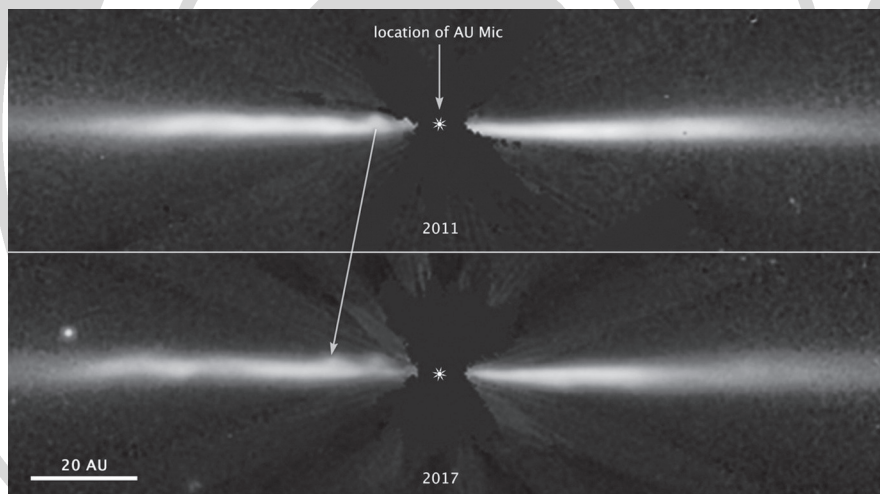


Változós érdekességek innen-onnan

Az AU Mic exobolygó

A bolygókeletkezés folyamatairól az elméleti vizsgálatok mellett a fiatal csillagok körül éppen keletkező, vagy csillagászati értelemben a közelmúltban kialakult exobolygók kutatásával lehet újabb ismereteket szerezni. Egy bolygórendszer életében az első néhány tízmillió év még tele lehet érdekes eseménnyel, elég csak arra gondolnunk, hogy pl. a Hold kialakulásáról is az az uralgó nézet, hogy a mai Marshoz hasonló méretű bolygótest csapódott be a Földbe kb. 30 millió évvel a Naprendszer kialakulása után, majd a kirepülő anyagból állt össze a kísérőnk.

apró testekből álló törmelékkorongját már az IRAS infravörös műhold is detektálta a hősugarak tartományában fellépő sugárzási többleten keresztül, a Hubble-űrtávcsővel pedig páratlanul részletes felvételeket lehetett készíteni a legalább 200 CSE átmérőjű korongról. A legbelső 30 CSE-nyi tartományból már kiürültek az apró por-szemcsék, míg a képeken a korong síkjából kiemelkedő struktúrák is látszanak. A komplex szerkezet magyarázataként éppen zajló bolygókeletkezést szoktak feltételezni. Mivel az AU Mic távolsága 9,7 parszek, a szakma kitüntetett figyelmű övezet, hiszen a közeljövő csúcsműszereivel (pl. James Webb



Az AU Mic oldalról látszó törmelékkorongja a Hubble-űrtávcső felvételein (NASA/ESA).

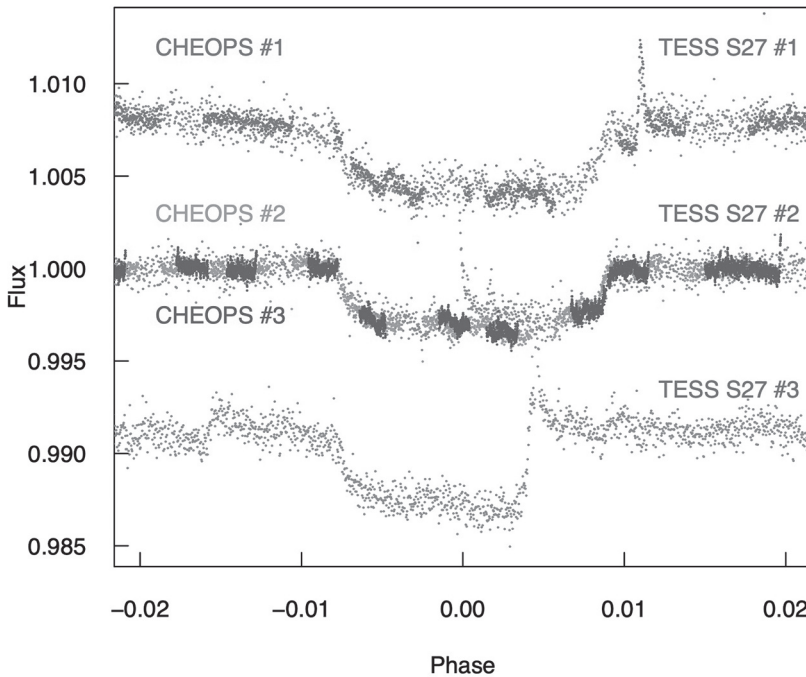
Az AU Microscopii a jelenleg ismert exobolygós csillagok egyik legfiatalabb példánya. Az M1 színképtípusú vörös törpe becsült kora mindössze 22 millió év, amit a fiatal csillagokra jellemző gyors forgás, foltaktivitás és gyakori flerkitörések mellett a β Pictoris mozgási halmazhoz való tartozás is alátámaszt. Főként porból és

az űrben, ELT óriásteleszkóp Chilében) páratlan részletességgel lehet majd feltárni a rendszerben zajló folyamatokat.

A 30 éve ismert törmelékkorong belső tartományaiban 2020-ban sikerült felfedezni egy kb. 8,5 napos keringési periódusú fedési exobolygót, az AU Mic b jelzésű égitestet. A NASA TESS űrtávcsővének adataiban

sikerült kimutatni a periodikus elhalványodásokat, amiket egy meleg Neptunusz típusú (kb. 4-szeres földátmérőjű) exobolygó okoz. A rendszerben ismerünk egy másik exobolygót is, az AU Mic c-t, amelynek 18 napos fedéseit szintén a TESS méréseiből sikerült detektálni. Maga a központi csillag nem könnyíti meg az exobolygók fedéseire vadászók életét, mivel gyakran flerezik a 0,08 magnitúdós forgási változásai mellett, amiket a csillag forgása és nagy méretű foltok együtt okoznak. A különböző jelenségekhez társuló változásokat szétválasztani nem mindig egyértelmű feladat.

nyos konzorcium. Szabó M. Gyula (ELTE Gothard Asztrofizikai Observatórium, Szombathely) és munkatársai az AU Mic b három fedését mérték ki a Cheopszal, 2020. júliusban, augusztusban és szeptemberben. A 30 cm-es effektív átmérőjű optikai teleszkóppal és CCD kamerával felszerelt űreszköz számára az AU Mic $V = 8,6$ magnitúdós fényessége kellően nagy volt, hogy az első két tranzitmérés 15 másodperces mintavételezése után a harmadikat már csak 3 másodperces expozíciókkal folytassák le. A 2020. júliusi Cheops-mérés érdekessége, hogy a TESS-szel szimultán történt, mivel



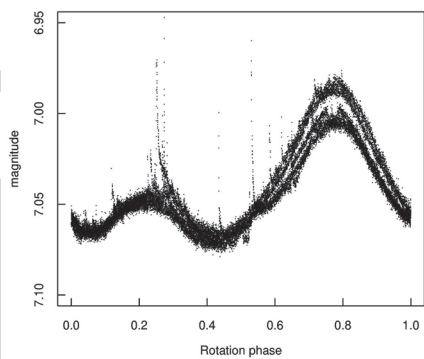
Az AU Mic b exobolygó különböző fedései. A halvány szürke pontok a TESS mérései, a sötétebb adatpontok a Cheops megfigyeléseiből származnak. Legfelül a Cheops és a TESS mérései egy időben történtek. A kis éles felfényesedések, amelyek mindhárom görbesorban láthatóak, a központi csillag flerei. A legelső fedés időben éppen egy fler miatt tűnik rövidebbnek. A vízszintes tengelyen az idő az exobolygó keringési fázisában van kifejezve, a valóságban kicsit több mint nyolc órányi adatsorokat látunk (Szabó és mtsai 2021)

A 2019 végén Föld körüli pályára állított Cheops-űrtávcső egyik első célpontjává az AU Mic rendszerét választotta a tudomá-

az amerikai exobolygó-vadász űrteleszkóp 27. szektorába ismét belesett az AU Mic. Így ugyanarról az exobolygó-fedésről születtek

meteor

egy időben mérések a két űrtávcsővel, amivel összevethetővé váltak az eltérő műszerek és eltérő érzékenységű CCD-kamerák adataiban a csillagaktivitási hatásai. Maga a központi csillag olyan gyakran mutat flekkeit, hirtelen felfényesedéseket, hogy akár a teljes fedési fénygörbét is jelentősen eltorzíthatják, mint az a mellékelt fénygörbéken jól látszik.



Az AU Mic fényességváltozásai a rotációs fázis függvényében, a TESS 27-es szektorának adatai alapján (Szabó és mtsai 2021)

A flekek mellett a forgási változások is jelentősek. A TESS adatokból nagyon pontos forgási periódust lehetett meghatározni, aminek értéke 4,8 napnak adódott. Egy teljes fordulat alatt két hullám rajzolódik ki, a minimumtól maximumig kb. 0,08 magnitúdó a teljes amplitúdó.

A számokat precízebben megvizsgálva érdekes összefüggést fedeztek fel a kutatók: az AU Mic b pontosított keringési periódusa (8,462995(3) nap) és a központi csillag forgási periódusa (4,8367(6) nap) négy tizedes pontossággal éppen 7:4 arányú rezonanciába esik. Hasonlót ismerünk más exobolygók-nál is, ám el lehet mondani, hogy jelenleg még nincs egy egységes elméleti magyarázat a jelenségre. Nagyon leegyszerűsítve ez azt jelenti, hogy a csillag és a bolygó „tudnak egymásról”, hiszen nem független a bolygó keringése és a csillag forgása. Idős exobolygórendszerekben a hosszú távú árapályhatások „behúzzhatják” a bolygókat a

csillag forgásával rezonáns állapotba, fiatal rendszerekben viszont még nem feltétlenül telt el elég idő a gravitációs hatások érvényesüléséhez. Az is elképzelhető, hogy magát a bolygókeletkezést befolyásolta a csillag forgása és valahogyan, jelenleg még nem ismert módon, a forgással rezonáns pályán keletkezett nagyobb valószínűséggel az exobolygó.

A 7:4 rezonanciából az is következik, hogy az AU Mic b fedései a központi csillag felszínén ismétlődő hosszúsági köröknél következnek be. Emiatt ha léteznek hosszú távon fennmaradó csillagfoltok, amelyek előtt elhaladva torzul az exobolygó fedési görbéje, akkor időnként pontosan ugyanolyan torzulásokat kell látni az adatokban. És valóban, a Cheops-mérésekből egyértelműen sikerült kimutatni a várt jeleket, azzal a plusz izgalmas tényezővel, hogy a bolygó átvonulásai enyhén elcsúsztak időben. Ezt okozhatja a külső pályán keringő másik bolygó a rendszerben, de akár egy nagyobb méretű exohold is az AU Mic b körül (ami kellően nagy tömegű, hogy előidézze a bolygó „imbolygását” a közös keringésük során). Jelenleg még nincs elég adatunk a különböző lehetőségek egyértelmű kizárásához, de mindenképp látszik, hogy az AU Mic nagyon érdekes rendszer.

Szabó, M. Gy. és munkatársai, *A&A*, megjelenés alatt ([arXiv.org:2108.02149](https://arxiv.org/abs/2108.02149))

V1405 Cas = Nova Cas 2021

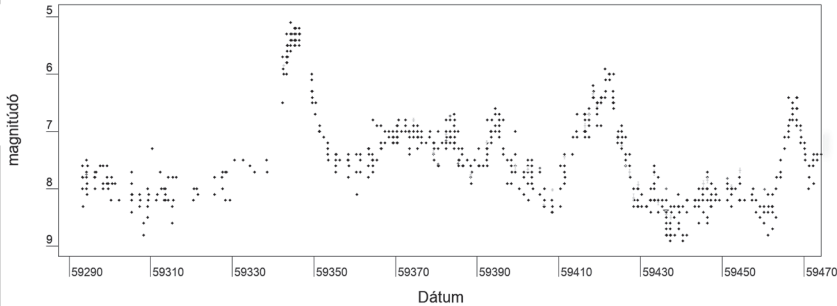
A 2021-es év egyik legnagyobb változós szenzációja a március közepén felfedezett Nova Cassiopeiae 2021, avagy végleges elnevezéssel V1405 Cas. A 2021. március 18,42 UT-kor felfedezett csillagról már a legelső spektrumok megmutatták, hogy a He/N-típusú növőkhöz tartozik, azaz a hélium és a nitrogén erős emissziós vonalai uralták a színpépet. A robbanási gázfelhő tágulási sebessége 1200 km/s volt.

Az északi égen feltűnt nóva hosszan elhúzódó fényes fázisát mindenféle hirtelen, másodlagos felfényesedés tarkítja, így lassan már fél éve minden derült éjjel észlelhet-

tő egy kisebb binokulárokkal is megtalálható és leészlelhető cirkumpoláris láthatóságú nóvarobbanás. Mellékelt fénygörbénket az MCSE Változócsillag Szakcsoportjának adatbázisából rajzoltuk meg, és bárki számára azonnal látható, hogy miért közeledik a csillag minden idők legészleltebb nóvarobbanásának kinyilvánítása: 2021. szeptember 17-ig 34 észlelőtől közel 700 fényességbecslés érkezett, ami tényleg páratlan a hazai nóva-

kibővült. Ezt követően a rádiócsillagászok is vették a lapot, júniusban már a Very Large Array antennái fordultak a V1405 Cas irányába. A detektált rádiósugárzás néhány ezer fokok hőmérsékletű termális forrásra utalt.

Részletesebb elemzés mindaddig még nem jelent meg a szakirodalomban, ez azonban nem nagy meglepetés, hiszen még mindig itt történnek az események az orrunk előtt.



A V1405 Cas fénygörbéje hazai megfigyelések alapján. Májusi, szabadszemes láthatóságot súroló maximumát követően két nagyobb felfényesedést és több kisebb fluktuációt követhettünk végig

észlelések történetében (legszorgalmasabb észlelőnk Juhász László, aki már 100 fölött jár az észlelések számában).

A The Astronomer's Telegram elektronikus körleveleiben szép számmal jelentek meg profi csillagászati megfigyelések, amelyek tovább színesítették a csillag történetét. A világúrból a NuStar és a Swift röntgenobszervatóriumok már az első néhány napban kimutatták a robbanás lágy röntgenfotonjait. Az is nagyon gyorsan kiderült, hogy a csillag fényváltozásait évekkorábban felfedezték, csak nóvaszerű változó helyett W Ursae Maioris típusú fedési kettősként klasszifikálták (CzeV3217 azonosítóval). A Gaia is észlelte már a robbanás előtt (nem csoda, hiszen akkor a csillag fényessége 15 magnitudo körüli volt), így a parallaxisa alapján távolsága 1740 parszek. A Fermi gamma-obszervatórium 2021. május közepén detektálta a robbanás gyenge gamma-sugárzását, ezáltal a megfigyelések hullámhossztartománya az elektromágneses színkép legnagyobb energiájú fotonjai felé is

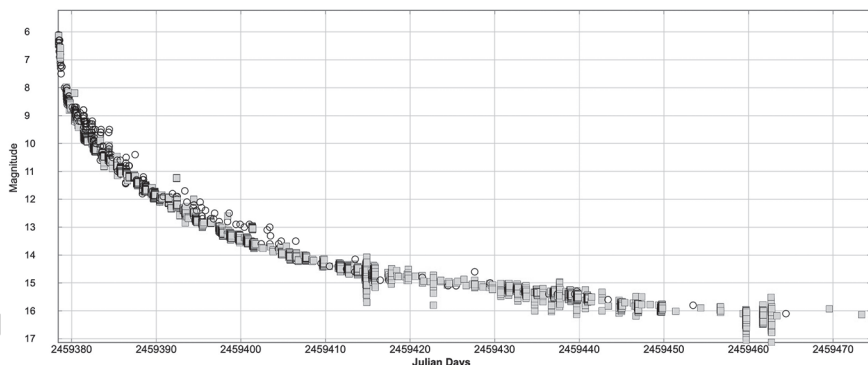
Amatőrök számára mindenképp fontos üzenet: minden derült este érdemes felkeresni és fényességbeslést végezni, mert változásai egyelőre teljességgel előrejelezhetetlenek.

The Astronomer's Telegram

V1674 Her = Nova Her 2021

A V1405 Cas májusi maximuma után pár héttel jött a hír az újabb északi nóváról: 2021. június 12,55 UT-kor Ueda Szeidzsi (Kushiro, Hokkaido) japán amatőrcsillagász fedezte fel 8,4 magnitúdós fényességnél. A spektroszkópai megerősítést Ulisse Munari és munkatársai végezték el, akik a hidrogén és a vas széles emissziós vonalait detektálták erős P Cygni vonalprofilokkal. A vonalak alapján szélsőségesen nagy, több ezer km/s tágulási sebességű nóvarobbanás történt. A Fermi-LAT műszer gamma-forrásként is nagyon gyorsan beazonosította, úgyhogy kétely nem maradt, egy igazán figyelemreméltó csillagrobbanás történt a Hercules csillagképbén.

meteor



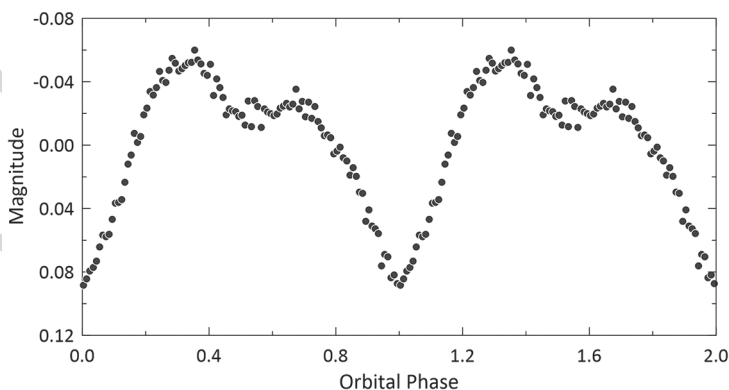
A V1674 Her vizuális és V-szűrös fénygörbéje az AAVSO adatai alapján (aavso.org)

Mellékelt fénygörbénk az AAVSO adatbázisából származik és azonnal elárulja, miért volt általános csalódás a végső elnevezése alapján V1674 Her feltűnése: a nagy sebességű tágulás nyomán a csillag nagyon gyors halványodásba kezdett 6 magnitúdós maximumát követően, 12 nappal később már csak 12 magnitúdós volt, nyár végére pedig elérte a 16 magnitúdós értéket. Röviden szólva: a csillag a gyors nóvák közé tartozónak bizonyult, így aki kimaradt az első pár hétből, az bizony lemaradt a változó észleléséről. A maximum utáni 2 magnitúdónyi halványodáshoz szükséges idő mindössze 1,2 nap

volt, ami szélsőségesen rövid még a gyors nóvák között is.

Joe Patterson és munkatársai a Center for Backyard Astrophysics távcsőhálózatával idősor-méréseket végeztek a halványodó csillag rövidperiódusú változásainak kimutatására. Augusztus közepére egyértelműen kimutathatóvá vált egy kétpúpú görbe 0,15 napos periódussal, ami a kölcsönható kettős rendszer keringési periódusa lehet, illetve egyértelműen látszik az optikai adatokban az a 8,4 perces változás, amit pl. röntgenmérések alapján is kimutattak. Mindez egybevágh azzal, hogy egy DQ Her altípusú

V1674 Her • CBA



A V1674 Her átlagos keringési változásai 2021. augusztusban. A kataklizmus változóban a fehér törpe kísérője 0,15 napos periódussal keringenek egymás körül (CBA)

közepes polár (intermediate polar angol szakkifejezéssel) a csillag, a gyors változás pedig a rendszerben lévő fehér törpe forgáshoz kötődik.

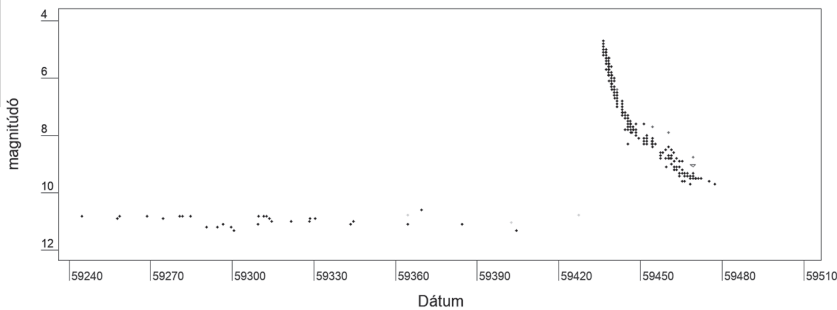
The Astronomer's Telegram, aavso.org

Az RS Oph 2021-es kitörése

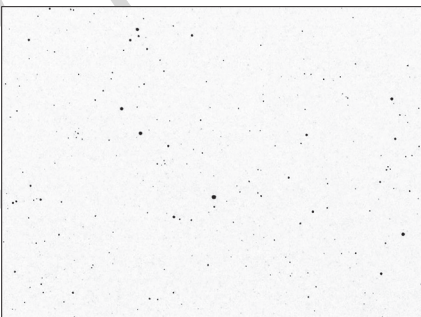
Míg márciustól júniusig az idei felfedezésű nógák börcölták az észlelői kedélyeket, addig júliusban régi ismerősünk, a visszatérő nógaként ismert RS Ophiuchi lepte meg a változócsillagok szerelmeseit. Az átlagosan 15 évente bekövetkező kitörések között 11 magnitúdónál lassan ingadozó csillag idei kitörését K. Geary fedezte fel 2021. július 8,93 UT-kor, amikor 5,0 magnitúdós fényességnél észlelte a változót. A legutóbb 2006-ban robbant csillag ugyanolyan

nógajelenség, mint a fentiekben tárgyalt két másik változó, az egyetlen különbség, hogy a klasszikus nógák néhány ezer évenként ismétlődő kitöréseivel szemben itt két robbanás között emberi léptékű idő telik el. Az elméletek szerint ennek háttérében az állhat, hogy a visszatérő nógákban a tömegbefogó fehér törpe az átlagosnál nagyobb tömegű, közel eshet a Chandrasekhar-féle határtömeghez, ezért felszínén a nukleáris megszaladással begyulladó hidrogénfúzió beindulásához – ami magát a nógarobbanást okozza – kevesebb anyag „átszívása” szükséges, a robbanási jelenség gyakoribb.

Az oppozíciójához közeli helyzetben „berobbant” csillag a szabad szemmel is látható fényességtartományt gyorsan elhagyta a halványodása során, viszont a kedvező égi



Az RS Oph 2021-es fénygörbéje az MCSE VCSSZ adatai alapján



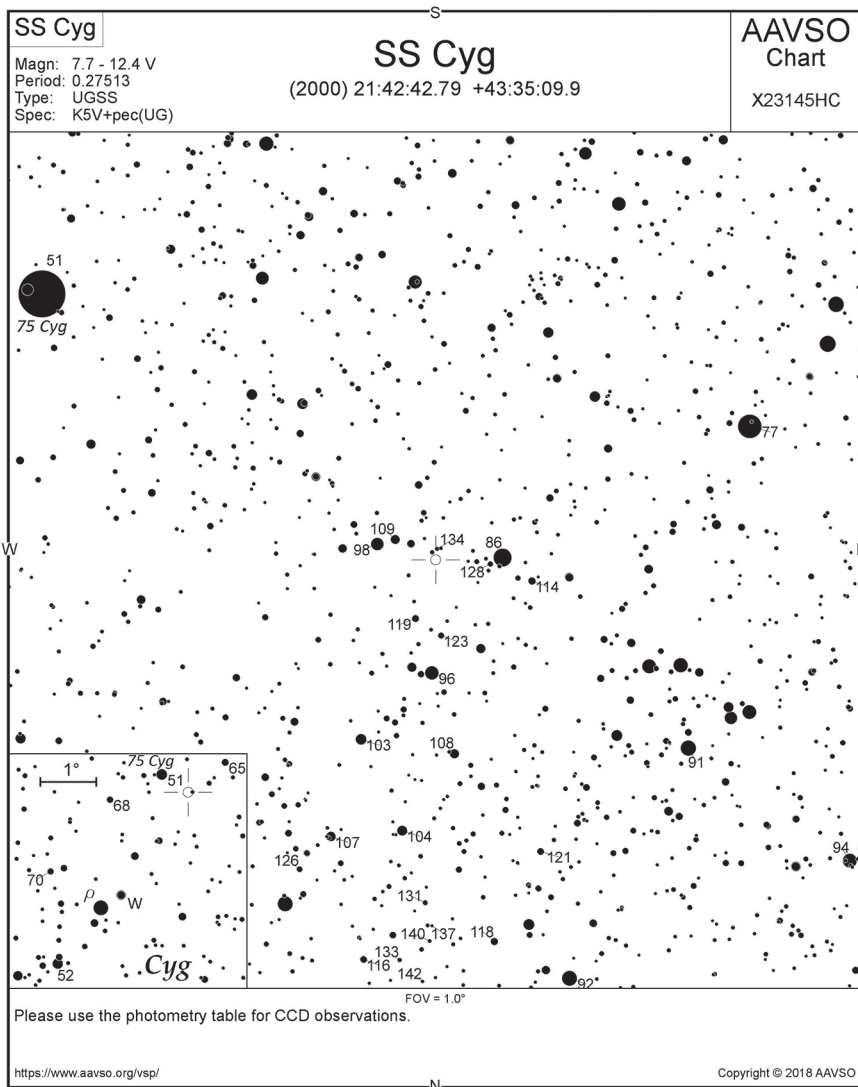
Az RS Ophiuchi Szauer Ágoston felvételén. Maga a változó a kép közepén látható fényes csillag. A felvétel 2021. augusztus 10-én készült, 20:59 UT-kor (Canon EOS 1100D, 3,5/85 mm; ISO 6400, expozíciós idő: 35 s)

helyzet miatt az összes létező földi és űrbéli csillagászati műszer felé irányult. Gamma, röntgen, ultrabolya mérések mellett természetesen infravörös és rádiós észlelések is történtek, de még az IceCube neutrínó-obszervatórium munkatársai is kiszámoltak egy felső korlátot az RS Oph irányából (nem) észlelt neutrínók számára.

Kedvcsináló gyanánt bemutatjuk az MCSE Változócsillag Szakcsoport adatbázisában szereplő idei megfigyelések alapján született fénygörbét (249 megfigyelés 27 észlelőtől). A korábbi kitörésekhez hasonlóan gyors halványodás játszódott le, ami után nem marad más, mint várni újabb 15 évet a következő kitörésig...

The Astronomer's Telegram

meteor



Az SS Cygni törpenóva észlelőterképe. Az SS Cyg (az UGSS változócsillag típus névadó csillaga) hosszú évtizedeken át volt ismert viszonylag „megbízható” fényességváltozásáról, amely 12 és 8 magnitúdó között zajlott, többnyire meredek felszálló ágú, látványos kitöréseket produkálva. A csillag megszokott viselkedése az utóbbi években megváltozott, amint az fénygörbéken is látszik az előző oldalon.

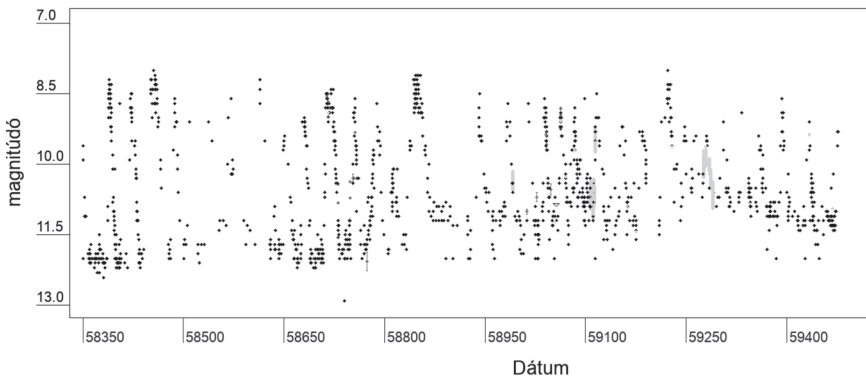
Az SS Cyg a magyar változóészlelők egyik legnépszerűbb csillaga. Észleljük minél gyakrabban!

Az SS Cyg anomális viselkedése

A sok-sok nagy energiájú robbanás után emlékezzünk meg régi jó barátunk, az SS Cyg egyre különösebb viselkedéséről. Szemben a klasszikus nóvák igazi robbanásaival, az SS Cyg-ben és a hasonló törpenóvákban nem történik semmi igazán drámai. Ezek is kölcsönható kettőscsillagok, ahol a fehér törpe főkomponens hidrogénben gazdag gázanyagot szív el szoros pályán keringő kísérő csillagától, ám itt a fényváltás oka a fehér törpe körül kialakuló tömegbefogási (akkréciós) gázkorong instabilitása. A lapos korongban egyre gyűlő gázanyag időnként belső instabilitáson esik át, amikor

kitörés néhány napig tart, majd amilyen hirtelen felfényesedik, hasonlóan gyorsan visszajut a minimumba.

Tavaly nyáron azonban történt valami, ami idén nyáron tovább folytatódott, bármi is legyen az oka: a kitörések egyre torzabbak és gyakoribbak lettek, a minimumfényesség egyre feljebb toldott a fényes állapot felé, míg a maximumok időnként alig jutnak 10 magnitúdó fölé. Egyelőre még közel sem beszélhetünk a Z Cam altípusú törpenóvák fényállandósulására emlékeztető „beragadásról” egy köztes fényességnél, ám a vizuális tartományban a teljes amplitúdó egyértelműen lecsökkent.



Az SS Cygni fénygörbéje az elmúlt három évben, hazai megfigyelések alapján. Vegyük észre a minimumfényesség emelkedését, majd hullámszámát nagyjából az utolsó egy évben, illetve a kitörések egyre szabálytalanabbá válását!

hirtelen az egész korong összeomlik, a gáz rázuhan a fehér törpe felszínére, gravitációs helyzeti energiája pedig átalakul hőenergiává, ami hirtelen felfényesedésben testesül meg. Aztán a tömegátadás tovább folytatódik és újra felépül az akkréciós korong, hogy minden kezdődjön előlről.

Nos, az SS Cyg ennek a képnek évtizedek óta klasszikus esete (volt). Minimumban 12–12,5 magnitúdós csillag, amely átlagosan 50 naponta 8–8,5 magnitúdós maximumot eredményező kitörésen esik át. Egy-egy

Részletes spektroszkópai vizsgálatok, esetleg ultraibolya- vagy röntgenmérések nélkül nehéz bármi okosat mondani, annyi biztosnak látszik, hogy az SS Cyg tömegátadási folyamatai valami miatt nagyon megváltoztak. Hogy mindez meddig folytatódik, mikor tér vissza a csillag a megszokott változásaihoz (ha valaha is bekövetkezik ez), ma még teljes rejtély. A csillag fokozott észlelése egyértelműen izgalmas és fontos feladat!

Összeállította: Kiss László