

Výzkumy v ASU AV ČR (110): Model přechodové vrstvy ve sluneční atmosféře

Astro.cz, 15.3.2018

Marian Karlický z ASU společně s Františkem Karlickým z Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity vybudovali počítačový model přechodové vrstvy ve sluneční atmosféře a studovali procesy, které zde zřejmě probíhají. Ukazují, že udržení takové vrstvy vyžaduje souvislý tok energie, který společně s gravitačním působením a vlnovými procesy tuto vrstvu stabilizuje.

Sluneční atmosféra je skládá ze tří nejdůležitějších vrstev. Nejprve fotosféry, z níž k pozorovatelům na Zemi přichází největší množství záření. Fotosféra je považována za sluneční povrch. Nad fotosférou nalezneme chromosféru, a ještě nad ní korónu. Zatímco od středu sluneční koule teplota až do fotosféry vytrvale klesá, v chromosféře se průběh teploty náhle obrací, dosahuje desítek tisíc stupňů, a posléze prudce roste do koróny na milionové hodnoty.

Za ohřev vyšších vrstev atmosféry jsou téměř jistě odpovědné procesy v magnetických polích, jejichž smyčky se vypínají vysoko nad fotosférou. Nárůst teploty do koróny však není nijak pozvolný, naopak, v podstatě skokově roste z chromosférických na koronální teploty v tzv. přechodové vrstvě, jejíž tloušťka je přinejlepším několik stovek kilometrů. Náhlý skok v teplotě na stonásobek je spojen současně s poklesem hustoty o podobnou hodnotu.

Pozorování ukazují, že přechodová vrstva není statickým prostředím, naopak, jde o oblast velmi dynamickou, plnou pohybů. Přesto je možné si ji v prvním přiblížení představit jako vrstvu, v níž je na jedné straně chladné husté plazma a na straně druhé plazma horké a řídké. Takové prostředí ale nemůže být dlouhodobě stabilním.

Autoři představovaného článku se rozhodli studovat dění na hraně přechodové vrstvy s pomocí numerické simulace. Využili plně relativistický program s numerickým přístupem zvaným „částice v buňce“ (anglicky particle-in-cell, PIC), kdy se v prostorově omezené výpočetní doméně studují pohyby a interakce jednotlivých částic. Program umožňuje „vypínat“ a „zapínat“ jednotlivé myslitelné fyzikální procesy a interakce a studovat jejich vliv na výsledný stav systému. Porovnáním výsledků s reálnými pozorováními pak lze usoudit na důležitost jednotlivých procesů.

Programy počítající dění jednotlivých částic jsou výpočetně velmi náročné, proto je možné takové simulace řešit pouze na superpočítačích, autoři tedy využili služeb ostravského superpočítačového centra. Ve svém výzkumu řešili dvě odlišné situace: jednak zjednodušenou konfiguraci vylučující vzájemné působení částic, kdy docházelo k volnému prolínání obou různě teplých a hustých tekutin, a pak situaci, kdy autoři vzali do úvahy elektromagnetickou interakci částic.

Z výsledků vyplývá, že v případě zjednodušeného modelu volného prolínání je rychlost pronikání chladných částic do „teplé“ oblasti výrazně rychlejší než je tok částic v opačném směru. Vzhledem k rozdílné hmotnosti elektronů a protonů navíc lehké elektrony

pronikají do opačné poloviny výpočetní domény mnohem rychleji těžší protony. Chladné plazma také proniká mnohem hlouběji do teplé oblasti než pronikají teplé částice do oblasti chladné.

Pokud se „zapne“ elektromagnetická interakce situace se velmi změní, především se procesy zpomalí. Rychleji unikající elektrony jsou bržděny pomalejšími protony, neboť mezi oběma typy částic se vytvoří vratné elektrické pole, které je základem nenulového elektrického proudu ve vrstvě. Toto elektrické pole má kladnou orientaci a s časem slábne. Elektromagnetická interakce vede ke vzniku plazmových vln, které odrážejí některé horké elektrony zpět do chladné oblasti, což dále zpomaluje pronikání horkého plazmatu do chladného.

Autoři poukazují, že vystavěná struktura je dlouhodobě neudržitelná, což je ve zjevném rozporu s realitou, kdy přechodová vrstva ve sluneční zjevně existuje dlouhodobě. Autoři uzavírají, že na stabilizaci rozhraní se musí podílet gravitační síla, kterou v numerické experimentu nemohli uvažovat. Směr toku hmoty je z chladné do horké oblasti, což v případě Slunce značí tok proti směru gravitace. Dále je pro udržení teplotního skoku důležitý neustálý přísun energie. Ten mohou dodávat procesy související s ohřevem vyšší atmosféry, tedy například celé spektrum erupcí.

Práce ale přesvědčivě ukazuje, že ve vrstvě se nachází mix horkých a chladných částic. Toto poznání může být důležitým pro správnou interpretaci ultrafialových a rentgenových spekter, v nichž jsou zřejmě patrné nerovnovážné procesy. A ty jsou studovány mimojiné astronomy ASU.

Zdroj:

http://www.astro.cz/clanky/hvezdy/vyzkumy-v-asu-av-cr-110-model-prechodove-vrstvy-ve-slunecni-atmosfere.html?utm_source=news&utm_medium=rss&utm_campaign=clanky