

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího  posudek oponenta  
 bakalářské práce  diplomové práce

Autor: Bc. Vít Beran  
Název práce: Parameterized model of a cooling magma reservoir  
Studijní program a obor: Fyzika, Geofyzika a fyzika planet  
Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly oponenta: doc. RNDr. Ondřej Souček, Ph.D.  
Pracoviště: Matematický ústav, MFF UK  
Kontaktní e-mail: ondrej.soucek@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 diplomová práce se zabývá tvorbou a numerickou implementací parametrizovaného modelu chladnoucího magmatického tělesa, v němž dochází k nukleaci pevných částic a jejich kombinovanému růstu a sedimentaci. Cílem práce bylo studovat numericky vývoj pravděpodobnostního rozdělení velikosti částic ve vznikajícím sedimentu v závislosti na různých parametrech studovaného systému, jako je například rychlost konvekce v magmatu.

Práce sestává z úvodu a čtyř kapitol. V první kapitole je představen parametrizovaný model evoluce pevných částic pro systém složený ze dvou vrstev. Ve svrchní konduktivní mezní vrstvě dochází k nukleaci, růstu a Stokesovské sedimentaci částic. Ve druhé konvektující vrstvě pak dochází pouze k růstu a následnému usazování pevných částic na spodní hranici. Z pohledu usazování jsou uvažovány tři základní režimy. Jednak režim, kdy částice jsou zcela unášeny okolním prouděním, dále režim, kdy rychlost Stokesovské sedimentace je srovnatelná se střední rychlostí konvekce a v důsledku toho se postupně zvyšuje koncentrace daných populací částic na spodní hranici parameterizací převzatou z práce školitele. Limitem tohoto režimu je třetí případ (v práci nazývaný stone-like), kdy v konvektujícím magmatu částice sedimentují čistě Stokesovsky. Výsledkem kombinace procesů v termální mezní vrstvě a v konvektující části systému je distribuce částic sedimentující na dně druhé jmenované a ta je hlavním výstupem modelu. Srovnáním časových škál residenčních časů v obou vrstvách je ukázáno, že je možné volit kvazistatický přístup, kdy je pravděpodobnostní rozdělení částic vystupujících z mezní vrstvy již ustálené. Kromě výše uvedeného první kapitola dále představuje parametrizaci nukleačních a růstových zákonů. Druhá kapitola se věnuje popisu algoritmů, zvolených k numerické implementaci výše popsaného modelu v jazyce Python. Tato implementace se zdá být zcela původní. Třetí kapitola se věnuje prezentaci a diskusi výsledků numerických simulací pro různé parametrizace, aposteriori ověření některých výchozích předpokladů a srovnání několika implementačních přístupů, navržených v práci. Čtvrtá kapitola stručně diskutuje možnost couplingu modelu se zjednodušeným modelem termálního vývoje magmatického krbu včetně jeho solidifikace a nastiňuje tak možnost dalšího rozšíření modelu.

Práce přesvědčivě dokumentuje schopnost studenta uchopit relativně složitý fyzikální problém, zvolit vhodnou úroveň zjednodušení a následně implementovat numericky výsledný redukovaný, ale stále silně netriviální problém dokonce několika originálními způsoby a následně provést smysluplnou a přesvědčivou diskusi výsledků. Nemám v podstatě pochyby o faktické správnosti předložených výsledků i metodiky, ale poněkud kriticky se musím vymezit vůči stylu prezentace který byl na můj vkus příliš vágní. Pokud to rozvedu, postrádám v práci jasněji matematicky formulovanou úlohu v celé její obecnosti, t.j. například systém evolučních diferenciálních rovnic pro distribuční funkce v obou vrstvách a jejich coupling, případně Lagrangeovsky formulované evoluce jednotlivých částic. Až pro nějak takto formulovaný matematický problém bych následně předpokládal diskusi numerické implementace. Místo toho je spojitá úloha kombinována s úlohou diskretizovanou a to alespoň pro mne výrazně snižuje čitelnost práce. Numerická implementace je také na můj vkus velmi stručná a text místy vzbuzuje více otázek, než odpovědí, viz. níže.

Přes výše uvedené výtky považuji práci za zdařilou a rozhodně ji doporučuji k obhajobě.

## Poznámky:

- Rovnice (1.22) se zdá být kompatibilní s Jarvis and Woods (1994) pouze pokud nahradíme levou stranu výrazem  $\frac{d}{dt}\Phi_{\text{bulk}}(t, a(t))$ . Naopak pro tok částic do sedimentu by mělo platit  $\frac{d}{dt}\Phi_{\text{sed}}(t, a(t)) = +AW_S(a)C_{\text{bot}}$ , ne? Zdá se mi z popisu, že takto je to uvažováno v numerické implementaci.
- Nad rcí. 1.28 - nemělo by být  $dK(a) = -\Phi_{\text{sed}}(a)$ ?

- V rci 1.28 se zdá být chybně zderivováno - z 1.27 (nikoliv 1.25) plyne

$$\frac{dK}{da} = -\frac{\lambda}{G_0(H_0 - h)} a^2 K(a)$$

prefaktor je tedy chybně včetně znaménka, viz. předchozí bod.

- 1.28 a 1.29 jsou matematicky nepřesné neb ignorují faktory v exponenciálách.
- Hlavní výsledkové obrázky 3.15 a 3.16 postrádají číslování panelů, ačkoli je na ně z textu odkazováno. Kvalita obrázků není moc dobrá, nalézt ve stone-like režimu červenou tečku v maximu distribučního peaku je prakticky nemožné.

### Otázky:

- Vysvětlíte prosím detailněji 0-generation metodu, velice stručně popsanou na str. 17 a její souvislost se druhou step-by-step metodou. Speciálně, jak chápat větu “The 0-generation method benefits from the observation that in the steady state,  $\Phi_{\text{tbl}}(a)$  is identical to the size distribution of crystals from a single generation, when only the final radius  $a$  of each family is recorded.” Tato metoda je dále používána a je tedy opravdu pouze naznačena spíše než vysvětlena.
- Dovysvětlíte prosím explicitně, jak dojde k rozdělení  $\bar{\Phi}_{\text{tbl},(i)}$  na ony dvě části  $\tilde{\Phi}_{\text{tbl},(i+1)}$  a  $\bar{\Phi}_{\text{tbl},(i+1)}$ , jak je naznačeno na str. 18.
- Obr. 3.1 - Jak se chová černá křivka pro velké nukleační hloubky? Předpokládám, že musí padat k 0.
- Je možné zformulovat evoluční rovnici pro  $\Phi_{\text{tlb}}$  v mezní vrstvě, která bude zahrnovat sedimentaci, nukleaci i růst?
- Vysvětlíte prosím detailněji odvození vztahu 1.9 nebo uveďte referenci.

### Náměty do diskuze:

- V úvodu jsou zmíněny mezi zanedbanými efekty jevy spojené s povrchovým napětím. O jaké jevy se jedná a jaký je jejich potenciální vliv?
- Systém magmatu a pevných částic je heterogenní směsí, jejíž mechanické vlastnosti budou zejména ve spodní mezní vrstvě asi podstatně záviset na vlastnostech pevné fáze. Může toto být nějak důležité?

### Práci:

- doporučuji  
 nedoporučuji  
uznat jako diplomovou.

### Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl

Místo, datum a podpis oponenta:

Praha, 28. srpna 2024