



CSILLAGKÖZI LÁTOGATÓ

Az `Oumuamua kisbolygó

2017. október 19-én a Hawaii-szigeteken működő Haleakala obszervatórium Pan-STARRS távcsövével (nyitóképünkön) Robert Weryk csillagász felfedezett egy új, kis méretű égitestet a Naprendszerben, a Föld közelében [1]. Az ilyen felfedezések mindennaposak, és rutinszerű eljárás követi őket. Az égitestet ideiglenes jelöléssel látják el, és követik a mozgását, hogy megállapítsák a test pályáját, eredetét, valamint azt, hogy jelent-e veszélyt bolygónkra.

Rögtön az első megfigyelések sejteni engedték azonban, hogy a látogató messziről érkezett. Az ilyen égitestek rendszerint jeges üstökösök szokatlan lenni, melyek a belső Naprendszerbe tévedve csillagunk sugárzásának hatására párologni kezdenek, kómát és csóvát fejlesztenek. Ennek megfelelően az égitest az üstökösöket jelölő C/2017 U1 ideiglenes címkét kapta, ahol a C jelentése üstökös (angolul comet). Ezután alapos nagytávcsöves megfigyelések következtek, amelyek azonban nyomát sem mutatták kipárolgott gázburoknak, így a testet kőzetek alkotta kisbolygóvá minősítették át, jelölését pedig A/2017 U1-re változtatták, A-val jelölve az égitest kisbolygó (angolul asteroid) természetét [2]. Ám még ez sem az

utolsó szó volt a kérdésben. A kisbolygó mozgásának további követése hamar egyértelművé tette, hogy az nem a Naprendszerből származik.*

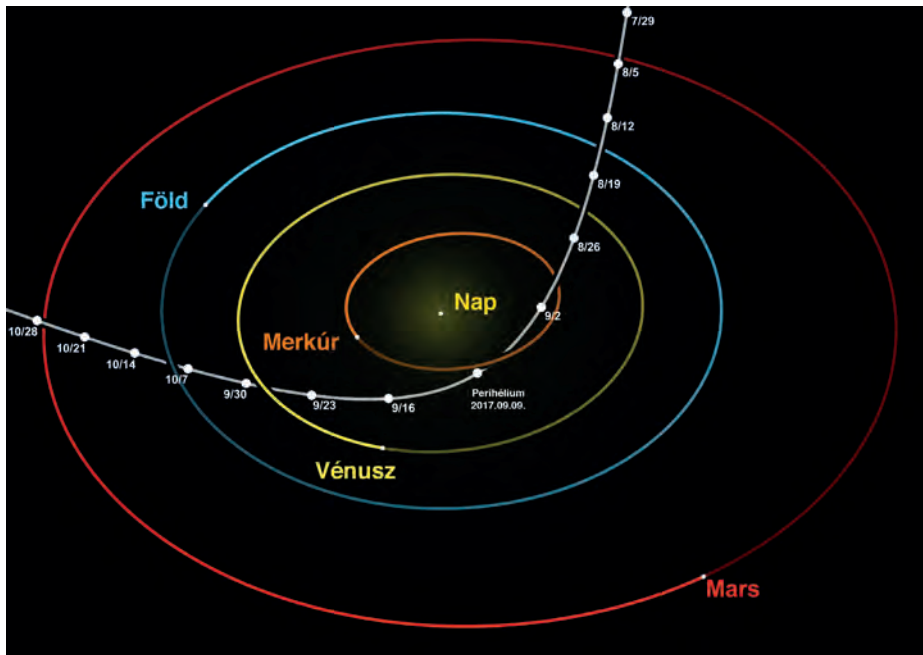
Ha egy test Naphoz viszonyított sebessége eléri vagy meghaladja a szökési sebességet, azaz az égitest pillanatnyi távolságában a Napra vonatkoztatott második kozmikus sebességet, akkor örökre eltávozik a Naprendszerből, megszűnik a Nap és a test közötti gravitációs kötelék. Az ilyen test nyitott, azaz parabolikus vagy hiperbolikus pályán mozog. A második kozmikus sebességnél lassabb testek ellenben zárt,

* Megjegyezzük, hogy az `Oumuamua szigorúan értelmezve nem kisbolygó, hiszen egyetlen csillag körül sem kering, de az egyszerűség kedvéért így fogunk hivatkozni rá.

ellipszispályán keringenek a Nap körül. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a Naprendszeren kívülről érkező égitestek mozgási sebessége a Nap közelében a csillagunk gravitációs potenciálgödörbe való bezuhanás következtében az ott keringő égitestekénél nagyobb lesz, és meghaladja a helyi szökési sebességet.

Az ekkor éppen A/2017 U1 nevet viselő kisbolygóról a néhány nap alatt nagy pontossággal megállapított mozgási sebessége elárulta, hogy a Naprendszeren túlról érkezett. Ilyet korábban sosem táltunk, ez az első ismert égitest a csillagközi térből.

róla. Ekkor már csak néhány hete maradt az emberiségnek a kisbolygóval kapcsolatos érdemi, részletes megfigyelések elvégzésére, mielőtt tőlünk eltávolodva a legnagyobb távcsöveink számára is túlságosan elhalványult volna. Mindenki tisztában volt vele, hogy rendkívüli és egyszeri lehetőségről van szó. Nem csak azért, mert az `Oumuamua az első felfedezett csillagközi kisbolygó, hanem azért is, mert nyilvánvaló volt: ha egyszer eltűnik a szemünk elől, soha nem tér vissza már, örökre maga mögött hagy bennünket [4].



1. ábra. Az `Oumuamua pályája a belső Naprendszerben. A kisbolygó pozíciói hét naponként vannak feltüntetve. A perihélium (napközelpont) időpontja 2017. szeptember 9. A nagybolygók pozícióit a perihélium időpontjára vonatkozóan ábrázolták, így a Föld a felfedezés időpontjában már jóval közelebb volt a kisbolygóhoz, mint az az ábrán látható. (FORRÁS: WIKIPEDIA/NAGUALDESIGN)

Ekkor vált igazán érdekessé a történet. És mivel egy új égitestosztályt képviselt, a kisbolygót újra átszámolták, ezúttal az 1I/2017 U1 végleges jelére, ahol az I jelentése csillagközi (angolul interstellar) égitest. Egyúttal kapott egy rendes, végleges nevet is, amely hamarosan közismertté vált. Az `Oumuamua név Hawaii-i nyelven azt jelenti: első hírnök [3].

Amint egyértelmű lett, hogy csillagközi küldöttel van dolgunk, a csillagászok a legnagyobb földi és űrtávcsöveiket a már távolodó, gyorsan halványuló égitest felé fordították, hogy a rendelkezésre álló rövid idő alatt minél több észlelési adatot szerezhessenek

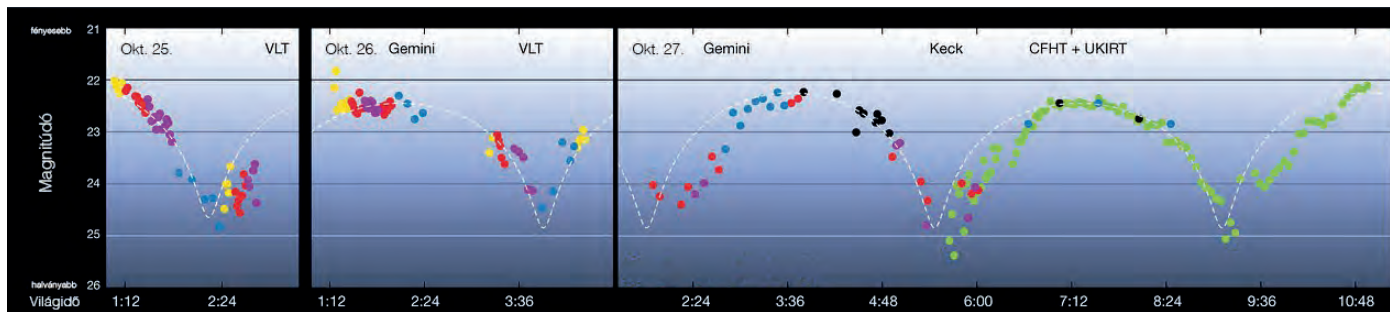
A megfigyelések

Felfedezésekor az égitest 40 nappal volt túl a napközelségén, és jócskán távolodott már a Naptól. Ugyanekkor tőlünk 85 Föld–Hold távolságban haladt.

Az első szembetűnő különlegesség az égitest alakja volt. Az `Oumuamua kisbolygó túlságosan kicsi ahhoz, hogy akár a legerősebb műszereinkkel felbontassuk, s így részleteket láthassunk a felszínén, vagy akár közvetlenül megállapíthassuk a kiterjedését. Csak közvetett módszerekre hagyatkozhatnak a csillagászok a visszavert napfény

erőssége, illetve annak változásai alapján. Az égitest nagyjából 7–8 órás periódusú forgása miatt mutatkozó fényesség-ingadozás erősségéből rendkívül elnyúlt alakra lehet következtetni. Az `Oumuamua 5–10-szer hosszabb, mint amilyen vastag. Ilyet a Naprendszerben még nem láttunk [4]. Az égitest legnagyobb mérete mintegy 250–400 m, keskenyebbik méretei pedig 35–80 m körül vannak. A pontos méret megállapítása nem egyértelmű, mert nem ismerjük elég jól az égitest albedóját, azaz azt, hogy a felszín a ráeső fénynek mekkora hányadát veri vissza.

A forgás nem igazán szabályos, ami abból ered, hogy az égitest nem valamelyik főtengelye körül forog. Az ilyen rotációt bukdácsoló mozgásnak nevezzük, és megnehezíti a pontos forgási periódus megállapítását pusztán csak a visszavert fény változási periódusának méréséből. Ilyen mozgást kipárolgást mutató üstökös-magoknál szoktak megfigyelni. Az `Oumuamua atipikus forgása egy régi ütközés eredménye is



2. ábra. Az ʻOumuamua fénygörbéje, a visszavert napfény időbeli változása. A diagramról leolvasható, hogy a fényesség legkisebb és legnagyobb értéke között 2,5 magnitúdó különbség van, ami a magnitúdó-skála logaritmikus természete miatt tízszeres fényességkülönbséget jelent. Ez pedig, ha a felszínen egyenletes fényvisszaverő képességet tételezünk fel, akkor tízszeres látszólagos keresztmetszet különbségre, azaz rendkívül elnyúlt alakra utal. Az ábra alapján a forgási periódus is megbecsülhető, ami nagyjából 7–8 óra, tekintve, hogy egy teljes körülfordulás alatt két fényességminimumot és két -maximumot figyelhetünk meg. (FORRÁS: ESO/K. MEECH ÉS MTSAI)

lehet, ami nagyon hosszú ideig képes fennmaradni, ha a kisbolygó nem lép szoros kölcsönhatásba más égitestekkel [5].

Mivel az ʻOumuamua nem mutat anyagkipárolgást, üstökös-aktivitást, anyagi minőségét egyedül a visszavert fény színeképelemzésével tudják a csillagászok vizsgálni. Ez azonban csak a felszínről szolgál információval, a test belsejéről lényegében semmit sem tudunk. Az égitest felszínét nem jég, de nem is kőzet, hanem szerves vegyületek borítják, ez kölcsönöz neki sötétvörös szürkés színt. Hasonló szín figyelhető meg a külső Naprendszer számos kis égitestjein is [4].

Miből van az ʻOumuamua?

A csillagászok első, ám hamar megkérdőjelezett feltételezése, miszerint jeges üstökössel van dolgunk, nem volt alaptalan.

Tudjuk, hogy a Naprendszer kicsiny égitestjei közül a rendszer keletkezésének idején sok milliárdnyi ki is szóródott a csillagközi térbe. Feltételezzük, hogy más csillagok körül hasonló bolygókeletkezési folyamatok mentek végbe, mint a saját bolygórendszerünkben, így azt gondoljuk, hogy a csillagközi tér telis-tele van ilyen kiszórt, az ʻOumuamuához hasonló apró kóbor égitesttel. A Naprendszerben sokkal több jeges kis égitest van, mint kőzetekből álló,

különösen a külső régiókban, ahonnan könnyebben is tudnak elszökni. Ezért a csillagászok jó okkal feltételezték, hogy a csillagközi látogatóink is sokkal inkább üstökösszerűek, mint kisbolygószerűek lesznek. Az ʻOumuamua megfigyelése rácsafolni látszott erre a feltételezésre. Az ellentmondásra azonban nagyon hamar sikerült meggyőző magyarázatot találni.

A hosszú időn át tartó kozmikus sugárzás az üstökösöket alkotó jegeket, benne a fagyott szén-dioxidot, metánt és etanolt vöröses-szürkés színű, szilárd kéreggé változtatja. Ennek a folyamatnak az eredménye a Naprendszer távoli kis jeges égitestjeinél is megfigyelhető. Az ʻOumuamua a csillagoktól távoli mélyűrbeli kóborlása során rendkívül lehűlt. A számítások szerint néhányszor tíz centiméter vastag kéreg már elegendő ahhoz, hogy a test belsejében továbbra is jelen lévő illékony anyagokat az égitest rövid belső Naprendszerbeli látogatásának ideje alatt megvédje a Nap hőjétől. Ehhez különösen jó hőszigetelésre van szükség, hiszen az ʻOumuamua pályáján a Nap–Föld távolság negyedére, azaz egynegyed csillagászati egységre megközelítette központi csillagunkat, és ott a felszíne több száz Celsius fokra hevült. De a szerves szénvegyületek porózus bevonata a számítások szerint valóban jó hőszigetelő anyag [6].

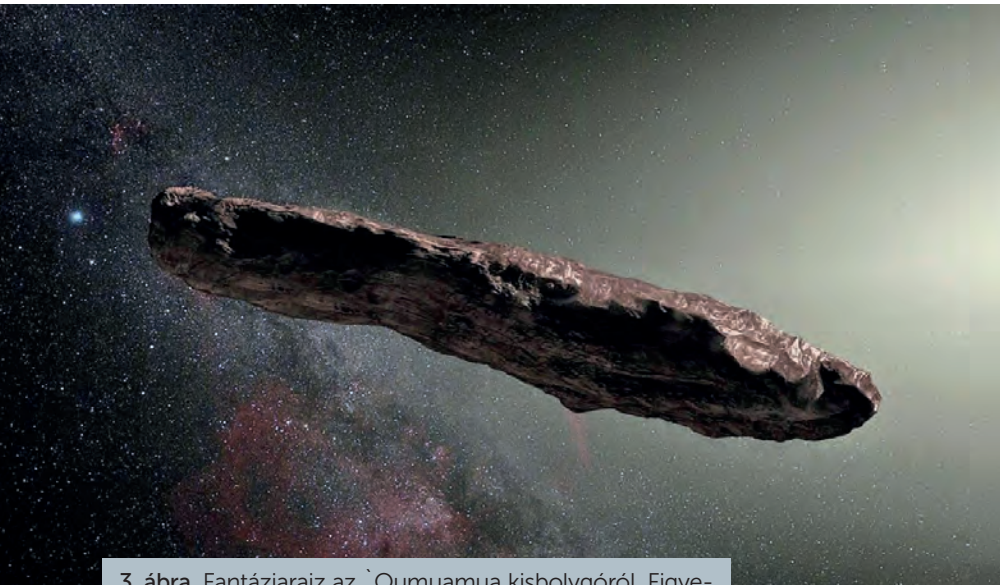
A csillagközi térben több százmillió, de akár több milliárd év állt a kozmikus sugárzás rendelkezésére ahhoz, hogy az égitestet alkotó jegeket a szükséges vastagságú hőszigetelő kéreggé alakítsa a Naprendszerünkbe ellátogató csillagközi kisbolygó felszínén. Ha valóban ez a helyzet, akkor a hőszigetelő bevonat igen jó munkát végzett, hiszen ha csupán néhány négyzetméteren a felszínre bukkant volna a jég, az onnan kipárolgó anyagot a csillagászati távcsöveinkkel már ki tudtuk volna mutatni.

Az ʻOumuamua tehát a legvalószínűbb elképzelés szerint mégis csak jeges égitest, ám ez a külső kéreg megakadályozta a jég párolgását a Nap közelében. Biztosat azonban nem tudunk, hiszen csak az égitest felszínéről vannak információink, a belsejéről nincsenek.

Honnan érkezett hozzánk az `Oumuamua?

Az `Oumuamua kisbolygót már csak akkor pillantottuk meg, amikor távolodott a Naprendszerből. Befelé igen rossz láthatósági viszonyok között jött. Ám a felfedezése után megfigyelt pályájából a csillagászok vissza tudták számolni a kisbolygó mozgását a Napközelség előtti időszakra is. A pályaszámítások szerint az `Oumuamua

Nem nehéz elképzelni, hogy az `Oumuamua már több százmillió vagy akár több milliárd éve rója a Tejútrendszert, egy-egy csillagot időnként erősebben megközelítve. Ezek a szoros megközelítések jelentős pályamódosulásokat okoznak, s ezek, valamint a megtett hatalmas távolság miatt nincs esélyünk kideríteni a kisbolygó szülőrendszerét. A szülőcsillag talán már a Tejútrendszer távoli régióiban jár, ahol valószínűleg nem is láthatjuk.



3. ábra. Fantáziarajz az `Oumuamua kisbolygóról. Figyelemre méltó az égitest elnyújtott alakja, és a barna felszín, ami nem tartalmaz illékony jegeket, ezért az égitest nem mutat üstökös-aktivitást.

(FORRÁS: ESO/M. KORNMESSER/NAGUALDESIGN)

Az `Oumuamua és a SETI

Az első megismert csillagközi kisbolygó egyik legkülönösebb tulajdonsága a rendkívül elnyújtott alak. Magyar kutatók kiszámolták, hogy ha egy kisbolygó geometriáját döntően mikrobeccsapódások formálják, akkor hosszú idő alatt erősen elnyúlt méretarányok alakulhatnak ki [7]. Ez magyarázhatja az `Oumuamua alakját, azonban tény, hogy hasonló alakú égitestet a Naprendszerben még sosem láttunk. Talán a csillagközi utazás miatt másfajta erózió érte ezt a kisbolygót, mint az általunk korábban ismerteket.

a Lant csillagkép irányából érkezett, és eredeti mozgási irányától a Nap gravitációs hatása jócskán eltérítette [3].

A kisbolygó a Naprendszer nagyjából a Vega felől, mindössze 6 fok eltéréssel éppen abból az irányból közelítette meg, amerre a Nap a környező csillagokhoz viszonyítva mozog. Voltaképpen tehát a Naprendszer ütközött öbeléje, és nem pedig fordítva.

Bár az `Oumuamua sebessége Naprendszerbeli viszonylatban jelentős, a csillagok közötti sok fényéves távolságokhoz képest nagyon lassú. A kisbolygó a Vega és a Nap közötti 25 fényéves távolságot mintegy 500 ezer év alatt teszi meg. Abban a távoli múltban azonban a Vega még az égbolt egészen más táján járt, így kijelenthető, hogy az `Oumuamua nem a Vegától érkezett. A csillagok ilyen időskálán történő jelentős elmozdulásai miatt nem állapítható meg, hogy melyik csillag környezetéből származik a kisbolygó. Az égitest mozgásának sebességét és irányát is összevetették a környező csillagok mozgásával, ám ez sem nyújtott támpontot eredetének megállapításához.

A hosszúkás, a kisbolygók között igazán szokatlanul elnyúltnak tűnő alakja, valamint a várt üstökös-aktivitás hiánya miatt természetesen sokakban felvetődött, hogy az `Oumuamua esetleg nem egy természetes égitest, hanem mesterséges űreszköz. Talán egy idegen űrhajó, hiszen mi magunk is ilyen hosszúkásra építenénk egy csillagközi űrhajót, hogy az út során minél kisebb súrlódásnak és minél kevesebb becsapódásnak legyen kitéve.

Bár a kisbolygó minden tulajdonsága magyarázható természetes folyamatokkal, a természetes eredet ellenkezőjét nyilván nem lehet egyértelműen kizárni. És mivel az emberiségnek amúgy is vannak eszközei az idegen létformák üzeneteinek felderítésére, kézenfekvő volt hát, hogy ezekkel az eszközökkel megvizsgálják az `Oumuamuát is. A földön kívüli intelligencia után elsősorban a feltételezett idegen civilizáció rádiószugárzását figyelve kutatunk. Ez a SETI program (Search for Extra-Terrestrial Intelligence).

A csillagászok 2017. december elején tíz órán keresztül vizsgálták az `Oumuamuát a Föld legnagyobb mozgatható rádiótávcsövével, a 100 m-es Green Bank antennával, az Amerikai Egyesült Államok Nyugat-Virginia államából. Ha az objektumról akár csak egy átlagos

WiFi router vagy egy mobiltelefon adóteljesítményével rádióadást küldtek volna ebben az időszakban, azt a földi műszer ki tudta volna mutatni. Azonban a vizsgált széles hullámsávban semmilyen mesterségesnek tűnő keskeny sávú sugárzást nem érzékeltek [8].

A jövő

Bár az Őumamuát már sosem látjuk viszont, a csillagászok reményei szerint a jövőben viszonylag gyakran fogunk felfedezni hasonló csillagközi küldötteket.

Tulajdonképpen nem az a meglepő, hogy találtunk egy ilyen távolról jött kisbolygót, hanem az, hogy csak most fedeztük fel az elsőt. A számítások szerint éven-



4. ábra. Az Őumamuua esetleges mesterséges eredetét a világ legnagyobb, 100 m átmérőjű teljesen mozgatható Green Bank rádiótávcsövével is megvizsgálták az Amerikai Egyesült Államokból. A 10 óra hosszú megfigyelés során nem észleltek mesterséges eredetű rádiójeleket az égitest irányából. (FORRÁS: NRAO/AUI)

te jónéhány csillagközi kisbolygó suhanhat át a belső Naprendszeren. Ezek többsége azonban bizonyára az Őumamuához hasonlóan kicsi, akár még kisebb, és ha nem jön kellően közel a Földhöz, akkor esélyünk sincs rövid itt tartózkodása alatt megpillantani valamelyik nagy látószögű égboltfigyelő távcsövünkkel.

Az Őumamuát az 1,8 m tükörátmérőjű Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System) távcsövel fedezték fel, a távcső működésének a hetedik évében. Ennek a műszernek kifejezetten az a feladata, hogy új, a Földre esetleg potenciális veszélyt jelentő kisbolygókat, egyéb égitesteket és tranziens eseményeket fedezzen fel. A tervek szerint öt év múlva áll munkába a 8,4 m-es átmérőjű főtükörrel dolgozó Large Synoptic Survey Telescope (LSST), ami a legnagyobb

fénygyűjtőképességű nagy látómezejű égboltfelmérő távcső lesz. Ettől a nagy teljesítményű műszertől nagyjából évente egy csillagközi kisbolygó felfedezését várják a csillagászok.

Chilében az Andok-hegység egyik csúcsán pedig az Európai Déli Obszervatórium (ESO) építi már a világ legnagyobb fénygyűjtőképességű távcsövét, a 30 m főtükör-átmérőjű Extremely Large Telescope-ot (ELT). Ez a távcső a tervek szerint 2024-re készül el, és segítségével az ilyen rövid ideig, rossz láthatósági viszonyok között végezhető időkritikus megfigyeléseket, mint amilyen az Őumamuua követése is volt, sokkal hatékonyabban és eredményesebben tudják majd a csillagászok megoldani.

Az elmúlt évtized fontos csillagászati felismerése volt a rengeteg Naprendszeren kívüli exobolygó felfedezése révén, hogy a csillagok körüli bolygórendszerek nem a kivételt, hanem a szabályt jelentik. A Naprendszer valószínűleg nem különleges, sokkal inkább szokványos képződmény.

Az Őumamuua felfedezése pedig rámutatott arra, hogy nem vagyunk különlegesek a kis égitestek szempontjából sem. Más rendszerekben éppen ugyanúgy vannak a mi üstököseinkhez vagy kisbolygóinkhoz hasonló apró égitestek, mint itt nálunk. Amit eddig csak erősen sejtettünk, azt most már biztosan tudjuk.

SÓDOR ÁDÁM

IRODALOM:

- [1] Science, <http://www.sciencemag.org/news/2017/11/updated-first-time-astronomers-are-tracking-distant-visitor-streaking-through-our-solar>
- [2] space.com, <http://www.sciencemag.org/news/2017/11/updated-first-time-astronomers-are-tracking-distant-visitor-streaking-through-our-solar>
- [3] NASA, <https://www.nasa.gov/feature/solar-system-s-first-interstellar-visitor-dazzles-scientists>
- [4] ESO/csillagaszat.hu, <https://www.csillagaszat.hu/hirek/ilyet-meg-soha-nem-lattunk-ujabb-informaciok-az-also-csillagkozi-kisbolygokrol/>
- [5] Sky and Telescope, <http://www.skyandtelescope.com/astromy-news/solar-system/oumuamua-red-tumbling-and-silent/>
- [6] Science News, <http://www.sci-news.com/astromy/interstellar-asteroid-oumuamua-organic-rich-surface-layer-05548.html>
- [7] csillagaszat.hu, <https://www.csillagaszat.hu/hirek/nr-egyeb-naprendszer/apro-objektumok/nr-apro-kisbolygok/magyar-kutatok-szerint-termeszetes-folyamatok-is-kialakithattak-a-csillagkozi-kisbolygo-alakjat/>
- [8] space.com, <https://www.space.com/39046-interstellar-object-oumuamua-breakthrough-listen-project.html>