

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího     posudek oponenta  
 bakalářské práce     diplomové práce

Autor: Daniel Broško  
Název práce: The Hydrofracturing of the Outer Shells of Icy Moons  
Studijní program a obor: Fyzika, Obecná fyzika (FOF)  
Rok odevzdání: 2021

Jméno a tituly vedoucího: 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 vedoucího:

Předložená bakalářská práce se zabývá numerickým modelováním tzv. hydrofrakturace, tedy procesu šíření trhlin v materiálech nasycených natlakovanou kapalinou. Kromě průmyslových aplikací, jako je např. fracking, hraje tento proces důležitou roli při odlamování ledových ker na okrajích šelfových ledovců (tzv. telení ledu), a spekuluje se, že by mohl být jedním z klíčových procesů pro transport látek skrz ledové slupky měsíců velkých planet jako jsou Jupiterova Europa či Saturnův Enceladus.

Práce se zabývá možností využít k popisu procesu šíření trhlin spojitým prostředím zavedení vnitřního parametru poškození (damage), který reprezentuje objemovou hustotu mikrotrhlin. Pro tento popis je k dispozici fyzikální teorie, která fenomenologicky formuluje vývoj poškození v objemu na základě lokálních napět'ových podmínek v poškozeném materiálu. Tento popis byl také nedávno rozšířen o tlakový efekt fluid vyplňujících vznikající trhliny, tedy o proces hydrofrakturace a koncept byl i úspěšně numericky otestován v práci Duddu a kol. (2020).

Cílem bakalářské práce bylo nastudovat fyzikální formulaci a numerickou implementaci autorů Duddu a kol. (2020) a pokusit se zreprodukovat jejich výsledky a případně je rozšířit směrem k aplikaci na ledové měsíce. Ačkoli autor měl k dispozici volně publikovaný kód Duddu a kol., implementační práce a přechod k nové verzi konečně-prvkové knihovny FEniCS nakonec představovala značně netriviální obtíž. Výsledková část práce se tedy místo původně zamýšlené aplikace na ledové měsíce zaměřuje na studium šíření trhliny šelfovým ledovcem, pro které existují přibližná analytická řešení. Práce se primárně zaměřuje na studium robustnosti výstupů modelu vůči množství numerických a modelových parametrů a autorovi se myslím podařilo ověřit, že daná metodika skýtá potenciál i pro původně zamýšlené planetologické aplikace.

Student si během práce na bakalářském projektu musel osvojit relativně velké množství nových dovedností, ať už z mechaniky kontinua, jejímž jazykem je model formulován, tak z matematických a numerických technik použitých k jeho řešení. Tento úkol student zvládl se ctí, text práce však přesto vznikl trochu pod časovým tlakem, což je na něm místy znát. Původní cíl, tedy aplikace na ledové měsíce, nebyl sice neplněn, předložená bakalářská práce nicméně jasně dokumentuje potenciál studované metodiky a je tedy stran původního cíle důležitým krokem vpřed. **Předložená práce splňuje dle mého názoru všechny nároky kladené na bakalářskou práci, doporučuji ji proto k obhajobě a přes dílčí výtky navrhuji hodnocení výborně.**

## Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

### Práci:

- doporučuji  
 nedoporučuji  
uznat jako bakalářskou.

### Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl

Místo, datum a podpis vedoucího:

Praha, 20. srpna 2021