

V Praze 16. září 2020

Posudek školitele dizertační práce

**Study of dark energy and modified gravity
and their influence on the cosmological parameters
of the universe**

studenta Mgr. Michala Vraštila

Dizertační práce Michala Vraštila se zabývá velmi aktuálním tématem temné energie a modifikované gravitace a studiem možného vlivu na pozorované kosmologické parametry vesmíru. Michal Vraštil během svého doktorského studia působil v rámci kolaborace Large Synoptic Survey Telescope (LSST), nyní nově přejmenované jako Vera C. Rubin Observatory. Tato kolaborace se zabývá vývojem a konstrukcí největšího přehlídkového dalekohledu na světě, který by měl být zprovozněn v Chile na Cerro Pachón již v příštím roce. Pozorovací cíle tohoto unikátního teleskopu jsou v první řadě spjaty s kosmologií a právě s určením parametrů temné energie a temné hmoty. Těmito se aspekty se v přímé vazbě k LSST zabývá vědecká spolupráce Dark Energy Science Collaboration (DESC), kde se Michal Vraštil stal během svého studia velmi platným a výrazným členem.

Jedním z publikovaných výsledků jeho aktivity je pak podíl na vytvoření Core Cosmology Library (CCL), softwarové knihovny, která umožňuje určení kosmologických veličin s vysokou přesností, nezbytnou pro zpracování budoucích pozorovacích dat z teleskopu LSST.

Těžiště dizertační práce Michala Vraštila pak ale spočívá ve vytvoření velmi rozsáhlé simulace, která se zabývá primárně možnými projevy modifikované gravitace na pozorovatelné parametry vesmíru. Michal Vraštil se nejprve zabýval vývojem vlastního kódu pro N-částicové simulace jak se standardní, tak s modifikovanou gravitací. Dalším důležitým krokem pro získání zajímavých výsledků pak bylo využití aproximačních metod, které autor nejprve zobecnil pro použití v LambdaCDM kosmologii a následně originálně rozvinul pro zkoumání modifikované gravitace. Výsledky následně Michal Vraštil prezentoval v článku

v prestižním časopise Monthly Notices of Royal Astronomical Society (MNRAS), pouze s jedním spoluautorem Salmanem Habibem. Michal Vraštil dokázal zhodnotit omezení a aplikovatelnost využitých aproximačních metod a prozkoumal možné projevy modifikované gravitace na rychlost růstu struktur, na korelační funkci či na křivce baryonových akustických oscilací. Podle mého názoru se tak autorovi prakticky zcela samostatně podařilo dosáhnout mimořádně kvalitního a originálního výsledku. Množství práce nezbytné k rozvoji celého simulačního řetězce a dosažení výše uvedených výsledků je opravdu veliké a úspěšné završení celého procesu článkem v MNRAS svědčí o autorových schopnostech kvalitní, zodpovědné a samostatné vědecké práce.

Na počátku doktorského studia pak Michal Vraštil krátce působil v rámci kolaborace Cherenkov Telescope Array (CTA), kdy se mu rovněž podařilo dosáhnout originálních výsledků a publikovat několik kvalitních prací z oblasti kalibrace čerenkovských teleskopů.

Samotná dizertační práce pak má šest kapitol a je vystavěna s dobrou logickou strukturou. V úvodní kapitole je popsán kosmologický vývoj vesmíru, jednak je rozebrán vznik a vývoj velkoškálových struktur, pak jsou popsány principy a metody použitelné k měření kosmologických parametrů vesmíru a v závěru kapitoly je uveden stručný přehled přehlídek oblohy, zaměřených na kosmologii. V druhé kapitole je zaveden formalismus temné energie a modifikované gravitace. V první a druhé kapitole jsou citovány poměrně rozsáhlé části autorovy diplomové práce. Tyto citace jsou pečlivě vyznačeny a jejich využití je autorem odůvodněno s ohledem na nezbytné zavedení potřebného formalismu pro simulace s originálními výsledky a s ohledem na logickou návaznost a strukturu celého textu. Podle mých informací bylo využití citací v tomto rozsahu konzultováno s k tomu určenou odbornou pracovníci knihovny MFF UK a bylo odsouhlaseno jako možné a v některých oborech jako relativně běžné. Vzhledem k využití vlastního textu autora jistě nejde o plagiátorství a citace byly do dizertační práce zařazeny zejména s ohledem na srozumitelnost a propojenost textu. Autor se mohl na svoji diplomovou práci pouze odkázat a text přesně necitovat, ale nemyslím si, že by to bylo správnější řešení. Pro čtenáře dizertační práce by vypuštění převzatých částí bylo zřejmě méně pohodlné.

V třetí kapitole pak autor popisuje metody kosmologických simulací a ve čtvrté kapitole možná aproximační schémata. V páté kapitole představuje svoje originální výsledky dosažené s využitím aproximačních metod a v šesté kapitole uvádí směry dalšího možného rozvoje svojí práce. Dizertační práce je uzavřena shrnutím, bibliografií a seznamem vlastních publikací autora, kdy bezesporu nejvýznamnější odbornou prací autora je výše diskutovaný odborný článek v MNRAS.

Podle mého názoru dizertační práce Michala Vraštila splnila všechny podmínky, kladené na dizertační práci na MFF UK, a doporučuji ji tak k obhajobě, stejně jako doporučuji následně udělení titulu Ph.D. Michalu Vraštilovi.

RNDr. Michael Prouza, Ph.D.
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
prouza@fzu.cz
školitel