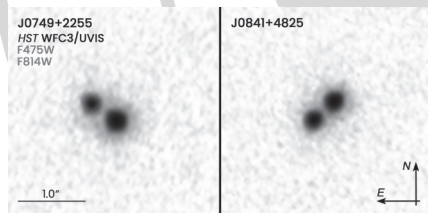


Csillagászati hírek

Kettős kvazárok összeolvadó galaxisokban

A kvazárok rendkívüli luminozitású források: több milliárd évvel ezelőtti időszakokban látszó galaxisok aktív magjai. Lényegében fekete lyukak, amelyek a beléjük hulló anyagutánpótlás révén bocsátanak ki roppant mennyiségű sugárzást, amely galaxisuk fényességét is túlragyogja. Az Univerzum fejlődését leíró modellek szerint a kvazárok igen lényeges szerepet játszanak a galaxisok fejlődésében, mely fejlődésnek fontos lépései a galaxisok összeolvadásai. Ennek során pedig a bennük levő kvazároknak is rendkívül közel kell kerülniük egymáshoz. Habár több ezer kvazár ismeretes, a becslések szerint csupán minden ezer kvazár között található kettős, ráadásul a galaxisok fejlődése szempontjából érdekes, távoli objektumok esetében a kettősség felfedezése (a rendkívül kis szögtávolság miatt) roppant nehéz.



Közéltől 10 milliárd évvel ezelőtti állapotokban látható kettős kvazárok a Hubble-űrtávcső felvételein. A párokban levő kvazárok távolsága egymástól nagyságrendileg 10 ezer fényév (Napunk körülbelül 25 ezer fényévre kering Galaxisunk középpontjától) (NASA, ESA, H. Hwang and N. Zakamska [Johns Hopkins University]; Y. Shen [University of Illinois, Urbana-Champaign])

Yue Shen (University of Illinois) és kutatócsoportja azonban két kettős kvazárt is felfedezett nemrégiben a Hubble-űrtávcsővel készült felvételeken. A mintegy 10 milliárd évvel ezelőtti állapotokban látszó kvazárok

(amelyek a behulló anyag mennyiségétől függően naps-hónapos időskálán fényváltozásokat is mutatnak) fontos objektumok a galaxisok ütközéseinek, összeolvadásainak, illetve a fekete lyukak ezen folyamatok során tapasztalható változásainak tanulmányozása

Kvazárokat az égbolt minden irányában található; többségük mintegy 10 milliárd évvel ezelőtt keletkezhetett, amikor a galaxisok összeolvadása gyakori esemény volt, így a modellek szerint jóval több kettős kvazárnak kell lennie. Felfedezésüknek gátat szab a már említett kis szögtávolság (amely miatt lényegében csak a Hubble-űrtávcsővel lehetséges felbontásuk optikailag), illetve a potenciális célpontok kiszűrése. Erre a kutatók a Hubble-űrtávcső korábbi felvételeiből, az ESA Gaia asztrometriai műholdjának adataiból, földi távcsövek megfigyeléseiből, illetve a Sloan Digital Sky Survey alapján állítanak össze listát a lehetséges jelöltekről.

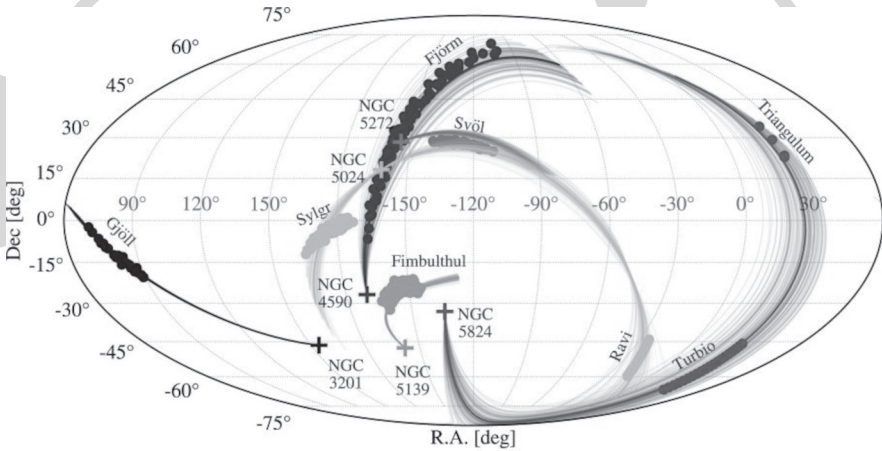
A hasonló kettős kvazárok kutatása rendkívül fontos, mivel a galaxisok közeledése során az árapályerők hatására egyre több anyag juthat a fekete lyukakba, amelyek mint kvazárok válnak megfigyelhetővé. A belőlük kibocsátott intenzív sugárzás és a létrejövő galaktikus szél a gázanyagot kifújja a galaxisokból, így az összeolvadások során a csillagkeletkezés fokozatosan leáll, a galaxisokból elliptikus rendszerek alakulnak ki. Az újonnan felfedezett kettős kvazárok segítségével a meglévő modellek ellenőrizhetők és pontosíthatók. Bár eddig több mint 100 kettős kvazár ismeretes, ezek között a jelenleg felfedezettek a legősibbek (legtávolabbiak). Hasonló távoli, ősi kettősök keresése roppant fontos feladat lenne, többek között a rövidesen felbocsátandó James Webb-űrtávcsővel.

NASA Solar System and Beyond, 2021. április 6. – Molnár Péter

Csillagáramlatok Tejútrendszerünk múltjából

Saját Galaxisunkban számos csillagáramlat ismert, hasonlóan a távoli galaxisokról készült felvételeken azonosíthatóhoz. Ezek eredete, szülőégitesteik mibenléte, illetve a történetük és a galaxisok fejlődésében játszott szerepük csak igen kevésbé ismert. Annyi bizonyos, hogy Galaxisunkban mintegy 60 hasonló, hosszán elnyúló csillagáram ismeretes, amelyek minden bizonnyal a Tejútrendszer középpontja körül keringő gömbhalmazokból, vagy törpegalaxisok-

határozni mozgásuk irányát és sebességét is. Mozgásukat az időben visszafelé követve pedig 23 áramlat esetében sikerült a szülőégitestet meghatározni. Az eredmények szerint legnagyobb részük a Tejútrendszer által elnyelt törpegalaxisokból származik, mások a csillagvárosuk közelében szétesett törpegalaxisokból, illetve azokban létezett gömbhalmazokból származik – mindössze egyetlen eredete vezethető vissza tejútrendszerbeli gömbhalmazra. Érdekesség, hogy több csillagáram is azonos szülőégitesttől származik.



Az égbolt térképe a hat gömbhalmazhoz tartozó nyolc áramlatról (Bonaca et al. 2021)

ból származnak, amelyeket az árapályerők szakítottak csillagaikra. A szülőégitest ezt követően keringhet tovább közel eredeti pályáján a csillagáram részeként, pályája teljesen meg is változhat, illetve teljesen szét is eshet.

Nemrégiben Ana Bonaca (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) és kutatócsoportja a Gaia asztrometriai műhold harmadik előzetes adatkibocsátásából vett, rendkívüli pontosságú adatok felhasználásával sikeresen azonosította több csillagáram szülőégitestét. A Gaia roppant pontos helyzet-, illetve sajátmozgás-adatainak felhasználásával sikerült a csillagáramokat pontosan elhelyezni a háromdimenziós térben, Tejútrendszerünkön belül, illetve meg-

A csillagáramok vizsgálata, pályájuk időben való visszakövetése, a régmúltban lejáratott gravitációs kölcsönhatások feltérképezése segítséget nyújthat a galaxisok fejlődésének megértésén kívül a sötét anyag eloszlásának vizsgálatában mind a Tejútrendszerben, mind annak közeli környezetében.

Sky and Telescope, 2021. április 6. – Mpt

Hosszabb a Lokális Kar

Saját Galaxisunk szerkezetének feltérképezését jelentősen megnehezíti, hogy saját Naprendszerünk e tejútrendszer belsejében helyezkedik el, továbbá a különféle por- és gázfelhők számos irányban nehezítik a megfigyeléseket. Valójában csak a XX. szá-

meteor

zadban jutott el oda a technika, hogy saját csillagvárosunkról viszonylag pontos képet alkothassunk. Az általánosan elfogadott leírás szerint csillagvárosunk a küllös spirálgalaxisok családjába tartozik, négy jelentősebb spirálkar található benne – azonban ezek pontos elhelyezkedésének, méretének megállapítása további kutatómunkát igényel.

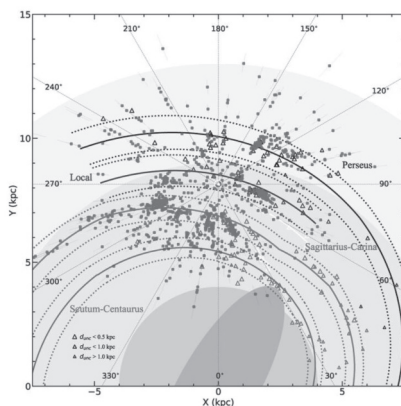
Ehhez nyújt jelentős segítséget a Gaia asztrometriai műhold, amely milliárdnyi csillag távolságát, sajátmozgását és még számos jellemzőjét méri rendkívüli pontossággal. Ezen hatalmas adatbázis segítségével nemrégiben két kutatócsoport egymástól függetlenül vizsgálta meg az ún. Lokális Kar jellemzőit, melyben saját Naprendszerünk is elhelyezkedik.

Ye Xu (Bíbor-hegyi Observatórium, Kína) és kutatócsoportja 10 000, O és B2 közötti színképtípusú, nagy tömegű, fényes csillagot választott ki, melyek 20 millió évesek, így nem sodródhattak túlságosan messzire születési helyükről. Eloisa Poggio (Université Côte d'Azur, Franciaország) és munkatársai ugyanakkor sokkal nagyobb mintával dolgoztak: 750 000 nagy tömegű, fősorozatbeli csillag mellett 353 fiatal csillaghalmazt és 1923 fiatal cefeida változócsillagot vizsgáltak. Bár a csillagok valamivel idősebbek (legfeljebb 100 millió évesek), így távolabb sodródhattak, a nagyobb minta statisztikailag némileg ellensúlyozza az emiatt kirajzolódó „homályosabb” képet.

Mindkét kutatócsoport jól egyező eredményekre jutott. Ezek szerint a Lokális Kar az eddig gondoltnál jóval hosszabb, mintegy 26 000 fényév kiterjedésű. Bár nem teljes spirálkar, jelentős struktúrát alkot a Galaxisban. Alakjára nézve az eredmények eltérőek: Xu csoportja szerint befelé, a Tejútrendszer középpontja felé hajlik, míg Poggio adataiból egy majdnem egyenes vonal rajzolódik ki. Pontos hosszának és alakjának megállapítását nehezíti a benne levő számos szakadás, amely révén részeit meglehetősen körülményes azonosítani.

Az eredmények a spirálkarok szerkezetének jobb megértését is szolgálhatják. Úgy

tűnik, hogy a spirálkarok sem egységes képződmények, sokkal inkább számos, eltérő hosszúságú és eltérő mértékben görbült szegmensből állnak, és alakjuk sem változatlan az idők során. Egyelőre kialakulásuk pontos mechanizmusa sem ismert: lehetséges, hogy a Galaxisunkban megjelenő sűrűség hullámok megfelelő helyein beinduló aktív csillagkeletkezés során létrejövő csillagok rajzolják ki a karokat, de előfordulhat, hogy már létrejött csillagokból álló nagy csoportosulások nyúlnak meg, formálódnak szegmensekké, melyek később



A Tejútrendszer spirálszerkezete a Nap környezetében. A háromszögekkel jelölt mézerek mutatják legpontosabban a struktúrák helyét. Xu vizsgálatai szerint a Lokális Kar a középpont felé hajlik (Xu et al./Astronomy & Astrophysics 2021)

spirálkarokat alkotnak.

Mindenesetre további kutatómunkára van szükség, melyhez a Gaia rendkívüli pontosságú adatai kiváló forrást jelentenek. A vizsgált adathalmazba halványabb (azaz távolabbi) csillagokat is bevonva a modellek is pontosabbá válnak majd.

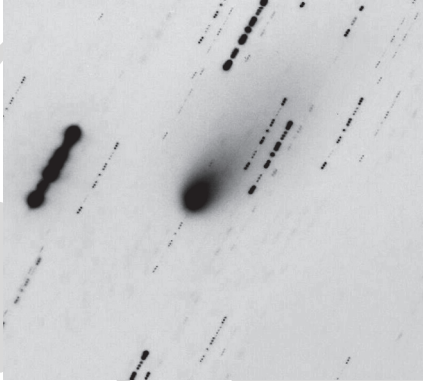
Sky and Telescope, 2021. március 23.

– Molnár Péter

A legelső és legősibb csillagközi üstökös

Mindeddig két, Naprendszeren kívüli eredetű égitestet sikerült felfedezni. Az első, a 2017-ben a VLT műszereivel felfedezett,

később 1I/Oumuamua nevet kapott égitestet először üstökösnek tekintették, később azonban a kóma hiánya miatt a kisbolygók közé sorolták. A 2019 augusztusában Gennagyij Boriszov amatőr csillagász által felfedezett objektumot 2I/Borisov elnevezéssel üstökösként katalogizálták, néhány héttel később pedig bizonyossá vált, hogy



A 2I/Borisov üstökös az ESO VLT távcsőegyüttesének FORS2 műszerével rögzített felvétele 2019 végéről. Ekkor az objektum mintegy 49 km/s sebességgel száguldott a Nap közelében (ESO/O. Hainaut)

szintén a Naprendszeren kívülről érkezett – így ez az első ismert interisztelláris kométa.

Stefano Bagnulo (Armagh Observatory and Planetarium, Egyesült Királyság) és kutatócsoportja az ESO VLT távcsőegyüttesével vizsgálta meg polarimetriai mérésekkel a 2I/Borisov-üstököst. Mivel ez már régóta használt technika a naprendszerbeli üstökösök tanulmányozására is, kiválóan össze lehetett hasonlítani a „saját” üstököseinkre és a csillagközi kométára vonatkozó adatokat. Az eredmények arra utalnak, hogy a 2I/Borisov jellemzői jelentősen eltérnek a Naprendszer üstököseitől, kivéve az 1996–97 során szabad szemmel megfigyelhető, a kutatások szerint eddig ismert legősibb kométát, a Hale–Bopp-üstököst. A Hale–Bopp esetében a mintegy 4,5 milliárd éves kor megállapítása azt jelentette, hogy a kométa lényegében a Naprendszerrel együtt született, és azóta is megőrizte annak ősi anyagösszetételét. A polarizációs mérés

adatainak összevetésével most a kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy a 2I/Borisov még a Hale–Bopp-üstökösnél is ősbibb égitest, így szintén változatlan formában őrzi annak a környezetnek a lenyomatát, melyből kialakult – és e két környezet meglehetősen hasonló volt.

A kutatók azt is megállapították, hogy a 2I/Borisov kómája apró, milliméter vagy annál alig nagyobb méretű szemcséket tartalmaz, valamint kimutatták, hogy a szén-monoxid és a víz részaránya drasztikusan megváltozott, miközben az üstökös közeledett a Naphoz. Ez arra utal, hogy az üstökös olyan összetevőkből áll, amelyek bolygórendszerének különböző régióiban keletkeztek. A Hale–Bopp és a csillagközi üstökös összetételének hasonlósága, a tény, hogy hatalmas utat megtéve, a vakszerencse folytán a Nap közvetlen környezetében haladt el – alkalmat adva vizsgálatainkra –, arra enged következtetni, hogy a 2019-ben közelünkben járt üstökös kialakulása óta még soha nem járt egyetlen csillag közelében sem. Ezzel a valószínűleg óriásbolygókat is magában foglaló bolygórendszerben, amelyben keletkezett, az anyagösszetétel a csillagtól való távolság függvényében igen jelentősen változott. Mindezek alapján az elsőként megfigyelt interisztelláris üstökös az eddigi legősibb megfigyelt kométa volt.

eso2016.hu, 2021. március 30. – Kovács József

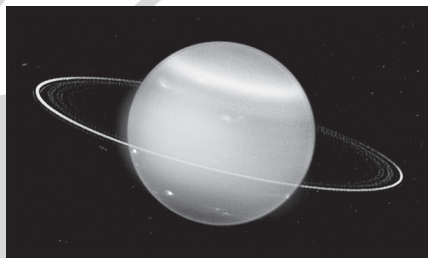
Az Uránusz röntgenfényben

Naprendszerünk hetedik bolygója meglehetősen furcsa világ. A két halvány gyűrűvel körülvett, Földünknél négyszer nagyobb bolygó forgástengelye szinte a pályasíkjában fekszik. Eddig csupán egyetlen űreszköz, a Voyager–2 haladt el közelében, így az azóta eltelt időben a bolygó vizsgálatához a kutatók rendelkezésére csak csak a földfelszíni távcsövek, illetve űrtávcsövek álltak.

A Chandra-űrtávcsővel nemrégiben első ízben sikerült röntgensugárzást detektálni az Uránuszról, az űrtávcső által 2002-ben és 2017-ben végzett megfigyelések elemzése révén. Az adatokból úgy tűnik, a 2017-ben egy kitérés is lezajlott a bolygón.

meteor

A röntgensugárzás létrejöttét minden bizonnyal a napsugárzás okozza. A Jupiter és a Szaturnusz esetében már ismert tény, hogy a Napból származó, röntgentartományba eső sugárzást különféle mértékben szórják. A sugárzás észlelésekor ez volt az első magyarázat az Uránusz esetében is, de a kutatók szerint egy másik forrás is szerepet játszhat – amennyiben ezt sikerül megerősíteni, jelentős előrelépést jelenthet az Uránusz felépítésének és belső működésének megértésében.



A Chandra-űrtávcső 2002-es röntgenképének és a Keck-I távcső látható tartományban készült felvételének montázsa (NASA)

A modell szerint lehetséges, hogy az Uránusz gyűrűi a röntgenfénylés forrásai, csakúgy, mint ahogy a Szaturnusz gyűrűi is bocsátanak ki röntgentartományban sugárzást. Az Uránuszt is körülveszi töltött részecskék, elektronok és protonok tengere, amelyek ütközése a gyűrű szemcséivel röntgensugárzást gerjeszthet. Egy másik lehetséges forrás az uránuszi sarki fény lehetne, amelyet más hullámhosszakon már sikerült megfigyelni a bolygón. Az Uránusz esetében – szemben a Jupiterrel – kérdéses, hogyan juthatnak a Napból érkező töltött részecskék a bolygó mágneses sarkvidékein olyan mélyre, hogy röntgentartományban észlelhető sarki fényeket okozzanak.

A bolygó további vizsgálata segíthet megérteni az Uránusz röntgensugárzásának forrásait, de ezen túlmenően is kivételes bolygó. Szemben a többi bolygóval, ahol a mágneses és forgástengely gyakorlatilag egybeesik, az Uránuszon jelentős szöveget zár be a mágneses tengely a furcsa módon a pályasíkban fekvő forgástengellyel. Mindezek mellett

a mágneses tengely „középpontja” eltolódást mutat a bolygó középpontjához képest. Mindezek a szokatlan jellemzők eddig nem tapasztalt és nem ismert úton hozhatnák létre különleges sarkifény-jelenségeket. Az Uránusz röntgenforrásának vizsgálata során kapott eredmények más egzotikus objektumok, akár fekete lyukak és neutroncsillagok esetében is felhasználhatók lesznek.

NASA Chandra, 2021. március 31. – Mpt

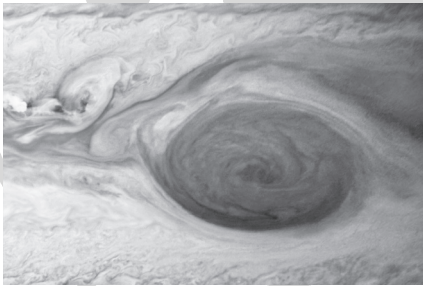
Kisebb, de erőteljesebb a Nagy Vörös Folt

A Jupiter közismert és – megfelelő időpontban tartott – bemutatókon népszerű struktúrája, a Nagy Vörös Folt néven ismert viharzóna, amely legalább 150 (de akár 350) éve is jelen van az óriásbolygó légkörében. Az évszázadokkal ezelőtti megfigyelések során született rajzok és mérések alapján bizonyosnak látszik, hogy a viharzóna mérete csökken (mintegy 40 000 km-ről 15 000 km-re zsugorodott), alakja az erősen elnyúlt ellipszistől a kör alak irányába változik, miközben színe is viszonylag gyors és jelentős változásokat mutat. Ezek alapján természetesen nem jósolható meg a vihar sorsa: lehetséges, hogy a zsugorodás folytatódik, és a vihar elenyészik, de éppúgy megeshet, hogy még évtizedeken, évszázadokon át fennmarad. A legutóbbi, amatőr-csillagászok által is megörökített jelenségek (pl. kisebb „pelyhek” leválása a Nagy Vörös Folttól) nem a vihar feloszlásának előjelei, hanem számítógépes szimulációk szerint annak erősödését mutatják.

Az elmúlt években a Nagy Vörös Folt számos kisebb viharzónával ütközött, többet el is nyelt, illetve leváltak belőle kisebb örvények. A modellek szerint azonban mindezek az események a viharzóna erősödését jelzik és fennmaradásának esélyeit növelik. A viharzóna földi fogalmak szerint természetesen már most is félelmetes erejű: az anticiklon jellegű képződmény (ahol a középpontban magas légnyomás uralkodik) területén az óramutató járásával ellentétes irányban fúvó szelek sebessége eléri a 430 km-es sebességet óránként. 2018 és 2020

közötti megfigyeléseket elemezve látható, hogy több anticiklonális képződmény is ütközött a Nagy Vörös Folttal, esetenként kisebb tartományokat leszakítva annak széléről. Bár ezen kisebb viharzónák területe alig 5%-a a Nagy Vörös Foltnak, Földünkön a megfigyelt legnagyobb hurrikánoknál is mintegy tízszer nagyobbak.

2019 elején bolygóészlelő amatőrök a Jupiter, és elsősorban a Nagy Vörös Folt szisztematikus megfigyelésébe kezdtek, megosztva egymás között a munkát, és hozzájárulva a NASA Juno-szondája számára történő riasztásokhoz. A programban szakcsillagászok is részt vettek a Calar Alto-i Observatórium 2,2 méteres távcsövével, amellyel közeli infravörösben figyelték meg a bolygót. A program során további adatokhoz jutottak a Hubble-űrtávcső és földi obszervatóriumok révén. A megfigyelések során az amatőrök 20 és 36 cm közötti átmérőjű műszerekkel dolgoztak, és a jó szervezésnek köszönhetően folyamatosan nyomon követhették az óriásbolygót, egyesek speciális szűrőkkel (pl. a 890 nm-es metánsávban) is készítettek felvételeket.



Egy tartomány leszakadása a Nagy Vörös Foltról (a folttól a képen balra) a Juno űrszonda felvételén 2019. február 12-éről (AGU/Journal of Geophysical Research: Planets)

A megfigyelések és a modellek szerint a közel 200 km mélyre nyúló vihar energiát nyer a kisebb, elnyelt viharzónák forgásából, így saját forgási sebessége növekszik, ami szintén arra mutat, hogy hosszú időn keresztül fennmaradhat.

Sky and Telescope, 2021. március 26.

– Molnár Péter

Veszélytelen az Apophis

Időről időre felbukkannak hírek földszúró kisbolygókról, melyek a belátható jövőben becsapódással és hatalmas katasztrófával fenyegetik Földünket. Bár a veszélyes kisbolygók nagy részét sikerült már felfedezni, kétségtelen, hogy kisebb égitestek még megbújhatnak a földszúrók között. Azonban a sokszor említett (99942) Apophis a friss mérések szerint a következő 100 évben biztosan nem jelent veszélyt bolygónkra.

A korábbi adatok alapján nem lehetett teljes bizonyossággal kizárni a 2068-as nagy közelítés során bekövetkező esetleges ütközést – márpedig egy 340 méteres, 20 millió tonnás égitest becsapódása globális katasztrófát képes okozni. A pontos számításokhoz a kutatók a 2029. április 13-án esedékes következő közelítést várják, amikor a Föld gravitációs hatása által okozott perturbációk után, a kisbolygó pályájának pontos vizsgálata során teljes bizonyossággal meghatározhatók lesznek a 2068-as évre vonatkozó, Föld mellett elvezető pályájának jellemzői.

Ez év márciusában kedvező lehetőség adódott a pálya eddiginél pontosabb meghatározására. A Földtől mintegy 17 millió kilométerre elhaladó kisbolygót földfelszíni radarokkal célba véve, sikerült meghatározni távolságát és sebességét, melynek eredményeként az égitest helyzetét 5 km-es pontossággal sikerült megállapítani. A méréseket a NASA 70 méteres Goldstone-i antennájával végezték, együttműködve a 100 méteres Green Bank-i rádiótávcsövel. Március első felében 12 napon keresztül a Goldstone-i állomásról ismételtelen mintegy 500 kW energiájú nagyfrekvenciás radarhullámokat küldtek az égitest felé, melyek visszhangjait a 100 méteres rádiótávcsövel fogták fel. A méréseknek köszönhetően a pályaadatok pontosabbá váltak, így végeredményben a 2068-as becsapódás teljes mértékben kizárható, sőt, az elkövetkező 100 évben sem jelent veszélyt a kisbolygó. Az eredmények szerint már 2029-ben is mintegy 300 méterrel az eddig számítottnál távolabb fog elhaladni a kisbolygó.

Sky and Telescope, 2021. márc. 27. – Mpt