

FIZIS

ČASOPIS STUDENATA FIZIČKOG FAKULTETA

O rapidnom razvoju kvantnih tehnologija

PROF. DR MARINA RADULAŠKI

Uspeh studenata FF

PLANCKS 2021

Potprostor radoznalosti

MIONSKA ČIGRA I PETI ELEMENT

FIZIČKI FAKULTET, UNIVERZITET U BEOGRADU

Drage koleginice i kolege,

Zadovoljstvo nam je da Vam predstavimo projekat ponovno pokrenutog časopisa studenata Fizičkog fakulteta pod nazivom "FIZIS". Časopis je osmišljen tako da sadrži zanimljive i aktuelne teme iz sveta fizike kako sa naučne strane, tako i sa svakodnevног i karijernog aspekta. U "FIZISU" ćete u formi stalnih rubrika i nezavisnih kolumni moći da čitate intervjue sa raznim profesorima i naučnicima širom sveta, o njihovom životu, studiranju i karijeri u fizici. Imaćete priliku da čitate o interesantnim, stručnim temama iz fizike i matematike koje su edukativnog karaktera i prevazilaze, pa čak i dopunjaju fakultetsko gradivo. Naći ćete neverovatne priče o primeni fizike u različitim civilizacijskim aspektima, čuti o fantastičnim temama iz vrlo naprednih i aktuelnih oblasti istraživanja ali ispričanih tako da ih svi mogu razumeti. Imaćete uvid u najnovija istraživanja i njihove rezultate, ali i u karijerne mogućnosti i savete za dalji razvoj karijere kao fizičara. Tokom prethodnih meseci smo malo usporili sa radom zbog dodatnih ispitnih rokova i napornog semestra, ali vam obećavamo puno interesantnih tekstova u narednom periodu. Planiramo da napravimo internet stranicu časopisa na kojoj će regularno biti objavljivani tekstovi i ostali materijali. Redakciju časopisa trenutno čine: doc. dr Duško Latas, doc. dr Aleksandra Gočanin (do skora Dimić), doc. dr Dragoljub Gočanin i studenti Irina Ručnov, Katarina Prokić, Sara Botić, Jovana Stojković, Luka Jevtović, Zlatan Vasović, Jovan Mitić, Dušan Đorđević.

Pozivamo sve zainteresovane koleginice i kolege da se pridruže uredništvu i pomognu nam da doprinesemo našoj maloj zajednici na jedan kvalitetan i lep način. Najviše posla ima u oblasti dizajna i kreiranju jedinstvenog vizuelnog identiteta časopisa. Ukoliko želite da se prijavite ili imate komentare na tekstove, primedbe i predloge, pišite nam na adresu casopisfizis@ff.bg.ac.rs i uživajte u našem novom-starom časopisu "FIZIS". Takođe, ako želite da dobijate obaveštenja o novom broju časopisa, prijavite se na našu mejling listu putem iste adrese.

Četvrti broj, Leto 2021. godine ——————

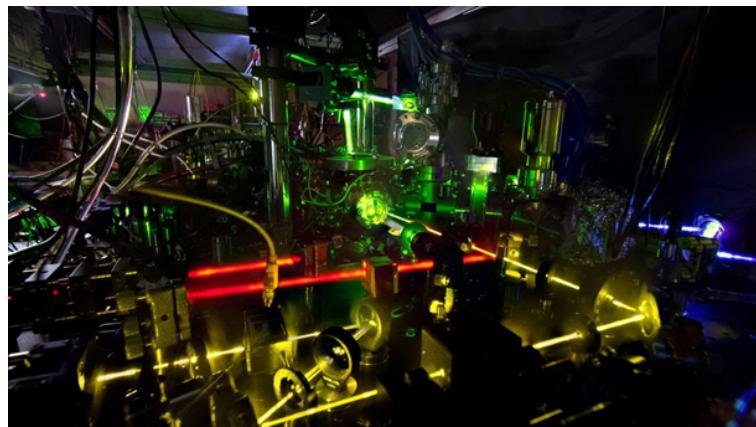
Vesti iz fizike

Laser novi najbrži generator slučajnih brojeva, 2. mart 2021.

Međunarodni tim istraživača napravio je generator slučajnih brojeva zasnovan na laserskoj tehnologiji, 100 puta brži od dosadašnjih rešenja. Nasumičnost potiče od prirodnih fluktuacija u frekvenciji svetlosti lasera. Istraživači predviđaju da će ovakav uređaj moći da stane na jedan računarski čip.
Izvor: [Nature](#)

Korak bliže novoj definiciji sekunde, 24. mart 2021.

Američki Nacionalni institut za nauku i tehnologiju (engl. NIST) postigao je merenje frekvencija optičkih atomskih satova sa relativnom greškom od 10^{-18} . Upoređena su tri različita atomska sata,



© N. Phillips / NIST

a ovo poređenje je najpreciznije do sada. Smatra se da će ovo istraživanje biti osnov za sledeću definiciju sekunde, nakon izmena u SI sistemu jedinica 2019. godine.

[ScienceNews](#)

Mion g-2 i odstupanje od standardnog modela, 7. april 2021.

Novi rezultati iz Fermilabovog eksperimenta Mion g-2 ukazuju na moguće nedostatke u standardnom modelu čestica. Merenjem magnetnih osobina miona uočena su odstupanja od teorijski predviđenih vrednosti. Više o ovome možete pročitati u posebnom tekstu posvećenom ovoj temi.

[Quanta Magazine](#)

Istorijski prvi let na drugoj planeti, 19. april 2021.

NASA je u okviru svoje misije Mars 2020 izvela prvi kontrolisani let na drugoj planeti. Reč je o robotu helikopteru *Ingenuity* koji je na Mars sleteo u roveru *Perseverance*, čija je primarna misija potraga za mikrobijalnim životom na Marsu. Tom prilikom je snimljen i prvi audio zapis sa Marsa, zvuk elise robota helikoptera.

[NASA](#)



© Damian Dovarganes / AP Photo

Masa neutrina procenjena na još manju vrednost, 21. april 2021.

KATRIN eksperiment u Nemačkoj odredio je gornju granicu mase neutrina na 0.8 elektronvolta, što je manje od prethodne granice, 1.1 elektronvolta. Masa je određena iz merenja u beta raspadu tricijuma, pri čemu se emituju elektron i antineutrino. Precizno merenje mase neutrina deo je nerešenog problema porekla mase neutrina.

[ScienceNews](#)

Molekuli dovedeni u jedno kvantno stanje, 28. april 2021.

Istraživači sa Univerziteta u Čikagu uspeli su da dovedu više molekula u jedno kvantno stanje. Već decenijama su poznati praktični načini da se ovo stanje materije, poznatije kao Boze-Ajnštajnov kondenzat, postigne sa atomima. Sada je rezultat postignut i za molekule smanjenjem temperature na 10 nanokelvina i smeštanjem molekula u uzani prostor, tako da se kreću samo u dve dimenzije.

[Phys.org](#)



Rubriku uređuje: Zlatan Vasović, student FF

Studentske vesti

Plancks 2021

Plancks je međunarodno takmičenje koje jednom godišnje organizuje IAPS (*International Organization of Physics Students*). Svaku državu može da predstavlja jedan ili dva tima studenata. Timovi su sačinjeni od tri do četiri studenta osnovnih i master studija. U okviru ovog događaja organizovana su predavanja, radionice i samo takmičenje.

Domaćin ovogodišnje edicije takmičenja, Plancks 2021, trebalo je da bude Porto, Portugalija. Međutim, kao i prethodne godine, Plancks 2021 organizovan je kao događaj na daljinu, ali u novoj formi. Naime, takmičenje je organizovano u formi online hackathon-a (tzv. Planckathon) u trajanju od 36 sati, u periodu od 6. do 9. maja 2021. godine.

Učesnici su prisustvovali online turi kroz grad i na taj način osetili kulturu i običaje Portugalije, a svoje kolege fizičare iz celog sveta, upoznali su putem online druženja i pauza za kafu.

Samo takmičenje je po našem vremenu započelo u petak u 1:00 ujutru, a završilo se u subotu u 1:00 popodne. Pred takmičarima je bilo 12 problema. U prvih 16 sati takmičenja, timovima su bili dostupni prvih 6 zadatka, s tim da je vreme rešavanja zadatka bilo ograničeno na 16 sati od trenutka otvaranja fajla. Svaki zadatak je imao svoj opis, tako da su učesnici mogli da procene da li žele da otvore fajl i započnu rešavanje određenog zadatka. U petak u 19:00 časova, takmičarima je poslat i preostalih 6 zadatka, za koje su važila ista pravila. Rok za slanje rešenja bio je trenutak završetka takmičenja, iako možda po samom zadatku ne bi prošlo 16 sati od otvaranja fajla sa zadatkom.

Ove godine na takmičenju je učestvovalo 50 timova, što je najviše učesnika u dosadašnjoj istoriji takmičenja. Samo neke od država koje su učestvovali su SAD, Meksiko, Južnoafrička republika, Hong Kong, Australija, Rusija, Danska, Ujedinjeno Kraljevstvo, itd.





Tim FF na takmičenju Plancks 2021: Stefan, Đorđe, Ana i Jordan.

Tim koji je predstavljao Srbiju na takmičenju ove godine činili su studenti Fizičkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu:

- Stefan Đorđević (kapiten tima), master student, Teorijska i eksperimentalna fizika
- Đorđe Bogdanović, master student, Teorijska i eksperimentalna fizika
- Ana Knežević, 4. godina, Teorijska i eksperimentalna fizika
- Jordan Grujić, 3. godina, Teorijska i eksperimentalna fizika

Prva tri mesta na takmičenju zauzeli su sledeći timovi:

Prvo: The Fences, University of Oxford, United Kingdom

Drugo: Oachkatzlschwoaf, TU Munich, TU Dresden, University of Goettingen, Germany

Treće: Dark Fermi Gang, University of Cambridge, United Kingdom

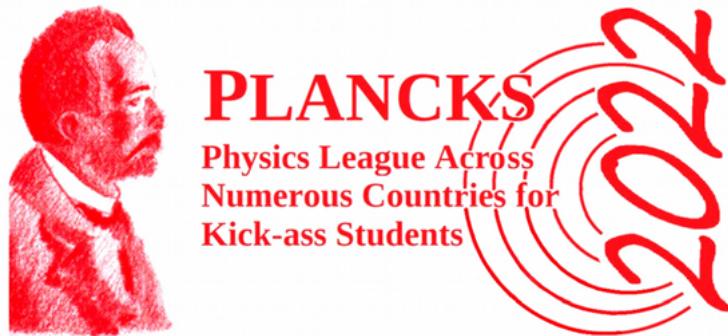
Tim koji je predstavljao Fizički fakultet ove godine je završio na pohvalnom šestom mestu sa 68,67 od 100 poena. Rezultati ovogodišnjeg takmičenja dati su u tabeli na slici, dok se detaljniji rezultati mogu naći na sajtu <https://2021.plancks.org/>.

Place	Team Number	Team Name	Country	Score
1	46	The Fences	United Kingdom	79,63
2	18	Oachkatzlschwoaf	Germany	76,24
3	47	Dark Fermi Gang	United Kingdom	74,16
4	44	Physics Yonkous	Spain	72,71
5	23	Naked Singularity	India	68,77
6	40	C4v Irredicibles	Serbia	68,67
7	30	Bourbakis	Mexico	66,82
8	24	Richard Feynfans	India	65,04
9	37	Skin of the nucleous	Romania	63,98
10	31	Hijos de Galois	Mexico	62,45
11	12	Sennek	Denmark	56,29
12	26	AULAA	Italy	55,88
13	5	DerAlteKannsNichtLassen	Austria	55,56
14	8	It from Qubit	China	54,17
15	16	La Vallée de la Vie	France	53,21
16	35	Polish Planckton	Poland	52,96
17	11	FYKOS	Czech Republic	52,15
18	15	Les physiciens de l'extrême	France	51,67
19	17	k��etw��r��k��m��tihdw��w��	Germany	51,27
20	2	The Giambiagis	Argentina	49,69
21	41	V6	Singapore	49,35
22	14	Plankkista:D	Finland	48,42
23	38	Redshift	Russia	47,78
24	50	<team>	Uruguay	42,73
25	4	Thermonuclear Kittens	Austria	42,13
Place	Team Number	Team Name	Country	Score
26	19	Physicists Orthodoxs	Greece	41,77
27	9	UNIANDES	Colombia	40,67
28	39	The fourth studend state	Russia	40,19
29	42	Springblochs	South Africa	38,29
30	6	Clusters UFRJ	Brazil	37,54
31	49	Berkeley Phunzix	USA	37,50
32	43	Fisquims	Spain	35,69
33	48	Landau-Lifshitz gang	Ukraine	35,27
34	36	Os Boltzmanos e a Rute	Portugal	34,56
35	13	Interstellar Travelers	Ecuador	33,35
36	21	Polyurethane	Hong Kong	28,94
37	10	Fabrizio and friends	Costa Rica	25,98
38	7	Maple syrup	Canada	25,21
39	3	The mUONs	Australia	24,23
40	33	Schrödinger's Pandas	Netherlands	14,81
41	22	Goulash Gang	Hungary	12,92
42	20	EFCM Team	Guatemala	12,50
43	28	Maasai Mara University	Kenya	11,00
44	27	ARU	Kazakhstan	9,50
45	1	ISPTEC	Angola	8,29
46	34	Nojah...Palestine	Palestine	8,00
47	25	Persian Girls	Iran	4,75
48	29	Ananias of Shirak	Lebanon	3,31
49	45	Suda team	Sudan	3,08
50	32	FST Benimellal	Morocco	1,00

Table 1 - Final results PLANCKS 2021

Plancks 2022 će se održati u Minhenu, Nemačka. Organizatori se nadaju da će se takmičenje održati uživo, a zadržće format hackathon-a. Kako organizatori kažu, Plancks predstavlja „Physics

League Across Numerous Countries for Kick-ass Students“, zbog čega je logo za narednu godinu:



Ukoliko želite da prestavljate Fizički fakultet i Republiku Srbiju na ovom takmičenju naredne godine, možete se prijaviti studentkinji predstavnici za ovu godinu (Katarina Prokić). Ukoliko bude bilo prijavljeno više studenata u odnosu na to koliko jedan tim može imati članova, biće organizovano preliminarno takmičenje.

 Izveštaj pripremila: Ana Knežević, studentkinja FF



Razgovor sa naučnicom

Rapidan razvoj kvantnih tehnologija

Prethodna decenija obeležena je rapidnim razvojem kvantnih tehnologija. Pojavili su se prvi kvantni simulatori i kvantni računari, kao i otvorene virtuelne platforme gde je bilo kome, počevši od naučnika, preko studenata i zainteresovanih pojedinaca, omogućeno da isprobira programiranje kvantnih algoritama i uđe u svet kvantnog računarstva koje pretenduje da postane naša svakodnevica. Pored najpoznatijeg primera Google-ovog kvantnog procesora koji je oktobra 2019. dao uvid u kvantu nadmoć (rešavanje problema koji su za klasične kompjutere praktično nemogući, ili mogući tokom eksponencijalno dugog vremena), mnoge velike kompanije su ušle u izgradnju kvantnog hardvera koji bi trebalo da dobije komercijalne primene u različitim granama nauke i privrede. Naša sagovornica u ovom broju, profesorka Marina Radulaški sa Kalifornijskog Univerziteta Dejvis, je osoba koja se upravo bavi kvantnim hardverom, preciznije uređajima baziranim na kvantnoj nanofotonici. Marina je završila osnovne i master studije na Fizičkom fakultetu u Beogradu, diplomski i master rad je radila u SCL (Scientific Computing Laboratory) na Institutu za fiziku u Beogradu, nakon čega odlazi u SAD na Univerzitet Stenford na doktorske studije na odsek za primenjenu fiziku, gde je doktorirala pod mentorstvom profesorke Jelene Vučković u oblasti nanofotonike. Boravila je na praksama i stručnim usavršavanjima na Berkliju, Oksfordu, Beču, Hjule-Pakard laboratorijama...., nagrađivana mnogobrojnim nagradama: *30 Under 30 Up-And-Coming Physicists, Rising stars in EECS*, a početkom godine je do nas stigla vest da je Marina dobitnica prestižne nagrade *National Science Foundation CAREER award* za projekat pod nazivom *Scalable Quantum Photonics based on Color Center Integration with Angle-etched Silicon Carbide Devices*. Čestitamo!

Pre nego što krenemo sa pitanjima vezano za nauku i trenutne projekte, voleli bismo da znamo nešto više o tvom razvojnom putu kao mlade uspešne naučnice. Kako je teklo tvoje naučno putovanje? Kako si birala mesta za stručna usavršavanja? Kako si odlučila da se baviš kvantnim hardverom i zašto baš kvantna nanofotonika?

Studirala sam Fizički i Računarski fakultet i kroz tu kombinaciju sam želela da steknem veštine koje će mi pomoći da modeliram fiziku sa dubokim razumevanjem različitih

oblasti. Fokus je uvek bio na fizici.

Moje interesovanje za fiziku počinje još od srednje škole kroz brovak u Istraživačkoj stanici Petnica. To je bio prvi susret sa naučnim procesom, eksperimentima u kojima učestvuju kvantni uređaji, toerijom kvantne mehanike. Sećam se predavanja o eksperimentu sa dva otvora (*double-slit experiment*) koji je veoma uticao na moje razmišljanje i povukao da razmišljam o kvantnoj mehanici i usavršavam se u tom smeru.

Tokom studija sam išla na različite prakse, što je tada bilo preko organizacije *IAESTE*, kao i preko kontakata ljudi koji su dolazili da drže seminare i predavanja u Beogradu. Jedan od takvih seminara, kada sam bila druga godina osnovnih studija, držali su profesori sa Univerziteta u Beče *Markus Aspelmeyer* i naš *Časlav Brukner*. Govorili su o razvoju kvantne informacije, što mi je zagolicalo maštu. Kontaktirala sam ih i ubrzo otišla u Beč na Fakultet za fiziku na praksi. Markus je bio moj prvi mentor na temi koja se bavi kvantnom infromacijom. Naredna praksa u istoj oblasti bio je odlazak na Oksford preko organizacije *IAESTE*, gde sam radila na kontroli kvantnih sistema laserskim sistemima. Za diplomski rad, na *Berkeley Lab-u*, radila sam na teorijskom projektu, tj. na računarskoj simulaciji koja modelira prenos informacija između kvantnih tačaka.

Bila sam i na nekoliko praksi gde glavna tema nisu bili kvantni uređaji. Jedna od njih je i praksa u Berlinu u čuvenom *Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB)*, gde mi je tema bila fabrikacija magnetnih nanočestica. Iako je prostor fenomenalan, veliki sinhrotron gde si deo ogromne mašine, shvatila sam da me interesuje da radim na eksperimentu koji staje u jednu sobu, odnosno da imam svoj eksperiment. To je bila sjajna prilika da osetim da li bi mi prijaо rad u jednom na taj način drugačijem i dinamičnom okruženju. Tu je bila i praksa i na Institutu za fiziku Poljske akademije nauka, gde sam radila na projektu vezano za teoriju kvantne mehanike, koji je parcijalno vezan za moja dugoročna interesovanja za fiziku.

Puno praksi tokom osnovnih studija je ono što je definisalo moj dalji napredak jer mi je dalo ekspertizu, ali i jasan uvid u to kojom oblašću želim da se bavim. Naravno, to je i dobar pokazatelj rada na sebi, kao i prikaz veština koje poseduješ profesorima koji treba da te zaposle u svojim istraživačkim grupama. Doktorat je dosta posvećenog vremena, tako da su prakse odigrale jako veliku ulogu u mom daljem usmeravanju i napretku.

Moj sledeći korak je bio doktorat na Stanford Univerzitetu na departmanu primenjene fizike pod mentorstvom profesorce *Jelene Vučković*, koja je ekspert u oblasti kvantne nanofotonike. Tu sam stekla široke veštine, iako je grupa eksperimentalna, bavili smo se i teorijskim radom, modelovanjem kvantnih i elektromagnetskih procesa na nano skali. Moja tema su bili kvantni emiteri u silicijum karbidu, koji se zovu kolor centri. Ti kvantni emiteri se ponašaju kao kvazi-atomi u nekoj čvrstotelnoj platformi, tj. mogu da emituju foton po foton, što je značajno u kvantnoj komunikaciji. Kolor centri imaju i elektronski spin koji može da se koristi kao kvantni bit. Postoje procesi koji mogu da naprave kvantne korelacije između spina koji ostaje na kvantnom čipu i izlazećih fotona koji mogu da putuju daleko i da se na taj način poveže sa drugim čvorovima na kvantnoj mreži.

Pitala si me kako baš ta tema. Krenulo je od interesovanja za kvantnu mehaniku, preko interesovanja za rad sa laserima i bila sam zainteresovana i otvorena da putujem što se

tiče teme i da istražujem što više. Kad sam započela doktorat i celokupno istraživanje, u grupi nismo znali da li će to biti relevantno i zanimljivo. Međutim, nakon godinu dana doktorata, pregleda literature i ispitivanja različitih modela, shvatili smo da je u pitanju jako interesantan sistem, tj. platforma za primene u kvantnoj komunikaciji i kvantnom računarstvu. Onda smo ga “napali” svim resursima koje je grupa imala: počevši od nanofabrikacije, preko modeliranja, eksperimenata sa laserima, dok nismo došli do intersetansnih rezultata. I sad, 10 godina kasnije, kolor centri u silicijum karbidu i dalje se aktivno izučavaju i vrlo su atraktivan sistem za mnogobrojne aplikacije.

NSF Career Award je veoma prestižna nagrada. Da li možeš da približiš našim čitaocima o kakvoj nagradi je reč i da nam objasniš o čemu se radi u projektu?

NSF (*National Science Foundation*) je veliko telo u Americi koje finansira bazičnu nauku, što je važno napomenuti. NSF svake godine ima poziv za mlade naučnike koji su profesori, a koji su u prethodnih par godina dobili doktorat. Dodeljuju se u svim oblastima, od fizike, hemije, inženjeringu, pa do društvenih nauka. Ukupno se dodeljuje 500 nagrada, što znači da ima svega par nagrada u svakoj od naučnih disciplina. Kada sagledamo američki obrazovani sistem i broj prijava koje pristignu, vidimo da je selekcija na nekoliko mlađih jako kompetitivna i da je nagrada vrlo prestižna. Sam proces pregledanja grantova ide kroz naučno društvo, što znači da nekoliko eksperata iz tvoje oblasti pregleda prijave, tako da je dobijanje nagrade signal da si na pravom putu i da je tvoja ideja uzbudljiva u tvojoj oblasti. Osim same nauke, ova nagrada se bavi i edukacijom, tj. podstiče projekte koji za cilj imaju obrazovanje novih kadrova u odgovarajućim naučnim disciplinama.

Kada je reč o nanofotonici i kvantnom hardveru, šta se na tom polju dešava? Na čemu ti radiš konkretno?

Nanofotonika je samo jedna od implementacija kvantnog hardvera. Kvantni hardver može da se implementira na nekoliko različitih načina, gde je cilj naći prigodan kvantni sistem koji može da bude u superpoziciji dva stanja. Kod fotonike to je foton, a posmatrani stepen slobode može biti polarizacija fotona (superpozicija horizontalne i vertikalne polarizacije), zatim *time-bin* kjubiti gde je foton u superpoziciji da putuje ranije i kasnije u vremenu, može takođe da bude u superpoziciji frekvencija, tj. energija. Moguće je implementirati kvantni bit i pomoću atoma, gde je neophodno hlađenje na jako niske temperature, potrebni su veliki vakuumski sistemi, pa se tu nižu eskeperimentalne poteškoće da se naprave sistemi koji će imati stotinu do hiljadu kvantnih bitova.

U mojoj oblasti tražimo sisteme koji će imati takvu superpoziciju, ali na čipu. Mi istražujemo kolor centre i gledamo kako da te kolor centre napravimo da budu bolji kvantni objekti, tako što ćemo ih staviti u nanofotonične uređaje. To su nano-optički uređaji, koji se pripremaju kao čipovi za klasične računare, nanofabrikacijom. Oni dizajniraju interakciju svetlosti i materije, tako da mogu da povećaju pouzdanost kvantnih procesa za primene u kvantnom hardveru.

Neke druge grupe istražuju kako se takvi emiteri nalaze recimo u dvodimenzionim materijalima. Čuveno po Nobelovoj nagradi, to bi bilo grafen, ali postoje neki novi

materijali, na primer molibden disulfat koji ima zanimljive emitere. Ono što pokušavamo u mojoj oblasti je da napravimo nešto jako malo, što može da se skalira, da ima mnogo kvantnih sistema na jednom čipu i da operiše na što višim temperaturima. Idealno bi to bila sobna temperatura, ali u većini primena je to u nekom kriostatu, pa se većina istraživanja dešava na 4 kelvina. Sa druge strane, sada komercijalni kvantni računari, one za koje znate iz *Google-a* i -a i slično, baziraju se na superprovodnim kubitima koji se nalaze u dilucionim frižiderima na temperaturama reda mili-kelvina.

Kakvi su izgledi da u narednih desetak godina dobijemo funkcionalne komercijalne kvantne računare?

Pa, pitanje sa razvojem kvantnih računara je šta bi značilo funkcionalni? Motivacija, pre nekoliko decenija je glasila da li može da se napravi dovoljno kompleksan kvantni računar koji na primer može da izvede Šorov ili Groverov algoritam, to su algoritam faktorizacije i algoritam pretrage podataka. Odgovor je da smo dosta daleko od takvih računara koji mogu sa dobrom korekcijom greške da izvedu takve kompleksne funkcije.

Sa pragmatičnije tačke gledišta, u poslednjih deset godina se razvijaju uređaji iz NISQ (*noisy intermediate scale quantum*) ere. Ispostavlja se da ti računari mogu da rade u hibridnom modu sa klasičnim računarima, gde kvantni računar radi ono u čemu je dobar, na primer nađe svojstvene vrednosti i stanja nekog hamiltonijana, a klasični ono u čemu je dobar, a to je neka optimizacija. Trenutno se istražuje kako ti računari, koji su mali prototipi sa nekoliko desetina kvantnih bitova mogu da dobiju neku realnu namenu i za njih se razvijaju različite klase algoritma.

Ono što ja očekujem da ćemo u narednih desetak godina dobiti neku korisnu primenu, ali ne onu koja nas je motivisala od pre nekoliko decenija.

Pored svih obaveza stižeš da radiš sa mladima i popularizaciji nauke, mnogi su imali priliku da pogledaju tvoj intervju na Festivalu Nauke u decembru 2020, zatim da učestvuju na lokalnom Quantum Meetup događaju gde se govorilo o vezi akademije i industrije kad je reč o kvantnim tehnologijama, predavač si u Petnici,... Odakle crpiš energiju za sve te stvari (sad odgovaraš i nama na pitanja)?

Još od srednjoškolskih dana sam motivisana da popularizujem nauku, jer je način razmišljanja koji nam nauka usađuje predivan i to je onaj način razmišljanja koji pomera i razvija čovečanstvo. Nažalost, postajem sve zauzetija i zauzetija, pa je teško naći vreme za takve aktivnosti. Ono u čemu se trudim da budem aktivna jeste učenje svojih studenta kako da rade dobru naučnu popularizaciju kako bismo mogli da inspirišemo što više ljudi.

Šta bi rekla svim našim čitaocima, kakve su perspektive za bavljenje kvantnim tehnologijama i kvantnim računarstvom? Šta bi im preporučila da čitaju, gledaju, odakle da krenu (posebno studentima, a naravno i starijim entuzijastama)?

Za studente fizike, računarstva, matematike, zainteresovane srednjoškolce, velike kompanije poput IBM-a i Microsoft-a na svojim sajtovima daju dosta materijala za učenje za početnike. Postoji IBM-ov udžbenik kako da se programira u *qiskit-u*, na *YouTube-u*

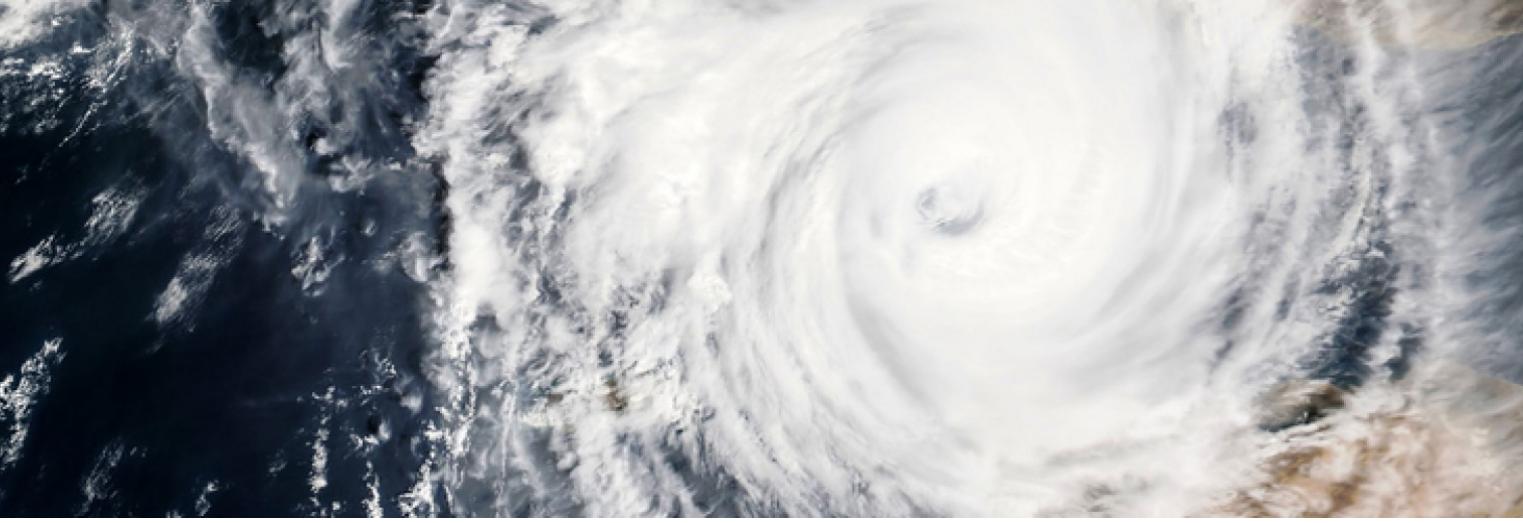
možete naći jako puno predavanja. Dobro je što su materijali dinamični, odnosno knjiga se stalno revidira, što znači da stalno ima novog sadržaja. To bih preporučila mladima da počnu sa učenjem.

Za starije entuzijaste, familijarne sa kvantnom mehanikom, postoji dosta online seminara na sve strane. Lako ih je pronaći, na <https://quantumapalooza.com/> su svi izlistani, pa samo treba izabrati u skladu sa interesovanjima.

I za kraj, hvala puno na pozivu za ovaj intervju.

Marina, veliko hvala na razgovoru!

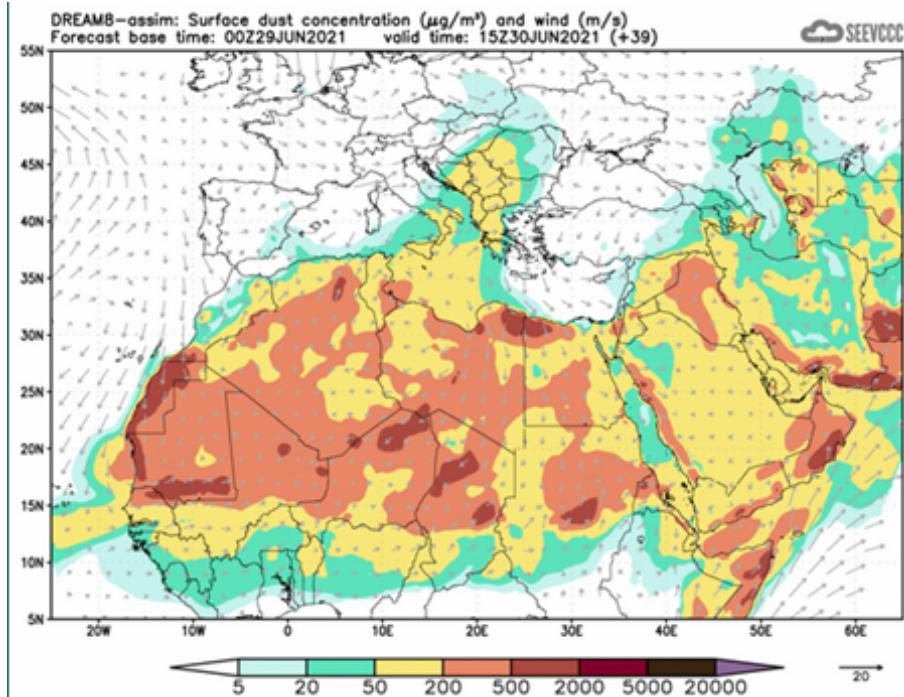
 Razgovor vodila doc. dr Aleksandra Gočanin.



Naučni kutak

PRISUSTVO SAHARSKOG PESKA U ATMOSFERI IZNAD NAŠIH PREDELA

Tokom poslednje dve nedelje juna meseca, mogli smo primetiti da je uprkos veoma intenzivnom sunčevom zračenju, nebo bilo pomalo zamućemo i sivkasto. Razlog tome jeste prisustvo Saharskog peska, koji je iz Afrike dospeo u naša područja. Kako se to dešava, kada najčešće dolazi do ovakvih pojava i da li su one opasne, saznaćete u nastavku teksta.



30. jun - prikaz sadržaja čestica peska u vazduhu.

Kako saharski pesak dolazi do nas?

Svake godine desetine miliona tona prašinskog peska izbací se iz severne Afrike u atmosferu. Snažni sezonski vetrovi tone tih čestica podižu iz područja pustinje Sahara. Pesak koji biva podignut uvis može se zadržati u vazduhu nekoliko dana, putujući dominantnim stujama na visni. Dalja putanja Saharskog peska, određena je sinoptičkom situacijom.

Prisustvo ciklona iznad Sredozemlja, u kombinaciji sa velikom koncentracijom čestica peska u vazduhu, glavni su krvci za pojavu ovog fenomena. Snažna južna i jugozapadna struja zahvataju severne predele Afrike i u roku od 2 do 3 dana prenose čestice do nas. Kao posledica toga, moguća je smanjena vidljivost, ili svima poznata obojena kiša.



24.jun: Saharski pesak nad Beogradom.

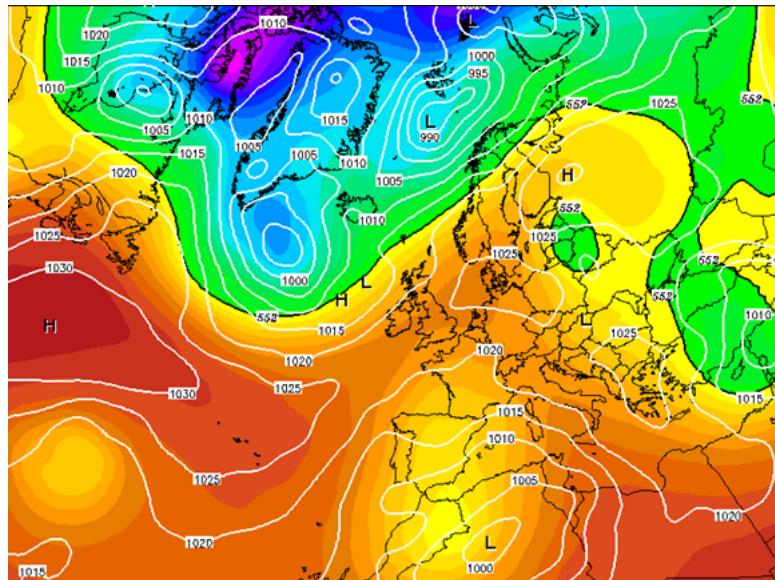
Na slici ispod zatvorene pune linije su izobare koje predstavljaju polje pritiska na na prizemnoj sinoptičkoj karti. Bojama je predstavljeno polje pritiska na visinskoj karti od 500mb. Pomoću njih, možemo prepoznati visinsko strujanje, koje je skoro paralelno izolinijama. Iz ovoga vidimo da struja u sklopu ciklona (označeno slovom L) zahvata severne predele Afrike i čestice peska, koje zatim istim tim strujama prenosi do nas.

U kom delu godine je dominantna ova pojava?

Ova interesantna pojava najčešća je u periodu mart-jun. U zimskim mesecima je moguća, ali znatno ređe, dok je jako retka u jesenjim mesecima.

Uticaj pustinjskog aerosola?

Pustinjski aerosol jedan je od najznačajnijih klimatskih faktora. U dugotalasnom delu spektra je apsorber, dok u kratkotalasnom rasipa enregiju. Podstiče heterogenu nukleaciju kristala leda u atmosferi, redukuje kvalitet vazduha i okidač je za nastanak žutih i kiselih kiša. Pustinjski aerosoli su veoma pogodna jezgra kondenzacije za nastavak vodene kapi. Kada se velika koncentracija aerosola nađe u dovoljno vlažnom sloju vazduha, dolazi do kondenzacije velikog broja kapi na česticama peska, i tada takve kapi padaju na zemlju, kao prljava, obojena ili žuta kiša. Ovo je jedan od načina eliminisanja peska iz atmosfere.



Prizemna sinoptička karta.



Tragovi na kolima.

Drugi metod eliminisanja peska iz atmosefere jesu visinske struje kojima se pesak raznosi dalje, dok ne dođe u područje pogodno za formiranje kišnih embriona.

Opasnost saharskog peska?

Prisustvo povećane koncentracije peska u vazduhu utiču na zagađenje i redukuju kvalitet vazduha. Ipak, to kod nas ovih dana nije bio slučaj jer koncentracije aerosola nisu bile iznad kritičnih vrednosti. Treba napomenuti i negativan uticaj aerosola na vidljivost, kao i uticaj peščane prašine na vazduhoploštvo. Problemi koje izaziva pesak u avijaciji su: preusmeravanje leta zbog loše vidljivosti, poremećaj u sletanju ili poletanju kao i mehanički problemi.

Modeliranje Saharskog peska?

Institut za fiziku u okviru Laboratorije za fiziku životne sredine obuhvata istraživanja u oblasti atmosferskih procesa, transporta i transmisije zagađujućih supstanci (aerosola, gasova..) i procenjuje njihov uticaj na životnu sredinu i klimu. Istraživanja se zasnivaju na primeni modela, analitičkih

metoda, i daljinskih merenja.



Laboratorija za fiziku životne sredine.

LIDAR (Light Detection And Ranging) je aktivna laserska tehnika daljinskog detektovanja na zemlji i ispitivanje atmosfere. Obično se koristi za proučavanje vertiklnih profila oblaka povezanih sa aerosolima, kao i praćenje koncentracije štetnih čestica prisutnih u vazduhu.



LIDAR.

Neki od modela koje možete koristiti ako želite da partite transport i prognozu Saharskog peska, kao i drugih zagađujućih čestica u vazduhu su:

- <https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-forecasts/ensemble-forecast>
- <http://www.seevccc.rs/?p=8>
- <https://www.windy.com/-Aerosol-aod550?aod550,44.817,20.472,5>

Literatura

1. <https://www.forbes.com/sites/marshallshepherd/2021/02/06/why-is-saharan-dust-over-europe-right-now/?sh=7c54bbc51a06>
2. <https://www.nasa.gov/content/goddard/nasa-satellite-reveals-how-much-saharan-dust-feeds-amazon-s-plants>
3. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/nasa-observes-large-saharan-dust-plume-over-atlantic-ocean>
4. <http://www.envpl.ipb.ac.rs/>



Autor: Sara Botić, studentkinja FF



Potprostor radoznalosti

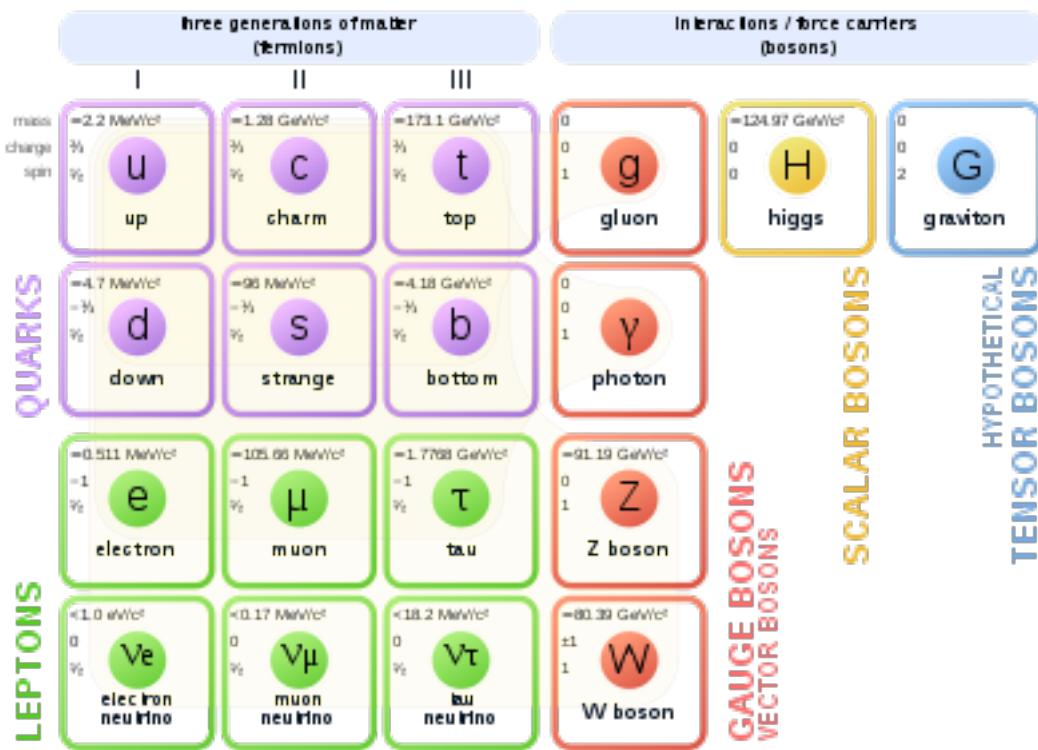
MIONSKA ČIGRA I PETI ELEMENT - NOVA FIZIKA PRED VRATIMA!

Svim vernim čitaocima časopisa „FIZIS“, a posebno predanim pratiocima ove rubrike se kao autor unapred izvinjavam jer znam da očekujete nastavak započete priče o kvantnim računarima u ovom broju. Međutim, u periodu proteklom između prethodnog i ovog broja, imali smo potpuno neočekivanog, ali veoma dobrodošlog gosta (nije Mila Jovović) na pozornici naše nauke koji stremi da nam otkrije potpno nov način na koji univerzum igra svoju igru. Stoga „Potprostor radoznalosti“ ustupa svoj celokupan ovomesečni „span“ eksperimentu, a pre svega rezultatu koji nam uz poruku da još uvek puno toga ne znamo, na poklon donosi novu, petu silu univerzuma!

Od prvih ozbiljnih pokušaja, da kao vrsta, razumemo svet oko sebe i svoje mesto u njemu, pa do danas, prešli smo ogroman put. Put dugačak nekoliko milenijuma koji nas je doveo do neverovatnog razumevanja samih elementarnih blokova egzistencije svega što nas okružuje! Stotine godina proučavanja klasične fizike dozvolile su nam da precizno opišemo sve ono što više-manje neposredno opažamo. Kretanje tela kroz prostor - lagano! Termodinamika i fluidi - nikakav problem! Pa čak i nešto apstraktniji elektromagnetski fenomeni - svi na dohvati ruke! I skoro kad smo bili spremni da proglašimo fiziku kompletnom, odlučili smo da pogledamo još samo malo dublje u gradivne blokove materije... Tamo smo našli iznenade - šamar našoj aroganciji i ideji da bilo šta razumemo! Otkrili smo kvantu mehaniku koja je našu celokupnu predstavu o logici i poretku stvari u univerzumu okrenula naopako. Od tog dana, odlučili smo da uvek gledamo još dublje i da se uvek pitamo ima li ičeg izvan onoga što razumemo. Tako smo u poslednjih sto godina vatrene radoznalosti, genijalnog teoretisanja i neverovatno preciznog eksperimentisanja prirodno došli do modela univerzuma koji čvrsto stoji u temelju našeg razumevanja stvarnosti i koji predstavlja najtačniju i najprovereniju ideju o svemu što do sada znamo - reč je o Standardnom modelu fizike!

Iako nema naročito zvučno ime, Standardni model je vrhunac intelektualne delatnosti ljudskog roda! Kombinujući kvantu mehaniku sa Ajnštajnovom specijalnom teorijom relativnosti, dobijamo

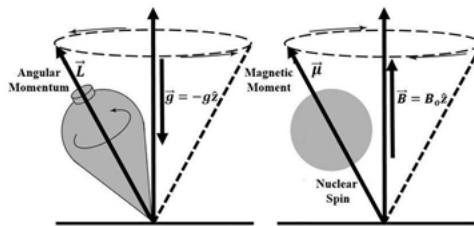
Standard Model of Elementary Particles and Gravity



Standardni model elementarnih čestica sa hipotetičkim prenosiocem gravitacione interakcije.

najprecizniji opis funkcionisanja prirode na njenom fundamentalnom nivou, odnosno na nivou elementarnih čestica. Matematicki alat koji se ovde prirodno javlja, kvantna teorija polja, jasno nam govori da je priroda izgrađena od kvantnih (prostorno-vremenskih) polja koja međusobno interaguju na različite zanimljive načine i čije ekscitacije nam daju čestice. Proučavanjem njihovih osobina zaključili smo da u osnovi imamo 17 elementarnih čestica (ne računajući antimaterijske parove) od kojih 12 fermiona koji grade materiju, 4 gejdž bozona koji prenose interakcije i Higsov bozon koji ostalima daje masu. Ova četiri gejdž bozona su odgovorna za postojanje tri fundamentalne sile (interakcije) koje postoje u univerzumu. Fotoni prenose elektromagnetnu interakciju, gluoni jaku interakciju, a W i Z bozoni slabu interakciju. Ako i gravitaciju posmatramo kao interakciju, a ne artefakt zakrivenjenog prostor-vremena (što je najverovatnije i razlog zašto Standardni model još uvek ne može da objasni gravitaciju) onda dolazimo do čuvene tvrdnje da postoje **četiri fundamentalne sile** koje upravljuju čitavim univerzumom!

Ako je priča o Standardnom modelu i četiri sile nešto sa čime se prvi put susrećete, ostaviću Vas onda da još koji sekund uživate u oduševljenju i neverici da je nešto što zvuči poput postavke epske sci-fi sage zapravo postavka naše realnosti. Takođe će Vam zasladiti celu priču jednom trešnjom na virus u obliku činjenice da je Standardni model toliko tačan i pouzdan model realnosti da su najprecizniji eksperimentalni rezultati koje je čovečanstvo ikada, ma u kojoj nauči dobilo, upravo proistekli iz teorije koju daje Standardni model.



Analogija precesije čigre sa precesijom spina naelektrisane čestice u magnetnom polju.

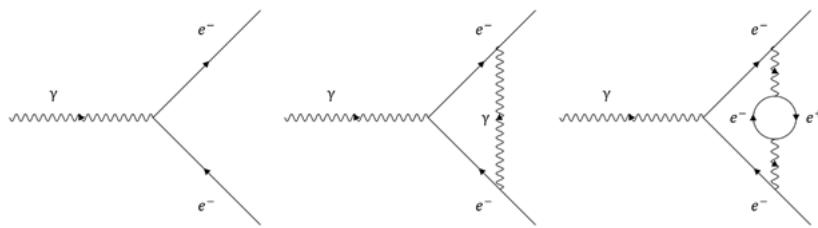
Jedna od mnogih teorijskih predikcija Standardnog modela tiče se ponašanja spina naelektrisanih čestica u spoljašnjem elektromagnetskom polju. Spin, za one koji nisu imali priliku da uče kvantnu mehaniku, nije nikakva rotacija čestice oko svoje ose kako to naučno popularno često biva objašnjeno. Vrlo slično tome kako je naelektrisanje „urođena“ osobina čestice da interaguje sa električnim poljem, tako je spin „urođena“ kvantomehanička osobina čestice da interaguje sa magnetnim poljem, ali za razliku od naelektrisanja koje je skalar, spin je vektor koji svojim matematičkim opisom jako podseća na vektore kojima opisuјemo rotacije čvrstih tela (moment impulsa npr.). Stoga, za svrhe vizualizacije, spin ipak možemo u daljoj priči da zamišljamo kao vektor ose oko koje se čestica vrti.

Kada naelektrisanu česticu, recimo elektron, stavimo u spoljašnje magnetno polje, spin će početi da precesira, odnosno da rotira oko pravca magnetnog polja. To se najlakše može opisati čigrom koja rotira oko svoje ose ali i čija osa lagano rotira oko vertikale. Intenzitet precesije je direktno proporcionalan intenzitetu magnetnog polja potpuno isto kao što bi to bilo sa klasičnom česticom, međutim, kvantni efekti doprinose još jednim faktorom koji nazivamo **g-faktor** i koji za tačkaste čestice poput elektrona iznosi tačno 2. Ipak, nije sve tako čisto...

Jedna od luđih stvari koje nam Standardni model kaže, jeste da vakuum nije prazan! Zapravo, ono što zovemo vakuumom je ispunjeno fluktuacijama pri kojima se konstantno stvaraju i nestaju virtuelne (jer ne možemo da ih detektujemo) čestice i koje u svom kratkom vremenu boravku u stvarnosti rade sve što im pada na pamet i što je dozvoljeno pravilima igre u njihovom sektoru Standardnog modela. Između ostalog, svojim ludovanjem pomalo remete glatku rotaciju naših čestica u magnetnom polju.

Naime, kvantna teorija polja nam kaže da elektron interaguje sa magnetnim poljem tako što zapravo elektronsko polje interaguje sa fotonskim poljem (sećate se da sam ranije napomenuo kako su foton prenosioci EM interakcije) i ta interakcija nije jedinstvena. Interakcija elektrona i foton u najjednostavnijem slučaju može da se desi tako što elektron ide, naleti na foton, apsorbuje mu impuls i nastavi dalje. Međutim, može da se desi da elektron pre sudara sa fotonom emituje virtuelni foton koji će reapsorbovati nakon sudara sa prvim. U još složenijem slučaju, taj novi foton na svom putu od emisije do reapsorpcije može da se raspade na virtuelni elektron-pozitronski par koji se ponovo neutrališe u foton, itd. Mogućnosti su bukvalno beskonačne, ali su ključne! Rezultat da za tačkastu česticu g-faktor iznosi 2, dolazi iz činjenice da računamo samo najjednostavniji slučaj interakcije u kom nema pojavljivanja virtuelnih čestica. Međutim, svi složeniji događaji (koje zovemo događajima višeg reda) imaju kvantuverovatnoću da se dese i doprinose ovom rezultatu u vidu male korekcije. Srećom, što je događaj složeniji, to mu je doprinos manji.

Suština cele ove priče je da nam Standardni model dozvoljava da uračunamo svih beskonačno



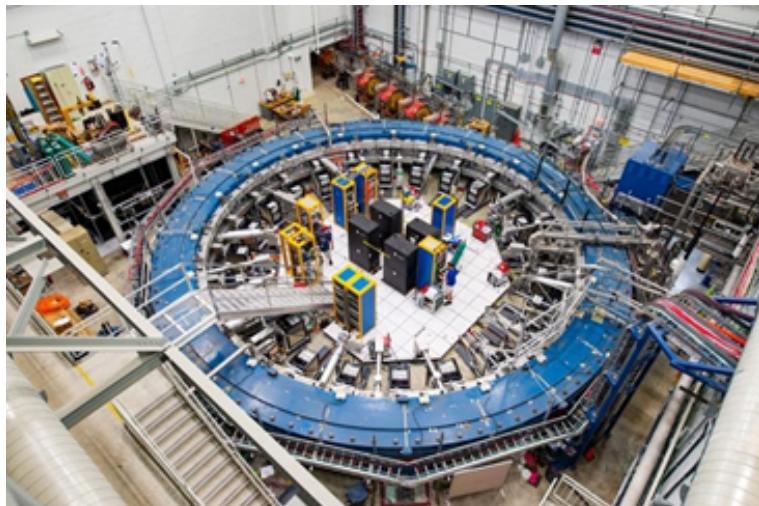
Primer najjednostavnije interakcije elektrona i fotona (levo) i složenijih interakcija višeg reda (sredina i desno).

mnogo različitih događaja koji su njime dozvoljeni i da teorijski izračunamo g-faktor sa tačnošću od 15 decimala, što je jako puno decimala uzevši u obzir da uglavnom rezultat zaokružujemo na dve. Ključna stvar u ovoj rečenici je da za dobijanje tog rezultata uračunavamo bukvalno sve efekte za koje nam Standardni model, kao potpuni opis univerzuma, kaže da postoje u prirodi!

Srećom, današnja tehnologija nam dozvoljava da pored teorijskog predviđanja možemo napraviti suludo precizne eksperimente i izmeriti g-faktor sa neverovatno velikom preciznošću od jedan deo u milijardu. Treba napomenuti da se u eksperimentu ne meri direktno g-faktor već odstupanje g-faktora od dvojke što se naziva anomalnim dipolnim magnetnim momentom i zbog čega se eksperiment i zove g-2 („*ge minus 2*“) eksperiment. Upravo ovo je i urađeno za elektron gde je eksperiment izbacio rezultat koji se poklapa sa teorijom do na 9 decimalnih mesta čime je postignuto jedno od najpreciznijih merenja ikad izvedenih od strane čoveka, ali čime je još jednom potvrđeno da je opis univerzuma koji nam Standardni model daje zapravo dobar.

Ovaj rezultat je lep, ali fizičari su mnogo srećniji kada im rezultati opovrgavaju teoriju, pre nego kad je potvrđuju. To je posebno tačno kada se radi o teorijama za koje slutimo da nisu potpune, jer negativan rezultat pruža uvid upravo u ono što ne znamo, a verovali ili ne, naš neverovatni Standarni model koji je toliko precizan i tačan, upravo spada u grupu sumnjivih... Naime, ne samo da ne može da objasni gravitaciju već ne uspeva da se snađe ni kad na njega bacimo pitanja o tamnoj materiji i tamnoj energiji. Takođe ne uspeva da nam objasni zašto imamo baš toliko čestica koliko nam kaže da imamo kao ni još nekoliko fundamentalnih, ali malo više tehničkih stvari. Dakle, Standardni model je savršen alat za opisivanje svega onoga što znamo, ali nam ne daje odgovore o stvarima koje su nam nepoznate kao što bi prava, jedinstvena „Teorija svega“ trebalo da radi. Zato i ispitujemo fenomene opisane Standardnim modelom, ne bismo li uočili nešto što ne bi trebalo da se dešava i odatle otkrili novu fiziku!

Upravo ovo se dogodilo 2001. godine kada je grupa fizičara iz američkog *Brookhaven National Lab-a* uradila eksperiment merenja g-faktora (tačnije anomalnog momenta), ali ovaj put na antimionu, antimaterijskom paru miona koji je zapravo identičan kao elektron s tim što je daleko masivniji od njega. Rezultat ovog eksperimenta je podigao mnoge obrve među fizičarima jer se eksperimentalno izmerena vrednost antimiona poklapala sa teorijskom do na „samo“ 8 decimala. Ovo možda zvuči kao cepidlačenje, ali sa eksperimentom koji poseduje taj nivo preciznosti i kada se radi o proveri jako sitnih korekcija, odstupanje od Standardnog modela za ceo red veličine je velika stvar. Ako se još uzme u obzir da je pouzdanost rezultata bila $3,5\sigma$, što znači da je verovatnoća da je dobijeni rezultat posledica slučajne fluktuacije svega 1 u 10000, cela stvar postaje potencijalni trag ka nečemu



Fermilab mionski g-2 eksperiment.

novom!

Dvadeset godina kasnije, u februaru 2021. godine druga grupa fizičara iz *Fermilab-a* ponovila je ovaj eksperiment, ali ovog puta sa daleko moćnjom aparaturom. Ceo eksperiment je podignut na viši tehnički nivo kako bi se uklonila svaka potencijalna sumnja iz originalnog eksperimenta. Uprošćena postavka izgleda tako što se protoni ubrzavaju i sudsaraju sa nepokretnom metom usled čega se stvara mlaz pozitivnih piona. Ove čestice se jako brzo raspadaju na antimione ali to rade na takav način da je novonastali mlaz antimiona polarisan, odnosno svi spinovi su poravnati sa pravcem kretanja čestice što je jako bitno. Ovako polarisani antimioni ulaze u superprovodni prsten čije magnetno polje ih usmerava tako da se kreću duž njega u krug. Kada ne bi bilo spoljašnjeg magnetnog polja, pravac spina bi se uvek poklapao sa pravcem impulsa antimiona, ali kada se ono uključi, spin nije sinhronizovan sa impulsom antimiona i nakon što naprave pun krug u prstenu, spin i impuls zaklapaju neki ugao. Antimioni se vrlo brzo raspadaju nakon toga i kao posledica tog raspada nastaju pozitroni koji nastavljaju da se kreću ne u pravcu antimiona, već njihovog spina čime dobijamo informaciju o tome koliko spin precesira.

Rezultat koji je ovim eksperimentom dobijen, ne samo da nije opovrgao prethodni rezultat, već ga je dodatno potvrdio! Naime, odstupanje od Standardnog modela je sada pouzdano sa 4,2 što odgovara mogućnosti da je nastao kao posledica slučajnosti jednom u 40000 puta.

Dakle, sada smo poprilično sigurni da postoji nešto izvan Standardnog modela što ne razumemo i da smo na pragu potpuno nove fizike kakvu, bukvalno, nismo videli do sad. Srećom, iako su ovakve situacije plodno tlo na kome različite nove teorije koje opisuju novi fenomen cvetaju, kvantna teorija polja i dosadašnji rezultati Standardnog modela nam ne ostavljaju previše prostora za maštanje jer je interpretacija novog rezultata poprilično jasna!

Kako je antimion oko 200 puta masivniji od elektrona, to znači da je verovatnoća da se desi neka od onih komplikovanih interakcija 40000 puta veća. To takođe znači da je mogućnost da antimion interaguje sa nekim do sada nepoznatim prenosiocem interakcije 40000 puta veća nego da se to desi

elektronu. I upravo se ovde krije najverovatnije objašnjenje. Eksperiment odstupa od teorije jer nismo uračunali sve što postoji! Dakle, osim naše dobro poznate četiri sile, našim univerzumom vlada još jedna, do sada nama potpuno nepoznata peta sila zbog koje se naše antimionske cigre ne vrte onako kako smo mislili da to rade, ali zbog koje se još ko zna šta drugo dešava ili može da se desi ako nađemo način da je iskoristimo u svrhe razvoja novih tehnologija.

Ipak, treba biti strpljiv i treba biti pažljiv. Iako nas ovakve vesti raduju, fizičari su sa razlogom vrlo temeljni. Kada je reč o otkrićima ove veličine, standard je da rezultat bude makar 5σ pouzdan, što znači da je verovatnoća slučajnog rezultata 1 u 1,7 miliona. Sadašnji rezultat i dalje nije toliko precizan da bi se mogao smatrati definitivnim otkrićem i dokazom da peta sila postoji, ali je dovoljno indikativan da znamo da smo na dobrom tragu i da je ono na što ukazuje verovatnije tačno nego netačno.

Novi eksperimenti su već u pripremi i veoma uskoro bi trebalo da znamo da li je peti element ovog univerzuma ključ za razumevanje nove fizike ili samo čista fantazija fizičara koji čačkaju po finom kroju univerzuma dok u slobodno vreme gledaju naučnofantastične klasike. Kako god da ispadne na kraju, činjenica da smo u stanju da zavirimo u najskrivenije pukotine u našoj stvarnosti je dovoljno fascinantna da se zapitamo da li nam je peti element ovog univerzuma uopšte dovoljno da podmirimo jedinu pravu silu koja nas vodi napred - glad naše radoznalosti!



Autor: Jovan Mitić, student FF



Eksplozija misli

Nauka i društvo

Često se može čuti kako nagli tehnološki razvoj vodi u propast čovečanstva. Ako otvorite vesti iz nauke i tehnologije na bilo kom mediju, naići ćete na reči "novo", "oktriće", ali i "zabrana", "zloupotreba". Svako oktriće je potencijalno kontroverzno, podložno zloupotrebi, pa shodno tome može biti zabranjeno.

Primera za ovu tvrdnju ima mnogo. Ubedljivo najpoznatiji je atomska bomba. Četdesetih godina su gotovo svi uticajni fizičari tog vremena učestvovali u Projektu Menhetn, čiji je cilj bio proizvodnja prve atomske bombe. Nakon što je projekat završen uspešnom probom u Nju Meksiku, kodnog imena "Triniti", ubrzo je usledila prva i (zasad) jedina upotreba nuklearnog oružja u ratu. Bombardovanje Hirošime i Nagasakija opravdavano je bržim završetkom rata i manjim brojem žrtava. Obe tvrdnje su već tada bile kontroverzne, ali je broj nuklearnih bombi u svetu stalno rastao, dostigavši 60.000 u jednom momentu. Ipak, kroz višedecenijsko međunarodno zalaganje postignut je značajan uspeh u nuklearnom razoružavanju, pa je ovaj broj danas značajno manji, tek oko 15.000. Polako ali sigurno svet izlazi iz doba straha od nuklearnog uništenja i ulazi u nuklearnu budućnost. Po mnogim istraživanjima je upravo nuklearna energija jedina koja može zameniti neobnovljive izvore energije po svom kapacitetu za proizvodnju. Rešavanje problema globalnog zagrevanja bez nuklearne energije će sigurno biti teže, ako ne i nemoguće, jer je ovaj način proizvodnje i efikasan i čist, ma kakvu svest o nuklearnom zagađenju mi imali.

Sledeći na tapetu su projekat ljudskog genoma i genetički inženjerинг. Koliko puta ste samo čuli frazu da je sve zapisano u genima. Oni se doživljavaju kao deo ličnosti, koji drugi nikako ne smeju da uzmu. Baš zato je ljudska problematična ideja s kraja 20. veka da se geni po potrebi menjaju (genetički inženjerинг), kao i ideja da se redosled svih ljudskih gena pročita (projekat ljudskog genoma). Prva ideja nudi mogućnost da se geni unaprede, a druga da se utvrde mesta za unapređenje. Time je stvoren način da se mnoge bolesti "izleče" čak i pre rođenja. Iako su ova naučna postignuća očigledno podložna zloupotrebi, do nje nije došlo izuzev retkih izolovanih

slučajeva. Nezaobilazan standard za istraživače u ovim oblastima je da poštuju striktan kodeks ponašanja. Takođe, neophodno je i da se svi koraci u istraživanju transparentno izlože. U suprotnom, rad i sam istraživač su diskreditovani.

Veštačka inteligencija jedna je od najzastupljenijih naučnih tema u modernoj kulturi. Setite se samo naučno popularnih filmova iz franšiza "Terminator" i "Matriks". Iako smo daleko od mašina sa samostalnom inteligencijom, strah od robota ubica je već prisutan pri samom pomenu ove teme. Postoji jako slabo razumevanje u društvu šta ova tehnologija zaista jeste. U svom sadašnjem obliku, to je softver pomoću kog mašina uči na poznatim primerima i na osnovu toga postane sposobna da sama zaključuje o onome što dosad nije videla. Recimo, učenjem mnogo slika mačaka ona može da prepozna mačku na nekoj novoj slici. Kao najveći problem nameće se upotreba veštačke inteligencije za kontrolu stanovništva i za proizvodnju oružja. Zato je neophodno razviti svest o nadolazećim promenama, a ta svest se neće razviti širenjem panike i straha. Samo ako se ova napredna tehnologija konstantno drži pod radarom, neće biti prostora da ona ode u pogrešne ruke.

Rešenje za pitanja i probleme koje nameće nauka ne možemo tražiti u zabrani ili, još gore, ignorisanju istih. Takav pristup do sada nije rešio nijedan problem, jer nikakva zabrana ne uspeva da zadrži razvoj nauke. Ono što možemo je da naučna dostignuća regulišemo i borimo se da se ona upotrebe za dobrobit čovečanstva, a ne na njegovu štetu.



Autor: Zlatan Vasović, student FF



Fizika u neke druge svrhe

Zalutala u matematici: kako je fizika skrenula sa puta? Kompleksnost kvantne mehanike

Dragi čitaoče, Pred tobom se nalazi drugi izmenjeni deo mog seminarskog rada pisanog za predmet Kvantna teorijska fizika. Ovaj deo posvećen je poglavljju koje govori o kvantnoj mehanici. Iskreno se nadam da će te ovaj deo zainteresovati za ovu oblast fizike.

Šesto poglavlje knjige autorka je posvetila kvantnoj mehanici, jedinom priznatom ružnom pačetu među prelepim oblastima fizike. Kvantna mehanika odlično opisuje atomski svet i subatomske čestice. Testirana je desetinama, ako ne i stotinama puta, i svaki put je radila odlično. Jednačine kvantne mehanike su relativno jednostavne za rešavanje, ali problem ipak postoji i tiče se upravo estetike ove teorije. Kvantna mehanika nije lako razumljiva i ne deluje estetski lepo kao druge prihvaćene naučne teorije.

Kvantna mehanika ima svoja nepromenjiva pravila, ali se menjaju njihova tumačenja. Kako se ne može promeniti način funkcionisanja sveta koji opisuje kvantna mehanika, možemo da pokušamo da drugačije tumačimo pravila igre. Upravo ovakvo posmatranje je navelo fizičare da se pozabave matematikom i tumačenjem jednačina: uopšteno govoreći, postoje dve škole tumačenja kvantne fizike.

Prva grupa tumačenja je bliža naučnim teorijama koje su starije od kvantne fizike, a koje nama imaju više smisla zbog toga što smo na njih već navikli. Međutim, ostaju neki drugi problemi sa kojima se naučnici moraju suočiti. Jedan od njih je tzv. kolaps talasne funkcije. Kolaps talasne funkcije se dešava kada talasna funkcija (koja može da bude superpozicija raznih stanja) uzme jedno svojstveno stanje, a to stanje ima svojstvenu vrednost koju merimo instrumentima. Dakle, kolaps se dešava prilikom merenja. Međutim, dan-danas postoje razne neslaganja oko ovoga, pa otud razne interpretacije.

Jedna od interpretacija iz ove grupe podrazumeva da do kolapsa nikada ne dolazi, nego se talasna funkcija grana na izvestan način u razne svetove koji postoje zbog mogućnosti za dobijanje različitih rezultata merenja. Na kraju ostaje samo da saznamo zašto živimo baš u ovom svetu? Možda ovaj svet nije najbolji od svih mogućih svetova, nego najverovatniji.

Druga grupa tumačenja podrazumeva da talasna funkcija sadrži sve informacije o svetu. Primer ovakvog tumačenja je kopenhagensko tumačenje koje se najčešće podučava na fakultetima. Nažalost, postoji jedna velika mana u ovom pristupu: pitanja koja imamo prosto se odbacuju kao nebitna. Jedno takvo pitanje je: šta je čestica radila pre nego što je obavljeno merenje? Još jedna interpretacija koja spada u drugu grupu je KuBizam. Ovde je teorija verovatnoće neophodna, pa zato tumačenje nosi naziv po metodu za računanje verovatnoća: *Bayes inference*. Talasna funkcija služi za sakupljanje informacija koje posmatrač ima, a redovno se osvežava baza informacija svaki put kada posmatrač izvrši merenje.

U ovom poglavlju autorka razgovara sa Stivenom Vajnbergom, jednim od najvećih imena moderne fizike. Da bi ga intervjuisala, otputovala je u Ostin, država Teksas, u cilju da porazgovaraju o temeljima kvantne mehanike.

Vajnberg konstatiše da je teško doći do teorije koja je bolja od kvantne teorije. Što se njega tiče, kvantna mehanika ima pojedine osobine koje su nama kao ljudima odbojne. Dalje, smatra da je nedopustivo da se u aksiomima kvantne mehanike pojavljuju ljudi kao deo istih. Jedan način da se ovaj problem otkloni je da se ljudska bića tretiraju na kvantni način. To bi značilo da talasna funkcija tokom evolucije stanja sadrži u sebi članove koji odgovaraju svedočenjima posmatrača. Doduše, Vajnberg odmah priznaje da postoji problem ogromnog broja istorija. Razgovor sa Vajnbergom se završava zaključkom kako se često ne menjaju naučne teorije, već način na koji ih naučnici interpretiraju.

Pored sadržaja ovog razgovora, interesantne su i primedbe autorke o tome kako je Vajnberg posmatra i ponaša se tokom intervjua. Bilo je fascinantno dobiti uvid u njegov karakter s obzirom na to koliko je značajna njegova ličnost u modernoj nauci.

Nešto kasnije u ovom poglavlju pominje se način koji bi pomogao ljudima da se naviknu na logiku kvantne mehanike. U pitanju je video igra *Quantum Moves*, u kojoj igrači imaju zadatke koji su zasnovani na kvantnoj mehanici, ali nisu uključene jednačine ili bilo kakva matematika. Cilj ove igre je da igrači naviknu na to kako iz perspektive kvantne mehanike izgleda svet. Kada bi igrači navikli na taj pogled bilo bi im olakšano dalje snalaženje u okviru ove naučne oblasti. Moram priznati da je ovaj pristup izuzetno moderan s obzirom na to da je gejmifikacija učenja pravi trend koji tek uzima maha. Gejmifikacija učenja je koncept koji podrazumeva učenje kompleksnih koncepata kroz igru. Igre mogu biti društvene ili video igre, ali zajednički im je neobavezni istraživački pohod na koji šalju igrače.

Jedan od neobičnih i zanimljivih razgovora je onaj koji Sabine vodi sa Čadom o omiljenim tumačenjima kvantne teorije. Običan razgovor pretvorio se u filozofsku raspravu o gorenavedenim načinima posmatranja talasne funkcije. Neću ulaziti u detalje, ali ću zaključiti da je neophodno da se naučnici pozabave filozofskim pitanjima, a ne isključivo merenjima. Jedno takvo pitanje je: zašto je uopšte moguće svet opisati matematički?

Na kraju šestog poglavlja takođe su izneti zaključci autorke:

1. Kvantna mehanika radi, ali se fizičari žale na njenu neintuitivnost i ružnoću.
2. Intuicija se razvija kroz iskustvo, a video igre predstavljaju dobar način da se buduća pokolenja naviknu kvantnu mehaniku.
3. Možda je teže razumeti kvantnu mehaniku nego što smo prvobitno mislili.

Ovo poglavlje bilo je izuzetno informativno i naučila sam više o različitim tumačenjima kvantne mehanike. Shvatila sam da postoje razni načini da se pristupi posmatranju talasne funkcije i mislim da više neću moći da je gledam na isti način, a da se ne zapitam da li grešim. Veoma je značajno to što makar na ovom mestu postoji rešenje koje bi fizičarima pomoglo da se naviknu na kvantni svet: igrice. Ma kako to delovalo dečije, ljudski mozak dobro reaguje na isprobavanje scenarija kroz igru i tako uči. Najpre deca tako funkcionišu, ali ima i ozbiljnih indicija da bi ovakav pristup mogao da približi kvantnu mehaniku naučnicima. Možda bi tek tada uspeli da uvidimo da ona nije neintuitivna, nego je samo mi ne razumemo. Na kraju, dodala bih samo citat iz knjige:

... There's much work to do. The next breakthrough in physics will occur in this century. It will be beautiful.

(Imamo mnogo posla da uradimo. Sledеće veliko otkriće u fizici desiće se u ovom veku. Biće prelepo.)



Rubriku uređuje: Irina Ručnov, studentkinja FF

