

SPITZER – (BŐ) MÁSFÉL ÉVTIZEDNYI INFRAVÖRÖS „ÚRSZOLGÁLAT”

SPITZER – A (MORE THAN) 15-YEAR-LONG SERVICE IN SPACE

Szalai Tamás

PhD, tudományos munkatárs, Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Fizikai Intézet
Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Szeged
szaszi@titan.physx.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az aktív működési időt tekintve az infravörös-űreszközök között messze rekordtartónak számító *Spitzer infravörös-űrtávcső* 2020. január 30-án fejezte be küldetését. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a még mindig kifogástalan műszaki állapotban levő űrteleszkóp tudományos eredményekben rendkívül gazdag „pályafutását”, külön hangsúlyt helyezve az örömtelen nagyszámú magyar közreműködéssel történt felfedezésre.

ABSTRACT

Spitzer Space Telescope is the longest-serving infrared space telescope to date. Its mission officially ended in 30 January 2020. Here we give a brief summary of the history of Spitzer, and that of the main results achieved through this fruitful scientific mission, highlighting a number of discoveries achieved by Hungarian astronomers as contributors.

Kulcsszavak: asztrofizika, infravörös-csillagászat, űrcsillagászat, Spitzer-űrtávcső

Keywords: astrophysics, infrared astronomy, space astronomy, Spitzer Space Telescope

Now the world has gone to bed,
Darkness won't engulf my head,
I can see by infrared,
How I hate the night.

Now I lay me down to sleep,
Try to count electric sheep,
Sweet dream wishes you can keep,
How I hate the night.

A fél világ most ágyba mén,
De hiába huny ki a fény,
Infravörösben látok én,
Gyűlölöm az éjt.

Számlálhatok éjhosszokat
Elektromos bárányokat,
Ne is kívánj szép álmokat,
Gyűlölöm az éjt.

Douglas Adams: *Az élet, a Világmindenség, meg minden*¹

¹ Fordította Kollárik Péter.

Egy távcsőnek – igen nagy valószínűséggel – nincsenek érzései; ha azonban mégis lennének, akkor az immár tizenhat éve a világűrben keringő (és az idei év elejéig folyamatosan üzemelő) Spitzer-űrtávcső érzelmei jó eséllyel rezonálnának a *Douglas Adams* sci-fi író depressziós robotja, Marvin által költött altatódal soraira.

A küldetését 2020 januárjában befejező infravörös-űrobszervatórium a kutatói közösség számára azonban egyáltalán nem a depressziót, hanem számos érdekes újdonság és nagyszerű felfedezés örömet jelentette, jelenti – az alábbi írásban a távcső történetéről és jelentőségéről értekezünk.

(INFRAVÖRÖS) TÁVCSÖVEKET AZ ŰRBE!

Földünk légköre – az élővilág szerencséjére, de némiképp a csillagászok „boszszúságára” – a teljes elektromágneses spektrum csak néhány sávjában engedi át a világútból érkező sugárzást (a látható fényben, a mikrohullámok és a rövid hullámhosszú rádiótartomány nagy részében, illetve néhány keskeny, közeli és közepes infravörös sávban, lásd például Szabó, 2018). Az űrkorszak beköszöntével a csillagászok felismerték a lehetőséget, hogy a légkörön túlra juttatott eszközökkel az addig elérhetetlennek gondolt hullámhossztartományokban is esély nyílt a Világegyetem vizsgálatára. Az első, csillagászati célú eszközöket már az 1960-as években Föld körüli pályára állították, megnyitva ezzel az *űrcsillagászat* korszakát (Kovács, 2009).

Az infravörös (IR) tartományban végzett megfigyelések a csillagászok számára nagyon fontosak. Míg a csillagok energiájuk nagy részét általában a látható fény tartományában sugározzák ki, a jóval alacsonyabb (néhány száz vagy csak néhány tíz K) hőmérsékletű égitestek (például bolygók, kisbolygók, csillagközi anyag) hőmérsékleti sugárzása alapvetően a hosszabb hullámhosszú régióba esik; emellett infravörös emissziós vonalakként figyelhetők meg például a molekulák forgási és rezgési átmenetei. Fontos előny a látható fény tartományához képest, hogy a csillagközi por és gáz fényelnyelési és -szórási hatásait együttesen jellemző ún. *extinkció* jóval kisebb az infravörös hullámhosszakon. Így a közeli IR-tartományban (kb. 0,7–5 mikrométer), ahol még nem a hideg por saját sugárzását látjuk, lehetőségünk van „átnézni” a porral övezett régiókon, például a csillagkeletkezési területek porburkain vagy Galaxisunk porsávjain, bepillantást nyerve azok belsejébe, illetve azok mögé. (Természetesen az IR-tartományban való vizsgálódásnak nehezítő tényezői is vannak: egyrészt a közép- és távoli IR-tartományban nagyon erős a naprendszerbeli por sugárzása mint égi háttérsugárzás, másrészt, a hosszabb hullámhosszak felé haladva egyre csökken a felbontóképesség.)

Az első jelentős infravörös-űrtávcső az IRAS (*Infrared Astronomical Satellite*, 1983) volt, amit 1995-ben a mindössze egy hónapig üzemelő, japán IRTS (*Infra-*

red Telescope in Space), illetve az Európai Űrügynökség (ESA) 2,5 évig szolgálatot teljesítő, ISO (*Infrared Space Observatory*) nevű távcsöve követett. Ezek mellett a Hubble űrtávcsövön is helyet kapott egy közeli IR-tartományban érzékeny kamera, továbbá jó néhány földfelszíni teleszkóppal is részben vagy teljesen a légkörön átjutó IR-sugárzást vizsgálják. Az első három-négy évtized tapasztalatai és biztató eredményei után került sor 2003-ban a NASA eddigi utolsó nagy űrobszervatóriuma, a Spitzer infravörös-űrtávcső felbocsátására (a korábbiak: a Hubble-űrtávcső, a *Compton* gamma-űrtávcső és a *Chandra* röntgen-űrtávcső).

A SPITZER-ŰRTÁVCSŐ

Az eredetileg SIRTf (*Space Infrared Telescope Facility*) néven futó misszió (URL1) végleges nevét *Lyman Spitzer* (1914–1997) amerikai fizikus-csillagászról, a nagy teljesítményű optikai távcsövek űrbe juttatásának egyik vezető kezdeményezőjéről kapta. A 85 cm átmérőjű berillium főtükröt tartalmazó űrteleszkópot 2003 augusztusában egy Delta-II hordozórakétával állították pályára (a korábbi három NASA-űrobszervatóriumot az űrsiklók segítségével juttatták a világűrbe). A *Spitzer* speciális, ún. Föld-követő pályán kering a Nap körül (így kevésbé zavarta a Föld infravörös „hője”, valamint a célpontokra állás is egyszerűbbé vált). Az űrtávcső három műszere a négycsatornás (3,6, 4,5, 5,8 és 8,0 mikrométer) képalkotó *Infrared Array Camera* (IRAC), a három csatornán (24, 70 és 160 mikrométer) képalkotó, illetve kis felbontású spektrofotométerként is használható *Multiband Imaging Photometer for Spitzer* (MIPS), valamint az 5,2–38 mikrométer között spektrumokat és 13–26 mikrométer között széles sávú fotometriai méréseket is rögzíteni képes *Infrared Spectrograph* (IRS).

A detektorok teljes értékű üzemeléséhez azonban – cseppfolyós hélium segítségével – folyamatosan 5,5 K hőmérsékleten kellett tartani a berendezéseket; ez az állapot 2009 májusáig volt fenntartható. A hűtőanyag előre kalkulált elpárolgása óta a Spitzer ún. melegüzemmódban (Warm Mission) működik (URL2); ebben az állapotban csak a két legrövidebb hullámhosszú IRAC-csatornán lehet méréseket végezni.

A Spitzer-űrtávcsővel a csökkentett üzemmódú időszakban is rendkívül értékes megfigyeléseket végeztek, ezért a küldetést az eredeti tervekhez képest többször is meghosszabbították. A költségvetési megszorítások és más projektek (elsősorban a James Webb-űrtávcső) kiadásainak megnövekedése miatt a NASA – egyéb finanszírozó szervezet hiányában – 2020. január végén hivatalosan is lezárta a programot. Az alábbiakban a Spitzer bő másfél évtizednyi adatrögzítésének eredményeiből válogatunk átfogó, de közel sem mindenre kiterjedő módon.

NAPRENDSZER-BELI ÉGITESTEK VIZSGÁLATA

Bár az „úrtávcső” szót először hallva az lehet az ember elképzelése, hogy egy ilyen eszközzel csak az emberi ésszel felfoghatatlanul távoli világok titkait kutatják a csillagászok, ez nincs így. Más űreszközökhöz hasonlóan a Spitzer látóterébe is sokszor kerültek szűkebb kozmikus környezetünkben lévő égitestek – s ezekről jellemző módon számos, korábban nem ismert érdekesség derült ki.

A Spitzerrel dolgozó kutatók az egyik leghíresebb felfedezést sokak kedvenc bolygója, a Szaturnusz kapcsán tették: egy óriási, a bolygó körül 6–12 millió km közötti térrészben húzódó porgyűrűt sikerült kimutatniuk (URL3). Az eddig ismeretlen gyűrű anyaga minden bizonnyal a benne keringő Phoebe holdból ered, s egyúttal magyarázatul szolgálhat egy másik hold, a „kétarcú” (egyik felén sötét, másik felén világos) Iapetus régi rejtélyére: a gyűrű sötét, poros anyagának egy része hullhat a forgásával ellentétes irányban keringő kísérő felszínére.

A Spitzer emellett lehetővé tette a látható fény tartományában csak nehezen vizsgálható (sötét felszínű, hideg, kis méretű) aszteroidák alakjának és szerkezetének pontosabb meghatározását. Ilyen vizsgálatok során nyert bizonyítást többek között az az elképzelés, hogy a kisbolygók tömör sziklák helyett inkább szivacsosabb, „kőrákás szerkezetű” testek; de így sikerült például megállapítani – magyar kutatók vezetésével, a Spitzer mellett a Kepler és Herschel űrtávcsövek adatai révén – a Neptunusz Nereida nevű holdjának közelítő alakját és felszíni hőmérséklet-eloszlását (URL4).

TÁVOLI CSILLAG- ÉS BOLYGÓRENDSZEREK

A Spitzer-úrtávcső segítségével elért eredmények jelentős részben fiatal, születőben lévő csillag- és bolygórendszerekhez, valamint távoli csillagok már kialakult bolygóihoz (exobolygók) kötődnek. Előbbiek esetében főként a fiatal csillagok körüli korongok termális sugárzásának elemzése révén lehet szerkezetükre és dinamikájukra, azok alapján pedig a bennük zajló folyamatokra (például bolygókeletkezés, bolygócsírák ütközése, csillag-korong kölcsönhatások) következtetni (lásd például URL5, illetve magyar vezetésű/kötődésű eredmények közül URL6, URL7).

A már „kiforrott” állapotban létező bolygórendszerek esetén az infravörös tartományban a csillag fénye jóval kevésbé „nyomja el” a bolygó(k) hősugárzását, így lehetőség van exobolygók detektálására akár közvetlenül, akár fedési fénygörbék segítségével: a fedést mutató rendszer infravörös összfényessége periodikusan csökken, amikor a bolygó tőlünk nézve a csillag *mögött* halad át). Ilyen jellegű megfigyelések alapján számos bolygó(jelölt) csillagtól való távolságát, méretét,

hőmérsékletét lehetett pontosítani; Spitzer-adatok alapján sikerült többek között elkészíteni az első „exobolygó-hőterképet” (URL8), vagy például közelítőleg meghatározni a nemrégiben azonosított TRAPPIST-1 rendszerben lévő planeták sűrűségét s így közvetve lehetséges víztartalmukat (URL9).

KÉMIAI ANALÍZIS: VÍZMOLEKULÁKTÓL A FULLERÉNEKIG

Külön fejezetet érdemelnek a Spitzerhez kapcsolható spektroszkópai eredmények. Ahogy fentebb említettük, a közeli és közép-IR-tartomány kiválóan alkalmas molekulák energiaátmeneteinek megfigyelésére. A Spitzerrel több exobolygó légkörében sikerült például vízgőz jelenlétét kimutatni (egyelőre nem Föld-szerű bolygóknál, hanem a csillagukhoz rendkívül közel keringő, ún. „forró jupiterek” esetén, lásd például URL10), míg magyar kutatók vezetésével két nagy visszhangot kiváltó (a *Science*, illetve a *Nature* folyóiratban közölt) tanulmány is született fiatal csillagok körüli korongokban lévő kristályos anyagok jelenlétéről és keletkezési folyamataikról (URL11, URL12).

A molekulákkal kapcsolatos, talán legmegdöbbentőbb felfedezés azonban az volt, hogy a csillagközi térben és gázködökben sikerült kimutatni – a Földön mesterséges körülmények között először csak az 1980-as években előállított – fullerénmolekulák (60 vagy akár még több atomból álló „szénlabdák”) szinképi nyomait (URL13).

A TEJÚTRENSZER ÉS MÁS GALAXISOK

A Spitzerrel végzett vizsgálatok a Tejútrendszer, valamint más galaxisok feltérképezésében is úttörő jelentőségűek. Saját Galaxisunk síkjában az optikai tartományban gyakorlatilag nem lehet keresztüllátni a vastag porsávokon, de a közeli és közép-IR-tartományban ez jóval hatékonyabban működik – ez alapján sikerült például sokkal alaposabban megismerni a Tejútrendszer spirálszerkezetét (URL14). A GLIMPSE nevű, nagyszabású program keretében pedig az IRAC-kamera négy szűrőjével készített, összesen csaknem félmillió (!) felvétel segítségével immár 360 fokos kép áll rendelkezésre a galaktikus síkról, korábban soha nem látott részleteket feltárva (a végső mozaikképek elérhetők a projekt weboldalán is, URL15).

Szintén a Spitzer segítségével sikerült minden eddiginél távolabbi galaxisokat és galaxishalmazokat azonosítani, valamint kimutatni, hogy az Univerzum első galaxisai sok mindenben különbözhetnek a később keletkezőktől: egy részük porban nagyon gazdag, sokuk pedig elképesztően nagy mennyiségben bocsát ki ionizáló sugárzást (URL16). Ugyanakkor infravörösben néhány jól ismert, közeli galaxis is egész más arcát mutatja, mint látható fényben (URL17, URL18).

FEKETE LYUKAK, SZUPERNOVÁK ÉS KOZMOLÓGIA

Űrtávcsövekkel bizonyos objektumok és események még több száz millió (vagy akár több milliárd) fényévre lévő galaxisokban is megfigyelhetők. Ilyenek például a csillagvárosok centrumaiban lévő, gigantikus fekete lyukak; közvetlenül persze nem ezeket, hanem a környezetükben zajló anyagáramlási és sugárzási folyamatok jeleit lehet észlelni. A Spitzer e téren is tudott új információkat szolgáltatni, például arról, hogy a fiatal, aktív galaxismagok környezete szinte pormentes volt, ellentétben az Univerzum közelebbi szegleteiben megfigyelhetőkével (URL19).

Az infravörös tartomány fontos a nagy tömegű, illetve kettős rendszerekben lévő csillagok életét lezáró szupernóva-robbanások késői nyomon követéséhez is. Míg látható fényben a táguló és hűlő maradványok a robbanást követően néhány hónap alatt elhalványulnak, infravörösben még évekig vagy akár évtizedekig is követhetők; emellett az IR-tartományban speciális asztrofizikai folyamatok (például porképződés, lökéshullámok kölcsönhatása a csillagkörüli anyaggal) is vizsgálhatók (a témában szintén fontos, magyar vezetésű publikációk születtek, összefoglalóként lásd: Szalai, 2010; Szalai et al., 2018; URL20).

A csillagászat egyik legrégebbi és legösszetettebb problémájához, a kozmológiai távolságméréshez ugyancsak fontos hozzájárulást adtak a Spitzer adatai: ezek segítségével nagymértékben csökkenteni lehetett a Tejútrendszerben, illetve a Nagy-Magellán-felhőben ismert *cefeida* változócsillagok periódus-fényesség relációjának szórását, ami a kozmikus távolságmérés meghatározására szolgáló egyik legfontosabb módszer használatában jelentett komoly előrelépést.

A SPITZER-ŰRTÁVCSŐ HAGYATÉKA

A Spitzer-űrtávcső működése során rögzített adatok feldolgozása még évekig (akár egy-két évtizedig is) munkát ad a csillagászoknak (az űrtávcső felvételei és színekpei nagyrészt publikusan elérhetők, lásd URL21 és URL22). Az utóbbi bő másfél évtized tapasztalatai és eredményei pedig kellő motivációt és felkészültséget biztosítanak a közeljövő infravörös-űrtávcsöveinek misszióihoz (James Webb-űrtávcső, WFIRST).

IRODALOM

- Kovács J. (2009): Csillagászat az űrből. *Feltárul a Világegyetem – Természet Világa*, 1, különszám, 48–53. <http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/kulonszamok/k0901/kovacs.html>
- Szabó R. (2018): Csillagászat és kozmikus fény. *Magyar Tudomány*, 179, 8, 1141–1151, DOI: 10.1556/2065.179.2018.8.4, https://mersz.hu/hivatkozas/matud_f9805#matud_f9805

- Szalai T. (2010): Porgyártó (?) szupernóvák. *Fizikai Szemle*, 12, 399–404. <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1012/szalai1012.html>
- Szalai T. – Zsíros Sz. – Vinkó J. (2018): Kölcsönhatások és porképződés a szupernóvák környezetében. *Természet Világa*, 8, 361–365. <https://termvil.hu/2018/09/04/robbano-csillagok-videke/>
- URL1: A Spitzer-űrtávcső weboldala: <http://www.spitzer.caltech.edu/>
- URL2: csillagaszat.hu (2008. 12. 25.): https://www.csillagaszat.hu/hirek/technikai_ujdonsagok/tu-urteleszkopok/a-vilag-ket-szinben-ilyen-lesz-a-spitzer-a-folyekony-helium-elfogytaval/
- URL3: csillagaszat.hu (2009. 10. 07.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/nr-egyeb-naprendszer/nr-egyeb-szaternusz/oriasi-porgyurut-fedeztek-fel-a-szaternusz-korul/>
- URL4: csillagaszat.hu (2016. 02. 04.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/urtavcsovek-ossztuze-zudult-a-nercidara/>
- URL5: csillagaszat.hu (2007. 04. 02.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-exobolygok/bolygokeletkezes-szoros-kettoscsillagok-korul/>
- URL6: csillagaszat.hu (2006. 10. 05.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-csillagok-fejlolese/bolygogyilkos-oriascsillagok/>
- URL7: csillagaszat.hu (2009. 12. 18.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-csillagok-fejlolese/gyors-valtozasok-egy-formalodo-fiatal-bolygorendszerben/>
- URL8: csillagaszat.hu (2007. 05. 10.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-exobolygok/forro-bolygok-a-naprendszeren-kivul/>
- URL9: csillagaszat.hu (2018. 02. 07.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/sok-viz-lehet-a-trappist-1-bolygoin/>
- URL10: csillagaszat.hu (2007. 07. 12.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-exobolygok/vizgoz-egy-forro-exobolygo-legkoreben/>
- URL11: csillagaszat.hu (2005. 11. 14.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-exobolygok/a-bolygokeletkezes-elso-lepesei-barna-torpek-korul/>
- URL12: csillagaszat.hu (2009. 05. 13.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/asztrofizika-hirek/af-csillagok-szuletese/kitoresek-tuzeben-keletkeztek-az-ustokosok-kristalyai/>
- URL13: csillagaszat.hu (2010. 11. 03.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/tejutrendszer/tr-csillagkozi-anyag/szenlabdak-a-vilagurben/>
- URL14: csillagaszat.hu (2008. 06. 05.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/tejutrendszer/tr-a-tejutrendszer-szerk/meghokkento-felismeres-a-tejutrendszer-spiralszerkezeterol/>
- URL15: A GLIMPSE projekt weboldala: <https://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/GLIMPSE/>
- URL16: csillagaszat.hu (2019. 05. 15.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/milyenek-voltak-az-osi-vilagegyetem-legelso-galaxisai/>
- URL17: csillagaszat.hu (2005. 10. 20.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/extragalaktikus-csillagaszat-hirek/exg-kulonleges-galaxisok/az-andromeda-galaxis-uj-szemszogbol/>
- URL18: csillagaszat.hu (2008. 07. 26.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/extragalaktikus-csillagaszat-hirek/exg-kulonleges-galaxisok/a-szelkerek-galaxis-infravoros-meglepetese/>
- URL19: csillagaszat.hu (2010. 03. 21.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/extragalaktikus-csillagaszat-hirek/exg-aktiv-galaxismagok/kozmi-kos-szornyetegek-gyermekkora/>
- URL20: csillagaszat.hu (2019. 04. 25.): <https://www.csillagaszat.hu/hirek/kolcsonhatasok-es-porkepzes-szupernovak-kozep-infravoros-latelete/>
- URL21: Spitzer Heritage Archive: <http://sha.ipac.caltech.edu/>
- URL22: CASSIS (Spitzer IRS-adatbázis): <https://cassis.sirtf.com/>