

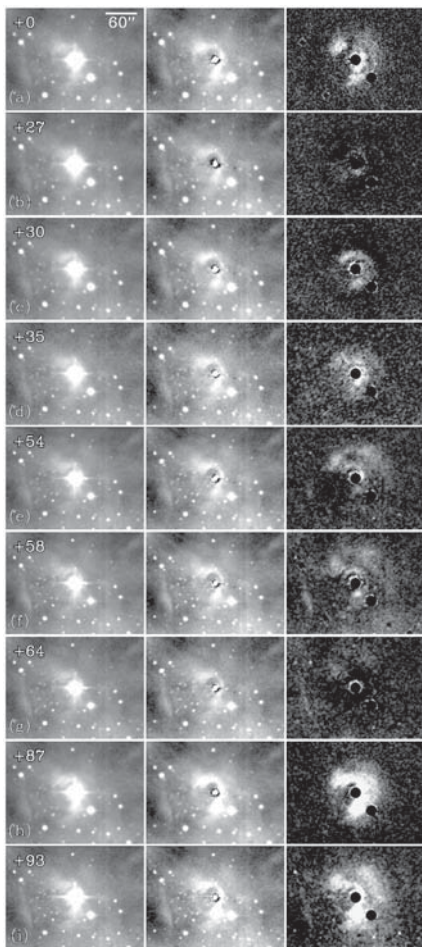
# Változós érdekességek innen-onnan

## Visszfények fiatal csillagok körül

A csillagászati visszfény (light echo) jelensége akkor keletkezik, amikor egy hirtelen fényimpulzus tűnik fel, pl. egy nóa- vagy szupernóva-robbanás által, majd ennek a fénye visszaszóródik a Föld felé a forrást övező porfelhőkön. Noha elvben minden változó fényű csillag körül létrejöhet visszfény, az észlelhetőséghez elegendően sűrű porfelhőre, illetve kedvező geometriára van szükség, így aztán a jelenség valójában meglehetősen ritkán észlelt. Mindeddig a leglátványosabb példákat nóvák, szupernóvák, egzotikus változók (pl. V838 Mon) és egy cefeida (RS Pup) szolgáltatta, azaz kevés kivétellel a fejlődésük vége felé járó csillagok.

Mivel a szórt fény feltárja a forrást övező csillagközi térben a poranyag térbeli eloszlását, illetve árulkodik a kémiai összetételről is, a visszfények elvben fontos információkat szolgáltathatnak a csillagok és bolygórendszerek kialakulásáról azokban a csillagfejlődési állapotokban, amikor a központi csillag szabálytalan fényváltozást mutat a napos hetes időskálákon. Elméleti jóslatok már az 1990-es években előrejelezték a fiatal csillagok körüli visszfények lehetőségét, ennek ellenére szisztematikus keresésre mindeddig senki nem vállalkozott, amit talán az is magyaráz, hogy a szupernóvák körüli ritka visszfények elbátortalanították a kutatókat.

Egy nemzetközi kutatócsoport J.L. Ortiz (IAA, Granada) vezetésével pontosan erre vállalkozott a déli ég egyik leglátványosabb csillagkeletkezési területén, az NGC 6726 reflexiók ködbe ágyazott S Coronae Australis és R Coronae Australis változócsillagok körül. Előbbi egy T Tauri, utóbbi pedig egy Herbig Ae/Be típusú égitest, mindkettő becslült kora alig 1–2 millió év. Jól észlelhető változócsillagok, az R CrA különösen látványos a 11 és 13,5 magnitúdó közötti ingadozásaival,



Az S CrA körüli ködösség változásai 93 nap alatt (az idő fentről lefelé halad). A bal oszlopban az eredeti képek láthatók, a középső oszlopban a központi csillag fényt levonták, a jobb oldali oszlopban pedig egy referenciaképhez viszonyított különbség-képek tanulmányozhatók. Utóbbiak mutatják legtisztábban a táguló fénygyűrűket

de az S CrA is jó 1 magnitúdóval változtatja fényességét néhány hetes időskálán. A fel-

tételezett visszfények detektálásához 2007. július és október között rendszeresen leképezték az NGC 6726 látványos ködösségét, majd a CCD-képeket gondosan feldolgozva keresték a vízbe dobott kő körül táguló hullámokhoz hasonlóan növekedő, majd elhalványuló fényléseket a két csillag körül.

A megfigyelések érdekessége, hogy egy mindössze 45 cm-es  $f/2,8$ -as, interneten keresztül távvezérelt távcsővel születtek. A műszer Argentínában található, a képrög-zítő detektor pedig egy 4008x2672 pixeles CCD, amelyen 1 pixel 1,47 ívmásodpercrek felel meg az égen. A képeken mindkét csillag körül jól látszanak táguló fénygyűrűk, melyek bármilyen elfogadható távolság mellett fénysebességnél gyorsabb mozgást igényelnének, ha valódi anyagfelhő kidobódásáról lenne szó. A megfigyelésekre természetes magyarázat a visszfény jelensége, s a kutatók ezt felhasználva részletesen elemezték az S CrA esetét.

Az időbeli változásokat modellezve meghatározták az S CrA pontos távolságát (138±16 parszek), valamint a visszfényért felelős porfelhő távolságát a központi csillagtól (kb. 10 ezer csillagászati egység), illetve a benne levő poranyag becsült össztömegét (0,002 naptömeg). Az egyelőre nem világos, hogy a por koncentrációját ebben a távolságban mi idézi elő, de a kutatók szerint vagy a csillag keletkezésének maradványa, vagy pedig egy, a Napunk körül található Oort-felhőhöz hasonló por- (esetleg jég-)felhő lehet. Az is elképzelhető, hogy bolygók keletkezésével együttjáró anyagkidobódás eredményeként került a por ebbe a távolságba. Az R CrA körüli visszfények elemzése még folyamatban van, további érdekességeket ígérve a déli ég egyik legszebb csillagkörnyezetében található változóról.

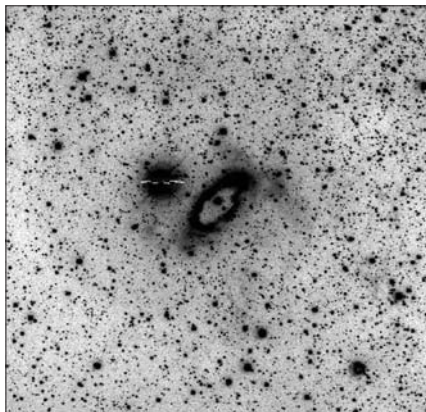
A területről készült két látványos animáció, melyek az alábbi címeken érhetők el:

<http://www.iaa.es/~ortiz/animacion1.avi>  
<http://www.iaa.es/~ortiz/S-animation.gif>

*J.L. Ortiz és mtsai, Observations of light echoes around very young stars, 2010, A&A, 519, A7*

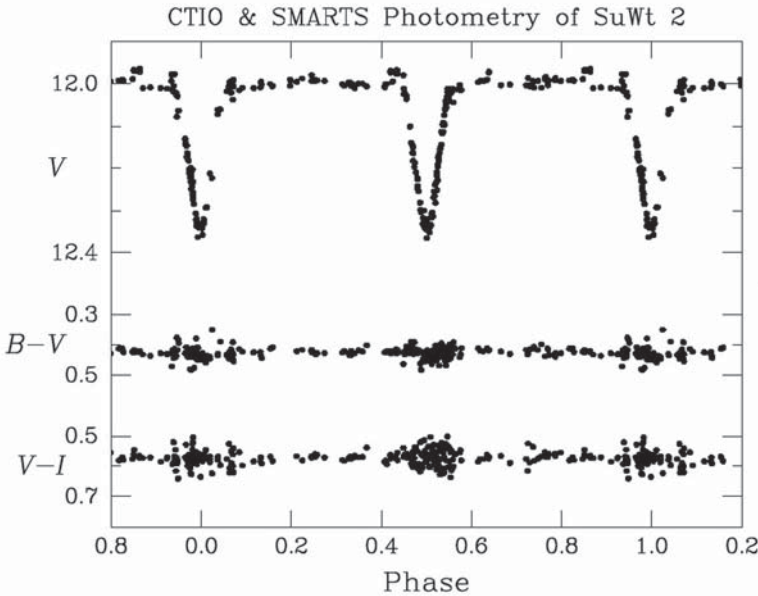
## Egzotikus fedési kettősök planetáris ködök magjában

Az SuWt2 (PNG311.0+02.4) jelzésű planetáris ködöt Schuster és West detektálta 1976-ban az ESO 1 m-es Schmidt-távcsővével készült fotókon. Az elliptikus köd spektruma igazolta a természetét, központi csillagára pedig B9V színeképtípust lehetett megállapítani. Ez azonnal sugallta, hogy lennie kell még egy csillagnak a rendszerben, mert egy B9 csillag nem elég forró, hogy ionizálja a teljes planetáris ködöt. A gyűrűs szerkezet egyébként is valószínűsítette, hogy egy szoros kettős rendszer lehet a magban, amit az 1990-es évek elején felfedezett fedések igazoltak is: 5 napos periódussal két minimumot lehetett kimutatni.



Az SuWt2 planetáris köd jellegzetes gyűrűs szerkezetű

K. Exter és munkatársai közel húsz évre visszanyúló megfigyeléssorozat eredményeit mutatják be legújabb cikkükben. A nagy mennyiségű fotometriai és spektroszkópiai mérés lehetővé tette a központi fedési kettőscsillag pontos paramétereinek meghatározását, ami alapján pedig felvázolhatóvá vált a rendszer fejlődési útja. Kiderült, hogy két nagyon hasonló, 2,7 naptömeg körüli A1 színeképtípusú csillag van a magban, ezek keringenek egymás körül 4,9 napos periódussal. Ami rendkívül meglepő, hogy az egyéb paramétereikben hasonló kompo-



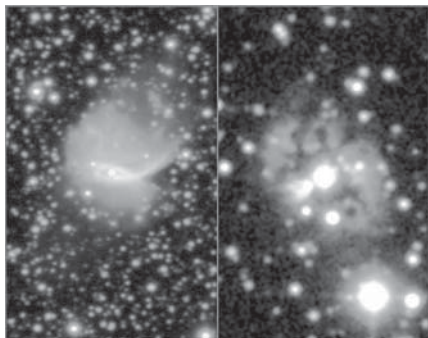
Az SuWt2 központi csillagának fény- és színváltozása a 4,9 napos keringés során

nensek forgási sebessége nagyon különböző, ráadásul jelentősen lassabb annál, amit kötött keringés esetén várnánk. Elképzelhető, hogy a kettős tömegközépponti sebessége változik időben, ez pedig arra utal, hogy lehet még egy harmadik csillag is rendszerben, csak éppen nem látjuk.

A paraméterek alapján vázolható modellben az SuWt2 központi csillaga hierarchikus hármas rendszerként kezdte, ahol egy kb. 2,9 naptömegű főkomponens keringett a szoros pár közelében. Legnagyobb tömegű komponensként először vált vörös óriássá, majd eközben elnyelte a szoros kettőst. A közösburok-fázis folyamatai vezettek a gyűrűs szerkezetű kód kidobódásához, az egykori főkomponensnek pedig egy kb. 0,7 naptömegű fehér törpe maradt a helyén. Amennyiben a kép helyes, akkor a későbbiekben a jelenleg látható csillagok is hasonlóan felfúvódnak majd, a végén pedig egy hármas fehér törpe marad, ami aztán egy végső összeolvadásban Ia szupernóvaként fejezheti be az életét.

Szintén kettőscsillagokat övező planetáris ködökről közöltek érdekes eredményeket M. Santander-García és munkatársai, akik a két legrövidebb keringési periódusú planetáris-köd-központi csillag felfedezését jelentették be. Az érintett ködök a Hen 2-428, illetve a V458 Vul néven ismert objektum, ez utóbbit a változósok Nova Vul 2007-ként ismerhetnek. Előbbi csillagról idősor-fotometriai méréseket végeztek, utóbbról pedig radiálissebesség-méréseket. Kiderült, hogy a Hen 2-428 központi csillaga ellipszoidális szoros kettős, mindössze 4,2 órás periódussal. Az I sávban 0,18 magnitúdós amplitúdójú változások szinuszos alakú fénygörbét rajzolnak ki. Ezzel szemben a V458 Vul radiálissebesség-görbéje mindössze 98,1 perces periódust ad ki, ami messze a legrövidebb keringési periódus, amelyet valaha mértek planetáris köd központi csillagára.

A két eset közül a V458 Vul az izgalmasabb: egy ilyen szoros kettőscsillag nóvórobbanással nagyon idős rendszerre utal, legalább 1 milliárd éves korról. Viszont akkor



A Hen 2-428 (balra) és a V458 Vul (jobbra) H-alfa szűrős képe az INT/WFC műszerrel

a néhány tízezer év alatt elszórt planetáris köd nem az első, hanem más a második: a központi csillagban lennie kell egy második fehér törpének is, amely csak nemrégiben dobta le a planetáris ködjét. Ebben az esetben egy kétszeresen degenerált kettőscsillaggal állunk szemben, amelynek becsült össztömege nyugodtan meghaladhatja az 1,6 naptömeget. Mindez azt jelenti, hogy amikor majd összeolvadnak, össztömegük bőven meghaladhatja a Chandrasekhar-határt, azaz olyan la szupernóvaként robbanhatnak fel, amelyek abszolút fényessége és más paraméterei különbözni fognak a Chandrasekhar-határt tömegbefogással átlépő fehér törpék robbanásaitól.

*K. Exter és mtsai, The Exotic Eclipsing Nucleus of the Ring Planetary Nebula SuWt 2, 2010, arXiv:1009.1919*

*M. Santander-García és mtsai, The binary central stars of PNe with the shortest orbital period, 2010, arXiv:1009.3055*

## Az Andromeda-köd Vörös Változója (M31-RV)

A valaha észlelt egyik legkülönlegesebb csillagrobbanást az M31 magja közelében figyelték meg. Az M31-RV (Red Nova-like Variable in M31) 1988-ban tűnt fel, maximumában a luminozitása mintegy 1 millió nap-luminozitást tett ki, mivel a Lokális Csoport egyik legnagyobb abszolút fényességű csil-

laga volt, a legfényesebb nóvarobbanásokkal vetekedő luminozitással. A meglepetést azonban az okozta, hogy a spektruma a halványodás során egy M színképtípusú vörös szuperóriásrú utalt, ami teljességgel kizárja a nóvaként értelmezést. De akkor mi lehetett ez a jelenség?

2006-ban egy még nagyobb luminozitású vörös változót találtak a Virgo-halmazhoz tartozó M85-ben, a közelmúltban pedig a szintén Virgo-tag M99-ben. A Tejútrendszerben mindmáig a V838 Mon rejtélyes kitörése volt a leghasonlóbb jelenség, ám a csillagkörnyezet itt nagyon különböző, mint az extragalaktikus objektumoknál (csillagkeletkezési régiók közelébe esett az égitest). Mindazonáltal felvetődött több kutatásban is, hogy ezek a ritka és nagyon nagy luminozitású robbanások egy új típusú csillagrobbanásra utalnak, amire az egyik legnépszerűbb magyarázat a szoros kettőscsillagok összeolvadása során lejátszódó hirtelen energiafelszabadulás volt.

Michael M. Shara és munkatársai a Hubble-űrtávcsővel felvett méréseket elemezték az M31-RV-ről 10, illetve 20 évvel a kitörés után. Céljuk az volt, hogy összevessék az összeolvadásos kitörések elméleteinek jósolatait a maradványra vonatkozóan a megfigyelésekkel. Eredményeik szerint egy és két évtizeddel a maximum után egy ultrabolygban fényes objektum azonosítható az M31-RV helyén, ami lényegében minden szempontból olyan tulajdonságokkal jellemezhető, mint az öreg nóvak. Az amerikai kutatók vizsgálatai szerint a kis tömegű fehér törpék felszínén lejátszódó klasszikus nóvarobbanások legújabb elméletei már összeegyeztethetők mind a maximum utáni vörös szuperóriással, mind a 10 és 20 évvel későbbi forró (40 ezer K és 8 ezer K) nóvaradvánnyal, így valószínűsíthető, hogy nincs szükség egy teljesen új típusú csillagrobbanás feltételezésére (azt megjegyezve, hogy a V838 Mon tulajdonságait továbbra sem értjük pontosan).

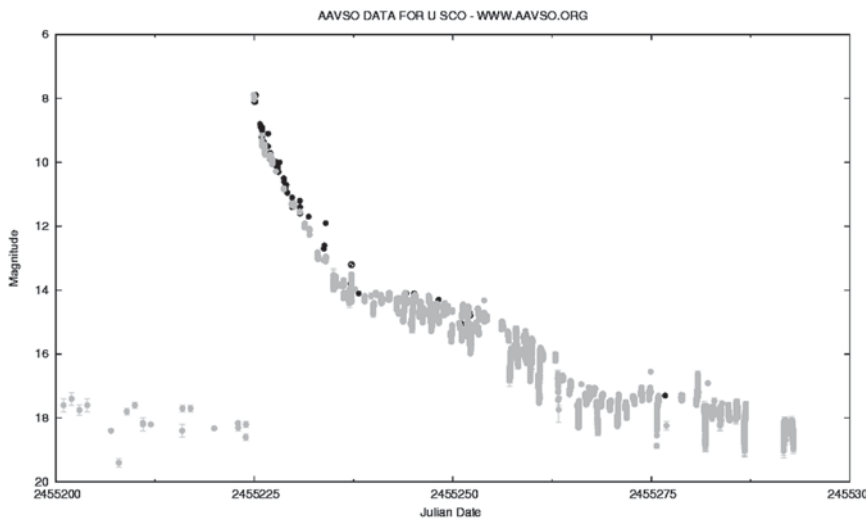
*M.M. Shara és mtsai, The Red Nova-like Variable in M31 – A Blue Candidate in Quiescence, 2010, arXiv:1009.2961*

## Az U Scorpii 2010-es kitérése

2010. január 28-án ismét kitért a legtöbb észlelt kitéréssel büszkélkedő visszatérő nóva, az U Sco. A műszertechnikai fejlődésnek köszönhetően mindeddig ez volt a valaha legrészletesebben észlelt nóvakitérés, melyet a földfelszíni műszerek mellett űrtávcsövek armadája követett a maximumtól egészen a visszahalványodásig, 67 napon keresztül (csak V szűrős fényességmérésből több mint 35 ezer készült, átlagosan 3 percenként egy...). Nyolc hónappal később Bradley E. Schaefer, a visszatérő nóvák kutatásának koronázatlan királya, a „Physics of Accreting Compact Binaries” konferencián foglalta össze a csillag idei kitérésének legfontosabb újdonságait.

soha nem mérte ki senki sem. Minimumban  $B \sim 19,2$  magnitúdós halvány csillagként pislákol, 1,23 naponként teljes fedéseket mutatva.

Az U Scorpii esetében először sikerült igen pontosan előre jelezni a következő kitérést. A korábbi adatokból sejthető volt, hogy az ismétlődési idő kb. 10 év, 1927-ben és 1957-ben – a Nappal való együttállás miatt – gyaníthatóan elmulasztott maximumokkal. Schaefer még 2005-ben felismerte, hogy hogyan lehet előre jelezni a visszatérő nóvák következő kitérését a minimumbeli fényesség alapján, s öt évvel ezelőtti jóslata szerint 2009,3 $\pm$ 1,0 volt a soron következő maximum időpontja. A megfigyelt kitérés 2010 elején tökéletesen igazolta a fizikai alapokon nyugvó jóslatot.



Az U Sco 2010-es V szűrős fénygörbéje az AAVSO adatai alapján

A harmadikként felfedezett visszatérő novának az idei már a tizedik észlelt kitérése volt: 1863, 1906, 1917, 1936, 1945, 1969, 1979, 1987, és 1999 után következett a 2010 januári esemény. A maximumaiban 7,5 magnitúdónál tetőző csillag nagyon gyorsan halványodik, a 3 magnitúdónyi halványodáshoz alig 2–3 nap szükséges. 13–33 nappal a maximum után lelassul a fényességcsökkenés, a nyugalmi állapotig való visszatérést viszont még

Schaefer 2007-ben elkezdett kiépíteni egy világméretű monitorozó rendszert az U Sco nyomon követésére. Világos volt, hogy annyira azért bizonytalan a dolog, hogy a HST-re vagy a Spitzerre pályázatot adhasson be, és egyébként is, 7–8 magnitúdós objektumként nincs szükség a legnagyobb távcsövekre az első méréseknél. A legfontosabb az volt, hogy lehetőleg azonnal elkezdődjön a világméretű kampány, mihelyst valaki ész-

leli az új fényesedést. Schaefer legnagyobb segítségével az AAVSO volt, de óránként kapott egy mérési pontot a négy ROTSE távcsőből is (Ausztrália, Texas, Namíbia, Törökország), illetve egyéb robottávcsövektől. Shawn Dvorak amerikai amatőr még a SOHO LASCO C3 műszerének képeit is ellenőrizte abban a tíz napban, amikor az U Sco a Nappal együtt állt. Végül is Barbara Harris floridai amatőr járt szerencsével, aki január 28-án hajnalban készített két CCD-felvételt a területről, és azonnal feltűnt neki a fényes csillag a látómezőben. Az észlelés független ellenőrzésében maga Schaefer is részt vett a 15 cm-es saját távcsövével, amikor is a hírt megkapva ezer szalalékban biztosra akart menni, mielőtt beindította volna a nemzetközi észlelői gépezetet.

Innentől kezdve vált az U Scorpii 2010-es kitörése a valaha legjobban észlelt nóvarobbanássá. Az első 24 órában három úrbéli röntgenobszervatórium (Swift, RXTE és Integral) fordult a csillag felé. Az XMM, Chandra és Suzaku az első két hétben következett, majd a rákövetkező hetekben mind a hat űrtávcső vissza-visszatért. A földfelszíni észlelőket még felsorolni is nagyon nehéz lenne, gyakorlatilag minden nagyobb obszervatórium bekapcsolódott az optikai és közeli infravörös tartományban folytatott mérésorozatba. Fotometriai adatok mellett sok spektrum is készült. Infravörös tartományban a WISE űrtávcső észlelte, rádióban pedig az indiai Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) hálózata követte.

Az összegyűjtött hatalmas adatmennyiségből több új jelenségre is fény derült. Ezek közül három példa:

Korai flerek: a legtöbb nóva a maximum után egyenesen halványodik, nagyobb fluktuációk nélkül a perces-órás időskálákon. Az U Scorpiinál már a legelső gyorsfotometriai mérések meglepő eredményre vezettek: akár már egy óra leforgása alatt is 0,1–0,5 magnitúdós hirtelen felfényesedések történtek. Hogy pontosan mi okozza ezt, egyelőre teljesen érthetetlen, csak annyit bizonyos, hogy a robbanás centrumához közel hirtelen feltűnő anyagmennyiségekre

utalnak, melyek flereznek, gyorsan lehűlnek, majd eltűnnek.

Mély aperiodikus elhalványodások: a 41. és 61. nap között 0,5–0,7 magnitúdós elhalványodások jelentkeztek, melyek a kettős rendszer fedéseitől teljesen függetlenek voltak, és nem is ismétlődtek periodikusan. Ilyet soha senki nem látott még korábban nóvában (nem is nagyon kerestek persze), elméleti magyarázat pedig jelenleg nincs. Feltételezhetően az újonnan felépült akkréciós korong szabálytalanságaival kapcsolatos a jelenség, de valódi modell még nincs.

10 ezer km/s-ot meghaladó ledobódási sebességek: a tipikus nóvarobbanások során a ledobódó gázfelhők tágulási sebessége 1000 km/s alatt marad. Ezzel szemben a visszatérő nóvákban a spektrumvonalak szélessége mindig nagyobb 2000 km/s-nál, az U Sco-nál pedig 8000 km/s-ot is mértek korábban. Az ideai kitörésnél egyes vonalaknál 10 000 km/s-t is meghaladó kiszélesedést tapasztaltak, ami azt jelenti, hogy a szupernóvákéval összevethető a ledobódási sebesség. Ezeket a hatalmas értékeket egyetlen elmélet sem képes megmagyarázni, ami arra utal, hogy a nóvarobbanások fizikai leírása még nagyon hiányos.

Természetesen az adatok feldolgozása jelenleg is zajlik, így újabb érdekességek és meglepetések továbbra is várhatóak lesznek.

*B.E. Schaefer, Review Of The 2010 Eruption Of Recurrent Nova U Scorpii, 2010, arXiv:1009.3197*

*Összeállította: Kiss László*

## Szegedi találkozó

Az MCSE Szegedi Helyi Csoportja idén is megrendezi hagyományos őszi találkozóját az újszegedi Csillagvizsgálóban. A rendezvény időpontja november 20. 10 óra. Részletes programmal az MCSE honlapján jelentkezünk.