



THEORETICAL GROUP, DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING
TECHNICKÁ 2, 166 27 PRAGUE 6, CZECH REPUBLIC

tel. +420 2 2435 2331
fax: +420 2 3333 7031
email: kulhanek@fel.cvut.cz
<http://www.aldebaran.cz>

Posudek disertační práce:

Autor: Vojtěch Sidorin

Název: Shell-like structures in the ISM: Observation versus simulations

Téma a jeho aktuálnost

V předložené práci se Vojtěch Sidorin zabývá strukturou GLIMPSE N107, která byla v roce 2006 zařazena do katalogu 322 obdobných útvarů na základě infračervené přehlídky GLIMPSE prováděné Spitzerovým vesmírným dalekohledem. Jde o oblouky expandujícího plynu a prachu, které tvoří část bubliny, jakých je v galaktickém disku větší množství. Výzkum těchto útvarů je velmi aktuální, jak z hlediska jejich původu, tak v souvislosti s tvorbou hvězd v hustších shlucích, které se formují na hranicích útvarů a v jejichž jádrech vznikají zárodky budoucích hvězd.

Grafická úprava, sazba a jazyk práce

Práce je napsána velmi kvalitní angličtinou. Je mimořádně přehledná a dá se v ní snadno orientovat. Grafy jsou dobře čitelné a obrázky přehledné, dostatečně veliké a srozumitelně popsané. Práce je doplněna seznamem zkratk, který usnadňuje čtení, seznamem literatury a seznamem prací autora vztahujících se k tématu disertační práce. Sazba je důsledně provedena dle odpovídající normy, což se dnes vidí málokdy. Celkově má práce vynikající grafickou úroveň.

Práce je rozdělena do tří hlavních kapitol. V první se autor věnuje fyzice mezihvězdného prostředí. Celá tato kapitola je vynikajícím úvodem do problematiky a jako taková má i svou samostatnou hodnotu. Detailně jsou popsány jednotlivé druhy molekulárních a atomárních oblaků včetně jejich typických parametrů a rovnic popisujících důležité fyzikální děje z hlediska hydrodynamiky resp. magnetohydrodynamiky. Část kapitoly je také věnována Kolmogorově modelu turbulence. Druhá kapitola popisuje výzkum bubliny N107, který byl hlavní náplní práce autora. Podstatnou částí druhé kapitoly je přetisk článku z *Astronomy & Astrophysics*, jehož je Vojtěch Sidorin hlavním autorem. Kromě zmíněného článku tato kapitola obsahuje i další údaje, například obrazový katalog shluků detekovaných ve struktuře N107. Třetí hlavní kapitola je pak celkem logicky věnována programu Quickclump, jehož je Vojtěch Sidorin autorem a který vytvořil pro snadnější vyhledávání shluků v N107. Za třemi hlavními kapitolami je zařazeno několik pomocných textů, ale bohužel chybí celkový závěr práce se stručným shrnutím dosažených výsledků. Tím je vlastně závěr článku přetištěného v druhé kapitole.

Metody zpracování

Molekulární a atomární oblaka jsou zpravidla ve viditelném spektru neprůhledná, proto autor využil data z dlouhovlnné části spektra, například ze Spitzerova dalekohledu (přehlídka GLIMPSE), VLA, FCRAO a dalších. Příklady mohou být spektrální čáry H I nebo rotační čára ^{13}CO přechodu $J = 1-0$ získaná z přehlídky GRS (Galactic Ring Survey) na FCRAO. Kromě standardní analýzy vedoucí na základní parametry plynu prováděl autor numerické simulace interakce expandující bubliny s mezihvězdným prostředím (stávající kód RING) a využil stávající program DENDROFIND na vyhledávání shluků na periferii bubliny. Právě v jádrech těchto shluků vznikají hvězdy následující generace z materiálu obohaceného o těžké prvky vyvržené hvězdami generace předchozí a jejich detekce může napomoci pochopení složitých dějů probíhajících při vzniku hvězd.

Výsledky práce

Autor určil základní parametry struktury N107, průměr vychází 12 pc, vzdálenost 3,6 kpc, radiální rychlost 8×10^3 m/s, stáří struktury na $1 \approx 2,25 \times 10^6$ roků a odhadl hmotu atomární, molekulární a prachové složky útvaru. Pokusil se nalézt hvězdné progenitory struktury, ale několik objektů promítajících se do oblasti neodpovídá stářím ani vzdálenostím. Autor vytvořil program Quickclump, který vyhledává shluky nacházející se převážně na periférii struktury. Jím navržený program využívá jiný algoritmus vyhledávání než jeho předchůdce DENDROFIND vytvořený Richardem Wünschem na stejném oddělení. K přednostem nového programu napsaného v prostředí Python patří zejména jeho výrazně vyšší rychlost. Porovnání získaných výsledků s výsledky programu DENDROFIND umožňuje základní ověření funkčnosti, neboť u numerického výpočtu je porovnání s obdobným výpočtem provedeným pomocí jiného algoritmu mnohdy základním testem funkčnosti. Celkem 49 nalezených shluků umožnilo provést základní statistiku a nalézt přibližnou mocninnou formuli pro hmotnostní spektrum, které vychází $N(M) \sim A + B/M^{0,3}$ a mohlo by být důsledkem turbulentních procesů.

Dotazy k práci

1. V teoretické části se zmiňujete o MHD popisu dějů v plazmatu, nicméně využíváte jen popis v rámci nestlačitelné tekutiny. V obecném případě bude mít tenzor viskozity také část odpovídající druhé vazkosti, což se v Navierově-Stokesově rovnici projeví dalším členem úměrným gradientu z divergence rychlostního pole. Do jaké míry je oprávněné zanedbání efektu stlačitelnosti látky v mezihvězdném prostředí? Limita nestlačitelnosti se používá u kapalin nebo u plazmatu se silným magnetickým polem, ani jedno ale není případ molekulárních a atomárních oblaků.
2. Existuje nějaká možnost zjišťovat experimentálně polarizaci přicházejícího záření a z ní se nějak dozvědět o magnetických polích v N107?
3. Je možné nějakým způsobem testovat splnění Rankinových-Hugoniotových podmínek na rozhraní vnitřku a vnějšku bubliny? Jak je toto rozhraní veliké, lze ho považovat za rázovou vlnu, aby podmínky platily? Bylo by možné z RH podmínek odhadnout nějak magnetické pole v bublině?
4. V práci na několika místech zmiňujete turbulentní děje. V plazmatu s magnetickým polem jsou ale tyto děje výrazně ovlivněny přítomností magnetického pole a probíhajícími rekonekcemi siločar. Uvažuje někdo v problematice mezihvězdného prostředí i takové děje, nebo se vliv magnetického pole neřeší?

Závěr

Předložená disertační práce se zabývá vysoce aktuální problematikou. Autor prokázal schopnost samostatné tvůrčí činnosti, zvolil adekvátní metody ke zpracování a dosáhl mimořádně zajímavých původních výsledků. Osobně považuji práci za velmi zdařilou a kvalitní.

Práce splňuje veškeré zákonem stanovené podmínky pro doktorskou disertační práci, a proto ji doporučuji přijmout k obhajobě.

Praha, 5. února 2017

Prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.,
katedra fyziky FEL ČVUT,
Technická 2
166 27 Praha 6