

Oponentský posudek disertační práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy v Praze

Autor: **Mgr. Andrii Lynnyk**
Název práce: **Evolution of Interplanetary Coronal Mass Ejections**
Studijní program a obor: Fyzika-[Fyzika plazmatu a ionizovaných prostředí](#) (F-2)
Rok odevzdání: 2011

Jméno a tituly oponenta: Doc. RNDr. Lubomír Přeč, Dr.
Pracoviště: KFPP MFF UK
Kontaktní e-mail: lubomir.prech@mff.cuni.cz

Předložená práce se zabývá studiem velkorozměrných struktur ve slunečním větru – meziplanetárních vývrhů koronální hmoty (ICME) a jejich podmnožiny – magnetických oblaků (MC). Tyto struktury mají svůj původ ve slunečních erupcích a významně ovlivňují poměry v magnetosféře Země i na jejím povrchu. Proto jim vědci věnují již delší dobu pozornost mimo jiné v rámci studia tzv. kosmického počasí. Disertační práce se zaměřuje zejména na modelování tvaru a popis vývoje těchto struktur během jejich šíření sluneční soustavou a klade si následující cíle:

- Prozkoumat kvalitu popisu magnetických oblaků pomocí modelu expandujícího válcového modelu.
- Prozkoumat popis magnetických oblaků pomocí modelu s eliptickým průřezem.
- Studium vývoje tvaru ICME/MC s rostoucí vzdáleností od Slunce s užitím poznatků o tloušťce přechodové oblasti u struktur šířících se nadzvukovou rychlostí slunečním větrem.

Samotná práce je postavena na komentáři a rozšíření tří původních vědeckých prací autora, publikovaných v recenzovaných zahraničních časopisech a sborníku a připojených k práci jako přílohy. V první kapitole disertační práce se autor věnuje původu, charakteristikám a struktuře slunečního větru, shrnuje současné představy o mechanismu vzniku ICME a magnetických oblaků, existující modely oblaků, poznatky o jejich tvaru, expanzi a deformacích při interakci se slunečním větrem s odkazy na několik desítek publikovaných vědeckých prací. Druhá kapitola předkládá cíle práce.

Třetí kapitola velmi stručně probírá měření parametrů slunečního větru pomocí družice Wind a meziplanetárních sond Voyager 1 a 2 (Zde si dovoluji nesouhlasit s popisem polohy družice Wind, jejíž dráha procházela několika odlišnými údobími, ale nikdy nebyla umístěna na halo-orbitu v okolí Lagrangeova bodu L1. Z hlediska hodnocené práce je však naštěstí důležité jen, že družice provádí dlouhodobá měření ve slunečním větru do vzdáleností cca 250 Re od Země.). Dále v této části autor popisuje původ a charakteristiky dat s pozorováními magnetických oblaků a ICME těmito platformami.

Čtvrtá kapitola shrnuje a komentuje vlastní výsledky doktoranda. Postupně popisuje výsledky zpřesnění válcového modelu magnetického oblaku zahrnutím představy o jeho expanzi (je-li v konkrétních událostech pozorována) dvěma metodikami. Starší uvažuje časovou závislost dvou základních parametrů statického modelu magnetického oblaku, novější hledá self-konsistentní řešení fitováním expandujícího modelu oblaku do dat v celém průběhu pozorování a docíluje znatelně lepších výsledků – zpřesnění fitu. Protože anizotropní expanze

oblaku může vést k deformacím v průřezu oblaku, věnuje se autor v jedné z podkapitol modelu oblaku s eliptickým průřezem a odhadům anizotropie expanze z experimentálních jednobodových dat. Nutno podotknout, že samotné modely publikoval již dříve školitel doktoranda, nicméně doktorand předkládá v této práci jejich aplikaci na několik desítek pozorování magnetických oblaků a pokouší se interpretovat získané modelové parametry statisticky. V další části této kapitoly provádí doktorand analýzu průřezu ICME a magnetických oblaků na základě publikované závislosti tloušťky přechodové oblasti na poloměru křivosti struktur šířících se nadzvukovou rychlostí slunečním větrem. Na základě statistiky předkládá Mgr. Lynnyk závěry o vývoji deformace těchto struktur v oblasti 1 – 30 AU v závislosti na Machově čísle a intenzitě vnitřního pole magnetického oblaku. Také poukazuje na rozdíly mezi oblaky, které se šíří nadzvukovou rychlostí slunečním větrem, a těmi, jež jsou jako celek unášeny se slunečním větrem, ale nadzvukově se šíří jejich expandující obálka. V poslední části kapitoly se pak doktorand pokouší o odhad deformace hranic magnetického oblaku na základě porovnání modelu s lokálním pozorováním orientace hraniční diskontinuity.

V poslední páté kapitole doktorand shrnuje vlastní výsledky fitování modelů a jejich statistické interpretace.

Práce je psána anglickým jazykem bez větších stylistických a gramatických chyb a s poměrně malým počtem překlepů, možná i proto, že část textu byla přímo převzata z příložených autorových článků publikovaných časopisecky, tedy prošlých redakčními úpravami.

Rovnice a vztahy jsou vesměs sázeny přehledně, pouze ve vztahu 1.1 pro $B\varphi$ není zohledněn smysl rotace magnetického pole, ve vztahu 4.7 má být na poslední řádce „ $= \alpha B_Z$ “ místo „ $= \alpha B_u$ “. Za vztahy 4.20 bude pravděpodobně potřeba opravit definici veličin B_1 a B_2 (nepárují se pravé a levé závorky). Vztahem 4.3 autor definuje odchylku modelu a pozorování χ ve shodě s Lynnyk and Vandas, 2010 (7), ale odlišně od Lynnyk and Vandas, 2010 (7,8), což čtenáře práce uvádí do určitého zmatení, neboť do práce autor převzal obrázky s hodnotami χ z obou prací.

Grafická úroveň obrázků je velmi dobrá, pouze obr. 1.8 mohl být také v barevném provedení a obr. 4.2 postrádá větší grafické symboly. Nicméně mám k obrázkům následující faktické připomínky:

V textu práce – str. 43-51 (ale i v původním článku Lynnyk et al., 2011) se mi zdají určité nesrovnalosti (záměny) v odkazech na obr. 4.12a, 4.12b, 4.17a (Fig. 5a, 5b, 9a), např. na str. 51 Mgr. Lynnyk odkazuje na ICME bez možnosti fitování (tj. ne charakteru MC) na obr. 4.12b, ty jsou ale vyneseny na obr. 4.12a, atd. Pokud skutečně došlo k omylu, měl by odkazy doktorand v práci ještě korigovat, protože zmíněný text se bez konfrontace s graficky prezentovanými výsledky neobejde.

U obr. 4.7 mi chybí vysvětlení, jak jsou počítány červené rychlostní profily V_y , V_z .

Tvrzení ze str. 39 o úměře V_x^{exp} a V_y^{exp} pro oblaka s malou deformací ($a/b < 1.4$, viz obr. 4.8) je postaveno na dvou experimentálních bodech. Prosím o vysvětlení. Rovněž jsou v tomto obrázku body se zápornými hodnotami V_x^{exp} . Co znamenají?

Na obr. 4.9 uvádí Mgr. Lynnyk příklad identifikace hranic ICME. V textu ale chybí bližší popis, na základě jakých kritérií určoval zejména zadní hranici, jejíž polohu potřebuje pro stanovení parametru $2R$.

Ve vztazích 4.23, 4.24 (obr 4.12, 4.17) je užíváno Machovo číslo pro Alfvénovy vlny, doktorand však nikde nepopisuje, jakým způsobem je určoval (tj. jak a z jaké oblasti bral parametry slunečního větru pro jeho výpočet).

Obr. 4.20, 4.22 ukazují poměrně široký rozptyl hodnot odchylek normál ke hranici magnetického oblaku (pozorované tangenciální diskontinuitě) od modelu. Směr normály k diskontinuitě autor určoval pomocí vektorového součinu vektorů magnetického pole před a za diskontinuitou. Vzhledem k potížím v jejich stanovení z fluktuujících experimentálních dat (výsledná normála silně závisí na intervalech upstream/downstream, které zpracovatel zvolí) bych dával přednost např. metodě minimální variace.

Prosím autora Mgr. Lynnyka, aby během obhajoby zodpověděl následující dotazy:

Čím se liší model magnetického oblaku užitý v Lepping et al., 2006 od klasického modelu Lundquist, 1950? Do jaké míry se shodují výsledky – fity parametrů magnetických oblaků mezi Lepping et al., 2006 a vlastními výsledky v této práci? Jaký vliv mělo zahrnutí expanze magnetických oblaků na parametry určující orientaci magnetického oblaku?

Lepping et al., 2006 vyšetřoval jen magnetické oblaka pozorovaná družicí Wind v letech 1995-2003. Jestliže jeho práce byla použita zejména jako pramen identifikující jednotlivé události bez dalšího provnání výsledků, proč doktorand nezahrnul i další pozorování z let 2004-2010, identifikoval-li jaká? Kolik bylo v těchto letech pozorování ICME, MC bez a s expanzí?

Dasso et al, 2006 porovnává kvalitu několika modelů magnetických oblaků pro jednu událost. Nepokoušel se doktorand porovnat je s vlastními modely užitými v práci na zkoumané sadě událostí?

Všechny varianty modelů užitých v práci vycházejí z Lundquist, 1950. Ověřil doktorand platnost předpokladů „force-free“ modelu pro jednotlivé události? Nemůže být velký rozptyl v některých statistických závislostech způsoben právě problémy s naplněním těchto předpokladů modelu?

Jakých zlepšení se podařilo dosáhnout záměnou válcově symetrického modelu magnetického oblaku za model eliptický?

V poslední části autor porovnává geometrii magnetických oblaků z měření Wind (v blízkosti Země) s geometrií ICME bez charakteristik magnetického oblaku z měření meziplanetárních sond Voyager 1 a 2 ve vzdálenosti 1-30 AU od Slunce. Nebylo možné mezi ICME z měření sond Voyager identifikovat magnetická oblaka, modelovat jejich parametry a porovnat s měřeními družice Wind?

Je možné porovnat získané rozměrové charakteristiky magnetických oblaků se simulacemi v globálním heliosférickém modelu ENLIL?

Celkově je možné v práci vytčené cíle považovat za splněné. Práci jsem četl se zájmem a přes uvedené nedostatky zůstává text práce srozumitelný. Popsané metodiky modelování expandujících magnetických oblaků a oblaků s eliptickým průřezem a studium deformací ICME s využitím širé přechodové oblasti mezi meziplanetární rázovou vlnou a čelem ICME přinášejí nové původní výsledky popisující vývoj a deformace ICME a magnetických oblaků na cestě sluneční soustavou. Podle mého mínění autor prokázal schopnost samostatné tvůrčí práce. Doporučuji disertační práci Andrie Lynnyka „Evolution of Interplanetary Coronal Mass Ejections“ připustit k obhajobě.

V Praze dne 2.8.2011

Doc. RNDr. Lubomír P ř e c h, Dr.