

$\Psi$				ἄτο
				μος
	$\frac{d\sigma}{d\Omega}$			

# STUDENTSKA KONFERENCIJA

Metodologija izrade i prezentacija stručnog i znanstvenog rada

					$\Lambda_{\nu}^{\mu}$	
		$A^2$				
$\nu_e$			$\begin{bmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix}$		OFRI	UNIRI
					<b>2019.</b>	

# SADRŽAJ

OPĆE INFORMACIJE	3
POPIS SEKCIJA	4
RASPORED IZLAGANJA	6
SEKCIJA I.	7
$A^2$ aproksimacija u Comptonovom raspršenju na atomskom elektronu	8
Rezonantno raspršenje	9
Specijalna relativnost u klasičnoj elektrodinamici	10
Utjecaj potencijalnog narušenja Lorentzove simetrije na izgled spektara aktivnih galaktičkih jezgara u području gama-zraka vrlo visokih energija	11
De Broglie - Bohmova interpretacija kvantne mehanike	12
SEKCIJA II.	13
Primjena statističke fizike na financijskim podacima	14
SEKCIJA III.	15
Bose - Einsteinova kondenzacija	16
Tekući kristali i primjene	17
Grafen i primjene	18
SEKCIJA IV.	19
Neuralne mreže u astrofizici	20
SEKCIJA V.	21
Primjena stabilnih izotopa kisika i vodika u hidrologiji	22
SEKCIJA VI.	23
MAMI akceleratori	24
Neutrinske oscilacije	25
Sterilni neutrino	26
Anti atom i simetrije u astrofizici	27
SEKCIJA VII.	28
Meteori i meteorski pljusak	29
Trajektorije putovanja na Mars	30
Habitabilni planeti	31
INDEKS AUTORA	32

# OPĆE INFORMACIJE

Godišnja studentska konferencija završni je oblik izlaganja seminarских radova na kolegiju Metodologija izrade i prezentacija stručnog i znanstvenog rada koja se održava u mjesecu lipnju. Ovogodišnja konferencija, koja se održava **5. lipnja** i **12. lipnja**, obuhvaća područja astrofizike i fizike elementarnih čestica, kondenzirane materije, raznolikih područja teorijske fizike, financijske fizike te znanosti o okolišu. Napomenute teme ujedno su i teme završnih radova studenata posljednje godine preddiplomskog studija **Odjela za fiziku, Sveučilišta u Rijeci**.

Rijeka, 2019.

# POPIS SEKCIJA

## SEKCIJA I.

### STATISTIČKA FIZIKA

*K. Jelača: Primjena statističke fizike na financijskim podacima*

## SEKCIJA II.

### TEORIJSKA FIZIKA

*T. Matešić: A2 aproksimacija u Comptonovom raspršenju na atomskom elektronu*

*Angelo Zec: Rezonantno raspršenje*

*Ante Maras: Specijalna relativnost u klasičnoj elektrodinamici*

*Emil Reiter: Utjecaj potencijalnog narušenja Lorentzove simetrije na izgled spektara aktivnih galaktičkih jezgara u području gama-zraka vrlo visokih energija*

*Doris Todorović: De Broglie – Bohmova interpretacija kvantne mehanike*

## SEKCIJA III.

### FIZIKA KONDENZIRANE MATERIJE

*Julia Petrović: Bose - Einsteinova kondenzacija*

*Anita Crnov: Tekući kristali i primjene*

*Danijel Munić: Grafen i primjene*

## SEKCIJA IV.

### METODE U FIZICI

*Karlo Mrakovčić: Neuralne mreže u astrofizici*

## SEKCIJA V.

### ZNANOST O OKOLIŠU

*Primjena stabilnih izotopa kisika i vodika u hidrologiji*

## **SEKCIJA VI.**

### **FIZIKA ELEMENTARNIH ČESTICA**

*Ivan Bubić: MAMI akceleratoro*

*Aldo Arena: Neutrinske oscilacije*

*Leon Halić: Sterilni neutrino*

*Lara Čalić: Anti atom i simetrije u fizici*

## **SEKCIJA VII.**

### **ASTROFIZIKA**

*Ema Topolnjak: Meteori i meteorski pljusak*

*Luka Bartulović: Trajektorije putovanja na Mars*

*Lisa Nikolić: Habitabilni planeti*

# RASPORED IZLAGANJA

srijeda, <b>5. lipnja 2019.</b> (predavaonica <b>O-030</b> )		
<b>Sekcija I: Teorijska fizika</b> (voditelj: Karlo Mrakovčić)		
<b>14:00</b>	Tome Matešić	<i>A2 aproksimacija u Comptonovom raspršenju na atomskom elektronu</i>
<b>14:20</b>	Angelo Zec	<i>Rezonantno raspršenje</i>
<b>14:40</b>	Ante Maras	<i>Specijalna relativnost u klasičnoj elektrodinamici</i>
Pauza		
<b>15:15</b>	Emil Reiter	<i>Utjecaj potencijalnog narušenja Lorentzove simetrije na izgled spektara aktivnih galaktičkih jezgara u području gama-zraka vrlo visokih energija</i>
<b>15:35</b>	Doris Todorović	<i>De Broglie – Bohmova interpretacija kvantne mehanike</i>
<b>Sekcija II: Statistička fizika</b>		
<b>15:55</b>	Karlo Jelača	<i>Primjena statističke fizike na financijskim podacima</i>
Pauza		
<b>Sekcija III: Fizika kondenzirane materije</b> (voditelj: Emil Reiter)		
<b>16:30</b>	Julia Petrović	<i>Bose - Einsteinova kondenzacija</i>
<b>16:50</b>	Anita Crnov	<i>Tekući kristali i primjene</i>
<b>17:10</b>	Danijel Munić	<i>Grafen i primjene</i>
srijeda, <b>12. lipnja 2019.</b> (predavaonica <b>O-029</b> )		
<b>Sekcija IV: Metode u fizici</b> (voditelj: Emil Reiter)		
<b>14:30</b>	Karlo Mrakovčić	<i>Neuralne mreže u astrofizici</i>
<b>Sekcija V: Znanost o okolišu</b>		
<b>14:50</b>	Emma Hess	<i>Primjena stabilnih izotopa kisika i vodika u hidrologiji</i>
<b>Sekcija VI: Fizika elementarnih čestica</b> (voditelj: Tome Matešić)		
<b>15:10</b>	Ivan Bubić	<i>MAMI akcelerator</i>
Pauza		
<b>15:45</b>	Aldo Arena	<i>Neutrinske oscilacije</i>
<b>16:05</b>	Leon Halić	<i>Sterilni neutrino</i>
<b>16:25</b>	Lara Čalić	<i>Anti atom i simetrije u fizici</i>
Pauza		
<b>Sekcija VII: Astrofizika</b>		
<b>17:00</b>	Ema Topolnjak	<i>Meteori i meteorski pljusak</i>
<b>17:20</b>	Luka Bartulović	<i>Trajektorije putovanja na Mars</i>
<b>17:40</b>	Lisa Nikolić	<i>Habitabilni planeti</i>

mjesto održavanja: Zgrada sveučilišnih odjela, Radmile Matejčić 2, Rijeka

**PROSTORIJE O-030 (5.6.2019.) i O-029 (12.6.2018.)**

# SEKCIJA I.

**TEORIJSKA FIZIKA**

# A<sup>2</sup> aproksimacija u Comptonovom raspršenju na atomskom elektronu

Tome Matešić

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: `tmatesic@student.uniri.hr`

Prilikom proučavanja raspršenja na vezanim elektronima nerijetko se poseže za aproksimativnim metodama zbog složenosti S-matričnog računa. Cilj ovog rada je analiza jedne od metoda: A<sup>2</sup> aproksimacije. Uz nju su opisane i druge aproksimacije kao i osnovni pojmovi potrebni za opis samog procesa raspršenja (npr. udarni presjek). Prije raspršenja na vezanom elektronu opisali smo kinematiku raspršenja na slobodnom elektronu, te smo definirali Fermijevo zlatno pravilo koje nam daje vjerojatnost prelaska iz početnog u konačno stanje. Odabir matričnog elementa koji se koristi u računu, a odgovara Comptonovom raspršenju, vršimo pomoću Feynmanovih dijagrama. Ukratko je predstavljena i Klein-Nishinina relacija iz koje se (za visoke frekvencije) može direktno odrediti diferencijalni udarni presjek za slobodni elektron. Središnji dio rada se odnosi na izračun dvostrukih diferencijalnih udarnih presjeka (DDCS) za raspršenje na vezanom elektronu. Za početak je analiziran spektar Comptonovog raspršenja fotona na vezanom elektronu (infracrveni dio, rezonantni dio, te komptonski vrh), te pretpostavke na kojima se zasniva A<sup>2</sup> aproksimacija. DDCS-e za elektrone u K ljusci dobivamo koristeći Bornovu aproksimaciju s konačnim stanjem u obliku ravnog vala i alternativno koristeći Coulombske valne funkcije. Dobiveni rezultati se uspoređuju s eksperimentalnim i drugim aproksimativnim metodama iz čega zaključujemo da je dana aproksimacija valjana u području komptonskog vrha. U dodatku su uključeni izvodi DDCS-a za elektrone u L i M ljuskama, kod u Wolfram Mathematica-i korišten za izračun DDCS-a, metode rješavanja integrala korištenih u računu (npr. integralna reprezentacija konfluentne hipergeometrijske funkcije), te tablice i pravila iz kojih određujemo matrični element za Fermijevo zlatno pravilo. U zaključku je dan osvrt na dobivene rezultate i ulogu A<sup>2</sup> aproksimacije u praktičnoj primjeni Comptonovog raspršenja u sklopu gamma spektroskopije.



# Rezonantno raspršenje

Angelo Zec

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: [angelo.zec@student.uniri.hr](mailto:angelo.zec@student.uniri.hr)

Teorija raspršenja promatra ovisnost diferencijalnog udarnog presjeka i faznog pomaka o energiji upadne čestice i obliku potencijala. Iako se udarni presjek i fazni pomak uglavnom vrlo malo mijenjaju prilikom male promjene energije upadne čestice u nekim slučajevima dolazi do nagle promjene udarnog presjeka i faznog pomaka te pojave oštih maksimuma udarnog presjeka kao funkcije energije upadne čestice. Ta se pojava naziva rezonancijom, a raspršenje kada je energija upadne čestice bliska rezonantnoj energiji rezonantnim raspršenjem. Ovakvo ponašanje ovisnosti udarnog presjeka i faznog pomaka o energiji upadne čestice je neobično te ga je potrebno objasniti na temelju teorije raspršenja. Udarni presjeci biti će izračunati na temelju kvantne mehanike. Metodom parcijalnih valova svaki val možemo rastaviti na sastavne valove različitih angularnih momenata te izračunati amplitude parcijalnih valova primjenom rubnih uvjeta. Pokazati ćemo da teorija rezonantnog raspršenja dobro opisuje nagle promjene udarnog presjeka s promjenom energije upadne čestice te da rezonantne energije odgovaraju energijama vezanih stanja. Rezonancija se pojavljuje u mnogim granama fizike pa razumijevanje rezonantnog raspršenja omogućuje objašnjenje neuobičajenih pojava u teoriji raspršenja.

# Specijalna relativnost u klasičnoj elektrodinamici

Ante Maras

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: ante.maras@student.uniri.hr

Krajem 19. st. jedan od problema Maxwellove teorije klasične elektrodinamike bio je neslaganje s principom relativnosti. Brzina elektromagnetskih valova u vakuumu, prema Maxwellovim jednažbama, ima konstantan iznos  $c$  i ne ovisi o referentnom sustavu u kojem je promatrana. H. A. Lorentz je 1899. g. objavio rad u kojem daje oblik transformacija, izvedenih iz Maxwellovih jednažbi, s kojima je pokušao objasniti negativne rezultate Fizeauovog eksperimenta u kojem je H. Fizeau mjerio brzinu svjetlosti u tekućoj vodi. A. Einstein je 1905. g. proširio Lorentzove ideje sa specijalnom teorijom relativnosti. Cilj ovoga rada bit će pregled relativističkih pojava u klasičnoj elektrodinamici, tj. izvod Lorentzovih transformacija preko Maxwellovih jednažbi, opis transformacije električnog i magnetskog polja te općenit opis invarijantnosti elektrodinamike, uz primjere koji potvrđuju značajna svojstva Lorentzovih transformacija (dilatacija vremena i kontrakcija duljina). Također bit će opisani razni eksperimenti koji su doveli do razvoja specijalne relativnosti i eksperimenti čiji su rezultati objašnjivi relativističkim pristupom (Trouton – Noble, Michelson – Morley, Fizeau,...).

# Utjecaj potencijalnog narušenja Lorentzove simetrije na izgled spektara aktivnih galaktičkih jezgara u području gama-zraka vrlo visokih energija

Emil Reiter

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: erajter@student.uniri.hr

Teorije koje pokušavaju ujediniti kvantnu mehaniku i gravitaciju nazivaju se teorije kvantne gravitacije. Neke od tih teorija predviđaju narušenje Lorentzove simetrije na energijama reda veličine Planckove energije ( $\approx 1,22 \times 10^{19} \text{ GeV}$ ). Te energije puno su veće od energija koje možemo postići eksperimentima na Zemlji. Međutim, neke od posljedica možemo uočiti na energijama koje su nam dostupne. Fokus ovog rada bit će na teorijama kvantne gravitacije koje predviđaju narušenje Lorentzove invarijantnosti i mjerljivim posljedicama. Narušenje Lorentzove simetrije očituje se u izrazu za disperziju fotona

$$E^2 \approx p^2 c^2 \cdot \left( 1 \pm \left( \frac{E}{E_{QG}} \right)^n \right)$$

gdje su  $E$  i  $p$  energija i količina gibanja fotona,  $E_{QG}$  je hipotetska energija na kojoj se opažaju efekti narušenja Lorentzove simetrije, a  $n$  je red vodećeg člana perturbacije. Posljedica potencijalnog narušenja koja će biti promatrana u ovom radu je promjena energijskog spektra zbog drukčijeg međudjelovanja s ekstragalaktičkim pozadinskim zračenjem. Fotoni s izvora mogu ući u interakciju s fotonima ekstragalaktičkog pozadinskog zračenja pri čemu se stvara par elektron-pozitron. Ti fotoni koji su interagirali s fotonima pozadinskog zračenja neće doći do Zemlje pa se opaža atenuacija u spektru. Ukoliko spektralni efekti ne budu opaženi za promatrani izvor, mogu se postaviti ograničenja na iznos  $E_{QG}$ . Pretpostavit ćemo različite intrinzične energijske spektre te promatrati kako bi izgledao spektar opažen na Zemlji ako postoji narušenje Lorentzove simetrije i kako izgleda ako nema narušenja. Napraviti ćemo spektre za različite  $E_{QG}$  i različite udaljenosti izvora visokoenergijskog zračenja od Zemlje (za različite udaljenosti bit će drukčiji Dopplerov efekt). Da bi efekti bili uočljivi, potrebno je promatrati fotone visokih energija koji dolaze iz udaljenih izvora jer što je veća udaljenost, bit će veća vjerojatnost apsorpcije fotona.

# De Broglie - Bohmova interpretacija kvantne mehanike

Doris Todorović

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: [doris.todorovic@student.uniri.hr](mailto:doris.todorovic@student.uniri.hr)

De Broglie – Bohmova interpretacija kvantne mehanike, poznata i pod sljedećim nazivima: *Bohmovska mehanika*, *teorija skrivenih varijabli*, *model pilot valova ili kauzalna interpretacija kvantne mehanike* jest jedna od interpretacija kvantne mehanike u kojoj uz valnu funkciju sistema, koja opisuje vjerojatnosne rezultate procesa mjerenja se dodatno postulira konfiguracija sistema, koja opisuje te determinira ponašanje individualnog sistema čak i kada konfiguracija sistema nije poznata promatraču. Bohmovska mehanika inherentno je deterministička i eksplicitno nelokalna teorija. Ortodoksni pristup Kopenhaške interpretacije, široko prihvaćene teorije gdje je fizikalno stanje sistema u potpunosti određeno valnom funkcijom i koja posljedično određuje samo statističke vjerojatnosti rezultata mjerenja, motivira uvođenje nove interpretacije koja je u mogućnosti objasniti fundamentalnu diskutabilnu problematiku koja proizlazi kao produkt navedene aksiomatske tvrdnje, poput kolapsa valne funkcije ili Bornova pravila. Idejni začetnici ovakve interpretacije bili su A. Einstein, M. Born (1926.) i L. de Broglie (1927.) dok je D. Bohm (1952.) ponudio matematički generalniju i svojstveno konceptualno razrađeniju formulaciju. Cilj ove prezentacije je predstaviti i približiti glavne ideje teorije, dati sustavni pregled suvremene (evolucija sistema u skladu s Schrödingerovom jednadžbom i jednadžbom vođenja) i povijesne matematičke konstrukcije teorije te ponajviše diskutirati filozofske implikacije de Broglie – Bohmove interpretacije na ontologiju kvantno - mehaničke slike uz isticanje pojmova kontekstualnosti i determinizma. Dan je glavni primjer očiglednog sukobljavanja prevladavajuće Kopenhaške i de Broglie – Bohmove interpretacije, no uz očuvanje jednakih rezultata promatranih fizikalnih procesa: Youngov pokus (eng. *double-slit experiment*). Prema idejama Bohmovske mehanike, prolazak čestice prorezom kao i lokacija čestice prilikom detektiranja na ploči su određeni njenom početnom brzinom i valnom funkcijom. Konačno su prezentirane i glavne kritike Bohmovske mehanike. Od 1990.-ih godina interes za de Broglie – Bohmovu interpretaciju raste, a poseban interes znanstvene zajednice može se zamijetiti u posljednjih nekoliko godina u pokušajima pomirbe teorije specijalne relativnosti i kvantne teorije polja (D.Durr, S. Goldstein, N. Zanghi, 2004.).

# **SEKCIJA II.**

## **STATISTIČKA FIZIKA**

# Primjena statističke fizike na financijskim podacima

Karlo Jelača

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: [kjelaca@student.uniri.hr](mailto:kjelaca@student.uniri.hr)

Shvaćanjem da se financijska tržišta temelje na matematičkim procesima, u cijelu priču ulazi i fizika. Time se pojavljuje i pojam ekonofizike, kao spoj fizičkih metoda, korištenih na ekonomskim i financijskim podacima. Cilj takvog interdisciplinarnog polja je aplikacija teorija i metoda već utemeljene u fizici ka rješavanju problema u ekonomiji. To uključuje stohastičke procese i nelinearnu dinamiku. Takavo što se inace naziva i statističkim financijama, razvijenim iz korijena statističke fizike. Osnovni alati fizike u ekonomiji i financijama su vjerojatnost i statističke metode koje su uzete i primjenjive u samoj statističkoj fizici. Najčešće korišteni fizički modeli korišteni u ekonomiji i financijama su kinetička teorija plinova, ili u ekonomiji zvana kinetička razmjena modela tržišta, zatim modeli kaosa razvijeni prvenstveno radi istraživanja srčanih zastoja, te modeli predikcija zemljotresa. Fizika u ekonomiji i financijama je mlada grana, tek u svojim začecima. Ona nije blagonaklono gledana od strane etabliranih fizičara i fizičkih institucija, ali iz dana u dan, to se pomalo mijenja, jer kako se istraživanja nižu, tako se pokazuju neke fundamentalne povezanosti između fizike i samog tržišta, s kojima ćemo jednog dana biti u mogućnosti u nekoj mjeri predvidjeti neke devijacije i kojima ćemo pomoću same fizike moći opisati neka od najkompleksnijih ekonomskih i tržišnih gibanja.

Ključne riječi: Brownovo gibanje, dionice, derivati, obveznice, rizik

# **SEKCIJA III.**

## **FIZIKA KONDENZIRANE MATERIJE**

# Bose - Einsteinova kondenzacija

Julia Petrović

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: [julia.petrovic@student.uniri.hr](mailto:julia.petrovic@student.uniri.hr)

Kvantna statistička fizika, koja se temelji na nerazlikovanju istovrsnih čestica, dijeli se na dvije glavne grane koje proučavaju fermione - čestice polucjelobrojnog spina i bozone - čestice cjelobrojnog spina. Bose - Einsteinova statistika dio je kvantne statističke fizike koja se bavi bozonima kao vrstom višečestičnog sustava čija je glavna karakteristika da više istovrsnih čestica može zauzeti isto kvantno stanje u termodinamičkoj ravnoteži. Teorija o specifičnom ponašanju bozonskog plina na vrlo niskim temperaturama, predstavljena na temelju Bose - Einsteinove statistike od strane Alberta Einsteina 1925. godine, biva eksperimentalno dokazana sedamdeset godina poslije. E. Cornell i C. Wieman te W. Ketterle, voditelji dva tima fizičara neovisno jedan o drugome uspijevaju tehnikama laserskog hlađenja i hlađenja isparavanjem 1995. godine jako razrijeđeni bozonski plin ohladiti do reda veličine mikrokelvina i nanokelvina. Hlađenjem zatvorenog sustava velikog broja slabo interagirajućih bozona povećava se vjerojatnost da će svi zauzeti isto kvantno stanje, s obzirom na to da se smanjenjem energije sustava smanjuje i broj kvantnih stanja koja čestice mogu zauzeti. Time na temperaturama bliskim apsolutnoj nuli dolazi do okupacije najnižeg kvantnog stanja velikog broja istovrsnih bozona. U jednom trenutku takav sustav prelazi u specifično koherentno stanje koje se zove Bose - Einsteinov kondenzat. Pri tom prijelazu dolazi do preklapanja valnih funkcija čestica u jedan tzv. veliki koherentni val, u kojem se ponašanje čestica/valova može usporediti s ponašanjem laserske zrake i pritom proučavati na makroskopskoj razini.



# Tekući kristali i primjene

Anita Crnov

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: [acrnov@student.uniri.hr](mailto:acrnov@student.uniri.hr)

Tekući kristali su organski materijali koji posjeduju svojstva tekućine i kristala. Karakterizira ih dodatno stanje materije, odnosno faza između tekućeg i kristalnog stanja koju nazivamo tekućom kristalnom fazom. Tekući kristali u tom stanju teku poput tekućine ali su im molekule orijentacijski i translacijski uređene što je svojstveno kristalima. Postoji cijeli niz različitih kristalnih faza koje posjeduju različita svojstva zahvaljujući kojima ovi materijali imaju široku primjenu. Ako materijal posjeduje barem jednu kristalnu fazu, tada je on tekući kristal.

Tekuće kristale dijelimo na termotropne koji su temperaturno osjetljivi i liotropne koji su osjetljivi na vodu ili otapalo. Nematični kristal iz skupine termotropnih kristala danas je jedan od najvažnijih materijala u tehnologiji. Upotrebljava se u izradi LCD (engl. *liquid crystal display*) zaslona koji se koriste u uređajima kao što su računala, televizori, kalkulatori, satovi, mobiteli i dr. Najveća prednost korištenja LCD zaslona je mala potrošnja energije i duži vijek trajanja. Zbog navedenih prednosti oni se i dalje koriste više nego neki drugi zasloni. Rad zaslona se temelji na dva specifična svojstva nematskih kristala. Zahvaljujući kristalnoj strukturi prisutna je anizotropija i dvolomnosti materijala, a zbog svojstva tekućine moguće je lako manipuliranje orijentacijom molekula i faznom strukturom uz pomoć vanjskog električnog ili magnetnog polja. Upravo zbog spomenutih dvojnih svojstva ovi materijali imaju široku primjenu u tehnologiji.

Zbog dodatne faze, odnosno tekuće kristalne faze, tekući kristali se izdvajaju od ostalih materijala. Svaka kristalna faza posjeduje različita svojstva koja karakteriziraju pojedini tekući kristal. Zahvaljujući specifičnim svojstvima, tekući kristali su nam od velike važnosti, ne samo u tehnologiji, već i u medicini i farmaceutskoj industriji. Zbog temperaturne osjetljivosti koja je povezana s promjenom boje, nerijetko se koriste i u dekorativne svrhe.

# Grafen i primjene

Danijel Munić

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: danijel.munitic@student.uniri.hr

Grafen je prvi otkriven dvodimenzionalni materijal sastavljen od međusobno višestruko povezanih šesterokutnih struktura ugljika, a možemo ga naći u jako malim ploham kao sastavni dio grafita. Teorijski je predviđen još 1947.g., a eksperimentalno je dobiven 2004.g. od strane dvojice fizičara Andrea Geim i Konstantina Novoselova, za što su dobili i Nobelovu nagradu. Radi se o najčvršćem znanom materijalu (oko 100 puta čvršći od čelika) i elastičnosti (rastezljivost do 20% početne duljine). Električna vodljivost idealnog grafena je najviša od svih poznatih materijala (40% veća od bakra za isti volumen), ima odlična termovodljiva svojstva, i ima niski koeficijent apsorpcije vidljive svjetlosti. Zbog navedenih svojstava stotine laboratorija diljem svijeta istražuju njegova svojstva i proučavaju metode proizvodnje. Grafen ima široku potencijalnu primjenu u elektronici (tranzistori, superkondenzatori, rashladne komponente nanočipova, touchscreen na mobilima..), medicini, strukturnim materijalima, solarnim pločama, filtriranju vode itd. Kombinacijom sa različitim materijalima dobijaju se različita svojstva. Glavni problem komercijalne primjene grafena su nedovoljno jeftini procesi proizvodnje, i dobivanje strukturalno idealnog grafena, iako se postižu veliki napredci. Zasad grafen nije u širokoj primjeni, iako se u zadnje vrijeme počeo češće javljati u svakodnevnim proizvodima (naprimjer novi Huawei mobilni koriste premaz grafena u rashladne svrhe), zasigurno nas čeka uzbuđujuće razdoblje gdje će grafen donijeti bitna poboljšanja prvenstveno u područjima elektronike.

# SEKCIJA IV.

## METODE U FIZICI

# Neuralne mreže u astrofizici

Karlo Mrakovčić

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: karlo.mrakovcic@student.uniri.hr

Umjetna inteligencija san je kojeg čovječanstvo sanja već desetljećima, te su inteligentna računala uvijek bila česta pojava u čovjekovoj slici o budućnosti. Danas više nego ikad nadomak smo tom snu, radi ubrzanog razvoja procesorske moći, ali i zbog velike količine informacija dostupne u modernom dobu. Strojno učenje kao glavni aspekt umjetne inteligencije ključan je za inteligentan stroj jer mu daje mogućnost da se prilagođava problemima koje prvi put susreće. Iako su neuralne mreže kao paradigma programiranja stare 70-ak godina, zaboravljene su zbog tadašnjih nedostataka hardvera, i tek su nedavno ponovno otkrivene te danas predstavljaju predvodnicu razvoja umjetne inteligencije.

Cilj je predstaviti neuralnu mrežu, na najjednostavniji način objasniti njenu strukturu, te dati intuiciju za što su neuralne mreže sve sposobne. Želja je budućim fizičarima prezentirati neuralnu mrežu kao koristan alat u rješavanju širokog spektra problema u znanosti, te dati osnovne pojmove u nadi da se pronađe čim više primjena za ovakav agilni alat.

Neuralne mreže inspiraciju duguju strukturi biološkog mozga što se pokazalo kao izvrsna arhitektura algoritma koji uči na vlastitim greškama. Konvencionalno programiranje pretpostavlja poznavanje svih situacija u kojima se program može naći te smo time ograničeni na probleme koje razumijemo ili znamo riješiti. Međutim neuralne mreže obrađuju podatke na sličan način kako to radi mozak. Mreža je sastavljena od velikog broja jednakih elemenata, neurona, povezanih neuronskim vezama, koji paralelno rade na rješavanju problema. Zbog takve arhitekture neuralne mreže sposobne su riješiti daleko kompleksnije probleme, koje ne moramo direktno programirati.

Neuralne mreže posljednji su krik računalne tehnologije, te zbog svoje okretosti u rješavanju širokog spektra problema, nalaze primjenu u svim sferama ljudskog djelovanja, pa tako i u znanosti.

# **SEKCIJA V.**

**ZNANOST O OKOLIŠU**

# Primjena stabilnih izotopa kisika i vodika u hidrologiji

Emma Hess

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: emma.hess@student.uniri.hr

Podzemne vode su mali dio vodenih resursa na Zemlji te imaju vitalnu ulogu u opskrbi pitkom vodom, industriji i poljoprivredi. Zbog njihovih dragocijenosti stvara se potreba za razumjevanjem i očuvanjem postojećih zaliha. U nastojanju razvijanja održivog modela korištenja vodenih resursa primjenjuju se nove tehnike istraživanja kopnenih voda. U proučavanju porijekla, miješanja i gibanja vode u podzemlju ključnu ulogu imaju izotopi kisika i vodika. Promatrajući koncentracije pojedinih izotopa moguće je razjasniti fizikalne i kemijske procese u hidrološkom ciklusu kojim se opisuju procesi kruženja i obnavljanja vode u prirodi. Izotopi su atomi istog elementa koji imaju jednak broj protona i različit broj neutrona u jezgri, a dijele se na stabilne i radioaktivne. U istraživanju hidrolozi koriste stabilne izotope, a primjer pogodnih stabilnih izotopa u molekuli vode predstavljaju deuterij i kisik-18 ( $^{18}\text{O}$ ), čija se zastupljenost mijenja isključivo u atmosferskom dijelu hidrološkog ciklusa. Brojne studije pokazuju da na koncentraciju izotopa u podzemnim vodama ne utječe podneblje te je stoga moguće pratiti kretanje vode u podzemlju i odrediti joj porijeklo čime se mogu prevenirati glavni problemi sadašnjice – zagađenost i nestašica pitke vode.

# SEKCIJA VI.

FIZIKA ELEMENTARNIH  
ČESTICA

# MAMI akceleratori

Ivan Bubić

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: [ivan.bubic2@student.uniri.hr](mailto:ivan.bubic2@student.uniri.hr)

Prvom polovicom 20. stoljeća napravljeni su prvi akceleratori čestica, uređaji koji snažnim električnim i magnetnim poljima ubrzavaju električki nabijene čestice do visokih kinetičkih energija. Akceleratori najveću upotrebu nalaze u fizici elementarnih čestica, gdje međusobnim sudarima više akceleriranih čestica se otkrivaju nove. Takvi uređaji su često golemi, zahtijevaju velike zgrade i područja, a nerijetko su opterećeni raznim kvarovima i problemima zbog kompleksnosti izrade te predstavljaju velik inženjerski pothvat prilikom gradnje.

Akceleratora ima raznih vrsta koji služe za točno određene situacije, najkorišteniji su linearni akceleratori koji služe za ubrzavanje velikih čestica te i često za početni stadij u sekvenci više akceleratora. Takav akcelerator se upravo i koristi u MAMI-u, kao početni stadij koji se nastavlja na sekvencu 4 međusobno povezanih „Race-track“ mikrotrona, a izmjerene energije na njemu dostižu 3,5 MeV. „Race-track“ mikrotroni (skraćeno RTM) su poseban tip akceleratora koji koriste putanju u obliku trkaćih staza, gdje na linearnom dijelu se čestice ubrzavaju električnim poljima, a na zavojima se zakreće njihova putanja pomoću snažnih magnetnih polja. U sekvenci RTM1-RTM2-RTM3-HDSM postignute su energije redom 14, 180, 855 MeV-a, a na HDSM-u (Harmonic Double-Sided Microtron) je postignuto 1,6 GeV-a kinetičke energije ubrzanih čestica. HDSM je poseban tip „Race-track“ mikrotrona, koji koristi 4 magneta za iskrivljavanje putanje čestica te je jedini korišten u svijetu, a on je inovativno rješenje problema manjeg prostora sa kojim se suočili djelatnici Mainz Mikrotrona.

Na kraju sekvence mikrotrona, nalaze se razni detektori, primjerice X1 detektor rendgenskog zračenja, „Crystal Ball“ i TAPS detektori koji se koriste za istraživanje sudara fotona visokih energija na atome i mnogi drugi. Daljnja istraživanja će upotpuniti teorije u fizici elementarnih čestica te i pomoći razvoju novih tehnologija za korištenje u raznim granama, poput medicine.



# Neutrinske oscilacije

Aldo Arena

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: aldo.arena@student.uniri.hr

Neutrini su ne nabijene elementarne čestice sa spinom  $\frac{1}{2}$  pa spadaju u skupini fermiona. Budući da međudjeluju samo slabom silom nazivamo ih leptonima. Neutrine možemo podijeliti prema okusu pa stoga razlikujemo: elektronski ( $\nu_e$ ), mionski ( $\nu_\mu$ ) i tau ( $\nu_\tau$ ) neutrino. Sunce je najveći izvor elektronskih neutrina, stvaraju se iz pp ciklusa, ali ih je teško detektirati jer imaju jako malu energiju  $E_\nu < 0,5 \text{ MeV}$  pa većina eksperimenata opaža neutrine nastale raspadom Bora u Berilij gdje su energije do  $15 \text{ MeV}$ .

Prvi eksperiment u Homestake Mine u South Dakota, USA, koristi radiokemijsku metodu opažavanja putem inverznog  $\beta$ -raspada. Iako je veliki tok solarnih neutrina, očekivali su samo 1,7 događaj/dan, a opažanja su pokazala  $0,48 \pm 0,04$  događaj/dan. Ovaj deficit je poznat kao problem solarnih neutrina. Drugi slični eksperimenti su provedeni s osjetljivošću na manje energetske neutrine iz pp ciklusa i opažan je isti problem.

Veza između deficita neutrina iz Sunca i njegovih oscilacija postavljena je iz eksperimenta u Kanadi u Sudbury Neutrino Observatory (SNO), gdje su koristeći tešku vodu,  $D_2O$ , omogućili promatranje svih vrsta neutrina sa Sunca. Opažene su 2 vrste slabe interakcije s neutrinima: električno nabijena (CC) i neutralno nabijena (NC). CC-om su interagirali samo  $\nu_e$ , a NC-om su sve vrste (uključujući i elektronski). Opaženi CC tok je bio  $1.8 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  dok je NC tok iznosio  $5.1 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

U Suncu se stvaraju samo elektronski neutrini pa je veliki udio mionskih i tau neutrina bio dokaz promjena okusa neutrina na velikim udaljenostima. S otkrićem neutrinskih oscilacija ustanovilo se da neutrini imaju masu i da se miješaju što nije u skladu sa Standardnim modelom.

# Sterilni neutrino

Leon Halić

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: leon.halic@student.uniri.hr

Neutrini su neutralne elementarne čestice koje su osjetljive samo na slabu nuklearnu silu i gravitaciju. Zanimljivi su jer se ne uklapaju u potpunosti u standardni model čestične fizike. Postojanje njihove mase standardni model ne predviđa, a zahvaljujući neutrinским oscilacijama otkrivenim 1998. godine, znamo da neutrini imaju masu. Rješenje ovog problema i modifikacija standardnog modela glavni je fokus u istraživanju za mnoge znanstvenike u tom području. Jedno od potencijalnih rješenja takvog problema je postojanje sterilnog neutrina.

Moj cilj je objasniti što je sterilni neutrino i kako on rješava problem postojanja mase neutrina te predstaviti problematiku detekcije sterilnih neutrina te predstaviti dosadašnje pokušaje detekcije i njihove rezultate.

Fokusirat ću se na MiniBooNE eksperiment u kojem su 2018. godine pronašli odstupanja od predviđanja standardnog modela. Predstaviti ću postav samog eksperimenta i kako on funkcionira. Prikazat ću rezultate koje su dobili te objasniti što oni znače i kako se interpretiraju.

MiniBooNE eksperiment je detektirao višak  $\nu_e$  (elektron neutrina), sa pouzdanosti od  $4,5\sigma$ . Također je detektirano i višak  $\bar{\nu}_e$  (anti-elektron neutrina) te kombinirajući ove rezultate sa odstupanjima elektron neutrina, pouzdanost raste na  $4,7\sigma$ . Kada bi usporedili ovaj eksperiment sa LSND, koji je također detektirao odstupanje u količini detektiranih elektron neutrina, pouzdanost raste na  $6,0\sigma$ . Prema njihovim modelima, interpretacija ovih podataka bi zahtjevala postojanje minimalno 4 vrste neutrina što ukazuje na fiziku izvan modela sa tri neutrina.

# Anti atom i simetrije u astrofizici

Lara Čalić

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: lcalic@student.uniri.hr

**Kontekst.** Velikim praskom stvorena je jednaka količina čestica materije i antimaterije u početnoj fazi svemira iako je danas situacija nešto drugačija. Sve što je ljudskom oku vidljivo, od najmanji objekata na Zemlji pa do gigantskih svemirskih objekata sastavljeno je od materije. U dodiru čestica materije s česticama anti materije, dolazi do anihilacije, poništava se svaki par čestice i anti čestice, ali ipak ostaje energija koja je bila sadržana u masi.

**Ciljevi.** Upravo, jedan od najvećih izazova u fizici jest objasniti što se dogodilo s materijom (gdje je ona nestala) te zašto su nam vidljive asimetrije između materije i antimaterije. Današnji istraživanja u CERN-u, korištenjem najjednostavnijeg atoma materije – atoma H, stvaraju atome anti čestica. Pri razumijevanju svojstava čestica antimaterije, znanstvenici u CERN-u moraju osigurati što dulje vrijeme postojanja čestice kako bi moglo doći do interakcije s anti česticama zbog čega su razvijaju tehnike kojima se zadržava anti vodik dulje vremena.

**Metode.** Konstrukcijom „Antiproton Decelerator“ (CERN) uspješno su postignuti posebni uvjeti – niskoenergijski protoni, sporijeg gibanja u brojnim eksperimentima kao što su ATHENA, ATRAP i ALPHA. Električno i magnetsko polje drži anti protone odvojene od pozitrona u gotovo savršenom vakuumu koji pozitrone zadržava odvojene od materije. Prolaskom anti protona kroz gusti elektronski plin, dodatno se usporavaju. Za postizanje izrazito niski energija, ALPHA fizičari koriste električni potencijal. Dva tipa nabijenih anti čestica se kombinira u niskoenergijski atom vodika. Upotreba supravodljivih magneta koji generira snažno magnetsko polje, anti vodik uspijeva se zadržati u prostoru dulje vrijeme.

**Rezultati.** Godine 2011., u eksperimentu ALPHA, uspješno su "zarobljeni" atomi antimaterije u vremenskom intervalu od 16 minuta. Prvi put, opažano je pobuđenje fotona anti vodika pri energetske prijelazu iz 1s u 2p stanje korištenjem pulsirajuće laserske svjetlosti  $\lambda = 121 \text{ nm}$  – zvano „Lyman-alpha linija“ (Lymanova serija). Dobiveni rezultati demonstriraju da upotreba svjetlosti pulsirajućeg lasera ima primjenu pri određivanju atoma anti vodika. Lyman-alpha prijelaz fotona jest jedan korak bliže do laserskog hlađenja atoma anti vodika čime bi se postigla još preciznija mjerenja od onih u ALPH-i čime bismo napravili i korak naprijed

# SEKCIJA VII.

**ASTROFIZIKA**

# Meteori i meteorski pljusak

EMA Topolnjak

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: etopolnjak@student.uniri.hr

Pojava na nebu koja nastaje kada Zemljina orbita sjeće putanju kometa, tj. oblak kometove prašine i krhotina naziva se meteorski pljusak. Tijekom meteorskih pljuskova na nebu uočavamo svjetlosne tragove - meteore, koji nastaju prolaskom meteorida kroz Zemljinu atmosferu. Zbog svoje velike brzine tijekom ulaska u atmosferu, meteoridi intereagiraju s njom te na svom putu do Zemljine površine izgaraju. Neki meteoridi većih dimenzija ipak ne izgore u potpunosti, već padnu na Zemljinu površinu i tada im dodjeljujemo naziv meteorit. Postoje različite metode promatranja takvih pojava čijim se kombiniranjem dobiva kompletan skup podataka o pojedinom meteorskom pljuskju. Vizualno promatranje najstarija je metoda koja se temelji na jednostavnom brojanju meteora unutar jednog sata. U današnje vrijeme osnivaju se organizacije specijalizirane isključivo za takva promatranja. Uz vizualna promatranja, vrše se i radio opažanja koja se zasnivaju na refleksiji radio valova na meteoru. Vizualnim i radio promatranjem meteorskih pljuskova određuje se zenitna satna frekvencija (ZHR) pojedinog pljuska, populacijski indeks, indeks mase i prostorna gustoća meteora. Zenitna satna frekvencija je mjera aktivnosti meteorskih pljuskova čiji se radijant nalazi u zenitu, te se na temelju nje i izmjerenog populacijskog indeksa može odrediti prostorna gustoća meteora. Analizom prikupljenih podataka dolazimo do općih karakteristika promatranog meteorskog pljuska. Proučavanje ostataka meteora, tj. meteorita od velike je važnosti jer postoji mogućnost da nose organski materijal koji je imao utjecaj na razvoj života na Zemlji. Daljnim istraživanjima nastoji se unaprijediti znanje o evoluciji i nastanku Sunčevog sustava.

# Trajektorije putovanja na Mars

Luka Bartulović

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: luka.bartulovic@student.uniri.hr

Mogućnost nevjerojatnih otkrića, među kojima i postojanja života, nezaustavljivo guraju svijet prema ljudskoj misiji na Mars. Samim time odlazak ljudi na Crveni Planet polako, ali sigurno postaje novi veliki cilj čovječanstva. Pri planiranju takve misije, ključnu ulogu ima odabir pogodne trajektorije.

Cilj ove prezentacije je upoznati publiku s osnovnim informacijama o gibanju Zemlje i Marsa oko Sunca, načinu odabira trajektorija, opisima samih trajektorija, među kojima su i dvije glavne vrste za ljudsku misiju na Mars (conjunction class i opposition class) te problemima ovakve složene misije kao što su radijacija i mikrogravitacija koje izravno utječu na odabir trajektorije. Kao metodu odabira trajektorija predstaviti će se takozvani Porkchop grafovi kao i izračunate energetske optimalne trajektorije (Hohmann Transfer Orbit (HOT) trajektorije).

Tijekom 1990-ih opposition class trajektorija, koju opisuje kratko vrijeme ostanka na Marsu, smatrala se prvim i jedinim ozbiljnim kandidatom za ljudsku misiju na Mars. Unatoč tome, u prezentaciji ćemo usporedbom conjunction class i opposition class trajektorije pokazati očite prednosti conjunction class trajektorije, kao i velike mane opposition class trajektorije kao na primjer potrebe za prolaskom pokraj Venere (tkzv. Venus swing-by) i time potvrditi misiju sa conjunction class trajektorijama kao današnji prvi izbor za ljudsku misiju na Mars.

# Habitabilni planeti

Lisa Nikolić

Odjel za fiziku

Sveučilište u Rijeci

Radmile Matejčić 2, Rijeka, Hrvatska

E-adresa: [nikolic.lisa@gmail.com](mailto:nikolic.lisa@gmail.com)

Potruga za planetima van Sunčevog sustava nije suvremena tema, a dokaz tome su teorije o egzoplanetima koje potječu još iz 16. stoljeća. Razvojem tehnologije, tokom proteklog desetljeća, došlo je do značajnih otkrića. Neka interesantna pitanja su, jesu li egzoplaneti potencijalno nastanjivi, te postoji li život na drugim planetima.

Cilj ovog rada je objasniti sam pojam habitabilnih planeta, habitabilnosti i habitabilne zone. Bitno je razjasniti koji sve faktori utječu na habitabilnost planeta i što ih čini nastanjivima, kako postojanje atmosfere, vode, kisika ili ostalih elemenata periodnog sustava i spojeva utječu na potencijalnu nastanjivost, te što znači gravitacijska zaključanost planeta. Obrazloženo je kako radijus i temperatura centralne zvijezde te, udaljenost samog planeta od iste, utječu na habitabilnost.

Kako bi se razumjelo na koji način se dolazi do navedenih informacija, prikazane su metode detekcije poput astrometrije, detekcije radijalnom brzinom te, veoma značajne, metode tranzita.

Dokaz sve naprednije tehnologije je broj novootkrivenih egzoplaneta, koji je tokom proteklih nekoliko godina, sa svega par stotina, porastao na nekoliko tisuća. Jedan od značajnijih planetarnih sustava je Trappist-1, sastavljen je od sedam planeta, od kojih se za čak tri pretpostavlja da se nalaze u habitabilnoj zoni.

Proučavanjem habitabilnih planeta dobiva se bolji uvid kako i koji pojedini faktori, poput atmosferskog sastava i mogućeg postojanja vode, kisika ili klorofila povećavaju nastanjivost planeta. Sa tim znanjem i nadolazećom novom tehnologijom, mogućnost otkrivanja udaljenijih i manjih planeta, oko manjih ili hladnijih zvijezda bit će značajno veća, pa će time i broj otkrivenih habitabilnih planeta rasti.

# INDEKS AUTORA

## A

Arena, Aldo · 25

## B

Bartulović, Luka · 30

Bubić, Ivan · 24

## C

Crnov, Anita · 17

## Č

Čalić, Lara · 27

## H

Halić, Leon · 26

Hess, Emma · 22

## J

Jelača, Karlo · 8

## M

Maras, Ante · 12

Matešić, Tome · 10

Mrakovčić, Karlo · 20

Munić, Danijel · 18

## N

Nikolić, Lisa · 31

## P

Petrović, Julia · 16

## R

Reiter, Emil · 13

## T

Todorović, Doris · 14

Topolnjak, Emma · 29

## Z

Zec, Angelo · 11