

### U OVOM BROJU . . .

- Objavljeni proceedings konferencije AtmoHEAD.
- Prihvaćena doktorska disertacija Matea Paulišića.
- Održana 30. skupština Hrvatskog astronomskeg društva (HAD). Izabrano novo vodstvo. Ivana Poljančić Beljan i Tomislav Jurkić izabrani u Upravni odbor. U jesen 2023. znanstveni sastanak HAD-a u Rijeci.
- Rajka Jurdana-Šepić sudjelovala u sastanku History of physics group EPS.
- Rajka Jurdana-Šepić sudjelovala u sjednici Upravnog vijeća IRB.
- Tomislav Terzić sudjelovao u radu Time Allocation Committee kolaboracije MAGIC.
- Rajka Jurdana-Šepić sudjelovala u radu Matičnog odbora za polje fizike i geofizike.
- Rajka Jurdana-Šepić održala popularno predavanje u OŠ Lovran.
- Pregled završnih i diplomskih radova izrađenih pod mentorstvom, odnosno komentorstvom članova Zavoda.
- Čestitka Zavoda za teorijsku fiziku i astrofiziku.

## OBJAVLJENI PROCEEDINGS KONFERENCIJE ATMOHEAD

Tijekom prosinca su objavljeni proceedings s konferencije *Atmospheric Monitoring for High-Energy Astroparticle Detectors* (AtmoHEAD), koja se održala u srpnju ove godine na otoku Capri u Italiji. Na konferenciji su sudjelovali doktorandi Fakulteta za fiziku Lovro Pavletić i Mario Pecimotika.

Mario Pecimotika predstavio je rad “The influence of reduced atmospheric transmission on the CTA-North performance”, izrađen u koautorstvu s Dijanom Dominis Prester, Dariom Hrupcom, Sašom Mićanovićem, Lovrom Pavletićem i Julianom Sitarekom. Rad M. Pecimotika et al. (2022) *J. Phys.: Conf. Ser.* **2398** 012012 dostupan je u otvorenom pristupu. DOI: [10.1088/1742-6596/2398/1/012012](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2398/1/012012).

**Sažetak:** Cherenkov Telescope Array (CTA) is the next generation ground-based observatory for gamma-ray astronomy at very-high energies which will consist of the northern (CTA-N, La Palma, Spain) and southern (CTA-S, Paranal, Chile) arrays. The atmosphere, as an integral part of the Cherenkov telescope

detector, has a great impact on the observed data, especially in means of reduced sensitivity. One of the main contributions to the systematic uncertainties arises from the presence of clouds. To minimize these systematic uncertainties a calibration of the detector response is of great importance. Here, the influence of cloud altitude and transmission on the CTA-N performance degradation using detailed Monte Carlo simulations has been investigated for the case that no measures are taken to characterize clouds and correct their effects. The degradation effect of the presence of clouds is primarily observed at low and middle energies but spans across the entire energy range.

Lovro Pavletić predstavio je rad “Elastic LIDAR Monitoring of the Night-sky Brightness over Roque de los Muchachos Observatory”. Koautori su Markus Gaug, Christian Fruck, Alexander Hahn, Victor Acciari, Jürgen Besenrieder, Dijana Dominis Prester, Daniela Dorner, David Fink, Lluís Font, Saša Mićanović, Razmik Mirzoyan, Dominik Müller, Felix Schmuickermaier i Martin Will. Rad L. Pavletić et al. (2022) *J. Phys.: Conf. Ser.* **2398** 012016 dostupan je u otvorenom pristupu. DOI: [10.1088/1742-6596/2398/1/012016](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2398/1/012016).

**Sažetak:** Every large world-class observatory must operate

in a very dark environment that is as free as possible of anthropogenic sources of light pollution, which can degrade the quality of ground-based astronomical observations. A LIDAR is able to measure, and subtract from its laser return signals, a corresponding contribution from the night-sky brightness. Our elastic LIDAR system is operated in semi-continuous mode at night, very closely following the observation schedule of the MAGIC Telescopes on Canary island La Palma, Spain. For the monitoring of the night-sky brightness, median LIDAR background rates at different atmospheric conditions and sky illuminations have been used. In this talk, results from data taken with the MAGIC LIDAR over seven years, from March 2013 until March 2020, will be presented and discussed.

## Skupština Hrvatskog astronomskog društva

30. skupština Hrvatskog astronomskog društva (HAD, [www.astronomija.hr](http://www.astronomija.hr)) održana je u Zagrebu u srijedu 14. prosinca. Na skupštini je izabrano novo vodstvo i Upravni odbor. Za predsjednika HAD-a izabran je Vibor Jelić (IRB), dok su Ivana Poljančić Beljan i Tomislav Jurkić izabrani za članove Upravnog odbora. Dosadašnja predsjednica je bila Rajka Jurdana-Šepić.

Hrvatsko astronomsko društvo organizirat će svoj dvodnevni znanstveni sastanak u rujnu ili listopadu 2023. u Rijeci. Na sastanku se očekuje 50-ak hrvatskih astronoma i astrofizičara iz zemlje i svijeta, te se ovim putem pozivaju svi zainteresirani za sudjelovanje u organizaciji sastanka, a posebno studenti, da se jave Tomislavu Jurkiću na mail [tjurkic@phy.uniri.hr](mailto:tjurkic@phy.uniri.hr).

## OBAVIJESTI I NAJAVE

- Vijeće Doktorskog studija Fizika, a potom i Vijeće Fakulteta za fiziku prihvatilo je ocjenu doktorske disertacije Matea Paulišića. Time su ostvareni preduvjeti za obranu disertacije, koja će se održati početkom 2023. godine.
- Rajka Jurdana-Šepić sudjelovala je u sastanku History of physics group European Physical Society (EPS). Sastanak je održan online 1. prosinca.
- Rajka Jurdana-Šepić je 7. prosinca održala popularno predavanje "Poetika matematike i fizike" u Osnovnoj školi Lovran.
- Rajka Jurdana-Šepić sudjelovala je u radu sjednice Upravnog vijeća Instituta Ruđer Bošković, održanoj 8. prosinca.

- Tomislav Terzić sudjelovao je u radu Time Allocation Committee (TAC) kolaboracije MAGIC. TAC je tijelo koje ocjenjuje prijedloge za opažanja teleskopima MAGIC. Na osnovu ocjena i preporuka TAC-a, dodjeljuje se opažačko vrijeme teleskopa. Sastanak je održan online od 13. do 16. prosinca. Ove godine pristiglo je 45 prijedloga za opažanja.
- Rajka Jurdana-Šepić sudjelovala je u radu Matičnog odbora za polje fizike i geofizike na sjednici održanoj 19. prosinca.

## Završni i diplomski radovi

Za kraj godine, donosimo pregled završnih i diplomskih radova, koji su izrađeni pod mentorstvom ili komentorstvom članova Zavoda za teorisku fiziku i astrofiziku, a obranjeni su u 2022. godini. Popis je kronološki prema datumu obrane.

### Majorana fermioni

DORIS BARČOT

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Majorana fermions

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

**Mentor:** Prof. dr. sc. Predrag Dominis Prester

**Datum obrane:** 16. ožujka 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:573714](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:573714)

**Sažetak:** 1937. godine je talijanski fizičar, Ettore Majorana, pokazao kako postoje realna rješenja Diracove jednadžbe. Realnost rješenja implicirala je postojanje Majorana fermiona, kao čestice koja je vlastita antičestica. Do sada, niti jedna poznata fundamentalna čestica nije Majorana fermion. Osim u čestičnoj fizici, Majorana fermioni postali su predmet zanimanja u fizici kondezirane materije, kao kvazičestična pobuđenja u supravodljivim sustavima s netrivialnom topologijom. U ovom radu ćemo istražiti topološke jednodimenzionalne i dvodimenzionalne sustave i pokazati na koji način se Majorana fermioni pojavljuju u teorijama supravodljivosti p-tipa. S obzirom da su takvi sustavi u prirodi rijetki, pokazat ćemo na koji način je moguće konstruirati takve egzotične supravodiče formirajući heterostrukture s uobičajenim s-tipom, gdje ćemo se fokusirati na pionirski Fu-Kane model. Na kraju, raspravljat ćemo o najintrigantnijem aspektu Majorana kvazičestičnih pobuđenja - neabelovoj statistici, na kojoj se temelji budućnost kvantnih računala.

**Ključne riječi:** Majorana fermioni, BCS teorija, BdG formalizam, topološki supravodiči, Majorana nul modovi, neabelova statistika, topološka kvantna računala

## Comptonovo raspršenje na vezanim sustavima

MARIO MATIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Compton scattering on bound systems

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

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Zoran Kaliman

**Datum obrane:** 6. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:383202](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:383202)

**Sažetak:** Comptonovo raspršenje je neelastično raspršenje fotona na elektronu. U ovom radu opisano je Comptonovo raspršenje na slobodnom elektronu, a detaljnije je obrađeno Comptonovo raspršenje na vezanim sustavima: raspršenje na atomskom elektronu i raspršenje na pozitroniju. Raspršenja su opisana koristeći  $A^2$  aproksimaciju s ravnim valom (Bornova aproksimacija) i Coulombovim valom. U svim računima dobiveni su diferencijalni udarni presjeci. Rezultati su prikazani grafički, analizirani i uspoređeni s dostupnim mjerenjima i rezultatima.

**Ključne riječi:** Comptonovo raspršenje,  $A^2$  aproksimacija, vezani elektron, diferencijalni udarni presjek, pozitronij, Bornova aproksimacija, Coulombov val.

## Teorem Ostrogradskog

MIHAEL BANOŽIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Theorem of Ostrogradsky

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Fizika

**Mentor:** Mateo Paulišić

**Datum obrane:** 13. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:403698](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:403698)

**Sažetak:** Najpoznatiji zakoni fizike, kao što je npr. 2. Newtonov zakon, sastoje se od najviše drugih derivacija u vremenu. Postavlja se pitanje zašto se ne susrećemo sa sustavima sa višim derivacijama u vremenu? 1850. godine, ruski matematičar Mikhael Ostrogradsky predstavio je teorem koji kaže da za nedegenerirane Lagrangiane, za sustave sa višim derivacijama u vremenu, Hamiltonijan sustava sadrži barem jedan linearan član u impulsu što implicira njegovu neograničenost. U ovom radu generaliziramo jednadžbe gibanja za sustave sa višim derivacijama u vremenu, teorijski uvodimo pojam Legendrove transformacije te pokazujemo njenu primjenu u fizici. Nadalje, iskazujemo i dokazujemo teorem Ostrogradskog te dajemo nekoliko primjera kojima interpretiramo zaključke tog teorema.

## Optička koherentnost

LARA SRDOJEVIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Optical Coherence Theory

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Fizika

**Mentor:** Velimir Labinac, viši predavač

**Datum obrane:** 22. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:888971](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:888971)

**Sažetak:** Kako bi svjetlost proizvodila interferencijske uzorke u tipičnom eksperimentu s dvije pukotine, ona mora biti koherentna na pukotinama. U prirodi čista koherentnost ne postoji, ona se u teoriji interferencije javlja jer se matematički najlakše baviti ekstremima, ili potpuno koherentnom ili nekoherentnom svjetlošću. Teorija optičke koherentnosti stavlja naglasak na parcijalnu koherentnost te proučava ovisnost koherentnosti svjetlosti o karakteristikama izvora i dane situacije. Godine 1665. F. M. Grimaldi je proveo interferencijski eksperiment s dvije pukotine sa Suncem kao primarnim izvorom. Eksperiment je propao jer je Sunčev disk čiji je kutni promjer od 32 lučne minute, bio prevelik pa svjetlost nije imala dovoljno visok stupanj prostorne koherentnosti da zadovoljavajuće simultano obasja obje pukotine. Sunčev promjer je trebao imati tek nekoliko lučnih minuta da se ti uvjeti zadovolje. Thomas Young ponovio je njegov eksperiment 140 godina kasnije, ali je svjetlost najprije propustio kroz malu pukotinu koja je služila kao novi primarni izvor i interferencijski uzorci pojavili su se na udaljenom zaslonu. Godine 1860. E. Verdet je pokazao da je Grimaldijev eksperiment ipak moguć i da primarni izvor koji se smatrao nekoherentnim, poput Sunca, ipak može proizvoditi pruge kad obasjava dvije međusobno bliske pukotine, no one moraju biti na pravom razmaku.

Ovaj rad proučava uzroke ishoda tih eksperimenata koji su posljedica činjenice da se koherentnost svjetlosti mijenja u procesu širenja ili propagacije svjetlosti. U radu je dan pregled teorije optičke koherentnosti u terminima korelacijske analize drugog reda. Proučavanje koherentnosti doprinosi boljem razumijevanju optičkih poremećaja, a primjene pronalazi u područjima kao što su zvjezdana interferometrija i medicina. **Ključne riječi:** koherentnost, interferencija, Youngov eksperiment, parcijalna koherentnost, kvazimonokromatska svjetlost, korelacija, stupanj koherentnosti, vidljivost

## Fizika brahiterapije

LAURA NAĐ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** The physics of brachytherapy

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, Znanost o okolišu

**Mentorica:** Klaudija Lončarić, predavačica

**Datum obrane:** 27. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:317808](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:317808)

**Sažetak:** Brahiterapija je oblik terapije zračenjem pri kojem se upotrebljavaju zatvoreni radioaktivni izvori smješteni u neposrednoj blizini volumena liječenja. Na taj se način omogućuje

samo lokalno ozračivanje tumora, a time i najveća moguća pošteta okolnog zdravog tkiva. Ovaj oblik terapije zračenjem uspješan je za liječenje tumora prostate, ginekoloških tumora, tumora glave i vrata, tumora pluća i drugih. Ubrzo nakon otkrića 1898. godine, radij je postao prvi radioaktivni izotop korišten u brahiterapiji, a danas se kao izvori zračenja najčešće koriste  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{125}\text{I}$  te  $^{103}\text{Pd}$ . Razvojem tehnike naknadnog uvođenja izvora daljinskim upravljanjem omogućilo se izvođenje brahiterapije velike brzine doze sigurnije i preciznije od klasične brahiterapije male brzine doze. Uspješno izvođenje brahiterapije zahtijeva koordinirani rad bolničkog osoblja širokog spektra stručnosti uključujući medicinske fizičare.

U radnji su opisane fizičke veličine i procesi na kojima se temelji uspješno izvođenje tretmana brahiterapije.

**Ključne riječi:** brahiterapija, radioaktivnost, ionizirajuće zračenje, dozimetrija, radioaktivni izvor, LDR brahiterapija, HDR brahiterapija

## Study of Dark Matter distribution in the globular cluster M15

TIBOR VESELIN

**Naslov rada na hrvatskom jeziku:** Proučavanje tamne materije u globularnu klasteru M15

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Fizika

**Mentorica:** Doc. dr. sc. Marina Manganaro

**Komentor:** Dr. Francesco Gabriele Saturni (INAF Rim, Italija)

**Datum obrane:** 27. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:192585](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:192585)

**Sažetak:** This work of thesis is devoted to the study of Dark Matter (DM) distribution in the globular cluster M15 and will be a basis for a next study of searching for DM signals with the MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov) telescopes with M15 as a target. Cherenkov telescopes as MAGIC operate in the VHE  $\gamma$ -ray range, meaning they can detect  $\gamma$ -rays at energies higher than 100 GeV. The search of DM with such telescopes is performed as an indirect measurement: what can be observed are  $\gamma$ -rays coming from the annihilation or decay of DM particles. The strength of the signal provided by annihilating (or decaying) DM is represented by the astrophysical J-factor. The J-factor depends on the target distance and its DM distribution. This work is divided in two main parts: first I studied the globular cluster M15 and define its DM profile using existing spectroscopic measurements of the relative velocities of stars in the cluster. After collecting the necessary measurements of the radial velocities of stars in M15 from recent literature, I run a Jeans analysis using the program CLUMPY (<https://clumpy.gitlab.io/CLUMPY/>), a code for the study of  $\gamma$ -ray signal from DM structures. After this step, I performed a statistical analysis and calculate the astrophysical J-factor. In this way, I obtained a complete and updated description of the J-factor in M15 which can be used to search for DM annihilation or decay in M15 with MAGIC data.

**Ključne riječi:** Dark Matter, globular clusters, M15, IACTs, VHE gamma-rays, MAGIC telescopes

## Skrivene simetrije u Keplerovom problemu

FILIP PAVUN

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Hidden Symmetries in Kepler's problem

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Fizika

**Mentor:** Mateo Paulišić

**Datum obrane:** 28. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:054900](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:054900)

**Sažetak:** U Keplerovom problemu, dobro poznate očuvane veličine su energija i angularni moment. U ovom radu je pokazano da postoji još jedna očuvana veličina koju zovemo Laplace-Runge-Lenz vektor. Poissonove zgrade između komponenata angularnog momenta i LRL vektora tvore Liejevu algebru koja ovisi o energiji sustava. Proučen je slučaj kad je Hamiltonijan, odnosno energija  $H < 0$ , što odgovara zatvorenim eliptičnim orbitama sa simetrijom  $SO(4)$  i slučaj kad je  $H > 0$  što odgovara hiperbolnim orbitama sa simetrijom  $SO(3, 1)$ . Posebna pozornost posvećena je eliptičnim orbitama te je pokazano da se može definirati četvero-vektor brzine, za kojeg se ispostavlja da se giba po velikim kružnicama hipersfere u prostoru brzina. Definiciju četvero-vektora brzine nam omogućuje reparametrizacija jednadžbe gibanja i jednadžbe za energiju prvenstveno slijedeći J. Göransson (2015.). Jednadžba za ukupnu energiju sustava posjeduje simetriju generiranu elementima grupe  $SO(4)$ . Djelovanjem elementom iz grupe  $SO(4)$  na četvero-vektor brzine dobivamo orbite različitih ekscentriciteta ali istih energija. Generirana je familija takvih orbita i pronađene su infinitezimalne transformacije pod djelovanjem elementa grupe  $SO(4)$ .

## Utjecaj relativnog Wolfvog broja na temperaturne promjene na Zemlji

DANIEL MARKOVIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** The influence of the relative Wolf number on the temperature changes on Earth

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Fizika

**Mentorica:** Doc. dr. sc. Ivana Poljančić Beljan

**Datum obrane:** 29. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:434785](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:434785)

**Sažetak:** Sunčeva aktivnost, koja se manifestira u pojavama kao što su Sunčeve pjege, koronarni izbačaji mase ili Sunčevi bljeskovi, može imati veliki utjecaj na Zemlju te čak uzrokovati klimatske promjene. Najranije poznati oblik Sunčeve aktivnosti su pjege koje je Galileo Galilei opažao prije 500 godina. Pjege su mjesta u fotosferi Sunca gdje na površinu izbija tok magnetnog polja. U pjegama je temperatura niža od okolne fotosfere,

te su zato one tamnije i zato se veće pjegge mogu vidjeti golim okom za vrijeme zalaska Sunca. Švicarski astronom Wolf je sredinom 19. stoljeća uveo formulu za relativan broj pjega koja glasi:  $R = k(10g + f)$ , gdje je  $k$  konstanta koja ovisi o instrumentu i načinu opažanja,  $g$  je broj grupa pjega, a  $f$  je broj pojedinačnih pjega. Promjena relativnog Wolfvog broja je periodična s periodom između 9 i 11 godina. U ovom radu cilj je pobliže proučiti povezanost između vrijednosti relativnog Wolfvog broja i prosječnih godišnjih temperatura na Zemlji uspoređivanjem podataka za relativan Wolfvog broj i prosječne godišnje vrijednosti temperature zraka unazad par stotina godina, koji su preuzeti s internetskih baza podataka te vidjeti postoji li povezanost između te dvije vrijednosti. Za obradu velike količine podataka korišten je programski jezik *Python*, te su na grafu prikazani ti podatci. Uz to, cilj je bio dobivene rezultate usporediti s prijašnjim radovima koji su proučavali povezanost Sunčeve aktivnosti i klime na Zemlji. Iako je utjecaj Sunčevog zračenja mali, moguće ga je povezati s malim ledenim dobom u Europi u drugoj polovici 17. stoljeća.

## Foton–foton raspršenje pri narušenoj Lorentzovoj simetriji

FRAN IVAN VRBAN

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Photon-photon scattering under Lorentz invariance violation

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

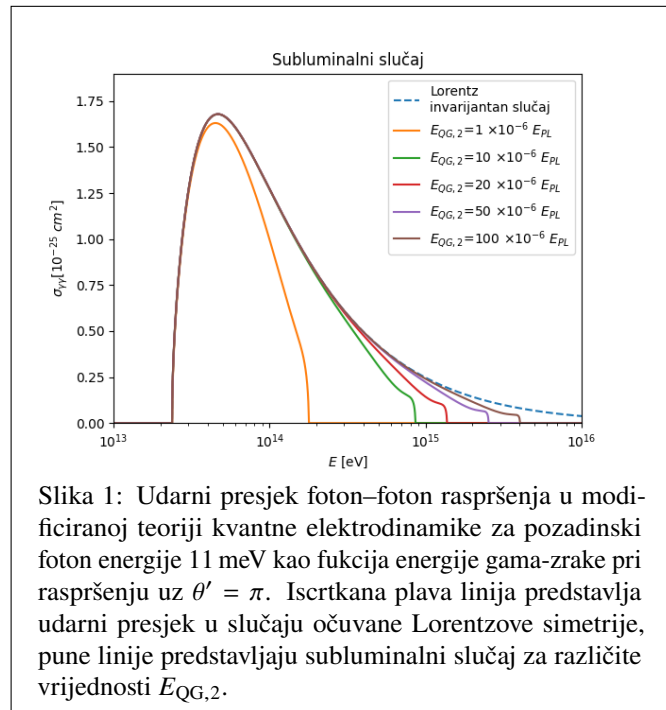
**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Tomislav Terzić

**Datum obrane:** 29. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:385779](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:385779)

**Sažetak:** Lorentzova simetrija je jedna od fundamentalnih simetrija u modernoj fizici, ipak, određeni modeli kvantne gravitacije upućuju na mogućnost narušenja iste. Jedan od mogućih načina detekcije narušenja Lorentzove simetrije omogućuje foton–foton raspršenje gama-zrake na ekstragalaktičkom pozadinskom zračenju. U ovom radu analizira se foton–foton raspršenje u kontekstu standardne i proširene teorije kvantne elektrodinamike. Dan je pregled izvoda Fermijeveg zlatnog pravila i udarnog presjeka za foton–foton raspršenje u standardnoj kvantnoj elektrodinamici. Promotrena je ovisnost udarnog presjeka uz pretpostavku modificirane kinematike procesa. Pomoću modela proširene kvantne elektrodinamike proučava se utjecaj dinamičkih promjena na udarni presjek za foton–foton raspršenje. Analiziran je izvod udarnog presjeka u limesu visokih energija gama-zrake. Izračunat je standardni udarni presjek u laboratorijskom sustavu i dan je opći oblik udarnog presjeka dvočestičnog raspršenja. Primjenjujući dobivene rezultate, odbacuje se ultrarelativistička aproksimacija čime je račun za modificirani udarni presjek za foton–foton raspršenje precizniji u području svih energija. Proučena je kinematika raspršenja u laboratorijskom sustavu.

**Ključne riječi:** narušenje Lorentzove simetrije, foton–foton raspršenje, laboratorijski sustav, udarni presjek



Slika 1: Udarni presjek foton–foton raspršenja u modificiranoj teoriji kvantne elektrodinamike za pozadinski foton energije 11 meV kao funkcija energije gama-zrake pri raspršenju uz  $\theta' = \pi$ . Iscrtkana plava linija predstavlja udarni presjek u slučaju očuvane Lorentzove simetrije, pune linije predstavljaju subluminarni slučaj za različite vrijednosti  $E_{QG,2}$ .

## Određivanje položaja struktura u fotosferi Sunca

KORINA PODNAR

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Determining the tracer's positions in the photosphere of the Sun

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Fizika

**Mentorica:** Doc. dr. sc. Ivana Poljančić Beljan

**Datum obrane:** 30. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:034209](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:034209)

**Sažetak:** Sunčeve su pjegge prozor u kompliciranu magnetsku unutrašnjost Sunca i fasciniraju promatrače Sunca više od četiri stoljeća, čineći najduži, kontinuirani vremenski niz promatranja svih prirodnih pojava u svemiru. Uvod ovog rada opisuje strukturu Sunca kako bi pojave i procesi na toj zvijezdi bili pobliže objašnjeni. Dio Sunca koji čini žarište rada jest fotosfera i njene strukture, još točnije Sunčeve pjegge, čija je definicija dana zajedno s uvidom u njihovo otkriće i nastanak. U glavnom dijelu opisan je način određivanja položaja fotosferskih struktura pomoću poznavanja heliografskih koordinata, elemenata za fizičko opažanje Sunca te njihovo preračunavanje. Nadalje, opisane su metode opažanja pjega te za kraj program Sungrabber pomoću kojeg se mogu određivati položaji na slikama Sunčeva diska.

**Ključne riječi:** Sunce, fotosfera, Sunčeve pjegge, koordinate, heliografska duljina, heliografska širina

## Zvjezdana arheologija

VIKTORIJA BOLJEŠIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Stellar archeology

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Fizika

**Mentorica:** Prof. dr. sc. Rajka Jurdana-Šepić

**Datum obrane:** 30. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:616028](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:616028)

**Sažetak:** Potraga za najstarijim zvijezdama započinje zajedno sa Velikim praskom; određivanje starosti zvijezda temelji se na proučavanju kemijskog sastava zvijezda. Prvi elementi u svemiru bili su vodik i helij te su se kasnije nukleosintezom u zvijezdama stvarali ostali, teži elementi. Jedan od kasnije sintetiziranih elemenata je i ugljik, koji je važan kao kemijski element osnove organskog života na Zemlji.

Prema vremenu nastanka i zastupljenosti kemijskih elemenata zvijezde se kategoriziraju u jednu od tri populacija, populaciju I čine zvijezde s najvećim udjelom metala, ujedno i najmlađe. Populaciju II čine zvijezde druge generacije, koje su siromašne metalima ali ih mogu sintetizirati. Populaciju III čine hipotetske zvijezde koje su nastale u najranijoj fazi zvjezdane evolucije, prije nego su postojali teži elementi. U populaciju III se danas mogu ubrajati samo crne rupe i neutronske zvijezde.

Razumijevanje postanka i razvoja zvijezda tijekom evolucije svemira i određivanje njihove starosti predmet je proučavanja tzv. zvjezdane arheologije.

u cijelosti također je bila od presudne važnosti za odabir analize upravo tog perioda. U ovom su radu napravljena mjerenja za 24. ciklus aktivnosti (2009. - 2020.). Dobivene su vrijednosti za ekvatorske rotacijske brzine (parametar diferencijalne rotacije  $A$ ) i gradijent diferencijalne rotacije (parametar diferencijalne rotacije  $B$ ) za sve godine ciklusa i za ciklus kao cjelinu. Napravljeni su profili diferencijalne rotacije dobiveni prilagodavanjem odgovarajućih krivulja putem metode najmanjih kvadrata pri tome koristeći vrijednosti sideričkih brzina rotacije koje smo dobili pretvorbom iz sinodičkih. Sinodičke brzine rotacije su dobivene metodom dnevnog pomaka ili linearnom metodom najmanjih kvadrata. Nadalje su određene ovisnosti parametara  $A$  i  $B$  o aktivnosti. Rezultati koje smo dobili pokazuju signifikantnu negativnu korelaciju parametra  $A$  i Sunčeve aktivnosti (relativnog Wolfvogog broja) dok rezultati dobiveni za parametar  $B$  pokazuju insignifikantnu negativnu korelaciju. Korišteni opažajući podatci i mjerenja za ovaj rad preuzeti su sa *Kanzelhöhe Observatory for Solar and Environmental research*.

**Cljučne riječi:** Sučeve pjege, Sunčev ciklus, diferencijalna rotacija, zakon diferencijalne rotacije, Sunčeva aktivnost, parametri diferencijalne rotacije, faza ciklusa.

## Ovisnost rotacije i aktivnosti Sunca tijekom 24. Sunčevog ciklusa

TOMISLAV MIHOJEVIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Dependence of the solar differential rotation and activity during the solar cycle no. 24

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

**Mentorica:** Doc. dr. sc. Ivana Poljančić Beljan

**Datum obrane:** 30. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:808415](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:808415)

**Sažetak:** Diferencijalna rotacija Sunca posljedica je gibanja plazme unutar konvektivne zone te je rezultat međudjelovanja plazme i jakih magnetskih polja. Teorijska predviđanja zasnovana na dinamo modelima predviđaju veću vrijednost ekvatorijalne brzine rotacije i gradijenta diferencijalne rotacije (apsolutna vrijednost) za vrijeme minimuma Sunčeve aktivnosti kada imamo povećan prijenos angularnog momenta prema ekvatoru. No dosadašnja se opažanja nisu u potpunosti slagala s numeričkim modelima i rezultatima koja predviđa teorija. Cilj ovog rada upravo je dati bolji uvid u neslaganja teorije i eksperimenta te dati bolji uvid u ovisnost rotacije i aktivnosti. Međutim, činjenica da 24. ciklus Sunčeve aktivnosti u dosadašnjim publikacijama vezanim u KSO podatke nije bio pokriven

## Lokalne varijacije aktivnosti $^{14}\text{C}$ u okolišu u PGŽ

EMMA HESS

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Local variation in radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) environmental activity in PGŽ

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

**Mentorica:** Dr. sc. Andreja Sironić (IRB), znanstvena suradnica

**Koentor:** Doc. dr. sc. Saša Mićanović

**Datum obrane:** 30. rujna 2022.

**Rad u repozitoriju:** [urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:396759](http://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:194:396759)

**Sažetak:** Analiza sastava izotopa ugljika u atmosferskom  $\text{CO}_2$  omogućuje određivanje varijacija u antropogenim aktivnostima na globalnoj i lokalnoj razini. U radu se provode mjerenja  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\Delta^{14}\text{C}$  atmosferskog  $\text{CO}_2$  u Rijeci, Gornjem Jelenju i Pargu sa svrhom uočavanja utjecaja lokalnog Suessovog efekta.  $\delta^{13}\text{C}$  prikupljenih uzoraka mjere se na masenom spektrometru za stabilne izotope (IRMS - u), a za određivanje  $\Delta^{14}\text{C}$  koriste se dvije različite tehnike: radiometrijska (LSC) i masena pektometrija (AMS). Rezultati pokazuju sezonske varijacije koje se podudaraju s promjenama u upotrebi fosilnih goriva za grijanje i vegetativnim periodom.  $\Delta^{14}\text{C}$  Gornjeg Jelenja i Parga su relativno slične, no  $\Delta^{14}\text{C}$  Rijeke niže su od Parga za 22 ‰ te ukazuju na povećani utjecaj emisije  $\text{CO}_2$  fosilnog porijekla. Između Rijeke i čistih lokacija nema značajnijih razlika u  $\delta^{13}\text{C}$  vrijednostima zbog čega se isključivo  $\delta^{13}\text{C}$  analizom ne može procijeniti lokalni Suessov efekt.

**Cljučne riječi:** izotopi, ugljik, atmosferski  $\text{CO}_2$ , Suessov efekt, fosilna goriva.

## Fizika skijanja

ANA JULARIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** The physics of skiing

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Informatika

**Mentorica:** Doc. dr. sc. Ivana Poljančić Beljan

**Datum obrane:** 7. listopada 2022.

**Sažetak:** Skijanje je zimski sport koji se uči praktično, ali za razumijevanje praktičnog dijela skijanja dobro je poznavati i teorijski dio koji se odnosi na mehaniku skijanja. Razumijevanje mehanike skijanja koju sadržava ovaj rad može biti od velike pomoći pri učenju ili poboljšanju vlastite tehnike skijanja. Ovaj rad ne uči čitatelja skijati nego mu iz perspektive fizike teorijski objašnjava kako funkcionira navedeni sport. Fizika skijanja se odnosi na analizu sila koje djeluju na skijaša tijekom gibanja niz snježnu padinu. Kretanje skijaša određeno je brojnim silama koje uzajamno djeluju jedna na drugu prilikom izvođenja različitih tehnika skijanja. U radu se ne analiziraju apsolutno svi utjecaji koji djeluju na skijaša u realnim uvjetima zbog jednostavnosti prikaza. Osim toga, svaka osoba ima svoj stil skijanja usprkos pravilima što generalno otežava sveukupnu analizu skijanja. Uz tehnike skijanja, u radu se govori i o zimskom sportu daskanje na snijegu ili snowboardu koji ima slične karakteristike kao skijanje.

**Ključne riječi:** skijanje, pluzna tehnika, paralelna tehnika

učenika, a kojima se uvode, propituju i istražuju osnovni koncepti poput ravnoteže, prirode fluida, gibanja, zvuka, topline, svjetlosti i građe tvari.

U ovom radu dan je pregled stavova 148 budućih učitelja o ulozi pokusa u razrednoj nastavi, njihovim namjerama da ih primijene u svom radu te vlastita iskustva s izvođenjem pokusa tijekom školskog i akademskog obrazovanja. Stavovi su uspoređeni sa stavovima učiteljice razredne nastave koja u svom radu i nastavnoj praksi koristi pokuse. Na kraju, rezultati istraživanja uspoređeni su sa sličnim istraživanjima koja daju pregled uloge pokusa u nastavi i učenju, stavove budućih učitelja i stavove aktualnih učitelja.

Rezultati su ohrabrujući i značajni u kontekstu potrebe intenziviranja razvoja didaktičkih instrumenata u STEM području u razrednoj nastavi. Ispitanici iskazuju visoku motivaciju i zrele stavove o predmetu istraživanja. Svjesni su važnosti i potrebe izvođenja pokusa kao središnjeg aktivirajućeg instrumenta nastave prirodoslovlja. Otvoreni su za primijene konstruktivističkih tehnika kojima se potiče razvoj učeničkog kritičkog mišljenja, logičkog povezivanja i zaključivanja. Dijelom svoje zadaće kao učitelja vide popularizaciju prirodoslovlja i matematike, razvijanja interesa za STEM područje i otklanjanje negativnih predrasuda o prirodoslovlju i matematici. Ističu zabrinutost za materijalne resurse koje škole mogu osigurati i utoliko veći značaj daju jednostavnim pokusima koji se najčešće izvode priručnim nastavnim sredstvima bez osobitih financijskih zahtjeva.

## Stavovi budućih učitelja o eksperimentalnim metodama u razrednoj nastavi

SARA LEA BAŽANT

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Opinions of teachers in training about experimental methods in classroom teaching

**Studij:** Diplomski studij Fizika i matematika

**Mentorica:** Prof. dr. sc. Rajka Jurdana-Šepić

**Datum obrane:** 26. listopada 2022.

**Sažetak:** Provedeno je istraživanje stavova studenata pete godine Integriranog preddiplomskog i diplomskog sveučilišnog Učiteljskog studija Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, polaznika izbornog kolegija Izvannastavne prirodoslovno matematičke aktivnosti. Uzorak obuhvaća 148 ispitanika anketirana tijekom sedam akademskih godina, od akademske godine 2013./2014. do akademske godine 2019./2020., upitnicima esejskog tipa provedenim po završetku kolegija. Osnovno je načelo kolegija aktivno učenje i poučavanje kroz samostalno izvođenje pokusa iz prirodoslovlja, osposobljavanje budućih učitelja za njihovo demonstriranje, oblikovanje radionica te upoznavanje s načinima popularizacije prirodoslovlja i matematike. Središnji dio kolegija čini 9 praktikumskih vježbi s oko 200 jednostavnih pokusa, metodički oblikovanih i primjerenih ranom uzrastu

## Upper limits of AGN observed by the MAGIC telescopes

LISA NIKOLIĆ

**Naslov rada na hrvatskom jeziku:** Gornje granice detekcije aktivnih galaktičkih jezgri promatranih teleskopima MAGIC

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

**Mentorica:** Prof. dr. sc. Dijana Dominis Prester

**Datum obrane:** 26. listopada 2022.

**Sažetak:** Blazars are Active Galactic Nuclei (AGNs) whose jet is pointed towards the observer. They are usually divided in two sub-classes, depending on the aspect of their optical spectrum. Blazars which present an optical spectrum which lacks of emission lines are categorised as BL Lacertae objects (BL Lacs), while blazars whose optical spectrum shows strong emission lines are named Flat Spectrum Radio Quasars (FSRQs). The majority of blazars who have been found emitting VHE  $\gamma$ -rays are BL Lacs. MAGIC observed and discovered in the VHE  $\gamma$ -ray band many of them in the past years. Nevertheless some of them remained undetected, meaning the significance of the signal was lower than  $5\sigma$ .

For my work of thesis, I gathered information and data from such undetected sources and created a catalog of 41 sources, 25 of which are BL Lacs. From them, I selected a sample of 5 sources which were observed in 2020-2022 as a starting point

for a more complete upper limits study which is in preparation within the MAGIC collaboration. The sources I analysed in detail are: 4FGL J0955.1+3551, 87GB 225250.5+235403, TXS 1700+685, PKS 2247-131 and PKS 2345-16.

From the selected sample of sources I obtained upper limits (ULs) to the light curves (LCs) and spectral energy distributions (SEDs), which can be used in the future to study such sources in a multi-wavelength (MWL) context and define a baseline for future studies in case of detection. ULs can in fact, combined with other MWL data, help in understanding the possible emission scenarios of those sources and into defining strategies to detect them.

**Ključne riječi:** very-high-energy gamma rays, AGN, very-high-energy-astrophysics, MAGIC telescopes, astrophysics, astronomy, blazars, black holes

## Thermonuclear novae explosions: study of RS Ophiuchi with NuGrid

AGATA VUJIĆ

**Naslov rada na hrvatskom jeziku:** Termonuklearne eksplozije novae: Studija o novi RS Ophiuchi sa NuGrid-om

**Studij:** Preddiplomski studij Fizika, smjer Informatika

**Mentorica:** Doc. dr. sc. Marina Manganaro

**Datum obrane:** 29. studenoga 2022.

**Sažetak:** This work of thesis aims to study the properties of the recurrent nova RS Ophiuchi, whose latest outburst phase was observed in August 2021. RS Ophiuchi is a binary system composed of a red giant star and a CO white dwarf (WD). These stars are close enough to have the transfer of matter from the red giant to the WD. The accretion of this matter on the surface of the WD gives rise to recurrent releases of energy by a thermonuclear runaway.

Simulations of the nova RS Ophiuchi were made with MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics) star module as a part of the NuGrid (Nucleosynthesis Grid) collaboration's collection of software tools for simulations. Two different simulations were made for the WD profile with and without convective boundary mixing.

For each WD profile, WD models for different evolutionary paths were made, resulting in WD models with different masses of the accreted shells. For the logarithmic luminosity of the RS Ophiuchi, a value of  $\log_{10} \frac{L}{L_{\odot}} = 1.867$ , has been obtained, and comparison with the logarithmic luminosity of models in plots of constant WD Roche lobe radius brought me to the conclusion that RS Ophiuchi has a greater mass of the accreted envelope than most models. Models with logarithmic luminosity close to the one of RS Ophiuchi of both profiles have both pp-chain, and CNO cycles ignited in their accreted envelope, confirming that these models are good models of the nova RS Ophiuchi.

**Ključne riječi:** RS Ophiuchi, nova, recurrent, simulations, NuGrid, nucleosynthesis, Roche lobe

## Kvantni logički sklopovi

BRUNO PAVLIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Quantum Logic Circuits

**Studij:** Diplomski studij Fizika i matematika

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Zoran Kaliman

**Datum obrane:** 30. studenoga 2022.

**Sažetak:** Ovaj rad nadahnut je člankom Quantum technology: the second quantum revolution. Iznesen je rezultat John S. Bella kojim se odbacuje teorija skrivenih varijabli u kvantnoj mehanici i time se opovrgava teza Alberta Einsteina o spooky action at the distance pri spregnutim česticama. Dan je pregled osnovnih pojmova kvantnog računanja. Uvodi se pojam qubita te reprezentacije istog na Blochovoj sferi. Definirana su najčešće korištena kvantna logička vrata i njihovo djelovanje te se izdvaja Cliffordova grupa unitarnih transformacija. Ističe se efikasnost korištenja kvantnih logičkih sklopova sastavljenih od vrata van Cliffordove grupe na kvantnom računalu, kao i rezultat o nemogućnosti kloniranja nepoznatog kvantnog stanja, ali moguća teleportacija istog. Korištenjem spomenutih kvantnih logičkih vrata, izvodi se Deutschov algoritam. Pomoću kvantnog Fourierovog transformata, prikazan je Shorov algoritam za faktORIZACIJU broja  $N = 21$ . Na kraju dan je osvrt na trenutni položaj kvantnog računala u odnosu na klasična te se objašnjava BB84 protokol.

**Ključne riječi:** qubit, spregnutost, logička vrata, logički sklop, kvantni algoritam, kvantno računalo

## Utjecaj atmosferskih pojava na ljudski kardiovaskularni sustav

LARA ŠEGIĆ

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Influence of atmospheric conditions on human cardiovascular system

**Studij:** Diplomski studij Fizika, smjer Fizika i znanost o okolišu

**Mentorica:** Prof. dr. sc. Dijana Dominis Prester

**Komentor:** Doc. dr. sc. Tomislav Jakljević

**Datum obrane:** 30. studenoga 2022.

**Sažetak:** U ovom radu istraživalo se postoji li korelacija između srčanih problema i atmosferskih parametara, te korelacija između srčanih problema i grmljavina. Istraživanje je provedeno u suradnji s Kliničkim bolničkim centrom Rijeka (KBC Rijeka). Razdoblje za koje su uzeti podaci su siječanj, travanj, srpanj i listopad 2014.g., te listopad 2019.g., na području Primorsko-goranske i Istarske županije. Podaci o atmosferskim



parametrima dobiveni su iz baze podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ-a), a podaci o srčanim problemima uzeti su iz baze podataka KBC-a Rijeka. Promatrala se ovisnost dnevnog broja pojava aritmija, plućnog edema i akutnog koronarnog sindroma, o srednjem dnevnom tlaku, srednjoj dnevnoj relativnoj vlažnosti i srednjoj dnevnoj temperaturi, te o vremenu trajanja grmljavina, u istom danu, i sa pomakom od jednog i dva dana. Promatrala se i ovisnost dnevne pojave aritmija, plućnog edema i akutnog koronarnog sindroma o apsolutnoj vrijednosti promjene srednjeg dnevnog tlaka, srednje dnevne temperature i srednje dnevne relativne vlažnosti, u realnom vremenu, te s pomakom od jednog i dva dana. Za neke od istraživanih ovisnosti dobivene su relativno male  $p$  vrijednosti ( $< 0.05$ ), te Spearmanov koeficijent korelacije od skoro 0.2. S obzirom na mali broj podataka korišten u istraživanju (5 mjeseci), nije se odredila  $p$  vrijednost po kojoj bi se odredila statistička značajnost svake od izračunatih korelacija. Jedino što se zasad može reći je da ako efekt postoji da je mali, te da u nekim od slučajeva postoje naznake moguće korelacije. Ono što je potrebno za preciznije donošenje zaključaka, je ponoviti ovo istraživanje ali sa puno većim brojem podataka.

**Ključne riječi:** korelacija, meteoropatija, atmosferski parametri, tlak zraka, relativna vlažnost zraka, temperatura zraka, grmljavine, Schumannove rezonance, kardiovaskularni sustav čovjeka, aritmije, plućni edem, akutni koronarni sindrom.

## Softverski radio prijemnik i primjene

ANDREJ BELJAN

**Naslov rada na engleskom jeziku:** Software defined radio receiver and applications

**Studij:** Diplomski studij Fizika i matematika

**Mentor:** Dr. sc. Tomislav Jurkić, predavač

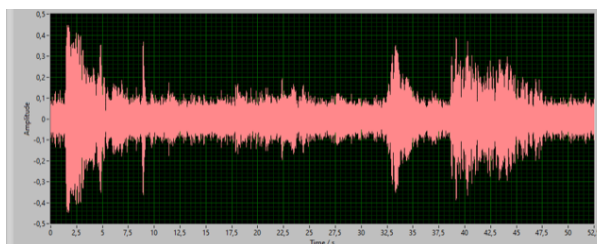
**Komentor:** Izv. prof. dr. sc. Marin Karuza

**Datum obrane:** 30. studenoga 2022.

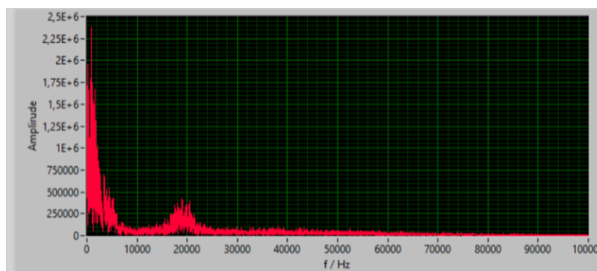
**Sažetak:** Uz Zemlju i druge planete koji su vezani za Sunce, Sunčev sustav čine i manja nebeska tijela, meteoroidi. Meteoroid, tijekom gibanja Sunčevim sustavom može naići i međudjelovati s većim objektom, kao na primjer planetom. U slučaju Zemlje, zbog njezine atmosfere, međudjelovanje je često popraćeno svjetlosnim pojavama koje nazivamo meteorima. Svjetlosne pojave rezultat su ioniziranog plina visokih energija koji ostaje iza objekta. No međudjelovanja meteoroida i atmosfere ne moraju uvijek biti blještava i sjajna. Meteoroidi manjih dimenzija u atmosferi ostavljaju ionizirani trag koji nije vidljiv golim okom, pa se za proučavanje takvih pojava koristi metoda opažanja u radiovalnom području elektromagnetskog spektra. Iz tog razloga važno je poznavati načine rada radiouređaja i metode obrade električnih signala. Stoga ćemo u ovom radu, uz upoznavanje s načinima međudjelovanja meteoroida s atmosferom, opisati i metode njihovog opažanja, princip rada antena te postupak modulacije i demodulacije signala. Dodatno, pružit ćemo teorijsku pozadinu Fourierove analize, odnosno brze Fourierove transformacije kao glavnog matematičkog alata

pri analizi ovisnosti amplitude signala o frekvenciji. Na kraju rada, opisat ćemo postupak snimanja signala u digitalnom obliku te pružiti analizu tri snimljena signala. Analizom signala provjerit ćemo teoriju o raspršenju ioniziranih meteorskih tragova te provjeriti svojstva trigonometrijskih funkcija koja smo koristili u teorijskom dijelu Fourierove analize.

**Ključne riječi:** meteoroid, meteor, radio opažanje, diskretni Fourierov red, brza Fourierova transformacija, amplitudni spektar EM signala



Slika 1. Radioecho nastao refleksijom AM radio signala frekvencije 62 MHz odaslanog sa odašiljača ispod horizonta na ioniziranom meteorskom tragu. Reflektirani radio signal je demoduliran i filtriran.



Slika 2. Amplitudni radiovalni spektar moduliran s 90 MHz i pomnožen s 9,3 MHz. Vidljiv je izolirani i filtrirani signal radio stanice koja odašilje pri frekvenciji 99,3 MHz uz prisustvo bočnog pojasa pomaknutog za 20 kHz.

### IMPRESUM

Zavod za teorijsku fiziku i astrofiziku (ZTFA)

Sveučilište u Rijeci, Fakultet za fiziku

Radmile Matejčić 2, 51000 Rijeka

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](mailto:terzic@phy.uniri.hr)

# Sretan Božić i uspješnu 2023. godinu žele Vam članovi Zavoda za teorijsku fiziku i astrofiziku.

Autorica: Marina Manganaro. Pozadinska slika: NGC 2264, koji se sastoji od Stožaste maglice (Cone Nebula) na dnu i otvorenog skupa Božićno drveće (Christmas Tree cluster). Božićno drveće na slici stoji naglavačke iznad stošca maglice. Sjajna zvijezda tik iznad stošca je vrh božićnog drvca, a vrlo svijetla zvijezda na vrhu slike (S Monocerotis) je središte debla. Također se vidi maglica Lisičje krzno (Fox Fur Nebula) u gornjem desnom kutu, dok se skup Pahuljica (Snowflake Cluster) u sredini bolje vidi na infracrvenoj slici. NGC 2264 udaljen je oko 2300 svjetlosnih godina od Zemlje, a nalazi se u zvijezdu Jednoroga (Monoceros). Izvor: ESO.