

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Michal Vraštil  
Název práce: Temná hmota  
Studijní program a obor: Fyzika, Obecná fyzika  
Rok odevzdání: 2013

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. David Heyrovský, PhD  
Pracoviště: Ústav teoretické fyziky MFF UK  
Kontaktní e-mail: heyrovsky@utf.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/oponenta:

Temná hmota je tématem, které by stěží šlo uceleně podat v jediné monografii, natož pak v bakalářské práci. Pan Vraštil se s tématem popasoval se ctí, čemuž nasvědčuje i 64-stránkový rozsah a 103 položek v seznamu literatury. Přes tuto šíří se však autor často ve výkladu nezdržuje vysvětlením konkrétní fyzikální podstaty uváděných tvrzení (např. v 2.2.4: „Někteří možní kandidáti, jako jsou neutrina ... byli rychle vyřazeni.“).

Členění práce je trochu nešťastné. Pozorování a teorie temné hmoty jsou natolik propojené, že jejich oddělení je zcela neústrojné. Mimo jiné je pak text plný odkazů typu „viz dále“, což snižuje jeho čitelnost. Rozdělení observačních dat na tři historické etapy je nejasné – proč právě takto?

Text obsahuje některé terminologické chyby, např.: látka (temná látka apod.) → hmota; těžká neutrina → hmotná neutrina; rovinnost vesmíru → plochost vesmíru; deionizace → rekombinace; fluktuace reliktního záření → anizotropie r. z.; Einsteinův prstýnek → Einsteinův prstenec.

U analýzy srážejících se podkup Bullet clusteru (str. 19) je chybné tvrzení, že se temná hmota shlukuje kolem galaxií – jde pouze o efekt toho, že při vzájemném průchodu podkup spolu částice temné hmoty neinteragovaly (stejně jako neinteragovaly galaxie). Z analýzy tohoto systému byla naměřena horní mez účinného průřezu vzájemné interakce částic temné hmoty, která některé modely temné hmoty vyloučila (Randall et al. 2008, ApJ 679, 1173). V textu také chybí vysvětlení mapování rozložení temné hmoty slabým čočkováním, které stojí nejen za touto analýzou.

Tvrzení, že družice Planck potvrdila inflaci je také zavádějící – družice některé jednoduché modely inflace naopak vyloučila. Co je pro tuto práci podstatnější, družice poprvé poskytla hrubou mapu rozložení temné hmoty přes celou oblohu z analýzy čočkování anizotropií.

U diskuse reliktního záření jsou chybná tvrzení o změnách po rekombinaci: „tyto atomy již nemohly absorbovat okolní záření“ – v době po rekombinaci záření absorbovat mohly, ale šlo o proces podstatně méně účinný než dřívější rozptyl na volných elektronech; „tyto fotony již nezanikaly“ – před rekombinací nezanikaly, ale rozptylovaly se na volných elektronech.

V textu chybí podstatný závěr mikročočkových projektů, že žádné MACHOs nebyly nalezeny (Tisserand et al. 2007, A&A 469, 387) – čočky pocházejí ze známých stelárních populací.

Práce neuvádí podstatné problémy alternativních teorií: např. MOND a TeVeS nemohou vysvětlit interagující podkupy Bullet clusteru; TeVeS namísto temné hmoty zavádí zcela neznámá hypotetická vektorová a skalární pole – čímž vytlouká klín dvěma klíny. Supersymetrické částice mají problém s výsledky LHC, které již některé jednoduché modely supersymetrie vyloučily.

Oproti závěru je obecná relativita potvrzena nejen ve slun. soustavě, ale i v binárních pulzarech, aktivních galaktických jádrech, gravitačním čočkování, nebo v celkovém kosmologickém vývoji.

Většina uvedených výhrad souvisí se šíří zadaného tématu a s množstvím pokročilých informací z oborů pro autora jistě nových. S přihlédnutím k tomu, že jde o bakalářskou práci, nevidím důvod ke snížení hodnocení.

## Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Můžete vysvětlit minimum křivky podílu pozitronů z projektu AMS na Obr. 2.13?

Na str. 31 uvádíte, že infračervené záření by interagovalo s  $\gamma$ -zářením z blazarů – jak?

### Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako ~~diplomovou~~/bakalářskou.

### Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta: Praha, 14. 6. 2013

David Heyrovský