

Na čem pracujeme: Zákryt hvězdné erupce smyčkovou protuberancí

3.9.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Hvězdy jsou kořením vesmíru a budeme jen opakovat známou skutečnost, že hvězdy na noční obloze se ničím fyzikálně převratným neliší od hvězdy, kterou vidíme za bílého dne, tedy od Slunce. Slunce je však mnohem blíže a tak pozorovací údaje, které máme, jsou z hvězd zdaleka nejdetailnější. Slunce je hvězdnou aktivní, prezentující se výskytem slunečních skvrn, ale i dalších projevů, jako jsou například erupce nebo magnetizované struktury plazmatu v atmosféře, třeba protuberance. Není tedy překvapivé, že podobné jevy můžeme pozorovat i u hvězd jiných.

Představovaný článek, na němž spolupracoval i P. Heinzel z ASU, se zabývá analýzou neobvyklé dlouhotrvající erupce na mladé hvězdě hlavní posloupnosti CD-36 3202. Ta je magneticky aktivní hvězdou spektrálního typu K2V, tedy chladnější než Slunce, s povrchovou teplotou asi 5000 K, rozměrem asi 0,8 rozměru Slunce a hmotností 0,8 hmotnosti Slunce. Věk hvězdy se odhaduje na 40 milionů let. Hvězda CD-36 3202 je známa svou vysokou magnetickou aktivitou a velkými skvrnami na povrchu, které mohou pokrýt významnou část hvězdy, řádově více než pokrývají skvrny na našem Slunci. Kromě toho na této hvězdě dochází k tzv. supererupcím, které mají energii až 800krát vyšší než nejsilnější sluneční erupce. Předpokládá se, že i naše Slunce bylo v raném věku výrazně aktivnější než v současnosti.

Práce vychází z pozorování družice NASA TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite), která zaznamenala velmi dlouhou erupci na této hvězdě, trvající přibližně 27 hodin. Jde o vůbec nejdéle probíhající erupci, jaká byla dosud v TESS datech detekována. Kromě své délky je erupce zajímavá přinejmenším třemi výraznými periodickými poklesy v intenzitě světla. Autoři usoudili, že pravidelné poklesy mohou být způsobeny opticky tlustou strukturou, která zakrývá erupční oblast, podobně jako filamenty nebo chladné smyčky, které se často vyskytují nad slunečními erupcemi. Tyto struktury procházejí změnami teploty a hustoty, což má za následek viditelné změny ve světelných křivkách erupcí. Arkády smyček mohou zakrývat rozsáhlé oblasti na hvězdném disku a mohou tak významně ovlivnit celkovou intenzitu světla vyzařovaného hvězdou.

V analýze autoři použili pokročilý geometrický model k analýze zakrytí způsobeného těmito smyčkami a poprvé odhadli fyzikální a geometrické parametry těchto struktur, které jsou odpovědné za zakrytí světelné emise erupce. Model předpokládal, že tyto struktury jsou podobné smyčkám nad slunečními erupcemi a že pocházejí ze stejné oblasti, v níž probíhá erupce. Model zahrnoval výpočet rozměrů, hustoty a teplot těchto struktur na základě pozorovaných poklesů v intenzitě světla. Významnou roli hrálo i modelování rotace hvězdy, které umožnilo odhadnout velikost a polohu oblaků plazmatu během zakrytí erupce a to pro každý zákryt zvlášť. Autoři zjistili, že velikost smyčky se rozšířila z 0,213 na 0,391 poloměru hvězdy, a to průměrnou rychlostí asi 2,4 km/s, což pozorujeme i na Slunci. Struktura měla tloušťku menší než 12 200 km a elektronové hustoty se pohybovaly v rozmezí od 10^{13} do 10^{14} cm⁻³. Odvozené teploty smyček se během zakrytí postupně snižovaly, a to z původních 7 600 K na 6 400 K a následně na 5 077 K. Teplota v oblasti maximální emise erupce musela přesáhnout 12 000 K, aby se zakrytí vůbec projevilo.

Výsledky práce jsou získány na základě poměrně silných předpokladů, jejichž platnost nelze bez přímého pohledu na prostorově rozlišenou hvězdu ověřit. Avšak dílčí získané údaje vytvářejí velmi konzistentní celek, jehož vlastnosti nejsou v rozporu s tím, co známe ze Slunce. Tedy snad až na mohutnost erupce, která o mnoho řádů přesahuje ty sluneční.

V kontextu rozvíjejícího se oboru studujícího projevy hvězdné aktivity jde o průlomovou práci, která si svými unikátními výsledky zasloužila publikaci v The Astrophysical Journal Letters. Vzhledem k bohatosti materiálu a množství dosud nezvážených efektů to však zřejmě není naposledy, co o této události čteme v odborném tisku.

K. Bicz, R. Falewicz, P. Heinzel a kol., *Analysis of the Stellar Occultations During the Unprecedented Long-Duration Flare*, Astrophysical Journal Letter v tisku, preprint arXiv:2408.02649

<https://www.asu.cas.cz/articles/2305/19/na-cem-pracujeme-zakryt-hvezdne-erupce-smyckovou-protuberanci>