



Szalai Tamás

■ SZTE TTIK Fizikai Intézet, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék | szaszi@titan.physx.u-szeged.hu

Fizikai Nobel-díj, 2019

# Exobolygók és kozmológia: a Világegyetem lokális és globális megismerése

**2019.** október 8-án a stockholmi Svéd Királyi Akadémia egy elméleti kozmológust és két exobolygó-felfedező csillagászt nevezett meg a fizikai Nobel-díj nyerteseiként: a 9 millió svéd korona összértékű díj egyik felét idén a kanadai-amerikai *James Peebles*nek ítelték a „*fizikai kozmológia elmélete terén tett felismeréséiért*”, a másik felét pedig – megosztva – két svájci kutató, *Michel Mayor* és *Didier Queloz* érdemelte ki „*az első, egy Napunkhoz hasonló csillag körül keringő exobolygó felfedezéséért*” (1. ábra). A Nobel Bizottság a díjjal az Univerzum fejlődésének, valamint Földünk kozmoszban elfoglalt helyének megértéséért tett erőfeszítéseket ismerte el [1].

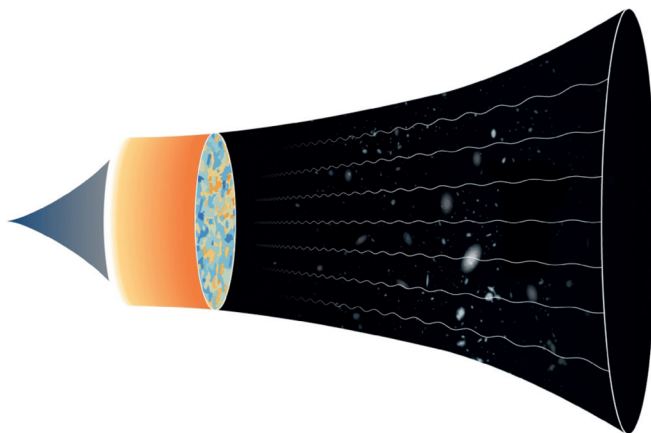


1. ábra. A 2019-es fizikai Nobel-díj nyertesei. Balról: *James Peebles*, *Michel Mayor* és *Didier Queloz* (© Nobel Media 2019. Grafika: Niklas Elmehed)

*James Peebles* (1935–) egyike azoknak a kutatóknak, akiknek a vezetésével az elmúlt bő fél évszázadban a kozmológiát sikerült a tisztán filozófiai gondolatmenetek és spekulációk világából a fejlett matematikai és fizikai eszköztár segítségével művelhető, egzakt tudományággá változtatni.

Az 1940-es évek végén *George Gamow*, *Ralph Alpher* és *Robert Herman* vetette fel először, hogy a Világegyetem egy végtelenül forró pontból keletkezhetett (ez később a köznyelvben *ősrobbanás-elmélet* néven vált ismertté), és hogy az Univerzum ma megfigyelhető szerkezeti elemei – először az atomok, majd a molekulák, majd az egyre nagyobb struktúrák, később pedig az első csillagok és galaxisok – az anyag néhány ezer kelvin hőmérsékletűvé hűlése után alakulhattak ki. Az utóbbi folyamat elején vált az anyagsűrűség kellően alacsonnyá ahhoz, hogy az Univerzum a fotonok számára átlátszóvá váljon; ennek az eseménynek a nyoma pedig az említett kutatók jóslata szerint egy nagyon alacsony (mindössze néhány K) hőmérsékletű sugárzás formájában lehet jelen az egész Univerzumban (2. ábra).

Bár a kutatók többsége akkoriban nagyon szkeptikus volt annak kapcsán, hogy *Gamow*ék elméletét valaha lehet majd megfigyeléssel bizonyítani, 1965-ben végül – részben a szerencsének



2. ábra. Az Univerzum idővonala, mai ismereteink szerint: az ősrobbanást követő, sűrű, forró időszak végén a sugárzás számára átlátszóvá váló anyagból létrejöttek a ma megfigyelhető struktúrák. A folyamat lenyomatát kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás formájában figyelhetjük meg, amelynek apró, irányfüggő fluktuációi betekintést adnak a Világegyetem geometriájába és szerkezetének kialakulásába (© Johan Jarnestad, Királyi Svéd Akadémia)

köszönhetően – mégis sikerült. Két amerikai fizikus, *Arno Penzias* és *Robert W. Wilson* egy nagy érzékenységű, mikrohullámú rádióantenna tesztelése közben kimért egy, a tér minden irányából egyforma intenzitásúnak tűnő „háttérzajt”, eredményüket pedig egy vezető asztrofizikai szaklapban publikálták. A felfedezésről már korábban értesülve a Princetoni Egyetem professzora, *Robert H. Dicke* és munkatársai – köztük a fiatal *Peebles* – felismerték, hogy ez a háttérzaj lehet a *Gamow*ék által megjósolt háttérsugárzás. Eredményeiket sikerült ugyanabban a lap-számban leközölniük, mint *Penzias*éknak, *Peebles* pedig még ugyanebben az évben egy további, előremutató tanulmányt is publikált a témában. A *kozmosz mikrohullámú háttérsugárzás* felfedezését már 1978-ban fizikai Nobel-díjjal ismerték el, ám ezt akkor csak a két megfigyelő, *Penzias* és *Wilson* érdemelte ki.

A következő évtizedekben a kozmológiai kutatások rohamos léptékben fejlődtek, s a nyolcvanas évekre nagyrészt megszületett a Világegyetem keletkezésének és fejlődésének ma legáltalánosabban elfogadott, ún. *standard kozmológiai modellje*. *Peebles* vezető szerepet játszott a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás apró, irányfüggő fluktuációinak (anizotropiáinak) előrejelzésében és értelmezésében, amelyek közvetlen összefüggésben vannak a Világegyetem geometriájával és ma megfigyelhető, nagy léptékű szerkezetével (az ezt vizsgáló *COBE* műhold vezető fejlesztő-kutatói, *George F. Smoot* és *John C. Mather* 2006-ban már kiérdemelték a fizikai Nobel-díjat). Emellett az elsők között írta le részletesen az Univerzum kezdeti időszakában fennálló, lehet-

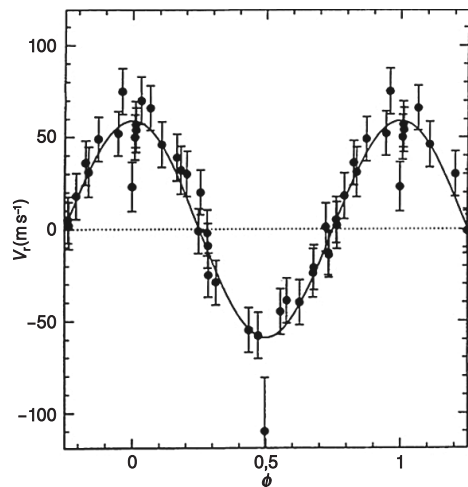


séges fizikai viszonyokat, valamint az Univerzum összetételét és fejlődését feltehetően jelentősen befolyásoló sötét anyag és sötét energia ötletét.

Peebles kutatói munkássága mellett több alapvető kozmológia-tankönyv szerzője, minden kétséget kizáróan a modern kozmológia egyik atyja. 84 évesen is aktív, jelenleg a Princetoni Egyetem (amelyen egész munkásságát töltötte) emeritus professzora.

Az ideai fizikai Nobel-díj másik felében a más csillagok körül keringő, extraszoláris, azaz röviden exobolygók kutatásának első, úttörő eredményét felmutató csillagászok, *Michel Mayor* (1942–) és *Didier Queloz* (1966–) részesültek. Míg az 1990-es évek közepéig inkább csak a sci-fi-írók műveiben szerepeltek távoli csillagrendszerekben lévő bolygók, addig az elmúlt 25 évben az exobolygó-kutatás a csillagászat (és általában véve a tudomány) egyik legsikeresebb és legizgalmasabb ágává fejlődött [2–4].

A távoli csillagok körül keringő planeták detektálása nehéz feladat (lásd a fentebb megjelölt összefoglaló írásokat), és ezen a téren Mayor és Queloz tette meg az első sikeres lépést 1995-ben. Az ún. *radiális sebesség-módszerrel* (azaz a csillag színképvonalalaiban egy nem látható kísérő által okozott, periodikus Doppler-eltolódások megfigyelésével) sikeresen mutattak ki egy Jupiterhez hasonló kísérőt az 51 Pegasi jelű, Napunkhoz hasonló csillag<sup>1</sup> spektrumaiban (3. ábra). A 80-as évek végétől kezdve párhuz-



3. ábra. Az 51 Pegasi jelű csillagnak az egyes színképvonalak laboratóriumi hullámhosszhoz képest való eltolódásaiból kimért radiális (azaz látóirányú) sebessége. A periodikus változást egy Jupiterhez hasonló, de annál sokkal rövidebb keringési periódusú bolygó gravitációs hatása okozza (a vízszintes tengelyen az idő ún. keringési fázisba átszámolva látható) [5]

mosan több kutatócsoport is elkezdett hasonló felméréseket végezni, de Mayorék előtt mindenkinek csak csillagszerű kísérőket (alacsony hőmérsékletű vörös, ill. barna törpecsillagok) sikerült kimutatniuk. A következő években számos további bolygót fedeztek fel földfelszíni programok révén; ezek közül a Geoffrey

<sup>1</sup> Speciális objektum, konkrétan egy szupernóva-robbanás után visszamaradt neutroncsillag körül már három évvel korábban sikerült bolygószerű kísérőt azonosítani. Ilyen rendszerekben azonban elég valószínűtlennek tűnik, hogy életre alkalmas körülményeket találjunk, ami valahol mégis csak az exobolygó-kutatás egyik fő motívációja.

<sup>2</sup> Hungarian-made Automated Telescope Network (HATNet) Exoplanet Survey, <http://hatnet.org>

<sup>3</sup> Ha egy bolygó keringése során tőlünk nézve átvonul a csillag korongja előtt, akkor az átvonulás (tranzit) időtartama alatt a csillag látszó fényességében apró, de jellegzetes csökkenés következik be.

Marcy és Paul Butler által a kaliforniai Lick Observatóriumban indított program volt a legsikeresebb.

A későbbi, földfelszíni (köztük a magyar vezetésű HATNet-program<sup>2</sup>), majd még inkább az űrtávcsövekkel (elsősorban a Kepler és a CoRoT, legújabban pedig a TESS révén) végzett, szisztematikus megfigyelési programok eredményeként jelenleg mintegy 4000 csillag körül ismerünk bolygókat (többségüket az ún. *tranzit-módszerrel*<sup>3</sup> fedezték fel), de feltehetően csak a mi Galaxisunkban milliárdszámra lehetnek még planeták. A már felfedezettek között több bolygót tartalmazó rendszerek, sőt, kettőscsillagok körül keringő bolygók is találhatóak.

Az exobolygó-kutatás egyik legfontosabb eredménye, hogy bár a miénkhez hasonló rendszereket is sikerült találni, a megismert bolygók és bolygórendszerek erősen különböznek a Naprendszerben látottaktól (pl. központi csillagukat néhány nap alatt megkerülő, forró óriásbolygók, vagy a Föld és a Neptunusz mérete közé eső, egyelőre nem ismert összetételű „szuperföldek” és „szubneptunuszok”). Mindez fontos és nehéz kihívások elé állítja mind a bolygókeletkezési folyamatokat, mind az egyes rendszerek lakhatósági viszonyait vizsgáló kutatókat. A közeljövőben (olyan új eszközök, mint pl. a 2021-re tervezett indítású James Webb-űrtávcső segítségével) további, forradalmi felfedezések várhatóak az exobolygó-kutatás terén, mint például nagy számú, Föld-típusú bolygó felfedezése, egyes bolygóléggörök kémiai összetételének meghatározása (elsősorban az élet ismert feltételei közé számító vízgőz vagy oxigén kimutatásának reményében), illetve esetleges exoholdak detektálása.

Mayor és Queloz pályafutásuk további részében is elsősorban az exobolygó-kutatás folyamatosan szélesedő területén munkálkodtak. Mayor 1988 és 2007 között a Genfi Egyetem professzora volt (jelenleg már nyugdíjas), 1998 és 2004 között a Genfi Observatórium igazgatói posztját is betöltötte; emellett számos nemzetközi tudományos szervezet és testület (többek között az Európai Tudományos Akadémia és az Amerikai Tudományos és Művészeti Akadémia) tagja. Queloz jelenleg is a tudományos élet meghatározó alakja, egyidejűleg a Genfi Egyetem és a Cambridge-i Egyetem professzora; több nemzetközi exobolygó-kereső programban is közreműködik, a 2019 decemberében felbocsátott, exobolygók vizsgálatára dedikált CHEOPS űrtávcső tudományos bizottságának vezetője.

A Világegyetem titkainak megismerését célzó kutatások jelentőségét és dinamikus fejlődését jól jelzi, hogy az ezredforduló óta eltelt időszakban a fizikai Nobel-díjak mintegy harmadát csillagászati, illetve részben csillagászati kötődésű felfedezésekért és felismerésekért ítélték oda [6–8].

#### IRODALOM

- [1] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2019/press-release/>, 2019. október 8.
- [2] Szatmáry, K., Magyar Tudomány (2006) 8, 968.
- [3] Szabó, R., Szabó, M. Gy., Fizikai Szemle (2013) 7–8, 217.
- [4] Regály, Zs., Fizikai Szemle (2015) 7–8, 233.
- [5] Mayor, M., Queloz, D., Nature (1995) 378, 355.
- [6] Kóvári, Zs., Hotyá, H., Feltárul a Világegyetem; a Természet Világa különszáma (2009) 43.
- [7] Szalai, T., Fizikai Szemle (2011) 11, 377.
- [8] [https://mta.hu/tudomany\\_hirei/fizikai-nobel-dij-a-gravitacios-hullamokert-108077](https://mta.hu/tudomany_hirei/fizikai-nobel-dij-a-gravitacios-hullamokert-108077), 2017. október 3.