

Истраживања галактичких и вангалактичких гравитационих појава на Астрономској опсерваторији (2014-2017)

Весна Борка Јовановић¹, Душко Борка¹, Лука Ч.
Поповић², Наташа Бон², Марко Сталевски²,
Еди Бон², Предраг Јовановић²

¹Лабораторија за атомску физику (040), Институт за нуклеарне науке
"Винча", п. фах 522, 11001 Београд, Србија

²Астрономска опсерваторија, Волгина 7, п. фах 74, 11060 Београд,
Србија

Пројекат основних истраживања 176003: "Гравитација и структура космоса на великим скалама"

Резултати рада на пројекту ОИ 176003 представљени су на више домаћих и међународних конференција (постер секције, кратка предавања, предавања по позиву) и на семинарима, и објављени су радови у домаћим и у врхунским часописима међународног значаја.

Истраживачки тим:

- др Предраг П. Јовановић, руководилац пројекта, научни саветник, АОБ, ангажован на пројекту са 10 истраживачких месеци (ИМ) годишње
- др Лука Ч. Поповић, научни саветник, АОБ, 2 ИМ
- др Еди А. Бон, научни сарадник, АОБ, 6 ИМ
 - др Наташа Ж. Бон, научни сарадник, АОБ, 4 ИМ
 - др Марко Т. Сталевски, научни сарадник, АОБ, 6 ИМ
 - др Душко В. Борка, научни саветник, ИННВ, 4 ИМ
 - др Весна В. Борка Јовановић, научни сарадник, ИННВ, 8 ИМ



сарадници
пројекта
ОИ 176003



програм
основна истраживања

област
геонауке и астрономија

тип пројекта
теоријско-
експериментални

Циљеви пројекта

У оквиру нашег пројекта се спроводе различите врсте истраживања (теоријска разматрања, нумеричке симулације и поређења моделованих резултата са астрономским посматрањима) која обухватају следеће гравитационе појаве на галактичким и вангалактичким скалама:

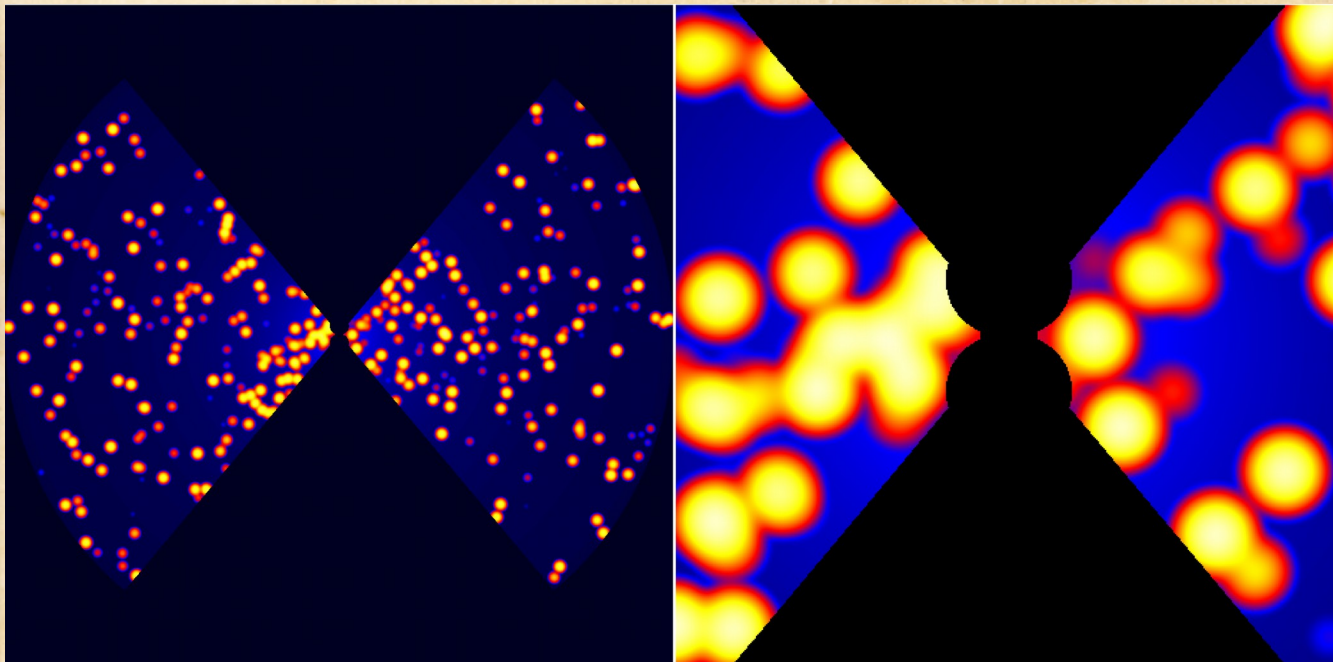
1. Супермасивне црне рупе

за које је данас широко прихваћено мишљење да се налазе у центрима већине галаксија и да имају фундаменталан утицај на формирање и еволуцију самих галаксија-домаћина. У оквиру нашег пројекта се бавимо истраживањима ефеката јаког гравитационог поља у близини супермасивних црних рупа у језгрима активних галаксија и квазара, њихове активности и зрачења из њихових релативистичких акреционих дискова. Такође, изучава се инфрацрвено зрачење емитовано из торуса прашине у језгрима активних галаксија и квазара.

The dust covering factor in active galactic nuclei

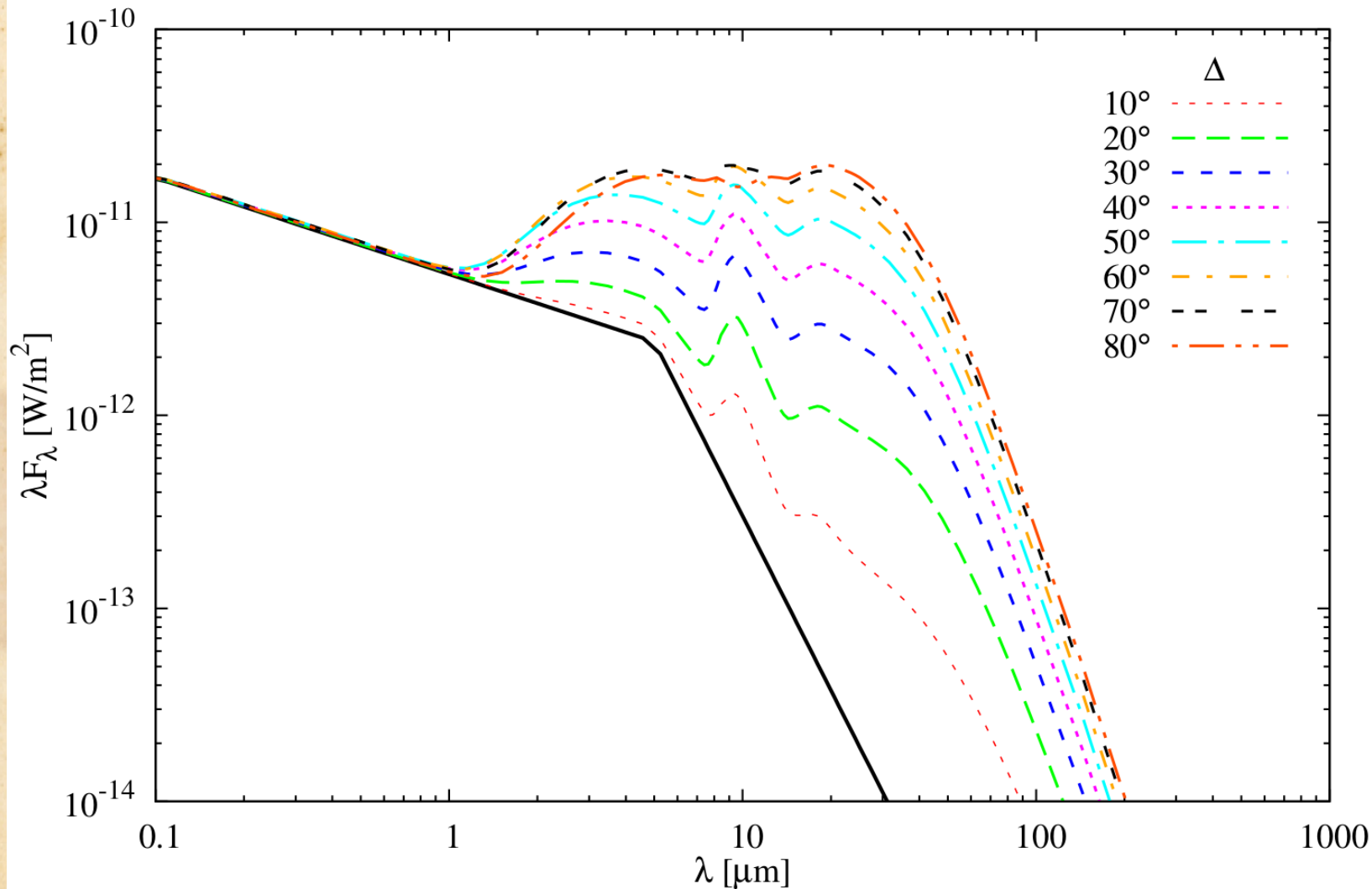
Marko Stalevski ✉; Claudio Ricci; Yoshihiro Ueda; Paulina Lira; Jacopo Fritz; Maarten Baes

Mon Not R Astron Soc (2016) 458 (3): 2288-2302.



Профил густине торуса прашине око СМЦР (геометрија и расподела прашине) за типични дво-фазни модел. Делови веће густине приказани су жутом бојом, а мање густине плавом (логаритамска скала боја).

Total flux (AGN+torus+scattered) in face-on view



Расподеле спектралних енергија за различите вредности полу-угла торуса (тј. фактора покривања). Пуна линија означава расподелу централног извора (акреционог диска).

2. Двојне супермасивне црне рупе

које настају у галаксијама у судару и чија сједињавања представљају најмоћније изворе гравитационих таласа. Сматра се да гравитациони таласи преносе огромну количину информација и недавно су детектовани од стране *LIGO* и *VIRGO* колаборација.

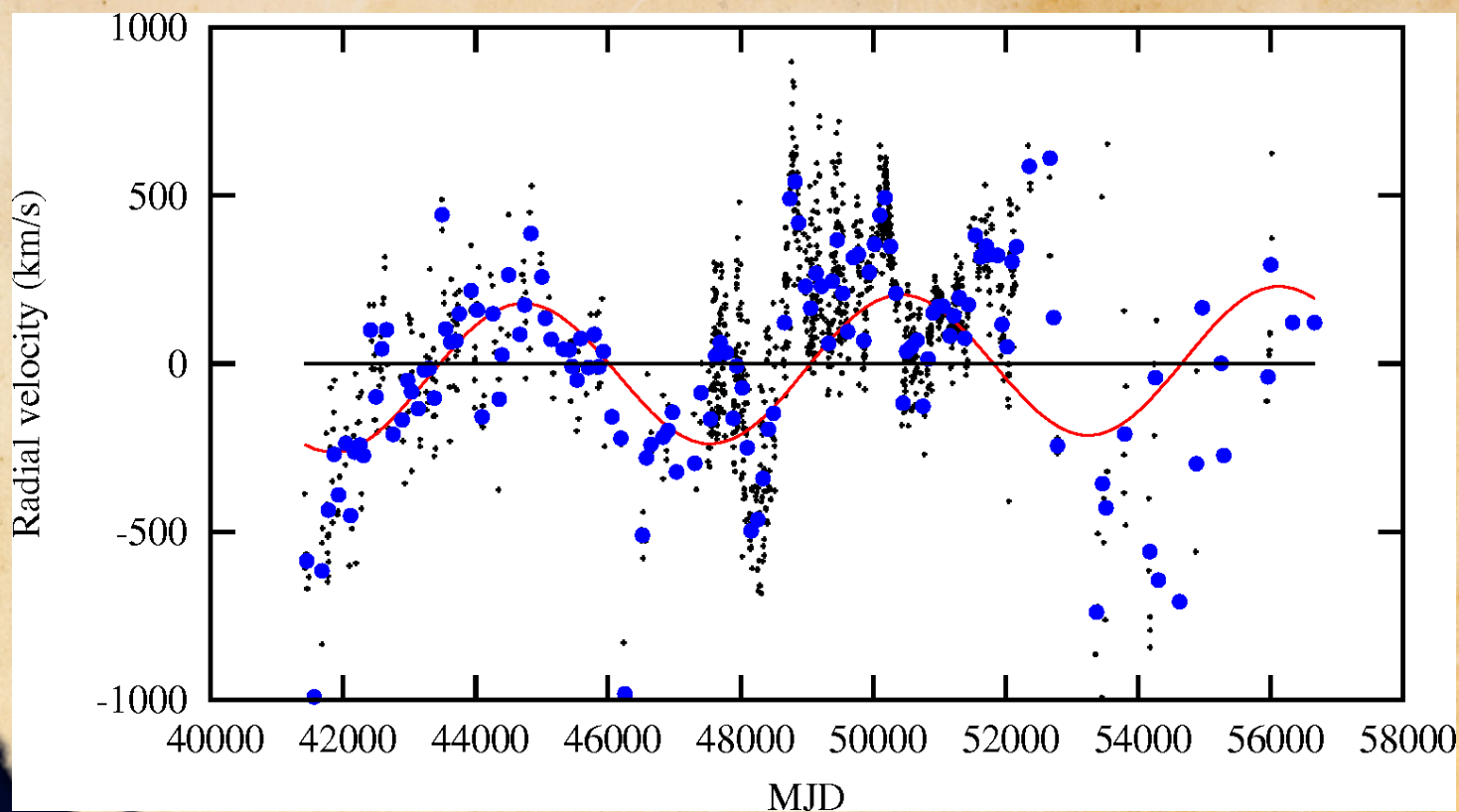
Двојне супермасивне црне рупе у језгрима АГ могу бити детектоване на основу периодичности у ЕМ зрачењу из њихових галаксија-домаћина.

EVIDENCE FOR PERIODICITY IN 43 YEAR-LONG MONITORING OF NGC 5548

E. Bon^{1,2}, S. Zucker³, H. Netzer⁴, P. Marziani⁵, N. Bon^{1,2}, P. Jovanović^{1,2}, A. I. Shapovalova⁶, S. Komossa⁷, C. M. Gaskell⁸, L. Č. Popović^{1,2}, S. Britzen⁷, V. H. Chavushyan⁹, A. N. Burenkov⁶, S. Sergeev¹⁰, G. La Mura¹¹, J. R. Valdés⁹, and M. Stalevski^{1,12,13} [Hide full author list](#)

Published 2016 August 23 • © 2016. The American Astronomical Society. All rights reserved.

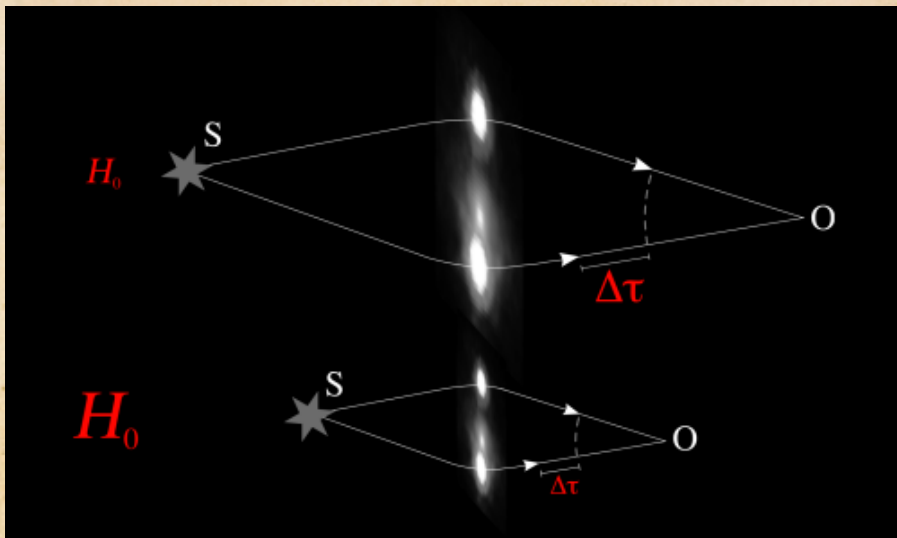
The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 225, Number 2



Криве радијалне брзине добијене из фита широке $H\beta$ линије помоћу Гаусијана. Пуна црвена линија показује најбољи фит синусоиде са периодом од 5700 дана.

3. Гравитациона сочива

(масивни астрономски објекти) у чијем гравитационом пољу долази до савијања зрака светлости, што за последицу има појаву вишеструких ликова неког позадинског извора (макросочива) или појачање његовог интензитета (микросочива). Нарочита пажња је посвећена испитивањима утицаја гравитационих микросочива на зрачење релативистичких акреционих дискова око СМЦР у АГЈ, као и на примене гравитационих сочива у посматрачкој космологији.



Одређивање Хаблове константе из временског кашњења светлости појединачних ликова

Тренутно један студент из Мексика у оквиру програма *AstroMundus* ради мастер тезу из ове области. Главни циљ је да се помоћу посматраних временских кашњења сигнала код квазара са вишеструким ликовима одреди вредност Хаблове константе и да се добијени резултати упореде са одговарајућим вредностима које је *Planck* колаборација добила из посматрања *SMBR*.

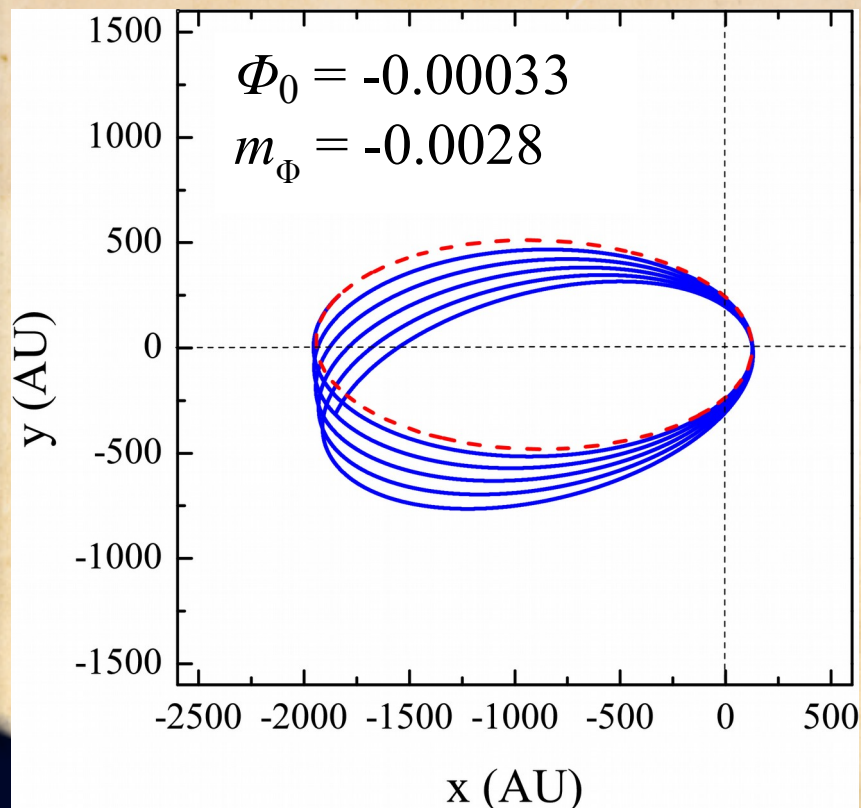
4. Модификована гравитација као алтернатива тамној материји

даје могућност да се објасни посматрана галактичка и екстрагалактичка динамика коришћењем гравитационих потенцијала изведених из проширених теорија гравитације без узимања у обзир присуства тамне материје. Проширене теорије гравитације могу имати посматрачке ефекте на астрономским и космолошким скалама.

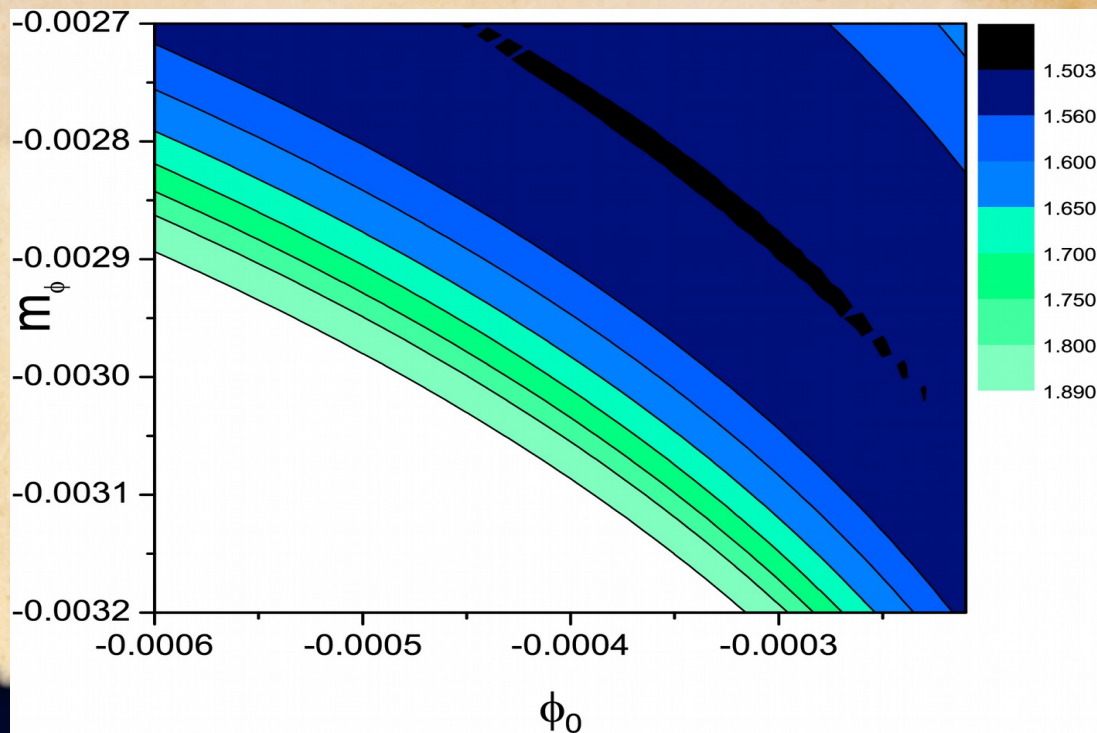
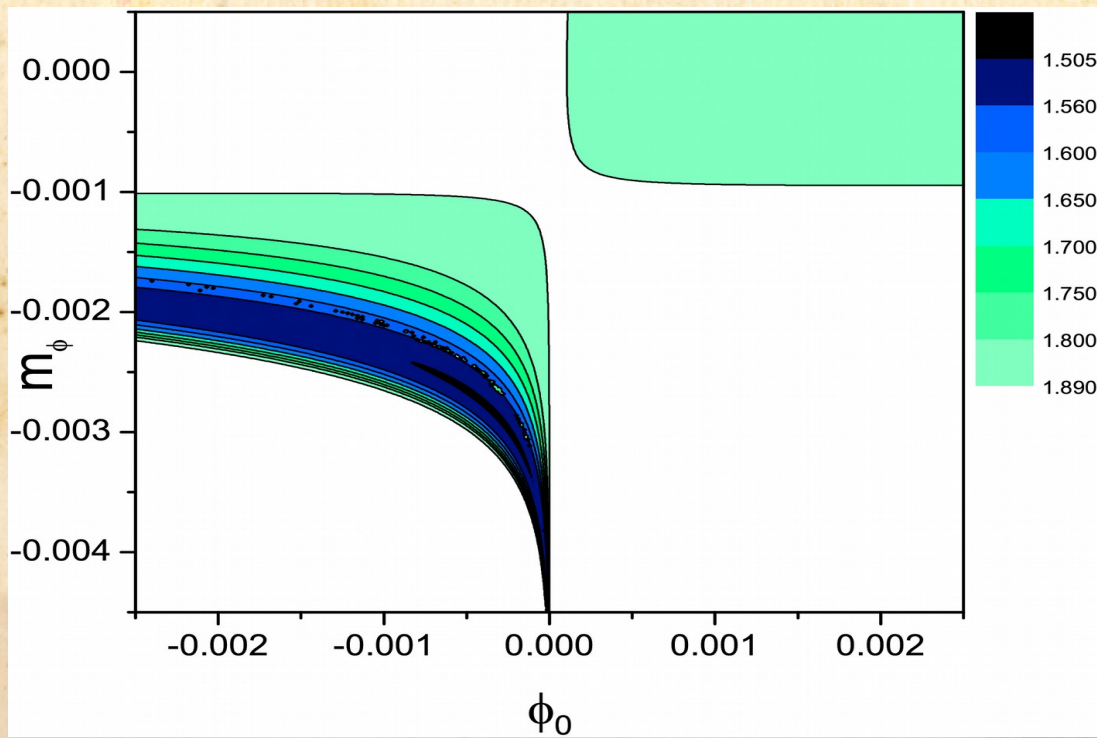
Наставили смо тестирање модификованих гравитација (R^n , Јукава, Сандерс, хибридна гравитација ...) помоћу астрономских посматрања кретања S -звезда око СМЦР у центру наше Галаксије. У овом периоду покренули смо потпуно нова тестирања модификованих гравитација помоћу астрономских посматрања на вангалактичким скалама (фундаментална равна елиптичних галаксија).

Probing hybrid modified gravity by stellar motion around Galactic Center

D. Borka  ^a, , S. Capozziello^{b, c, d}, P. Jovanović^e, V. Borka Jovanović^a



Поређење орбита S2 звезде у Њутновој гравитацији (црвена испрекидана линија) и хибридној гравитацији (плава пуна линија), за време 5 орбиталних периода.



Мапе редукованог χ^2 по параметарском простору Φ_0 - m_Φ за све симулиране орбите S2 звезде које дају исти или бољи фит у односу на Њутнове орбите.

Како χ^2 опада (бољи фит) боје су тамније. Црна боја у средини даје интервал за највероватније вредности параметара хибридне гравитације.

Напомена: ради прегледности, на слици је приказан један део параметарског простора.


Остварени резултати I

Остварени су резултати у оквиру различитих врста истраживања:

(1) Истраживања могућих алтернатива тамној материји у облику различитих теорија модификоване гравитације, а такође и тестирање ових теорија помоћу астрономских посматрања у оквиру наше галаксије.

Поред наведених истраживања у оквиру наше галаксије, она су проширена и на друге галаксије у циљу тестирања теорија модификоване гравитације и на великим, вангалактичким скалама.

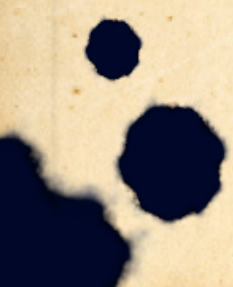
D. Borika, P. Jovanović, V. Borika Jovanović, A. F. Zakharov, *S2 like star orbits near the galactic center in R^n and Yukawa gravity*, **Nova Science Publishers**, Chapter 9, ISBN: 978-1-63483-120-8, 343-362, New York (2015).



D. Borika, S. Capozziello, P. Jovanović, V. Borika Jovanović, *Probing hybrid modified gravity by stellar motion around Galactic Center*, **Astropart. Phys.** 79, 41-48 (2016).

A. F. Zakharov, P. Jovanović, D. Borika, V. Borika Jovanović, *Constraining the range of Yukawa gravity interaction from S2 star orbits II: bounds on graviton mass*, **J. Cosmol. Astropart. P.** 5, 045-1-10 (2016).

V. Borika Jovanović, S. Capozziello, P. Jovanović, D. Borika, *Recovering the fundamental plane of galaxies by $f(R)$ gravity*, **Phys. Dark Universe** 14, 73-83 (2016).



Остварени резултати II

(2) Истраживања посматрачких ефеката јаког гравитационог поља у околини појединачних и двојних супермасивних црних рупа које се налазе у језгрима активних галаксија.

N. Bon, E. Bon, P. Marziani, P. Jovanović, *Gravitational redshift of emission lines in the AGN spectra*, **Astrophys. Space Sci.** 360, 41 (2015).

E. Bon, S. Zucker, H. Netzer, P. Marziani, N. Bon, P. Jovanović, A. I. Shapovalova, S. Komossa, C. M. Gaskell, L. Č. Popović, S. Britzen, V. H. Chavushyan, A. N. Burenkov, S. Sergeev, G. La Mura, J. R. Valdes, M. Stalevski, *Evidence for Periodicity in 43 year-long Monitoring of NGC 5548*, **Astrophys. J. Suppl. S.** 225, 29-1-15 (2016).

Остварени резултати III

(3) Развој теоријских модела области у околини централних супермасивних црних рупа активних галаксија и поређење предвиђања ових модела са посматрачким подацима

M. Stalevski, C. Ricci, Y. Ueda, P. Lira, J. Fritz, M. Baes, *The dust covering factor in active galactic nuclei*, **Mon. Not. R. Astron. Soc.** 458, 2288-2302 (2016).

Остварени резултати IV


(4) Као што се може видети из списка аутора на објављеним радовима, остварена је интензивна међународна сарадња са страним колегама, што је за последицу имало вишеструку корист у погледу трансфера знања и усавршавања и обуке младих истраживача.

Ово су били само неки најважнији резултати, а остало се може видети из библиографије објављених радова.

Радови М20 категорије:

2014	6 радова
2015	6
2016	6

$$\Sigma = 18 \text{ (M21 + M22 + M23)}$$



Хвала на пажњи
Благодаря за вниманието
Grazie per l'attenzione!

