

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího                       posudek oponenta  
 bakalářské práce                       diplomové práce

Autor/ka:    Mgr. Jiří Novák  
Název práce:                                      Modelování atmosférické cirkulace exoplanet  
Studijní program a obor:                      Fyzika, Meteorologie a klimatologie  
Rok odevzdání:                                      2014

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: doc. RNDr. Tomáš Halenka, CSc.  
Pracoviště:    katedra meteorologie a ochrany prostředí MFF UK  
Kontaktní e-mail:                                      tomas.halenka@mff.cuni.cz

## Odborná úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu přiměřený počet    méně podstatné četné    závažné

## Výsledky:

- originální    původní i převzaté    netriviální kompilace    citované z literatury    opsané

## Rozsah práce:

- veliký    standardní    dostatečný    nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet    četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

**Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:**

Předložená práce je věnována popisu vybraných exoplanet, jejich atmosfér a modelování jejich cirkulace, s vlastním pokusem o vytvoření jednoduchého modelu na principu rovnic tzv. mělké vody, který by umožnil studium některých aspektů této jejich cirkulace. Zejména se práce věnuje zahrnutí radičního forcingu do takového modelu a pokusí se na řadě případů různých planet mimo i uvnitř sluneční soustavy dokumentovat možnosti takového modelu, který navíc využívá ne úplně tradiční přístup diskretizace na icosahedrání síti.

Diplomová práce Mgr. J. Nováka je členěna vedle Úvodu a Závěru do pěti částí. V samotném Úvodu (2 stránky) je poměrně podrobně přiblížena problematika práce, s jasně formulovaným cílem práce a rozбором problematiky modelování planetárních atmosfér s upozorněním na některé těžkosti při pokusech o často chybí elementární údaje, které obvykle modely potřebují. I další dvě části mají charakter úvodní, Kapitola č. 2 (4 str.) je možná tak trochu navíc, neboť pojednává o metodách detekce exoplanet, což s ohledem na problematiku studia jejich cirkulace není až tak podstatné. Docela důležitou úvodní částí je ale Kap. 3 (17 str.), ve které jsou popsány některé důležité vlastnosti planet sluneční soustavy i mimo ni, s důrazem na planety, jichž se týkají pokusy o modelování jejich cirkulace. Těmito úvodním částem, jako nakonec i více méně celé práci, lze vytknout jistou rozvláčnost, často se informace opakují, někdy i v následujících odstavcích (např.  $\alpha$  Cen Bb). Rovněž poskytnuté údaje v tabulkách by mohly být pro jednotlivé planety jednotnější. Ještě že autor na závěr poskytuje souhrnou tabulku, i když zase zde chybí popis, co která veličina znamená, a nepomůže ani seznam zkratk či označení na konci práce. Popisu modelování planetární cirkulace je věnována Kap. 4 (20 str.), kde autor seznamuje s elementárními principy cirkulačních modelů a s aplikací příslušných rovnic na modely cirkulace planetárních atmosfér. Bohužel, v této části se stále vyskytují některé docela elementární chyby či nepřesnosti: co je to škálovaná výška (1), exponenciální pokles tlaku s výškou (2), vorticity, divergence (13, 14), virtuální teplota (29) – není ani dle uvedených zdrojů, potenciační teplota, .... V Kap. 5 (10 str.) je popsána metodika tvorby a aplikace icosahedrání sítě použité pro řešení odvozených rovnic. Konečně v Kap. 6 (41 str., ca 80 obrázků) autor přináší praktické informace o aplikaci modelu a rovněž výsledky svých experimentů. Vzdor tomu, že se jedná o vlastní autorův příspěvek, považuji tuto část za nejslabší. Autor zde vůbec představované výsledky nediskutuje, jenom je formou obrázků předkládá, často i s nejasnou legendou. Čtenář musí sám dešifrovat např. délku časového kroku v simulacích, domýšlet se, v jakém ročním období byly experimenty startovány, u některých obrázků denní chod kompletně zakrývá průběh ročního chodu, pole jsou prezentovány v okamžitých hodnotách a nikoliv v dlouhodobějších průměrech apod. Ale skutečně nejvíce chybí vlastní diskuse k jednotlivým případům, proč situace vypadá tak, jak vypadá. Bohužel, tato část vyvolává spíše dojem, že autor sám nemá úplně jasno, co vlastně modeluje a proč to tak vychází. Pokud se výsledky podstatně mění s nastavením numerické viskozity, pak je otázka, zda při celkové nejistotě odhadů některých planetárních parametrů, kterou autor sám na několika místech práce přiznává, lze z modelových simulací na nějaké konkrétní závěry usuzovat. Situaci by možná pomohly vyjasnit nějaké testy citlivosti na některé parametry, místo záplavy jednotlivých experimentů. Bez skutečně ověřeného nástroje nemá smysl model používat, testy geostrofickým proudem mě úplně nepřesvědčily právě proto, že do nich může zasahovat i tlumení změny umělou numerickou viskozitou. Sám bych určitě chtěl vidět test Haurwitzovou vlnou, která se musí po kouli pohybovat beze změny tvaru (v ideálním případě). Z většiny výsledků, mimo jiné i z ověřujících rozdílů „testů“, se ukazuje velmi zřejmě struktura sítě, což asi není úplně korektní. Pokud není forcing, co modelovou atmosféru rozběhne a jak, aby došlo k numerickým instabilitám? Proč Země s klasickými parametry (podotýkám zřejmě bez orografie a oceánů) na str. 78 nejspíše kolem rovnodennosti a vedle na str. 79 patrně v létě severní polokoule nevykazuje nějaký posun v poli proudění přes rovník? Místo toho jsou tam zase útvary vázané zřejmě na singulární (hlavní) uzly icosahedrání sítě. Podobně tomu je v poli proudění mj. i na str. 76 (chladnoucí Země), str. 88 (Titan) a str. 91 (horký Jupiter), kde je struktura polí naprosto shodná. Proč tomu tak je? Jaké je vysvětlení průběhu radiční bilance na Zemi s klasickými parametry, str. 99? Práce končí Závěrem (4 str.), který spíše shrnuje jednotlivé provedené experimenty, někdy s malým náznakem diskuse, ale žádné podobné otázky si neklade ani na ně neodpovídá.

Součástí elektronické podoby práce je i řada příloh, které mohou čtenáři napomoci podrobněji se seznámit s vlastní prací autora, je tam i řada vstupních dat apod. Z uvedených výsledků mě zaujaly dva eventuelní další problémy, které by si zasloužily vysvětlení. Ve většině obrázků znázorňujících pole derivací, tedy předpokládám časových (v Přílohách často chybí popis, resp. jednotky pro veličiny spojené s prouděním) a s běžnými jednotkami, jsou značné hodnoty, a při předpokladu realizace takových změn v časech simulace dosahují často hodnot přesahujících zobrazené situace. Mohlo by to být tím, že v daných časech jsme někde uprostřed změn, kdy jsou v rámci ročního, nebo snad i denního chodu největší. Druhý problém naznačuje opět, že by něco ve vlastním výpočtu nemuselo být v pořádku. Pro některé simulace vázané rotace se ukazuje vznik zřetelných oblastí s velkými rychlostmi. Přitom v polích vorticity není vidět žádný důsledek, který by tam ale, alespoň prostřednictvím střížné vorticity, v případě lokalizované oblasti vyšších rychlostí, vidět být měl, tedy alespoň dle mého názoru. Rozhodně by se hodilo v obrázcích proudění vidět i směr prostřednictvím šipek.

Pokud jde o koncepci práce, jakkoli z výše uvedeného popisu obsahu a struktury práce dle mého názoru vyplývá, že odpovídá příslušnému tématu a je vcelku dobře utříděná. Velký problém spatřuji v absenci diskuse a dílčího hodnocení v části prezentace výsledků a ke konečnému přijetí práce jako práce diplomové je třeba, aby se Mgr. Jiří Novák ke zmíněným zásadním výtkám a otázkám náležitě vyjádřil a přesvědčivě doložil, že jeho výsledky nejsou spíše náhodné. Jak již výše zmíněno, v teoretické části práce se vyskytují některé problémy či chyby, ale lze doufat, že jejich účinek neprošel do sestavených programů. Zda lze přijmout přesvědčení, že patrně splnila cíle a záměr vyplývající z Úvodu práce, bude zřejmé až po obhajobě. Po formální stránce je práce docela pěkně provedena, i když jazyková stránka příliš oslnivá není a navíc je v práci plno překlepů či jazykových chyb.

Při celkovém zhodnocení musím říci, že si nejsem jist, zda autorovy plány vyjádřené v závěru práce stran pokračování a dalšího rozvoje aktivit kolem modelování cirkulace planetárních atmosfér lze považovat, alespoň na základě předložené práce, za reálné. Nepochybuji o tom, že Mgr. Novák udělal kus zajímavé práce, ale komplexnější 3D modely stojí o několik stupňů výše, navíc bývají spíše týmovou prací a nejsem si jist, do jaké míry se k. Novák nechá vést.

Závěrem konstatuji, že po jistém váhání jsem dospěl k názoru, že předložená práce Mgr. Jiřího Nováka splňuje podmínky kladené na diplomovou práci, a proto doporučuji přijmout tuto práci jako práci diplomovou k obhajobě.

V Praze dne 20. května 2014

doc.RNDr. Tomáš Halenka, CSc.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

Bohužel, výsledková část vyvolává spíše dojem, že autor sám nemá úplně jasno, co vlastně modeluje a proč to tak vychází. Pokud se výsledky podstatně mění s nastavením numerické viskozity, pak je otázka, zda při celkové nejistotě odhadů některých planetárních parametrů, kterou autor sám na několika místech práce přiznává, lze z modelových simulací na nějaké konkrétní závěry usuzovat. Situaci by možná pomohly vyjasnit nějaké testy citlivosti na některé parametry, místo záplavy jednotlivých experimentů. Bez skutečně ověřeného nástroje nemá smysl model používat, testy geostrofickým proudem mě úplně nepřesvědčily právě proto, že do nich může zasahovat i tlumení změny umělou numerickou viskozitou. Sám bych určitě chtěl vidět test Haurwitzovou vlnou, která se musí po kouli pohybovat beze změny tvaru (v ideálním případě). Z většiny výsledků, mimo jiné i z ověřujících rozdílů „testů“, se ukazuje velmi zřejmě struktura sítě, což asi není úplně korektní. Pokud není forcing, co modelovou atmosféru rozběhne a jak, aby došlo k numerickým instabilitám? Proč Země s klasickými parametry (podotýkám zřejmě bez orografie a oceánů) na str. 78 nejspíše kolem rovnodennosti a vedle na str. 79 patrně v létě severní polokoule

nevykazuje nějaký posun v poli proudění přes rovník? Místo toho jsou tam zase útvary vázané zřejmě na singulární (hlavní) uzly icosahedrální sítě. Podobně tomu je v poli proudění mj. i na str. 76 (chladnoucí Země), str. 88 (Titan) a str. 91 (horký Jupiter), kde je struktura polí naprosto shodná. Proč tomu tak je? Jaké je vysvětlení průběhu radiální bilance na Zemi s klasickými parametry, str. 99? Práce končí Závěrem (4 str.), který spíše shrnuje jednotlivé provedené experimenty, někdy s malým náznakem diskuse, ale žádné podobné otázky si neklade ani na ně neodpovídá.

Součástí elektronické podoby práce je i řada příloh, které mohou čtenáři napomoci podrobněji se seznámit s vlastní prací autora, je tam i řada vstupních dat apod. Z uvedených výsledků mě zaujaly dva eventuální další problémy, které by si zasloužily vysvětlení. Ve většině obrázků znázorňujících pole derivací, tedy předpokládám časových (v Přílohách často chybí popis, resp. jednotky pro veličiny spojené s prouděním) a s běžnými jednotkami, jsou značné hodnoty, a při předpokladu realizace takových změn v časech simulace dosahují často hodnot přesahujících zobrazené situace. Mohlo by to být tím, že v daných časech jsme někde uprostřed změn, kdy jsou v rámci ročního, nebo snad i denního chodu největší. Druhý problém naznačuje opět, že by něco ve vlastním výpočtu nemuselo být v pořádku. Pro některé simulace vázané rotace se ukazuje vznik zřetelných oblastí s velkými rychlostmi. Přitom v polích vorticity není vidět žádný důsledek, který by tam ale, alespoň prostřednictvím střížné vorticity, v případě lokalizované oblasti vyšších rychlostí, vidět být měl, tedy alespoň dle mého názoru. Rozhodně by se hodilo v obrázcích proudění vidět i směr prostřednictvím šipek.

### **Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

V Praze dne 20. května 2014

doc.RNDr. Tomáš Halenka, CSc.