Aktivita CT Serpentis a V446 Herculis před a po výbuchu novy

17.10.2023 - | Astronomický ústav AV ČR

Novy tvoří jednu z významných skupin v třídě kataklyzmických proměnných. Kataklyzmické proměnné jsou systémy tvořené dvěma hvězdami, kde jedna si již prošla značnou částí svého života a dostala se do degenerovaného stavu, v našem případě jde o bílého trpaslíka.

Druhou složkou je pak hvězda v pokročilém stádiu vývoje, která zcela vyplnila prostor, který jí přidělily gravitační zákony v tomto těsném dvojhvězdném systému. Látka z této hvězdy, tzv. dárce (donora), tedy přetéká směrem ke kompaktní složce. Kolem bílého trpaslíka se vytváří akreční disk, případně, má-li bílý trpaslík silné magnetické pole, přetéká látka podél indukčních čar tohoto pole na povrch objektu.

Přitékající hmota se hromadí na povrchu bílého trpaslíka a pokud její množství přesáhne kritickou mez, dojde k překotné povrchové termonukleární reakci. Systém se prudce zjasní, vzdálený pozorovatel pozoruje výbuch novy. Situace se ovšem postupně uklidňuje a vrací téměř k normálu. Přetok ovšem neustává a výbuch novy se tak může po mnoha letech, většinou tisíciletích, znovu zopakovat. To ovšem neznamená, že v mezidobí je systém zcela neměnný. Akreční disk obklopující bílého trpaslíka se v různých časových škálách také proměňuje, může v něm docházet k nestabilitám a přechodným zjasněním. Světelné křivky některých těchto jasových exkurzí jsou podobné novám, ale jejich fyzikální mechanismus je jiný – jde o procesy ve hmotě akrečního disku a mluví se o tzv. trpasličích novách.

Současné teoretické vysvětlení trpasličí novy říká, že pokud dosáhne teplota v disku kritické hodnoty, začne se jím šířit hustotní vlna, která způsobí jeho ohřev, ionizaci a zvýšení viskozity jeho plynu (nazývá se to tepelně-viskózní nestabilita). Diskem může náhle protékat mnohem více látky, což zvýší jeho svítivost – pozorujeme vzplanutí trpasličí novy. Množství látky dodávané donorem je ale menší, než protéká diskem, takže se nestabilita časem vyčerpá a vše se vrátí do původního, chladnějšího a klidnějšího stavu.

Vojtěch Šimon ze Stelárního oddělení ASU si pro svoji zevrubnou studii vybral dva zajímavé objekty – CT Serpentis a V446 Herculis. Obě tyto kataklyzmické prošly výbuchem novy v nedávných letech (CT Ser v roce 1948, V446 Her v roce 1960), pro obě existuje pozorovací materiál postihující vývoj jasnosti před výbuchem i po něm. Navíc oba systémy mají podobné oběžné periody kolem 4,8 hodiny, dárcovské hvězdy jsou podobných spektrálních typů (jde o M trpaslíky na hlavní posloupnosti s hmotnostmi kolem poloviny hmotnosti Slunce) a i poloměry akrečních disků jsou podobné. Dalo by se tedy očekávat, že chování obou systémů v desetiletích kolem výbuchů jejich nov by mohlo být v principu podobné.

Autor se ve své studii spolehl na archivní pozorování. Ta dosahující nejdále do minulosti pocházejí z fotografických desek, které jsou dnes v digitalizované podobě k dispozici volně v rámci projektu DASCH (Digital Access to a Sky Century at Harvard). Obě kataklyzmické patří spíše mezi slabší ve svém klidovém stavu, takže CT Ser byla detekována na celkově 86 fotografických deskách, zatímco na 4578 deskách byla pod detekčním limitem. Podobně V446 Her se podařilo najít na 78 deskách, zatímco v 6225 případech se dal zjistit jen limit její jasnosti. To však nebylo vše. Obě hvězdy byly různými autory sledovány v projektech jako Catalina Real-time Transient Survey, který fungoval v letech 2005 až 2013, nebo RoboScope. Oba používaly CCD snímky.

V případě CT Ser vykazovala hvězda před výbuchem novy jen malé variace jasnosti. Po výbuchu se jasnost hvězdy ale asi tři roky nacházela ve zvýšeném stavu, k němuž u některých klasických nov může dojít. Teprve poté poklesla na jasnost srovnatelnou s předvýbuchovou. V. Šimon ale poukazuje na to, že je obtížné určit konkrétní okamžik přechodu zpět do nízkého stavu, že tento přechod může být velmi pozvolný a někdy i poněkud neurčitý. Po návratu na původní jasnost hvězda vykazovala jen malé nahodilé výkyvy z dobře definované stabilní úrovně, jen velmi zřídka se objevilo zjasnění o 0,5 magnitudy, většina výkyvů nepřesáhla 0,2 magnitudy. Histogram jasových změn ukazuje, že čím větší je výkyv jasnosti, tím méně je pravděpodobné, že k němu dojde.

V446 Her je o poznání divočejší. Již před výbuchem novy se jasnost hvězdy epizodicky měnila až o čtyři magnitudy, a to nepravidelně. Světelná křivka před výbuchem nevykazuje vůbec žádný systematický trend, měření jsou náhodně rozházena ve velkém rozsahu jasností. To by bylo konzistentní s aktivitou trpasličí novy. Naproti tomu bezprostředně povýbuchová křivka je významně klidnější, variace nepřesahují 0,4 magnitudy a je možné v ní identifikovat nepravidelný dlouhodobý trend. Po roce 1990 (po dlouhém výpadku pozorování) se ovšem jasové změny vrátily do mnohem většího rozsahu. V. Šimon se jim pečlivě věnoval, neboť byly dobře pokryty archivními CCD pozorováními. Zjistil, že pokud jednotlivé světelné křivky zjasnění přeloží přes sebe, bez ohledu na velikost změny nebo její délku mají všechny výkyvy téměř stejné sestupové větve křivky. Jsou tedy konzistentní s výbuchy trpasličích nov. To, že se liší náběhové části křivek jednotlivých zjasnění, není překvapivé. V. Šimon poukazuje, že toto může být důsledek toho, že tepelně-viskózní nestabilita začne v odlišných částech disku pro různá vzplanutí. Pomalejší nárůst by byl konzistentní s modelem zjasnění začínajícím ve vnitřní části disku a prostupujícím směrem ven. Naproti tomu rychlejší nástup značí výskyt nestability ve vnější části disku a prostup tepelné fronty směrem dovnitř k bílému trpaslíku.

Celkově je patrné, že i když jsou oba studované objekty velmi podobné, jejich chování mimo epizodu výbuchu novy je zcela jiné. V obou případech ovšem světelná křivka před a po výbuchu má podobné vlastnosti, je tedy zřejmé, že po výbuchu novy se systém dostal téměř do výchozího stavu, byť v případě V446 Her toto trvalo téměř 30 let.

Otázkou zůstává, proč jsou světelné změny těchto dvou systémů od sebe tak odlišné. Svoji roli může hrát spousta faktorů. Jednak nejsou známy přesné parametry obou bílých trpaslíků. Lze říci, že ani jeden z těchto systémů nevykazuje aktivitu, která by se dala přičíst silnému magnetickému poli bílého trpaslíka, jež by významně změnilo směrování přetoku od dárcovské hvězdy na hvězdu přijímající. Situaci může ovlivňovat to, jak záření, které generuje hmota dopadající na bílého trpaslíka, ovlivňuje k němu přivrácenou část donora. To může ovlivnit, jak velké množství hmoty z donora přeteče do akrečního disku. Z dlouhodobých pozorování se totiž zdá, že akreční disk v systému CT Ser zůstává dlouhodobě stabilní (přetok do disku je silný), zatímco u V446 Her je přetok menší a vede to k tomu, že disk prochází epizodicky teplotně-viskózní nestabilitou vedoucí k výrazným změnám jasnosti, v tomto případě na škále týdnů a měsíců.

Kataklyzmické proměnné bezpochyby patří mezi to nejzajímavější, co hvězdná astrofyzika nabízí. Otevřených otázek zůstává velké množství a práce Vojtěch Šimona ukazuje, že nejen nejnovější pozorování přispívají k jejich poznání, ale že archivní data pořízená dnes již historickými metodami jako archivní fotografické desky mají po jejich digitalizaci nezastupitelnou cenu, protože umožňují sledovat vývoj aktivity objektů na škále desítek let. Současně ukazuje, že by bylo velkou chybou se takových pozorování z úsporných důvodů zbavovat.

V. Šimon, *Relation between Long-term Activity and Luminosity of the Pre- and Post-novae CT Ser and V446 Her*, Astrophysical Journal 165 (2023) id. 102

https://www.asu.cas.cz/articles/2157/19/na-cem-pracujeme-aktivita-ct-serpentis-a-v446-herculis-pred

-a-po-vybuchu-novy