

Dominik Beck

## Energy balance and temperature structure in solar prominences

(hodnocení vedoucího DP)

Diplomová práce se zabývá studiem energetické rovnováhy ve slunečních protuberancích a modelováním jejich teplotní struktury. Protuberance jsou izolované struktury plazmatu ve sluneční koróně, ozářené silným polem záření ze slunečního disku. Pokud je v každé oblasti protuberance celková pohlcená energie záření rovna celkové energii vyzářené, hovoříme o tzv. *zářivé rovnováze*, která určuje teplotní strukturu celé protuberance. Prvním úkolem diplomové práce bylo vytvořit síť teoretických modelů protuberancí v této zářivé rovnováze. Diplomant použil numerické kódy vyvinuté v Astronomickém ústavu AV ČR pro výpočet zářivých ztrát v podmínkách silných odchylek od lokální termodynamické rovnováhy (tzv. non-LTE) a pomocí nich řešil problém časového vývoje teplotní struktury v celé protuberanci, tj. relaxace do zářivé rovnováhy. Graficky demonstroval jak závisí finální teplotní struktura na tlaku plynu (předpokládá se izobarická struktura) a na velikosti protuberance. Ukázal také závislost relaxačních časů na těchto parametrech. Výsledky porovnal s původní studií P. Gouttebrozeho z Francie, který se touto problematikou zabýval v roce 2007. Získané relaxační časy však vycházejí téměř o řád kratší ve srovnání s výsledky P. Gouttebrozeho, což jak se ukázalo je způsobeno opomenutím numerického faktoru v jeho modelech. Podle výsledků diplomové práce jsou nové relaxační časy řádově srovnatelné s charakteristickým trváním jemných struktur uvnitř protuberance, což je nový zajímavý výsledek. Nicméně finální teploty v zářivé rovnováze nejsou tímto rozdílem nijak ovlivněny a podobně jako v dřívějších pracích (Gouttebroze 2007, Anzer a Heinzel 2012 a Heinzel a kol. 2014) dosahují nízkých hodnot pro vyšší tlaky a velikosti protuberance. Toto lze ověřit spektroskopicky a podobné teploty byly skutečně v některých případech naměřeny.

Dalším krokem bylo zahrnutí tepelné vodivosti v protuberancích. V jejich centrálních chladných částech (pod 10 000 K) je tepelná vodivost zanedbatelná, hraje však roli v oblastech směrem do horké koróny, která má teplotu několik milionů K. Toto bylo ukázáno na několika modelech při zahrnutí klasické tzv. Spitzerovy konduktivity. V případě relaxace bylo třeba řešit časově-závislou difúzní rovnici pro vedení tepla. Nakonec se diplomant pokusil zahrnout do celkové energetické rovnováhy i ambipolární difúzi, která jak již dříve ukázali Fontenla a kol. (1996) může hrát důležitou roli v přechodové oblasti mezi chladným jádrem protuberance a horkou korónou. Těmito numerickými simulacemi byly získány teplotní profily pro vybrané modely a bylo ukázáno jak se liší od profilů v zářivé rovnováze.

Diplomant dále provedl semi-analytickou analýzu relaxačních podmínek, což je zajímavý nový přístup, kde zřetelně prokázal své schopnosti teoretického myšlení. Obecně pak prokázal schopnost samostatné vědecké práce, velmi rychle se zorientoval v problematice numerického modelování a navrhl některé originální postupy. Výsledky simulací mohou být předmětem budoucí publikace. Diplomovou práci hodnotím celkově jako výbornou.

V Ondřejově, 15.6.2021

Prof. RNDr. Petr Heinzel, DrSc.