

Objev rychlokluzní magnetické rekonexe, obecného procesu uvolňování energie ve slunečních erupcích

31.10.2024 - Pavel Suchan | Astronomický ústav AV ČR

Vědci objevili dlouho předpovězenou rychlokluznou magnetickou rekonexi projevující se extrémně rychlým pohybem zjasnění ve slunečních erupcích s rychlostmi až 2600 km/s.

Tento proces byl poprvé teoreticky předpovězen ve dvojici článků z r. 2005 a 2006, na jeho objev se tak čekalo bezmála 20 let. Vědci teď svůj objev popsali v časopisu Nature Astronomy.

Tým vědců vedený Dr. Jurajem Lörinčíkem (Bay Area Environmental Research Institute a Lockheed-Martin Solar Astrophysical Laboratory, USA), zahrnující doc. Jaroslava Dudíka ze Slunečního oddělení Astronomického ústavu AV ČR a další vědce z USA a Observatoire de Paris popsal první pozorování rychlokluzní rekonexe ve slunečních erupcích. K tomu využili snímky v ultrafialovém filtru 1330 Å, které s vysokým časovým rozlišením 1,9 sekundy získala družice IRIS během relativně malé sluneční erupce v roce 2022. Zde našli rychle se pohybující erupční jádra, základní „stopy“ slunečních erupcí, přičemž pozorování s vysokým časovým rozlišením se pro jejich identifikaci ukázala jako klíčová. „Rychlokluznou rekonexi projevující se rychlým pohybem erupčních jader jsme se snažili najít už dříve, naneštěstí jsme k tomu neměli vhodná pozorování“, říká Dr. Lörinčík. „Předešlá pozorování totiž neměla dostatečné časové rozlišení, a tak nebylo možné rychlokluznou rekonexi najít. Tenhle proces je velice dynamický, a tak ho nebylo v minulosti možné rozlišit. Ve snímcích s vysokým časovým rozlišením získaným družicí IRIS byla ale identifikace tohoto pohybu jednoznačná.“

Družice IRIS, zkonstruovaná v americké Lockheed-Martin Solar Astrophysical Laboratory, byla vypuštěna v roce 2013. Její původně dvouletou misi bylo a je studium sluneční chromosféry a přechodové oblasti v ultrafialové části spektra. V roce 2021 IRIS připravila speciální pozorovací sekvence pro dynamické jevy zahrnující sluneční erupce s vysokým časovým rozlišením. „Na našich pozorováních jsou dobře vidět jasná erupční vlákna, jakož i rychle se pohybující zjasnění ve formě drobných erupčních jader“, dodává Dr. Lörinčík.

Pohyb erupčních zjasnění je důsledek pohybu magnetických indukčních čar, které se během erupce znovupřepájejí (tzv. rekonektují) do konfigurace s nižší celkovou magnetickou energií. Tento pohyb indukčních čar se nejvíc projevuje rychlým pohybem jejich ukotvení, podél kterých vznikají erupční jádra. **Komplikované struktury slunečních magnetických polí vznikají v důsledku pohybů plazmy v různých vrstvách sluneční atmosféry.** „Magnetické pole se však nemůže komplikovat donekonečna, v jistých okamžicích je energie v něm nashromážděná už prostě příliš velká. Řešením je katastrofické znovupřepojení magnetického pole. Tento proces pak vidíme jako sluneční erupci“, říká druhý autor studie doc. Dudík ze Slunečního oddělení Astronomického ústavu AV ČR. „Uvolněná magnetická energie ohřívá plazmu, která pak jasně září v ultrafialové oblasti“, dodává Dr. Lörinčík. Samotný proces rekonexe pak probíhá formou klouzavého pohybu ukotvení jednotlivých magnetických indukčních čar. Modely předpověděly, že tento pohyb by se měl v některých částech erupce dít rychlostmi převyšujícími Alfvénovu rychlost v rekonekční oblasti, tj. rychlostmi vyššími než přibližně 1000 km/s. **Naměřené rychlosti dosahují až 2600 km/s a jsou tak v dobrém souladu s teoretickou předpovědí.**

Pojem „rychloukluzná rekonexe“ zavedl spoluautor studie Dr. Guillaume Aulanier, který ji také teoreticky prvně popsal, ve dvojici svých článků z let 2005 a 2006. Dle jeho vlastních slov mu k tomuto názvu byla inspirací komiksová postava kojota Wildy, který s vidličkou a nožem běžel za Ptákem uličníkem tak rychle, až mu prokluzovaly nohy.

Vědci rychloukluzní pohyb jednotlivých erupčních zjasnění **měřili pomocí dvou metod**. První využívala tzv. diagram vzdálenost-čas, přičemž se do jediného obrázku naskládá časový vývoj podél křivky sledující erupční vlákno (viz spodní obrázek na další stránce). Na tomto diagramu se pak pohybující se struktury projeví jako skloněné pásy, kde strmost sklonu je úměrná rychlosti pohybu. Druhou metodou, kterou vědci využili, bylo počítačové vidění s využitím neuronových sítí, které detekovaly jednotlivá erupční zjasnění a jejich rychlosti. **Výsledky obou metod spolu dobře souhlasily a potvrdily přítomnost rychloukluzné rekonexe.**

„Rychloukluzná rekonexe, tak jak ji chápeme, by měla být obecným procesem uvolňování magnetické energie ve vesmíru. Nyní máme možnosti sledovat ji detailně na Slunci, měla by však existovat také v jiných astrofyzikálních prostředích, včetně akrečních disků černých děr. A mohla by být odpovědná také za tancující pohyb polárních září, kde také běží magnetická rekonexe mezi vyvrženými oblaky magnetizované sluneční plazmy a magnetickým polem Země“, uzavírá doc. Dudík.

Odkaz:

Lörinčík, J.; Dudík J.; Sainz Dalda, A.; Aulanier, G.; Polito, V., De Pontieu, B. “Observation of super-Alfvénic slippage of reconnecting magnetic field lines on the Sun”, Nature Astronomy, 2024, <https://www.nature.com/articles/s41550-024-02396-4>

Mgr. Juraj Lörinčík, Ph.D.

Bay Area Environmental Research Institute, Moffett Field, CA, USA, lorincik@baeri.org

doc. RNDr. Jaroslav Dudík, PhD.

Astronomický ústav AV ČR, Sluneční oddělení

+420 702 145 184, Jaroslav.dudik@asu.cas.cz

Pavel Suchan

Astronomický ústav AV ČR, tiskový mluvčí

+420 737 322 815, suchan@astro.cz

<https://www.asu.cas.cz/articles/2339/19/objev-rychloukluzni-magneticke-rekonexe-obecneho-procesu-uvolnovani-energie-ve-slunecnich-erupcich>