

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího  
 bakalářské práce
- posudek oponenta  
 diplomové práce

Autor: Mark Dostálík  
Název práce: Influence of material parameters on stability of thermal convection  
Studijní program a obor: Fyzika, Matematické a počítačové modelování ve fyzice a technice  
Rok odevzdání: 2016

Jméno a tituly vedoucího: Doc. RNDr. Ctirad Matyska, DrSc.  
Pracoviště: katedra geofyziky  
Kontaktní e-mail: ctirad.matyska@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  převzaté 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 vedoucího práce:

Autor se zabývá náročným tématem: analyticky a numericky studovat počátek termální konvekce za fyzikálních podmínek odpovídajících zemskému plášti. Na rozdíl od obdobných studií pro klasický Rayleighův-Bénardův problém pro laboratorní kapaliny bere navíc do úvahy hloubkové (tlakové) a teplotní závislosti materiálových parametrů, adiabatické ohřívání a ochlazování, k němuž dochází při vertikálních pohybech, disipaci a vnitřní zahřívání. Prvním matematickým cílem jeho práce je určení kritického Rayleighova čísla, při němž se stává kondukční řešení soustavy parciálních diferenciálních rovnic popisujících přenos tepla ve studovaném systému nestabilní, čímž se popisuje vznik konvekce. Druhým matematickým cílem je pak popsat chování konvekce v oblasti mírně nadkritických Rayleighových čísel. Fyzikální motivací studie je skutečnost, že konvekce v zemském plášti vykazuje pouze slabě chaotické chování, ačkoliv z matematického hlediska je popsána pomocí vysokých Rayleighových čísel, takže v něm musí existovat stabilizující mechanismy. Změny kritického Rayleighova čísla a popis počátku konvekce je pak jednou z možností, jak popsat stabilizaci konvekce kvantitativním způsobem.

Určování kritického Rayleighova čísla je založeno na studiu lineární stability příslušné evoluční soustavy parciálních diferenciálních rovnic. Autor nejprve připomíná, že v klasickém problému lze v případě volného prokluzu materiálu na hranicích určit kritický stav analyticky, kdežto pro jiné mechanické okrajové podmínky nikoliv. Obdobně studium rozšířeného problému vede nakonec k určení mezního vlastního čísla linearizované soustavy pomocí numerických metod. Autor vyvinul vlastní software založený na diskretizaci příslušných parciálních diferenciálních rovnic pomocí Čebyševovy pseudospektrální metody a dosáhl zajímavých výsledků. Z mého hlediska je pozoruhodný vliv disipačního čísla, které popisuje velikost adiabatického ohřívání a ochlazování i disipace. Adiabatické ohřívání a ochlazování vede k nezanedbatelnému adiabatickému teplotnímu gradientu v zemském plášti a zdá se, že právě tato skutečnost by mohla být jedním z klíčů k pochopení stabilizace konvekce v zemském plášti. Oproti tomu vnitřní zahřívání (díky existenci radioaktivních prvků) má jistý, ne však tak silný, destabilizující účinek. Studovaný vliv hloubkových a teplotních závislostí materiálových parametrů není podle autora už tak dominantní; poznamenejme však, že není zcela triviální vyjádřit zejména teplotní závislost materiálů v oblasti nízkých Rayleighových čísel, protože záleží na tom, jakým fyzikálním mechanismem dosahujeme změny Rayleighova čísla. Považuji proto autorovy výsledky v tomto ohledu za první úspěšný krok, po němž by měly následovat kroky další. Studium řešení konvekce po překročení kritického Rayleighova čísla vede na řešení nelineární evoluční rovnice, která pro určitý rozsah Rayleighových čísel konverguje k nenulovému stacionárnímu řešení. Jedná se tedy o popis vidlicové (pitchfork) bifurkace a podstatné je, že zde už základní charakteristiky jako jsou rozsah stability a velikost amplitudy stacionárního řešení mohou být velmi citlivé na hloubkové a teplotní závislosti materiálových parametrů, což autor pěkně demonstruje.

V souhrnu tedy konstatuji, že Markovi Dostalíkovi se podařilo rozšířit studium stability klasického Rayleighova-Bénardova problému o řadu fyzikálních jevů, které jsou relevantní pro studium konvekce ve velkých tělesech. Pomocí pokročilých analytických i numerických metod dosáhl originální publikovatelné výsledky jak při určení kritického Rayleighova čísla, tak následného stacionárního řešení v oblasti jeho nadkritických hodnot. Závěrem bych chtěl vyzdvihnout roli konzultanta, Mgr. Víta Průši, Ph.D., který převzal vedení práce z matematického hlediska, mojí snahou bylo poskytnout hlavně fyzikální motivaci práce a komentář k některým postupům a výsledkům.

## Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuse:

Proč se uvažují jen velmi slabé teplotní závislosti materiálových parametrů?  
Jaká jsou numerická omezení vyvinutého software?

## Práci

- doporučuji  
 nedoporučuji  
uznat jako diplomovou

## Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl

Místo, datum a podpis vedoucího práce:

Praha, 12.5.2016