

Študijný program / *Study programme:*

Astronómia a astrofyzika / *Astronomy and Astrophysics*

Témy dizertačných prác

1. Gravitácia na veľkých škálach a tmavá hmota.....2
2. Charakterizácia a odhad veku objektov kozmického odpadu použitím spektroskopie.....3
3. Modelovanie ablácie a fragmentácie meteoroidov pozorovaných systémom AMOS..... 5

Dissertation Thesis Descriptions

1. Gravity on large scales and dark matter..... 2
2. Modelling of meteoroid ablation and fragmentation observed by AMOS system..... 5
3. Spectroscopy for space debris objects characterization and age estimation.....3

Študijný program / Study programme:

Astronómia a astrofyzika / *Astronomy and Astrophysics*

Názov / Title

Gravitácia na veľkých škálach a tmavá hmota
Gravity on large scales and dark matter

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / *English*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Jozef Klačka, PhD.

Anotácia / Annotation

Nedávne výsledky pozorovaní navrhujú tvar radiálnej zložky pozorovaného zrýchlenia pôsobiaceho na telesá obiehajúce okolo centier galaxií (Mc Gaugh et al 2016, Di Paolo et al 2019). Zrýchlenia sú prezentované ako funkcie gravitačných zrýchlení galaktickej baryónovej hmoty. Vieme tieto výsledky použiť na lepšie pochopenie gravitácie na veľkých škálach? Ako porozumieť prezentovaným výsledkom v rámci konvenčnej myšlienky o existencii tmavej hmoty?

Recent observational results suggest a form of radial component of observational acceleration acting on bodies circulating centers of galaxies (Mac Gaugh et al 2016, Di Paolo et al 2019). The accelerations are presented as functions of gravitational accelerations of galactic baryonic matter. Can we use these results for better understanding gravity on large scales? How to treat the results within the conventional idea on the existence of dark matter?

Cieľ / Aim

Better understand gravity and dark matter on large scales, using the published results based on observational data. Formulation of N/body problem and application on various systems in the Universe, e. g., the Solar System and it's Oort cloud of comets.

Literatúra / Literature

McGaugh S., Lelli F., Schombert J., 2016, *PhRvL* 117, 201101 Di Paolo C., Salucci P., Fontaine J. P., 2019, *Astrophys. J.* 873, 106

McGaugh S., Lelli F., Schombert J., 2016, PhRvL 117, 201101 Di Paolo C., Salucci P., Fontaine J. P., 2019, Astrophys. J. 873, 106

Kľúčové slová / Keywords

galaxia, rotačná krivka, baryónová hmota, tmavá hmota
galaxy, rotation curve, baryonic matter, dark matter

Študijný program / *Study programme:*

Astronómia a astrofyzika / *Astronomy and Astrophysics*

Názov / *Title*

Charakterizácia a odhad veku objektov kozmického odpadu použitím spektroskopie
Spectroscopy for space debris objects characterization and age estimation

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD.

Konzultant / *Consultant*

Mgr. Jiří Šilha, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Kozmický odpad na obežnej dráhe okolo Zeme začína byť veľkým problémom pre funkčné satelity a kozmické misie s ľudskou posádkou. Nefunkčné satelity a ich rozpadajúce sa časti sa pohybujú nekontrolovane a ohrozujú svoje okolie. Preto je dôležité zmapovať populáciu odpadu z hľadiska dynamiky a fyzikálnych vlastností, do ktorých patrí aj charakteristika ich povrchov. Povrchy vesmírnych objektov na obežnej dráhe sú vystavené vesmírnemu prostrediu, menovite slnečnému žiareniu, interakcii s ozónom (O₃) a malým meteoroidným časticiam a časticiam odpadu.

Táto interakcia vedie k zvetrávaniu povrchového materiálu a k zmene povrchových vlastností objektu, čo vedie k zmene reflektančných spektier s časom. Tento efekt sa musí brať do úvahy pri charakterizácii objektov. Hlavným cieľom práce je nájsť spôsob, ako rozlíšiť rôzne vesmírne objekty a asociovať k sebe patriace objekty na základe ich reflektančných spektier, identifikovať zdroje vzniku úlomkov a asociovať úlomky s materským telesom. Hlavnou úlohou AMOS a AMOS-Spec kamier Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK je zachytávať jasné meteory a ich spektrá. Príležitostne zachytia aj zrkadlové odrazy slnečného svetla z povrchu satelitov a odpadu nachádzajúceho sa na nízkych dráhach okolo Zeme. V súčasnosti sú v AMOS databáze desiatky takýchto záznamov na jednu kameru. Okrem toho Astronomický inštitút Univerzity v Berne (Švajčiarsko) uskutočňuje pozorovania odpadu 80-cm ďalekohľadom ZimMAIN. Tento merací prístroj je vybavený spektrografom a je schopný pozorovať objekty odpadu umiestnené na rôznych dráhach. V práci je identifikovaných niekoľko úloh pre uchádzača. Dôkladné štúdium podstaty reflektančných spektier získaných zo slnečného svetla odrazeného zo zrkadlových a difúzných plôch odpadu za účelom jeho charakterizácie a monitorovania starnutia materiálov. Úlohou bude redukcia dát z archívu pozorovaní siete AMOS a plánovanie pozorovaní, redukcia a analýza spektrálnych dát získaných ďalekohľadom ZimMAIN. Následne sa bude hľadať asociácia vesmírnych objektov ku konkrétnym populáciám odpadu, ako napríklad skupina nosných rakiet, alebo satelitov. Úlohou bude aj získanie krivky starnutia povrchových materiálov a ich porovnanie s krivkami získanými v laboratóriu.

Space debris is a great concern to existing satellite infrastructure and to the manned space flights. Therefore, it is important to monitor these objects, their dynamics and physical characteristics. Objects and their surfaces are exposed to space environment which leads to constant interaction with solar radiation, as well as with molecules of ozone (O₃) and small MMOD (meteoroids and space debris) particles. This leads to degradation of the surface material over time, to so-called aging caused by space-weather. Because this effect is responsible for the change of the surface properties over time, hence change of reflectance spectra over time, it needs to be considered once the object's characterization is performed. Primary motivation is to distinguish between different space objects, their characterization, to associate these objects to specific type of population, to identify the source of the debris creation (or to link specific fragment to the parent body) or to

distinguish different types of fragments after break-up event to properly model this event and to identify its cause. Primary focus of AMOS-Spec cameras operated by Faculty of Mathematics, Physics and Informatics is to capture brighter meteors and their spectra. Occasionally, AMOS and AMOS-Spec cameras detect specular flashes from artificial objects such as non-functional satellites, rocket bodies and fragmentation debris situated on Low Earth Orbit (LEO). There are more than dozens of such cases per year reported by the whole AMOS network. The Astronomical Institute of the University of Bern is operating its own 80-cm telescope (ZimMAIN) equipped with spectrograph. This system can track objects on any type of orbit, from LEO up to high eccentric and geosynchronous orbits. Thanks to ZimMAIN system it is possible to select proper targets for analysis and extract their spectra obtained from the sunlight diffuse reflections. There are several objectives identified for the candidate to be achieved during PhD. Understanding of the reflectance spectra obtained from specular and diffuse reflections with focus on material characterization and on space-weathering effect. Association of objects to specific existing space debris population, e.g., family of upper stages, spacecraft. Determination of the aging rate for specular surfaces and for diffuse surfaces by comparing spectra of the same population with different launch dates and with in-laboratory obtained spectra available in the literature.

Ciel' / Aim

Analýza reflektančných spektier kozmického odpadu získaných zo zrkadlových a difúzných odrazov slnečného svetla z povrchu vesmírnych objektov. Charakterizácia, asociácia a monitorovanie starnutia materiálov na základe reflektančných spektier. Porovnanie získaných spektier so spektrami získanými v laboratóriu pre známe materiály a odhad veku týchto materiálov. Odvodenie krivky starnutia pre často využívané povrchové materiály.

Analysis of reflectance spectra obtained from specular and diffuse reflections from space debris objects' surfaces. Object characterization, association and space-weathering effects monitoring based on the obtained spectra. Comparison of all the observed spectra with laboratory results to characterize the material and to estimate the age of the material. Estimation of the space-weather aging curve for common materials used in space industry obtained from measurements.

Literatúra / Literature

E. C. Pearce, B. Weiner, H. Krantz, Examining the effects of on-orbit aging of SL-12 rocket bodies using visible band spectra with the MMT telescope, Journal of Space Safety Engineering, Volume 7, Issue 3, 2020, Pages 376-380, ISSN 2468-8967, <https://doi.org/10.1016/j.jsse.2020.07.017>. A. Vananti, T. Schildknecht, and H. Krag. Reflectance spectroscopy characterization of space debris. Advances in Space Research, 59:2488–2500, May 2017. K. Jorgensen, J. Africano, K. Hamada, E. Stansbery, P. Sydney, and P. Kervin, Physical properties of orbital debris from spectroscopic observations, Advances in Space Research, vol. 34, no. 5, pp. 1021 – 1025, 2004. Space Debris. D. P. Engelhart, R. Cooper, H. Cowardin, J. Maxwell, E. Plis, D. Ferguson, D. Barton, S. Schiefer and R. Hoffmann, Space Weathering Experiments on Spacecraft Materials, The Journal of the Astronautical Sciences volume 66, pages 210–223(2019). P. Matlovič et al., Spectra and physical properties of Taurid meteoroids, Planetary and Space Science, Available online 13 February 2017, ISSN 0032-0633.

Študijný program / Study programme:

Astronómia a astrofyzika / *Astronomy and Astrophysics*

Názov / Title

Modelovanie ablácie a fragmentácie meteoroidov pozorovaných systémom AMOS
Modelling of meteoroid ablation and fragmentation observed by AMOS system

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / *English*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Juraj Tóth, PhD.

Anotácia / Annotation

- AMOS data calibration - AMOS data extraction with deceleration suitable for modelling - AMOS vs. CILBO simultaneous meteoroids, differences from the spatial resolution - fragmentation models (like Borovicka+) applied for AMOS data - physical parameters like dynamic, photometric mass, strength, bulk density, ablation coefficient - survey of physical parameters on different orbits, origin (asteroids, comets - JFC, HT) - application for ESA SSA models of meteoroid hazard (impacts on satellites or larger dm-m impactors in the atmosphere)

Literatúra / Literature

Popova et al.(2019) *Modelling the Entry of Meteoroids, Meteoroids: Sources of Meteors on Earth and Beyond*, p.9-36. Borovicka et al.(2019) *Physical and Chemical Properties of Meteoroids, Meteoroids: Sources of Meteors on Earth and Beyond*, p. 37-62.