közülük 20 a szabályos hatszög

Az 1967-es montreali világkiállítás amerikai csarnokának egy része a hatszöges elemek között látható egyik ötszöges elem kiemelésével; alatta: Harold W. Kroto a szerző otthonában (Hargittai István felvételei)¹



¹ Az ötszöges elemet kiemelő fénykép már szerepelt egy 2010-es közleményünkben: Hargittai I., Az idei fizikai Nobel-díj egy kémikus szemével. MKL (2010) 65, 399–401.



és 12 a szabályos ötszög. Fuller montreali szerkezete nem teljes gömb alak, de ugyanazt a szerkezeti elvet követi. Osawa és Galpern nem látta a montreali kupolát, de ismerték a csonkolt ikozaédert. Viszont szerencse, hogy Kroto és Smalley nem volt ennyire járatos a poliéderek világában, és montreali emlékeik segítségével jutottak el ehhez a szerkezethez: így összekötötték a kémiát a formatervezéssel. Kroto hangsúlyozta, hogy a névválasztásban döntő szerepe volt Buckminster Fuller geodéziai elképzeléseinek [7].

Applewhite elemezte a névválasztás jelentőségét [8]. Utalt az izraeli költő Yehuda Amichai szavaira, aki a névválasztást elsőrendű kulturális tevékenységként írta le. Idézte a 19. századbeli angol filozófus, John Stuart Mill szavait, aki szerint: „Mindig erős volt az a tendencia, hogy bármi, ami nevet kapott, egy entitás vagy egyed kell, hogy legyen, amely önállóan, függetlenül létezik.” Fuller már nem élt a buckminsterfullerén felfedezésekor, de családja és követői elragadtatással vették a névválasztásról szóló hírt. Lehet, hogy Applewhite túloz, amikor az alábbiakat írja, de állítását nehéz lenne megcáfolni: „Ez az újonnan felfedezett – ősi és mindenütt jelen lévő – molekula, a szén harmadik módosulata túlmutat a legtöbb elnevezett jelenségre, például a Hold hegyei vagy az antarktisi csúcsok és gerincek történelmi vagy földrajzi jelentőségén. A térképeszek két kontinentet neveztek el Amerigo Vespucciról, mert azt állította (ahogy Kolumbusz nem), hogy Brazília partjai és a Karib-tenger szigetei szárazföldet alkotnak, és nem csak akadályok az Ázsiába vezető úton. A C_{60} sokkal elemibb felfedezés, sokkal ősbib, és áthidalja a csillagközi teret. Fullerenek nem kell irigyelni Vespuccit.”

Kroto számára különleges jelentősége volt a névválasztásnak. A felfedezés szinte minden vonatkozásában összefonódott a részt-

vevők teljesítménye, de a névválasztás egyéni tett volt. Szerinte: „A C_{60} esetében a név egyedi dolog. Az igazán különleges, amit a C_{60} történetében tettem, hogy nevet adtam neki; ha nem jöttem volna elő ezzel a névvel, akkor lehetett volna *futballene* vagy *soccerene*. Amikor felfedeztük a C_{60} -at, sokan írtak nekünk és mindenkinek volt valamilyen javaslata a névre. Kezdetben alig néhány embernek tetszett a buckminsterfullerén – olyanoknak, akiknek volt humorérzéke. Szerintem a névadás az egyetlen, ami egyéni a felfedezésben, ami az igazi halhatatlanságot jelenti. Rick [Smalley] és Bob [Curl] is felismerték ezt, és ezért akarták, hogy én legyek az első szerző a cikkben. Ennek nagyon örültem” ([9], 351. oldal).

IRODALOM

- [1] H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brian, R. F. Curl, R. E. Smalley, C_{60} : Buckminsterfullerene. *Nature* (1985) 318, 162–163.
- [2] E. Osawa, Superaromaticity. *Kagaku* (1970) 25, 854–863.
- [3] Д. А. Бочвар, Е. Г. Гальперн, О гипотетических системах: Карбододекаэдр, s-икосаэдр и карбо-с-икосаэдр. Докл. Акад. наук СССР. Сер. Хим. (1973) 209, 610–612.
- [4] E. A. Rohlfing, D. M. Cox, A. Kaldor, Production and characterization of supersonic carbon cluster beams. *J. Chem. Phys.* (1984) 81, 3322–3330.
- [5] Hargittai István, Hargittai Magdolna, *Szimmetriák a felfedezésben*. Vince Kiadó, Budapest, 2003. I. Hargittai, M. Hargittai, *In Our Own Image: Personal Symmetry in Discovery*. Kluwer/Plenum, New York, 2000; könyvet Hajdú Ferenc fordította angolról magyarra.
- [6] D. L. D. Caspar, A. Klug, Physical Principles in the Construction of Regular Viruses. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* (1962) 27, 1–24. Az idézet magyar fordítása: [5], 65–66.
- [7] H. W. Kroto, The stability of the fullerenes C_n , with $n = 24, 28, 32, 36, 60, 70$. *Nature* (1987) 329, 529–531.
- [8] E. J. Applewhite, The Naming of Buckminsterfullerene. *Chem. Intell.* (1995) 1(3), 52–54.
- [9] I. Hargittai, *Candid Science: Conversations with Famous Chemists*. Edited by M. Hargittai, Imperial College Press, London, 2000, Chapter 26, „Harold W. Kroto”, 332–357.

Chemistry Europe

European Chemical Societies Publishing

Chemistry Europe

- 16 chemical societies
- From 15 European countries
- Which co-own 20 scholarly journals
- Over 19 million downloads in 2022
- Over 120,000 articles published since 1995
- With 128 Chemistry Fellows and 8 Honorary Fellows recognized for excellence in chemistry

www.chemistry-europe.org

European Chemical Societies Publishing

published in partnership with