

Na čem pracujeme: Polární záře v atmosférách horkých hvězd

23.7.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Polární záře se na Zemi vyskytují především v polárních oblastech a jsou jedním z efektů způsobených interakcí nabitých částic slunečního větru s magnetickým polem Země.

Nabitě částice slunečního větru kolidují s atomy a molekulami v atmosféře Země. Tyto srážky způsobují energetizaci některých částic v zemské atmosféře. Při zpětném uvolnění energie se objevuje světelné záření, které vidíme jako polární záři. Dnes víme, že polární záře se projevují i v jiném než jen optickém oboru. Například v rádiové oblasti. Na jiných planetách Sluneční soustavy jsou jiné podmínky, takže aurory se zde projevují i v jiných spektrálních oblastech.

Předchozí práce poukázaly na emisní záření odpovídající auroře také u extrasolárních planet, velmi chladných trpaslíků a také na rádiové emise u hvězd raného typu, které by bylo možné považovat za projevy polárních září. U horkých hvězd by mohla být přítomnost aurory překvapivá. Přesto byly v minulosti v této souvislosti vykonány určité neúspěšné pokusy s hledáním emise odpovídající polárním zářím.

Motivací k těmto snahám je přítomnost převážně dipólových magnetosfér u některých horkých hvězd, v nichž se mimo jiné vyskytují oblasti uzavřeného magnetického pole. V některých z takových oblastí mohou dlouhodobě cirkulovat uvězněné nabitě částice, které se sem mohly dostat například z hvězdného větru této hvězdy. Takové částice by v blízkosti hvězdy vytvářely jakési radiační pásy, z nichž by pak mohly zpět do atmosféry pronikat energetizované částice a vytvářet podmínky pro vznik emise záření. Magnetosférické procesy na horkých hvězdách tak vlastně připomínají aurorální aktivitu na Zemi nebo obřích planetách.

Pro horké hvězdy se této disciplíně zatím nikdo systematicky nevěnoval. Až nyní astrofyzikové z České republiky a součástí týmu byl i Jiří Kubát ze Stelárního oddělení ASU. Autoři studie využili kódu TLUSTY k simulaci aurorálních čar a modelovali interakci mezi hvězdným větrem a magnetosférou prostřednictvím rentgenového záření. Program TLUSTY, jehož autorem je astronom s českým původem Ivan Hubený, je programem sloužícím k nalezení modelu hvězdné atmosféry pro zadané globální vlastnosti hvězdy (efektivní teplota, gravitační zrychlení na jejím povrchu a chemické složení) doplněné určitými okrajovými podmínkami. V tomto případě autoři použili v zásadě standardní výchozí modely horkých hvězd, atmosféry však z vnějšku ozářili předepsaným rentgenovým zářením, které simuluje aktivitu nabitých částic. Toto přiblížení není zcela nesmyslné: na Slunci v erupcích dochází při pronikání částicových svazků do atmosféry k velmi intenzivnímu vzniku rentgenového záření. Není důvod si myslet, že u horkých hvězd tomu bude výrazně jinak.

V představované práci pak autoři srovnávali výsledné předpovězené záření vypočítané pro stejné hvězdy, ale jednou s přídatným ozářením z vnějšku. Poměrové srovnání odpovídajících výstupních spekter pak velmi dobře zdůrazní rozdíly vyvolané vnějším ozářením. Studie se zaměřuje na identifikaci potenciálních kandidátních emisních čar, které by mohly indikovat přítomnost aurorálních jevů. Tyto čáry byly nalezeny zejména v infračervené oblasti spektra, přičemž nejvýznamnější byla čára He II na vlnové délce 6945,8 nm. Tato čára se objevila ve všech modelech atmosfér s efektivními teplotami od 15 000 do 30 000 K. Přítomnost emisních čar byla ověřena na základě změn v populaci excitovaných stavů atomů, v případě zmíněné heliové čáry byla populace horní hladiny navýšena dokonce o deset řádů. V krátkovlnné oblasti spektra, tedy v ultrafialové, ale ani ve viditelné nebo blízké infračervené autoři neodhalili v modelových spektrech žádné významně

zvýšené emisní čáry. To také vysvětluje, proč dosavadní hledání aurory na horkých hvězdách selhalo: studie se zaměřovaly téměř výhradně na ultrafialovou oblast spektra, inspirovány výsledky u obřích planet nebo velmi chladných trpaslíků.

Výsledky ukazují, že modely atmosfér s rentgenovým ozářením vykazují významné zvýšení teploty horních vrstev hvězdných atmosfér, ohřev ale neproniká příliš hluboko. Je zajímavé, že množství vnějšího rentgenového záření nutného ke vzniku emisních čar mechanismem podobným polární záři klesá s rostoucí efektivní teplotou hvězdy. Jenže zde nastává problém. Teplejší hvězdy bývají zdrojem mohutnějších záření hnaných hvězdných větrů, které jsou také často zdroje emise záření v čarách. U horkých hvězd, kde lze tedy očekávat aurorální emisi silnější, může být tato zakryta zářením s původem v hvězdném větru.

Studie ukazuje, že v přírodě lze občas čekat podivné souvislosti. A tak jevy, které známe ze svého okolního životního prostředí, můžeme někdy vcelku překvapivě očekávat i v podmínkách kosmických těles.

M. Kajan, J. Krtička, J. Kubát, *Unveiling stellar aurorae: simulating auroral emission lines in hot stars induced by high-energy irradiation*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 531 (2024) 1776–1788, preprint arXiv:2405.09967.

<https://www.asu.cas.cz/articles/2289/19/na-cem-pracujeme-polarni-zare-v-atmosferach-horkych-hvezd>