Na čem pracujeme: Odlišné chování polarů BY Cam a AR UMa

5.9.2025 - Vojtěch Šimon | Astronomický ústav AV ČR

V polarech má bílý trpaslík tak silné magnetické pole, že proudící hmota je přímo naváděna na jeho magnetické póly a dopadá v jejich blízkosti. Tímto mechanismem vzniká charakteristické záření, které lze pozorovat ve viditelné i rentgenové oblasti, a také výrazná proměnnost jasnosti na různých časových škálách. Polary mohou přecházet mezi tzv. klidnými a aktivními stavy, přičemž se jejich jasnost dramaticky mění. Délka trvání tohoto stavu může často nabývat hodnot od dní do měsíců.

Polary jsou navíc objekty, které umožňují testovat fyziku akrece hmoty v extrémních podmínkách, kde magnetické síly soupeří s gravitačním spadem této hmoty. Kromě toho představují laboratorní příklady hvězdné aktivity: tok hmoty závisí nejen na vlastnostech bílého trpaslíka, ale také na magnetické činnosti druhé, dárcovské složky, která může být poseta hvězdnými skvrnami ovlivňujícími proudění hmoty. Právě proto se studium polarů často zaměřuje na otázku, proč u některých systémů převažuje dlouhé období vysoké aktivity, zatímco jiné tráví většinu času v utlumeném, tzv. nízkém stavu.

Článek Vojtěcha Šimona ze Stelárního oddělení ASU se soustředí na dva konkrétní polary: BY Camelopardalis (BY Cam) a AR Ursae Majoris (AR UMa). Oba objekty patří do téže kategorie, avšak vykazují zcela odlišné dlouhodobé projevy aktivity. Autor využil rozsáhlá data z moderních přehlídkových projektů (Zwicky Transient Facility, Catalina Real-time Transient Survey) i z historických fotografických archivů (digitalizované fotografické desky DASCH). Tím získal časové řady pokrývající desítky let a mohl podrobit světelné křivky podrobné analýze. Výsledkem je detailní srovnání, které přináší nové poznatky o tom, jak proměnlivá a rozmanitá může být akrece hmoty v magnetických kataklyzmických proměnných.

Aktéři studie nejsou stejní. Systém BY Cam je výjimečný tím, že patří mezi tzv. asynchronní polary – doba otočky bílého trpaslíka se mírně liší od oběžné doby celé dvojhvězdy. Takových systémů známe jen osm. Tento drobný nesoulad vytváří „taktovací cyklus“ dlouhý 14 dní, během něhož se mění konfigurace magnetického pole a způsob akrece hmoty. AR Ursae Majoris je naproti tomu typický synchronní polar, jehož bílý trpaslík má jedno z nejsilnějších magnetických polí vůbec (23 000 tesla, což je téměř padesáttisickrát silnější pole, než je v nejtmavších slunečních skvrnách).

Hlavní metodou výzkumu bylo porovnání světelných křivek – tedy záznamů jasnosti objektů v čase. Z moderních CCD pozorování se ukázalo, že BY Cam po většinu času zůstává v jasném, tzv. vysokém stavu. Pouze několikrát během desítek let klesl na kratší dobu do utlumeného minima. Když se data zprůměrovala a vyhladila metodou HEC13, objevily se dlouhodobé výkyvy jasnosti s periodami stovek dní a amplitudou zhruba půl magnitudy. Tyto pozvolné vlny svědčí o tom, že se v systému mění celkový tok hmoty, ale nikoliv dramaticky. Rozbor histogramů, tedy rozložení jasností v jednotlivých letech, naznačil, že různé oblasti na povrchu bílého trpaslíka postupně střídají svou dominanci při akreci přitékající hmoty. Někdy převažoval jeden pól, jindy více oblastí, což odpovídá složitému magnetickému poli a různým „cestám“ proudění hmoty. Celkově ale BY Cam představuje objekt, jenž se drží v aktivním režimu a jeho tzv. nízké stavy jasnosti jsou velmi vzácné (jednou za několik roků).

Zcela jiný obrázek poskytla AR UMa. V současnosti tento systém většinu času tráví v nízkém stavu a jen občas vybuchne do vysoké aktivity. Historická data ale ukázala, že na přelomu 40. a 50. let 20. století prodělal dlouhé období, kdy jasnost prudce vzrostla a až po letech opět klesla. V dalších

desetiletích se však už vysoké stavy objevovaly jen krátce a sporadicky, zatímco nízký stav se stal dominantním. Histogramy jasnosti jsou proto dvouvrcholové – jasně oddělují vysoké stavy od nízkých. Přechody mezi stavy byly přitom poměrně rychlé, během několika dnů se systém dokázal přepnout z maxima do minima či naopak. Tyto přechody probíhaly pokaždé na téměř stejné úrovni jasnosti, což naznačuje, že mechanismus je stále tentýž: buď se v oblasti na dárcovské hvězdě, odkud hmota proudí na bílého trpaslíka, objeví hvězdná skvrna, která proud zablokuje, nebo naopak po jejím zmizení dojde k náhlému výronu hmoty z hvězdy-dárce.

Když se oba polary porovnaly přímo, vyšel rozdíl velmi zřetelně: BY Cam je většinou jasnější a pobývá ve vysokém stavu, zatímco AR UMa se spokojí s nízkým stavem a aktivuje se jen příležitostně. Tato nesourodost je důležitá, protože ukazuje, že ani mezi polary nelze čekat jednotné chování. I když základní fyzikální principy – akrece hmoty v magnetickém poli bílého trpaslíka – jsou stejné, konkrétní výsledná aktivita se může výrazně lišit.

Výsledky mají širší dosah. Ukazují, že když se zkoumá populace polarů jako celek, je třeba brát v úvahu, že jednotlivé objekty mohou trávit v nízkém či vysokém stavu velmi rozdílné podíly času. To má dopad i na statistiky z rentgenových přehlídek: odhady, že polovina polarů bývá v nízkém stavu, platí jen pro soubor jako celek, nikoliv pro konkrétní systémy v poměrně krátkých časových úsecích pokrytích pozorováními. Z hlediska fyziky akrece pak rozdíly mezi BY Cam a AR UMa naznačují, že vnitřní struktura magnetického pole a aktivita hvězdy-dárce hrají zásadní roli.

V. Šimon, *The discrepant long-term activities of the polars BY Camelopardalis and AR Ursae Majoris*, New Astronomy 118 (2025) id.10375

http://www.asu.cas.cz/articles/2459/19/na-cem-pracujeme-odlisne-chovani-polaru-by-cam-a-ar-uma