

U OVOM BROJU. . .

- [Marina Manganaro dobila istraživački projekt HRZZ-a.](#)
- [Učenici OŠ Viktora Cara Emina posjetili Fakultet za fiziku 11. prosinca.](#)
- [Pregled završnih i diplomskih radova izrađenih pod mentorstvom članova Zavoda.](#)
- [Čestitka Zavoda za teorijsku fiziku i astrofiziku.](#)

Astronomija gama-zraka vrlo visokih energija u doba višeglasničkih opažanja

Hrvatska zaklada za znanost je na zadnjem natječaju za istraživačke projekte prihvatila financiranje projektnog prijedloga Marine Manganaro. Projekt pod nazivom “Astronomija gama-zraka vrlo visokih energija u doba višeglasničkih opažanja” započeo je s izvođenjem 18. prosinca i trajt će četiri godine. Suradnici s Fakulteta za fiziku su Dijana Dominis Prester, Saša Mićanović, Tomislav Terzić, Filip Reščić te doktorandi s drugih institucija koji doktorat izrađuju na FizRI: Jasmina Isaković, Mario Pecimotika i Jelena Strišković. Uz njih, na projektu će surađivati istraživači sa Instituta Ruđer Boković te sveučilišta u Osijeku, Padovi, Splitu i Zagrebu. Ukupna vrijednost projekta je 194.844,69 €.

Sažetak projekta: Nedavno otkriće neutrina kojeg emitira blazar, aktivna galaktička jezgra za koju se zna da emitira fotone u cijelom elektromagnetskom spektru do najviših energija, jedan je od ključnih događaja koji potvrđuje da smo svjedoci ere s više glasnika u astrofizici. Astronomija gama zraka važan je dio ove slike, kao disciplina koja proučava fotone na najvišim energijama, proizvedene u najnasilnijim procesima u svemiru. S našim prijedlogom želimo ne samo konsolidirati istraživanja gama-astronomije koja se provode u međunarodnoj suradnji kao što su MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Cherenkov telescopes) i CTA (Cherenkov Telescope Array), već i proširiti hrvatski doprinos ovom području kreće se prema teoretskoj

interpretaciji rezultata u kontekstu multi-messengera. To znači da će, uz dokazano iskustvo koje proizlazi iz godina znanstvenih rezultata u polju astronomije gama zraka, tim također raditi na teoretskoj interpretaciji i modeliranju rezultata u širokopojasnom prikazu i na istraživanju kvantne gravitacije učinci kao što je povreda Lorentzove invarijantnosti (LIV). Ovo širenje vidika je pravodobno jer je razumijevanje teorijskih modela ključ za otkrivanje procesa emisije različitih izvangalaktičkih i galaktičkih izvora, uključujući i one najnovije otkrivene na najvišim energijama, takozvane PeVatron izvore. Kako bismo istražili takve nove energetske granice, radit ćemo na razvoju novog Čerenkovljevog detektora za novu stratešku suradnju sa SWGO (Southern-Wide Gamma-Ray Observatory).

Posjet OŠ Viktora Cara Emina

11. prosinca posjetili su nas učenici drugih razreda osnovne škole Viktora Cara Emina iz Lovrana. 24 učenika je sudjelovalo u dvije radionice. “Mišicu u zemlji fizike” izvele su voditeljice Marija Čargonja i Daria Jardas Babić. “Mišica” je interaktivna predstava s pokusima, namijenjena djeci predškolske i rane školske dobi, s ciljem popularizacije fizike. Lutka-mišica potiče djecu na aktivno sudjelovanje u predstavi kroz zanimljivu priču i čudesne pokuse. Navodi ih na opažanje, istraživanje, postavljanje pitanja te donošenje zaključaka o raznim fizičkim pojavama. Radionicu “Ššššš! Schroedingerova mačka spava!” vodila je Marina Manganaro. Kroz radionicu se objašnjavaju čestice i valovi. Učenici na jednostavan način uče elementarne čestice i kako se one spajaju u jezgre i atome jednostavnih elemenata.



Daria Jardas Babić izvodi radionicu “Mišica u zemlji fizike” s učenicima OŠ Viktora Cara Emina.

Završni i diplomski radovi

Za kraj godine, donosimo pregled završnih i diplomskih radova, koji su izrađeni pod mentorstvom članova Zavoda za teorisku fiziku i astrofiziku, a obranjeni su u 2023. godini. Popis je kronološki prema datumu obrane. Čestitamo svim studentima koji su uspješno završili studij u ovoj godini.

Wigner’s classification of elementary particles

JAKOV MOZETIČ

Naslov rada na hrvatskom jeziku: Wignerova klasifikacija elementarnih čestica

Studij: Prijediplomski studij Fizika, smjer Fizika

Mentor: Dr. sc. Mateo Paulišić

Datum obrane: 6. rujna 2023.

Rad u repozitoriju: [urn:nbn:hr:194:018042](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:hr:194:018042)

Sažetak: Eugene Wigner’s groundbreaking contributions to the field of elementary particles, influenced by Albert Einstein’s special relativity, have shaped our understanding of particle physics. Wigner’s work laid the foundation for classifying elementary particles based on intrinsic properties. His insights into quantum system symmetries, combined with an understanding of special relativity, formed the basis for classifying particles with two parameters: mass and spin. In this work, Wigner’s classification was demonstrated through an exploration of quantum mechanics, symmetries, Lorentz transformations, and their application to categorize particles based on these fundamental

principles.

Ključne riječi: quantum mechanics, symmetry, elementary particles, Poincaré group, Lorentz group

Nucleosynthesis simulations in nuclear astrophysics environments

LUKA BUTTIGAN

Naslov rada na hrvatskom jeziku: Simulacije nukleosinteze u nuklearnoj astrofizici

Studij: Prijediplomski studij Fizika, smjer Fizika

Mentor: Doc. dr. sc. Marina Manganaro

Datum obrane: 28. rujna 2023.

Rad u repozitoriju: [urn:nbn:hr:194:704143](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:hr:194:704143)

Sažetak: This work of thesis is dedicated to the study of nucleosynthesis in astrophysical environments using the NuGrid simulation chain. The process which is most investigated is the r-process in which elements heavier than iron are formed in the interior of stars. The experimental evidence of those processes is not yet possible, but through simulations we investigate the formation of heavy nuclei close to the neutron drip line and search for possible astrophysical data from current experiments can could be used to test the simulations.

Ključne riječi: nuclear astrophysics, simulations, nucleosynthesis, r-process, neutron drip line

Korelacije u zračenju iz provala gama-zraka

ANGELO ZEC

Naslov rada na engleskom jeziku: Correlations in emission from gamma-ray bursts

Studij: Diplomski studij Fizika, smjer Astrofizika i fizika elementarnih čestica

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Terzić

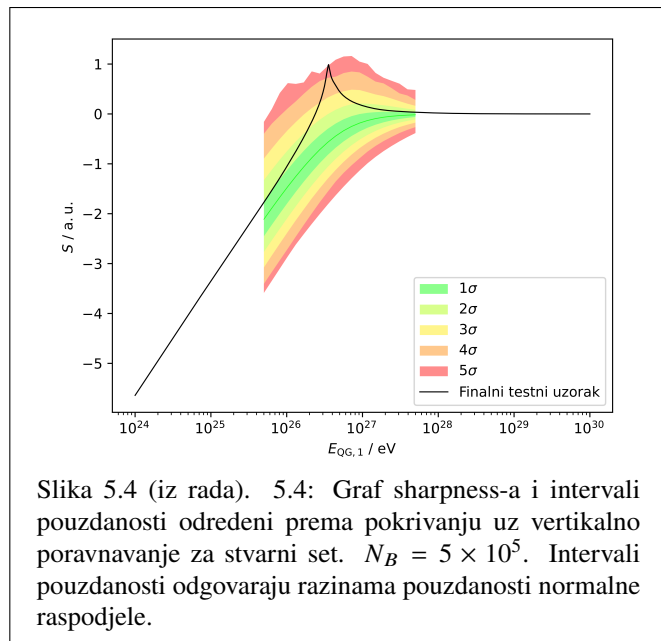
Datum obrane: 28. rujna 2023.

Rad u repozitoriju: [urn:nbn:hr:194:854172](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:hr:194:854172)

Sažetak: U nekim modelima kvantne gravitacije javlja se mogućnost narušenja Lorentzove invarijantnosti (eng. Lorentz invariance violation, LIV). Jedan od načina modeliranja LIV-a je modificiranjem fotonske disperzijske relacije, odnosno, uvođenjem ovisnosti brzine fotona o njegovoj energiji. Takva ovisnost može se eksperimentalno ispitati analiziranjem signala iz izvora na kozmološkim udaljenostima. U ovom radu je Monte Carlo simulacijom ispitana metoda analize zračenja iz provala gama-zraka temeljena na metodi maksimalne oštine. U ispitanoj metodi analize koristi se pretpostavka da se vrijednost sharpness-a raspodjeljuje prema normalnoj raspodjeli. Monte Carlo simulacija provedena je tako da je 250 puta generiran testni uzorak te je na njemu provedena analiza. Četiri testna uzorka dala su rezultat signifikantnosti 3 sigma. Intervali pouzdanosti određeni su primjenom pretpostavke o raspodjeli

rezultata prema normalnoj raspodjeli. Kod normalne raspodjele signifikantnost od 3 sigma odgovara razini pouzdanosti od 99,73%, odnosno, očekivana učestalost vrijednosti koja se nalazi izvan 3 sigma je približno jednom u 370 puta. Iz Monte Carlo simulacije dobivena je učestalost vrijednosti koja se nalazi izvan 3 sigma od četiri u 250 puta, odnosno, jednom u 62,5 puta, što je 5,9 puta veća učestalost od očekivane. Pokazano je da se rasipanje vrijednosti sharpness-a ne može opisati normalnom raspodjelom. To znači da metoda određivanja intervala pouzdanosti prema normalnoj raspodjeli nije primjerena za funkciju sharpness. Predloženo je određivanje intervala pouzdanosti promatranjem pokrivanja. Uzimajući u obzir neprimjerenu metodu određivanja intervala pouzdanosti, te činjenicu da forma analize sadrži veliki broj a posteriori odluka, zaključeno je da ispitana metoda analize ne daje vjerodostojne rezultate.

Ključne riječi: kvantna gravitacija, astročestična fizika, opća teorija relativnosti, narušenje Lorentzove invarijantnosti, modificirana fotonska disperzijska relacija, provale gama-zraka, Monte Carlo simulacija, metoda maksimalne oštine.



Slika 5.4 (iz rada). 5.4: Graf sharpness-a i intervali pouzdanosti određeni prema pokrivanju uz vertikalno poravnavanje za stvarni set. $N_B = 5 \times 10^5$. Intervali pouzdanosti odgovaraju razinama pouzdanosti normalne raspodjele.

Correlations of atmospheric parameters measured by MAGIC optical LIDAR and CTA FRAM

MARTA KOLAREK

Naslov rada na hrvatskom jeziku: Korelacije atmosferskih parametara mjerenih pomoću MAGIC optičkog LIDAR-a i CTA FRAM-a

Studij: Diplomski studij Fizika, smjer Astrofizika i fizika elementarnih čestica

Mentor: Prof. dr. sc. Dijana Dominis Prester

Datum obrane: 28. rujna 2023.

Rad u repozitoriju: [urn:nbn:hr:194:364786](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:hr:194:364786)

Sažetak: The Earth's atmospheric realm is a dynamic force that exerts a profound impact on the planet's climate and natural operations. Astronomical research faces a significant challenge in precisely measuring atmospheric parameters, which directly impact the quality and reliability of observational data. In response, cutting-edge technologies have emerged, including Light Detection and Ranging (LIDAR) and the Foto Robotic Atmosphere Monitor (FRAM) telescope. This research attempts to elucidate the correlation between two vital technologies: the MAGIC LIDAR and CTA FRAM. Specifically, the investigation delves into the relationship between Vertical Aerosol Optical Depth (VAOD), a key atmospheric parameter signifying aerosol content, as measured by these instruments. By analysing the interplay between VAOD measurements from MAGIC LIDAR and CTA FRAM, this study seeks to refine our comprehension of atmospheric dynamics and enhance the accuracy of both atmospheric science and astronomical observations. The insights gained from this correlation hold the potential to advance our understanding of the Earth's atmosphere and its intricate connections to celestial phenomena.

Ključne riječi: MAGIC LIDAR, CTA FRAM, atmospheric parameters, correlation, VAOD.

Istraživačka nastava fizike — Metodičko oblikovanje odabranih laboratorijskih vježbi iz mehanike u osnovnoj školi

MARTINA KNEŽEVIĆ

Naslov rada na engleskom jeziku: Inquiry-based physics teaching — Designing selected laboratory exercises in mechanics in elementary school

Studij: Diplomski studij Fizika i matematika

Mentor: Doc. dr. sc. Ivana Poljančić Beljan

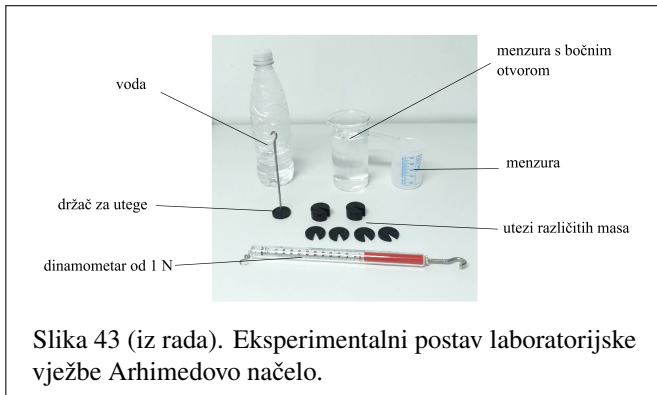
Datum obrane: 29. rujna 2023.

Rad u repozitoriju: [urn:nbn:hr:194:246392](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:hr:194:246392)

Sažetak: Učenici u nastavnom predmetu Fizika razvijaju sposobnost znanstvenog razmišljanja i zaključivanja te upoznaju načine stjecanja novih znanja iz područja prirodnih znanosti. S obzirom da je Fizika istraživačka disciplina, potrebno je da i nastava Fizike bude istraživačka. Cilj ovog diplomskog rada je promicanje istraživačke nastave u nastavi Fizike u sklopu odabranih laboratorijskih vježbi iz mehanike u sedmom razredu osnovne škole. Prema novom nastavnom kurikulumu iz Fizike, pokusi trebaju biti uklopljeni u nastavni proces kao sredstvo upoznavanja i istraživanja fizičkih pojava. Upravo iz tog razloga, u ovom je radu metodički oblikovano šest pokusa iz područja mehanike: Slaganje sila, Težina, Hookeov zakon, Određivanje faktora trenja, Zakon poluge i Arhimedovo načelo. Pojmovi i koncepti koji se istražuju ovim vježbama obrađuju se u nastavnoj cjelini Međudjelovanje, na početku sedmog razreda osnovne škole i najčešće učenicima predstavljaju prve susrete s istraživačkom nastavom. Vježbe su oblikovane koristeći model

u istraživačkoj nastavi koji se naziva 5 E, a koji sadrži pet faza: motivaciju, istraživanje, objašnjavanje, razradu i evaluaciju. U ovom radu su uključene prve četiri faze. Također, u radu su opisana osnovna obilježja istraživačke nastave Fizike i dan je teorijski pregled pojmova i koncepata koji se ovim vježbama istražuju. Primjeri metodički oblikovanih laboratorijskih vježbi mogu poslužiti srednjoškolskim nastavnicima kao i sveučilišnim nastavnicima uvodnih kolegija fizike i fizičkih praktikuma.

Ključne riječi: Istraživačka nastava fizike, 5E model, slaganje sila, težina, Hookeov zakona, trenje, poluga, Arhimedovo načelo



Fizika protonske terapije

MIHAELA KAZDA

Naslov rada na engleskom jeziku: The physics of proton therapy

Studij: Prijediplomski studij Fizika, smjer Fizika

Mentor: Klaudija Lončarić, v. pred.

Datum obrane: 12. listopada 2023.

Sažetak: Protonska terapija je jedan od oblika terapije zračenjem koja se koristi za liječenje zloćudnih tumora. Korištenjem snopa protona omogućuje se predavanje propisane doze zračenja volumenu tumora na određenoj dubini i minimalno ozračivanje okolnog zdravog tkiva koje se nalazi u neposrednoj blizini ciljnog volumena. U ovoj su radnji opisane tri vrste međudjelovanja protona s elektronima i jezgrom atoma te kružni ubrzivači koji se koriste za dobivanje snopa potrebne energije. Mjerenje apsorbirane doze zračenja provodi se prema protokolima Međunarodne agencije za atomsku energiju temeljenih na apsorbiranoj dozi u vodi. Da bi terapija bila uspješna, medicinsko osoblje mora detaljno isplanirati cijeli tijek tretmana prije samog izvođenja i osigurati njegovu kvalitetu kako se zdravlje pacijenta ne bi dovelo u opasnost. Protonska terapija se najčešće upotrebljava za liječenje intrakranijalnih tumora i tumora oka, glave, vrata, dojke i leđne moždine. Ova vrsta zračenja je također pronašla veliku primjenu pri liječenju pedijatrijskih pacijenata kod kojih se minimalnim ozračivanjem okolnog zdravog tkiva može spriječiti razvoj tumora u odrasloj dobi.

Ključne riječi: protonska terapija, ionizirajuće zračenje, ubrzivači čestica, dozimetrija, planiranje tretmana

Utjecaj atmosfera ekstrasolarnih planeta na mogućnost života

ELENA GALOVIĆ

Naslov rada na engleskom jeziku: Influence of extrasolar planet atmospheres on possible life

Studij: Prijediplomski studij Fizika, smjer Znanost o okolišu

Mentor: Prof. dr. sc. Dijana Dominis Prester

Datum obrane: 15. studenoga 2023.

Sažetak: Ekstrasolarni planeti ili egzoplaneti su planeti koji se nalaze van Sunčeva sustava. Do danas je otkriveno više od 5500 egzoplaneta u više od 4000 različitih planetarnih sustava. Potraga za životom na egzoplanetima nije nimalo lak zadatak budući da se nalaze na velikim udaljenostima od Zemlje. Kako bi se pojednostavio navedeni problem u astronomiji i astrobiologiji definira se pojam nastanjive zone. Nastanjiva zona zvijezde je pojas orbita oko matične zvijezde unutar kojega na površini planeta može opstati voda u tekućem agregatnom stanju, uz dovoljan atmosferski tlak. Poznavanje nastanjive zone različitih sustava omogućuje sortiranje velikog broja egzoplaneta te izdvajanje onih koji se nalaze unutar nje. Trenutno jedini podaci koje možemo prikupiti s egzoplaneta vezani su uz planetarnu atmosferu. Temeljito shvaćanje različitih vrsta atmosfera daje nam uvid u raznolikost planetarnih sustava te može poslužiti kao vodilja u boljem razumijevanju Zemljine atmosfere.

U radu je objašnjen pojam planetarne atmosfere i nastanjive zone planeta te je dan uvid mogućih egzoplaneta koji se nalaze van nastanjive zone svoga sustava, no unatoč tome imaju mogućnost održavanja vode na svojoj površini.

Search for Lorentz invariance violation using gamma rays from Markarian 421

LUKA BLAŽEVIĆ

Naslov rada na hrvatskom jeziku: Potraga za narušenjem Lorentzove simetrije koristeći gama-zrake iz Markariana 421

Studij: Diplomski studij Fizika, smjer Astrofizika i fizika elementarnih čestica

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Terzić

Datum obrane: 24. studenoga 2023.

Sažetak: Measurements of quantum gravity could be made by looking at some of the proposed quantum gravity effects, such as fluctuations of space-time. The Lorentz invariance violation (LIV) effect appears as a consequence of the modified photon dispersion relation, used to model the effect of space-time fluctuations on gamma rays. Using the LIV time of flight analysis, we are able to look for quantum gravity effects using observations at energies much lower than the Planck scale. One

of the most popular methods for the LIV time of flight analysis is the maximum likelihood method.

In this thesis, we focused on looking at how the choice of the function used to create the light curve template affects the maximum likelihood analysis. The functions used were: i) sum of Gaussian distributions, ii) sum of Cauchy distributions, iii) sum of skewed Gaussian distributions, iv) Fourier series, v) Kernel density estimation. This analysis was based on simulations of observations of Markarian 421 on the night of 24 to 25 of April 2014, performed by Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov (MAGIC) telescopes.

Fourier series and Kernel density estimation were not able to achieve a satisfying fit of the observed data, so their light curves were not used for the final maximum likelihood analysis. For the other functions, the fits managed to capture the structure of the light curve with more accuracy. Furthermore, their χ^2 tests were very similar, so they made good candidates for comparison.

The recreated light curves were then used in the LIVElihood software for LIV time of flight studies. Using simulations, LIV parameter λ was calculated along with the respective upper and lower limits to form a 95 % confidence interval. The light curve template created using the sum of skewed Gaussian distributions was not converging in enough

simulations for the λ distribution to be calculated. For the light curve templates created using the sum of Gaussian distributions and the sum of Cauchy distributions λ was calculated to be (-139.9 ± 875) s/TeV and (-76.22 ± 971) s/TeV, respectively. In addition, the lower limit on the energy at which the effects of quantum gravity become significant in the linear term were calculated from λ and amount to $E_{QG_1}^{(G)} = 2.48557 \cdot 10^{17}$ GeV and $E_{QG_1}^{(C)} = 3.11314 \cdot 10^{17}$ GeV for the sum of Gaussian distributions and the sum of Cauchy distributions light curve templates, respectively.

IMPRESUM

Zavod za teorijsku fiziku i astrofiziku (ZTFA)
Sveučilište u Rijeci, Fakultet za fiziku
Radmile Matejčić 2, 51000 Rijeka
www: [www: www.phy.uniri.hr/hr/ZTFA](http://www.phy.uniri.hr/hr/ZTFA)
Urednik: Tomislav Terzić, predstojnik ZTFA
Tel: 051 / 584-626
e-mail: terzic@phy.uniri.hr

LIVE LONG AND PROSPER

Svim dragim studentima, kolegama i suradnicima želimo Sretan Božić i uspješnu 2024. godinu.

Uredništvo Biltena ZTFA

