

Đuro Koruga

# Hiperpolarizovana svetlost

Osnove nanobiomedicinske fotonike

ZEPTEK BOOK WORLD  
2017

*Biblioteka*  
POSEBNA IZDANJA

**Đuro Koruga**  
**HIPERPOLARIZOVANA SVETLOST**  
Osnove nanobiomedicinske fotonike

---

*Izdavač*  
ZEPTER BOOK WORLD D.O.O,  
Beograd, Knez Mihailova 42  
email: office@bookworld.zepter.rs

*Tehnički urednik*  
VOJISLAV SIMIĆ

*Dizajn korica*  
DRAGAN LONČAR

*Za izdavača*  
SLAVKA ILIĆ

*Štampa*  
PLANETA PRINT, Beograd

*Urednik izdanja*  
LJUBOMIR LATINVIĆ

*Tiraž*  
2500

*Lektura i korektura*  
VESNA JEVREMOVIĆ

ISBN 978-86-7494-136-2

CIP - Каталогизacija u publikaciji - Narodna biblioteka Srbije, Beograd

61:[544.528.2:773(082)

КОПУГА, Ђуро, 1947-

Hiperpolarizovana svetlost : osnove nanobiomedicinske fotonike / Đuro Koruga. - Beograd : Zepter Book World, 2017 (Beograd : Planeta print). - 306 str. : ilustr. ; 25 cm

Autorova slika. - Tiraž 2.500. - Beležka o autoru: str. 297. - Beležka o saradnicima na poglavlju VII: str. 298-300. - Pojmovnik: str. 301-305. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija: str. 282-284. - Registar.

ISBN 978-86-7494-136-2

a) Фотоника

COBISS.SR-ID 233656076

© za srpsko izdanje, Zepter Book World, 2017. Sva prava zadržana. Ova publikacija se ne sme, u celini ili u delovima, umnožavati, preštamovati, fotokopirati, skenirati i postavljati na internet bez odobrenja izdavača.

# **Sadržaj**

## **PREDGOVOR 1**

## **UVOD 7**

- 1. Svetlost i fenomen života 9
  - 1.1 Svetlost i drevne civilizacije 9
  - 1.2 Život i deterministički kaos 9
  - 1.3 Genetski materijal i svetlost 10
  - 1.4 FOTON: Enigma savremene nauke 10
  - 1.5 ELEKTRON: „Bilo bi dobro da znamo i šta je elektron“ 11
  - 1.6 Interakcija svetlost–materija 11
  - 1.7 Biomolekuli i svetlost 12
  - 1.8 Biološka tkiva i svetlost 12
  - 1.9 Ljudski organizam i svetlost 13
  - 1.10 Svetlosni model embriogeneze 13
  - 1.11 RABOŠ: Izazov za interakciju svetlost–materija 14
- Literatura: 14

## **SVETLOST. Šta je foton? 17**

- 2.1. Foton u 3D prostoru 19
  - Svetlost i klasična mehanika 22
  - Foton, svetlost i nastanak kvantne mehanike 25
  - Univerzalne fizičke konstante:  $G$ ,  $c$  i  $h$  27
- 2.2. Penrouzova sistematizacija fizike 32
- 2.3. Svetlost, 5D prostor i fraktalna mehanika 33
- 2.4. Petodimenzionalna svetlosna nanotehnologija 42
- 2.5. Petodimenzionalnost svetlosti i levitacija 44

2.6. „On se ne kocka“ 46  
2.7. Foton i svetlost 50  
Literatura 52

**MATERIJA. Šta je elektron? 55**

3.1. Osnovna znanja o elektronu 57  
3.2. Lagranžijan i hamiltonijan 61  
3.3. Tunelovanje elektrona 63  
3.4. Modeli elektrona u fizici 67  
3.5. Klasifikacija međumolekularnih sila 75  
3.6. Da li je potreban novi model elektrona? 81  
Literatura 84

**INTERAKCIJA SVETLOST–MATERIJA 87**

4.1. Poenkareova sfera (svetlost) 89  
4.2. Blohova sfera (elektron) 94  
4.3. Larmorovo određivanje magnetnog momenta elektrona 96  
4.4. Interakcija svetlost–voda 97  
4.5. Interakcija kolagena i mikrotubula sa linearno polarizovanom svetlošću 99  
4.6. Eksperimenti interakcije svetlosti i plodove vode 104  
Literatura 109

**FIBONAČIJEVI FENOMENI U BIOLOGIJI 111**

5.1. Klattrin 113  
5.2. Mikrotubule 115  
5.3. Cilije i flagele 117  
5.4. Centriole 120  
5.5. Kolagen 123  
5.6. Voda i Gibsova slobodna energija 128  
5.7. Fibonačijevi brojevi 143  
Literatura 150

**HIPERPOLARIZOVANA SVETLOST 153**

6.1. Zračenje Sunca 155  
6.2. Svetlost u medicini 157  
6.3. Uočavanje problema i njegovo idejno rešenje 161  
6.4. Svetlost i dejstvo 163  
6.5. Fibonačijeve svetlosne strukture vs. Fibonačijeve biološke strukture 169  
6.6. Inženjerstvo hiperpolarizovane svetlosti na bazi molekula  $C_{60}$  186  
Literatura 192

**PRIMENA HIPERPOLARIZOVANE SVETLOSTI U MEDICINI 195**

- 7.1. Dejstvo hiperpolarizovane svetlosti na biofizička stanja kože 197
- 7.2. Medicinski slučajevi 210
  - Primena hiperpolarizovane svetlosti u lečenju lihenifikacije 213
  - Primena hiperpolarizovane svetlosti u terapiji rana od opekotina 215
  - Primena hiperpolarizovane svetlosti kod psorijaze 218
  - Primena hiperpolarizovane svetlosti kod tretmana akni 223
  - Primena biopton hiperpolarizovane svetlosti u terapiji bronhijalne astme 226
  - Primena hiperpolarizovane svetlosti kod spondilolisteze 228
  - Primena hiperpolarizovane biopton svetlosti kod lumbalnog bolnog sindroma 231
  - Primena hiperpolarizovane svetlosti u tretmanu hronične venske insuficijencije 233
- 7.3. Dejstvo harmonizovane svetlosti na promenu EEG signala 238

**EPILOG 247**

- 8.1. Fenomen vremena i biološko vreme 249
- 8.2. Biološki sistemi kao svetlosna bića 250
- 8.3. Fenomen punog meseca 254
- 8.4. Svetlosni model embriogeneze 266
- 8.5. Energije  ${}^{11}E_3$  i  ${}^{11}E_4$  274
- 8.6. Sila entropije i fenomen života 278
- Literatura 282

**INDEKS 287**

**Beleška o autoru 297**

**Beleška o saradnicima na poglavlju VII 298**

**Pojmovnik 301**



## *Predgovor*

Knjiga je nastala kao izraz potrebe da se prezentuju i sistematizuju nova saznanja i tehnička dostignuća iz oblasti fizike i biomedicinskog inženjerstva do kojih su autor i naučna zajednica došli u proteklih trideset godina istraživanja svetlosti, nanotehnologija i biomedicine. Naravno, glavni cilj monografije je upotrebnost vrednosti iznetih znanja i tehničkih rešenja u medicinskoj praksi, jer bi lekari koji primenjuju svetlosnu terapiju trebalo da znaju fizičke osnove svetlosti, ali i biofizičke osobine molekula i tkiva sa kojima svetlost interaguje. Očekivani rezultati se ne mogu postići bez saradnje biologa, lekara i inženjera, jer *tehnika bez medicine je slepa, a medicina bez tehnike nemoćna*.

Monografija *HIPERPOLARIZOVANA SVETLOST: Osnove nanobiomedicinske fotonike* podeljena je u osam poglavlja: Uvod; Svetlost: šta je foton?; Materija: šta je elektron?; Interakcija svetlost – materija; Fibonačijevi fenomeni u biologiji; Hiperpolarizovana svetlost; Primena hiperpolarizovane svetlosti u medicini i Završna razmatranja: *Epilog*.

U uvodu se iznose problemi i izazovi savremenog sveta, počevši od odnosa drevnih civilizacija prema svetlosti, preko embriogeneze kao procesa kojim započinje formiranje trolista: *ekoderma, endoderma i mezoderma* (od kojih nastaje organizam, koji zatim formira svest u interakciji sa okruženjem, slično kao što od RGB-a nastaje spektar svih boja, pa na kraju i bela boja, koja ima značaja samo za naš mozak, jer belog fotona u prirodi nema), do mehanizma *raboš* kao principa po kome želimo da tretiramo tkiva i telo pomoću svetlosti.

Drugo poglavlje odnosi se na svetlost, sa glavnim pitanjem: *šta je foton?* Čitalac će tu naći mnogo zanimljivih stvari o svetlosti, kako sa aspekta klasične tako i sa stanovišta kvantne mehanike. Da bismo se približili odgovoru morali smo se vratiti ne samo Maksvelu i njegovom elegantnom ujedinjenju elektriciteta i magnetizma, nego Kaluci i Klajnu i njihovoj ideji o jedinstvu elektromagnetizma i gravitacije u petodimenzionalnom prostoru. Na tom putu Plank, Ajnštajn i Penrouz bili su od neprocenjive vrednosti, ali ono što nam je omogućilo da se na originalniji način upoznamo sa fenomenom fotona i svetlosti bilo je Hamingovo izučavanje jediničnih sfera višedimenzionalnih prostora za potrebe kodiranja i teorije informacija. Tako je pored mase, energije i drugih kategorija,

svoje mesto u savremenoj fizici zauzela i informacija. Mada i dalje ne znamo šta je foton, ova nova saznanja omogućila su nam da shvatimo da je pomoću svetlosti i njene polarizacije moguće konstruisati petodimenzionalne memorijske naprave, ostvariti fenomen levitacije na nano i piko nivou, kao i to da se fotoni u svetlosti mogu drugačije organizovati nego što smo to do sada znali.

S ništa manje pažnje i znatiželje neće vam proteći ni čitanje trećeg poglavlja o materiji, gde se govori o drugoj enigmatičnoj prirodi, o elektronu. Prikazan je razvojni put znanja od njegovog otkrića 1897. godine do danas. Uzbudjenja koja su nam priredili Tomson, Luj de Broj i Šredinger u vezi sa elektronom ravna su efektima dobrog akcionog filma. Ali to nije sve, dodatno uzbudjenje doživljavate kada istovremeno izučavate elektron i uređenu grupu elektrona u telu sa ikosaedarskom simetrijom. Takvo telo je veličine samo jednog nanometra (milijarditi deo metra), u formi lopte, koja rotira milijardu puta u sekundi, a sve to se dešava u kristalnom, odnosno čvrstom stanju. Zbog sfernog  $\pi$ -elektronskog oblaka dobijamo sličan fenomen kao kod levitacije, tela su na malom razmaku jedno od drugoga, pritom bez upotrebe dodatne spoljne sile za njihovo razdvajanje. Ova materija veoma neobičnih osobina upotrebljena je za generisanje nove uređenosti svetlosti.

U četvrtom poglavlju razmatraju se osnovni principi interakcije svetlost–materija preko Poenkareove i Blohove sfere. Biće reči o elementima klasične i kvantne teorije polja i sudara svetlosti sa valentnim elektronima. Govori se o interakciji linearno polarizovane svetlosti sa ugljeničnim nanomaterijalom, molekulom  $C_{60}$ . Pokazuje se da se prilikom interakcije linearno polarizovane svetlosti i molekula  $C_{60}$  generiše svetlost koja više nije linearno polarizovana (vertikalna polarizacija), već dolazi do kombinacije vertikalne i horizontalne polarizacije, tako da se vrši postepeno zakrivljenje ravni polarizacije, što izaziva efekat prostorno-energetskog uređenja fotona po principu „suncokreta“, odnosno po Fibonačijevim zakonima. Tako dobijenu svetlost nazvali smo hiperpolarizovana svetlost (ni horizontalno ni vertikalno polarizovana, odnosno i vertikalno i horizontalno polarizovana). Može se reći da je u pitanju gotovo antički fenomen koji je Heraklit iskazao rečima „samo je jedno mudro, biti i ne biti zvan imenom Zeusa“, a mi ga danas prepoznajemo kao kvantni bit, odnosno *qubit*.

Analiza strukture nekih biomolekula i preispitivanje njihove funkcije doveli su do novih saznanja o biomolekularnim informacionim procesima, opisanim u petom poglavlju. Klatrin je biomolekularna struktura odgovorna u mozgu za otpuštanje neurotransmitera na predašnjim sinapsama. Nalazi se i u drugim tkivima i u njima obavlja sekretornu funkciju. Ovaj biomolekul ima ikosaedarsku simetriju, pa su sopstvene vrednosti  $T_{1g}$ ,  $T_{2g}$ ,  $T_{1u}$  i  $T_{2u}$  i njihovi vibracioni modovi determinisani Fibonačijevim zakonom. Isti slučaj je sa mikrotubulama koje imaju višestruku funkciju u citoplazmi ćelije: transport materije sa jednog mesta na drugo, određivanje oblika ćelije, učesće u deobi ćelije i drugo. U ekstracelularnom prostoru to je kolagen čije peptidne ravni osciluju po Fibonačijevom zakonu. Međutim, potpuno iznenađenje pružila nam je biološka voda čije vodonične veze takođe osciluju po Fibonačijevom zakonu. Dakle, više od 70% materije tela osciluje po Fibonačijevom zakonu, pa se nameće logična potreba da se uređenje fotona (svetlosti) generiše po istom obrascu kao i biološke strukture, sa ciljem što efikasnijeg delovanja svetlosti na tkivo (prepoznavanje



energetsko-strukturalne svetlosti sa strukturalno-energetskim paternom biomolekula, tj. ostvarenje efekta „Structured Light Meets Structural Matter“<sup>(1)</sup>).

U šestom poglavlju opisuje se hiperpolarizovana svetlost, fenomen do sada nepoznat u nauci, a ostvaren na bazi interakcije linearno polarizovane svetlosti sa molekulima C<sub>60</sub>. Molekuli C<sub>60</sub> su inkorporirani u PMMA materijal debljine oko 2 mm, koji je transparentan u domenu vidljive svetlosti 94% i proizvoljnog je prečnika (mi smo radili 50, 100 i 150 mm). Izvršena je karakterizacija nanofotonskog materijala i eksperimentalno je pokazano da materijal C<sub>60</sub>@ PMMA u odnosu na PMMA generiše, pod uticajem linearno polarizovane energije vidljive svetlosti od 2,4 J/cm<sup>2</sup> u minuti, paramagnetizam reda veličine 10 nT. Izlazna svetlost iz nanofotonskog filtera organizuje se po paternu „suncokreta“ zahvaljujući njenoj interakciji sa ikosaedarskom simetrijom molekula C<sub>60</sub>, njegovom nasumičnom rotacijom  $1,8 \times 10^{10} \text{s}^{-1}$  (ostvarujući efekat „bang-banga“, odnosno „tvistovanja“<sup>(2)</sup>).

Sedmo poglavlje prožeto je Faradejevom izrekom „teorija vodi, eksperiment odlučuje“, pa ono sadrži primere primene hiperpolarizovane svetlosti u medicinskoj praksi. Prikazana je studija u koju su bila uključena 32 ispitanika i navedeno nekoliko primera slučajeva astme, psorijaze, akni, rana, neurodermatitisa, ekcema, lumbalnog sindroma i slično. U navedenoj studiji merene su biofizičke promene na koži posle dejstva hiperpolarizovane svetlosti u trajanju od 8 do 10 minuta. Studija je obuhvatila samo kontrolnu grupu tako što je pre tretmana snimano biofizičko stanje kože leve i desne strane ruke (kontralateralno) opto-magnetnom imidžing spektroskopijom. Pokazano je da hiperpolarizovana svetlost pozitivno deluje na poboljšanje biofizičkog stanja kože (kolagen, elastin, voda i drugo). U nekim slučajevima (astma, psorijaza i drugo) urađeno je više tretmana (5–10) i nedvosmisleno je pokazano da su u svima registrovana poboljšanja, i to za 25%–40%.

Završna razmatranja o petodimenzionalnim osnovama jedinstva elektromagnetizma i gravitacije data su u osmom poglavlju. Osnova tog jedinstva postavljena je dovođenjem u vezu dinamičkog ponašanja nanogravitacije na površini Zemlje koju generišu tela Sunčevog sistema i eksperimenta obavljenog u Grenoblu sa hladnim neutronima, gde je pokazano da je gravitaciono polje Zemlje kvantovano. Kvantna vrednost gravitacionog polja na površini Zemlje u Grenoblu je iznosila 1,4 peV, što je ekvivalent vrednosti od 110 pg koji smo mi dobili kod nanogravitacije. Ako postoji jedinstvo klasične i kvantne gravitacije na površini Zemlje, onda se to moralo odraziti na formiranje biomolekula u vodi i nastanak života. Proračuni pokazuju da međumolekularne interakcije na bazi vodoničnih i Van der Valsovih veza mogu biti „kidane“ i „spajane“, tj. da se može ostvariti orkestracija biomolekularnih interakcija uticajem mikro i nano gravitacije. Razmatran je i fenomen „punog meseca“ i predloženo objašnjenje ekscitiranog stanja i ponašanja nekih ljudi u tom periodu na osnovu sadejstva gravitacije Meseca i reflektovane sunčeve svetlosti od Meseca, tj. sadejstva gravitona i fotona kao Mebijusovog efekta u N(-2<sub>5</sub>). Dati su proračuni spoljnog uticaja električnog, magnetnog, gravitacionog i toplotnog dejstva.

---

1 *Science*, Vol. 337, 2012, pp.1054–1055.

2 *Nature Physics*, 25. December 2005; doi:10.1038/nphys192.

Pokazuje se da su biološki sistemi četvrti „nano overton“ opšte teorije ujedinjenja svih interakcija ( $GUT \sim 10^{-35} \text{ m} : \sim 10^{-9} \times 10^{-9} \times 10^{-9} \times 10^{-9} \text{ m}$ ).

Ovom prilikom želim da se zahvalim lekarskom timu Ordinacije ZEPTER MEDICAL iz Beograda: dr Biljani Lučić, dr Jeleni Simić, dr Danieli Mitrović, dr Đuji Lazić, dr Aleksandri Ignjatović, dr Zlati Kecić, dr Milici Komnenić, dr Milošu Mladenoviću i dr Aleksandru Neškoviću. Njihova istraživanja sastavni su deo sedmog poglavlja, jer oni su savesnim i požrtvovanim radom doprineli ne samo kvalitetu ove publikacije već i uspostavljanju nove terapijske metode u medicinskoj praksi. Može se slobodno reći da su oni pioniri u primeni hiperpolarizovane svetlosti u medicini.

Bez učešća Tomaža Kukovskog, Zignjeva Soke i Rafaela Klisjaka u izradi nanofotonskog filtera ovaj rad bi bio otežan i odložen za neka „bolja vremena“. Oni su svojim stručnim radom uspeli da naša bazna naučna znanja o polimerizaciji i adiranju nanomaterijala u polimere pretvore u proizvodni tehnološki postupak za komercijalne potrebe izrade nanofotonskih filtera 1,280 x 1050 mm, nasuprot našim istraživačkim rešenjima koja su bila veličine 10–15 mm. Posebna zasluga za organizaciju i realizaciju dela rada koji se odnosi na proizvodnju eksperimentalnih uzoraka velikih dimenzija, a zatim i proizvodnih primeraka nanofotonskih filtera, pripada Srđanu Balabanu.

Bilo je potrebno 25 godina istraživanja i strpljenja, sa svim usponima i padovima, da bi se realizovala ideja nanofotonike i hiperpolarizovane svetlosti. Zagrmela su nebesa još 2000. godine, kada su Ljuba Latinović i prof. dr Milan Skrobić, kao vatreni zagovornici primene nanotehnologija u medicini, presudno uticali na početak nečeg novog. Godine 2002. ideju je inicijalno podržao najpre Filip Cepter, a zatim i Vibor Mulić, današnji protagonisti primene hiperpolarizovane svetlosti u medicini.

Neverovatnu veru u Fibonačija i primenu njegovih zakona u biomedicinskom inženjerstvu pokazao je u periodu 2006–2011. godine Dane Bjelopetrović iz USA, koji je finansirao, dok je mogao, deo istraživanja i patentiranja primene svetlosti i vode u kozmetici i medicini. Ideju primene svetlosti u dijagnostici kancera finansiralo je Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj SR Srbije u periodu 2005–2016, a njenu primenu u kozmetici u periodu 2008–2012. *MySkin*, USA. Najzaslužniji za to je Aleksandar Obradović, koji je bez zadržke bio moralna podrška i materijalni generator ovih istraživanja.

Zahvalan sam prof. Đuri Kurepi, matematičaru, koji me je još 1990. godine nagovrao da započnemo s radom na novoj matematičkoj fizici molekula  $C_{60}$ . Zahvaljujem još dvojici matematičara, profesoru Zlatku Mamuziću i profesoru Ljubomiru Ćiriću, koji su me sa ljubavlju uveli u svet matematike, carstvo ideja i kreativne mašte, bez čega bi ova knjiga bila osiromašena.

Sa vrlim znancem prof. Milošem Rakočevićem, sa kojim sam „u zavadi“ od našeg prvog susreta 80-tih godina prošlog veka, ali tako da se nismo nikada posvađali, razmenio sam hiljade misli o fenomenu života, Fibonačiju, genetskom kôdu i zlatnom preseku. U svet medicine, što je relevantno za ovu publikaciju, uveli su me prof. dr Antonije Škokljević, prof. Ljubiša Rakić, prof. Milorad Japundžić, prof. dr Borivoje Stamenović, prof. Radmila Mileusnić, prof. Vera Gal i dr Marija Guć; kao biolozi i medicinari oni su, u vreme kada mi je to bilo najpotrebnije (pre 40 godina), verovali u mene (kao inženjera) i nesebično posvećivali svoje vreme tome da me temeljno uvedu u svet biologije mikrotubula i medicine.

Plodotvorne diskusije iz oblasti fizike, a u vezi sa sadržajem koji se iznosi u knjizi, imao sam sa ser Rodžerom Penrouzom, prof. Stjuartom Hamerofom i prof. Zvonkom Marićem. Sa mojim doktorantima dr Aleksandrom Tomićem i Željkom Ratkajem radio sam nekoliko godina na biomolekularnim informacionim procesima i nanogravitaciji. Veoma korisnu razmenu mišljenja iz biofizike imao sam sa prof. dr Majklom Konradom, prof. dr Feliksom Hongom, prof. dr Dejanom Rakovićem, a o odnosu biofizike i medicine sa dr Jadranom Bandićem.

Posebno stimulativnu prepisku imao sam sa prof. dr Tomom Stonijerom, autorom knjige *Information an the Internal Structure of the Universe*, kao i sa prof. dr Alvinom Skotom, autorom knjige *Strirway of the Mind*, izuzetnim poznavaoцем fenomena solitona. Dr Gen Macumoto, prof. Masuo Aizava i prof. Jukio Kosuga pomogli su mi da uđem u mentalni svet Istoka, biomedicinskog inženjerstva i nano nauke. Neizmerno sam zahvalan svojim učiteljima kineskog jezika na Filološkom fakultetu u Beogradu, u periodu 1977–1982. godine, jer su mi pomogli da otvorim dotad nepoznate vidike i iniciran stupim na staze novih misaonih spoznaja.

Zahvalan sam i svim sagovornicima iz oblasti nauke koji su posredno ili neposredno doprineli širenju mojih znanja u vezi sa ovom knjigom. Ali pre svih, zahvaljujem svojoj supruzi Lidiji i sinu Igoru, koji su svojim kritičkim čitanjem i korisnim sugestijama doprineli da ova publikacija bude kvalitetnija.

Beograd  
21. mart 2017.

*Autor*



# 1

UVOD



*Najteže od svega je da svojim očima  
vidite ono što se nalazi pred vama.  
GETE*

## ***1. Svetlost i fenomen života***

### ***1.1. Svetlost i drevne civilizacije***

Na osnovu dokumenata koji su sačuvani (slike, pisana dokumenta, predanja i slično) možemo da zaključimo da je svetlost imala značajnu ulogu u svakom stepenu razvoja civilizacija. Poznata božanstva starog Egipta (Ra), Grčke (Helios) i drugih starih civilizacija bili su bogovi Sunca, odnosno svetlosti. U Bibliji se smatra da je činom nastajanja svetlosti, u procesu stvaranja sveta, nastalo nešto novo i dobro u odnosu na „tamu“, koja je po postanju starija od svetlosti. Čovek oko 60% informacija o spoljnom svetu dobija samo preko čula vida (svetlosti), a sve ostalo preko čula sluha, dodira, mirisa i ukusa. Svetlost je, zajedno sa vodom i kiseonikom (atmosfera), sinonim života na Zemlji.



Savremena nauka smatra da je život na Zemlji nastao u vodi, pod uticajem svetlosti (Sunca i atmosferskih pražnjenja) i mikrotalasnog zračenja Zemlje. Naravno, i drugi uslovi su morali biti zadovoljeni, poput gravitacije, odgovarajuće temperature, atmosfere i slično. Značaj početnih uslova za nastanak života je veoma veliki. On se u okviru nauke o determinističkom haosu upoređuje sa „efektom leptira“. O spoljnim uticajima značajnim za nastanak i održanje života na Zemlji biće više reči u poglavljima o elektromagnetnom zračenju, nanogravitaciji, kvantnoj gravitaciji i entropijskim osnovama gravitacije.

### ***1.2. Život i deterministički haos***

U nauci o determinističkom haosu (Schuster and Just, 2005), nastaloj u okviru metrologije (Edvard Lorenc), uočeno je da su dinamički sistemi, koji su nelinearni i disipativni, poput, recimo, atmosfere i bioloških sistema, osetljivi na početne uslove. Ovu izuzetnu osetljivost Lorenc je nazvao „efektom leptira“: zamah leptirovih krila na nekom cvetu u Japanu posle nekoliko dana izaziva tornado u Americi, ili nekom drugom mestu na Zemlji. Slično je i sa ljudskim genomom: spajanje hromozoma oca i majke određuje



karakteristike novonastalog bića. Zbog toga su početni uslovi začeca (spoj hromozoma majke i oca), embriogeneze (organizacije nastanka ljudskog tela, koje je, kao što ćemo to videti u sledećim poglavljima, u stvari „svetlosno biće tamom obuzeto“) i rođenja (uticaj klasičnih i kvantnih gravitacionih dejstava sredine) veoma važni za život i zdravlje novonastalog organizma. Nauka determinističkog haosa nam kaže da ukoliko se u nastanku ljudskog organizma pođe od „dve bliske tačke“, one će se posle dovoljno dugog vremena naći proizvoljno daleko jedna od druge, da bi u narednoj fazi došlo do njihovog ponovnog približavanja i, na kraju, spajanja. Drugim rečima, ukoliko spoj genetskog materijala (hromozoma) nije dobar („dve bliske tačke“), defekt će posle embriogeneze biti pritajeno neaktivan („proizvoljno daleko“), ali će se pod uticajem stresa, pre ili kasnije, aktivirati („ponovo uspostavljena bliskost“). Zato su znanja o ljudskom genomu, embriogenezi i stresogenim faktorima od izuzetnog značaja za preventivu, medicinsku dijagnostiku i terapiju. Mada na prvi pogled sve izgleda haotično, Ajnštajn je u pravu kada kaže: „...dragi Bog se ne kocka...“, ali ovome ipak moramo dodati: „...mada baca kockice“. Međutim, to bacanje kockica je osnova zakona raspodele velikih brojeva koji stoje u *zakonu o održanju informacija*, slično kao što postoje zakoni održanja mase, energije, momenta količine kretanja i slično.

### 1.3. Genetski materijal i svetlost

Hromozomi su ćelijske organele smeštene u nukleusu i odgovorne su za prenos naslednih osobina date biološke vrste. Hromozome je prvi uočio nemački naučnik Hofmajster (Hofmeister) 1848. godine, ali ih je tek 40 godina kasnije, 1888. godine, imenovao Valdejer (Waldeyer). Naziv *hromozom* potiče od grčkih reči *chroma* – boja i *soma* – telo, jer bojenjem biološkog supstrata određenim hemikalijama, u odnosu na druge organele ćelije, oni postaju vidljivi pod mikroskopom (prosečne veličine  $20 \times 1,4 \mu\text{m}$ ). Glavni genetski materijal, sem onog koji je u mitohondrijama, sadržan je u hromozomima. U ljudskom genomu ukupno ih ima 22 para (otac, majka) i po jedan polni hromozom X i Y, kao 23. par. Ukupan broj nukleotida (nosioca informacionog sadržaja) iznosi oko 3 milijarde ( $3 \times 10^9$ ). Međutim, na krajevima hromozoma nalaze se telomere (crveni krajevi na slici), strukture koje se smanjuju prilikom svake deobe ćelije. Broj informacionih nosilaca (A-adenin, T-timin, G-guanin i C-citozin) korespondentan je sa prostorno-vremenskim osobinama prostiranja svetlosti. Zbog toga misao Svetog Avgustina: „...mi ne živimo u vremenu, mi smo sazdani od vremena“ sve više privlači pažnju naučnika, a dijagnostikovanje i lečenje svetlošću sve više dobija na značaju.

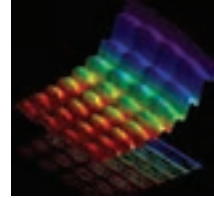


### 1.4. FOTON: Enigma savremene nauke

Šta je foton? Nauka još uvek nema odgovor na ovo pitanje. Međutim, o osobinama fotona mnogo toga se zna. Zahvaljujući tim znanjima napravljeni su mnogi uređaji koje



čovjek koristi u svakodnevnom životu, počevši od sijalice i radija do lasera. Poseban značaj korišćenje svetlosti ima u medicini, kako u dijagnostici tako i u terapiji. Pored obične, dnevne svetlosti, koja je pretežno difuzna, u tehničke i medicinske svrhe koristi se i polarizovana (linearna, cirkularna, eliptična) svetlost. Poznato je da foton ima dualnu, korpuskularno-talasnu prirodu, to jest pod izvesnim uslovima ponaša se kao talas, a pod drugim kao čestica. Međutim, nedavno je eksperimentalno pokazano da foton ima istovremeno korpuskularno-talasne osobine (Piazza, L. et al, 2015), što je omogućilo bolje razumevanje interakcije svetlosti i materije. Koncept talasne prirode svetlosti bio je dominantan sve do 1905. godine, kada je Ajnštajn izveo fotoelektrični eksperiment i pokazao da foton u kretanju ima i korpuskularnu prirodu. Za to otkriće 1921. godine dobio je Nobelovu nagradu. Upitan jednom da kaže šta je foton, odgovorio je da uprkos tome što je većinu svog vremena posvetio izučavanju svetlosti on ne zna šta je foton, a onda je dodao: „bilo bi dobro da znamo i šta je elektron“.



### 1.5. ELEKTRON: „Bilo bi dobro da znamo i šta je elektron“

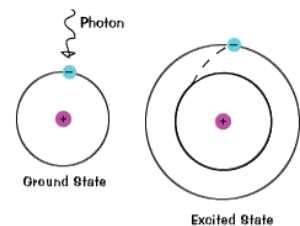


I stvarno, treba da se zapitamo: šta je elektron? Većina ljudi misli da je odgovor na ovo pitanje poznat, jer se čini da je elektron lakši problem od fotona, ali ni na to pitanje savremena nauka još nema odgovor. Kao i kod fotona, poznate su mnoge njegove osobine, ali suštinskog odgovora još nema. Dok je svetlost bila predmet znatiželje i istraživanja ljudi od pamtiveka, elektron je tek 1897. godine otkrio engleski naučnik Tomson (Joseph John Thomson). Najpre je predstavljen kao oblak koji ispunjava celu zapreminu atoma, a onda

kao čestica koja kruži oko jezgra na datom rastojanju. U zavisnosti od tog rastojanja, elektron ima i odgovarajuću energiju. Kao što je Ajnštajn pokazao da foton ima dualnu, talasno-korpuskularnu prirodu, tako je i Luj de Broj 1924. godine, u svojoj doktorskoj disertaciji, pokazao da elektron ima korpuskularno-talasnu prirodu (za ovo otkriće dobio je Nobelovu nagradu 1929. godine). Danas su na bazi korpuskularno-talasne prirode elektrona napravljeni mnogi uređaji, kao što je skenirajući tunelski mikroskop (STM), kojim se mogu snimiti molekuli sa atomskom rezolucijom (Bining, 1982).

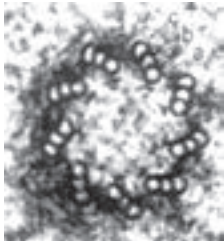
### 1.6. Interakcija svetlost–materija

U interakciji svetlost–materija, fotoni različitih energija prvo interaguju sa valentnim elektronima. Ako je u pitanju vidljiva svetlost, onda fotoni interaguju isključivo sa elektronima iz spoljne orbitale, ne narušavajući njihovo ustrojstvo. Ali ako su u pitanju fotoni visokih energija, onda oni interaguju sa valentnim elektronima tako što ih izbacuju iz



orbitala, pa dolazi do jonizacije materije. X-zraci prodiru dublje u atome, do elektrona u unutrašnjim ljuskama, što uslovljava preuređenje elektrona u atomu. Atomi prelaze u više energetske orbitale, odnosno u ekscitirano stanje (Weiner and Nunes, 2013). Za potrebe ove monografije razmatraće se interakcija vidljive i infracrvene svetlosti talasnih dužina od 400 nm do 900 nm. Da bi se razumela interakcija Vis-NIR svetlosti sa tkivom potrebno je dobro poznavanje osobina biomolekula, tkiva i organizma.

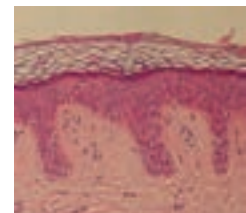
### 1.7. Biomolekuli i svetlost



Biomolekuli, kao što su proteini, lipidi, masti i drugo, čine oko 15% ukupne mase organizma. Interakcija svetlosti sa biomolekulima je od primarnog značaja, pa je zbog toga njihovo poznavanje veoma važno. Do sada je apsorpciona karakteristika biomolekula bila dominantna u izboru tipa svetlosti, kako za dijagnostiku tako i za terapiju. Može se reći da je ovo bio potreban, ali ne i dovoljan uslov za optimalnu interakciju svetlosti i biomolekula. Pored klasičnih vibracionih traka (C-O, C=C, O-H, N-H i dr.) neophodno je poznavati i vibracione modove molekula (strukture) kao celine. To je moguće ako se zna simetrijska grupa kojoj taj molekul ili struktura kao celina pripadaju. Zbog toga ćemo u ovoj monografiji posebnu pažnju pokloniti istraživanju simetrijskih svojstava pojedinih biomolekula kao što su klatrin, mikrotubule, kolagen, aktin, cilije, centriole i drugi. Na osnovu tih svojstava tražiće se odgovarajuća svetlost kojom treba delovati na biomolekule da bi se održala njihova postojeća organizacija ili popravila narušena struktura i funkcionalnost. Struktura svetlosti i materije trebalo bi da imaju isti tip simetrije, ustrojstva, tako da pri njihovoj interakciji dođe do obostranog prepoznavanja strukturalno-organizacionog ustrojstva, „patterna“, odnosno da oni rezonantno interaguju (Litchinitser, M.N., 2012).

### 1.8. Biološka tkiva i svetlost

Epitelna tkiva su prve biološke strukture sa kojima svetlost interaguje, bilo da se radi o dijagnostici ili terapiji. Koža je jedan od najboljih primera te interakcije, jer je svakodnevno izložena dejstvu dnevne (difuzne) svetlosti. Zbog prisustva vode u koži (oko 70%), plava svetlost veoma malo prodire u tkivo, svega 5–10  $\mu\text{m}$ , zelena prodire do bazalne membrane (100–150  $\mu\text{m}$ ) i malo dublje, dok crvena svetlost prodire duboko u derm, 800–1.600  $\mu\text{m}$ , a infracrvena (sa talasnom dužinom većom od  $\lambda \geq 800 \text{ nm}$ ) i do 5–20 mm. Apsorpcioni spektar vode je 100–1.000 puta veći kod crvene i infracrvene svetlosti nego kod plave. Zbog toga što je u sunčevom spektru učešće crvene i infracrvene svetlosti malo u odnosu na plavi, zeleni i žuti spektar, mogući su nastanak i održanje života na Zemlji. U protivnom, temperature u telu bile bi preko 65  $^{\circ}\text{C}$ , čime bi se onemogućila sinteza nukleinskih i amino-kiselina u DNK i proteinske lance, a ako bi se oni ipak nekako i stvorili u drugačijim lokalnim uslovima, kasnije bi došlo do njihove denaturacije. Od svih



proteina kolagen je najrasprostranjeniji u ljudskom organizmu (40% od svih proteina) i ima značajnu ulogu u ekstracelularnom prostoru, a posebno u bazalnoj membrani.

### 1.9. Ljudski organizam i svetlost



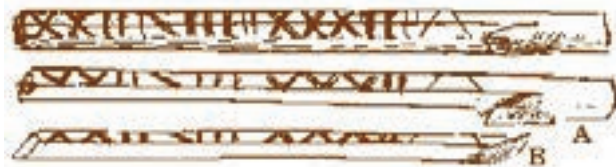
U zavisnosti od doba starosti, ljudski organizam sadrži 60%–75% vode. Interakcija vode i svetlosti je jedan od najznačajnijih fenomena za dijagnostiku i terapiju ljudskog organizma kao celine (holistička medicina). Zbog toga je potrebno dobro poznavanje fenomena vodoničnih veza, kako sa aspekta klasične fizike, tako i sa aspekta kvantne mehanike. Imajući u vidu da svetlost prodire u tkivo i do 3 cm, postavlja se pitanje da li je moguće pomoću vodoničnih veza svetlosne signale preneti dublje u organizam. Drugim rečima, da li je moguće lokalne svetlosne efekte preneti na ceo organizam ili pak na željene unutrašnje organe? U poglavljima koja slede pokazaće se da je preko vodoničnih veza, s jedne strane, i preko sistema ekstrabioaktivnih tačaka tela, poznatih kao akupunkturne tačke, s druge strane, moguće delovati i selektivno i holistički na organizam (Koruga, 1984). Značaj vodoničnih veza može se uočiti kod DNA, jer su nukleotidi adenin i timin, odnosno guanin i citozin, povezani vodoničnim vezama, koje su preko fosforne grupe, koja ulazi u sastav DNA, povezani sa vodoničnim interakcijama vode kao spoljnog okruženja. Značaja vodoničnih veza za ljudski organizam bio je svestan Luis Poling (dvostruki dobitnik Nobelove nagrade), koji je još 1938. godine rekao da značaj vodoničnih veza za ljudski organizam prevazilazi značaj bilo kog organa, uključujući i mozak ili srce (Pauling, 1985). Smatrao je da je ishodište mnogih bolesti na molekularnom nivou, što govori u prilog činjenici da se ubuduće treba više posvetiti personalnoj nego statističkoj medicini.

### 1.10. Svetlosni model embriogeneze

Embriogeneza je, verovatno posle evolucije univerzuma, jedan od najkompleksnijih procesa koje poznamo. Anatomsko-fiziološke faze razvoja ploda, od oplodene jajne ćelije do rođenja, uglavnom su poznate. Mogu se podeliti u tri glavne faze: od zigota do formiranja troklicnog lista (preembrionalni period razvića), od formiranja eko-derma, endoderma i mezoderma do kraja drugog lunarnog meseca (embrionalni period) i od trećeg meseca do rođenja (fetusni period).



Na bazi savršenih i Fibonačijevih brojeva razvijen je svetlosni model embriogeneze, tj. pokazano je da se embriogeneza može predstaviti pomoću RGB sistema (sistema boja koji od crne, preko plave, zelene i crvene, dovodi do bele). Svetlosni model pomaže da se bolje razume međupovezanost delova ljudskog organizma nastalih u toku embriogeneze (Carlson, 2009). Embriogeneza je jedan od ključnih procesa za razumevanje nastanka ekstrabioaktivnih tačaka tela i kanala (akupunktura) koji predstavljaju mrežu toka elektromagnetnih signala (svetlosti).



### 1.11. RABOŠ: Izazov za interakciju svetlost–materija

Kao što nam nije poznata suština fotona i elektrona, tako nam nije poznata ni suština našeg postojanja, tj. fenomen života. Međutim, ono što znamo o fotonu i elektronu to su mnoge njihove osobine, a što se tiče života znamo da nam je, kako kaže Lajbnic, posle duhovnog mira najvažnije zdravlje. Ova monografija nastaje kao izraz potrebe da se doprinese što efikasnijem očuvanju zdravlja na prirodan način, pomoću svetlosti. Da bi se to ostvarilo, potrebno je dobro poznavanje strukturalnih, energetskih i informacionih osnova biomolekula, odnosno organizacionih i regulacionih mehanizama ljudskog organizma. Kada shvatimo zakonitosti glavnih biomolekula, koji „život znače“, sledeći korak je dizajniranje uređaja koji će generisati strukturalno uređenje fotona po istim zakonima po kojima su organizovani biomolekuli, odnosno na onaj način na koji se odvijaju biohemijsko/fizički procesi na bazi Gibsove slobodne energije. Biomolekuli su, svojom strukturom i energijom, preko entropije, povezani sa informacijom, što novostvorenoj svetlosti omogućuje da deluje i na informaciona stanja, a samim tim i na strukturalno-energetsko-informacione procese biomolekula. Uređenje fotona, u skladu sa nekim njegovim osobinama, treba da bude po principu *raboša*, drevnog načina prepoznavanja, uparivanja, odnosno identifikovanja šta kome pripada (upotrebljavali su ga mlinari; seljanin bi doneo vreću pšenice, zatim bi se uzeo jedan kraći tanak štap, napravili bi se zarezi na njemu, a onda bi se uzduž rascepio, tako da na oba rascepljena dela budu vidljivi zarezi (*vidi sliku*: delovi A i B); jedan deo zadržao bi mlinar, a drugi seljanin, pa kada bi došao po brašno uporedili bi zareze i ako se poklapaju seljanin bi dobio svoje brašno). U šestom poglavlju biće objašnjeno kako je osobina polarizacije svetlosti iskorišćena da bi se ostvarilo prepoznavanje svetlosti i biomolekula, i tako postigla sinergijska interakcija svetlosti i materije koja na prirodan način delotvorno deluje na organizam.

### Literatura:

1. Carlson, M.B. Human Embriology and Developmental Biology, Mosby, Philadelphia, 2009.
2. Koruga, Đ. Qi inženjering: Fenomen ekstrabioaktivnih tačaka tela, Poslovna Politika, Beograd, 1984.
3. Koruga, Đ. Fraktalna mehanika: Klasično-kvantni fenomeni u prirodi i biološkim sistemima, Nauka/DonVas, Beograd, 2012.

4. Litchinitser, M.N. Structured Light Meets Structured Matter, *Science*, 337, pp.1054-1055, 2012.
5. Piazza, L., et al. Simultaneous observation of the quantization and the interference pattern of a plasmonic nearfield, *Nature Communication*, 6: 6407, DOI: 10.1038/ncomms7407.
6. Pauling, L., Wilson, E.B. Introduction to Quantum Mechanics: With Application in Chemistry, Dover Publications, New York, 1985.
7. Schuster, H.G. Just, W. Deterministic Chaos: An Introduction, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 2005.
8. Stonier, T. Information and the Internal Structure of the Universe: An Exploration into Information Physics, Springer-Verlag, London, 1990.
9. Thomson, J.J. Carriers of negative electricity. *Nobel Lecture*, December 11, 1906.
10. Thomson, J.J. Carriers of negative electricity. *Philosophical Magazine*, S.5, Vol. 44, No.269, October 1897.
11. de Broglie, L. Recherches sur la theorie des quanta, *Annalen de Physique*, 3, pp.22, 1925.
12. Binnig, G., Rohrer, H., Gerber Ch., Weibel, E. Surface Studies by Scanning Tunnelling Microscopy, *Physical Review Letters*, 49 (1), 57-60, 1982.
13. Weiner, J. and Nunes, F. Light-Matter Interaction: Physics and Engineering at the Nanoscale, Oxford University Press, Oxford, 2013.



2

# SVETLOST

*Šta je foton?*





## 2.1. Foton u 3D prostoru

Danas su poznate četiri osnovne interakcije u 3D prostoru (Huang, 2007): *jaka* (deluje na rastojanju  $10^{-11}$  m – u nukleusu atoma, nosilac dejstva: *pion i kaon*), *slaba* (deluje na rastojanju  $10^{-13}$  m – radioaktivni beta raspad, nosilac interakcije *W bozon*), *elektromagnetna* (deluje na proizvoljno beskonačnoj udaljenosti, intenzitet dejstva slabi sa kvadratom rastojanja, osnova atomskih i molekularnih interakcija, nosilac interakcije *foton*) i *gravitaciona* (deluje takođe na proizvoljno beskonačnoj udaljenosti, slabi sa kvadratom rastojanja, interakcija među telima na bazi mase, nosilac dejstva *graviton*). Ako se uporede intenziteti navedene četiri interakcije, onda je elektromagnetna interakcija  $10^{-12}$  slabija od jake, ali je zato  $10^2$  puta jača od slabe i  $10^{28}$  puta jača od gravitacione.

Prenosilac elektromagnetne interakcije u 3D prostoru je *foton*, dualni entitet, korpuskularno-talasne prirode. Foton ima spin 1, kreće se kroz vakuum brzinom  $2,99 \times 10^8$  m/s, kroz vodu  $2,24 \times 10^8$  m/s, a kroz meka biološka tkiva, kao što je epiderm, brzinom od  $1,93 \times 10^8$  m/s. Ove vrednosti su prosečne za foton talasne dužine  $\lambda = 550$  nm. Za fotone manje talasne dužine brzina prostiranja je manja, a za veće talasne dužine veća. Kroz tvrda biološka tkiva (kosti, zubi) brzina prostiranja fotona je  $1,84 \times 10^8$  m/s. Umesto da se govori o brzini prostiranja fotona kroz tkivo, isti fenomen se može iskazati indeksom refrakcije  $n = c/c^*$ , pri čemu je  $c$  brzina fotona u vakuumu, a  $c^*$  brzina fotona kroz odgovarajući medijum.

Brzina fotona u vakuumu određena je osobinama vakuuma i to njegovom permisivnošću  $\epsilon_0$  (električne osobine) i permeabilošću  $\mu_0$  (magnetne osobine), pri čemu je  $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$  (F·m<sup>-1</sup>), a  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  N / A<sup>2</sup>  $\approx 1,2566 \times 10^{-6}$  (H/m). Brzina fotona u vakuumu preko ovih veličina data je izrazom:

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99 \times 10^8 \left(\frac{m}{s}\right), \quad (2.1)$$

što znači da je odnos *električnog polja* ( $E$ ) i *magnetnog polja* ( $M$ ) fotona dat izrazom 2.2:

$$\frac{E}{M} = 2,99 \times 10^8 \left(\frac{m}{s}\right), \quad (2.2)$$

pa je magnetno polje fotona u vakuumu milijardu puta ( $10^9$ ) manje od električnog polja, tj. ono je *nano* veličina (izraz 2.3):

$$M = 3,34 \times 10^{-9} E \text{ (kg/As}^2\text{)}, \quad (2.3)$$

Kada je u pitanju realna biološka sredina, onda se  $\epsilon_0$  i  $\mu_0$  koriguju sa  $\epsilon_r$  i  $\mu_r$ , koji su u direktnom odnosu sa indeksom refrakcije  $n$ . Iz izraza 2.3 možemo zaključiti da ćemo električno polje fotona (svetlosti) koristiti kada želimo da dijagnostikujemo ili tretiramo tkivo sa aspekta klasičnih osobina, odnosno da ćemo koristiti magnetno polje fotona kada želimo da djelujemo na kvantnom nivou. Razlog stoji u činjenici da je vrednost Plankove konstante

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ (Js)}, \quad (2.4)$$

koja ima mernu jedinicu Js (*džul*  $\times$  *sekund* = *dejstvo*), što se može napisati kao

$$h = F \times d \times t \text{ (Js)}, \quad (2.5)$$

gde je  $F$  – sila dejstva (N – njutn),  $d$  – pomeraj (m – metara) koji je izvršio dejstvo, i  $t$  – vreme (s – sekunda) za koje je to dejstvo izvršeno. Na primer, ako je sila reda  $10^{-12}$  N (*piko njutna*), pomeraj  $10^{-11}$  m, a vreme  $10^{-9}$  s, onda je foton izazvao dejstvo od  $10^{-32}$  Js u tkivu za vreme interakcije svetlost–materija. Ovaj efekat je blizu kvantnog dejstva, jer je  $10^{-34}$  Js – Plankova konstanta, ali dejstvo od  $10^{-32}$  Js, kao što vidimo, nije kvantno dejstvo u materiji. Ako nije kvantno, onda je ono, na osnovu onoga što danas znamo, klasično. Međutim, to je pretpostavka, pa fenomen moramo ispitati da bismo bili sigurni kojoj klasi dejstva pripada.

Kao što smo rekli, fotoni u procesu interakcije sa materijom najpre interaguju sa prvim slojem elektrona, koje nazivamo valentnim elektronima. Da bismo znali kakav je efekat dejstva koje su izazvali fotoni vidljive svetlost, moramo znati kakav je odnos električne i magnetne sile valentnih elektrona. Zašto moramo znati odnos sila, a ne neke druge elektromagnetne osobine valentnih elektrona materije? Odgovor se nalazi u karakteru dejstva, jer su *sila* ( $F$  – eng. *force*), *pomeraj* ( $d$  – eng. *displacement*) koji izvrši ta sila za određeno *vreme* ( $t$  – eng. *time*) veličine koje determinišu dejstvo (izraz 2.5).

Poređenje električnih i magnetnih interakcija između naelektrisanja dva elektrona u susjednim atomima u relativnom kretanju, kao što je to slučaj u svim molekulima, pa i u biološkim, može nam dati rešenje. Znamo da nije lako izračunati magnetnu interakciju između naelektrisane čestice u kretanju u odnosu na posmatrača O u formi sličnoj električnoj interakciji koja je opisana Kulonovim zakonom (interakcija kada se naelektrisanja ne kreću). Međutim, pomoću zakona fizike možemo doći do saznanja o redu veličine odnosa magnetnih i električnih interakcija naelektrisanja dva atoma koji su u vezi preko valentnih elektrona. Imajući u vidu da su dva naelektrisanja  $q$  i  $q'$  valentnih elektrona u stvari dva spojena atoma čija se naelektrisanja u spoljnoj elektronskoj ljusci kreću brzinama  $v$  i  $v'$  u odnosu na posmatrača, možemo reći da je električna sila koju proizvodi naelektrisanje  $q'$  dejstvom na  $q$ , a koju meri posmatrač

O, veličine  $qE$ . Proizvedeno magnetno polje  $q'$  može se odrediti korišćenjem jednačine (Alonso, Finn, 1992):

$$B = \frac{1}{c^2} (vE), \quad (2.6)$$

pa je red veličine  $B$  magnetnog polja definisan sa  $v'E/c^2$ , a magnetna sila na naelektrisanju  $q$  je reda veličine:

$$qvB = \left(\frac{vv'}{c^2}\right) qE, \quad (2.7)$$

Kako je  $qE$  električna sila na  $q$ , to je onda odnos *magnetne sile* prema *električnoj sili*  $F_M / F_E = vv' / c^2$ . Kako su brzine naelektrisanja u odnosu na brzinu svetlosti  $c$  mnogo manje, magnetna sila je zanemarljiva u odnosu na električnu silu i u mnogim slučajevima klasične mehanike. Orbitalna brzina valentnih elektrona u atomu je  $\sim 2,8 \times 10^6$  m/s, što daje odnos  $F_M / F_E = [(2,8 \times 10^6) \times (2,8 \times 10^6)] / (3 \times 10^8)^2 = (7,84 \times 10^{12}) / (9 \times 10^{16}) = 0,871 \times 10^{-4} = 8,71 \times 10^{-5} \approx 10^{-4}$ . Znači, za četiri reda veličine magnetna sila je manja od električne. Sa aspekta klasične mehanike to je stvarno zanemarljivo, ali sa aspekta kvantne mehanike je veoma značajno, jer je za četiri reda veličine bliže kvantnom dejstvu, odgovornom za konformacione promene biomolekula. To znači da postojanje kvantnog dejstva ( $A_q$ ) može biti:  $6,626 \times 10^{-34}$  Js  $< A_q < 0,871 \times 10^{-30}$  Js. U ovom opsegu ( $10^{-30} - 10^{-34}$ ), sa energetskeg aspekta, istovremeno postoje klasični i kvantni efekti u materijalu, klasični kao električni i kvantni kao magnetni. Stoga, ako je dejstvo  $A$  (od eng. *Action*) veće od  $0,871 \times 10^{-30}$  Js, onda je dejstvo klasično (na osnovu električne i magnetne sile), a ako je jednako  $6,626 \times 10^{-34}$  Js, onda je dejstvo kvantno (kvantno i po električnoj i po magnetnoj sili).

Poznavanje ovih fenomena je od izuzetnog značaja, kako za dijagnostiku tako i za terapiju. Tako se, na primer, u medicinskoj praksi dešava da EKG signal pacijenta pokazuje normalne vrednosti, a da pacijent premine od bolesti srca posle kratkog vremena (dešavalo se u lecarskoj praksi od pola sata do nekoliko dana). Kako je to moguće? To je moguće jer EKG aparat meri električnu aktivnost srca, na nivou tkiva i srca kao organa, a problem je u tim slučajevima bio na nivou konformacionih promena biomolekula, koje su 10–100.000 puta energetske manje od tkivnih pa ih električni signali ne mogu identifikovati. Slično je i sa terapijom, misli se da što je energija veća (a da još uvek nije škodljiva za organizam) dejstvo će imati bolji efekat. To ne mora da bude pravilo, jer ako se deluje intenzitetom i tipom svetlosti koji može imati efekta na nivou tkiva i organa to je onda ispravno, ali ako je problem na nivou biomolekula onda će uspeh izostati. Elektronska stanja tkiva su, na primer, 100–1.000 puta veća od vibracionih i rotacionih stanja biomolekula, pa ako je problem na biomolekularnom nivou, onda klasično dejstvo električnom komponentom svetlosti neće dati zadovoljavajuće rezultate koji bi bili ostvareni magnetnom komponentom, koja je slabijeg intenziteta. Ipak, ovo su potrebna ali ne i dovoljna znanja o dijagnostici i terapiji pomoću svetlosti (generalno, elektromagnetnom zračenju), jer biološki sistemi na nivou biomolekula, tkiva, organa i organizma imaju i informacione, a ne samo energetske karakteristike. O tome kako treba povezati strukturu, energiju i informaciju biće reči u petom i šestom poglavlju, gde će biti govora o Fibonačijevim fenomenima u biologiji i hiperpolarizovanoj svetlosti.

## Svetlost i klasična mehanika

Klasična mehanika nastala je u antičko vreme, oko 4. veka pre n. e., u vreme kada se dogodila fundamentalna prekretnica u načinu poimanja sveta: od mitološkog, iracionalnog mišljenja, ka empirijsko-naučnom, racionalnom. U antičkoj Grčkoj javljaju se umovi poput Talesa iz Mileta (oko 640–548. g. pre n. e.), Pitagore (582–507 g. pre n. e.), Heraklita Efežanina (oko 540–475. g. pre n. e.), Platona (oko 427–347. g. pre n. e.) i Aristotela (384–322. g. pre n. e.), a na Istoku Lao Ce (oko 500 g. pre n. e.), Buda (oko 300 g. pre n. e.) i drugi. Potrebno je imati u vidu da postoje velike razlike između misli Istoka i Zapada u to vreme, a i danas, ali značajno je to da se „buđenje“ na Istoku i Zapadu desilo u približno isto vreme. Preobražaj se nije desio naglo, već u periodu od nekoliko vekova. U antičkoj Grčkoj, kao ishodištu savremene naučne misli, desio se prelaz sa mitološkog (iracionalnog) na empirijsko (racionalno), dok se na Istoku desio prelaz sa mitološkog (imaginarnog) na empirijsko (kompleksno). Dok kod zapadnih civilizacija racionalno negira iracionalno, dotle na Istoku imamo fenomen „aufgehoben“ (nemački pojam koji je upotrebio Hegel da bi iskazao činjenicu da je nešto istovremeno *ukinuto* i *sačuvano*; na neki način to je analogno postupku kojim u matematici imaginarnom broju dodajemo realni broj – dobija se kompleksan broj, u kome je imaginarni sačuvan, ali i prevaziđen, jer kompleksan broj je nešto više nego samo imaginaran). Sličnu situaciju imamo sa klasičnom i kvantnom mehanikom (kvantna mehanika je „ukinula“ klasičnu, ali ju je istovremeno i „sačuvala“). Ova dva osnovna procesa, „Istok“ i „Zapad“, postoje kod svih ljudi, samo je kod nekih u datom vremenu primarno aktivan jedan, a kod nekih drugi.



Galileo Galilei  
(1564–1642)



Ako želimo da saznajemo fundamentalne zakone prirode, onda su univerzalne fizičke konstante polazna osnova za razumevanje zakona prirode i sistematizaciju ljudskih znanja o prirodi. Smatra se da savremena fizika, pa samim tim i mehanika, počinje sa Galilejem, koji je još kao student otkrio izohornost oscilacija klatna, koristeći otkucaje svog pulsa za merenje vremena (ovo Galilejeovo otkriće kasnije će pomoći Hajgensu da konstruiše astronomski časovnik sa klatnom). Uvođenjem *eksperimenta* kao krunskog dokaza u nauci, Galilej je načinio istorijsku prekretnicu i s pravom se smatra osnivačem moderne mehanike (fizike).

Fizika kao teorijska disciplina začeta je mnogo ranije, još u antičko doba. Najpoznatiji mislioci antičke Grčke koji su istraživali prirodne zakone (kretanje i mirovanje) bili su Tales, Pitagora, Platon, Aristotel, Arhimed (oko 287–212. pre n.e.) i drugi. Aristotel je bio Platonov učenik, ali se kasnije osamostalio, osnovao *Licej*, uveo pojam fizika (gr. φυσική – priroda) i prvi napisao delo pod ovim nazivom *Fizika* (Aristotel, 1987). Njegov pristup bio je ptolomejski (geocentrični) i metafizički (iza vidljive prirode i njene dinamike krije se nevidljiva pokretačka „sila“). Međutim, seme fizike antičkog doba nalazi se kod Talesa, koreni kod Platona, a stablo kod Aristotela (Leartije, 1979, Marić, 1997). Moderna fizika je samo jedna razgranata grana stabla ljudskog saznanja.

Galilej je postavio temelje savremene mehanike kao nauke svojim otkrićem zakona slobodnog pada, kosog hica (leta projektila), oscilatornog kretanja (pendulum) i uvida u kretanje planeta. Konstruisao je teleskop 1609. godine i otkrio četiri glavna satelita Jupitera, nagomilavanje zvezda u grozdove u Mlečnom putu, planine na Mesecu, kao i Sunčeve pege. Uveo je eksperiment kao krunski dokaz u nauci, kao i pojam inercije u mehanici. Proučavao je princip relativnosti klasične mehanike sa aspekta kojim se iskazuje jednakost zakona kretanja u svim inercijalnim referentnim sistemima. Mada je u početku bio pristalica Ptolomejevog učenja (po kom je Zemlja centar svemira), pred argumentima Kopernikovog učenja postao je njegov vatreni pristalica. Ali zbog ovakvog učenja crkvena inkvizicija primorala ga je da se odrekne svoga učenja.

Njutn (Isak Newton, 1642–1727), profesor matematike na Kembridžu, otkrio je tri zakona kretanja i zakon gravitacije. Paralelno sa Lajbnicom otkrio je zakon infinitezimalnog računa, što je dovelo do definisanja izvoda, a time do zakona povezanosti puta, brzine i ubrzanja u vremenu. Bavio se fenomenom svetlosti i pomno je proučavao Bibliju (mitološke poeme Homera i Hesioda govore o mnogoboštvu, dok Biblija, kao religijsko delo, koja je na hebrejskom takođe poema, govori o jednoboštvu. Lao Ce će o potrebi za promenom, za *jednim*, reći: „čovjeku je potrebno *jedno*, kao što je ribi potrebna voda“).

Može se reći da je seme *biofizike* u antičko doba zasejao Hipokrat (Hipokratrus, oko 460–377. pre n. e.), koji je stanje ljudskog organizma (zdravo/patološko) posmatrao sa aspekta prirodnih zakona, nasuprot do tada rasprostranjenom mitološkom uverenju da sudbina i stanje ljudskog organizma zavise isključivo od bogova. Napisao je *Kanon medicine* u kome je pored ostalog rekao da „celini prirode pripada i čovečja priroda, koja je potčinjena istim zakonima kao i sva priroda, jer je sve božansko i sve ljudsko. Medicina nije ništa drugo do podražavanje prirode. Lekar je sluga i tumač prirode“.

Većina eksperimenata se u početku istraživanja fizičkih svojstava prirode, pa i svetlosti, oslanjala na pretpostavku da svetlost nema nikakva posebna (orijentisana) svojstva u drugim pravcima, pa se jedan svetlosni zrak predstavljao pravom linijom, i sve osobine svetlosti su uzimane samo u tom pravcu. Drugim rečima, zanemarivala su se svojstva svetlosti u drugim pravcima, uključujući i pravac upravan na pravac njenog prostiranja.

Teško je reći kada je i ko prvi uočio da i svetlost ima posebna svojstva u pravcima upravnim na kretanje, odnosno ko je izvršio kompleksnu analizu talasnog kretanja svetlosti. Osnovne ideje mogu se naći kod Njutna, Brustera (David Brewster, 1781–1868), ali je poznato da je Frenel (Jean-Augustin Fresnel, 1788–1827) godine 1817. i 1821. otkrio polarizaciju svetlosti, a time i njena svojstva u pravcima upravnim na pravac njenog prostiranja.

Svetlost je elektromagnetni fenomen i sastoji se od dva spregnuta talasa, električnog i magnetnog, koji su međusobno upravni i koji se pod određenim uslovima mogu polarizovati. Polarizacija svetlosti može se desiti spontano u interakciji svetlosti sa materijom, pod određenim uglom, kao na primer sa glatkim površinama



David Brewster,  
(1781–1868)



Jean-Augustin  
Fresnel (1788–1827)

prozračnih tela ili pri prolasku svetlosti kroz neke kristale. Polarizacija svetlosti u zavisnosti od uslova može biti veoma složena pojava. Tako, na primer, kada imamo svetlost čiji se vektor obrće oko pravca zraka u ravni koja je upravna na zrak, i pri tome periodično menja svoj intenzitet, kažemo da je svetlost *eliptično polarizovana*. Kada ne dolazi do promene intenziteta, dobija se *kružna polarizovana* svetlost. Međutim, kada svetlosni vektor ne vrši rotaciju, već se samo menja po intenzitetu u jednom pravcu, tada kažemo da je svetlost *linearno polarizovana*.

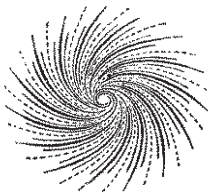


James Maxwell  
(1831–1879)

Maksvel je uspeo 1864. godine da objedini radove Njutna, Faradeja, Kelvina i Ampera u četiri diferencijalne jednačine koje postuliraju makroskopsku teoriju elektromagnetnog polja. One su istog reda značaja u elektromagnetici kao Galilejevi i Njutnovi zakoni u mehanici. Ovaj smeli pristup dobio je svoju eksperimentalnu potvrdu četvrt veka kasnije, kada je Hajnrih Herc 1888. godine potvrdio postojanje elektromagnetnih talasa. Međutim, treba imati u vidu da je ovo klasična makroskopska teorija i zato ne može da opiše elektromagnetne fenomene u mikro i nano svetu na nivou atoma i molekula, fotoelektrični efekat, zračenje atoma, Kazimirov efekat i drugo. Jedan od najznačajnijih Maksvelovih rezultata je da je na bazi Faradejevog zakona elektromagnetne indukcije uspeo da objedini vremenski promenljivo električno i magnetno polje i pokazao da uvek postoje istovremeno, kao elektromagnetno polje.

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \quad \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{H} = 0 \quad \nabla \times \mathbf{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$



Kako neki filozofi kažu, kao na primer Fojerbah, „ne radi se o tome da se svet objasni već da se promeni“. Čovek koji je među najzaslužnijima za promenu sveta kada je u pitanju elektromagnetizam svakako je Nikola Tesla. Njemu je pošlo za rukom da pretvaranjem mehaničkog rada u elektromagnetizam generiše *obrtno magnetno polje* i stvori naizmeničnu struju, koja se mogla prenositi na daljinu, što je omogućilo njenu primenu u svakodnevnom životu ljudi. Prva realizacija takvog koncepta ostvarila se na Nijagarinim vodopadima, kada je mehaničku energiju vode pretvorio u elektromagnetnu. Njegov stvaralački proces, koji se zasnivao na vizuelizaciji zamisli, funkcionisao je na principu prepoznavanja obrazaca prirode. Zvali su ga „gospodarem munja“ jer je visokonaponskim uređajima proizvodio varničenje koje se prostiralo nekoliko metara i izazivalo fenomen praska i munje. Mnogo poznatih ličnosti toga vremena uživalo je u njegovim eksperimentima, a među njima i Mark Tven, koji je s pravom primetio „da je grom impresivan, ali je munja ta koja obavlja sav posao“. Kao pesnik, svetlosti je dao prednost nad





Nikola Tesla  
(1856–1943)

zvukom. Tesla je zaslužan za mnoge izume na bazi elektomagnetizma i manje je poznat po doprinosima u mehanici, odnosno mašinstvu. Međutim, uočio je postojanje baricentra Zemlja–Mesec i na osnovu toga, i još nekih činjenica, godine 1919. mnogo bolje je objasnio rotaciju Meseca nego astronomi toga vremena. Imao je neobične ideje o „hipotetičkoj brzini“, koja ima smisla samo u sistemu apsolutnih jedinica, a odgovorna je za fenomen života na Zemlji. Smatrali su ga genijem, ali i čudakom, jer se u svakodnevnom životu ponašao nekonvencionalno, po merilima svog (a i današnjeg) vremena. Tako je, na primer, sve što bi radio, jeo, način na koji je hodao i slično, moralo biti deljivo sa tri (Tesla, 1977). Ako, recimo, broj koraka ili broj kašika supe nije bio deljiv

sa tri, on bi te aktivnosti ponavljao iako bi mu je za to ponekad bilo potrebno nekoliko sati. Izuzetan stvaralac, neobičan mislilac, veoma aktuelan i dan-danas.

### **Foton, svetlost i nastanak kvantne mehanike**

Krajem 19. i početkom 20. veka pojavio se problem zračenja i njegovog objašnjenja u domenu plavog i UV zračenja. Klasičnom fizikom (Rayleigh-Jeans zakonom) mogao se na zadovoljavajući način objasniti domen vidljivog spektra sve do plavog. Kako se nije mogao objasniti ostatak spektra, njega su nazvali „ultra-violetna katastrofa“. Međutim, merenja energija po fotonu za  $\lambda = 400$  nm,  $\lambda = 600$  nm,  $\lambda = 800$  nm, pokazala su da su energije  $E$  za sva tri slučaja:  $4,96 \times 10^{-19}$  J;  $3,31 \times 10^{-19}$  J i  $2,48 \times 10^{-19}$  J. Kada se pomnože  $E\lambda$  dobiju se iste vrednosti:  $19,8 \times 10^{-26}$  Jm;  $19,9 \times 10^{-26}$  Jm i  $19,8 \times 10^{-26}$  Jm.

Kako je  $c_0 = \lambda\nu$ , to je:

$$E = \frac{19,86 \times 10^{-26} \text{ Jm}}{\lambda} = \frac{19,86 \times 10^{-26} \text{ Jm}}{2,99 \times 10^8 \text{ m/s}} \times \nu = (6,626 \times 10^{-34}) \times \nu \text{ (J)}$$

pa je  $E = h\nu$ , pri čemu je  $h = 6,626 \times 10^{-34}$  Js univerzalna Plankova konstanta. Kada se uzme u obzir broj fotona iste talasne dužine, onda se dobija energija

$$E = n \times h\nu, \quad (2.8)$$

koja nije kontinualna nego se dešava u „porcijama“, *kvantima*, što je odškrinulo vrata jednoj novoj nauci, *kvantnoj mehanici*.

Plank je shvatio da u osnovi procesa stoje verovatnoća i indeterminizam i nije mogao u potpunosti da prihvati tu mogućnost, verovatno i zbog toga što je uvideo da determinizam ne stoji u osnovi zakona kvantnog zračenja, a bio je veoma religiozan čovek. Došao je do zakona zračenja crnog tela u zavisnosti od talasne dužine  $\lambda$  i temperature  $T$  u formi:



Max Planck  
(1858–1947)

$$\rho(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}, \quad (2.9)$$

Preokret u shvatanju prirode svetlosti desio se 1905. godine, kada je Ajnštajn na osnovu eksperimenta dao objašnjenje fotoelektričnog efekta. Uzimajući Plankov rezultat da crno telo zrači energiju diskontinualno, u kvantima energije  $E = h\nu$ , objašnjenje fotoelektričnog efekta koje se zasniva na apsorpciji svetlosti Ajnštajn je zasnovao na istim principima. Svetlosni talasi se ne prostiru kontinualno, kao kod vodenih površinskih talasa, jer svetlosna energija nije raspodeljena kontinualno duž talasnog fronta, već je raspoređena u „porcijama“ svetlosne energije  $h\nu$ . Pretpostavka je da kod fotoelektričnog efekta jedan elektron prima energiju u trenutku interakcije samo od jednog fotona. Pri jednoj interakciji maksimalna energija koju elektron može da primi jednaka je energiji kvanta fotona ( $h\nu$ ). Da bi elektron bio izbačen iz materijalnog uzorka (aktuelni su bili metali), posle sudara sa fotonom mora da ima najmanju količinu energije koliko iznosi njegov izlazni rad ( $A_i$ ). Ako je elektron primio od fotona energiju manju od izlaznog rada ( $A_i$ ), fotoelektrični efekat se neće ostvariti. Za različite metale biće različit izlazni rad ( $A_i$ ), kao što je za litijum 2,4 eV, cezijum 0,7 eV itd. Kada je energija fotona veća od izlaznog rada ( $A_i$ ), tada elektron napušta metal sa odgovarajućom kinetičkom energijom, koja je jednaka razlici energije upadnog fotona i izlaznog rada. Generalno, može se pretpostaviti da fotoefekat nastaje kada foton interaguje sa valentnim elektronom atoma (spoljna ljuska) neke supstancije tako što se sva energija fotona predaje jednom elektronu, pa važi relacija:

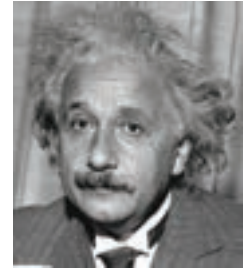
$$h \cdot \nu = E_{jon} + A_i + E_k, \quad (2.10)$$

gde je  $E_{jon}$  – energija jonizacije atoma,  $A_i$  – izlazni rad elektrona iz materije,  $E_k$  – kinetička energija fotoelektrona. Kako kod metala ima slobodnih elektrona, to je Ajnštajn zanemario energiju jonizacije ( $E_{jon}$ ), pa je energija jednog fotona jednaka zbiru izlaznog rada ( $A_i$ ) i kinetičke energije elektrona ( $E_k$ ):

$$h\nu = A_i + E_k, \quad (2.11)$$

Ova, pojednostavljena, Ajnštajnova jednačina, važi samo za elektrone koji su primili celokupnu energiju fotona, odnosno za one elektrone koji nisu jedan deo svoje energije izgubili prolazeći kroz slojeve metala. Bez obzira na pojednostavljenje, rezultati su u dobroj saglasnosti sa eksperimentalnim rezultatima. Treba imati u vidu da se interakcija elektrona i fotona vrši pojedinačno, pa intenzitet svetlosti ne utiče na primljenu energiju elektrona već samo na broj oslobođenih elektrona. Treba napomenuti da je fenomen fotoelektričnog efekta primetio još Herc 1887. godine, zapazivši da elektrode osvetljene ultravioletnim zračenjem lakše stvaraju iskrnu.

Ajnštajn je bio jedan od začetnika, zajedno sa Borom, De Brojem i Šredingerom, kvantne mehanike, o čemu će biti više reči u sledećem poglavlju o elektronu. Za fotoelektrični



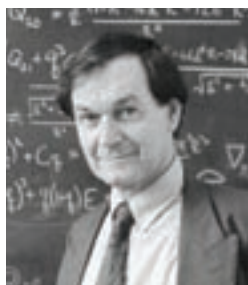
Albert Einstein  
(1879–1955)



efekat dobio je 1921. godine Nobelovu nagradu, jer je pokazao da se pri fotoelektričnom efektu vrši razmena energije između elektrona i svetlosnog kvanta – fotona.

Ajnštajn je u okviru teorije relativnosti 1905. godine, koju je inače još 1887. godine započeo Ficdžerald, a razradio Lorenc 1899. godine, izneo hipotezu da telo mase  $m$  ne može dostići *brzinu svetlosti* i da u trodimenzionalnom prostoru, za tela koja imaju masu, ne postoji veća brzina od brzine svetlosti. Uveo je i pojam invarijantnosti brzine svetlosti, jer je uvek jednaka, nezavisno od pravca i smera kretanja izvora svetlosti ( $v + c = c$ ,  $c + c + c \dots = c$ ). O ovim predloženim osobinama svetlosti i dan-danas se diskutuje, a postoje i istraživači koji ih osporavaju.

U pismu Maksu Bornu 1926. godine Ajnštajn je napisao: „Kvantna mehanika se, svakako, nameće. No unutrašnji glas mi govori da to još nije *prava stvar*. Teorija nam govori puno, ali nas ne dovodi ništa bliže tajnama *Onoga Starog*. Ja sam, na svaki način, uveren da se *On* ne kocka.“



Roger Penrose  
(1931– )

Penrouz je slično finoj strukturi materije ( $1/\alpha = 137,0359$ ), koju je 1916. godine odredio Somelfild (pomoću naelektrisanja, redukovane Plankove konstante i brzine svetlosti), definisao sistematizaciju fizike na osnovu tri univerzalne fizičke konstante  $G$ ,  $h$ , i  $c$ . Njihov odnos definisan je u apsolutnom sistemu jedinica:  $G \times h \times c = 1$  (gravitacija, Plankova konstanta i brzina svetlosti). Pošao je od Galilejeve fizike jer kada se ona posmatra sa aspekta Plankove konstante daje kvantnu mehaniku, sa aspekta gravitacione konstante klasičnu Njutnovu mehaniku, a sa aspekta brzine svetlosti Ajnštajnovu specijalnu teoriju relativnosti (Penrose, 1997).

## Univerzalne fizičke konstante: $G$ , $c$ i $h$

### Gravitaciona konstanta $G$

Silu gravitacije (privlačenja) između dva tela mase  $M_1$  i  $M_2$  izražavamo pomoću izraza:

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}, \quad (2.12)$$

gde je:  $G$  – univerzalna gravitaciona konstanta,  $r$  – rastojanje između centara masa  $M_1$  i  $M_2$ . Na osnovu drugog Njutnovog zakona, silu možemo napisati u obliku:

$$\vec{F} = m \vec{a}. \quad (2.13)$$

Kada se telo nalazi na površini Zemlje tada zamenom  $m = M_k$  (kugla),  $a = g$  (ubrzanje sile Zemljine teže  $9,806 \text{ m/s}^2$ ),  $M_z$  – masa Zemlje,  $R_z$  – poluprečnik Zemlje, dobijamo da je:

$$g = \frac{F}{M_k} = G \frac{M_z}{R_z^2}, \quad (2.14)$$

pa je univerzalna gravitaciona konstanta:

$$G = \frac{gR_z^2}{M_z} = \frac{9,806 \times (6,370 \times 10^6)^2}{6 \times 10^{24}} = (6,6 \pm 0,041) \times 10^{-11} \quad (\text{m}^3/\text{s}^2\text{kg})$$

što se može napisati kao:

$$G = (6,6 \pm 0,041) \times 10^{-11} \quad (\text{m} / \text{s}^2 \left| \text{m}^2 / \text{kg} \right.)) \quad (2.15)$$

Na osnovu dimenzionalne analize, vidimo da je univerzalna gravitaciona konstanta sinergija (sadejstvo) ubrzanja ( $\text{m}/\text{s}^2$ ), kao spoljnog dejstva na masu, i specifične površinske gustine mase ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ) na unutrašnjosti površine koja je u interakciji sa okruženjem.

### **Brzina svetlosti $c$**

Na osnovu većeg broja merenja, brzina svetlosti (Galilej je prvi predložio metod merenja, danski astronom Romer je prvi u tome uspeo, a ispravke u merenju uneo je američki naučnik Majkelson) u vakuumu je

$$c = 299.792,500 \pm 150 \text{ m/s},$$

dok se kroz različite sredine svetlost prostire različitim brzinama i može se pod određenim uslovima dovesti do nule.

Ajnštajn je doveo u vezu brzinu svetlosti sa masom, pa je energija materije

$$E = mc^2 \quad (2.16)$$

modifikujući zakon o održanju količine kretanja ( $m_1v_1 + m_2v_2 = \text{const.}$ ) u relativističku formu, tj. deleći klasičnu formulu sa faktorom  $\sqrt{1-(v/c)^2}$ . Formula (2.16) našla je svoju eksperimentalnu potvrdu u nuklearnim reakcijama, tzv. defektu mase. Unutrašnja energija sistema sastavljenog od mase  $m$  iznosi  $mc^2$  i ona je mnogo veća od energije koju ima ta ista masa kada se kreće brzinom  $v$  u spoljnom trodimenzionalnom prostoru, jer je  $c$  veće od  $v$ . Potvrda izraza  $mc^2$  dobijena je u nuklearnim reakcijama, jer je energija koja se oslobodila u nuklearnim reakcijama bila jednaka defektu mase pre i posle eksplozije, tj.  $E = (m_1 - m_2)c^2 = \Delta mc^2$ , gde je  $m_1$  masa sistema pre nuklearne reakcije i  $m_2$  masa sistema posle nuklearne reakcije, odnosno  $\Delta m$  je defekt mase sistema. Drugim rečima, jedan deo mase sistema ( $\Delta m$ ) pretvorio se u enregiju i to tačno onoliko koliko dobijemo kada pomnožimo sa kvadratom brzine svetlosti. Dakle, Ajnštajn je bio u pravu kada je teorijski predvideo postojanje ove vrste energije, mada su mnogi naučnici bili sumnjičavi prema jednačini  $E = mc^2$ , kao i prema celokupnom njegovom radu. Ajnštajnovi protivnici čak su organizovali „hajku“ na njega i njegove rezultate, pišući kako „sto najeminentnijih naučnika osporava Ajnštajna“. Kažu da je na sve te napade Ajnštajn hladokrvno odgovorio: „da su u pravu, bio bi dovoljan samo jedan naučnik da ospori moje rezultate“. Ali pošto „teorija vodi, a eksperiment odlučuje“, posle „Menhetn projekta“ svi upućeni u ovu problematiku su začutili, ali iz različitih razloga: jedni, jer se teorija poklopila sa eksperimentom, a drugi, zbog straha od toga šta takav rezultat donosi. Nažalost, Hirošima i Nagasaki svedoče da je taj strah bio opravdan.

Sada je bilo moguće uvideti da „masena“ energija materije i kinetička enegija tela pripadaju istom fizičkom zakonu, jer kada se formula razvije u red po binomnom zakonu dobija se:

$$E_n = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = mc^2 + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{3}{8}m\frac{v^4}{c^2} + \frac{15}{48}m\frac{v^6}{c^4} + \frac{105}{384}m\frac{v^8}{c^6} + \dots \quad (2.17)$$

Binom tipa  $(1 - x^2)^{-1/2}$  strogo je zasnovao još 1826. godine Abel (Niels Henrik Abel, 1802–1829), mada je forma zakonitosti bila poznata još Njutnu. On je umesto eksponenta „-1/2“ stavio pozitivan ceo broj ili nulu. Ovaj tip zakonitosti, binomni red, upotrebio je najpre Lorenc (Hendrik Anton Lorentz, 1853–1928), a zatim Minkovski (Hermann Minkowski, 1864–1909) i na kraju Ajnštajn za zasnivanje teorije relativnosti.

Uviđa se da drugi član reda u izrazu (2.17) ima oblik kinetičke energije

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.18)$$

i da su obična brzina ( $v$ ) i brzina svetlosti ( $c$ ) u paru prisutne u svakom članu, osim u prvom i drugom. Ova iznimka, koja postoji i u formulama koje danas koristimo, dobar je povod da se vratimo antičkim korenima fizike, jer kako je Platon govorio „jedan nije Jedan, dva jedva da je Jedan“ (Laertije, 1979), što drugim rečima znači da energiju mase ne mogu da karakterišu pojedinačno brzina  $v$  ili brzina  $c$ , već obe istovremeno.

Ajnštajn član reda  $\frac{1}{2}mv^2$  ne piše u ovom obliku, već u obliku  $m(v^2/2)$  (Einstein, 1916), što pokazuje njegovo prenebregavanje suštine postojanja faktora  $\frac{1}{2}$ . Nije u navedenom članu  $\frac{1}{2}$  vezano za brzinu, odnosno kvadrat brzine, već za zakonitost toga člana u redu zakona energije prirode. Formalno i kvantitativno, ono što je Ajnštajn napisao je tačno, ali suštinski i kvalitativno je pogrešno. Da bi se došlo do pravih saznanja mora se istovremeno sa *formom* i *kvantitetom* posmatrati *suština* i *kvalitet*, odnosno i druga strana problema. To podseća na poznatu priču o matematičaru i fizičaru koji zajedno putuju autobusom. Za vreme putovanja, matematičar je jednog trenutka upitao fizičara šta vidi na brdu, a ovaj odgovori da vidi jednu crnu ovcu. Fizičar se začudio zašto mu je matematičar postavio tako jednostavno pitanje sa očiglednim odgovorom. Znatiželjan šta će matematičar na to isto pitanje odgovoriti, fizičar ga upita šta on vidi. Matematičar mu odgovori da vidi jednu ovcu kod koje je najmanje jedna strana crna. Fizičar se zapita zar to nije isto što je i on rekao, jer je logično, tačno i jednostavno, ali onda shvati da je njegov odgovor, mada formalno tačan, u suštini nepotpun, jer je zanemario *drugu stranu* postojanja, koju nije mogao videti već samo zamisliti.

Um, kao kompleksna saznajna mašinerija budne (*svesne*) i spavajuće svesti (*podsvesne*), dovodi do saznanja o postojanju druge strane izraza 2.17, a koji glasi:

$$E_n = \left\langle n \left| \frac{nep}{par} \right. \right\rangle! m \frac{v^n}{c^{n-2}} \quad za \quad n = 0, 2, 4, 6, \dots, \quad (2.19)$$

i kada se razvije u red dobije se:

$$E_n = \frac{0!}{!0} m v^0 c^2 + \frac{1}{2} m \frac{v^2}{c^0} + \frac{3}{8} m \frac{v^4}{c^2} + \frac{15}{48} m \frac{v^6}{c^4} + \dots, \quad (2.20)$$

gde su prvi i drugi član kvantitativno isti kao u izrazu 2.17, ali suštinski različiti, što znači da su energija i stanje mase  $m$  istovremeno i stalno određeni brzinom  $v$  i brzinom  $c$ .

Vidimo da za  $n = 0$ , nulti član ima nula faktorijel, i to desni „0!“ i levi „!0“, što možemo obeležiti sa  $\langle (!) \rangle$ . To je novina u odnosu na izraz 2.17, odnosno na razgovor matematičara i fizičara, jer druga strana ovce nije crna, nego ima i bele tufne (jer u formuli imamo *nula faktorijel* i brzinu  $v^0$ ). Uloga *nula faktorijela* kako u matematici, tako i u mehanici (sada se prvi put pojavljuje uz  $mc^2$ ) nije jasna. Isto tako, zagonetna je i jedinica koja potiče od  $v^0$ , ali se ipak može razumeti, jer se  $v^0$  može napisati kao  $v^0 = v/v = 1$ , pa član  $E_0$  glasi:

$$E_0 = \langle (!) \rangle \frac{mv}{v} c^2. \quad (2.21)$$

Izraz 2.21 pokazuje da u masi  $m$  postoji količina kretanja  $mv$  koja se ostvaruje brzinom inverznom brzini  $v$  ( $v^0 = 1 = v/v$ ), obezbeđujući tako sinergetski efekat sa brzinom  $c$  koja je invarijanta prostor–vremena. Unutrašnje stanje mase  $m$  određeno je količinom kretanja koju definiše brzina  $v$ . Drugim rečima, masa prelazi u energiju preko unutrašnje količine kretanja koju masa poseduje, kao „kapsla“ koja aktivira  $mc^2$ . Isto važi i za  $c^0 = c/c = 1$  u drugom članu izraza 2.20 (materija je prožeta svetlošću–elektromagnetizmom).

*Nula faktorijel* (do sada se pisao kao  $0!$ , a to je u stvari samo desni nula faktorijel) velika je nepoznanica u matematici, a još je problematičnija njegova fizička interpretacija. Vrednost nula faktorijela je *jedan*, što je vrlo čudno, ali ako ne bi bilo tako „svet matematike“, koji mi danas znamo, srušio bi se kao „kula od karata“. Drugim rečima, vrednost nula faktorijela jednaka jedinici je „iznuđena“, ali zašto je  $0! = 1$  niko pouzdano ne zna. Inače, faktorijel je povezan sa gama funkcijom koju je u svet matematike uveo Ojler (Leonhard Euler, 1707–1783). Na primer, faktorijel broja 5 je  $5! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120$ , i predstavlja *desni* faktorijel. Naš poznati matematičar Đuro Kurepa (1907–1993) uveo je pojam *levi* faktorijel ( $!n$ ) i izneo hipotezu da je najveći zajednički delilac brojeva  $n!$  i  $!n$  broj 2 (Kurepa, 1974).

U jednačini 2.19  $n$  faktorijeli su  $0!, 2!, 4!, 6! \dots$ . Kod  $2!$  imamo  $1 \times 2$ , pa pošto je 1 neparan broj 1, a 2 paran, dobijamo  $\frac{1}{2}$ . Kod  $4!$  imamo  $1 \times 2 \times 3 \times 4$ , pa je proizvod neparnih brojeva  $1 \times 3 = 3$ , a parnih  $2 \times 4 = 8$ , što daje  $3/8$ . Kod  $6!$  to je  $1 \times 3 \times 5 = 15$ , odnosno  $2 \times 4 \times 6 = 48$ , što daje  $15/48$ . Ovde se susrećemo sa fenomenom „loma“, frakture, faktorijela na vrednost koju daju neparni i parni činoci  $n!$ . Zbog fenomena frakture faktorijela  $n!$ , kao i fenomena samosličnosti, ovu novu oblast nauke nazvali smo *fraktalna mehanika*. Sve je razumljivo osim  $0!$ , i fenomena njegove fraktalnosti. Da li je u pitanju fenomen odnosa *levog* i *desnog* fraktala kod člana  $E_0$ , tj.  $1 = 0!/!0 = \langle (!) \rangle$ ? Kakva je fizička interpretacija ovog fenomena? Da li u  $0!/!0$  stoji zakonitost leve i desne zavojnice koju srećemo u prirodi i biologiji?

Uočavamo da pored „masene“  $E_0$  i kinetičke energije  $E_2$  postoje članovi koji određuju nove vrste energije, a koje su u direktnoj sprezi sa njima. Ako posmatramo energiju za  $n = 4$  tada dobijamo da je:

$$E_4 = \frac{1 \times 3}{2 \times 4} m \frac{v^4}{c^2} = \frac{3}{8} m \frac{v^4}{c^2}. \quad (2.22)$$

A za  $n = 6$  dobijamo da je:

$$E_6 = \frac{1 \times 3 \times 5}{2 \times 4 \times 6} m \frac{v^6}{c^4} = \frac{15}{48} m \frac{v^6}{c^4}. \quad (2.23)$$

Energije  $E_4$  i  $E_6$  su energije na površini Zemlje nastale usled Zemljinog kretanja oko Sunca i galaktičkog kretanja Zemlje i Sunca, što predstavlja osnovu „hipotetičke brzine“ koju je izneo Tesla, a koja „određuje životnu nit“ biološkog sistema (Tesla, 1977, Koruga, 2007).

### Plankova konstanta

Plankova konstanta, kao što smo već rekli, nastala je kao rezultat razjašnjenja „ultravioletne katastrofe“ koja je postojala krajem 19. i početkom 20. veka. Energiju zračenja crnog tela u području plavog i ultravioletnog spektra nije bilo moguće na zadovoljavajući način objasniti pomoću Rejli-Džinsovog (Rayleigh-Jeans) zakona energije. Plank je 1900. godine uspeo da dođe do zadovoljavajućeg rešenja na osnovu uvođenja novih hipoteza u odnosu na klasičnu mehaniku (*prva hipoteza*: energija oscilatora se menja diskontinualno u tačno određenim iznosima, i *druga hipoteza*: energija kvanta je srazmerna frekvenciji oscilovanja i ima stalnu vrednost). Pomoću ovih hipoteza i pomoću fitovanja sa eksperimentalnim rezultatima, došao je do zakona koji je u potpunoj saglasnosti sa eksperimentalnim rezultatima u čitavom intervalu talasnih dužina i na svim temperaturama. Sva apsolutno crna tela na istoj temperaturi, bez obzira na atome od kojih su sastavljena, imaju istu spektralnu krivu.

Novi zakon zračenja crnog tela Plank je dobio u obliku:

$$w_\lambda = f(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/kT} - 1} \left[ \frac{W}{m^3} \right] \quad (2.24)$$

gde je:  $h$  – Plankova konstanta:  $6,626 \times 10^{-34}$  Js,  $c$  – brzina svetlosti:  $2,99779 \times 10^8$  m/s,  $k$  – Bolcmanova konstanta:  $1,380662 \times 10^{-23}$  J/K.

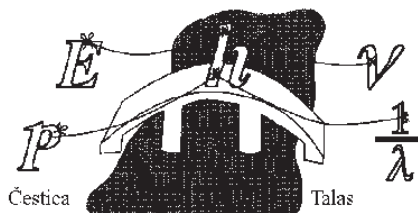
Sada se energija može napisati u obliku

$$E = hv, \quad (2.25)$$

a količina kretanja (momentum)

$$m\vartheta = \frac{h}{\lambda}, \quad (2.26)$$

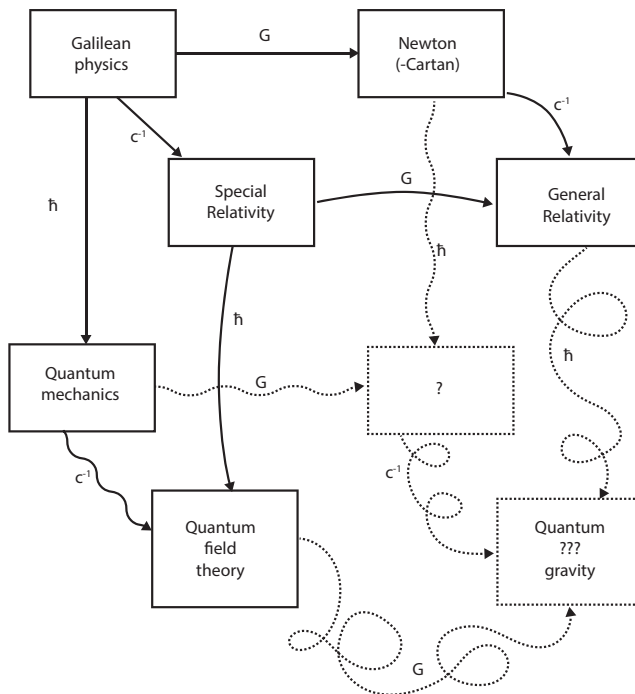
što povezuje talas i česticu, pa se Plankova konstanta kao osnova kvantnog dejstva može smatrati i „mostom“ čestično-talasnog prirode materije i svetlosti.



## 2.2. Penrouzova sistematizacija fizike

Penrouz je jedan od vodećih svetskih matematičkih fizičara današnjice. Izvršio je sistematizaciju fizike (mehanike) na osnovu  $G$ ,  $\hbar$  i  $c$  (slika 2.1). Brzinu svetlosti je uzeo kao inverznu vrednost ( $c^{-1} = 1/c$ ), što je sa fenomenološkog aspekta, ako se posmatra u apsolutnom sistemu jedinica, ispravno. Kao što se na slici 3.3 vidi, ostaju još dva polja, odnosno dve fizike. Jedna nastaje kao rezultat sadejstva klasične i kvantne mehanike, a druga kao rezultat sadejstva nove fizike (još neimenovane) sa kvantnom teorijom polja i opštom teorijom relativnosti. Sa tog aspekta, Ajnštajn je bio u pravu kada je rekao da kvantna mehanika u ono vreme „još nije *prava stvar*“.

Pored toga, Penrouz je afirmisao antički doprinos modernoj nauci, jer je u svet nauke pored fizičkog i mentalnog sveta uveo i Platonov svet (istine, lepote i moralnosti). Ova tri sveta (fizički, mentalni i Platonov) nemaju apsolutnu samostalnost, već relativnu, pa je zato u osnovi to jedan *svet*.



**Slika 2.1.** Penrouzova sistematizacija fizike od Galileja do danas na bazi univerzalnih fizičkih konstanti  $G$ ,  $\hbar$  i  $c$ . Iz datog prikaza se uočava da predstoji definisanje još dve nauke, jedne koja treba da bude na bazi klasične (Njutn) i kvantne mehanike (Šredinger), i druge na bazi kvantne teorije polja, opšte teorije relativnosti i ove nedostajuće (koju ćemo mi uslovno nazvati *fraktalna mehanika*) (Penrouse, 1997)

## 2.3. Svetlost, 5D prostor i fraktalna mehanika

U svakodnevnom životu, obično se kaže da predmet stabilno stoji ako ima najmanje tri oslonca, što se pokazalo ispravnim odabirom univerzalnih konstanti  $G$ ,  $h$  i  $c$  u promišljanju sistematizacije nauke. Nedostajuća nauka na slici 2.1, u polju sa znakom pitanja, mogla bi biti fraktalna mehanika, koja treba da objedini klasičnu i kvantnu mehaniku. Da bismo to pokazali, prethodno se moramo upoznati sa matematičkim osnovama gama funkcije.

### Gama funkcija

Gama funkciju u svet matematike uveo je 1730. godine švajcarski matematičar Ojler, sa ciljem generalizacije faktorijela. Zbog interesantnosti i važnosti ove funkcije za matematiku, njome su počeli da se bave Ležandr (Adrien-Marie Legendre, 1752–1833), Gaus (Carl Friedrich Gauss, 1777–1855), Luilj (Joseph Liouville, 1809–1882) i drugi poznati matematičari 18. veka.

Ojler je obeležavao gama funkciju oznakom  $\Pi(x)$ , a oznaku  $\Gamma(x)$  uveo je Ležandr 1809. godine. Gaus je kasnije uveo notaciju  $\Gamma(x+1)$ , pokazujući time da gama funkcija zadovoljava uslov  $f(x+1) = x f(x)$ , pa je  $\Gamma(n+1) = n\Gamma(n)$ .

Gama funkciju zapisujemo u obliku integrala:

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} x^{n-1} e^{-x} dx, \quad (2.27)$$

pa za  $n = 1$  dobijamo:

$$\Gamma(1) = \int_0^{\infty} x^{n-1} e^{-x} dx = \int_0^{\infty} x^0 e^{-x} dx = -e^{-x} I_0^{\infty} = 1, \quad (2.28)$$

a za  $n = 2$ ,  $n = 3$ ,  $n = 4$  i  $n = 5$ ,

$$\begin{aligned} \Gamma(2) &= 1\Gamma(1) = 1 \times 1 = 1! \\ \Gamma(3) &= 2\Gamma(2) = 2 \times 1\Gamma(1) = 2 \times 1 \times 1 = 2 \times 1 = 2! \\ \Gamma(4) &= 3\Gamma(3) = 3 \times 2\Gamma(2) = 3 \times 2 \times 1\Gamma(1) = 3 \times 2 \times 1 = 3! \\ \Gamma(5) &= 4\Gamma(4) = 4 \times 3\Gamma(3) = 4 \times 3 \times 2\Gamma(2) = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 4! \end{aligned}$$

pa generalno možemo napisati:

$$\Gamma(n + 1) = n! \quad (2.29)$$

Na osnovu ovoga dobija se jedan od najčudnijih rezultata u matematici, jer ako želimo da izračunamo za  $n = 0$ , tada dobijamo

$$\Gamma(0 + 1) = \Gamma(1) = 1 = 0!$$

Sve do 1974. godine za ovakvo obeležavanje govorilo se *faktorijel*, međutim naš matematičar Kurepa (Kurepa, 1974) uveo je pojam levi i desni faktorijel generalno, a 2012.

godine mi smo uveli *nulu faktorijel* (Koruga, 2012) i on se definiše kao:

$$(!) = \frac{0!}{!0} = \frac{\Phi - \phi}{e^{i\pi}(\phi - \Phi)} = \frac{1,61803 - 0,61803}{e^{i\pi} (0,61803 - 1,61803)} \equiv 1, \quad (2.30)$$

pa  $E_0$  u izrazu 2. 20 poprima oblik:

$$E_0 = (!) mv^0 c^2 = \frac{1,61803 - 0,61803}{e^{i\pi} (0,61803 - 1,61803)} \times \frac{mv}{v} \times c^2, \quad (2.31)$$

što pokazuje da u masi  $m$  postoji količina kretanja  $mv$  unutar mase koja se kreće inverznom brzinom brzini  $v$  u  $mv$  (jer je  $v^0=1=v/v$ ), obezbeđujući sinergetski efekat s brzinom  $c$  koja je invarijanta prostor–vremena.

Faktorijel se može generalno zapisati u obliku:

$$n! = n(n-1)!, \quad (2.32)$$

pa je:

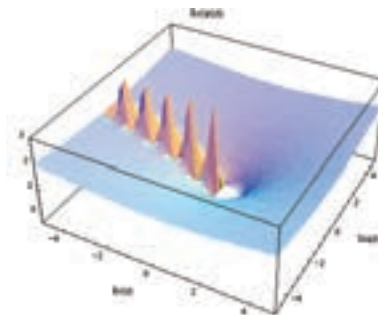
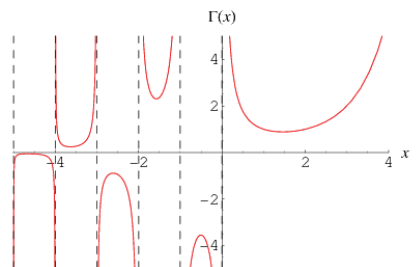
$$3! = 3 \times 2!$$

$$4! = 4 \times 3!$$

$$5! = 5 \times 4!$$

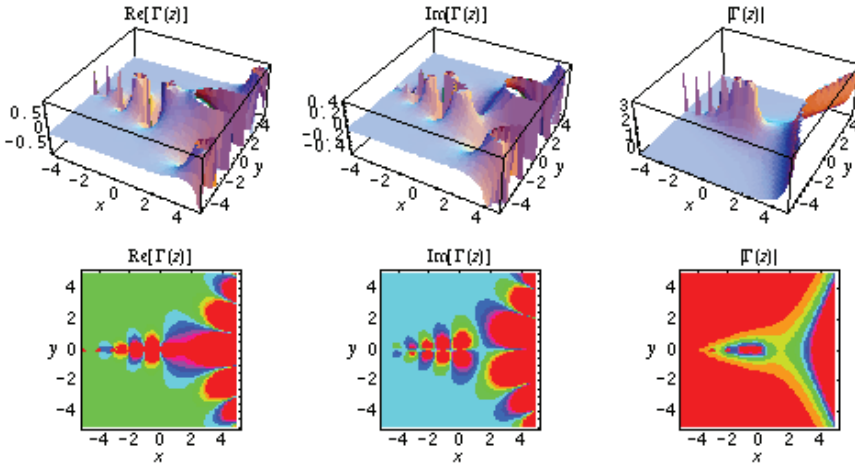
Ovo pokazuje memorijsku evolutivnu nit sistema faktorijela, jer svaki faktorijel sadrži prethodni faktorijel i samog sebe:  $3! = 2! \times 3$ ,  $4! = 3! \times 4$ , itd.

Gama funkcija pripada kategoriji specijalnih transcendentálnih funkcija i važna je za teoriju brojeva.



Slika 2.2. Grafički prikaz funkcije  $G(x)$  u ravni (levo) i kompleksne funkcije  $G(z)$  (desno).





Slika 2.3. Trodimenzionalni prikaz funkcije  $G(z)$ : realni, imaginarni i kompleksni (gore) i u ravni  $x, y$  (dole) (Havil, 2003).

### Gama funkcija i kodiranje prostora

Za  $n$ -dimenzionalni prostor radijus se izračunava na osnovu Pitagorinog rastojanja koji za euklidski prostor ima oblik kvadratne forme:

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_n^2 = r^2, \quad (2.33)$$

dok će za  $n$ -dimenzionalnu sferu čiji je radijus  $r^n$  vrednost za njegovu zapreminu biti:

$$V_n(r) = C_n r^n. \quad (2.34)$$

Računanje  $C_n$  za površinu, odnosno dvodimenzionalni prostor  $n = 2$ , i zapreminu, trodimenzionalni prostor,  $n = 3$ , lako je, jer znamo sve elemente koji čine  $V_n$ . Za  $n = 2$ ,  $V_2 = C_2 r^2$ , pa, znajući da je površina kruga  $P = r^2\pi$ , dobijamo da je  $C_2 = \pi$ . Slično imamo za  $n = 3$ , jer je zapremina sfere  $V_3 = 4/3 r^3\pi$ , pa dobijamo da je  $C_3 = 4/3\pi$ . Koliko je  $C_1$  ili  $C_4$ ? To ne možemo saznati na ovakav način, pa moramo potražiti opšti zakon za računanje  $C_n$  vrednosti za  $n$ -dimenzionalne sfere.

Opšti zakon za dobijanje prostora za različite dimenzije dobija se na bazi funkcije  $\Gamma(1/2)^n$  (Hamming, 1986):

$$\left[\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\right]^n = \pi^{\frac{n}{2}} = \int_0^\infty e^{-r^2} \frac{dV_n(r)}{dr} dr = C_n \int_0^\infty e^{-r^2} n r^{n-1} dr \quad (2.35)$$

Na osnovu izraza 2.35, zakon računanja jediničnih sfera prostora dimenzije  $n$  dat je izrazom:

$$C_n = \frac{\pi^{\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2} + 1\right)} \quad (2.36)$$

Odnosno:

$$C_n = \frac{2\pi}{n} C_{n-2} \quad (2.37)$$

Na osnovu izraza 2.37, a polazeći od  $n = 2$  i  $n = 3$ , za koje znamo da su  $C_2 = \pi$  i  $C_3 = 4\pi/3$ , Hamming je 1986. godine dobio vrednosti jediničnih postora dimenzije  $n = 1, n = 4, n = 5, n = 6$  i  $n = 7$ . Iz tabele 2.1 vidimo da maksimalnu vrednost jedinične sfere ima dimenzija  $n = 5$ . Ako jedinična sfera nosi neku vrsti kapacitivnosti, onda bi to bila jedna od favorizovanih kosmičkih dimenzija.

**Tabela 2.1.** Poznate vrednosti jediničnih sfera na osnovu izraza 2.37 (Hamming, 1986)

n	$C_{n\pi}$	Value
$2k$	$\pi^k/k!$	$\rightarrow 0$
...	....	.....
7	$16\pi^3/105$	4,724
6	$\pi^3/6$	5,167
5	$8\pi^2/15$	5,263
4	$\pi^2/2$	4,934
3	$4\pi/3$	4,188
2	$\pi$	3,141
1	2	2,000

Ako se nastavi računanje vrednosti jediničnih sfera uz uslov da važi zakon simetrije (simetrijski element inverzije), tada za  $n = 0$  dobijamo da je  $C_0$

$$C_0 = \frac{2\pi}{n_0} \times C_{-2} = 1 \quad \rightarrow \quad n_0 = 2\pi \times \frac{1}{\frac{4\pi}{3}} = 3/2, \quad (2.38)$$

što daje vrednosti za ostale dimenzije, kao što je prikazano u tabeli 3.2 (dalje u tekstu ćemo dimenziju označavati velikim slovom  $N$ , a njenu dimenzionalnost sa  $n$ ). U matematici je dimenzija  $N = 0$  tačka, koja je još od Euklida (Euklidovi elementi, 1949) definisana kao entitet „koji nema delova“. Međutim, na osnovu gama funkcije vidimo da je to entitet koji nema smisla deliti, što implicira fenomen nelokalnosti ( $V_0 = C_0 r^0 = 1 \times 1 = 1$ ), jer ma koliko bilo  $r$  ukupnost sistema je data u jediničnoj sferi  $C_0$ . Univerzalne fizičke konstante za dimenziju  $N = 0$ , njenu jediničnu sferu i jedinične sfere ostalih dimenzija, sem dimenzije  $N = 1$ , su:  $G = 1, h = 1, c = 1$ , odnosno  $Ghc = 1$  (ideja za uzimanje ove tri univerzalne fizičke konstante za apsolutni sistem jedinica potiče od Planka, prihvatio ju je 1975. godine Viler, a zatim 1994. godine i Penrouz). Pakovanje sfera (posebno jediničnih) predstavlja osnovu kodiranja i povezivanja teorije informacija i entropijske fizike (informacione fizike).

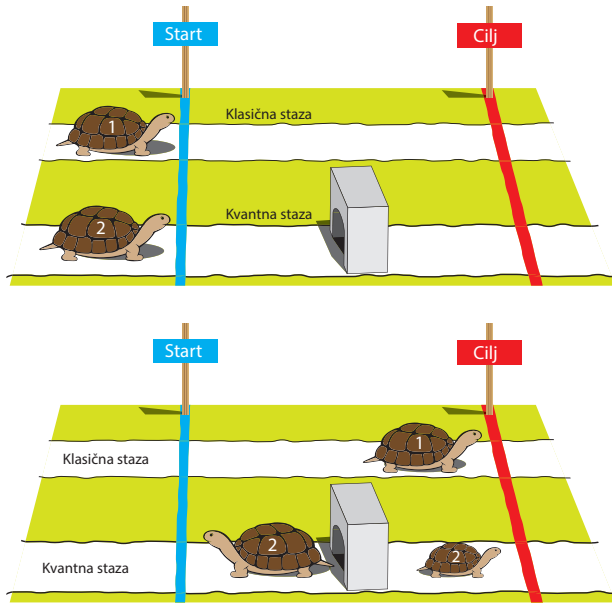
**Tabela 2.2.** Pozitivne i negativne prostorne dimenzije  
(Koruga 2012, adaptirano iz Koruga, 1993)

Dimenzija $N$	Jedinična sfera $C_n$	Dimenzi- onalnost $n$	Vrednost jedinič- ne sfere preko $\pi$	Vrednost jedinične sfere
$N = 6$	$C_6 = \frac{2\pi}{n} \cdot C_4 = \frac{2\pi}{6} \cdot \frac{\pi^2}{2}$	6	$\frac{\pi^3}{6}$	5,1677
$N = 5$	$C_5 = \frac{2\pi}{n} \cdot C_3 = \frac{2\pi}{5} \cdot \frac{4\pi}{3}$	5	$\frac{8\pi^2}{15}$	5,2637
$N = 4$	$C_4 = \frac{2\pi}{n} \cdot C_2 = \frac{2\pi}{4} \cdot \pi$	4	$\frac{\pi^2}{2}$	4,9348
$N = 3$	$C_3 = \frac{2\pi}{n} \cdot C_1 = \frac{2\pi}{3} \cdot 2$	3	$\frac{4\pi}{3}$	4,1887
$N = 2$	$C_2 = \frac{2\pi}{n} \cdot C_0 = \frac{2\pi}{2} \cdot 1$	2	$\pi$	3,1415
$N = 1$	$C_1 = \frac{2\pi}{n} \cdot C_{-1} = \frac{2\pi}{1} \cdot \frac{1}{\pi}$	1	$2\pi^0 = 2$	2,0000
$N = 0$	$C_0 = \frac{2\pi}{n} \cdot C_{-2} = \frac{2\pi}{3/2} \cdot \frac{1}{4\pi/3}$	3/2	$\frac{1}{\pi^0} = 1$	1,0000
$N = -1_4$	$C_{-1} = \frac{2\pi}{n} \cdot C_{-3} = \frac{2\pi}{4} \cdot \frac{2}{\pi^2}$	4	$\frac{1}{\pi}$	0,3183
$N = -2_5$	$C_{-2} = \frac{2\pi}{n} \cdot C_{-4} = \frac{2\pi}{5} \cdot \frac{15}{8\pi^2}$	5	$\frac{1}{\frac{4\pi}{3}}$	0,2387
$N = -3_6$	$C_{-3} = \frac{2\pi}{n} \cdot C_{-5} = \frac{2\pi}{6} \cdot \frac{6}{\pi^3}$	6	$\frac{1}{\frac{\pi^2}{2}}$	0,2026
$N = -4_7$	$C_{-4} = \frac{2\pi}{n} \cdot C_{-6} = \frac{2\pi}{7} \cdot \frac{105}{16\pi^3}$	7	$\frac{15}{8\pi^2}$	0,1899

Iz tabele 2.2 vidimo da su dimenzije  $N = 0$  i  $N = 1$  nezavisne (mada su inverzno povezane preko  $\pi^0$  njihovih jediničnih sfera), a sve ostale dimenzije su zavisne od  $N = 0$ , jer nastaju udvajanjem u  $N = 0$  ( $N = 2$  ima svoga para u  $N = -1_4$ ,  $N = 3$  ima svoj par u  $N = -2_5$  i tako dalje).

Znači, ako posmatramo našu  $N = 3$  dimenziju, onda je ona u jedinstvu sa  $N = -2_5$  dimenzijom, jer je generisana od strane  $N = 0$  [ $N(3) \times N(-2_5) = N(0)$ ], tj.  $4,1887 \times 0,2387 = 1$ ). To se može ilustrovati kao na slici 2.4, gde imamo dve kornjače koje u isto vreme kreću sa starta, pri čemu jedna ide klasičnom stazom (klasična mehanika), a druga kvantnom stazom (kvantna mehanika). Na kraju trke, kornjača na klasičnoj stazi ostala je ista, dok je

kornjača na kvantnoj stazi pretpela promene. Ona se udvojila jer je prolazila kroz kvantni tunel, pa je na start došla kornjača ( $N = -2_5$ ) koja je u odnosu na onu koja je stigla na „finiš“ ( $N = 3$ ) nešto malo veća. To je zato što ova koja se vratila na start ima dimenzionalnost 5, a ona na finišu dimenzionalnost 3. U osnovi ovog fenomena stoji dimenzija  $N = 0$ , koja ima fraktalnu dimenzionalnost  $n = 3/2$ . Zbog toga fizički fenomeni koji su vezani za dimenziju  $N = 0$ , odnosno njenu dimenzionalnost  $n = 3/2$ , spadaju u oblast *fraktalne mehanike*, kao nauke koja nedostaje a treba da ujedini klasične i kvantne fenomene.



**Slika 2.4.** Ilustracija razlike klasične i kvantne mehanike na primeru dve kornjače koje se kreću dvema različitim stazama: jedna klasičnom, a druga kvantnom (levo). Kornjača na klasičnoj stazi stiže u neizmenjenom obliku na cilj (desno). Međutim, na kvantnoj stazi nalazi se „kvantni tunel“, koji kornjaču 2 udvaja, jedna stiže na cilj, malo izmenjena (manja je), a druga se vratila na start (ona je veća, ali je u inverznom položaju u odnosu na onu koja je stigla na cilj).

Iz tabele 2.2 vidimo da važi zakonitost

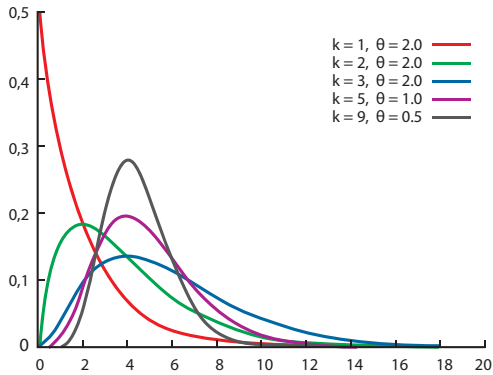
$$N_{(n)} \times (1 - n)N_{(n+2)} = N(0), \quad (2.39)$$

što se može zapisati u obliku:

$$\langle N_{(n)} | (1 - n)N_{(n+2)} \rangle. \quad (2.40)$$

Distribucija gama funkcije može se dati preko parametara  $k$  i  $\theta$

$$f(x; k, \theta) = x^{k-1} \frac{e^{-\frac{x}{\theta}}}{\theta^k \Gamma(k)} \text{ for } x > 0 \text{ and } k, \theta > 0 \quad (2.41)$$



Slika 2.5: Distribucija gama funkcije u zavisnosti od parametara  $k$  i  $\theta$ .

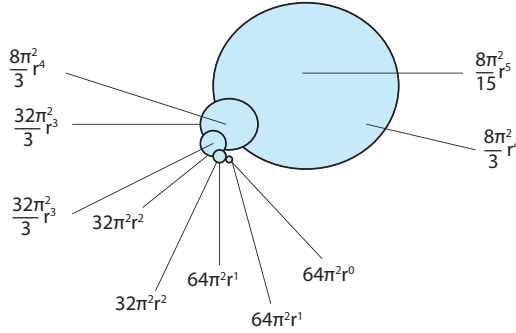
U odnosu na parametre date u izrazu 3.16, grafički prikaz je kao na slici 3.5:

Iz tabele 2.2 uočava se da je maksimalna vrednost jedinične sfere za  $n = 5$ , pa su moguća dva scenarija nastanka ostalih nižih prostora od  $n = 5$ : (1) da je iz  $n = 0$  najpre nastao  $n = 5$ , a zatim je iz njega nastala „glatka“ redukcija  $n = 4$  i  $n = 3$ ; (2) „kaskadna“ redukcija na  $n = 4$  i  $n = 3$ .

Tabela 2.3. Vrednosti veličine prostora dimenzije  $n$  na bazi „glatke“ i „kaskadne“ transformacije dimenzije  $N = 5$  u niže dimenzije

$nD^5$ vrednosti					
$5D^5$	$4D^5$	$3D^5$	$2D^5$	$1D^5$	0
$\frac{8\pi^2}{15}r^5$	$\frac{8\pi^2}{3}r^4$	$\frac{32\pi^2}{3}r^3$	$32\pi^2r^2$	$64\pi^2r^1$	$64\pi^2r^0$
$nD^n$ : vrednosti $V^n$ i $P^n$					
$5D^5$	$4D^4$	$3D^3$	$2D^2$	$1D^1$	$0D^0$
$\frac{8\pi^2}{15}r^5$	$\frac{\pi^2}{2}r^4$	$\frac{4\pi}{3}r^3$	$\pi r^2$	$2\pi^0 r^1$	$\frac{1}{\pi^0}r^0$
$\frac{8\pi^2}{3}r^4$	$2\pi^2r^3$	$4\pi r^2$	$2\pi r$	$2\pi^0 = 2$	$\frac{0!}{\pi^0} = 1$
Odnos $V$ : $nD^5 / nD^n$					
1	$\frac{16}{3}$	$8\pi$	$32\pi$	$32\pi^2$	$64\pi^2$
Odnos $P^{n+1}V_n/V_n$					
$\frac{P^6V_5}{V_5}$	$\frac{P^5V_4}{V_4}$	$\frac{P^4V_3}{V_3}$	$\frac{P^3V_2}{V_2}$	$\frac{P^2V_1}{V_1}$	$\frac{P^1V_0}{V_0}$
$\frac{\pi^3r^5}{\frac{8\pi^2}{15}r^5} = \frac{15}{8}\pi$	$\frac{\frac{8\pi^2}{3}r^4}{\frac{\pi^2}{2}r^4} = \frac{2}{3}8$	$\frac{2\pi^2r^3}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{2}\pi$	$\frac{4\pi r^2}{\pi r^2} = 4$	$\frac{2\pi r^1}{2\pi^0 r^1} = \pi$	$\frac{2\pi^0 r^0}{\frac{1}{\pi^0}r^0} = 2$
5,8904	5,3333	4,7123	4	3,1415	2

Shematski prikaz „kaskadne“ transformacije dimenzije  $N = 5$  u niže dimenzije dat je na slici 2.6.



Slika 2.6. Shematski prikaz „kaskadne“ transformacije dimenzije  $N = 5$  u niže dimenzije.

### Prostor–vreme na bazi gama funkcije

Poznato je da Ajnštajn nije bio oduševljen teorijom Velikog praska, pa taj pristup nije uzimao u razmatranje u svom radu. Međutim, Hoking i Penrouz su pokazali da iz opšte teorije relativnosti proizlazi mogućnost da je svemir započeo sa Velikom praskom, ali teorija ne može predvidjeti šta nastaje Velikom praskom. Ali Ajnštajnova opšta teorija relativnosti pretvorila je pasivni *prostor* i *vreme* u aktivne činioce dinamike svemira, pokazavši (zajedno sa Hilbertom) da je ono što smatramo gravitacionim poljem u stvari zakrivljenost prostor–vremena.

Saglasno fizici četvorodimenzionalnog prostor–vremena, koje se zapisuje u obliku:

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - [(ct)]^2 = 0 \quad (2.42)$$

vidimo da je vreme  $t$  kofaktor četvrte dimenzije zajedno sa brzinom svetlosti  $c$  (dimenzionalno  $c \times t = s \times (m/s) = m$ ). Na osnovu rezultata iz tabele 2.2 možemo zapisati četvorodimenzionalno prostor–vreme u obliku:

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + [(-1_4)]^2 = 0 \quad (2.43)$$

odnosno, petodimenzionalno prostor–vreme u obliku:

$$\begin{aligned} x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - [(-1_4)]^2 + [(-2_5)]^2 &= 0 \\ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - [(ict)_4]^2 + [(i^2 \kappa \nu)_5]^2 &= 0 \end{aligned} \quad (2.44)$$

pri čemu je  $i = \sqrt{-1}$  (rotator),  $\kappa$  je prostorno–vremenski kôd (*scenario* – kao što je DNK kod bioloških sistema, jer se po njenom scenariju od oplođene jajne ćelije stvara organizam), ima dimenziju *ms* (neposredno jedinstvo prostora i vremena, tj. prostor–vreme),  $\nu$  je frekvencija  $s^{-1}$ .

Na osnovu kvantne teorije polja (Ryder, 1985) može se računati dimenzija mase  $m$  na osnovu izraza 2.45:

$$d_m = \frac{n}{2} - 1, \quad (2.45)$$

što za  $n = 5$  daje:

$$d_m = \frac{n}{2} - 1 = \frac{5}{2} - 1 = \frac{5-2}{2} = \frac{3}{2}, \quad (2.46)$$

Vrednost  $3/2$  je vrednost dimenzionalnosti za  $n = 0$ , pa masa u trodimenzionalnom prostoru reprezentuje dimenziju  $n = 0$  preko redukcije  $n = 5$  na  $n = 3$ . Prema Hokingu, a i na osnovu gama funkcije (izraz 2.11), „informacije o kvantnim stanjima u nekom području prostor–vremena mogu se kodirati na granici područja koje ima dve dimenzije manje“. Masa sa svojstvom  $3/2$  (fraktalna masa) direktni je redukcionni entitet dimenzije  $n = 5$  u  $n = 3$ , jer su obe kao prostori nastale iz  $n = 0$ . Redukciju prostora dimenzije  $n = 5$  u prostor  $n = 3$  nastalih iz  $n = 0$  možemo zapisati u formi  $|0 \uparrow 5 \downarrow 3|$ , odnosno rečima: iz dimenzije  $N = 0$  nastaje dimenzija  $N = 5$ , koja se redukuje na dimenziju  $N = 3$ .

Drugi redukcionni entitet prostora dimenzije  $N = 5$  u  $N = 3$  je posredni, preko  $N = 4$ , i odgovara fotonu (svetlosti). Foton je danas jedna od najvećih enigmi u nauci. Kada su pre 55 godina Ajnštajna pitali šta je foton, odgovorio je: „Mnogi fizičari misle da znaju šta je foton, a ja sam većinu svog života posvetio tom pitanju, ali nisam našao odgovor. Bilo bi dobro da znamo i šta je elektron.“ Neprekidno se traga za zadovoljavajućim odgovorom, naročito na osnovu direktnog merenja.

Međutim, na osnovu formule 3.20, foton, kao redukcionni entitet  $N = 5$  u  $N = 4$ , ima redukcionnu masu dimenzije  $d_m = (n/2) - 1 = 4/2 - 1 = 1$  (foton), pa će zbog toga imati osobinu „strune, cilindra“ koji vibrira (kao žice na gitari ili violini). Zato će foton po prirodi stvari imati dualnu prirodu, *talasa* i *čestice*. Ovo možemo zapisati u formi  $|0 \uparrow 5 \downarrow 4 \downarrow 3|$ , odnosno  ${}^{3/2}[\uparrow \downarrow \downarrow]$ , jer je  $d_m(4) = 1$ .

Prečnik fotonske strune je Plankove dužine  $l_p = 1,6163 \times 10^{-35}$  m, a dužina strune ( $l_{ph}$ ) je proizvod vremena od nastanka  $N = 5$  iz  $N = 0$  (Plankovo vreme,  $5,35 \times 10^{-43}$  s) do uspostavljanja redukovane mase s vremenom prelaska  $N = 5$  u  $N = 4$  ( $137,438 \times 10^9$  s). Ovo vreme odgovara faznom prelazu (oko 300.000 godina posle prelaza  $n = 0 \rightarrow n = 2 \rightarrow n = 3 \rightarrow n = 4 \rightarrow n = 5$ , odnosno vremenu kada se svetlost kao 5D fenomen uspostavila kao novi entitet i kroz redukciju dimenzija penetrirala u 3D prostor ispunjen masom  ${}^{3/2}[\uparrow \downarrow]_m$  razdvojenih elektrona i protona). Najmanja vrednost fotonske strune, odnosno talasne dužine, iznosi:

$$l_{p_h} = (t_p \times t_R) \times c = (5,35 \times 10^{-43} \times 1,37 \times 10^{11}) \times 2,997 \times 10^8 = 2,2 \times 10^{-22} \text{ (m)} \quad (2.47)$$

a najveća frekvencija strune je  $\nu = 1,4 \times 10^{30} \text{ s}^{-1}$ . Fotonska struna može da vibrira različitim frekvencijama, u zavisnosti od energije koju poseduju, a data je Plankovom relacijom  $E = h\nu$ .

Da bi se organizovala masa  ${}^{3/2}[\uparrow \downarrow]_m$  (koja je bila u formi elektrona i protona u 3D) i formirale složenije strukture (atomi), došlo je do zarobljavanja svetlosti (fotona). Ovim

zarobljavanjem uspostavlja se ponovno jedinstvo dimenzija  $N = 0$  i  $N = 1$ , slično kao u njihovom izvornom stanju (atrakciji). Dok je izvorno jedinstvo  $N = 0$  i  $N = 1$  bilo neposredno, sada je ono u repulzivnom stanju posredno u  $N = 4$  preko transformisanih dimenzija iz  $n = 0$  i  $n = 1$ , *fotona* (talasno-čestičnog entiteta: elektromagnetnih svojstava) i *mase* (čestično-talasnog sa  $\lambda$ , a masene (De Brojeve) talasne dužine sa  $\Lambda$ ).

## 2.4. Petodimenzionalna svetlosna nanotehnologija



Gunnar Nordström  
(1881–1923)

Ideja o postojanju *pete dimenzije* stara je oko 100 godina. Još pre nego što je Ajnštajn 1915. godine objavio svoju opštu teoriju relativnosti, finski naučnik Gunar Nordstrom je 1914. godine objavio rad pod nazivom *O mogućnosti pojednostavljenja i ujedinjenja elektromagnetnog polja i gravitacionog polja* (Nordstrom, 1914), gde je pokušao da objedini elektromagnetizam i gravitaciju tako što je Maksvelovoj tenzorskoj teoriji elektromagnetizma dodao skalarnu gravitacionu teoriju. To nije bilo najsrećnije rešenje, pa je njegova ideja, inače revolucionarna u to vreme, kasnije zaboravljena.

Novi pomak ideje petodimenzionalnosti učinio je Teodor Kaluca sa Univerziteta u Kenigzbergu, Nemačka (današnji Kalinjinograd, Rusija), kada je 1919. godine poslao Ajnštajnu jedan svoj rad pod nazivom „O problemu jedinstva fizike“ (Kaluza, 1919). Kaluca je pošao od razlaganja pet koordinata  $x^i$  na četiri  $x^{\mu}$  i jednu  $x^5$  što je zahtevalo razlaganje metričkog tenzora  $g_{ij}$  u tri grupe:  $g_{\mu\nu}$ ,  $g_{\mu 5}$  i  $g_{55}$ . Ideja je bila da deset komponenata metričkog tenzora  $g_{\mu\nu}$  (gravitacije) i četiri komponente  $g_{\mu 5}$  (elektromagnetizam) opišu *graviton* i *foton*. Imajući u vidu da se Rimanov metrički tenzor (na kome je matematički zanovana Ajnštajnova teorija gravitacije) može formulisati u proizvoljno mnogo dimenzija, to je iskoristio Kaluca i Ajnštajnovu četvorodimenzionalnu teoriju gravitacije sa elektromagnetizmom pretvorio u petodimenzionalnu, s tim da je u odnosu na Ajnštajnovu i Maksvelovu teoriju njegova teorija imala i jedan „mali“ dodatak:  $g_{55}$ . Taj dodatak je bio šokantan za Ajnštajna, jer je zahtevao da bude  $g_{55} = -1$ , što dovodi do umnožaka *pete dimenzije* („uslov cilindričnosti“), pa je Ajnštajnova teorija gravitacije istovremeno prevaziđena i sačuvana (Hegelov *aufgehoben*). Drugim rečima, Kaluca je dao elegantno rešenje u kome su se Ajnštajnovu i Maksvelovo polje našli u Kalucinom petodimenzionalnom metričkom polju. Međutim, Ajnštajn je bio šokiran elegancijom rešenja, odnosno idejom da se dodavanjem još jedne dimenzije četvorodimenzionalnoj gravitaciji može objediniti gravitacija i elektromagnetizam. Ako je gravitacija četvorodimenzionalni fenomen, da li to znači da je svetlost petodimenzionalni fenomen? Na to ukazuje i Plankov zakon zračenja crnog tela, jer je talasna dužina ( $\lambda$ ) petog stepena  $\lambda^5$  (izraz 2.9), pa je prostorna



Theodor Kaluza  
(1885–1954),





Oscar Klein  
(1894–1977),

metrika svetlosti  $m^5$ , što odgovara fizičkom petodimenzionalnom prostoru. Kaluca je smatrao da je svetlost fenomen koji nastaje kao poremećaj na površini petodimenzionalne sfere usled mreškanja, dinamičkog boranja (nastajanja „brda i dolina“). Međutim, niko nije mogao reći kolika je ta sfera. Oskar Klajn, švedski fizičar, poboljšao je Kalucovu teoriju 1926. godine, rekavši da je peta dimenzija uvijena (zatvorena u krug, što je proizlazilo iz Kalucovog uslova o „cilindričnosti“) zato što je na kvantnom nivou, pa bi kvantna mehanika mogla to da objasni. Nakon izvršenih proračuna dobijena je vrednost sfere na nivou Plankove dužine ( $1,6162 \times 10^{-35}$  m). U prilog ovome ide i saznanje iz eksperimenata da je elementarno naelektrisanje  $q = 1,602 \times 10^{-19}$  C i gravitaciona

konstanta  $G = 6,674 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$ , pa se na osnovu malih perturbacija (metričnog tenzora) koje asociraju sa elektromagnetnim poljem (Klajn-Gordonova jednačina) dobija da je:

$$\frac{cq}{\sqrt[2]{G}} = \frac{h}{r^5} \quad (2.48)$$

pri čemu je  $r_5 \approx 10^{-35}$  m. Posledica ovoga je da radijus pete dimenzije mora biti reda Plankove dužine da bi se generisalo elementarno naelektrisanje koje znamo iz eksperimentalnih merenja. Zato što još uvek ne možemo da izmerimo  $10^{-35}$  m (danas najpreciznije merenje iznosi  $\sim 10^{-18}$  m), ovo su sve posredni dokazi da je peta dimenzija na bazi Kaluca–Klajnovne teorije reda veličine Plankove dužine.

Međutim, videli smo (tabela 2.2) da se peta dimenzija javlja na dva mesta, jedno je  $N = 5$  i drugo  $N = -2_5$ . Kaluca–Klajnov pristup odnosi se na petu dimenziju koja je data kao  $N = 5$ . Međutim, mi smo pokazali da postoji peta dimenzija kao  $N = -2_5$  rešenje, i ona je u direktnoj sferi sa  $N = 3$ , preko  $N = 0$ . Drugim rečima, dimenzija  $N = 3$ , sama za sebe, bila bi „ništa“. Ovako ona nije „prazna“ jer je prožima  $N = -2_5$ , pa je ipak „nešto“. Drugim rečima, naš trodimenzionalni prostor je ispunjen redukovanim, za dve dimenzije petodimenzionalnim sadržajem. Da li se ovo saznanje može iskoristiti za neko tehnološko rešenje? Odgovor je pozitivan, i jedno moguće rešenje je da uzmemo tri entiteta koja imaju karakteristiku prostora (jedinica u metrima), kao što je to talasna dužina svetlosti. Sada nam nedostaju još dve dimenzije koje će predstavljati „redukciju“ svetlosti. To mogu biti dve vrste polarizacije svetlosti, horizontalna ( $\leftrightarrow$ ) i vertikalna ( $\updownarrow$ ). Na taj način svetlosti kao uređenom skupu 5D entiteta (fotona) dajemo osobine  $N = -2_5$ .

Prvu tehnološku realizaciju petodimenzionalne svetlosne nanotehnologije kao  $\langle -5_2 \rangle$  (tabela 2.2) izveli su 2009. godine australijski istraživači (Zijlstra et al, 2009) sa Tehnološkog univerziteta Svinbern. Ovo nanotehnološko rešenje je ostvareno nezavisno od rezultata naših istraživanja koja su prvi put publikovana 1991. godine (Koruga, 1991) i drugi put 1993 (Koruga et al, 1993). Oni su koristili nano šipke od zlata (45–65 nm), da bi obezbedili uslove ortogonalnosti učitavanja / iščitavanja podataka u 3D prostoru u svim pravcima, kao i u dva ortogonalna polarizovana pravca. Za svoja rešenja koristili su svetlost sa tri talasne dužine: 700 nm, 840 nm i 980 nm, i dva ortogonalna polarizatora za ove tri svetlosti (što je ekvivalent horizontalnoj i vertikalnoj polarizaciji). Uspeli su da naprave optički multipikselski sistem informacionog kapaciteta od  $10^{12}$  bita  $cm^3$  ( $1$  Tbit  $cm^{-3}$ ).



Slika 2.7. Prva petodimenzionalna memorija na bazi tri talasne dužine i dve polarizacije svetlosti u realizaciji memorije od 1 Tbit/cm<sup>3</sup> (Zijlstra et al, 2009).

## 2.5. Petodimenzionalnost svetlosti i levitacija

Ako je naš 3D prostor ispunjen „nečim“, kao što je  $\langle -2_5 \rangle$  (petodimenzionalno i na nivou Plankove dužine), postavlja se pitanje da li je moguće lokalizacijom veoma malog 3D prostora provocirati taj sadržaj, tako da imamo utisak da smo „kreirali“ foton. Pored fenomena iluzije kreiranja fotona (kažemo „iluzije kreiranja“ jer on je tu, već prisutan, ali mali i taman, pa ga ne možemo videti) trebalo bi da se javi i fenomen levitacije, jer kod  $\langle -2_5 \rangle$  imamo minus, negativno, suprotno u odnosu na gravitaciju kao pozitivno u  $N = 3$ . Kako je Kaluca–Klajnova teorija objedinila elektromagnetizam i gravitaciju na nivou Plankove dužine, a mi smo dobili gore opisani fenomen, trebalo bi očekivati da se na veoma malom prostoru (rastojanju) javi efekat levitacije, koji se može eksperimentalno meriti. Kao što znamo, Plankova dužina je veoma mala ( $\sim 10^{-35}$  m) pa mora biti veliki broj  $\langle -2_5 \rangle$  entiteta u tom malom prostoru. Ono što je tehnološki danas izvodljivo jeste da se naprave dve nano/piko glatke ploče, najbolje od zlata, sa savršenom jednoatomskom glatkoćom (uniformno ravno), da budu u vakuumu i na veoma niskoj temperaturi (svega nekoliko K). Eksperiment bi trebalo da bude poboljšana varijanta dosadašnjih eksperimenata merenja Kazimirove sile. Naravno, trebalo bi usvojiti sve pozitivne strane tih eksperimenata, ali eliminisati sve „nečiste uslove“ uticaja materijala i uslova pri merenju.

Drugačije rečeno, levitacija koja nastaje od  $\langle -2_5 \rangle$  predstavlja način da se eliminiše uticaj gravitacione sile. Mogućnost levitacije je eksperimentom potvrđena, ali nije na adekvatan način objašnjena. Mi dajemo objašnjenje efekta levitacije na bazi interakcije gravitacije ( $N = 3$ ) i elektromagnetizma ( $N = -2_5$ )

$$\frac{N(3)}{N(-2_5)} \begin{pmatrix} \downarrow \\ \uparrow \end{pmatrix} \quad (2.49)$$

Kako intenzitet dejstva između dve mase kod gravitacije i magnetizma u 3D opada sa kvadratom rastojanja, to će onda u sinergetskom stanju međudejstvo makroskopskog  $mg$

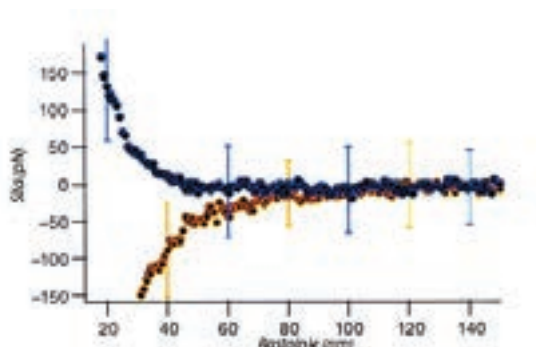
i petodimenzionalne jedinične sfere  $(8/15)\pi^2$  (tabela 3.2) biti inverzno, pa je za apsolutni sistem jedinica (koji važi za jedinične sfere svih dimenzija, jer su sve nastale od nulte dimenzije, sem jednodimenzionalnog prostora)  $Ghc = 1$ , odnosno  $1/G = hc$ , određeno sa drugim stepenom odstojanja (distance,  $d^2$ ), jer se proces levitacije odvija u trodimenzionalnom prostoru

$$mg = \frac{8hc\pi^2}{15 d^2} \quad (2.50)$$

pa se može izračunati najveće rastojanje (distanca  $d$ ) između dve jedinične ploče da bi se ostvario efekat levitacije gornje ploče (tela) od  $1 \mu\text{g}$ .

$$d = \pi \sqrt{\frac{8hc}{15mg}} = \sqrt{\frac{8 \times (6,626 \times 10^{-34}) \times (2,99 \times 10^8)}{15 \times 9,81 \times 10^{-6}}} \approx 100 \text{ pm}. \quad (2.51)$$

Međutim, telo koje ima Plankovu masu  $2 \times 10^{-8} \text{ kg}$  levitira na udaljenosti od oko 1 nm od baze ploče.



**Slika 2.8.** Levitacija zlatne lopte u interakciji sa pločom od silicijuma (levo). Eksperimentalni rezultat atraktivno repulzivnih sila u procesu levitacije (desno). Vidi se da se efekat levitacije, u ovim uslovima, dešava na rastojanju oko 32 nm, i da se održava sve do 140 nm (Munday et al, 2009).

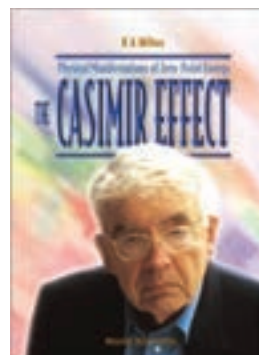


Ovaj fenomen može se upotrebiti kod zupčanika na mikro-nano nivou, jer repulzivno svojstvo materijala neće dozvoliti zupčanicima da se dodiruju, pa neće biti trenja.

Izneti pristup se veoma dobro slaže sa fenomenom koji je uočio Kazimir (Hendrik Brugt Gerhard Casimir, 1909–2000) i

koji je poznat kao Kazimirova sila.

Ako uporedimo izraz za Kazimirovu silu koja deluje na dve ploče na bliskom rastojanju sa površinom  $A$  i na rastojanju  $L$ :



Hendrik Casimir  
(1909-2000)

$$F_{cas} = \frac{hc\pi A}{480L^4} \quad (2.52)$$

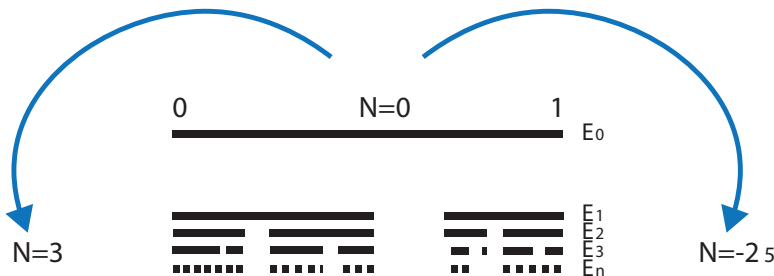
tada vidimo razliku u „koeficijentima“ u izrazima 2.52 i 2.50 zbog različitih pristupa: jednog makroskopskog, fenomenološkog (Kazimir), pa zavisi od površine i mase tela, i drugog našeg, koji je rezultat interakcije gravitacije i elektromagnetizma, kao petodimenzionalnog fenomena, pa zavisi samo od mase.

Istraživačima je pošlo za rukom da aluminijumsku foliju održavaju na visini od 500 nm. Eksperiment je uspeo i za zlatnu lopticu u interakciji sa pločicom od silicijuma.

## 2.6. „On se ne kocka“

Spomenuli smo Ajnštajnovu mišljenje o nepotpunosti kvantne mehanike i u vezi s tim njegov stav da se *On* (pritom je mislio na Kreatora univerzuma, a ne na religijskog Boga, jer on je u suštini bio *verujući ateista*) ne kocka. U početku, kada su sve četiri danas poznate inerakcije (jaka, slaba, elektromagnetna i gravitaciona) bile ujedinjene, svetlosti nije ni bilo. Ona je nastala prilikom njihovog razdvajanja, mada nije mogla odmah da se prostire kroz nastali kosmos, jer su elektroni i protoni apsorbovali energiju nastalog elektromagnetnog polja,  $E/M = 3 \times 10^8$  m/s, što je ujedno i brzina svetlosti. Tek kada su elektroni i protoni počeli da formiraju atome vodonika i helijuma, smanjila se, a zatim i prestala apsorpcija svetlosti i ona je „potekla“ (taj trenutak se naziva fazni prelaz kosmosa, nastao oko 300.000 godina posle njegovog nastanka).

Niko ne zna našu prirodu postojanja, ali ono što znamo je da se odvijaju događaji, a mi opet ne znamo da li važi *slučaj* ili *neminovnost* ili oboje u nekoj od kombinacija (bifurkacioni procesi). Sa našeg stanovišta, nastankom  $N = 3$  i njegovog para  $N = -2_5$  iz  $N = 0$  (uz sadejstvo  $N = 1$ ) nastaje proces kao na slici 2.9.



**Slika 2.9.** Informacioni sadržaj dimenzije  $N = 0$  se preslikava (mapira) u dve dimenzije  $N = 3$  i  $N = -2_5$ . Mapiranje iz početnog stanja  $E_0[0,1]$  u  $N = 3$  i u  $N = -2_5$  nije isto po sadržaju i proizvoljno je (nasumično). U prvom koraku ne preslikava se sve, već ostaje jedan deo nepreslikan. U drugom koraku ono što je pripalo  $N = 3$  preslikava se samo u svojoj dimenziji (nasumično), a to se događa i sa dimenzijom  $N = -2_5$ . Zatim se, u sledećoj fazi, dešava sličan proces sve do  $n$ -tog preslikavanja.

Sa slike 2.9 prepoznaje se zakonitost Kantorovog dijadno-trijadnog random perturbacionog skupa, koji ćemo sada malo pojasniti.

Kantor (Georg Cantor, 1845–1918, nemački matematičar, rođen u tadašnjoj Rusiji) zasnovao je teoriju skupova, a među mnogim skupovima i jedan od posebne važnosti za fraktalnu mehaniku, poznat u nauci kao Kantorov *trijadni skup* ( $T$ ). Kasnije su naučnici razvili različite varijante ovog skupa, ali dve najpoznatije su: *uniformni* i *random* Kantorov trijadni skup.

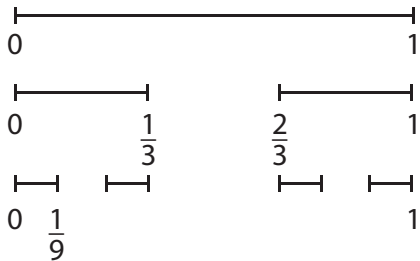
U matematici se smatra da se, na osnovu Kantor-Dedekindovog aksioma, svi realni brojevi mogu obostrano jednoznačno prikazati tačkama jedne prave, na kojoj su fiksirane tačke 0 i 1, uključujući i duž 01 kao jedinicu *mere*. Na osnovu ovog aksioma dobija se Kantorov *uniformni trijadni skup* tako što se ma kojem nizu

$$a_1, a_2, a_3 \dots a_n$$

sastavljenom od 0 ili 1, u formi skupa  $\{0,1\}_{1(N)}$  pridružuje realan broj

$$\sum_{n=1}^{\infty} (2a_n) \cdot 3^{-n} \quad (2.53)$$

koji će se preslikati na skup  $T$  (trijadni skup).



Slika 2.10. Generisanje Kantorovog trijadnog skupa iz segmenta  $[0,1]$ .

U sledećem koraku imaćemo četiri neizbačena intervala:  $[0, 1/9]$ ,  $[2/9, 3/9]$ ,  $[6/9, 7/9]$  i  $[8/9, 1]$ , a u narednom osam i tako redom. Uočavamo da se u prvom koraku izbacuje interval  $1 \times 1/3$ , u drugom  $2 \times 1/3^2$ , u trećem  $4 \times 1/3^3$  itd., što se može zapisati u obliku:

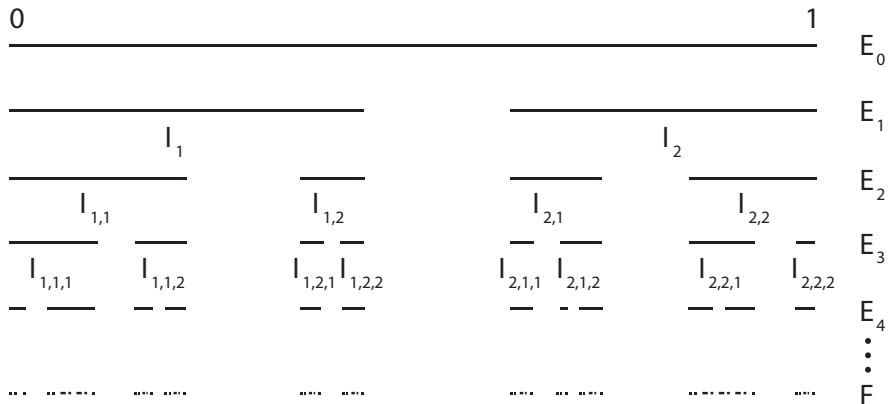
$$\frac{2^0}{3^1} + \frac{2^1}{3^2} + \frac{2^2}{3^3} + \frac{2^3}{3^4} + \frac{2^4}{3^5} + \dots + \frac{2^n}{3^{n+1}} = \frac{2^0}{3^1} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{2}{3}\right)^n = \frac{2^0}{3^1} \cdot \frac{1}{1 - \frac{2}{3}} = 1. \quad (2.54)$$

Vidimo da nijedan od brojeva skupa  $T$  nije izbačen, pa je trijadni skup  $T$  smešten na segmentu  $[0,1]$  tako da oni intervali koji ne pripadaju skupu  $T$ , ali kojima krajevi leže u  $T$ ,



Georg Cantor  
(1845–1918)

imaju ukupnu dužinu jednaku 1, dakle isto koliko i sam segment  $[0,1]$ . Zbog ove osobine *mera* skupa  $T$  jednaka je 0, mada mu je kardinalni (glavni broj) isti koliki je i kardinalni broj čitavog linernog kontinuuma ( $2^{\aleph_0} = c_1$ ), numeričke prave  $R^1$  (Dauben, 1990, Kurepa, 1951). Dakle, *dužina* trijadnog skupa je 1, mada je njegova *mera* 0.



**Slika 2.11.** *Random Kantorov trijadni skup ( $T_R$ ) kod koga za odnos dva intervala u  $I_1 (i_1...i_k)$  postoji ista statistička raspodela kao što postoji statistička sličnost kod odnosa intervala u  $I_2 (i_2...i_k)$  (Falconer, 1990).*

Ovaj rezultat zvuči još paradoksalnije nego onaj u matematici koji govori da prostor ima isto onoliko tačaka koliko ih ima ma koji segment na brojnom pravcu  $R^1$ . Ovaj rezultat po svojoj neobičnosti prevazilazi i rezultat dobijen u teoriji brojeva da je *nula faktorijel* (!) = 1. Međutim, ovim Kantorovim rezultatom je „uspostavljen onaj sklad što ga imamo u vidu kada govorimo o prostorima raznih dimenzija, a koji su, što se tiče pitanja broja tačaka, svi međusobno istovetni“ (Kurepa, 1951). Drugim rečima, trijadni skup  $T$ , čija je *mera* 0, ima isti broj tačaka kao i sveukupni prostor. Međutim, treba imati u vidu da ne postoji obostrano jednoznačno i obostrano neprekidno preslikavanje među prostorima, pa ni između trijadnog skupa i višedimenzionalnih prostora, iako svi imaju isti broj tačaka.

U literaturi se obično piše  $1/3$  umesto  $2^0/3^1$ , što je kvantitativno isto, pa se zato ovaj skup zove *trijadni skup* ( $T$ ), mada bi ispravnije bilo zvati ga *dijadno-trijadni skup* ( $DT$ ), jer u imeniocu imamo *dijade*, a u brojiocu *trijade*.

**Random Kantorov dijadno-trijadni skup**

Ovo je bio *uniformni* dijadno-trijadni Kantorov skup, jer su intervali bili isti,  $1/3$ , u svakom koraku. Za fraktalnu mehaniku, naše potrebe preslikavanja  $N = 0$  u  $N = 3$  i  $N = -2$ , pored razumevanja uniformnog Kantorovog dijadno-trijadnog skupa, veoma važan je i *random Kantorov dijadno-trijadni skup*,  $DT_R$ , kod koga intervali nisu isti u istom koraku, niti se nejednakost intervala zakonito ponavlja u sledećim koracima. Dužina intervala je različita i slučajna. U dovoljnom broju koraka  $DT_R$  pokazuje statističku samosličnost tako da na kraju dva nejednaka segmenta sa verovatnoćom  $p = 1$  vrše samopreslikavanja, a sam skup ima Hausdorfovu dimenziju. Drugim rečima, skup  $DT_R$  je fraktal:



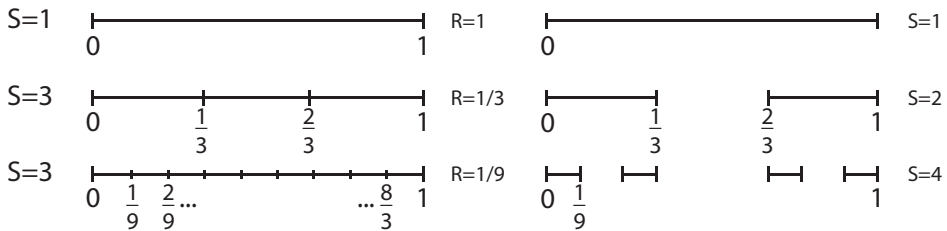
$dim_H T_R = s$ , pri čemu je  $s$  vrednost koja zadovoljava uslov da odnosi *levih* i *desnih* intervala ( $I_1$  i  $I_2$ ) u svim koracima  $E_n$  jesu random varijable  $C_1$  i  $C_2$ , koje skup  $DT_R$  vode u stanje fraktala sa verovatnoćom  $p = 1$ , što se može zapisati u obliku (Falconer, 1990):

$$E(C_1^s + C_2^s) = 1 \quad (2.55)$$

### Fraktalna dimenzija dijadno-trijadnog Kantorovog skupa

Dimenzija je, generalno posmatrano, jedan intuitivni pojam koji se formira u našem *mentalnom svetu* na bazi percepcije *fizičkog sveta*. Mi imamo mentalnu predstavu tro-dimenzionalnosti našeg fizičkog sveta, ali, kao što znamo, mi smo prirodni kodogeni entitet kod koga je na bazi redukcije izvršen „informativni zapis o kvantnim stanjima prostor–vremena“, pa fizički svet vidimo za dve dimenzije manjim nego što jeste. Mi *fizički svet* vidimo kao 3D, jer je naš um  $-2_5$  (petodimenzionalan). Zato što su univerzum (*fizički svet*) i naš *mentalni svet* istih dimenzija, Ajnštajnova izjava „najnešvatljivija stvar je da je univerzum shvatljiv“ postaje sve razumljivija.

Kada je u pitanju *fizički svet*, mi smo naučili na celobrojne vrednosti dimenzija 1, 2, 3, 4... Međutim, postavlja se pitanje da li jedan sistem zatvorenih tačaka ili izlomljenih linija dat na listu papira (2D kvaziprostoru) ima neku dimenziju manju od 2D, s obzirom na to da je sastavljen od tačaka (0D kvaziobjekata) i/ili linija (1D kvaziobjekata). Popunjenost (prekrivenost) bilo kog prostora sa objektima manjeg dimenzionalnog reda, dovodi do toga da objekat ima manju dimenziju od prostora u kome se nalazi.



**Slika 2.12.** Postupak određivanja Hausdorfove dimenzije na jediničnoj duži (levo) i postupak dobijanja Kantorovog dijadno-trijadnog skupa (desno) sa elementima koji služe za definisanje vrednosti Hausdorfove dimenzije (Falconer, 1990).

Ako posmatramo *duž* [01] (slika 2.12) kao 1D objekat (pisaćemo zbog jednostavnosti 1D objekat, ali ćemo imati u vidu da je duž nacrtana na hartiji papira u stvari *kvazi* 1D objekat) i želimo da je prekrijemo malim  $s$ -dimenzionalnim sferama prečnika  $R$ , za to nam je potrebno  $S$  sfera, a ukupan broj sfera potrebnih za potpuno prekrivanje zavisi od dimenzija objekta koji želimo da prekrijemo. Ukoliko je  $R$  manje, to je potreban veći broj sfera  $S$ . Ako broj sfera  $S(R)$  raste po zakonu  $1/R^D$  kako se  $R$  smanjuje, onda se Hausdorfova dimenzija ( $D_H$ ) objekta računa kao

$$D_H = - \lim_{R \rightarrow 0} \frac{\ln S(R)}{\ln R} \quad (2.56)$$

Na osnovu izraza 3.24 pokušajmo da odredimo Hausdorfovu dimenziju za Kantorov dijadno-trijadni skup (slika 3.8 *desno*). U prvom koraku, početnu duž moguće je prekriti sa jednom dvodimenzionalnom sferom (krugom) prečnika 1, dok su za prekrivanje objekta nastalog posle prvog koraka potrebne 2 sfere, svaka prečnika  $R = 1/3$ . U trećem koraku potrebne su 4 sfere (kruga), svaka prečnika  $R = 1/9 = (1/3)^2$ .

Posle  $n$  koraka dobija se  $S = 2^n$  sfera (odsečaka) prečnika (dužine)  $R = (1/3)^n$ . Posle beskonačno mnogo (ali prebrojivo) obavljenih postupaka dobije se Kantorov trijadni skup. Kako je po Hausdorfovoj proceduri potrebno utvrditi na koji način se menja broj sfera  $S(R)$  potrebnih za prekrivanje odsečaka u funkciji njihovog prečnika  $R$ , to se zatim traži limes date vrednosti kada  $R$  teži nuli. Pri svakom koraku  $n$  dobija se  $S = 2^n$  sfera (duži), a vrednost prečnika se smanjuje po zakonu  $R = (2^0/3^1)^n$ , pa je na osnovu izraza 2.56 Hausdorfova dimenzija Kantorovog dijadno-trijadnog skupa, sa tačnošću od osam decimala, jednaka:

$$D_H = - \lim_{R \rightarrow 0} \frac{\ln S(R)}{\ln R} = - \lim_{\substack{R \rightarrow 0 \\ n \rightarrow \infty}} \frac{\ln 2^n}{\ln \left( \frac{2^0}{3^1} \right)^n} = \frac{\ln 2}{\ln 3} = 0,630929754. \quad (2.57)$$

Dakle, vrednost 0,630929754 je Hausdorfova dimenzija  $DT$  skupa i manja je od 1, što govori o odnosu „zastupljenosti“ tačaka (objekata 0D) i linija (objekata 1D) u datom skupu. Kako je Kantorov  $DT$  skup „tačkast“ po svojoj prirodi, zove se i Kantorova „prašina“ („Cantor’s dust“, Mandelbrot, 1977), to vidimo da „zrnca prašine“ skupa nisu *monade* (samoizolovani objekti), već entiteti koji ostvaruju uređenost, u kojoj postoji međusobni odnos i neka vrsta „povezanosti“. Kantorovu „prašinu“ niko nije do sada vizuelno predstavio osim u formi tačaka na pravoj liniji i to iz prostog razloga što od „prašine“ možete stvarati raznolike likove po želji. Međutim, postoji jedno suštinsko ograničenje kod konstrukcije lika: međuodnos svih elemenata koji čine sistem mora biti 0,6309, a njegova mera 0 (praznina, koja nije *ništavilo*, već *tama* iz koje izvire sve).

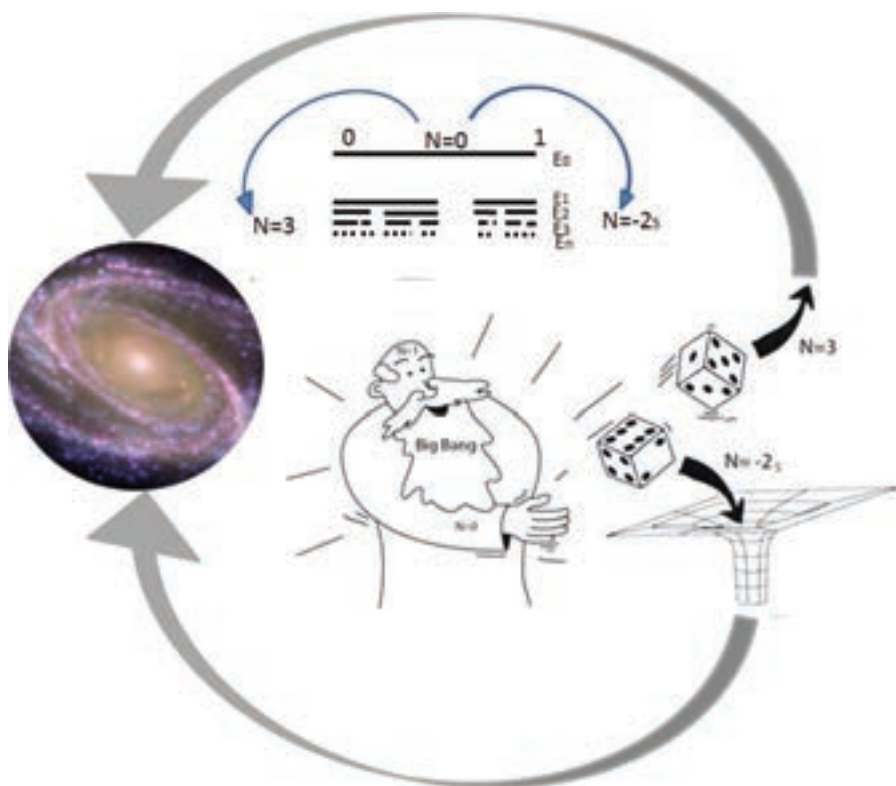
## 2.7. Foton i svetlost

Da ukratko rezimiramo naša današnja znanja o tome šta je foton i šta je svetlost. Ono što znamo jeste da foton ima dualnu prirodu, korpuskularno-talasnu, da je nosilac elektromagnetnih interakcija u prirodi, da se sastoji iz dve komponente, električne i magnetne, koje su međusobno upravne, da nosi energiju u zavisnosti od talasne dužine, da ima spin 1, da se kreće brzinom od  $2,99 \times 10^8$  m/s u vakuumu, da prolaskom kroz odgovarajuće sredine usporava, da može biti apsorbovan, reflektovan ili rasejan u interakciji sa materijom.

Ako se generišu ili koriste fotoni iste talasne dužine, kažemo da je svetlost monohromatska, a ako u svetlosti učestvuju fotoni različitih talasnih dužina, svetlost je polihromatska. Kako upravnost električnog i magnetnog polja može zauzeti različite položaje u prostoru (od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ ), kada je položaj proizvoljan kažemo da je svetlost difuzna. Kada upravnost nije proizvoljna, već fiksirana, onda kažemo da je linearno polarizovana.



Međutim, kada upravni vektori električnog i magnetnog polja rotiraju, tada kažemo da je svetlost cirkularno polarizovana, a ako električni i magnetni talasi nemaju istu zajedničku tačku talasa (postoji mali pomak), onda kažemo da je svetlost eliptički polarizovana. O svim ovim vrstama svetlosti, kao i novim mogućnostima da se stvori hiperpolarizovana svetlost, biće više reči u šestom poglavlju. Za sada, zaokružimo naše znanje o fotonu dilemom koju je izneo Ričard Fajman: „Kvantna elektrodinamika razrešava talasno-čestični dualizam tvrdnjom da se svetlost sastoji od čestica (kao što je Njutn isprva smatrao), ali se taj veliki korak napred plaća povratkom na situaciju kada se može samo izračunati *verovatnoća* da će foton pogoditi cilj (detektor), što znači da nema dobrog modela kojim se objašnjava kako se to dešava“ (Feynman, 1985).



**Slika 2.13.** „On se ne kocka“, ali baca „svetlosne“ ( $N = 3$ ) i „gravitacione“ ( $N = -2_s$ ) kockice, ali tako da se proces odvija sa verovatnoćom 1, jer svetlost i gravitacija ostvaruju neposredno jedinstvo u petoj dimenziji na nivou Plankove dužine  $2,28 \times 10^{-35}$  m. Zato univerzum kao makroskopski objekat mora dostići vrednost  $10^{35}$  m, što će dovesti do potpunog neposrednog jedinstva  $10^{-35} \times 10^{35} = 1$  ( $\langle -2_s \rangle \times \langle 3 \rangle = \langle 0 \rangle$ ) svetlosti i gravitacije u prostornovremenskom kontinuumu, a ne kao što su sada razdvojeni prostor i vreme, kao i svetlost i gravitacija. To će otvoriti nove mogućnosti tehnološkog napretka, jer će se stvoriti uslovi da se prave uređaji koji mogu da levitiraju (letelice bez krila), hirurške operacije bez ožiljaka („petodimenzionalni hirurški nož“ koji ne ostavlja rane) i druge, danas prilično neočekivane inovacije.

## *Literatura*

1. Alonso, M., Finn, J.E., Physics. Addison Wesley, Harlow, 1992.
2. Aristotel, Fizika. Sveučilišna Naklada Liber, Zagreb, 1987.
3. Einstein, A., Relativity: The Special and General Theory. Crown Publishers, New York, 1916.
4. Euklidovi elementi, Prva knjiga (prevod Anton Bilimović). Naučna knjiga, Beograd, 1949.
5. Falconer, K, Fractal geometry: Mathematical Foundations and Applications. John Wiley & Sons, Chichester, 1990.
6. Feynman, R.P., QED: The strange theory of light and matter. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 1985.
7. Hamming, R.W., Coding and Information Theory. Prentice Hall, Englewood, 1986.
8. Havil, J., Gamma: Exploring Euler's constant. Princeton University Press, Princeton, 2003.
9. Huang, K., Fundamental Forces of Nature. World Scientific, New Jersey, 2007.
10. Kaluza, Th., Zum Unitatsproblem der Physik. Sitzungsberichte Preussische Akademie der Wissenschaften, 966-772, 22. Dezember 1921.
11. Koruga, D., From Geometrical Fractal Theory to Fractal Mechanics, 613-618. Eds. Sumarac, D and Kuzmanovic, D., Proceedings of the 1st International Congress of Serbian Society of Mechanics, Kopaonik, 2007.
12. Koruga, D., Neurocomputing and consciousness. Neural Network World, Vol.1, No.1, pp.32-38, 1991.
13. Koruga, D., Hamerof, S., Withers, J., Loutfy, R., Sundareshan, M., Fullerene C60: History, Physics, Nanobiology, nanotechnology. North-Holland (Elsevier), Amsterdam, 1993.
14. Koruga, Đ., Teslina „Hipotetička brzina“: Fenomen života i sinergija klasično-kvantičnih dejstava, st. 31-52, u knjizi, urednici Benišek, M.M., Pokrajac, S., Koruga, Đ., Tesla: Vizije, delo, život. Mašinski fakultet, Univerziteta u Beogradu, 2007.
15. Kurepa, Đ., On the left factorial function !n. Mathematica Balkanica, 1, 147-153, 1974.
16. Leartije, D., Životi i mišljenja istaknutih ljudi. BIGZ, Beograd, 1979.
17. Mandelbrot, B., The Fractal geometry of Nature. W.F. Freeman and Company, New York, 1983.
18. Marić, I., Platon i moderna fizika. Društvo filozofa i sociologa Crne Gore, Nikšić, 1997.
19. Munday, J. N., Capasso, F., Parsegian V. A, Measured long-range repulsive Casimir-Lifshitz forces. Nature 457, 170-173, 2009.

20. Nordstrom Gunar, Über die Möglichkeit, das Elektromagnetische Feld und das Gravitationsfeld zu vereinen. *Physikalische Zeitschrift*, 15, 504-506, 1914.
21. Penrose, R., *The Large, Small and the Mind*. Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
22. Roychoudhuri, C., Kracklauer, Creath, K., *The nature of Light: What is a Photon?* CRC Press, Boca Raton, 2008.
23. Rayder, L.H., *Quantum field theory*. Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
24. Tesla, N., *Moji pronalasci*. Školska knjiga, Zagreb, 1977.
25. Zijlstra, P., Chon, W.M.J, Gu, M. Five-dimensional optical recording mediated by surface plasmons in gold nanorods. *Nature*, Vo. 459, pp. 410-413, 2009.



# 3

## MATERIJA

*Šta je elektron?*



*Jedno sam naučio u svom životu:  
da je sva naša nauka, merena  
sparam realnosti, primitivna i detinjasta  
– pa ipak, ona je ono  
najdragocenije što imamo.  
AJNŠTAJN*

### 3.1. Osnovna znanja o elektronu

Krajem 19. veka mislilo se da je otkriveno sve što je trebalo znati. Vladala je neka vrsta samozadovoljstva, što nije bilo bez razloga, jer je stvorena prilično koherentna makroskopska (klasična) slika sveta; od Kopernika i Galileja do Njutna i Keplera, kada su u pitanju gravitacija i „nebeski svod“, od Faradeja, Volte i Ampere do Maksvela i Tesle, kada je reč o elektromagnetizmu, od Darvina i Avogarda do Mendela i Mendeljejeva, u vezi sa fenomenom života koji počiva na, mislilo se, nedeljivoj čestici. Međutim, bilo je još istraživača čiji radoznali duh nije mirovao (poput Faradeja, Herca, Rendgena i drugih) i oni su budili maštu dolazećih velikana nauke koji će dramatično izmeniti sliku tadašnjeg naučnog pogleda na svet.

Jedan od prelomnih događaja bilo je otkriće subatomske čestice i njenog naelektrisanja. Pojavilo se „njegovo veličanstvo“ – *elektron*. Ime je prvi predložio 1881. godine Džonston-Stoni (Johnstone-Stoney), koji je izračunao vrednost najmanje količine naelektrisanja  $q_0$  na osnovu Faradejevih eksperimenata iz oblasti elektrolize. Naime, količina naelektrisanja dobijena pri izdvajanju jednog gram-atoma neke supstance dala je rezultat od  $Q = 96.400 \text{ C/mol}$ . Međutim, broj atoma po molu nije tada bio precizno određen, već je uzeto da iznosi  $1,44 \times 10^{24} \text{ mol}^{-1}$  (ono što danas nazivamo Avogardov broj,  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ). Na osnovu rezultata dobijenih iz eksperimenata, izdvajanjem kiseonika iz rastvora, izračunato je da je:

$$q_0 = \frac{Q}{N_A} = \frac{96400}{1,44 \times 10^{24}} = 0,67 \times 10^{-19} \text{ (C)}, \quad (3.1)$$

što je za ono vreme bio odličan rezultat (danas znamo da je to vrednost od  $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

A onda, 1897. godine, na scenu stupa četrdesetogodišnji Džon Džozef Tomson (koji je sa 14 godina upisao Univerzitet u Mančesteru), objavivši da je pronašao naelektrisanu česticu čija je masa hiljadu puta manja od mase vodonika. To je izazvalo pometnju u naučnim umovima toga vremena, jer je poljuljalo višedecenijsku letargiju utemeljenu na uverenju da je većina važnih otkrića u nauci već poznata.

Tomson je za vreme boravka na Kembridžu, na koji je došao kao nastavnik 1884. godine i gde je ostao sve do 1897. godine, radio na razjašnjenju fenomena zračenja katodne cevi.

Zraci su bili vidljivi, ali je bilo očigledno da ne pripadaju zracima svakodnevnih vidljivih svetlosti. Kako se kaže, zadenula se ozbiljna naučna rasprava o ovom fenomenu. Da bi raspetljao „naučni Gordijev čvor“ Tomson je odlučio da poslušati Faradejev savet, „teorija vodi, eksperiment odlučuje“, pa se latio eksperimentata. Izmerio je masu čestice ( $9,1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ) i uvideo da je ona 1.830 puta manja od mase vodonika (u to vreme znalo se samo za atome Mendeljejevog periodnog sistema elemenata, a o protonima i neutronima nije se čak ni maštalo). Eksperimentalno je utvrdio da čestica (ili kako ju je on nazivao „korpuskula“) nosi negativno naelektrisanje i da u celosti ispunjava zapreminu atoma (Thompson, 1897).

Sada je slika o elektronu bila potpunija, jer se pored naelektrisanja znala i njegova masa. Sa ove dve eksperimentalno dobijene veličine tlo saznanja postalo je mnogo čvršće. Međutim, tu nije bio kraj jer Bekerel (1852–1908) otkriva radioaktivnost 1896. godine, što omogućava Raderfordu (1871–1937) da svega petnaest godina kasnije (1911) dođe do saznanja da u centru atoma stoji masa sa *pozitivnim naelektrisanjem*. Ali najveće iznenađenje je izazvalo saznanje da postoji *prazan prostor* u atomu koji je oko 10.000 prečnika pozitivnog naelektrisanja. To je značilo da negativno naelektrisanje ne ispunjava ceo atom već da se kružno kreće na odgovarajućoj udaljenosti od pozitivnog naelektrisanja. Raderford je bio zapanjen sopstvenim otkrićem, baš kao i naučna zajednica toga vremena.

Nešto kasnije, Bor je unapredio Raderfordov model atoma i predložio da se energija u atomu emituje ili apsorbuje u kvantnim skokovima kada se elektron kreće između orbitala. U početnoj fazi Borove teorije (predložene 1913. godine) stoji pretpostavka da se kretanje elektrona po kružnici odvija pod uslovom jednakosti centripetalne sile i Kulonove elektrostatičke sile

$$\frac{m_e \times v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r^2}, \quad (3.2)$$

s tim da je zadovoljen uslov da je *momenat količine kretanja* ( $L$ ) elektrona jednak celobrojnom umnošku sa konstantom  $\hbar$  ( $h/2\pi$ ), tj.  $m_e v r = n\hbar$ . Bor je intuitivno uzeo da se momenat količine kretanja elektrona, a ne energija, kvantuje. Iz ovog pristupa je dobio mogućnost računanja orbitala  $r_n$  na kojima se može nalaziti elektron u atomu vodonika u različitim energetske stanjima

$$r_n = 4\pi\epsilon_0 \frac{\hbar^2}{m_e e^2} \times n, \quad (3.3)$$

pri čemu se za  $n = 1$  dobija  $r_1 = 52,91772 \text{ pm}$  i nosi naziv Borov radijus a obično se označava sa  $a_0$ .



Joseph John  
Thomson  
(1896–1940)



Niels Bohr  
(1885–1962)



Jin-jang simbol na naslovnoj strani knjige Nilsa Bora u kojoj se objašnjava priroda odnosa čestica-talas.



Bor je smatrao da je *čestično-talasna* priroda materije sinergijska, odnosno da predstavlja njihovo sinergetsko stanje, pa je naslovnu stranu svoje knjige ilustrirao kineskim simbolom *jīn-jāng* koja na slikovit način ilustruje fenomen neposrednog jedinstva čestice i njenog talasa.

De Broj je na osnovu saznanja da je svetlost dualna (talas/čestica) pretpostavio da je dualizam opšte svojstvo materije, a ne samo svetlosti. Kombinujući  $E = mc^2$  i  $E = h\nu$  pokazao je da svaka partikula ima „maseni talas“, sa talasnom dužinom inverzno proporcionalnom količini kretanja (momentumu)

$$\lambda^* = \frac{h}{mv}, \quad (3.4)$$



Louis de Broglie  
(1892–1987)

a zapisuje se i u obliku  $h = p \times \lambda^*$ , odnosno  $h = mv$ . Svojstvo dualnosti je sve izraženije što je čestica (telo) manja, pa se elektron, proton ili molekul ne može smatrati lokalizovanim samo kao partikula, na samo jednom mestu, već ima svoje talasno „proširenje“ u prostoru (međutim, treba uočiti da  $\lambda$  i  $\lambda^*$  nisu iste prirode i da prirodu De Brojevih talasa tek treba otkriti). U današnjoj literaturi ne pravi se razlika između  $\lambda$  i  $\lambda^*$ , ali bilo bi ispravnije pisati  $\lambda^* = \Lambda$ , kao što su predložili Kun i Forsterling 2000. godine.

Iz De Brojeve relacije proizlazi da će elektron na kružnom kretanju oko jezgra formirati stacionarni talas jedino ako je obim kružnice jednak celom broju talasnih dužina elektrona

$$2r\pi = n \frac{h}{mv}, \quad (3.5)$$

odnosno  $mvr = n\hbar$ , što ukazuje da je stalnost elektronskih orbita posledica karaktera talasnog kretanja elektrona u atomu.

Šredinger je, na Ajnštajnov nagovor, razvio talasnu funkciju elektrona na osnovu De Brojeve korpuskularno-talasne prirode materije i njenog energetskog stanja na bazi hamiltonijana. Hamiltonijan je operator koji se zapisuje u obliku

$$H = -\frac{\hbar^2}{8\pi^2 m_e} \nabla^2 + V, \quad (3.6)$$

pri čemu je  $V$  – potencijalna energija, a  $\nabla$  (*nabla*) – Laplsov operator koji ima formu

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}. \quad (3.7)$$

Ako uzmemo da je za talasnu funkciju  $\psi$

$$H\psi = E\psi, \quad (3.8)$$

onda za stacionarni slučaj talasna jednačina glasi

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{p^2}{\hbar^2}\psi. \quad (3.9)$$

Za slobodnu česticu imamo da je  $E_k = E = p^2/2m$ , pa se na osnovu prethodnog izraza dobija jednačina

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2mE_k}{\hbar^2}\psi = 0. \quad (3.10)$$

Neslobodna čestica (vezana čestica) kreće se u polju potencijalne sile, koja je okarakterisana sa potencijalnom energijom  $E_p$  i kinetičkom energijom  $E_k$ , pa je  $E_k = E - E_p$ , tako da dobijamo jednačinu

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - E_p)\psi = 0 \quad (3.11)$$

danas poznatu u nauci kao Šredingerova talasna funkcija.

Šredingerove jednačine u kvantnoj mehanici danas imaju isti značaj kao Njutnovi zakoni u klasičnoj mehanici. Međutim, treba imati u vidu da nauka nije otkrila sve osobine *kvantnog* i da su dalji prodori u ovoj oblasti ne samo mogući nego i nužni.

Hajzenberg (Werner Heisenberg, 1901–1976) uveo je princip neodređenosti u kvantne sisteme po kome se istovremeno eksperimentalno ne može odrediti (znati) položaj čestice i njena energija u sistemu, već samo jedno od njih.

Kako se elektron u kretanju između dva zida, širine  $l$ , može nalaziti bilo gde sa verovatnoćom proporcionalnom  $\psi^2$ , Hajzenberg je našao da prizvod neodređenosti položaja elektrona  $\Delta x$  i neodređenosti momentuma  $\Delta p$  po koordinati  $x$  odgovara vrednosti Plankove konstante, odnosno:

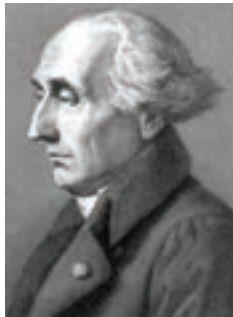
$$\Delta x \cdot \Delta p_x = h. \quad (3.12)$$

Ovo pokazuje da su nam potrebne najmanje dve „slike” da bismo mogli okarakterisati kvantni entitet. Prvi se odnosi na osobine *talas-čestica*, a drugi na *položaj-momentum*.

Sedamdesetih godina prošlog veka je Namabu (Yoichiro Namabu) predložio da se elementarne partikule ne posmatraju kao tačkaste strukture (kao što su elektron, kvarkovi i drugo), do sada poznate predložene forme, već kao vibraciono-rotacioni 1D (jednodimenzionalni) objekti, danas poznati kao stringovi ili superstringovi. Na tu ideju inspirisali su ga Pitagora i muzički tonovi struna. Danas je to naučni pristup za objašnjenje elementarnih partikula (kojih po ovoj teoriji ima 496), gravitacije, opšte teorije relativnosti i drugo. Pored dobrih strana, teorija struna ima i svoja ograničenja, tako da predstavlja samo prelazno (pomoćno) rešenje, jer se u ovoj teoriji radi o kvazi 1D objektima, a ne

o stvarnim 1D objektima. Kada se razvije teorija u kojoj će stvarni 1D fizički entiteti biti primenjeni, bićemo na pragu novog naučnog progressa koji će biti mnogo bliži *Teoriji svega* (*Theory of everything*).

### 3.2. Lagranžijan i hamiltonijan



Joseph Louis  
Lagrange  
(1736–1813)

Za razumevanje sličnosti i razlike u računanju energije i stanja sistema, kako u klasičnoj tako i u kvantnoj fizici, posebno su značajne dve funkcije: *lagranžijan* i *hamiltonijan*. Obe funkcije se primenjuju u diskretnim sistemima, a dobile su ime po njihovim autorima, Lagranžu i Hamiltonu.

Lagranž je poznati francuski matematičar koji je zasnovao matematičku analizu i oslobodio je geometrije. Dao je značajni doprinos varijacionom računu, numeričkoj analizi, teoriji brojeva i teoriji algebarskih jednačina. Oznaka  $f'(x)$  potiče od njega, a zasniva se na teoremi koja nosi njegovo ime, a odnosi se podjednako na matematičku analizu i teoriju grupa. Poznat je i po interpolacionom polinomu  $L_n(x)$  koji sledi iz opšte teorije interpolacije.

Irski matematičar Hamilton (William Rowan Hamilton, 1805–1865) bavio se diferencijalnom geometrijom, matematičkom analizom, parcijalnim diferencijalnim jednačinama i mehanikom.

*Generalisane koordinate* – Broj nezavisnih uopštenih koordinata je:  $s = 3N - k$ ,  $N$  – broj tačaka sistema,  $k$  – broj holonomnih veza. To su veličine koje jednoznačno određuju položaj sistema. Označavaju se sa  $q$ . Iz definicije slede osobine: moraju zadovoljavati dva uslova – radijus vektori tačaka moraju biti jednoznačni,

$$\vec{r}_i = \vec{r}_i(q_1, q_2, \dots, q_s, t); \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

i nezavisni, što se obezbeđuje tako da izvodi projekcija vektora po koordinatama (označene sa  $x_i$ ) zadovoljavaju uslov:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial q_1} & \dots & \frac{\partial x_1}{\partial q_s} \\ \frac{\partial x_s}{\partial q_1} & \dots & \frac{\partial x_s}{\partial q_s} \end{vmatrix} \neq 0$$

Brzine tačaka kao funkcije uopštenih koordinata, kinetička energija i generalisana sila:



William Hamilton  
(1805–1865)

$$\vec{r}_i = \sum_{j=1}^s \frac{\partial \vec{r}_i}{\partial q_j} \dot{q}_j + \frac{\partial \vec{r}_i}{\partial t}, \quad T = \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{2} (\dot{\vec{r}}_i)^2 = T(q, \dot{q}, t),$$

$$Q_j = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \frac{\partial \vec{r}_i}{\partial q_j}, \quad (j = 1, 2, \dots, s)$$

Lagranževa diferencijalna jednačina kretanja može se dati u obliku:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j; \quad (j = 1, 2, \dots, s). \quad (3.13)$$

Ako su sile potencijalne, onda je

$$Q_j = \sum_{i=1}^N \nabla_i U \frac{\partial \vec{r}_i}{\partial q_j} = - \frac{\partial U}{\partial q_j}, \quad (j = 1, 2, \dots, s), \quad (3.14)$$

a ako su prisutne uopštene, potencijalne i disipativne sile tada je:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = Q_j^d; \quad (j = 1, 2, \dots, s) \quad (3.15)$$

pa je  $L = T - U$ , ako disipativne sile zavise od brzine

$$Q_j^d = - \frac{\partial D}{\partial q_j}, \quad (j = 1, 2, \dots, s), \quad D = \sum_{i=1}^N \frac{k_i}{2} (\dot{\vec{r}}_i)^2$$

gde je  $D$  disipativna funkcija Rejlja.

Uopštena energija sistema

$$H = \sum_{j=1}^s \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \dot{q}_j - L; \quad H = H(q, p, t); \quad p_j = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j},$$

ovde je  $p$  uopšteni impuls. Ova formula ne sadrži linearne članove generalisane brzine, dok ih *ukupna* energija sadrži. Ako radijus vektori položaja ne zavise eksplicitno od vremena, ove energije su brojno jednake (sistem sa stacionarnim vezama). Takođe je:

$$H = \sum_{j=1}^s \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \dot{q}_j - L = T + U, \quad (3.16)$$

pa je ovo *hamiltonijan*, čija je *prednost* veća ravnopravnost uopštenih impulsa i koordinata, koja omogućava kompatibilnost u primeni na statističku i kvantnu mehaniku:

$$H^{(op)} = - \frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) \quad (3.17)$$

Postoji još jedna, *formalna razlika* između lagranžijana i hamiltonijana, a ogleda se u sledećem:

*Lagranževa jednačina* je sistem  $s$  diferencijalnih jednačina drugog reda po  $s$  uopštenih koordinata  $q$  koje su funkcija vremena.

*Hamiltonova jednačina* je sistem 2s diferencijalnih jednačina prvog reda sa s uopštenih koordinata i s uopštenih impulsa kao funkcija vremena. Ove jednačine se nazivaju i kanonskim (ispunjavaju uslov konstantnosti u vremenu, tj. *opisuju zakone održanja*).

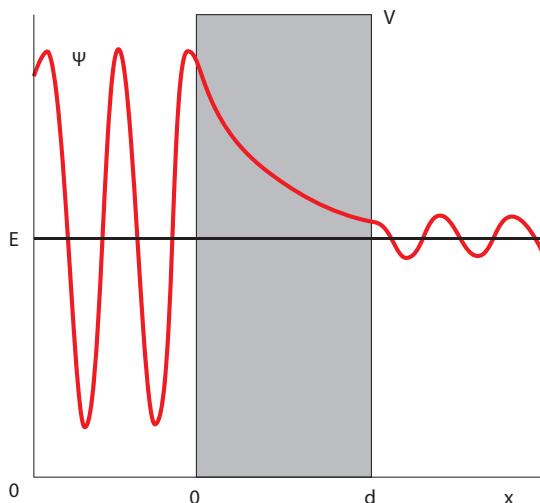
Kvantna mehanika rodila se kao iskorak iz klasične fizike, najpre Plankovim povezivanjem zakona zračenja crnog tela 1900, potom Ajnštajnovim radovima iz 1905, Bor (1913) – Somerfeldovim (1916) modelom atoma i Šredingerovom talasnom jednačinom koja objedinjuje čestice i talase, povezuje statistiku i verovatnoću sa determinisanjem stanja (1925).

Danas postoji desetak teorija kvantnih mehanika, koje sve imaju svoje mesto zbog različitosti matematičkih modela koje koriste i dometa u pojedinim graničnim slučajevima.

Nakon uspešne primene kvantne mehanike na jezgro atoma i Paulingovog otkrića strukture proteina 1950, Frolih (Frohlich, 1969) primenjuje kvantnu mehaniku na biomolekule kao polimere, a potom Hajzenberg i drugi vodeći kvantni fizičari vide veliku budućnost njene primene u biofizici.

### 3.3. Tunelovanje elektrona

Fenomen tunelovanja elektrona posmatra se u kontekstu Šredingerove kvantno-mehaničke interpretacije elektrona. Kao što je poznato, u klasičnoj mehanici kinetička energija ne može biti negativna, odnosno ukupna energija  $E$  ne može biti manja od potencijalne energije  $V$  ( $E - V \geq 0$ ). Međutim, već pomenuta Šredingerova kvantno-mehanička jednačina



**Slika 3.1.** Barijera tunelovanja sa potencijalom barijere i mogućom talasnom funkcijom za česticu.

$$\frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{d^2\psi}{dx^2} + (E - V)\psi = 0 \quad (3.18)$$

daje mogućnost da bude  $E - V < 0$ , tj. da kinetička energija ima negativnu vrednost.

Ako se rešenje jednačine 3.18 potraži u obliku  $\psi = Ae^{kx}$ , tada vrednost  $k$  ravnopravno ima pozitivnu i negativnu vrednost, što daje rešenje jednačine u obliku:

$$\psi = A \exp\left[+\sqrt{\frac{2m(V-E)}{\hbar^2}} \cdot x\right] + B \exp\left[-\sqrt{\frac{2m(V-E)}{\hbar^2}} \cdot x\right] \quad (3.19)$$

Kao što je pokazano na slici 3.1, levo i desno od barijere pozitivna kinetička energija daje oscilatorne procese, dok je u domenu barijere proces eksponencijalan. Sa aspekta klasične fizike barijera je neprobojna, jer čestica nema dovoljno energije da prođe kroz region  $0 < x < d$ .

U kvantnoj mehanici, međutim, vrednost talasne funkcije ne pada odmah na nulu, tako da postoji verovatnoća da čestica prođe kroz barijeru, tj. da *tuneluje*. Gruba aproksimacija izraza 3.19 za  $x = d$ , pri vrednosti  $B = 1$ , a prema Borovoj interpretaciji elektrona, daje za verovatnoću tunelovanja

$$P_{(T>)} \approx \exp\left[-2d\sqrt{\frac{2m(V-E)}{\hbar^2}}\right]. \quad (3.20)$$



Gerd Binnig  
(1947)



Slika 3.2. Japanski istraživači 90-ih. godina prošlog veka napisali su reč „atom“ od atoma pomoću STM.

Izraz 3.20 pokazuje da verovatnoća tunelovanja čestice naglo opada sa: (1) debljinom barijere, (2) masom čestice i (3) sa smanjenom  $V-E$  vrednošću energije, u smislu poređenja sa vrednostima koje zahteva klasična fizika da čestica prođe kroz barijeru. Ako uzmemo da elektron sa energijom  $E-V = 1\text{eV}$  treba da prođe kroz barijeru od 0,2 nm, tada dobijamo da je verovatnoća tunelovanja elektrona 0,13. Međutim, ako posmatramo tunelovanje protona, tada je verovatnoća  $10^{-38}$ , što znači da je tunelovanje elektrona, kao male čestice, mnogo verovatnije nego tunelovanje protona, koji ima 1.836 puta veću masu od elektrona.

Kvantna mehanika i fenomen tunelovanja imaju veliki značaj u fizici čvrstog stanja, fizičkoj hemiji, nuklearnoj fizici, kao i u biologiji. Tunelovanje elektrona može biti elastično ili plastično. Kod elastičnog tunelovanja energija elektrona je ista pre i posle tunelovanja, dok je kod plastičnog energija manja posle tunelovanja.

Gerd Binig (Gerd Binnig, 1947) uspeo je 1981. godine da zajedno sa svojim kolegama iz IBM laboratorije u Cirihu napravi prvi uređaj na bazi tunelovanja elektrona i za to su 1986. godine dobili Nobelovu nagradu. Pomoću skenirajućeg tunelskog mikroskopa (STM) uspeali su da karakterišu površine materijala sa atomskom rezolucijom. I ne samo to, pomoću ovog uređaja moguće je manipulirati po principu atom po atom i napraviti strukture po želji. To je bilo ostvarenje „sna“ Ričarda Fejmana,

koji je 1959. godine predskazao takvu mogućnost. Ovo je bila tehnološka potvrda da kvantna mehanika, onako kako ju je definisao Šredinger, „radi“ (Binnig, 1982).

Struja tunelovanja nastaje kao razlika  $\Delta N = N_1 - N_2$ , pri čemu je  $N_1$  broj elektrona koji tuneluju od elektrode 1 prema elektrodi 2, a  $N_2$  broj elektrona koji tuneluju od elektrode 2 prema elektrodi 1 nakon aktiviranja prednapona  $U$  na spoju. Sledeće oznake imaju značenje:  $v_z$  – brzina elektrona u pravcu  $z$  koordinate;  $n(v_z)dv_z$  – broj elektrona po jedinici zapremine sa  $z$  komponentom brzine između  $v_z$  i  $v_z + dv_z$ ;  $D(E_z)$  – verovatnoća da elektron sa energijom  $E_z = (mv_z^2)/2$  tuneluje kroz potencijalnu barijeru  $V(z)$ ;  $f(E)$  – Fermi-Dirakova funkcija raspodele; i  $E_{II} = m(v_x^2 + v_y^2)/2$ . Sada možemo pisati za  $N_1$  i  $N_2$ :

$$N_1 = \frac{m}{2\pi^2\hbar^3} \int_0^{E_{\max}} D(E_z) dE_z \int_0^\infty f(E) dE_{II} \quad (3.21)$$

i za

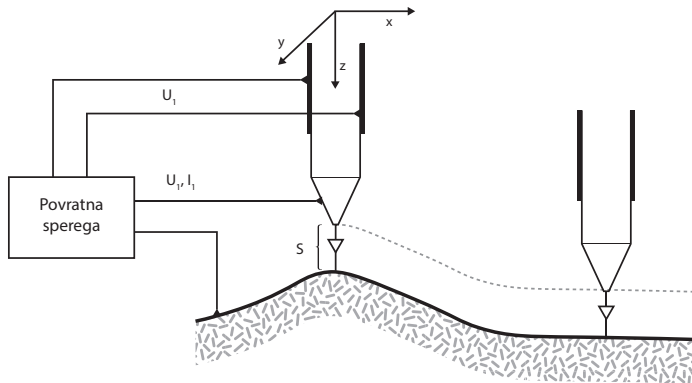
$$N_2 = \frac{m}{2\pi^2\hbar^3} \int_0^{E_{\max}} D(E_z) dE_z \int_0^\infty f(E + eU) dE_{II} \quad (3.22)$$

odnosno, da je

$$\Delta N = \int_0^{E_{\max}} D(E_z) \left\{ \frac{m}{2\pi^2\hbar^3} \int_0^\infty [f(E) - f(E + eU)] dE_{II} \right\} \quad (3.33)$$

Verovatnoća tunelovanja elektrona kroz potencijalnu barijeru je

$$D(E) = \exp \left\{ -\frac{2 \cdot (2m)^{1/2}}{\hbar} \int_{S_1}^{S_2} [E_{F_1} + \phi(z) - E_z]^{1/2} dz \right\}, \quad (3.34)$$



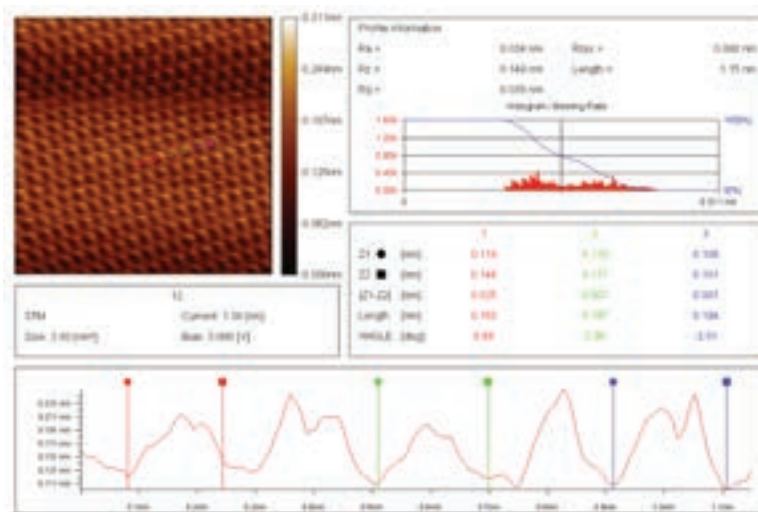
Slika 3.3. Shematski prikaz konstantnog strujnog moda za vreme rada STM aparature.

pri čemu je  $E_{F_1}$  – Fermijeva energija, a  $\phi(z)$  – prosečna vrednost potencijalne barijere iznad Fermijevog nivoa. Za preciznija računanja, međutim, bilo bi potrebno uzeti u obzir da se tunelovanje elektrona ne dešava u apsolutnom vakuumu, da se proces dešava u sredini sa temperaturom  $T$ , i da fenomen međusobne interakcije metalnih elektroda



ima uticaja na tunelovanje elektrona. Bez obzira na iznete aproksimacije, izraz 3.34 ima svoje praktične vrednosti.

Osnovni princip rada STM-a dat je na slici 3.3. Uzorak koji ispitujemo stavlja se na podlogu koja, kao i uzorak, mora biti poluprovodni ili provodni materijal (za neprovodne materijale upotrebljava se AFM – Atomic Force Microscopy, tehnika koja koristi sile elastičnosti materijala i specijalno napravljene vrha). STM može raditi na principu dva moda: konstantne struje ili konstantnog rastojanja. Na slici 3.3 dat je primer rada STM-a na bazi strujnog moda, kada šiljak prati površinu uzorka, pa se ta fina pomeranja prenose na kristalne strukture čija dilatacija, preko piezoelektričnih osobina kristala, proizvodi struje veoma malog intenziteta. One se pojačavaju i odvođe u aparaturu za memorisanje skenirajućih linija, koje se zatim softverski obrađuju i na ekranu daju obrađenu sliku.



**Slika 3.4.** STM slika rasporeda atoma ugljenika u graftu načinjena u NanoLab, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2005. godine na uređaju JEOL Naoprobe JSPM-5200. Kao što se na dijagramu vidi, nijedan atom (u datom trenutku) nije isti zbog interakcije među njima (atomi bi bili isti ako bi bili u vakuumu i bili odvojeni jedni od drugih).

Struja tunelovanja  $I$  može se napisati u formi prvog reda vremenski zavisne perturbacione jednačine

$$I = \frac{2\pi e}{\hbar} \sum \{f(E)[1 - f(E_e + eU)] - f(E_V + eU)[1 - f(E_\mu)]\} \cdot |M_{\mu V}|^2 \delta(E_V - E_\mu) \quad (3.35)$$

gde je:  $f(E)$  – Fermijeva energija;  $U$  – prednapon;  $M_{\mu V}$  – matrica tunelovanja elementa neperturbovanih elektronskih stanja  $\psi_\mu$  (vrha šiljka) i  $\psi_V$  (površine uzorka);  $E_\mu(E_V)$  – energija stanja  $\psi_\mu(\psi_V)$  kada nema tunelovanja (Wiesendanger, 1994).



### 3.4. Modeli elektrona u fizici




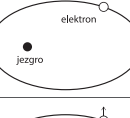
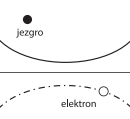
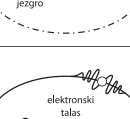
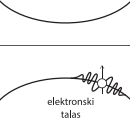
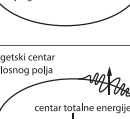

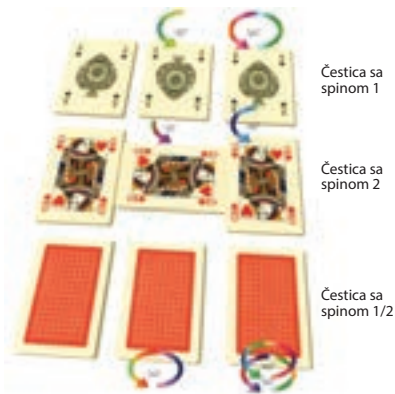
Elektron u atomu VODONIKA	OBJAŠNENJE
	<p><b>1897. Dž. Dž. Tomson:</b> Elektron je subatomska korpuskula koja ispunjava sferu sa uniformnim pozitivnim naelektrisanjem. Atomi rednog broja <math>Z</math> nose pozitivno naelektrisanje za koje je elektron vezan električnim silama.</p>
	<p><b>1911. E. Raderford:</b> Elektron je korpuskularna trodimenzionalna negativno naelektrisana čestica u nuklearnom modelu atoma. U predloženom planetarnom modelu elektroni se kreću na velikim udaljenostima od pozitivno naelektrisanog jezgra po tačno određenim kružnim putanjama. Ukupno negativno naelektrisanje elektrona je jednako pozitivnom naelektrisanju jezgra.</p>
	<p><b>1913. N. Bor:</b> Elektron je tačkasta trodimenzionalna naelektrisana čestica raspoređena po kružnoj putanji. Svaka kružna putanja ima različit energetska nivo. Elektroni ne emituju energiju dok se kreću po stacionarnim putanjama. Kada elektron pređe sa putanje sa višeg energetska nivoa na putanju sa nižim energetska nivoom tada emituje elektromagnetno zračenje (<math>h\nu</math>) koje je jednako razlici energija ta dva energetska nivoa.</p>
	<p><b>1916. A. Samerfeld:</b> Elektron se kreće po kvantovanoj eliptičnoj orbitali. Položaj elektrona određen je radiusom orbitale i azimutnim uglom. Masa elektrona zavisi od brzine njegovog kretanja po kvantovanim orbitalama.</p>
	<p><b>1925. S. Gudsmit:</b> Elektron pored kretanja po eliptičnim orbitalama ima i rotaciono kretanje oko sopstvene ose (spin). Kako je elektron negativno naelektrisan on ima i sopstveno magnetno polje. Elektron ima sopstveni moment količine kretanja i sopstveni magnetni moment, čime je objašnjeno cepanje atomskih nivoa.</p>
	<p><b>1925. V. K. Hajzenberg:</b> Elektron se više ne razmatra sa aspekta klasičnog formalizma (Poissonovo obeležavanje), već se uvodi pojam neodređenosti po kome proizvod dveju vezanih veličina ne može biti manji od Plankove konstante (istovremeno se ne može znati položaj elektrona i njegova brzina).</p>
	<p><b>1926. E. Šredinger:</b> Elektron se razmatra sa aspekta talasne mehanike (De Broj, 1923), pa se, sledstveno tome, putanje pojedinih elektrona u atomu ne opisuju klasično prostorno i vremenski, već se određuju na osnovu verovatnoće. Tako se pojedini nivoi energija elektrona u atomu daju samo kao srednje vrednosti raspodele naelektrisanja elektronskog oblaka u odnosu na jezgro. Rešenje Šredingerove jednačine daje raspodelu naelektrisanja oko jezgra.</p>
	<p><b>1928. P. Dirak:</b> Elektron je kvantno-mehanički objekat čije se kretanje može opisati relativističkom teorijom. Na osnovu ovog pristupa predviđeno je postojanje <i>pozitrona</i>, čestice iste mase i spina kao elektron, ali suprotnog naelektrisanja. Na osnovu relativističke teorije kretanja elektrona pokazano je do tada najbolje slaganje sa spektralnim linijama za atom vodonika.</p>
	<p><b>1978. H. Salhofer:</b> Elektron je istovremeno kvantno-mehanički (mikroskopski) i elektrodinamički (makroskopski) entitet (Maksvel-Dirakov izomorfizam – MDI). Postoje dva elektromagnetna polja čiji se energetska centri nalaze simetrično raspoređeni na „Keplerovskim“ orbitalama elektrona (antipodalno dejstvo).</p>

Tabela 3.1. Modeli elektrona u atomu vodonika kao promena mišljenja naučnika o ovom fenomenu.

U tabeli 3.1 sumirani su, sa kratkim komentarom, glavni modeli elektrona od Tomsona (1897) do Salhofera (1978) koje su do sada predložili istraživači, a koje je naučna zajednica prihvatila (Lakhtakia, 1996). Interesantan model predložio je Van Hipel 1959. godine, ali je ostao prilično nezapažen (von Fippel, 1959). U ovom modelu talasni paket elektrona kružeći oko jezgra atoma vodonika, stvara ortogonalni talasni paket koji nije stalan već se u jednom momentu raspada, a onda ponovo počinje da se stvara.

Prema scenariju savremene fizike, elektron u sistemu elementarnih čestica pripada grupi *leptona* sa masom od 0,511 MeV (masa mirovanja  $9,109 \times 10^{-31}$  kg), naelektrisanjem od  $1,602 \times 10^{-19}$  C i radijusom od  $2,818 \times 10^{-15}$  m (klasični polupečnik elektrona se računa iz relacije  $r_e = e^2/m_e c^2$ , ali prema radnoj hipotezi Dehmelta  $r_e \approx 10^{-22}$  m) i spinom  $\frac{1}{2}$ . Komptonova talasna dužina elektrona je  $\lambda = h/m_e c = r_e/\alpha = 2,426 \times 10^{-12}$  m, tako da na osnovu osnovnog radijusa atoma vodonika, Borovog radijusa, od  $0,529 \times 10^{-10}$  m i veličine protona  $0,887 \times 10^{-15}$  m (proton je oko tri puta veći od elektrona,  $\sim \pi$ ) možemo zaključiti da je naša klasična predstava o elektronu koji kao „kuglica“ kruži oko jezgra atoma daleko od istine. Mnogo je verovatnije da se radi o dobro uređenom „energetskom paketu“ („maglini“), kao što se vidi u tabeli 3.1, Salhoferovom modelu (Zettili, 2009 i Allosso, 1992).

### Spin elektrona i struktura materije



**Slika 3.5.** Ilustrativno objašnjenje spinova: spin 1 – „*kec*“ se mora okrenuti za  $360^\circ$  da bi se slika poklopila sama sa sobom ( $1 \times 1 = 1$ ), spin 2 – „*dama*“ bi trebalo da se okrene za  $180^\circ$  jer je „*gore*“ i „*dole*“ isto ( $2 \times 1/2 = 1$ ). Međutim, spin  $\frac{1}{2}$  je teško razumljiv jer je potrebno napraviti dva okretaja da bi se poklopio sam sa sobom ( $1/2 \times 2 = 1$ ) (Hawking, 2001).

Kao što se vidi iz tabele 3.1, pojam *spina* u mikrosvet uveden je 1925. godine (Gudsmi i Ulembek) sa idejom da se radi o rotaciji elektrona oko svoje ose. Vrednost spina označava broj rotacija oko sopstvene ose: 0 – čestice kao tačke koje su iste iz svih pravaca posmatranja, 1 – čestice koje izgledaju različito odakle god ih gledali (potrebna rotacija od  $360^\circ$  oko sopstvene ose da bi slika bila ista), 2 – simetrične čestice sa osom simetrije od  $180^\circ$  (i sa prednje i sa zadnje strane su iste, tj. za jedan puni okretaj vide se dva puta),  $\frac{1}{2}$  – potrebna rotacija od dva puna kruga da bi slika bila ponovo ista. Vrlo čudno! A upravo tu osobinu ima elektron. Izgleda da spin nema analogiju u klasičnom svetu, već je unutrašnji stepen slobode kvantno-mehaničkog objekta. Da bi slikovito prikazao fenomen spina, Hoking se poslužio špilom karata (Hawking, 2001).

Spin ima dimenzije dejstva pa se izražava kao proizvod Dirakove konstante  $1,055 \times 10^{-34}$  Js ( $h/2\pi$ ) i spinskog kvantnog broja. Teško je razumeti šta je spin (uveden je u fiziku kao potreba eliminacije problema računanja sa beskonačnostima), ali eksperimenti pokazuju da on ili nešto njemu slično postoji (uveden je da bi se protumačili eksperimenti,

a eliminisala beskonačnost – možemo se slagati s tim da postoji ili ne, pa zato važi ona narodna izreka „ko zna bolje, široko mu polje“). Znak ispred spina označava njegov smer. Na osnovu spina sve čestice mogu se podeliti u dve grupe: *fermione* i *bozone*.

Fermioni imaju poluceli broj (1/2, 3/2 itd.) i determinišu strukturu materije (kao što je elektron, proton i dr.), dok su bozoni čestice, sile koje prenose interakcije sa celobrojnim spinom 0, 1, 2... (kao što su foton, graviton i dr.). Pored ove razlike, bozon i fermion razlikuju se i po Paulijevom principu isključenja (dve čestice ne mogu imati isto kvantno stanje u istom vremenskom trenutku) koji važi za fermione (elektron), ali ne važi za bozone (foton i graviton).

### ***Elektron: struktura atoma***

Elektroni u orbitama atoma nisu nezavisni jedni od drugih, jer nose negativni naboj a svojim kretanjem oko jezgra atoma proizvode magnetno polje. Njihove orbite i njihovi spinovi su vezani, spregnuti („kuplovani“) električnim i magnetnim poljem. Imajući u vidu da se u vektorskom modelu svaka orbita i svaki spin prikazuju vektorom pripadnog momenta impulsa, prema Raselu i Sandersu (Russall i Sanders, 1925) spinovi se sprežu posebno u ukupni spinski moment, a posebno orbitalni momenti u ukupni orbitalni moment (spinski moment je znatno većeg intenziteta). Nakon toga se njihovim zbirom dobija vektor ukupnog momenta. Međutim, u šestom poglavlju videćemo da se pod određenim uslovima spinsko i orbitalno računanje sprežanja može izraziti drugačije, što će dovesti do novih fenomena koji imaju svoju sazajnu i upotrebnu vrednost.

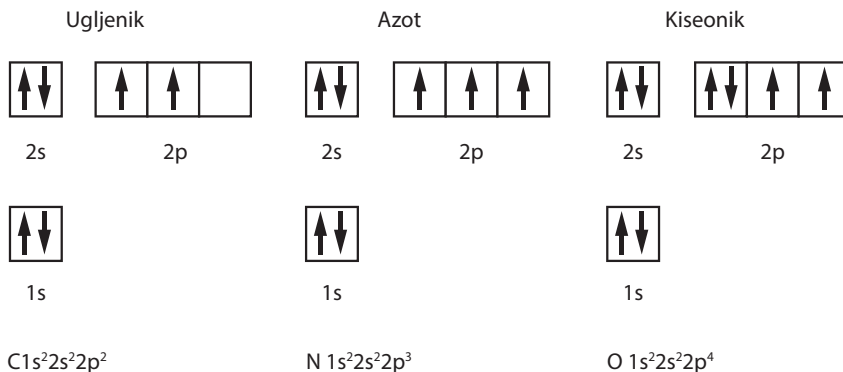
**Tabela 3.2:** *Kvantni brojevi, njihove vrednosti i značenja*

Oznaka	Naziv i vrednost	Značenje
n	Glavni kvantni broj $n = 1, 2, 3, 4, 5...$	Redni broj elektronske ljuske atoma određuje udaljenost elektrona od jezgra i njegovu energiju.
l	Orbitalni kvantni broj $l = 0, 1, 2, 3... n-1$	Određuje momenat impulsa elektrona $\frac{h}{2\pi} \sqrt{l(l+1)}$
m	Magnetni kvantni broj ... -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3... (od -l do +l)	Određuje vrednost projekcije momenta impulsa na smer magnetnog polja $\frac{h}{2\pi} m$
s	Kvantni broj elektronskog spina $s = 1/2$	Određuje spinski momenat $\frac{h}{2\pi} \sqrt{s(s+1)}$
$m_s$	Magnetni kvantni broj elektronskog spina $m_s = 1/2$ ili $m_s = +1/2$	Projekcija spina na smer magnetnog polja $+\frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$ , $-\frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$

Znači, kod elektrona sa spinom  $\frac{1}{2}$  imamo sparivanje dva elektrona po ljuskama atoma. Kao što je dobro poznato, atom je definisan sa četiri kvantna broja:  $n$ ,  $l$ ,  $m$  i  $s$  (tabela 3.2). Pravilo je dobro poznato i za određeni broj atoma prikazano je na slici 3.6.

**Tabela 3.3.** *Određivanje konfiguracije atomskih ljuski preko četiri kvantna broja*

n	l	m	$m_s$		Broj elektrona	Konfiguracija	Ljuska	
1	0	0	+1/2	-1/2	2	$1s^2$	K	
2	1	0	+1/2	-1/2	8	$2s^2p^6$	L	
		+1	+1/2	-1/2				
		0	+1/2	-1/2				
		-1	+1/2	-1/2				
3	1	0	+1/2	-1/2	18	$3s^2p^6d^{10}$	M	
		+1	+1/2	-1/2				
		0	+1/2	-1/2				
	2	-1	+1/2	-1/2				
		+2	+1/2	-1/2				
		+1	+1/2	-1/2				
		0	+1/2	-1/2				
		-1	+1/2	-1/2				
			-2	+1/2				-1/2



**Slika 3.6.** *Primer popunjavanja ljuski i sparivanja elektrona ( $\uparrow\downarrow$ ) za atome ugljenika, azota i kiseonika.*

## ***Elektron: međuatomske i međumolekulske interakcije***

Elektron nije odgovoran samo za strukturu atoma i njihovo povezivanje kovalentnim vezama, čime se stvaraju molekuli, već i za interakciju među molekulima. Bliže objašnjenje interakcija koje su date u tabeli 3.4 sledi, a počinjemo sa Van der Valsovim interakcijama.

### ***Van der Valsove interakcije***

Osnovne sile materije su Van der Valsove interakcije koje je 1873. godine otkrio Johanes Diderik van der Vals (Johannes Diderik van der Waals, 1837–1923), dok je radio na svojoj doktorskoj disertaciji na temu realnih gasova.

Proces merenja međuatomskih i međumolekularnih sila je mehano-elektromagnetni (fizikohemijski). Kako je apsorpcija infracrvenog (IC) zračenja principijelno isti proces kao kod prenosa energije sa jednog mehaničkog oscilatora na drugi (rezonanca), to je mehanotronika na nano nivou sasvim prirodan fenomen. Osnovni preduslov je da svi učesnici u energetskom procesu osciluju istom frekvencijom, ili da je frekvencija jednog jednaka celom umnošku frekvencija drugog oscilatora. Nakon rezonancije, u sistemu koji je primio energiju povećava se amplituda oscilovanja dok se frekvencija ne menja.

Apsorpcija elektromagnetnog zračenja predstavlja kvantni proces koji se dešava kod većine molekula u IC spektru sa energijama od 8 do 50 KJ/mol i odgovara razlikama između vibracionih energetskih nivoa. Veza između mehaničkih i elektromagnetnih fenomena interakcije dva atoma ili dva molekula data je preko izraza

$$v^* = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad (3.36)$$

gde je  $v^*$  talasni broj ( $cm^{-1}$ ),  $c$  – brzina svetlosti,  $k$  – konstanta sile veze i  $\mu$  – redukovana masa:  $(m_1+m_2)/(m_1 \times m_2)$  (talasni broj  $v^*$  se iz navike i dalje računa u  $cm^{-1}$  kod hemičara, a ne u  $m^{-1}$ ).

Iz tabele 3.4 vidimo da elektromagnetne sile u potpunosti određuju karakter međumolekularnih interakcija, a kroz njih i ponašanje bioloških fluida i čvrste materije u ljudskom organizmu. Gravitacione sile uglavnom upravljaju makroskopskim fenomenima (na nivou tela i organa), ali u pojedinim slučajevima deluju u sprezi sa elektromagnetnim silama (kapilarne pojave, viskoznost itd.). Međutim, kvantna gravitacija predstavlja novi izazov za razumevanje ponašanja biomolekula i promene njihovih konformacionih stanja. Danas je sve više prisutno i razmatranje entropijske gravitacije, koja bi mogla biti povezana sa biomolekularnim infomacionim procesima.



*Johannes Diderik  
van der Waals  
(1837–1923)*

Tabela 3.4. Pregled osnovnih međumolekularnih interakcija

Naziv	Shematski prikaz	$E = f(r)$
Jon-jon		$\frac{1}{r}$
Jon-dipol		$\frac{1}{r^2}$
Dipol-dipol		$\frac{1}{r^3}$
Jon-indukovani dipol		$\frac{1}{r^4}$
Dipol-indukovani dipol		$\frac{1}{r^5}$
Indukovani dipol-indukovani dipol		$\frac{1}{r^6}$
Vodonične veze	Mreža dipolnih momenata 	$\approx \frac{1}{r^2}$
Londonove interakcije	Interakcija između privremenih dipola od nepolarnih, ali polarizovanih tela 	$\approx \frac{1}{r^6}$

Za potpuno tačno tretiranje ovih pojava neophodno bi bilo koristiti principe kvantne mehanike (kvantne elektrodinamike), ali se pokazalo da se pristupom elektrostatike uz odgovarajuće aproksimacije mogu dobiti rezultati koji su približno tačni i u dobroj saglasnosti sa eksperimentima, a mogu se relativno brzo primeniti za realizaciju nekog biomedicinskog uređaja.

### Nepolarne interakcije

U težnji da se što sažetije obuhvati opis međumolekularnih sila formiran je pojam *potencijala interakcije* koji bi sa silom bio povezan izrazom  $F = -dw(r)/dr$ . Imajući u vidu diferencijalnu vezu  $w(r)$  i sile, odnosno rada koji ta sila vrši, veličina  $w(r)$  se često naziva

*slobodnom energijom* ili *raspoloživom energijom* za vršenje rada. Još tokom 19. veka postojalo je verovanje da je moguće formirati izraz za zakon sile kojim bi bilo moguće obuhvatiti sve međumolekularne interakcije i koji bi bio sličan Njutnovom zakonu gravitacije. Predlagani su brojni izrazi interakcionog potencijala čija je forma bila:

$$w(r) = -\frac{Cm_1m_2}{r^n} \quad (3.37)$$

gde su sa  $m_1$  i  $m_2$  označene mase molekula koji bi sa silom bio povezan relacijom:

$$F = \frac{dw(r)}{dr} = \frac{d}{dr} \left( -\frac{Cm_1m_2}{r^n} \right) = -n \frac{Cm_1m_2}{r^{n+1}}. \quad (3.38)$$

Prema ovom modelu su vrednosti eksponenta  $n$  bile predviđene za 4 ili 5 stepen, dok bi za slučaj Njutnovog zakona gravitacije vrednost eksponenta bila jednaka 1, pa bi konstanta  $C$  bila jednaka gravitacionoj konstanti, što znači da bi zakon sile tada bio podudaran sa Njutnovim zakonom gravitacije:

$$w(r) = -\gamma \frac{m_1m_2}{r} \quad F = -\gamma \frac{m_1m_2}{r^2}, \text{ gde je } g = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N/m}^2\text{kg}^2.$$

Nažalost, pokazalo se da rešenje nije tako jednostavno. Sa druge strane, nije se puno ni pogrešilo. Naime, stepen zavisnosti jeste bio princip po kome su se mogla objasniti relativno kratka rastojanja na kojima dejstuju međumolekularne sile, ali je za tačniji opis bilo potrebno obuhvatiti polarnost molekula, dakle njihov elektromagnetni karakter, kao glavnu odrednicu za opis ponašanja.

Opšti put za iznalaženje zakona međumolekularnih interakcija određen je kao:

$$w(r) = -\frac{C}{r^n}. \quad (3.39)$$

Na osnovu ovog izraza izračunavamo ukupnu energiju interakcije molekula sa svim ostalim molekulima u njegovom okruženju, od radijusa molekula  $\sigma$  do nekog odstojanja  $L$ , i dobijamo izraz:

$$E(r) = \int_{\sigma}^L w(r) dV = -\frac{4\pi C\rho}{(n-3)r^{n-3}}, \text{ za slučaj gde je } n > 3, L \gg \sigma.$$

Pokazalo se da većina molekularnih interakcija ima tu osobinu da je  $n > 3$ , odnosno da su kratkog dometa.

Uporedo sa ovim zaključcima razvijao se i koncept kapilarnih pojava i površinskog napona, iz čega je proisticalo da iste sile pokreću koheziju i u čvrstim i u tečnim sredinama. Konačan ishod tih posmatranja jeste da ove sile malog dometa mogu generisati i mehanizme makroskopskih pojava (formiranje oblika kapljica, reakcije vode sa deterđentima i mastima itd.). Jedna od prvih uspešnih primena koncepta molekularnih interakcija na makroskopskom nivou bila je jednačina stanja realnog gasa koju je dao Van der Vals:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT. \quad (3.40)$$



U ovom izrazu je pritisku dodat član  $a/V^2$  koji predstavlja doprinos privlačnih Van der Valsovih sila.

Tokom 1903. Mie je predložio sledeći izraz za interakcioni potencijal koji je prvi put obuhvatio i privlačnu i odbojnu komponentu na sledeći način:

$$w(r) = -\frac{A}{r^n} + \frac{B}{r^m}. \quad (3.41)$$

Ovaj izraz je i danas u upotrebi, a u specijalnom slučaju Mieovog potencijala, kada je  $n = 6$  a  $m = 12$ , dobijamo izraz za Lenard-Džonsov potencijal:

$$w(r) = -\frac{A}{r^6} + \frac{B}{r^{12}}$$

gde su vrednosti konstanti  $A$  i  $V$  za slučaj interakcije dva atoma  $A = 10^{-77} \text{ Jm}^6$ ,  $V = 10^{-134} \text{ Jm}^{12}$ .

Savremene predstave o međumolekularnim interakcijama baziraju se na Helman-Fajnmanovoj teoremi, prema kojoj se sve međumolekularne sile mogu odrediti kada se odredi rešenje Šredingerove jednačine i na osnovu nje prostorni raspored elektrona. Tada se međumolekularne interakcije određuju kao klasične elektrostatičke interakcije. Međutim, *egzaktna* rešenja Šredingerove jednačine nije lako dobiti, čak ni u slučaju najjednostavnijih molekula, poput para vodonikovih atoma. Iz tog razloga pristupićemo klasifikaciji međumolekularnih interakcija sa njihovog elektrostatičkog aspekta, mada one imaju isti osnovni mehanizam nastajanja. U tom smislu razlikovaćemo interakcije kratkog i dugog dometa, jonske interakcije, kovalentne interakcije, Van der Valsove interakcije, rastvorske interakcije, vodonične veze itd.

Ovakva klasifikacija je uticala na brojne naučne discipline u kojima je najpre došlo do isticanja forsiranja nekih klasa kao najrelevantnijih, a potom i usvajanja odgovarajuće terminologije koja se razlikuje od discipline do discipline, ali ukazuje na bazično iste fenomene.

U razmatranju međumolekularnih sila razlikujemo dva osnovna slučaja: interakcija u vakuumu i interakcija u sredini (najčešće tečnoj – rastvor). Kako je značaj proučavanja interakcija u vakuumu uglavnom teorijski, neophodno je razmotriti upoređenje međumolekularnih interakcija sa toplotnim kretanjem materije koje je najsazetije opisano veličinom  $kT$  ( $k$  – Bolcmanova konstanta  $1,38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ ,  $T$  – temperatura K).

U velikom broju slučajeva neophodno je razmotriti da li posmatrana interakcija može da „nadaža“ entropijski uticaj toplotnog kretanja. Ovaj kriterijum u suštini najviše govori o stabilnosti međumolekularnih interakcija u „standardnom okruženju“ koje se uvek nalazi na nekoj temperaturi i u toplotnom kretanju.

Prosečna translaciona kinetička energija molekula iznosi  $3kT/2$  i sastavljena je iz rotacionih i vibracionih komponenti koje ne razmatramo sada, a koje su prisutne u svim agregatnim stanjima materije. Stoga je neophodno sva dalja razmatranja konstantno upoređivati sa parametrom toplotne energije.



### 3.5. Klasifikacija međumolekularnih sila

Međumolekularne sile možemo klasifikovati u tri klase. Ova klasifikacija nije ni egzaktna ni sveobuhvatna. Ona služi sticanju uvodnog pregleda onih znanja koja su na nivou klasične fizike i ne podrazumevaju upotrebu pristupa kvantne mehanike i kao takva je veoma korisna.

Prva klasa međumolekularnih sila potiče od *čisto elektrostatičkih, kulonovskih* interakcija u koje spadaju međudejstva koncentrisanih naelektrisanja (jona), dipola, kvadrupola itd. Druga klasa sačinjena je od *polarizacionih* sila koje nastaju usled *indukcije* polarizovanog stanja u atomima i molekulima (inače nepolarnim) usled prisustva spoljnog električnog polja. Treća klasa su sile čija je priroda *kvantno-mehanička* koje kao posledicu imaju generisanje *kovalentnih* ili *hemijskih* veza i odbojnih sila koje na malim rastojanjima uravnotežuju privlačne sile.

Uporedo sa ovom klasifikacijom razmatraćemo najpre snažne interakcije koje pripadaju prvoj i trećoj klasi da bismo nakon toga pažnju posvetili slabijim silama u koje spada nekoliko interakcija polarnih i polarizovanih molekula.

#### *Jake interakcije: kovalentne veze i kulonovske interakcije*

Kovalentne veze nastaju pretežno kod elemenata koji se nalaze u središnjim grupama periodnog sistema elemenata. One deluju na rastojanjima 0,1–0,2 nm, tako da predstavljaju sile vrlo kratkog dometa. Jačina nekih kovalentnih veza je: C≡N oko 870 (kJmol<sup>-1</sup>), C=O oko 690 (kJmol<sup>-1</sup>), C=C oko 600 (kJmol<sup>-1</sup>), O-H oko 460 (kJmol<sup>-1</sup>), C-H oko 430 (kJmol<sup>-1</sup>), pri čemu bi trebalo imati u vidu da je 1 kJmol<sup>-1</sup> približno 0,4 kT.

Kulonovska sila privlačenja između dva naelektrisana atoma ili jona je sigurno najjača interakcija koja po snazi nadmašuje i mnoge hemijske sile (veze). Interakcioni potencijal (slobodna energija) ove interakcije glasi:

$$w(r) = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{z_1 z_2 e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (3.42)$$

gde je  $\epsilon_0$  relativna dielektrična konstanta vakuuma (a ako se dešava u realnoj sredini onda je  $\epsilon_r$  dielektrična konstanta sredine u kojoj se reakcija odvija), dok je  $r$  rastojanje između dva interagujuća naelektrisanja,  $z$  valentnost jona i  $e$  elementarna količina naelektrisanja koja je jednaka naelektrisanju elektrona  $e = 1,602 \times 10^{-19}$  C. Na osnovu slobodne energije dobijamo izraz za kulonovsku silu:

$$F = -\frac{dw(r)}{dr} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{z_1 z_2 e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Kada ovu slobodnu energiju uporedimo sa toplotnom energijom, izražavajući je kao umnožak  $kT$ , dobijamo sledeći odnos za slučaj monovalentnih jona Na<sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup> (čiji je zbirni jonski radijus 0,276 nm):

$$w(r) = \frac{-(1,602 \cdot 10^{-19})^2}{4\pi(8,854 \cdot 10^{-12})(0,276 \cdot 10^{-9})} = -8,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (3.43)$$

što u poređenju sa toplotnom energijom koja na temperaturi od 300 K iznosi  $kT = (1,38 \times 10^{-23}) (300) = 4,1 \times 10^{-21}$  J, približno iznosi 200  $kT$  po jonskom paru u vakuumu, što je slično energijama kovalentnih veza.

Kulonovske interakcije su odgovorne za stvaranje veza u jonskim jedinjenjima (kristalima) i proračun ukupne energije interakcije, u oznaci  $\mu^i$ , za slučaj monovalentnih jona natrijuma i hlora i međujonskog rastojanja  $r = 0,276$  nm dobija se kao suma svih međusobnih interakcija kubne kristalne rešetke:

$$\begin{aligned} w(r) &= \frac{z_1 z_2 e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{(1)(-1)e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \\ \mu^i &= -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \left[ 6 - \frac{12}{\sqrt{2}} + \frac{8}{\sqrt{3}} - \frac{6}{2} + \dots \right] = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} [6 - 8,485 + 4,619 - 3 + \dots] = \\ &= -1,748 \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -1,47 \cdot 10^{-18} \text{ J} \end{aligned} \quad (3.44)$$

Množenjem ove vrednosti sa Avogardovim brojem dobija se molarna količina energije koja iznosi:

$$U = -N_0 \mu^i = (6,02 \cdot 10^{23})(-1,47 \cdot 10^{-18}) = 880 \text{ kJmol}^{-1}$$

Opseg dejstva kulonovskih sila u jonskim jedinjenjima je nešto manji zbog toga što privlačne sile suprotnih jona u nesusednim pozicijama rešetke bivaju oslabljene dejstvom odbojnih sila susednih jona. I pored toga one zadržavaju znatno veći domet dejstva od kovalentnih sila (veza).

## Interakcije polarnih molekula

Većina molekula nema ni višak niti manjak naelektrisanja, ali uprkos tome postoji neravnoteža čiji je uzrok uglavnom u razlikama elektronegativnosti između atoma u molekulu. Primera radi, amino-kiselina glicin nema višak/manjak elektrona kada je izolovana u neutralnoj sredini. Međutim, u polarnoj sredini, kakva je voda, dolazi do pojave kisele i bazne grupe koje postaju izvori polariteta.

Polarni molekuli kod kojih je količina pozitivnog naelektrisanja jednaka količini negativnog naelektrisanja zovu se *cviterovi joni*, dok se u slučaju neravnoteže količine naelektrisanja nazivaju *dipolarni joni*.

Dipolni moment polarnog molekula se definiše kao proizvod količine neuravnoteženog naelektrisanja i rastojanja između polova:

$$u = ql.$$

Primeru radi, kod vode je moguće izračunati dipolni momenat na osnovu poznavanja dipolnog momenta O-H veze i ugla između dve O-H veze:

$$u_{H_2O} = 2 \cos\left(\frac{1}{2}\theta\right)u_{OH} = 2 \cos(52,25^\circ) \cdot 1,51 = 1,85D$$

Stalni dipolni momenti javljaju se samo kod asimetričnih molekula, a ne kod pojedinačnih atoma.

### ***Interakcija između jona i dipola***

Na slici 3.7 predstavljen je model interakcije jona i dipola. Prema izrazu za kulonovsku slobodnu energiju interakcije možemo zapisati da je ukupna energija jednaka zbiru pojedinačnih interakcija jona sa krajevima dipola.

U skladu sa oznakama na slici imamo:

$$w(r) = -\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left[ \frac{1}{AB} - \frac{1}{AC} \right] \quad (3.45)$$

gde se rastojanja  $AV$  i  $AS$  određuju iz relacija:

$$AB = \left[ \left( r - \frac{1}{2}l \cos \theta \right)^2 + \left( \frac{1}{2}l \sin \theta \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$AC = \left[ \left( r + \frac{1}{2}l \cos \theta \right)^2 + \left( \frac{1}{2}l \sin \theta \right)^2 \right]^{1/2}.$$

Na rastojanjima koja su mnogo veća od dužine dipola možemo uvesti aproksimaciju:

$$AB \approx \left( r - \frac{1}{2}l \cos \theta \right)$$

$$AC = \left( r + \frac{1}{2}l \cos \theta \right).$$

Unošenjem ovih izraza u početnu jednačinu konačno dobijamo izraz za slobodnu energiju:

$$w(r) = w(r, \theta) = -\frac{(ze)u \cos \theta}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}.$$

Ukoliko uvedemo pojam polja  $E(r)$  tada se ovaj izraz može prostije zapisati kao:

$$w(r) = w(r, \theta) = -\frac{(ze)u \cos \theta}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = -uE(r) \cos \theta.$$

Posledica aproksimacija koje smo uveli jeste da se greška ovog izraza povećava kada rastojanje između jona i dipola postane blisko dužini dipola. Kvantitativna analiza ovog izraza, za slučaj interakcije natrijumovog jona  $Na^+$  ( $z = 1$ ,  $a = 0,095$  nm) i dipolnog

momenta koji potiče od molekula vode ( $a = 0,14 \text{ nm}$ ,  $u = 1,85 \text{ D}$ ), uz maksimalnu energiju interakcije (300 K), iznosiće:

$$w(r, \theta = 0^\circ) = -\frac{(1,602 \cdot 10^{-19})(1,85 \cdot 3,336 \cdot 10^{-30})}{4\pi(8,854 \cdot 10^{-12})(0,235 \cdot 10^{-9})^2} = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 96 \text{ kJmol}^{-1} = 39 \text{ kT} \quad (3.46)$$

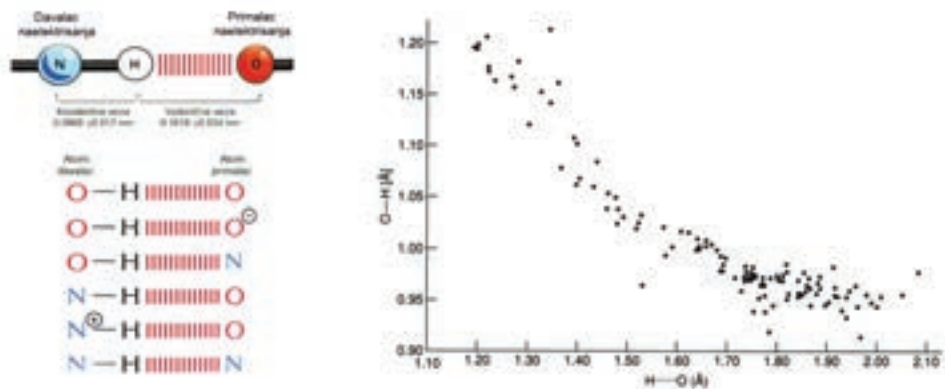
Ove sile privlačenja između vode i pozitivnih jona su odgovorne za hidrofilne, hidrofobne i reakcije apsorpcije. Eksperimentalna vrednost dobijena za ovu interakciju je u izuzetno dobroj saglasnosti sa teorijskim rezultatom i iznosi  $100 \text{ kJmol}^{-1}$ . Sličan je slučaj i kod drugih teorijskih/eksperimentalnih rezultata: za  $\text{Li}^{+1}$  jon ( $a = 0,068 \text{ nm}$ ) teorijska vrednost je  $50 \text{ kT}$  ( $125 \text{ kJmol}^{-1}$ , eksperimentalna vrednost  $142 \text{ kJmol}^{-1}$ ), za male divalentne katjone  $\text{Mg}^{2+}$  ( $z = 2$ ,  $a = 0,065 \text{ nm}$ ) i  $\text{Be}^{2+}$  ( $z = 2$ ,  $a = 0,030 \text{ nm}$ ) imamo vrednosti od  $100 \text{ kT}$  i  $150 \text{ kT}$ .

Agregati molekula vode koji se formiraju u neposrednoj okolini jona obrazuju *primarnu hidratacionu ljusku* koja predstavlja lokalnu samoorganizaciju vode na molekularnom nivou. Ovaj fenomen se ne zaustavlja samo na prvoj ljusci već dovodi do formiranja višeslojnih ljuski koje su znatno manje stabilne, tako da imaju kraći životni vek. Za jone  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  i  $\text{Li}^+$  ovo vreme se kreće oko  $10^{-9} \text{ s}$ , za jon  $\text{Ca}^{2+}$  je  $10^{-8} \text{ s}$ , za  $\text{Mg}^{2+}$  je  $10^{-6} \text{ s}$ , za  $\text{Ve}^{2+}$  je  $10^{-3} \text{ s}$ , itd.

### Interakcije između dva dipola

Slično postupku korišćenom za dobijanje izraza za interakciju jon-dipol, opisujemo interakciju dipol-dipol na sledeći način:

$$w(r) = w(r, \theta_1, \theta_2, \phi) = -\frac{u_1 u_2 \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^3} [2 \cos \theta_1 \cos \theta_2 - \sin \theta_1 \sin \theta_2 \cos \phi] \quad (3.47)$$



Slika 3.7. Šest osnovnih tipova vodoničnih veza u biološkim sistemima, tri sa kiseonikom i tri sa azotom kao donorom, odnosno četiri sa kiseonikom i dva sa azotom kao akseptorom (levo) i odnos vrednosti O-H kovalentne vodonične veze i H...O nekovalentne vodonične veze (desno).

Na osnovu ove jednačine vidi se da maksimalna interakcija nastupa kada pravci dipola prolaze kroz istu liniju:

$$w(r) = w(r, 0, 0, \phi) = -2u_1u_2 / 4\pi\epsilon_0\epsilon r^3. \quad (3.48)$$

S druge strane, minimalna interakcija nastupa kada su dipoli paralelni međusobno i tada je energija jednaka polovini maksimalne. Proračuni pokazuju da interakcije tipa dipol-dipol nisu tako jake i da već na rastojanjima od 0,35 nm u vakuumu postaju slabije od energije  $kT$ .

Izuzetak od ovoga su vodonične veze koje su poseban slučaj jakih dipol-dipol veza koje se formiraju između atoma  $O-N^+$ ,  $N^--N^+$  i  $F^--H^+$  zbog veoma malog radijusa atoma vodonika, što ove atome dovodi na znatno bliža rastojanja koja utiču na povećanje intenziteta interakcije.

### ***Interakcije sa polarizacijom***

Polarizacija predstavlja indukciju dodatnih dipolnih momenata, a nastaje usled dejstva lokalnih električnih polja na atome (jone). Svi atomi i molekuli se mogu polarizovati. Stepenn polarizacije se određuje pomoću veličine *indukovanog dipolnog momenta* koji nastaje u polju  $E$ :

$$u_{ind} = \alpha E. \quad (3.49)$$

Koeficijent polarizacije nekog atoma ili molekula  $\alpha$ , dobija se iz uslova da sila izazvana dejstvom polja mora biti u ravnoteži sa silom koja se opire dejstvu spoljašnjeg polja:

$$F_{ext} = eE,$$

$$F_{int} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R^2} \sin \theta \approx \frac{e^2 l}{4\pi\epsilon_0 R^3} \approx \frac{e}{4\pi\epsilon_0 R^3} u_{ind}.$$

Tako je:

$$u_{ind} = 4\pi\epsilon_0 R^3 E = \alpha_0 E$$

iz čega sledi da je stepenn polarizacije:

$$\alpha_0 = 4\pi\epsilon_0 R^3. \quad (3.50)$$

### ***Interakcije jona i nepolarnih/polarnih molekula***

Ova vrsta reakcija se svodi na indukciju dipola kod nepolarnog molekula. Električno polje jona jačine:

$$E = \frac{ze}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad (3.51)$$

u nepolarnom molekulu indukuje dipol čiji je moment:

$$u_{ind} = \alpha E = \alpha ze / 4\pi\epsilon_0\epsilon r^2.$$

Interakciona energija ovakvog para (jon – indukovani dipol) može se uopštiti na slučajeve polarnih i nepolarnih molekula uključivanjem konstante  $\alpha_0$  za slučaj polarnih molekula (koja je jednaka nuli u slučaju nepolarnih molekula):

$$w(r) = -\frac{(ze)^2}{2(4\pi\epsilon_0\epsilon)^2 r^4} \left( \alpha_0 + \frac{u^2}{3kT} \right). \quad (3.52)$$

### Interakcije dipol – indukovani dipol

Interakcija između nepolarnog i polarnog molekula je analogna interakciji jon – indukovani dipol, s tom razlikom što polje polarizacije potiče od dipola a ne od konstantnog naelektrisanja. Imajući u vidu da dva različita molekula poseduju različite dipolne momente  $u_1$  i  $u_2$ , i odgovarajuće koeficijente polarizacije  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$ , ukupna slobodna energija ovog para biće:

$$w(r) = \frac{(u_1^2\alpha_{02} + u_2^2\alpha_{01})}{(4\pi\epsilon_0\epsilon)^2 r^6}. \quad (3.53)$$

### Van der Valsove interakcije

Teorija Van der Valsovih interakcija predstavlja objedinjenje i uopštenje svih do sada proučenih tipova interakcija kojima se dodaje još jedan član – *dispersiona* interakcija. Disperziona interakcija je slična gravitacionoj sili po tome što deluje između *svih* atoma i molekula, bez obzira na naelektrisanje i polarizaciju.

Disperzione sile verovatno najviše doprinose međumolekularnim interakcijama jer su uvek prisutne, za razliku od ostalih tipova interakcije čija pojava može zavisiti od svojstava molekula. One su u suštini sile dugog dometa (od 0,2 do preko 10 nm) i mogu biti kako privlačne tako i odbojne. Poreklo ovih sila je kvantno-mehaničko i ukratko se može objasniti kao trenutna vrednost interakcije svakog elektrona koji sa protonom formira dipol. Iako se može reći da bi srednja vrednost ovakve interakcije trebalo da teži nuli ipak nije tako – njihov intenzitet je znatan i kreće se oko vrednosti 1 kT.

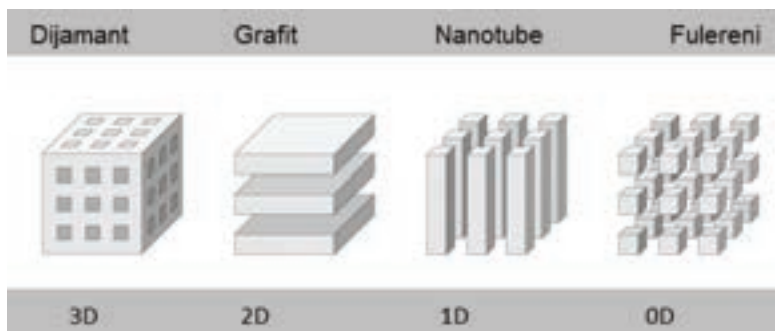
Ako uzmemo u obzir sve tri komponente Van der Valsovih sila (indukcionu silu, orientacionu silu i disperzionu silu), možemo reći da su sve tri inverzno proporcionalne trećem stepenu rastojanja na sledeći način:

$$w_{vdw}(r) = -\frac{C_{vdw}}{r^6} = -\frac{[C_{ind} + C_{ori} + C_{disp}]}{r^6} = \frac{\left[ (u_1^2\alpha_{02} + u_2^2\alpha_{01}) + \frac{u_1^2 u_2^2}{3kT} + \frac{3\alpha_{01}\alpha_{02} h\nu_1\nu_2}{2(\nu_1 + \nu_2)} \right]}{(4\pi\epsilon_0\epsilon)^2 r^6} \quad (3.54)$$

### 3.6. Da li je potreban novi model elektrona?

Posmatrajući tabelu 3.1 vidimo da se model elektrona, kada je u pitanju vodonik, završava sa dva elektromagnetna (svetlosna) paketa, koji su simetrični u odnosu na centar ukupne energije (Sallhofer, 1978). To je veoma interesantno i značajno rešenje za naš pristup modelu stvarnosti, a posebno interakcije svetlosti i materije (drugo poglavlje). Nas interesuju biološke stukture gde je vodonik prisutan sa oko 48%, ugljenik 24%, kiseonik 23%, a svi ostali 5% od ukupnog broja atoma (4% čine azot, fosfor i sumpor, a 1% svi ostali elementi). Model elektrona posebno nas zanima u ugljeniku, iz dva razloga: jer čitav život počiva na polimerima ugljenika, i zato što nanofotonski materijal koji imamo nameru da upotrebimo za pravljenje uređaja za biomedicinsko inženjerstvo treba da bude na bazi ugljenika.

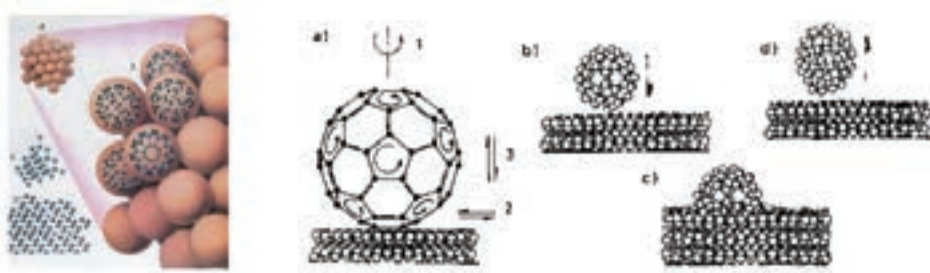
Atomi ugljenika se uređuju kao 3D objekti (dijamant), 2D kvaziobjekt (grafit, a ako je monosloj onda je grafen), 1D kvaziobjekt (nanotube) i 0D kvaziobjekt (fulereni). Za „2D, 1D i 0D“ upotrebili smo izraz „kvaziobjekti“ zato što na to liče, ali nemaju te dimenzije, jer su u 3-dimenziji. Fuleren, molekul  $C_{60}$ , koji je posebno značajan za naša istraživanja, pripada klasi 0D kvaziobjekata. 0D strukture deluju kao da su nebeska makroskopska tela i da na njih deluje gravitacija, pa su u formi lopte. Međutim, stvar je potpuno obrnuta, one imaju „kvazicentar gravitacije“, ali na bazi elektromagnetnih interakcija i ikosaedarske simetrije.



**Slika 3.8.** Prava ugljenikova 3D kristalna struktura je dijamant, grafit je nešto između 2D i 3D strukture jer je slojevit, nanotube su kvazi 1D strukture, a takođe i fulereni kao 0D molekularna kristalna struktura.

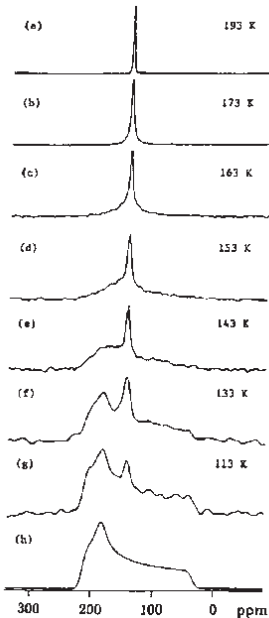
STM tehnika važna je za identifikaciju koncentracije površinske energije molekula  $C_{60}$ , a NMR metoda za određivanje brzine rotacije. Na osnovu ova dva eksperimentalna podatka zasniva se radna hipoteza o novom modelu elektrona kao prostorno-vremenskom entitetu.

Prvi eksperimentalni rezultati dobijeni NMR metodom pokazali su da se  $^{13}C$  NMR spektar kristalnog  $C_{60}$  na sobnoj temperaturi sastoji od jedne relativno uske linije, čime je potvrđena najvažnija pretpostavka strukture  $C_{60}$  da su svih 60 atoma ekvivalentni, tj. potvrđena je struktura zarubljenog ikosaedra (Tycko, 1991, Heiney, 1991).



**Slika 3.9.**  $C_{60}$  je molekularni kristal sa ikosaedarskom simetrijom, ali više molekula  $C_{60}$  gradi kubičnu kristalnu rešetku, na bazi tačkaste simetrije (levo). Zbog 60  $\pi$ -elektrona svakog  $C_{60}$  molekula nastaju odbojne sile koje molekule drže na rastojanju, nema trenja, pa molekul  $C_{60}$  rotira nasumično („tvistuje“) brzinom od oko  $3 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$  (sredina). Zato što rotira ovako velikom brzinom on se na podlozi pomera čas levo, čas desno, pa napred, pa nazad. Od tih efekata počinje i da poskakuje (pa ga zovemo i punctum salije – tačka koja skače). Tek kada upadne u „mišolovku“, manji defekt u podlozi, i fiksira se, moguće je snimiti STM ili AFM ili MFM (Koruga, et al., 1993<sup>a</sup>).

$^{13}\text{C}$  NMR spektri dobijeni na nižim temperaturama pokazuju da se priroda molekularne dinamike  $C_{60}$  menja na 260 K, i ovaj rezultat je u skladu sa rezultatima kalorimetrijskih studija i difrakcije X-zraka. Jedan oštar NMR pik, kao rezultat izotropne rotacije  $C_{60}$ , dobija se u visokotemperaturnom opsegu iznad 190 K. Ispod 190 K pik se postepeno širi i transformiše u oblik tipičan za aksijalno simetrične tenzore hemijskog pomaka kada molekul rotira oko jedne ose. Ispod 100 K brzina rotacije je dovoljno mala, tako da je moguće odrediti elemente tenzora na osnovu oblika NMR linije [13].



**Slika 3.10.**  $^{13}\text{C}$  NMR spektar čvrstog  $C_{60}$  (a)-(g), i simulacija oblika linije sa anizotropnim hemijskim pomakom (h) (Johnson, 1992).

Fazni prelaz je eksperimentalno potvrđen kao diskontinuitet u temperaturnoj zavisnosti spin – mrežnog vremena relaksacije  $T_1$  (slika 3.10). Koristeći teorijski model prema kome je osnovni mehanizam spin – mrežne relaksacije ( $T_1$ ) anizotropija hemijskog pomaka

Fazni prelaz je eksperimentalno potvrđen kao diskontinuitet u temperaturnoj zavisnosti spin – mrežnog vremena relaksacije  $T_1$  (slika 3.10). Koristeći teorijski model prema kome je osnovni mehanizam spin – mrežne relaksacije ( $T_1$ ) anizotropija hemijskog pomaka

$$\frac{1}{T_1} = \gamma^2 B_0^2 \left[ \frac{2}{3} A^2 \frac{\tau_A}{(1 + \omega^2 \tau_A^2)} + \frac{2}{15} S^2 \frac{\tau_S}{(1 + \omega^2 \tau_S^2)} \right] \quad (3.56)$$

gde A i S potiču od simetrične ( $\sigma_S$ ) i antisimetrične ( $\sigma_A$ ) komponente tenzora hemijskog pomaka ( $A^2 \approx 1,4 \times 10^{-10}$ ,  $S^2 = 3,17 \times 10^{-8}$ ), mogu se izračunati rotaciona korelaciona vremena  $\tau_A$  i  $\tau_S$  ( $\tau$  je vreme za koje molekul zarotira za ugao  $\theta = 1$  rad) na osnovu eksperimentalno dobijenih

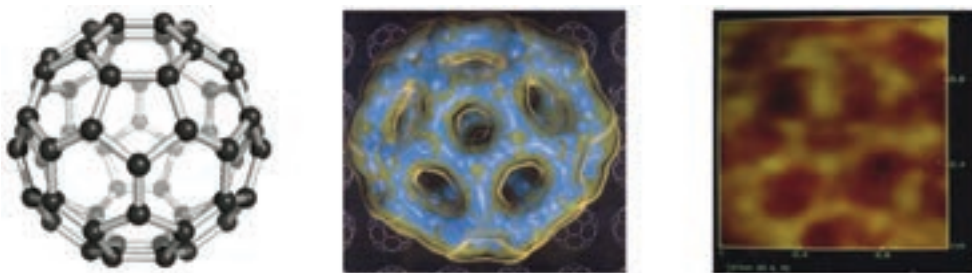


vrednosti vremena relaksacije i tenzora pomaka. Fazni prelaz se javlja na 260 K. Puna linija predstavlja niskotemperaturnu fazu između 193 i 243 K. Isprekidana linija se odnosi na eksperimentalne rezultate dobijene u visokotemperaturnoj fazi iznad 263 K (Johnson, 1992).

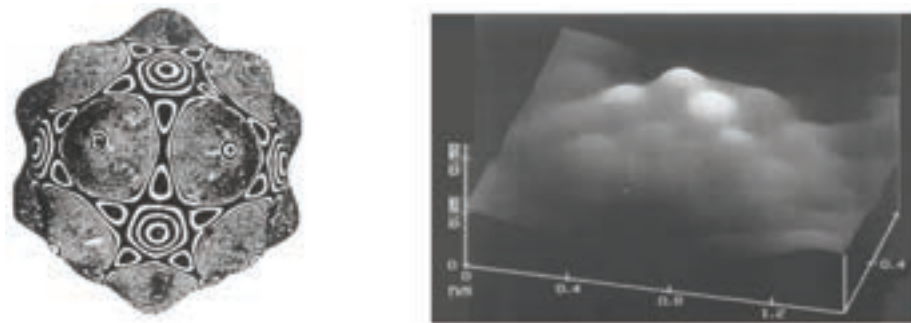
Rotaciona difuziona konstanta  $D$  povezana je sa korelacionim vremenima  $\tau_A$  i  $\tau_S$  izrazom:

$$1/6D = \tau = \tau_S = \tau_A / 3. \quad (3.57)$$

Za  $C_{60}$  u čvrstom stanju, na temperaturi  $T = 283$  K, dobijene su vrednosti prema kojima su koeficijenti difuzije u čvrstom i tečnom stanju  $D = 3 \times 10^{10} \text{s}^{-1}$  i  $D = 1,8 \times 10^{10} \text{s}^{-1}$  respektivno. Fenomen rotacije molekula  $C_{60}$  još uvek nije objašnjen, ali se pretpostavlja da je posledica prostorno-vremenskog spreznjanja elektrona u rešetkama pentagona (koncentracija elektronske, vibracione i rotacione energije), izotropnog okruženja  $\pi$  elektronskog oblaka i visoke simetrije molekula  $C_{60}$ .



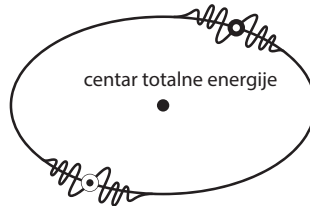
**Slika 3.11.** Teorijski model molekula  $C_{60}$  iz 1985. godine, neposredno nakon što su ga otkrili Kroto, Krl i Smoli (Kroto, Kurl, Smalley), Rice University, USA (levo); model molekula  $C_{60}$  na bazi kvantno-mehaničkih proračuna iz decembra 1991. godine, naslovna strana Science (sredina); prva STM slika molekula  $C_{60}$ , april 1992. godine, NanoLab, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu (desno). Uočljivo je da su sva tri dobijena molekula više nego slična, a najinteresantnije je to što su se kvantna teorija i eksperiment potpuno podudarili (Koruga, et al., 1993<sup>b</sup>).



**Slika 3.12.** Molekul  $C_{60}$  je dinamička struktura sa vibracijama atoma ugljenika koji generišu površinsku energiju u pentagonima (levo), a isti taj efekat identifikovan je pomoću STM-a (april 1992, NanoLab, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu) (Koruga, et al., 1993<sup>b</sup>).

Ako izračunamo klasični poluprečnik elektrona, kao 3D objekta, iz relacije  $mc^2 = e^2/4\pi\epsilon_0 r$ , onda dobijamo da je  $r_e \sim 10^{-16}$  m. Sa druge strane, videli smo (drugo poglavlje) da je elementarno naelektrisanje reda veličine Plankove dužine  $r_e \sim 10^{-35}$  m. Na taj način dolazimo do saznanja da elektron kao  $N = 3$  objekat ima veličinu  $r_e \sim 10^{-16}$  m, a kao  $N = -2_5$  objekat  $r_e \sim 10^{-35}$  m.

Elektron kao  $N=3$  objekat



Elektron kao  $N(-2)_5$  objekat

**Slika 3.13.** Elektron kao trodimenzionalni objekat ( $r_e \sim 10^{-16}$  m) i kao petodimenzionalni objekat ( $r_e \sim 10^{-35}$  m) sa centrom totalne energije koja je u rezonantnom odnosu sa  $N = 0$  [ $N(3) \times N(-2_5) = N(0)$ ].

Ovim razmatranjem smo približili *foton* (spin 1, pripada familiji bozona, brzina  $\sim 3 \times 10^8$  m/s, masa mirovanja 0, ima masu u kretanju (zavisi od talasne dužine)) i *elektron* (spin  $+1/2$  ili  $-1/2$ , pripada familiji fermionima, brzina valentnih elektrona  $\sim 2 \times 10^6$  m/s, masa  $1,602 \times 10^{-31}$  kg, veličine u  $N = 3$ ,  $r_e \sim 10^{-16}$  m, a kao  $N = -2_5$  objekat  $r_e \sim 10^{-35}$  m).

Kao što vidimo, oba atributa elektrona, ono što je  $N(3)$  i ono što je  $N(-2_5)$ , pripadaju sistemu  $N(3) \times N(-2_5) = N(0)$ , pa se njihova interakcija može razmatrati sa klasičnog i petodimenzionalnog aspekta. Upravo ova osobina elektrona omogućava da se interakcija svetlost–materija može posmatrati i izučavati sa oba ova aspekta.

## Literatura

1. Alonso, M., Finn, E.J., Physics. Addison-Wesley, Harlow, 1992.
2. Avouris, Ph. ed., *Atomic and Nanometer-Scale Modification of Materials fundamentals and Application*. NATO ASI Series, Kluwer Academic Pub, Dordrecht, Boston, London, 1993.
3. Binning, G., Rohrer, H., Scanning Tunneling Microcopy. *Helvetica Physica Acta*, 55, 726-735, 1982.
4. Frolich, H., Quantum mechanical concepts in biology, in *Theoretical Physics and Biology*. Ed. Marois, M., North Holand, Amsterdam, 1968.
5. Hawking, S., *The Universe in a Nutshell*. Bantam Books, New York, 2001.

6. von Hippel, A.R., Molecular science and molecular engineering. MIT Press/Wiley, New York, 1959.
7. Johnson, D.R., Yannoni, S.C., Dorn, C.H, Salem, R.J., Bethune, S.D.,  $C_{60}$  Rotation in the Solid State: Dynamics of a Faceted Spherical Top. Science, vol. 255, 1235-1238, 1992.
8. Khun, H., Forsterling, H-D., Principles of Physical Chemistry. JohnWiley & Sons, Chichester, 2000.
9. Koruga, Đ., Hameroff, S., Withers, J., Loutfz, R., Sundershan, M., Fullerene  $C_{60}$ : History, Physics, Nanobiology, Nanotehnology. North-Holland, Elsevier, Amsterdam, 1993<sup>a</sup>.
10. Koruga, Đ. et.al., *Fullerene Science and Technology*, 1 pp. 93-100, 1993<sup>b</sup>.
11. Lakhtakia, A. (ed.), Models and modeleres of hydrogen. World scientific, Singapore, 1996.
12. Springford, M., Electron: a centenary volume. Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
13. Russel, H.N., Saunders, F.A., New Regularities in the Spectra of the Alkaline Earths. Astrophysical Journal, vol. 61, pp. 38-42, 1925.
14. Thomson, J.J., Cathode Rays. Phil.Mag., S.5, Vol. 44, No. 269-316, 1897.
15. Wiesendanger, R., Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy. Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
16. Zettili, N., Quantum Mechanics: Concept and Applications. John Wiley and Sons, Chichester, 2009.



# 4

## INTERAKCIJA SVETLOST-MATERIJA



Umetniče, oblikuj! Ne zbori!  
Pesmu svoju kao dašak stvori!  
GETE

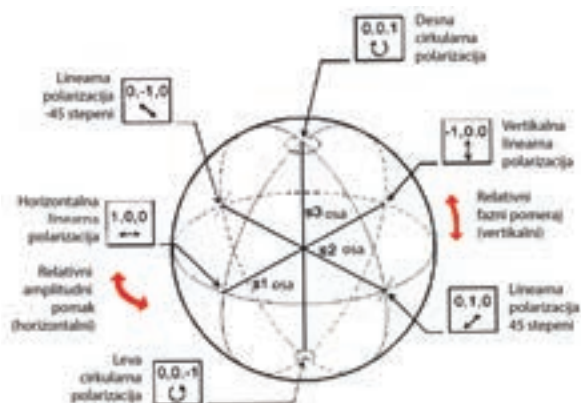
## 4.1. Poenkareova sfera (svetlost)

Anri Poenkare formulisao je 1892. godine koncept koji je rezultirao u *virtuelnu sferu* koja se može koristiti za grafičko predstavljanje polarizacije svetlosti. Ova virtuelna sfera danas je poznata pod njegovim imenom. Svetlost može imati različite polarizacije: linearnu (vertikalnu i horizontalnu), eliptičnu (desno ili levo) i kružnu polarizaciju (desnu ili levu). Te polarizacije grafički odgovaraju različitim mestima na površini Poenkareove sfere (slika 4.1). Informacija o tome kakvo je stanje polarizacije odgovara različitim tačkama na površini Poenkareove sfere.

Za definisanje svetlosne sfere Poenkare koristi kružnu polarizaciju na osnovu širenja relativne magnitude talasa za levo i desno kružno polarizovane komponente na osnovu razlike njihovog faznog pomeraja. Poenkareova sfera se može koristiti i interaktivno, da bismo razumeli koje su sve moguće vrste i stanja polarizacije svetlosti.



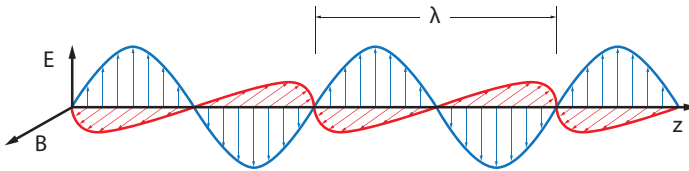
Jules Henri Poincaré  
(1854–1912)



Slika 4.1. Poenkareova sfera na kojoj se vidi raspored i međuzavisnost osnovnih linearnih i cirkularnih polarizacija.

Poenkare je takođe poznat po hipotezi koju je postavio 1904. godine (odnosi se na topologiju trodimenzionalne sfere) i koja je do pre nekoliko godina, kada je ruski matematičar Grigorij Perelman uspeo da je reši, bila jedan od najintringantnijih nerešenih problema u matematici.

Svetlost čini mnoštvo fotona koji kao elektromagnetni talasi putuju u vakuumu ili nekoj drugoj homogenoj izotropnoj sredini kao električno polje (vektor  $E$ ) i magnetno polje (vektor  $H$ ) koji se prostiru u pravcu normalnom na pravac talasa (slika 4.2). Znači,  $E$  i  $H$  su vektorske veličine, a ne skalarne (temperatura je skalarna veličina), što znači da imaju *intenzitet, pravac, smer i napadnu tačku* (mesto na kome deluju). Druga važna osobina je da su  $E$  i  $H$  normalni međusobno i tu osobinu zadržavaju u svim uslovima. Pojednostavljena predstava talasa fotona sa električnim ( $E$ ) i magnetnim ( $H$ ) poljem, talasnom dužinom ( $\lambda$ ), predstavljena je na slici 4.2.

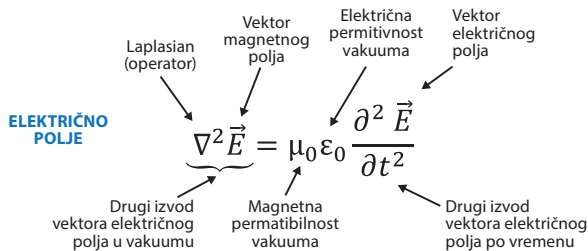


**Slika 4.2.** Električno (crveno) i magnetno (plavo) polje fotona koja se prostiru duž ose  $z$ . Talasna dužina obeležena je sa  $\lambda$  (m), ali u zavisnosti od veličine talasne dužine može se izražavati u pm, nm,  $\mu\text{m}$  ili mm. Hemičari umesto talasne dužine upotrebljavaju talasni broj  $\lambda^* \text{cm}^{-1}$ , koji nam govori koliko ima talasa u jednom dužnom cm.

Električno polje ( $E$ ) fotona definiše se izrazom 4.1 kao vektorska veličina:

$$\vec{E}(z, t) = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ 0 \end{bmatrix} e^{i2\pi(z/(\lambda/n)-t/T)} = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ 0 \end{bmatrix} e^{i(kz-\omega t)} \quad (4.1)$$

pri čemu su:  $e_x$  i  $e_y$  kompleksni brojevi (tipa  $a+ib$ ) pravaca  $x$  i  $y$  koji definišu amplitude,  $e$  je osnova prirodnog logaritma (vrednost 2,728...),  $i$  je imaginarna jedinica ( $\sqrt{-1}$ ),  $\pi$  je Ludolfov broj (3,14...),  $z$  je vrednost (promenljiva) koordinate po kojoj se prostire fotonski talas,  $\lambda/n$  je talasna dužina fotona u sredini kroz koju se prostire ( $n$  je refraktivni indeks sredine),  $t$  je vreme prostiranja talasa,  $T$  je perioda talasa ( $T = 1/\nu$ , gde je  $\nu$  frekvencija). Ponekad se u jednačinama uzima talasni broj  $k = 2\pi n/\lambda$  i angularna (kružna) frekvencija  $\omega = 2\pi\nu$ .





Magnetno polje (H) fotona, slično električnom polju, definiše se izrazom 4.2:

$$\vec{H}(z, t) = \begin{bmatrix} h_x \\ h_y \\ 0 \end{bmatrix} e^{i2\pi(z/(\lambda/n)-t/T)} = \begin{bmatrix} h_x \\ h_y \\ 0 \end{bmatrix} e^{i(kz-\omega t)} \quad (4.2)$$

pri čemu su  $h_x$  i  $h_y$  kompleksni brojevi faze talasa u pravcu  $x$  i  $y$ . Sve ostale oznake imaju ista značenja kao u prethodnom slučaju.

**MAGNETNO POLJE**

$$\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$$

Laplasian (operator)      Vektor magnetnog polja      Električna permitivnost vakuuma      Vektor magnetnog polja  
 Drugi izvod vektora magnetnog polja u vakuumu      Magnetna permeabilnost vakuuma      Drugi izvod vektora magnetnog polja po vremenu

Ako se uzmu u obzir Lorencove transformacije, mogu se matricno zapisati sve svetlosne transformacije, uključujući i rotacije, gde su  $Z(\delta)$  rotacije oko ose  $z$ ,  $B(\mu)$  su translacije u pravcu ose  $z$ ,  $R(\theta)$  su rotacije oko ose  $y$  i  $S(\lambda)$  translacije u pravcu ose  $x$ .

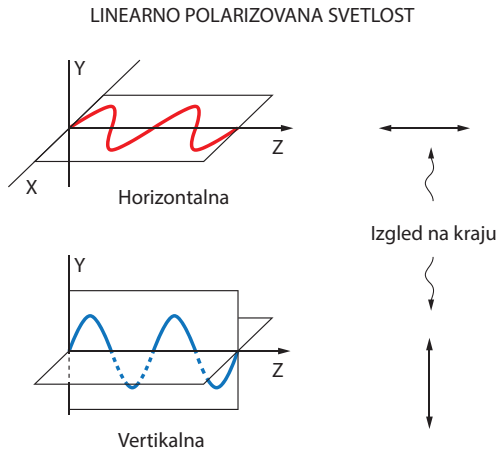
$$Z(\delta) = \begin{pmatrix} e^{i\delta/2} & 0 \\ 0 & e^{-i\delta/2} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \cos \delta & -\sin \delta \\ 0 & 0 & \sin \delta & \cos \delta \end{pmatrix}$$

$$B(\mu) = \begin{pmatrix} e^{\mu/2} & 0 \\ 0 & e^{-\mu/2} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \cosh \mu & \sinh \mu & 0 & 0 \\ \sinh \mu & \cosh \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R(\theta) = \begin{pmatrix} \cos(\theta/2) & -\sin(\theta/2) \\ \sin(\theta/2) & \cos(\theta/2) \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

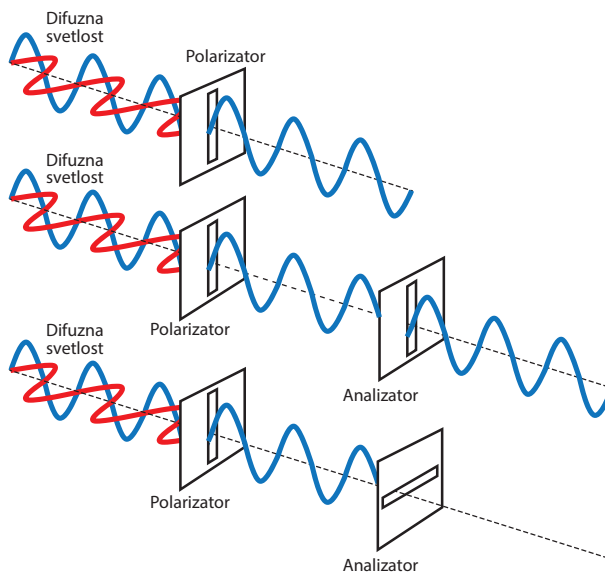
$$S(\lambda) = \begin{pmatrix} \cosh(\lambda/2) & \sinh(\lambda/2) \\ \sinh(\lambda/2) & \cosh(\lambda/2) \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \cosh \lambda & 0 & \sinh \lambda & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sinh \lambda & 0 & \cosh \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Ako se kao izvor svetlosti uzme lampa koja emituje difuznu svetlost, tada će se kroz vertikalni polarizator propuštati samo fotoni kod kojih je električna komponenta vertikalna (slika 4.3). To je obično oko 20%–30% svetlosti. Sličan slučaj će biti i kada postavimo horizontalni polarizator, proći će samo fotoni kod kojih je električna komponenta horizontalna. Međutim, treba imati u vidu da to zavisi od ugla pod kojim svetlost dolazi (slika 4.5). Linearna polarizacija ima osobinu da je njena horizontalna komponenta jednaka nuli ukoliko je upadni ugao svetlosti Brusterov.

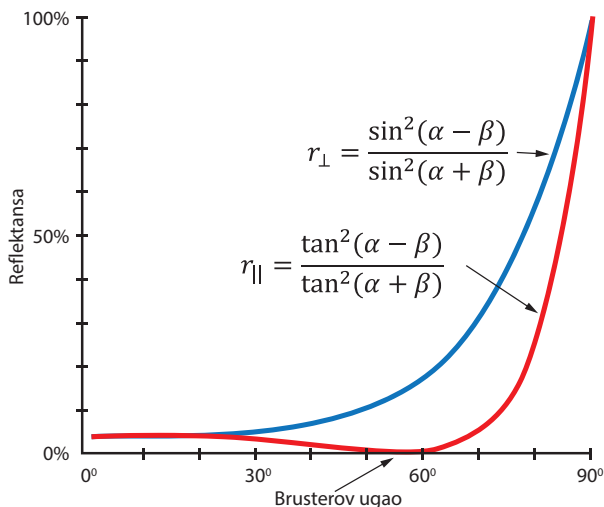


**Slika 4.3.** Prikaz dve vrste linearno polarizovane svetlosti, vertikalne i horizontalne, sa uobičajenim obeležavanjem, a prema izgledu svetlosnog talasa na kraju.

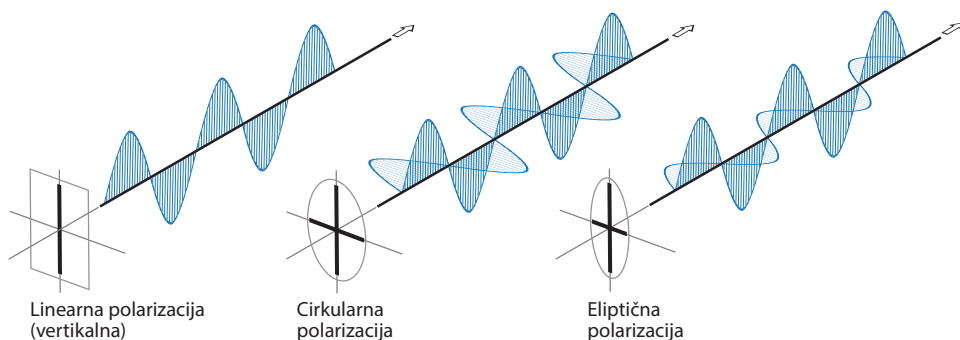
Ako vertikalno polarizovanoj svetlosti (difuzna svetlost koja je prošla kroz vertikalni polarizator) postavimo analizador koji ima vertikalni procep, tada će svetlost proći kroz analizador. Ali ako pogledamo treći slučaj na slici 4.4 tada vidimo da svetlost koja je vertikalno linearno polarizovana neće prolaziti kroz analizador koji je horizontalan.



**Slika 4.4.** Pretvaranje difuzne svetlosti u vertikalnu linearno polarizovanu svetlost i provera njene polarizacije sa horizontalnim analizatorom.



**Slika 4.5.** Prikaz odnosa vertikalne ( $r_{\perp}$ ) linearne polarizacije i horizontalne ( $r_{\parallel}$ ) linearno polarizovane svetlosti ( $\alpha$  je ugao sekularne refleksije – upadni ugao jednak je odbojnom, a  $\beta$  je ugao refrakcije – ugao pod kojim se svetlost prelama u medijumu). Ako se difuzna svetlost propušta kroz filter, efikasnost zavisi od upadne svetlosti i medija (za vodu na sobnoj temperaturi je  $53,1^\circ$ , dok je za kožu  $53,6^\circ$ ). Ali ako se želi proizvesti linearno polarizovana svetlost pomoću ogledala (kao kod BIOPTRON lampe) tada se efikasnost pretvaranja difuzne u polarizovanu može postići i do 95%.



**Slika 4.5.** Poređenje linearno polarizovane svetlosti, cirkularno polarizovane svetlosti i eliptično polarizovane svetlosti.

Primena različitih vrsta polarizacije zavisi od toga šta se želi postići, kako u dijagnostici tako i u terapiji. U dijagnostici će se linearno polarizovana svetlost upotrebiti za karakterizaciju tkiva na osnovu valentnih elektrona i međumolekularnih veza pod

Brusterovim uglom, jer će reflektovana svetlost od tkiva biti čisto vertikalno linearno polarizovana. Na osnovu analize energetskog bilansa interakcije svetlost – biološko tkivo moguće je napraviti klasifikaciju zdravo, inflamatorno, predkancerogeno i kancerogeno. Kod terapije će se linearno polarizovana svetlost upotrebiti za dejstvo na strukture koje su linearno uređene, a pre svega njihovi dipolni momenti. Ukoliko je struktura izvitoperena ili upletena, linearno polarizovana svetlost će delovati kao „češalj“, ispravljajući izvitopereno, rasplićajući upleteno, kao što to radi češalj sa kosom. Ako se pri tome podudare i elektronske apsorpcione energije, onda ona može delovati ne samo na strukture nego i na biohemijske procese (naročito u membranama i mitohondrijama, koje su visoko uređene strukture sa definisanim energetskim procesima). Generalno, linearno polarizovana svetlost deluje na biološke strukture koje formiraju „tečne kristale“ (linearno uređeni biomolekuli kao što su kolagen, mišićni aktinsko-miozinski kompleksi i dr). Cirkularna polarizacija biće primenljiva kod optički aktivnih biomolekula (koji imaju levu i desnu orijentaciju), ali kod određivanja sekundarne strukture proteina (radi  $\alpha$ -heliksa). Eliptična polarizacija (kod koje postoji fazni pomeraj u oscilovanju električnog i magnetnog polja, pa samim tim i različitost amplitude u datom trenutku) može biti pogodna za cilindrične biološke strukture koje formiraju tečne kristale, a čiji dipolni moment se menja.

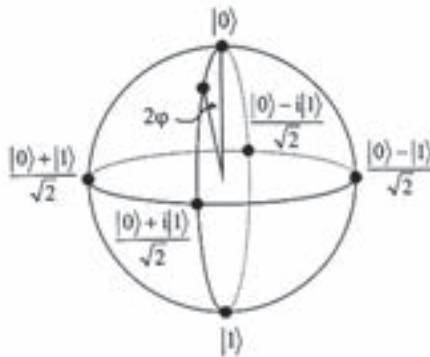
## 4.2. Blohova sfera (elektron)

Kvantno-elektronska Blohova sfera definisana je 1946. godine za fermione, spin-1/2 čestice, kao što je elektron. Jednačine koje determinišu ovu sferu mogu se izvesti iz vremenski zavisne Šredingerove jednačine (treće poglavlje) za sistem od dva nivoa, odnosno stanja. Polazeći od hamiltonijana, Blohova sfera može se definisati uz manje izmene, pa će Paulijeva matrica biti sastavni deo Blohovog vektora koji definiše sferu. Ako uporedimo sliku 4.6, koja predstavlja Blohovu sferu, sa slikom 4.1, koja predstavlja Poenkareovu sferu, onda vidimo da postoji obostrano jednoznačna korespondencija među oznakama za svetlost i elektrone.

Kod Blohove sfere „severni“ i „južni“ pol definisani su svojstvom elektrona da ima dve orijentacije „ $\uparrow$ “ (gore, „sever“) i „ $\downarrow$ “ (dole, „jug“). Ali pošto je to posledica četvrtog kvantnog broja (treće poglavlje), ovim određenjem definisan je kvantni bit (*qubit*) sa oznakom  $|0\rangle$  i  $|1\rangle$ . Komparativna analiza Poenkareove i Blohove sfere daje sledeće relacije:  $[0,0,1]$  – desna cirkularna polarizacija je ekvivalentna „ $\uparrow$ “ – odnosno  $|0\rangle$ ,  $[0,0,-1]$  – leva cirkularna polarizacija je ekvivalentna „ $\downarrow$ “ – odnosno  $|1\rangle$ .  $[0,0,-1]$  – vertikalnoj linearnoj polarizaciji svetlosti odgovara superponirano stanje  $[(1/\sqrt{2})|0\rangle - i|1\rangle]$ , a  $[0,0,1]$  – horizontalnoj linearnoj polarizaciji svetlosti odgovara superponirano stanje  $[(1/\sqrt{2})|0\rangle + i|1\rangle]$ .



Felix Bloch  
(1905–1983)



Slika 4.6. Blohova sfera sa dva osnovna  $|0\rangle$  i  $|1\rangle$  i četiri superponirana stanja.

Inicijalno stanje je definisano talasnom funkcijom:

$$\Psi(0) = \frac{1}{2}(|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle)$$

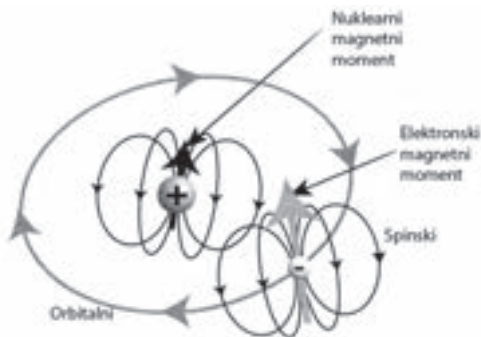
ali potpuno vremenski zavisna talasna funkcija data je izrazom:

$$\Psi(t) = \frac{1}{2}(|\uparrow\rangle + e^{-i\omega t}|\downarrow\rangle)$$

pa kada je u pitanju elektron onda  $\omega$  treba da bude Larmorova (Larmor) frekvencija za spin elektrona  $\omega_L$ . Pošto je sistem ortogonalan, onda  $\omega_L t = \pi$ , tj.  $t = \pi / \omega_L$ . S obzirom na to da je princip neodređenosti definisan kao:

$$\Delta t = \frac{\pi h^*}{2E}$$

onda je energija  $E = \frac{1}{2} h^* \omega_L$ , pri čemu je  $h^* = h/2\pi$  (Dirakova konstanta).



Slika 4.7. Atom ima dva osnovna magnetna momenta, nuklearni (spinski) i elektronski (spinski i orbitalni). Nas u ovom slučaju interesuje samo elektronski, jer svetlost u interakciji sa materijom prvo interaguje sa elektronima.

### 4.3. Larmorovo određivanje magnetnog momenta elektrona

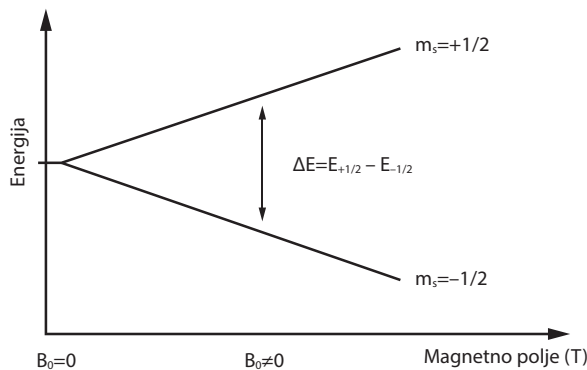
Larmor je bio plodan istraživač, posebno u primeni Lorencovih transformacija i kvantnih stanja elektrona. Bio je zagovornik postojanja *etra* i prilično revnosni oponent Ajnštajnovе teorije relativnosti. Definisao je dosta dobro kvantna stanja elektrona i protona, na čemu se danas zasniva EPR (elektron paramagnetna rezonanca) i NMR (nuklearna magnetna rezonanca). Izračunao je da je



Joseph Larmor  
(1857–1942)

$$\Omega_{\text{spin elektrona}} = \frac{2\mu_e B}{h^*} = 1,7608 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}, \text{ pa je } \nu = \frac{\omega}{2\pi} = 28,025 \text{ GHz}.$$

$$\Omega_{\text{spin protona}} = \frac{2\mu_p B}{h^*} = 2,6753 \times 10^8 \text{ s}^{-1}, \text{ pa je } \nu = \frac{\omega}{2\pi} = 42,5781 \text{ MHz}$$

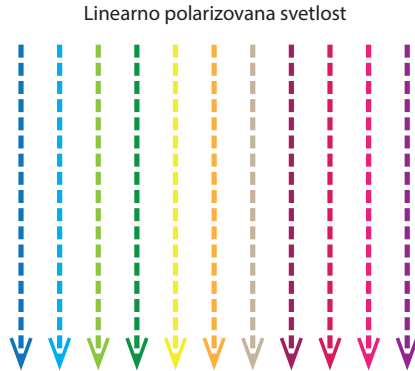


**Slika 4.8.** Elektron vrši precesiju pod uticajem spoljnog magnetnog polja (levo). Stanja elektrona „ $\uparrow$ “ i „ $\downarrow$ “ su osnovna i kada elektron nije izložen spoljnom magnetnom polju  $B_0 = 0$  (Faradejev kavez). Međutim, ako spoljno magnetno polje postoji, energija spina elektrona će se povećavati i tada je moguće dobiti precesioni signal od materije (prvi dobri signali se dobijaju pri spoljnom magnetnom polju od 0,4 T, vrlodobri na 1,5 T i odlični sa 3 T).

Na osnovu NMR i EPR dobijaju se veoma validne slike mekih tkiva koje omogućuju kvalitetnu dijagnostiku. Međutim, elektron je, kao i foton, i dalje enigma savremene nauke. Svakim danom otkrivamo njihove osobine i tako širimo znanje i mogućnosti njihove promene u medicini.

#### 4.4. Interakcija svetlost–voda

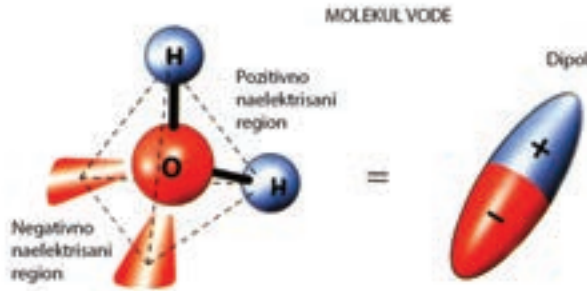
Jedna od najvažnijih interakcija za život jeste interakcija svetlosti i vode, jer biološki sistemi, a posebno čovek, sadrže 60%–75% vode, u zavisnosti od godina života. Pored toga, smatra se da je život i započet u vodi pod uticajem atmosferskih pražnjenja. I ne samo to, da ne postoji voda u organizmu sa svojom toplotnom kapacitivnošću održavanje stalnosti temperature ne bi bilo moguće.



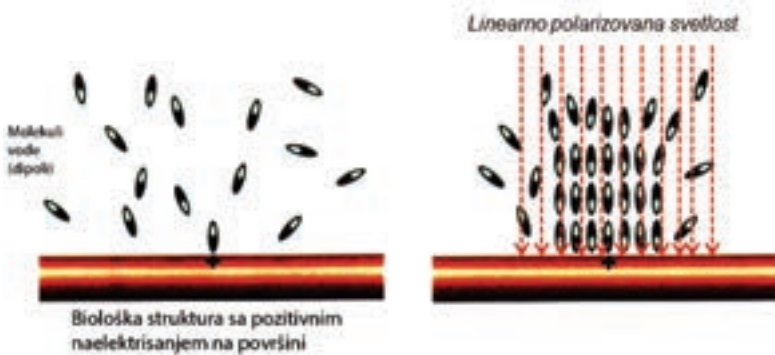
**Slika 4.9.** Uređenost fotona linearno polarizovane vidljive svetlosti (fotoni istih talasnih dužina su pravilno uređeni u ravni i za primenu na biološke sisteme daju svetlosnu energiju od 1,8 do 2,6 J/cm<sup>2</sup> u minuti). U interakciji sa materijom, koja nosi naelektrisanje i formira dipolne momente (molekul vode:  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 6,16 \times 10^{-30}$  Cm; 20 molekula vode:  $\mu_{20\text{H}_2\text{O}} = 10,4 \times 10^{-30}$  Cm; kolagen dužine 300 nm:  $\mu_{\text{coll.}} = 4,95 \times 10^{-26}$  Cm; mikrotubule dužine 300 nm:  $\mu_{\text{MT}} = 5,42 \times 10^{-25}$  Cm; biomolekuli membrane po lipidu:  $\mu_{\text{memb.}} = 4,85 \times 10^{-30}$  Cm, sa potencijalom od + 275 mV i dr.) imaće funkciju „češlja“, tj. uređivaće strukture.

Da bismo razumeli interakciju linearno polarizovane svetlosti i vode potrebno je poznavati osnovne fizičke osobine molekula vode. Mi ćemo se zadržati na jednoj osobini, dipolnom momentu molekula vode, kao relevantnoj osobini za interakciju sa linearno polarizovanom svetlosti. Dipolni moment molekula vode je  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 6,16 \times 10^{-30}$  Cm ili 0,001 J/T ili 1,8546 D (pri čemu je 1 Debye =  $3,3 \times 10^{-30}$  Cm). Pored toga, daćemo još neke karakteristike koje mogu biti relevantne za odgovarajuće proračune. Gibsova slobodna energija formiranja je  $\Delta_r G^\circ = -237,24$  kJ/mol. Električna provodnost je  $0,05501 \pm 0,0001$   $\mu\text{S/cm}$ . Molekul vode je diamagnetik  $-0,91 \times 10^{-5}$  (magnetna susceptibilnost).

Uzmimo za primer da biološka struktura sa pretežno pozitivnim naelektrisanjem na površini ne interaguje sa molekulima vode na adekvatan način, jer se u blizini odvijaju biohemijski procesi koji deluju patološki. U tom slučaju vertikalna linearno polarizovana svetlost delovaće, saglasno Poenkare-Blohovoj korespondenciji  $[-1,0,0] \leftrightarrow [(1/\sqrt{2}) | 0\rangle - i | 1\rangle]$ , na superponirano elektronsko stanje molekula vode (koje je u sprezi sa stanjem dipolnog momenta) i tako organizovati molekule vode da interaguju sa biomolekulom na optimalan način.



Slika 4.10. Molekul vode sa pozitivnim i negativnim naelektrisanjima (region kod kiseonika je negativno naelektrisan, dok je region kod vodonika pozitivno naelektrisan).



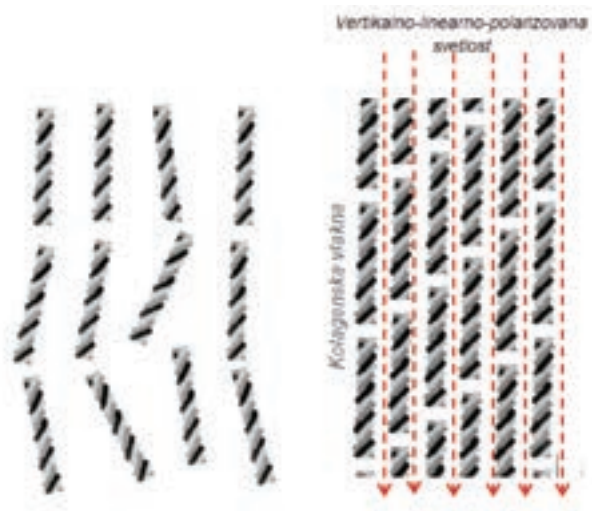
Slika 4.11. Molekuli vode (dipoli) su neuređeni u prisustvu biomolekula koji pretežno ima pozitivno naelektrisanje na svojoj površini (slika levo). Pod dejstvom vertikalno linearno polarizovane svetlosti molekuli vode se uređuju pravilno i proizvode elektromagnetni efekat na biomolekul, koji je njemu potreban za normalno funkcionisanje (slika desno).

Iznećemo još jedan primer dejstva linearno polarizovane svetlosti na biomolekule kao što je kolagen. Kolagen je jedan od najvažnijih proteina; postoji oko 32 vrste kolagena, ali svi su sastavljeni od šest amino-kiselina. To je jedan od retkih proteina kod koga je celokupna sekundarna struktura  $\alpha$ -heliks. Kolagenska vlakna imaju značajnu ulogu u bazalnoj membrani (energetskoj granici „spoljnog“ i „unutrašnjeg“ sveta). Ono što je nemilosrdno izloženo spoljnim uticajima je epidem. Ali on je organizovan u četiri osnovna sloja (*stratum corneum*, *stratum granulosum*, *stratum spinosum* i *stratum bazale*). U stratumu granulozumu nalaze se, pored ostalih struktura, i lipidno-vodeni slojevi debljine svega 50–80 nm. Ukoliko lipidni sloj nije dobro uređen, dolazi do gubitka vode (voda izlazi na površinu i isparava, što je poznato kao TEWL – *trans-epidermal-water-loss*). Međutim, kao što smo ranije rekli, vertikalno linearno polarizovana vidljiva svetlost može pomoći u uređenju lipidnog sloja i značajno doprijeti čuvanju vode u epidermu.



## 4.5. Interakcija kolagena i mikrotubula sa linearno polarizovanom svetlošću<sup>1</sup>

Kolagen je najzastupljeniji protein u organizmu i sastavljen je pretežno od dve amino-kiseline: *glicina* i *prolina*. Pravi trostruke helikse, koji se međusobno vezuju vodoničnim vezama, što mu daje čvrstoću, dok su repovi amino-kiselina sastavljeni od glicina i smešteni su u spoljnom prostoru između tri heliksa. Kolagen je vezivna struktura kože, kostiju i vezivnog tkiva.



**Slika 4.12.** Neuređena struktura filamenata kolagena (levo) i njihovo uređenje (desno) pod dejstvom vertikalno linearno polarizovane svetlosti koja deluje kao „češalj“ na kolagenska vlakna koja imaju svojstva „tečnog kristala“ (strukture u vodi koje imaju orijentaciju i ponavljaju se periodično nazivaju se tečnim kristalima).

Bočni lanci amino-kiseline učestvuju u 3D-strukturi – stabilizuju celu formaciju molekula proteina. Veze uključuju i kovalentne, kao most između dva atoma sumpora, vodonične veze i mostove između soli kao hidrofilnu interakciju. Može se reći da kolagen predstavlja trostruku helikalnu strukturu. To je ekstracelularni protein visoke otpornosti na istezanje, čemu služi u vezivnom tkivu.

Kolagen *Tipa I* čini oko 90% svih kolagena. Masa mu je 285.000 Daltona, širina 0,14 nm dužina oko 300 nm. Iako ga čine samo tri polipeptidna lanca, samo kod sisara pojavljuje se u 17 genetski različitih peptidnih struktura, sa 10 varijacija kolagena. Kolagen sa oznakom  $\alpha 1(I)$  od ukupno 1.042 jedinice sadrži 1.011 jedinica koje čine tri amino-kiseline: Gly – Pro – Hyp.

1 Ovo poglavlje je sastavni deo projekta BIOPTRON K3, 2002-2004 (Ref. 6).

Izračunate su *frekvencije oscilovanja amino-kiselina* u nizu, a analiza je pokazala sledeće:

- prva trojka ima sopstvene (*primarne*) frekvencije:  $\omega=(1,34 - 2,05 - 2,49)10^{11}(s^{-1})$ ;
- već u sledećem koraku preraspoređuju se na:  $\omega=(5,37 - 5,12 - 4,99)10^{11}(s^{-1})$ , i u takvom odnosu ostaju za sve jedinice do kraja niza;
- promena oscilovanja je rezonantno usklađena jer je skok srazmeran sopstvenim primarnim frekvencijama za Gly 3 puta, za Pro 3/2 puta i za Hyp 1 put:

$$\Delta\omega_1 = 3 \cdot 1,344821 \cdot 10^{11} = 4,034314 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_1 = \frac{3}{2} \cdot 2,051660 \cdot 10^{11} = 3,077335 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_1 = 1 \cdot 2,496456 \cdot 10^{11} = 2,496456 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

Ovako počinje prirast i on ima odnos najviše i najniže frekvencije:

$$\frac{\Delta\omega_{MAX}}{\Delta\omega_{min}} = 1,616 \approx \Phi$$

Kasnije se taj odnos menja do 2,91, dajući složeniji odnos u okviru  $\phi$  i  $\Phi$  vrednosti. Početni (inicijalni) odnos prirasta frekvencija jednak je:  $\Delta\omega_1 / \Delta\omega_2 / \Delta\omega_3 = 4 / 3 / 2,5 = \Phi / 1,20 / 1$ . Za poslednju trojku (finalni) odnos priraštaja frekvencije iznosi:

$$\Delta\omega_1 / \Delta\omega_2 / \Delta\omega_3 = 2,7 / 1,6 / 1 = e / \Phi / 1$$

Odnos inicijalnog i finalnog priraštaja ostvaruje se po binarnom principu, jer iznosi:

$$\left(\frac{\Delta\omega_I}{\Delta\omega_F}\right)_1 / \left(\frac{\Delta\omega_I}{\Delta\omega_F}\right)_2 / \left(\frac{\Delta\omega_I}{\Delta\omega_F}\right)_3 = 143,6 / 184,3 / 257,4 = (2^2 2^6) / (2^2 2^7) / (2^2 2^8).$$

Ukupan prirast frekvencije je:

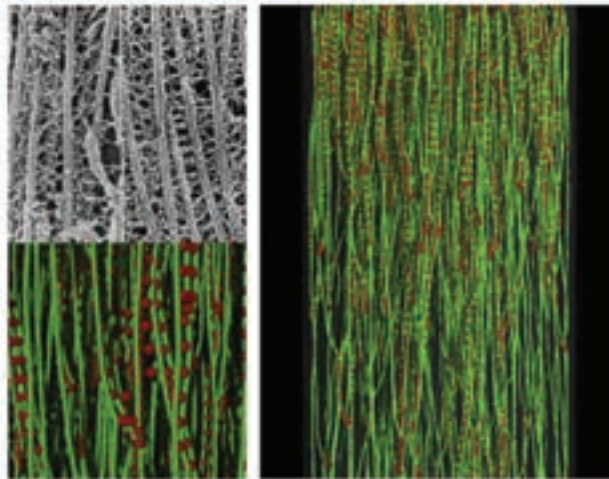
$$\Delta\omega_1 = 865,0595 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_2 = 658,846 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_3 = 533,626 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

a odnos maksimalnog i minimalnog prirasta iznosi ponovo  $\Phi$ .

Ukupan prirast frekvencije iznosi:  $e^{2\pi} \times 10^{11} (s^{-1})$  ili  $e^{2\pi-1}$  puta. Kako je potrebno uložiti energiju, očigledno je da je za predstavljanje adekvatniji *kompleksni prostor*, jer u njemu je za gubitke energije množitelj u eksponentu  $i$ , tj. kodiranje ima oblik:  $e^{(2\pi-1)}$ . U razvijenom obliku (Moavrova formula) gubici energije su u članu uz imaginarnu jedinicu.



**Slika 4.13.** Mikrotubule (MT), slično kolagenu, predstavljaju biološke strukture koje se sa fizičkog aspekta mogu izučavati kao tečni kristali. Na njihovo makroskopsko uređenje moguće je delovati vertikalno linearno polarizovanom svetlošću.

Slično je i sa oscilatornim procesima u *mikrotubulama* gde imamo znatno manju energiju. Na primer, za mikrotubulu od 75 elemenata i 13 protofilamenata, imamo 6 frekvencija za koje su priraštaji:

$$\Delta\omega_{11} = (9,65404 - 9,40652)10^{11} = 0,2475 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_{12} = 14,25767 - 14,09124)10^{11} = 1,6643 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_{21} = (3,87334 - 3,22059)10^{11} = 0,65275 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_{22} = (10,89518 - 10,68056)10^{11} = 0,21462 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_{31} = (6,30411 - 6,077198)10^{11} = 0,22691 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

$$\Delta\omega_{32} = (14,52192 - 14,42486)10^{11} = 0,09706 \cdot 10^{11} (s^{-1})$$

Odnos asinhronog i sinhronog prirasta je (sukcesivno po parovima) jednak: 6,7244; 3,04142 i 2,33785, što u proseku daje  $4,03456 \approx 2^2$ .

Radi mogućeg delovanja svetlosti (elektromagnetno) na mikrotubule, navešćemo glavne frekvencije koje se pojavljuju kao porcije u prirastu:

$$\Delta\omega = (9,7 - 21,5 - 22,7 - 24,7 - 65,3 - 166,4) \cdot 10^9 (s^{-1}) \text{ ili}$$

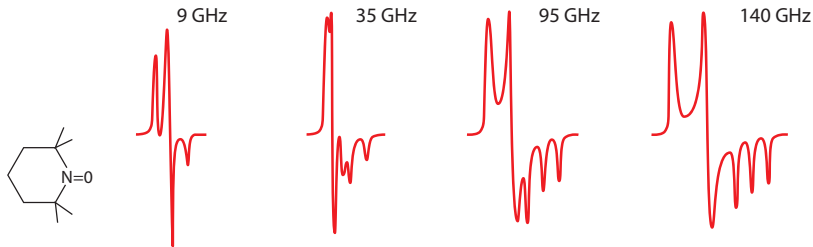
$$\Delta\nu = (1,54 - 3,42 - 3,6 - 3,95 - 10,4 - 26,5) \cdot 10^9 (Hz).$$

Srednji priraštaji su:

$$\Delta\bar{\omega} = 5,1719 \cdot 10^{10} (s^{-1})$$

$$\Delta\bar{\nu} = 8,23 \cdot 10^9 (Hz)$$

odnosno, približno 9 GHz, što predstavlja signal dobrog elektronskog magnetnog momenta.



**Slika 4.14.** Signali na različitim frekvencijama za identifikaciju magnetnog momenta elektrona date strukture na bazi Larmorovog pristupa interakcije elektromagnetizma i materije.

Potrebno je uneti energiju da bi se ostvario svaki skok, što znači da u procesu formiranja lanca, bila to mikrotubula ili nešto drugo, mora da se unese energija koju sistem može da prihvati. Po jednom skoku, tj. po svakoj narednoj jedinici (amino-kiselinu), potrebno je uložiti apsorpcionu energiju uvećanu za iznos:

$$Q = \Delta\bar{\omega} \cdot \hbar = 5,17 \cdot 10^{10} \cdot 1,05 \cdot 10^{-34} (J) = (5,4285 / 1,6) \cdot 10^{-5} (eV) = 0,0000339 (eV)$$

Niz sastavljen od  $N$  elemenata, u kojem svaki sledeći, počev od drugog, ima u odnosu na prethodni prirast za iznos jednak  $Q$ , zahteva energiju:

$$Q_s = \{Q[1 + 2 + 3 + \dots + (N - 3) + (N - 2) + (N - 1)]\} = \frac{(N - 1)N}{2} Q$$

Za jedan kolagen sastavljen od 1.042 amino-kiseline to je 18,386 eV. Iz broja ovakvih elemenata moguće je izračunati ukupnu potrebnu energiju za njihovo formiranje.

**Tabela 4.1.** Frekvencije oscilovanja CNH (a) i OCC (b) i njihovi odnosi

	$\omega_1$ ( $10^{13} s^{-1}$ )	$\omega_2$ ( $10^{13} s^{-1}$ )	$\nu_1$ ( $10^{13} Hz$ )	$\nu_2$ ( $10^{13} Hz$ )	$\omega_1 / \omega_2$
H: (a) C-N-H	22,3830	6,5470	3,5640	1,0425	3,419
O: (b) O-C-N	8,7866	4,3535	1,3990	0,6932	2,000
a/b	5/2	3/2	5/2	3/2	

**Tabela 4.2.** Frekvencije oscilovanja O i H atoma u hidroksilnom lancu kolagena

Blok atoma	NHOC	NHOCC	NHOCC + NHOC	
br. atoma u bloku	4	5	5 + 4	
br. OH nizova	1	1	2	
br. OH veza u nizu	113	43	51	51
$[\omega_O - \omega_H] 10^{10} (s^{-1})$ prvi par poslednji par	9,547	20,240	10,591	9,505
	54,500	161,430	61,180	54,600
$\omega_O / \omega_H$ prvi par poslednji par	1,5311	1,6294	1,1695	1,5311
	1,0208	1,0642	1,0234	1,0208
$[\omega_N - \omega_1] / (N - 1), 10^{10} (s^{-1})$ kiseonik (O): vodonik (H):	23,426	62,282	52,034	52,933
	23,028	58,920	51,022	52,031
brzina talasa (m/s) početna maksimalna	44,1	93,5	48,9	43,9
	254,8	748,9	285,3	254,8

**Tabela 4.6.** Frekvencije oscilovanja O i H atoma u hidroksilnom lancu kvazibeta heliksa E – kaderina i brzine talasa

Blok atoma	NHOCC + NHOCNCC		NHOCC + NHOCNCC		NCCNHOCC + NHOC	
br. atoma u bloku	5 + 7		5 + 7		8 + 4	
br. OH nizova	2		2		2	
br. OH veza u nizu	5	5	5	5	5	5
$[\omega_O - \omega_H] 10^{10} (s^{-1})$ prvi par poslednji par	64,646	82,695	61,520	78,027	75,620	92,890
	119,280	154,910	109,210	142,310	198,640	196,480
$\omega_O / \omega_H$ prvi par poslednji par	1,6068	1,2229	1,6021	1,2196	1,2846	1,1763
	1,0699	1,0758	1,06667	1,0726	1,0968	1,0942
$[\omega_N - \omega_1] / (N - 1), 10^{10} (s^{-1})$ kiseonik (O): vodonik (H):	413,781	436,488	395,714	417,430	477,225	415,584
	400,123	418,434	383,792	401,360	446,471	389,686
brzina talasa (m/s) početna maksimalna	298,7	382,0	284,2	360,5	349,4	429,1
	714,1	716,3	660,2	661,6	917,7	907,7

## 4.6. Eksperimenti interakcije svetlosti i plodove vode

Plodova voda je bistra, providna tečnost koja se nalazi između plodovih ovojaka i ploda. Može biti zamućena, zeleno prebojena, i to najčešće od fetalnog mekonijuma i znak je fetalne patnje. Ona štiti plod od udara i infekcije, i omogućava plodu pokretljivost. Smatra se da se plodova voda uglavnom stvara u amnionu, posteljici i pupčanoj vrpici. Dinamika stvaranja i resorpcije plodove vode usklađena je sa potrebama ploda [1].

Sastav plodove vode zavisi od starosti trudnoće. U početku na nju utiče samo majka, dok kasnije sadrži i produkte ekskrecije ploda. Na kraju trudnoće, u plodovoj vodi se nalaze i epitelne ćelije kože ploda, dlačice i gromuljice sirastog maza, deskvamisane ćelije amniona, gromuljice mekonijuma, soli mokraćne kiseline, elektroliti, vitamini i fermenti.

Količina plodove vode raste do 34. nedelje gestacije i tada počinje da opada. Povećana količina plodove vode naziva se polihidramnion i najčešće je povezana sa nekim kongenitalnim anomalijama ploda, naročito centralnog nervnog sistema ili gastrointestinalnog trakta. Smanjena količina plodove vode, oligoamnion, može biti povezana sa različitim malformacijama srca, centralnog nervnog sistema, genitourinarnog trakta ili hromozomskim aberacijama.

Količina plodove vode na početku drugog trimestra iznosi oko 50 ml i po sastavu se ne razlikuje od plazme ploda. Na kraju trudnoće iznosi od 1.000 do 1.200 ml, i tada se u sastavu nalazi uglavnom fetalni urin. Kod prenesene trudnoće količina plodove vode se smanjuje. Ukoliko je plod intrauterusno ugrožen, dolazi do ispuštanja mekonijuma i plodova voda se zamućuje, postaje zelena i bogata bilirubinom i urobilinogenom [2].

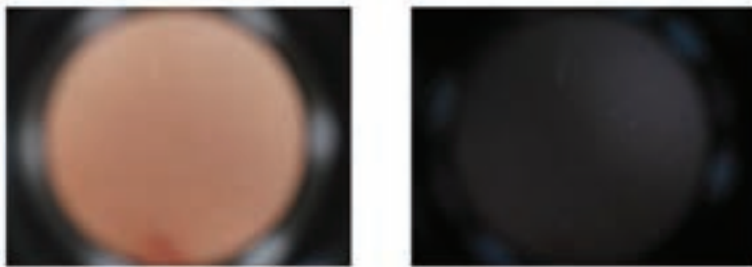
Tek nedavno je uočeno da plodova voda ima i veliki klinički značaj, jer se iz nje može odrediti kariotip ploda i stanje zrelosti pluća ploda pre rođenja. Smatra se da plodova voda pomaže u sazrevanju fetalnih pluća i digestivnog trakta. Poznato je da dobro provodi zvuk, tako da fetus može čuti zvuke koje proizvode on i njegova majka, kao i zvuke spoljašnje sredine. Ispitivana su ponašanja ploda pod uticajem raznih vrsta zvukova, naročito muzike, i pokazano je da zvučna dejstva utiču na plod. Pored toga, iz plodove vode se mogu izolovati stem ćelije koje se mogu diferencirati u ćelije drugih sistema organa, tako da mogu imati veliku ulogu u terapiji nekih oboljenja. Senzitivnost plodove vode na spoljne uticaje je veoma važna za zaštitu ploda, kao i za određivanje njegove senzitivnosti na spoljne uticaje posle rođenja.

Koristeći opto-magnetni metod za utvrđivanje dejstva električne i magnetne komponente materije na osnovu osetljivosti struktura na dejstvo svetlosti, četiri uzorka plodove vode su uzimana u toku porođaja i neposredno po porođaju (trudnica na Ginekološko-akušerskoj klinici Narodni front Beograd) i odmah preneti u NanoLab. Snimanje uzoraka plodove vode rađeno je pomoću aparata FQF-1 (Fraktalni opto-magnetic Fingerprint). Aparat se sastoji od digitalne kamere Sony, izvora svetlosti na bazi bele difuzne svetlosti dobijene pomoću LED diode intenziteta 5.000 kandela (slika 1 – levo i slika 2 – levo), izvora svetlosti dioda postavljenih pod uglom koji daje reflektovanu polarizovanu svetlost (slika 1 – desno i slika 2 – desno). U prvom slučaju digitalna slika je dobijena pomoću bele svetlosti koja u sebi sadrži električnu i magnetnu komponentu, dok je u drugom slučaju slika, iste površine, dobijena pomoću električne komponente svetlosti, jedan sekund posle prve slike. Pomoću softverskog paketa (DQC -1: Digital opto-magnetic Convolution) koji

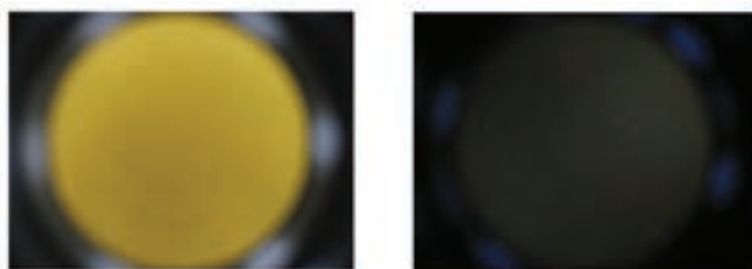
vrši oduzimanje slike 4.15 od slike 4.16 (piksel po piksel) i konvoluciju svetlosnog zapisa u slici, dobijen je spektroskopski magnetni „otisak“ plodove vode u formi dijagrama (slika 4.15, normalna plodova voda, i slika 4.16, zamućena plodova voda), kao rezultat razlike promena koje se dobijaju analizom slike u crvenom (R) i plavom (B) kanalu. Zeleni kanal nije uziman u razmatranje, jer iz Maksvelove RGB potkovice na relaciji Red-White-Blue imamo sve talasne dužine neophodne za analizu konvolucije slike [3].

S obzirom na to da vodonične veze molekula tečnosti učestvuju u organizaciji klastera (i do 60 molekula po klasteru), elektromagnetizmom vidljive svetlosti može se dobro karakterisati energetska dinamika strukture. Pored toga, rešetka klastera vode ima optički i akustični oscilatorni mod, pa je moguće akustične uticaje (govor, muzika, buka i dr.) na klasterizovanoj tečnosti registrovati u optičkom spektru [5].

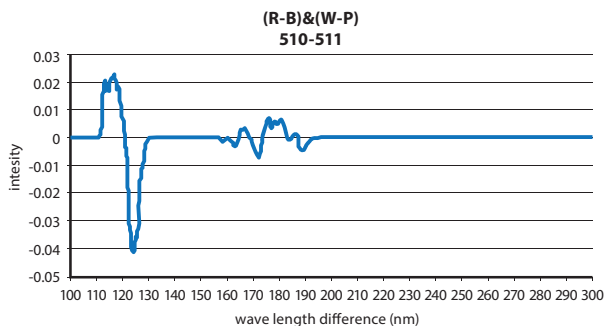
Uzete su četiri vrste vode (18,2 MΩ, aqua purifikata – dvostuko destilovana, „akva viva“ i česmovača) poznatog sastava, kao i dve plodove vode: normalna i zamućena. Svaki materijal je podeljen na šest jednakih delova i ispitivan pod istim uslovima (u izolovanom prostoru od zvuka i svetlosti, stalne temperature 18°C). Svih navedenih šest tečnosti su ispitivane pod istim uslovima u šest različitih situacija: *tišine* (manje od 5 dB), *belog šuma* (zvuk sa ravnomernim intenzitetom u datom opsegu), *razgovor* (prijatan glas osobe koja izgovara reči koje uvode slušaoca u stanje opuštanja), *Bahova muzika* (violinski koncert), *galama* (narednik američke vojske viče na vojnika redova), i *rok metalika* (ONE-pesma očaja sa treštećom (agresivnom) muzikom).



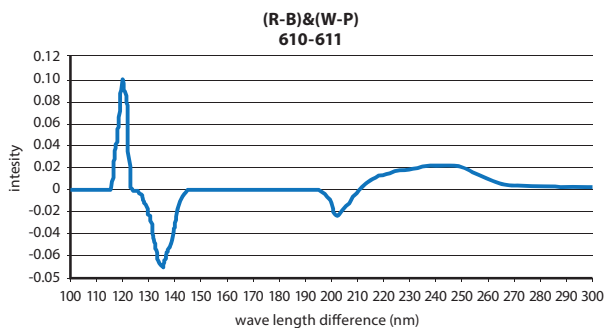
**Slika 4.15.** Snimak plodove vode (normalne) pomoću digitalne kamere: bela difuzna svetlost (levo) i reflektovana polarizovana svetlost od istog tipa izvora svetlosti kao i difuzna (desno).



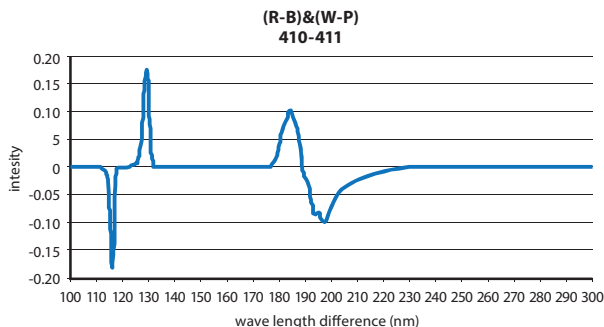
**Slika 4.16.** Snimak plodove vode (kada je plod patio) pomoću digitalne kamere: bela difuzna svetlost (levo) i reflektovana polarizovana svetlost od istog tipa izvora svetlosti kao i difuzna (desno).



**Slika 4.17.** Opto-magnetni „otisak“ normalne plodove vode na bazi konvolucije slika: bela svetlost (W) minus reflektovana polarizovana bela svetlost (P) istog svetlosnog izvora za crveni (R) i plavi (B) kanal.



**Slika 4.18.** Opto-magnetni „otisak“ zamućene plodove vode (plod patio) na bazi konvolucije slika: bela svetlost (W) minus reflektovana polarizovana bela svetlost (P) istog svetlosnog izvora za crveni (R) i plavi (B) kanal.

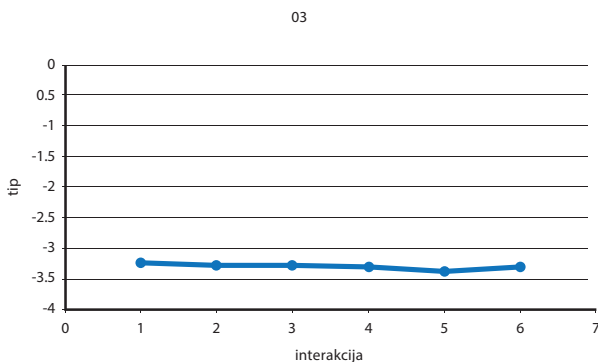
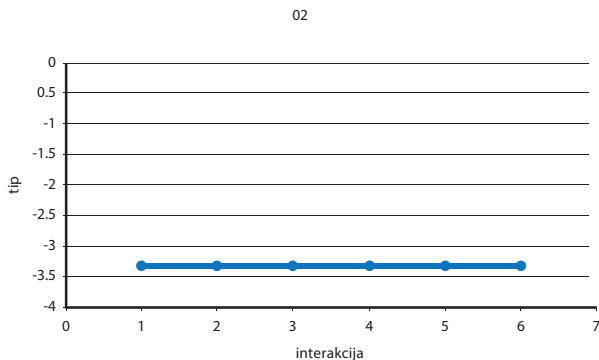


**Slika 4.19.** Opto-magnetni „otisak“ pijaće vode (česmovače) na bazi konvolucije slika: bela svetlost (W) minus reflektovana polarizovana bela svetlost (P) istog svetlosnog izvora za crveni (R) i plavi (B) kanal.



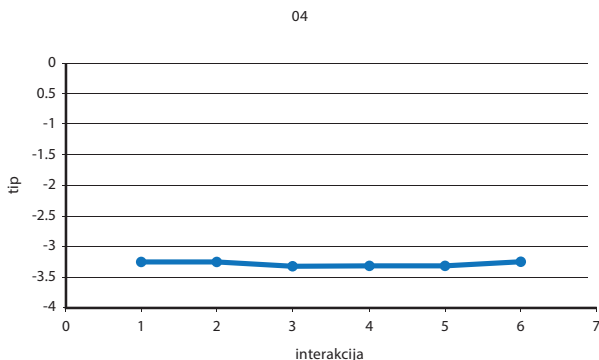
Rezultati istraživanja sistematizovani su i prikazani na slikama 4.20–4.24. Evidentno je da demineralizovana (02) i pijaća voda (03 i 04) pokazuju sasvim drugačiji odziv u odnosu na plodovu vodu (05 i 06).

**Slika 4.20.** Sistematizacija šest vrsta akustičnog dejstva na destilovanu vodu (1 – tišina, 2 – beli šum, 3 – razgovor, 4 – Bahova muzika, 5 – galama i 6 – rok metalika). Svih šest dejstava je u intervalu  $[-3,5, -3]$ . Svih šest dejstava pripadaju ne samo jednom tipu dejstva nego su veoma koegzistentni u okviru jednog tipa.

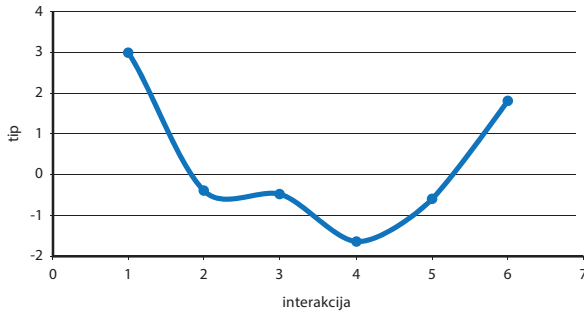


**Slika 4.21.** Sistematizacija šest vrsta akustičnog dejstva na vodu „akva viva“ (1 – tišina, 2 – beli šum, 3 – razgovor, 4 – Bahova muzika, 5 – galama i 6 – rok metalika). Svih šest dejstava je u intervalu  $[-3,5, -3]$ . Pet dejstava (1, 2, 3, 4 i 6) je veoma koegzistentno, jedino postoji malo odstupanje kod dejstva 5.

**Slika 4.22.** Sistematizacija šest vrsta akustičnog dejstva na pijaću vodu, česmovaču (1 – tišina, 2 – beli šum, 3 – razgovor, 4 – Bahova muzika, 5 – galama i 6 – rok metalika). Svih šest dejstava je u intervalu  $[-3,5, -3]$ . Svih šest dejstava pripadaju jednom tipu dejstva, s tim što se dejstva 1, 2 i 6 mogu svrstati u jednu podgrupu, a dejstva 3, 4 i 5 u drugu podgrupu.



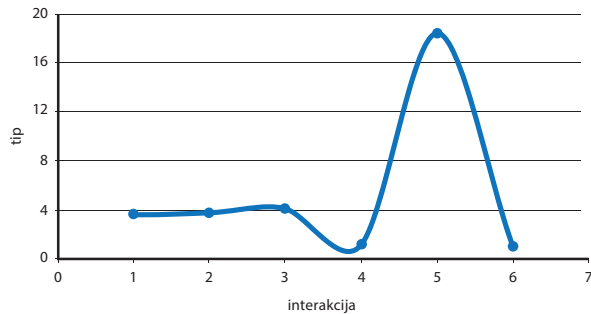
05



**Slika 4.23.** Sistemizacija šest vrsta akustičnog dejstva na plodovu vodu (1 – tišina, 2 – beli šum, 3 – razgovor, 4 – Bahova muzika, 5 – galama i 6 – rok metalika). Dva dejstva su u intervalu  $[0, 3]$ , a ostala četiri u intervalu  $[0, -2]$ .

**Slika 4.24.** Sistemizacija šest vrsta akustičnog dejstva na zamućenu plodovu vodu (1 – tišina, 2 – beli šum, 3 – razgovor, 4 – Bahova muzika, 5 – galama i 6 – rok metalika). Dva dejstva su u intervalu  $[0, 4]$ , tri dejstva su na granici četvrtog intervala, dok je dejstvo 5 (galama) u intervalu 18.

06 voda – zvuk



Dinamičke strukture vode i njena dinamika su složeni procesi, koji uprkos prilično razvijenim mernim i dijagnostičkim sredstvima nisu u dovoljnoj meri proučeni. Organizacija vode u klastere i njena uređenost kako u ravnotežnim tako i u neravnotežnim stanjima i dalje ostaje nepoznata. Međutim, merenja i uočena ponašanja, kao što je ovo pomoću optičko-magnetnog fingerprinta, ukazuju na to da je voda veoma dobro organizovana struktura sa elementima memorije. Tako je, na primer, normalna plodova voda osetljiva na *tišinu* i *bučnu muziku*, što je posledica ambijenta u kome je boravila trudnica, a sa njom i plod. Zamućena plodova voda je osetljiva na *zvučnu galamu* i *emotivna stresna stanja*, što ukazuje na to da je okruženje ploda bilo akustički veoma nepovoljno. Razlog ovome su pojačanja (memorijskog tipa) onih energetskih stanja, preko rezonantnih procesa, koja su bila dominantna pre njihovog eksperimentalnog tretmana. Drugim rečima, voda pamti prethodne uticaje i energetska stanja preko stohastičke dinamike (energetskih raspodela i memorije na bazi broja „e“ jer on stoji u osnovi kvantnog stanja materije i svetlosti) formiranja i razgradnje klastera. Pamćenje prethodne klusterske energetske distribucije i uspostavljanje rezonantnog odnosa sa tekućom daje pojačanje sistemu, koje se manifestuje u vodoničnim vezama.

Na osnovu ovoga može se preporučiti trudnicama da pažljivo biraju akustični ambijent u kome borave, jer on utiče na plod i može biti veoma značajan faktor u razvoju ploda u toku embriogeneze, kao i u „postmemorijskom efektu“ posle rođenja.

## *Literatura*

1. Cunningham, et al. Williams Obstetrics. 20th edition. Appleton and Lange, 1997.
2. Mladenović, D., Ginekologija i akušerstvo. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1989.
3. Koruga, Đ., Tomić, A., Method and algorithm for analysis of light-matter interaction based on spectral convolution. Patent PCT/US2008/050438.
4. Koruga, Dj., Tomić, A., Ratkaj, Ž., Matija, L., Classical and quantum information channels in protein chain. *Materials Research Forum*, Vol. 518:491-496, 2006.
5. Pain, H.J., The Physics of Vibrations and Waves. John Wiley, West Sussex, 2002.
6. Koruga, Đ., Tomić, A., Ratkaj, Ž., Projekat BIOPTRON. Zepter International, Beograd 2002.



# 5

## FIBONAČIJEVI FENOMENI U BIOLOGIJI



*Samo ono  
što je lepo i uzvišeno,  
može poroditi život  
i biti njegova osnova.*

U četvrtom poglavlju upoznali smo se sa nekim osobinama vode, koja čini 65%–70% ljudskog organizma, i videli osobinu njenih dipolnih momenata koji omogućuju da se voda „uređuje“ linearno. Zatim smo videli da su *kolagenska vlakna*, koja čine 40% svih proteina, linearno uređeni biomolekuli u ekstracelularnom prostoru. Sličan slučaj je i sa *mikrotubulama* u intracelularnom prostoru. Znači, linearno polarizovanom svetlošću odgovarajućeg intenziteta možemo delovati na biološke strukture koje poseduju dipolni momenat. Međutim, linearizacija navedenih biomolekula je samo jedna njihova osobina, pa se zato može primeniti vertikalno linearna polarizovana svetlost da povрати njihovu linearnost uređenja kada je ona narušena.

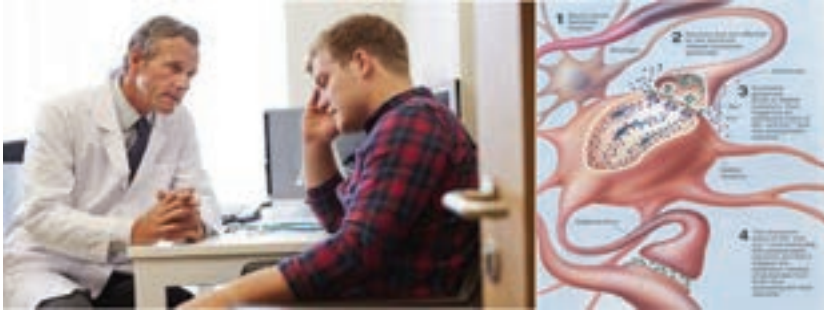
U ovom poglavlju, pored navedenih biomolekula, razmatraćemo još jedan biomolekul, *klatrin*, i *proces* pod dejstvom slobodne Gibsove energije.

## **5.1. Klatrin**

Kada imamo glavobolju, osećamo pospanost, ili nas muči neki mentalni ili motoričko-neurološki funkcionalni poremećaj, u većini slučajeva odgovoran je jedan od nekih neurotransmitera: *serotonin* (5-HT), *acetylholin* (ACh), *melatonin*, *kateholamini*, *GABA* i dr.

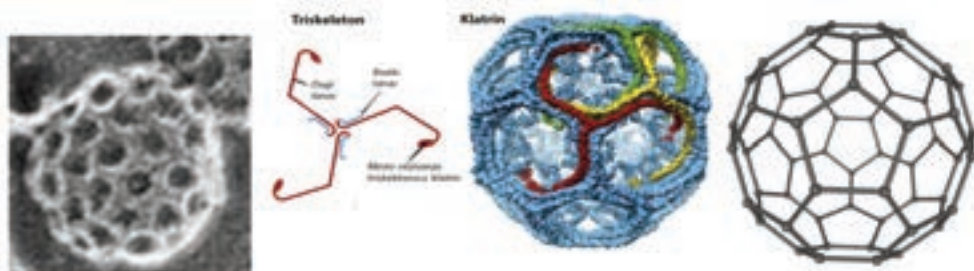
Tako, na primer, *serotonin*, ili popularno nazvan hormon sreće, nastaje od amino-kiseline triptofana, i to tako što se ova amino-kiselina oksidiše u 5-oksitriptofan, čijom dekarbonizacijom nastaje serotonin. On ima veoma važnu regulativnu funkciju u organizmu, a nalazi se uskladišten u presinaptičkim vezikulama, klatrinu. Kada akcioni potencijal zahvati presinaptički završni deo, depolarizovana presinaptička membrana interaguje sa vezikulama, klatrinom, otvara ih i sadržaj (neurotransmitere) ispušta u međusinaptički prostor, da bi se aktivirala postsinaptička membrana (slika 5.1, *desno*).

U grupu kateholamina spadaju tri jedinjenja: *dopamin*, *noradrenalin* i *adrenalin*, koji nastaju od amino-kiseline tirozin. Ova jedinjenja se izlučuju na simpatikusnim perifernim nervnim završecima, sinapsama i raznim zonama centralnog nervnog sistema (CNS). Kateholamini se takođe nagomilavaju u sekretionim vezikulama, klatrinu.



*Slika 5.1. Mnogi funkcionalni procesi CNS-a zavise od količine i dinamike lučenja neurotransmitera. Dinamika lučenja zavisi od funkcionalnosti sekrecione vezikule, klatrina, u kome su mnogi neurotransmiteri uskladišteni.*

Klatrin je složena proteinska struktura sastavljena od dva glavna proteinska lanca: „lakog“ (25.000 D) i „teškog“ (190.000 D). Ukupna molekulska masa iznosi oko 215.000 D (Dalton: 1D ~1H), veličine od 20 do 80 nm. Kod čoveka hromozom 17 je odgovoran za sintezu „teškog“ lanca, a hromozom 22 za sintezu „lakog“ lanca. Ova dva proteinska lanca formiraju složeniju strukturu pod nazivom triskeleton (trimer). Otkrili su ga 1969. godine japanski istraživači Kamasiki i Kadota pomoću elektronskog mikroskopa (Kamasiki, 1969), a prvi put je izdvojen 1975. godine i za to je zaslužna Barbara Pirs. Nalazi se u mnogim tkivima ljudskog organizma gde vrši funkciju nosača supstanci kao što su neurotransmiteri, ali obavlja i funkciju čistača materija iz ćelije u ekstracelularni prostor (triskeletoni formiraju pentagone i heksagone, pa su tako klatrini koji su u CNS-u sastavljeni od 36 triskeletona koji formiraju 12 pentagona i 20 heksagona, dok su u drugim tkivima sastavljeni od 12 pentagona i različitog broja heksagona (slika 5.2)). Klatrin u CNS-u je najsavršenija simetrijska struktura koja može da postoji u prirodi na osnovu zakona tačkaste simetrije. To je ikosaedarska simetrijska grupa (dual dodekaedara) čija su energetska stanja  $T_{1g}$ ,  $T_{2g}$ ,  $T_{1u}$  i  $T_{2u}$  determinisana uređenom četvorkom brojeva  $\Phi$ ,  $-\Phi$ ,  $\phi$ ,  $-\phi$  (1,61803..., -1,61803..., 0,61803..., -0,61803).



*Slika 5.2. Mikroskopski snimak klatrina (levo), forma triskeletona i mreža 36 triskeletona od koje se formira klatrin sa 12 pentagona i 20 heksagona. Shematski prikaz strukture gde se vide pentagoni i heksagoni (desno).*

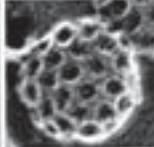


U tabeli 5.1 prikazana je međuzavisnost simetrije (strukture ili procesa) i sopstvenih energetske vrednosti (strukture i procesa) koji su determinisani elektronskim, vibracionim, rotacionim ili translacionim energijama. Iz tabele se uočava da za simetrijske transformacije  $C_5$ ,  $C_5^2$ ,  $S_{10}$  i  $S_{10}^3$  imamo vrednosti:

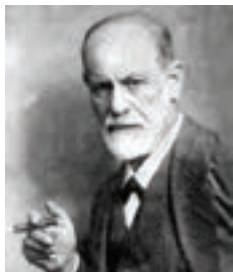
$$\frac{1}{2} (1 + \sqrt{5}), \frac{1}{2} (1 - \sqrt{5}), -\frac{1}{2} (1 + \sqrt{5}), -\frac{1}{2} (1 - \sqrt{5}). \quad 5.1$$

Tabela 5.1. Zavisnost simetrijskih i sopstvenih energetske vrednosti strukture ili procesa sa ikosaedarskom simetrijom (dual dodekaedar)

Tabela ikosaedarske simetrijske grupe

$I/I_n$	$E$	$12C_5$	$12C_5^2$	$20C_2$	$15C_2$	$i$	$12S_5$	$12S_5^2$	$20S_2$	$15S_2$	III	IV
$A_5$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	$(R_x, R_y, R_z)$	$x^2 + y^2 + z^2$  $(2z^2 - x^2 - y^2, x^2 - y^2, xy, yz, zx)$ 
$T_{10}$	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1		
$T_5$	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1		
$C_5$	4	-1	-1	1	0	4	-1	-1	1	0		
$R_5$	5	0	0	-1	1	5	0	0	-1	1		
$A_5$	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	$(S_x, S_y)$	$(x^2, y^2, z^2)$ $[x(y^2 - z^2), y(z^2 - x^2), z(x^2 - y^2), xyz]$
$T_{10}$	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1	-3	$-\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$-\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	1		
$T_5$	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1	-3	$-\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$-\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	1		
$C_5$	4	-1	-1	1	0	-4	1	1	-1	0		
$R_5$	5	0	0	-1	1	-5	0	0	1	-1		

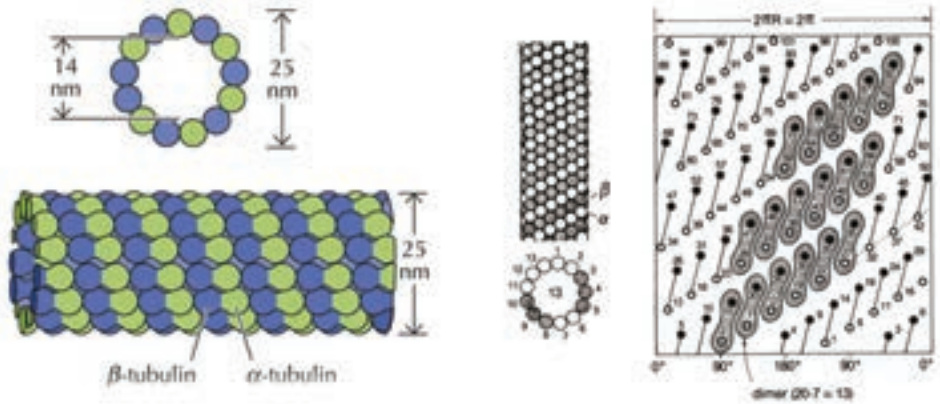
## 5.2. Mikrotubule



Sigmund Freud  
(1856–1939)

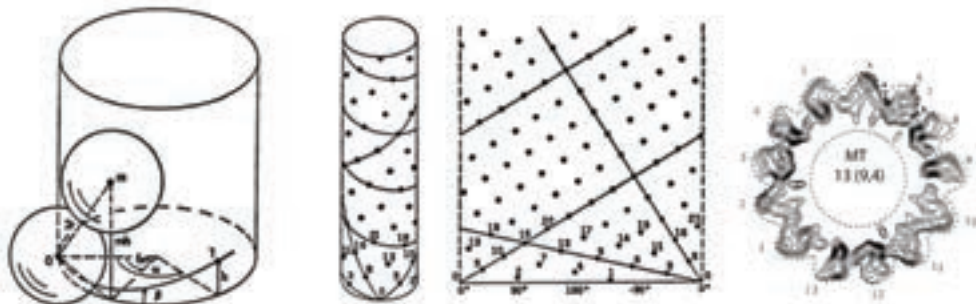
Istraživač koji je prvi pod mikroskopom video vlaknaste ćelijske strukture bio je Sigmund Frojd. On je 1879–1881. godine, kao student, boravio u Erest von Brukeovoj laboratoriji, koja se nalazila na Institutu za fiziologiju Univerziteta u Beču, pa je za vreme leta eksperimentisao. Uspeo je da snimi strukture citoskeletona, a među njima, kao najkrupnije, mikrotubule. Zato se može reći da je Frojd u početku bio citolog, ali je postao poznat naučnoj javnosti kao psihijatar i proučavalac podsvesnih mehanizama uma.

Mikrotubulama se nije posvećivala naročita pažnja sve dok 1974. godine Njujorška akademija nauka nije organizovala prvi naučni skup na tu temu, s akcentom na strukturalne i biohemijske aspekte mikrotubula. Tema je zainteresovala istraživače širom sveta, pa je ista ustanova organizovala 1986. godine naučni skup sa temom dinamičkih aspekata mikrotubula (Soifer, 1986). Pokazano je da mikrotubule imaju značajnu ulogu u biologiji, počevši od unutarćelijskog transporta, učesća u formiranju oblika ćelija, glavnog sastojka deobnog vretena ćelija. Mikrotubule formiraju složenije strukture kao što su cilije, flagele i centriole (Dustin, 1984).

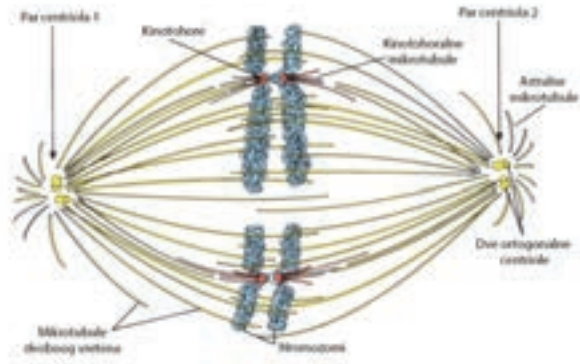


**Slika 5.3.** Shematski prikaz forme mikrotubula (MT) sa 13 protofilamenata, unutrašnjeg prečnika 14 nm, spoljašnjeg 25 nm, proizvoljne dužine (od nekoliko nm do nekoliko desetina  $\mu\text{m}$ ), u zavisnosti od tipa ćelije (levo). Kada mikrotubularni valjak razvijemo u ravan (desno) dobijamo redosled pakovanja subjedinića  $\alpha$  i  $\beta$  tubulina, koje formiraju dimer. Redosled pakovanja je takav da dimer uvek ima vrednost 13, kao i broj protofilamenata u MT ( $15 - 2 = 13$ ,  $20 - 7 = 13$  itd.).

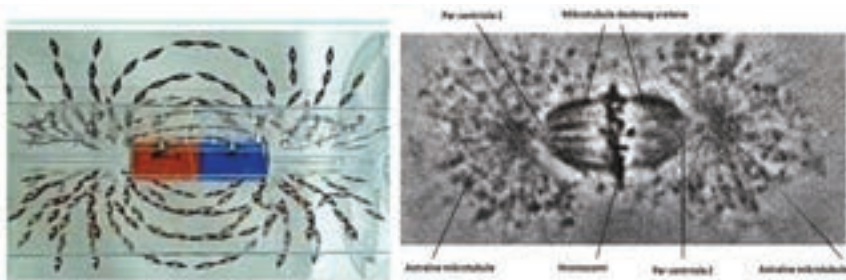
Strukturalno (prostorno) pakovanje  $\alpha$  i  $\beta$  tubulina u protofilament od 13 subjedinića ima zakonitost 1, 2, 3, 5, 8, 13... a zatim 4, pa 6, 7, i na kraju 9, 10, 11 i 12. Iz ovog redosleda vidimo da su odnosi  $1:2 = 0,500$ ,  $2:3 = 0,666$ ,  $3:5 = 0,600$ ,  $5:8 = 0,625$ ,  $8:13 = 0,615$ ,  $13:21 = 0,619$ , što znači da osciluju između 0,5 i 0,66 i da konvergencija pripada kategoriji broja  $\phi = 0,61803$ . Ako izvršimo inverziju odnosa tada imamo  $2:1 = 2,000$ ,  $3:2 = 1,500$ ,  $5:3 = 1,666$ ,  $8:5 = 1,600$ ,  $13:8 = 1,625$ ,  $21:13 = 1,615$ , i kao konvergencija pripadaju kategoriji broja  $\Phi = 1,61803$ . Kako su mikrotubule strukturisane kao trinaestice, to će biofizičke vrednosti (dipolni momenti, temperatura, magnetizam i dr.) koje zavise od mikrotubula biti u granicama  $1,615 \leq \Phi \leq 1,625$ .



**Slika 5.4.** Pakovanje jediničnih sfera ( $\alpha$  i  $\beta$  tubulina) na površinu cilindra po redosledu 1,  $a$ ,  $a+1$ ,  $2a+1$ ,  $3a+2$ ,  $5a+3 + \dots$ , pa za  $a = 2$ , dobijamo 1, 2, 3, 5, 8, 13, a divergencija je  $\phi^2$ . Postoji sedam vrsta pakovanja 13 subjedinića, desno je primer 13 (9, 4) (Ericson, 1973).



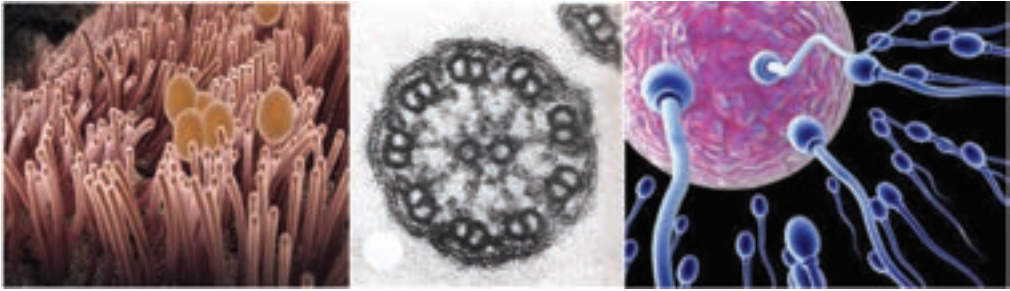
**Slika 5.5.** Uloga mikrotubula i centriola u deobi ćelije. Postoje četiri vrste mikrotubula u deobnom vretenu: mikrotubule deobnog vretena, astaralne mikrotubule, kinotohoralne mikrotubule i mikrotubule koje ulaze u sastav centriole. Imajući u vidu da je deoba ćelija jedan od najvažnijih procesa kod većine bioloških sistema koji se razmnožavaju, poznavanje mikrotubula predstavlja važan zadatak dijagnostičara i terapeuta.



**Slika 5.6.** Klasični magnet sa magnetnim linijama sila između Severnog i Južnog pola (levo) i raspored mikrotubula po magnetnim linijama sila za vreme deobe ćelije. Centriole imaju ulogu polova, a pojavljuju se i „astralne“ mikrotubule kao posledica zakona magnetizma.

### 5.3. Cilije i flagele

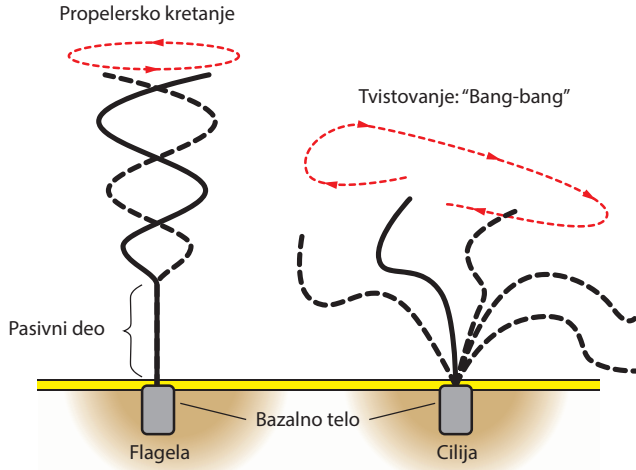
Cilija je značajna biološka organela koja se nalazi prevashodno u epitelnim tkivima unutrašnjih organa, ali i kod očnih struktura kao što je „cilijalni mišić“ koji kontroliše mehaničke osobine pomeranja rožnjače. Sastavljene su od devet dubleta mikrotubula sa 13 i 10 protofilamenata. Uređenost strukture, kao i njena dinamika, zapanjujući su (slika 5.8, desno). Navešćemo primer uloge cilija kod pluća (slika 5.7, levo): kada u pluća udisanjem prodru mikročestice, cilije mehanički pokušavaju da ih uklone sa površine pluća da bi gasni proces razmene kiseonika i ugljen-dioksida mogao nesmetano da se odvija. Kod pušača je to otežano jer nikotin slepljuje cilije, pa je njihova funkcija ograničena.



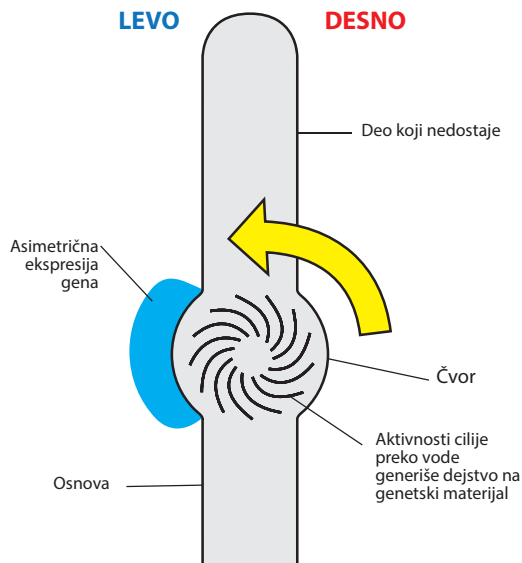
**Slika 5.7.** Cilije epitela pluća u interakciji sa mikročesticama (levo). Prečnik cilije je oko 240 nm, a dužina oko 10–30  $\mu\text{m}$ . Poprečni presek cilije sa 20 mikrotubularnih protofilamenata, organizovanih u dublete. Kod cilije nema centralnih mikrotubula, za razliku od flagele.

Flagela je po poprečnom preseku slična ciliji, samo je duža, ima dva mikrotubularna protofilamenta i u korenu ima hemijski motor koji generiše propelersko kretanje kraja flagele, nasuprot „bang-bang“ kretanju kod cilije. Prvi jednoćelijski organizmi, kao što je *paramecijum*, bili su prekriveni cilijama, a *bičari* su imali flagelu.

Flagelarnu strukturu ima spermatozoid (slika 5.7, *desno*), čija pokretljivost upravo zavisi od funkcionalnog stanja mikrotubula. Poznato je da oplodnja jajne ćelije zavisi od pokretljivosti spermatozoida i njegove snage da probije opnu (membranu) jajne ćelije. Flagelarna struktura spermatozoida u korenu glave spermatozoida prelazi u centriolu. Centriola zajedno sa genetskim materijalom (22 + X + Y hromozoma) ulazi u jajnu ćeliju i spaja se sa njenim genetskim materijalom. Postoje dve zanimljivosti vezane za genetiku spermatozoida. Prva se ogleda u činjenici da je od svih hromozoma Y hromozom najmanji, a čak po formi izgleda kao da je okrnjen. Međutim, njegov genetski materijal je savršen (redosled A, T, C, G, kojih ima 59 miliona), palindromskog je karaktera, tj. čita se sa leve i desne strane isto, kao *anavolimilovana*. Znači, potrebno je znati polovinu genetskog materijala da bi se znala cela genetska sekvenca. Taj pravilan („savršen“) odnos *polovine* i *celine* (*polovina* = *celina*) posebno je značajan u nauci i informacionim tehnologijama. Ostaje pitanje da li je ova vrsta „savršenosti“ uzrokovala da hromozom Y jedini nije uzročnik nijednog tipa kancera. Svi ostali hromozomi su višestruko odgovorni za kancere (tako je, na primer, hromozom 1 odgovoran za karcinom dojke, debelog creva, prostate, tumor mozga i dr., a hromozom 19 za karcinom štitne žlezde, jajnika, debelog creva i leukemije/B-ćelijski limfom). Druga zanimljivost odnosi se na biblijsku priču da je „žena nastala od rebra čoveka“. Smatra se da je ovaj iskaz nastao greškom prevodioca sa hebrejskog. Naime, „rebro“ i „polovina“ isto se izgovaraju (kao kod nas *gore* u smislu navije, i *gore* u smislu planine, ili *gore*, na primer *gore* vatre). Međutim, ako kažemo „žena je nastala od polovine muškarca“, to bi imalo smisla, jer muškarac ima XY par polnih hromozoma, a žena XX polnih hromozoma (dakle, uzeta je  $\frac{1}{2}$  od muškog para, X hromozom, i napravljen ženski par polnih hromozoma, XX). Opet, samo na drugi način, imamo „savršenost“ *dela* i *celine* (muškarac je *deo*, a žena *celina*). Platon, naravno nije znao za ovo, ali je napisao „jedan nije *Jedan*, dva jedva da je *Jedan*“.



**Slika 5.8.** Shematski prikaz flagele (sa propelerskim kretanjem) i cilije sa tvistovanjem, „bang-bang“ talasanjem. Kada je to talasanje lokalno različito, ali kao celina sinhronizovano, kao kod bonance mikroorganizma, onda je takvo koordinisano talasanje (boranje) veoma složen proces.



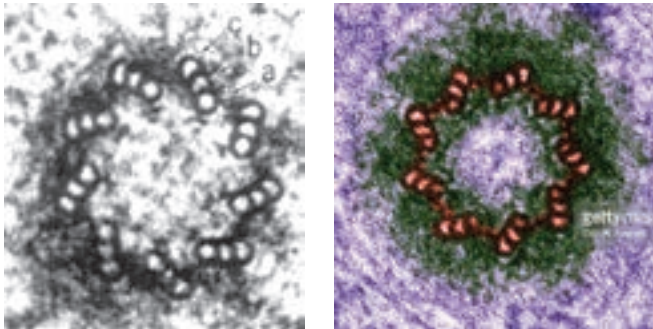
**Slika 5.9.** U toku razvoja, odnosno nastanka nekog dela tela, u čvorištu zbivanja cili-je deluju na genetski materijal preko vode ekstracelularnog prostora i daju signal soničnim strukturama, FGF8 i TGF $\beta$ , koje deluju na asimetričnost ekspresije gena. Svi smo mi malo asimetrični kao posledica tog dejstva. Zbog čestih ultrazvučnih pre- gleda trudnica (jedanput mesečno) rađaju se u 85% slučajeva levoruka deca.



## 5.4. Centriole

Postoji sličnost, ali i bitna razlika između cilije/flagele i centriole. Otkrivena je leva i desna orijentacija centriola (slika 5.10). U ćeliji (citoplazmi) one su uvek u paru i perpendikularne. Razlog njihove upravnosti su njihove klasično-kvantne električne i magnetne osobine. One su očigledan primer kako se kvantni efekti električnog i magnetnog polja mikrotubula realizuju makroskopski (mora se zadržati upravnost, jer jedna centriola primarno generiše električno polje, a druga magnetno polje).

Prečnik centriole je oko 300 nm, a dužina oko 450 nm. Sastoji se od 27 mikrotubula ( $9 \times 3$ ), pri čemu je 9 sa 13 protofilamenata, a 18 sa 10 protofilamenata (ukupno 297).



**Slika 5.10.** Leva i desna organizacija centriole: mikrotubula *a* ima 13 protofilamenata, dok mikrotubule *b* i *c* imaju po 10 protofilamenata (levo). Ugao zakrivljenja tripleta mikrotubula je  $222,5^\circ$ , što je vrednost  $360^\circ \times 0,61803 = 222,5^\circ$  (Dustin, 1984).

Centriola je centralna enigma molekularne biologije. Koji fizički procesi stoje iza ovako prelepe geometrijske figure, koja izaziva ne samo osećaj lepote nego i uzvišenosti, jer asocira na galaksije, „kosmički Njujork“? To je pitanje na koje smo pokušali da odgovorimo još pre 30 godina. Razgovarao sam sa mnogim biologima, ali nekog zadovoljavajućeg odgovora nije bilo. Većina je imala sledeći pristup: to je struktura i ona ima tu i tu funkciju. Time se većina zadovoljavala. Zašto je to tako, nije ih mnogo interesovalo sa profesionalnog aspekta (jer su tako učeni), ali neki od njih su pokazivali interes da saznaju.

Naš model polazi od sledećih matematičkih i fizičkih premisa: za slučajnu tačku sa koordinatama  $x, y, z$  ravnomerno raspoređenu unutar sfere poluprečnika  $r$  treba naći matematičko očekivanje rastojanja tačke od centra sfere. Zadatak se svodi na određivanje matematičkog očekivanja funkcije trodimenzionalne slučajne promenljive, a rezultat je

$$M(r) = \frac{3}{4\pi r^3} \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^\pi \sin\varphi d\varphi \int_0^r a \times a^2 da = \frac{3}{4} r$$

što znači da je nagomilovanje tačaka na  $\frac{3}{4}$  prečnika sfere od njenog centra.

Na ovaj način rešili smo prvi deo problema, ali nemamo odgovor zašto se nagomilavanje tačaka dešava u devet lokaliteta na prečniku od  $\frac{3}{4} r$ . Da bismo odgovorili na to pitanje, inkapsulirajmo u postojeću sferu ( $S_0$ ) poluprečnika  $r$ , sferu ( $S_1$ ) poluprečnika

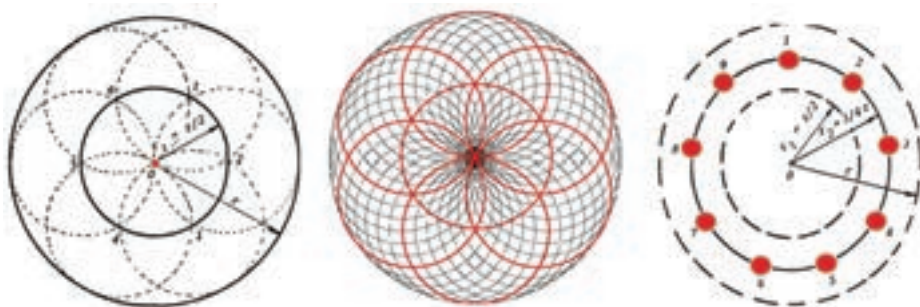
$r_1 = \frac{1}{2} r$  i posmatrajmo kakav je odnos obima poprečnog preseka kružnice sfere  $S_1$  i kružnice  $S_2$  sa poluprečnikom  $r_2 = \frac{3}{4} r$ . Obim kružnice poprečnog preseka sfere  $S_1$  je  $O_{S_1} = 2(r/2)\pi$ , a  $O_{S_2} = 2 \cdot \frac{3}{4} r\pi$ , pa je

$$\frac{O_{S_2}}{O_{S_1}} = \frac{2\pi \frac{3r}{4}}{2\pi \frac{r}{2}} = \frac{3}{2}$$

Kako poluprečnik  $r_1$  deli kružnicu  $S_1$  na 6 jednakih delova, ako kružnicu  $S_2$  podelimo sa  $r_1$  dobijamo:

$$O_{S_2} [f_{(r_1)}] = \frac{3}{2} \times 6 = 9$$

što znači da će na obimu kružnice poluprečnika  $r_2 = \frac{3}{4} r$  biti 9 karakterističnih mesta nagomilavanja tačaka.

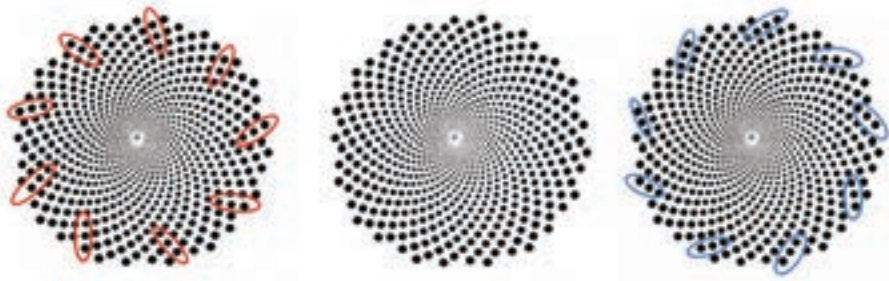


**Slika 5.11.** Poprečni presek sfere ( $S_0$ ), poluprečnika  $r$ , kroz njen centar, sa poprečnim presekom sfere ( $S_1$ ) poluprečnika  $r_1 = 1/2 r$ . Kružnica ( $k_1$ ), prečnika  $r_1$  podeljena je na šest jednakih delova. Zatim je svaka tačka podeljene kružnice  $k_1$  postala centar šest kružgova (1, 2... 6) čije kružnice prolaze kroz centar 0 (levo). Kada struktura ima ikosaedarsku (dodekaedarsku) simetriju kao u tabeli 5.1, tada nastaju leve i desne „silnice“ iz centra (sredine). Kada postoji sistemska simbioza strukture i energije tada će se materijalne tačke organizovati kao eneade (devetke), što je prikazano na slici desno.

Sa stanovišta fizike to znači da ako imamo strukture koje poseduju magnetne osobine (kao što su mikrotubule, slika 5.6) i njihovo magnetno polje osciluje u granicama  $r_1$  i  $r$ , tada će struktura kao nosilac magnetizma biti raspoređena na 9 jedinica po obimu  $\frac{3}{4} r$ .

Međutim, sada se suočavamo sa još jednim problemom, a to je pitanje zašto je svaka od 9 jedinica strukturisana kao trojka. S obzirom na to da je uređena trojka svake jedinice od njih devet orijentisana pod ugom od  $222,5^\circ$ , što je  $0,61803$  od  $360^\circ$ , to znači da malo  $\phi$  ( $0,61803\dots$ ) generiše tu zakonitost i to tako da se ostvari jedinstvo sa  $\Phi$  ( $1,61803\dots$ ), jer je  $\phi \times \Phi = 1$  (slično kao što su električno i magnetno polje uvek zajedno međusobno upravni, tako su  $\phi$  i  $\Phi$  uvek spregnuti, ukoliko je u pitanju strukturalno-energetsko-informaciono jedinstvo sistema). U ovom slučaju problem je posmatran u poprečnom preseku, u ravni, tj. površini, pa je jedinstvo sadejstva  $\phi$  i  $\Phi$  potrebno posmatrati kao njihove kvadrate. A zbir njihovih kvadrata je 3, tj.  $\phi^2 + \Phi^2 = 3$  ( $0,61803^2 + 1,61803^2 = 3$ ).

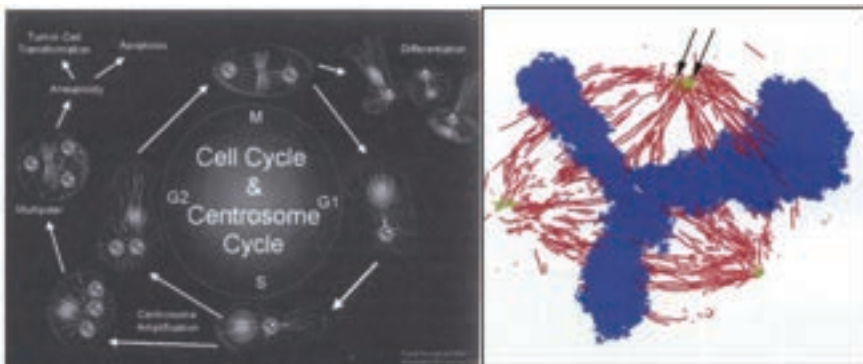
Na taj način vidimo da su centriole oranzivovane kao uređeni triplet devetki zato što preko elektromagnetizma mikrotubula ostvaruju oscilatorni proces po zakonu  $\phi$  i  $\Phi$ , kao što je pokazano na slici 5.12 (sredina).



**Slika 5.12.** Diskretno dvodimenzionalno predstavljanje ikosaedarskih sopstvenih energetske vrednosti  $T_{1g}$ ,  $T_{2g}$ ,  $T_{1g}$  i  $T_{2g}$  pri čemu je periferni ugao (svake tačke po obodu njene kružnice)  $222,5^\circ$  (sredina). Vidimo da postoji leva i desna orijentacija, pri čemu tri poslednje tačke predstavljaju mikrotubularne protofilamente koji formiraju centriole.

Kako su vrednosti koje generišu  $\phi$  i  $\Phi$  diskretne, i zakrivljene linije orijentisane iz centra (slika 5.11, *levo* i *desno*) biće tačkaste strukture i generisaće zakonitost ikosaedarske simetrije. Ovim smo pokazali da su kod centriola energija i struktura sibiozno spregnute po ikosaedarskoj (dodekaedarskoj) simetriji.

Poznavanje strukturalnih i dinamičkih svojstava centriole je od izuzetnog značaja za razumevanje funcionisanja ćelije, a pre svega njene deobe. Ukoliko sistem nije stabilan i dođe do narušavanja simetrije, onda u ćelijskom ciklusu dolazi do formiranja tri ili više parova centriolâ (slika 5.13, *levo*), pa je raspodela hromozomskog (gentskog) materijala haotična i ubrzana. Taj proces vodi u kancerogena oboljenja.



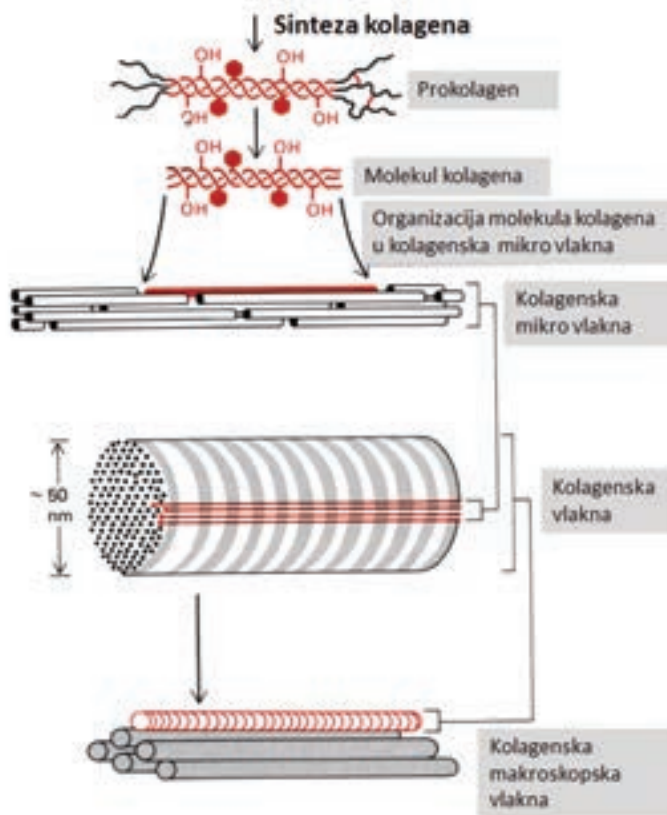
**Slika 5.13.** Ćelijski ciklus koji vodi ćeliju u normalnu diferencijaciju (dva para centriolâ), ili u ćelijsku smrt, ili u kancer (tri i više parova centriolâ) (Pollard, 2002).



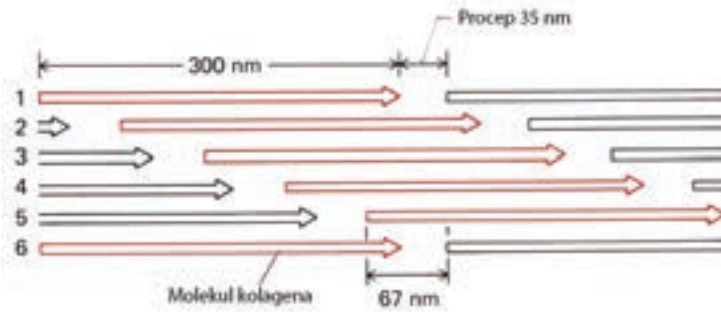
## 5.5. Kolagen

Treba imati u vidu da su kolageni (ima ih 28 do sada poznatih vrsta) proteini koji su nastajali i transformisali se tokom evolucije. Kolagen predstavlja oko 30% suve mase tela, a najvažniji su oni u koži, kostima, hrskavici, glatkim mišićima, dentinu i dr. Od mnogih vrsta kolagena najvažniji su oni koji ulaze u sastav bazalne membrane (tip VII) i potke bazalne membrane (tip I i III, a ponegde i tip IV). Kolagen tipa I je najrasprostranjeniji (85%–90% od svih kolagena) i nalazi se u većini tkiva.

Shematski prikaz strukture prokolagena, molekula kolagena, mikrovlakana kolagena, kolagenskih vlakana i kolagenskih makroskopskih vlakana prikazan je na slici 5.13. Glavne amino-kiseline koje izgrađuju kolagen su: glicin (35%), prolin (15%) i hidroksi-prolin (10%), što je oko 60%, a sve ostale amino-kiseline čine 40%. Svaki molekul prokolagena dug je 265–300 nm, prečnika 1,5 nm, sa zavojnicom 8,6 nm. To je jedan od retkih proteina čija je sekundarna struktura 100%  $\alpha$ -heliks.

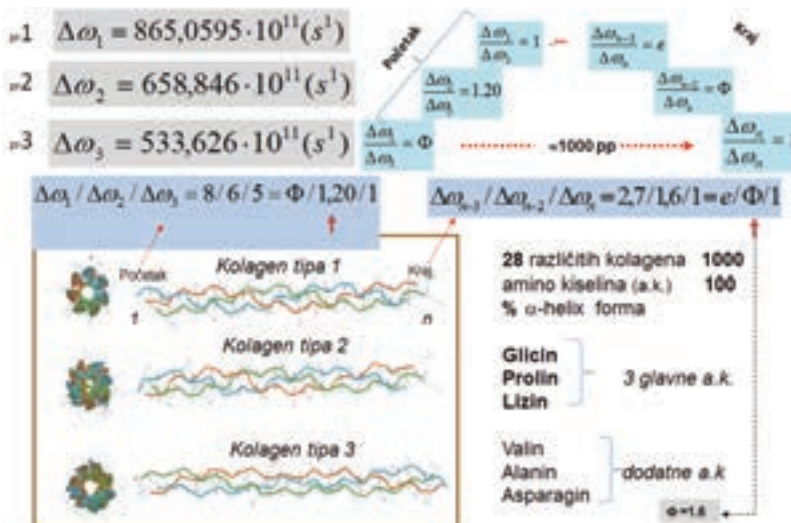


Slika 5.14a. Različite organizacione forme kolagena od protokolagena prečnika 1,5 nm do makroskopskih kolagenskih vlakana 150–200 nm (Nossal, 1991).

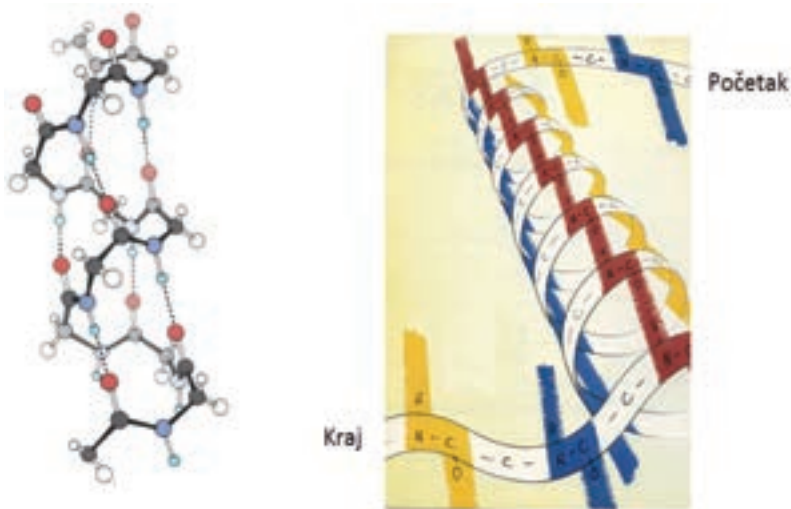


Slika 5.14b. Shematski prikaz uređenosti više molekula kolagena u mikrokolagenskom vlaknu. Radi oscilatornih procesa peptidnih ravni u molekulu kolagena postoje procepi od 35 nm, tako da sveukupno levo i desno kolagensko vlakno može oscilovati 1 do 10 nm.

Pokažimo sada da je kolagen energetski i/ili strukturalno determinisan sa  $\phi$  i  $\Phi$ ; pošto znamo da je njihov odnos determinisan „zlatnim“ trouglom ( $\phi^2 + \Phi^2 = 3$ ), razmatraćemo oscilatorne procese uređene trojke peptidnih ravni molekula kolagena. Vrednosti oscilovanja prve tri peptidne ravni molekula kolagena su sledeće: prva –  $8,650595 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$ , druga –  $6,58846 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$  i treća –  $5,33626 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$ . Stavljajući u odnos svaku od njih sa trećom, dobijamo 1,6, 1,20, 1, što znači da su prva i treća peptidna ravan u odnosu  $\Phi$ . Kada posmatramo tri poslednje peptidne ravni vidimo da je njihov odnos 2,7, 1,6 i 1. To znači da se oscilatorni signal sa početka molekula preneo na kraj, jer je na početku prva peptidna ravan imala vrednost 1,6, a druga peptidna ravan toliko ima na kraju. Interesantno je da je signal prenet analogno sa osnovom  $e$ , a energija signala je oko 0,35 eV, što je oko  $2,800 \text{ cm}^{-1}$  (talasni broj) ili  $3570 \text{ nm}$  (talasna dužina)



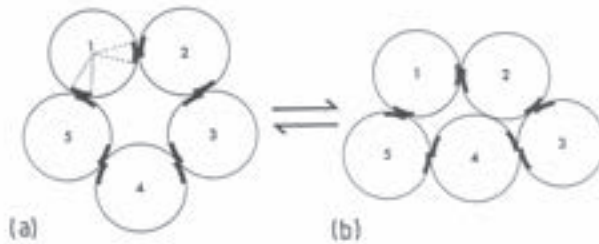
Slika 5.15. Oscilatorni proces kolagenskog molekula sa osnovom  $\Phi$  i prenos tog signala sa osnovom  $e$  pomoću  $\alpha$ -helijačne organizacije kolagena.



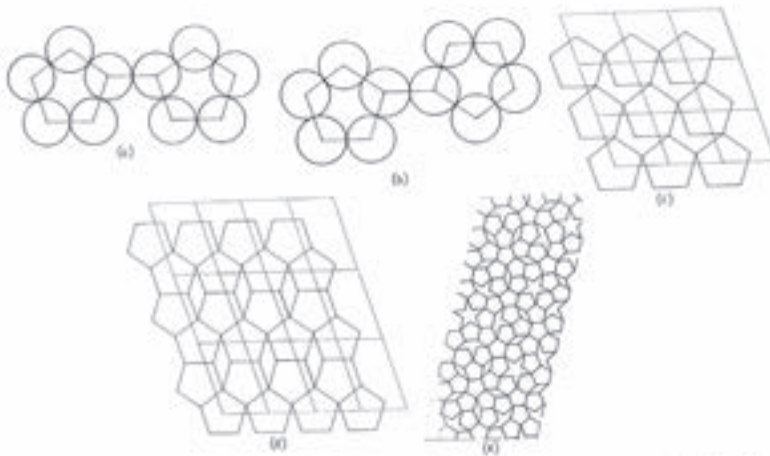
**Slika 5.16.**  $\alpha$ -helijačna organizacija (sekundarna struktura) kolagena: od „početka“ (početne tri peptidne ravni) prenosi se vibracioni signal kroz  $\alpha$ -helijačnu strukturu preko vodoničnih veza O...H (tačkaste veze – slika levo, crvena, plava ili žuta linija – slika desno) do kraja molekula po osnovama  $\Phi$ .

Međutim, ako posmatramo uređenje makroskopskih kolagenskih vlakana (slika 5.17), vidimo da postoji reverzibilni proces prelaska pakovanja vlakana iz forme (a) u formu (b) i obrnuto. Ovaj prelazak iz jedne u drugu formu omogućava elastičnost/krutost kolagena, jer forma (a) na pritisak će preći u formu (b), ali čim prestane opterećenje kolagenska vlakna, koja imaju prednaponska stanja, vratiće se u formu (a). To osnovno prednaponsko stanje kolagenskih vlakana u formi (a) strukturisano je u pentagram, što omogućava da se oscilatorni proces u stanju (a) odvija po zakonitosti  $\phi$ , odnosno  $\Phi$ , jer postoji inverznost u povezanosti pentagonalnih struktura  $\phi = 1/\Phi$  (slika 5.18b).

Uređenost kolagenskih vlakana je u formi kvazikristala, koje je prvi predvideo Penrouz, a kvazikristalne strukture kod legura prvi je eksperimentalno otkrio Den Šehtman (Schectman, 1984). Interesantno je napomeniti da je Šehtman čekao na priznanje 35 godina, jer je tek 2011. dobio Nobelovu nagradu za otkriće kvazikristala. Zanimljivo je da mu je 20 godina glavni oponent bio Lajnus Poling, dvostruki dobitnik Nobelove nagrade, koji je čak jednom prilikom cinično prokomentarisao: „...ne postoje kvazikristali, postoje samo kvazinaučnici“. Međutim, danas znamo da postoje ne samo kvazikristali u čvrstom stanju materije, nego i tečni kristali (koji su u odnosu na klasične takođe neka vrsta kvazikristala), koji su veoma prisutni u biološkim sistemima. Prvi predosećaj da u osnovi bioloških sistema stoje uređene strukture u formi kristala imao je Šredinger, koji je rekao da je genetski materijal aperiodični kristal (Schredinger, 1943). Kod klasičnih kristala se osnovna jedinica („ćelija kristala“) ponavlja, dok kod genetskog materijala (DNK) imamo aperiodično ponavljanje A, T, C, G, mada se riboza i fosforna grupa periodično ponavljaju.

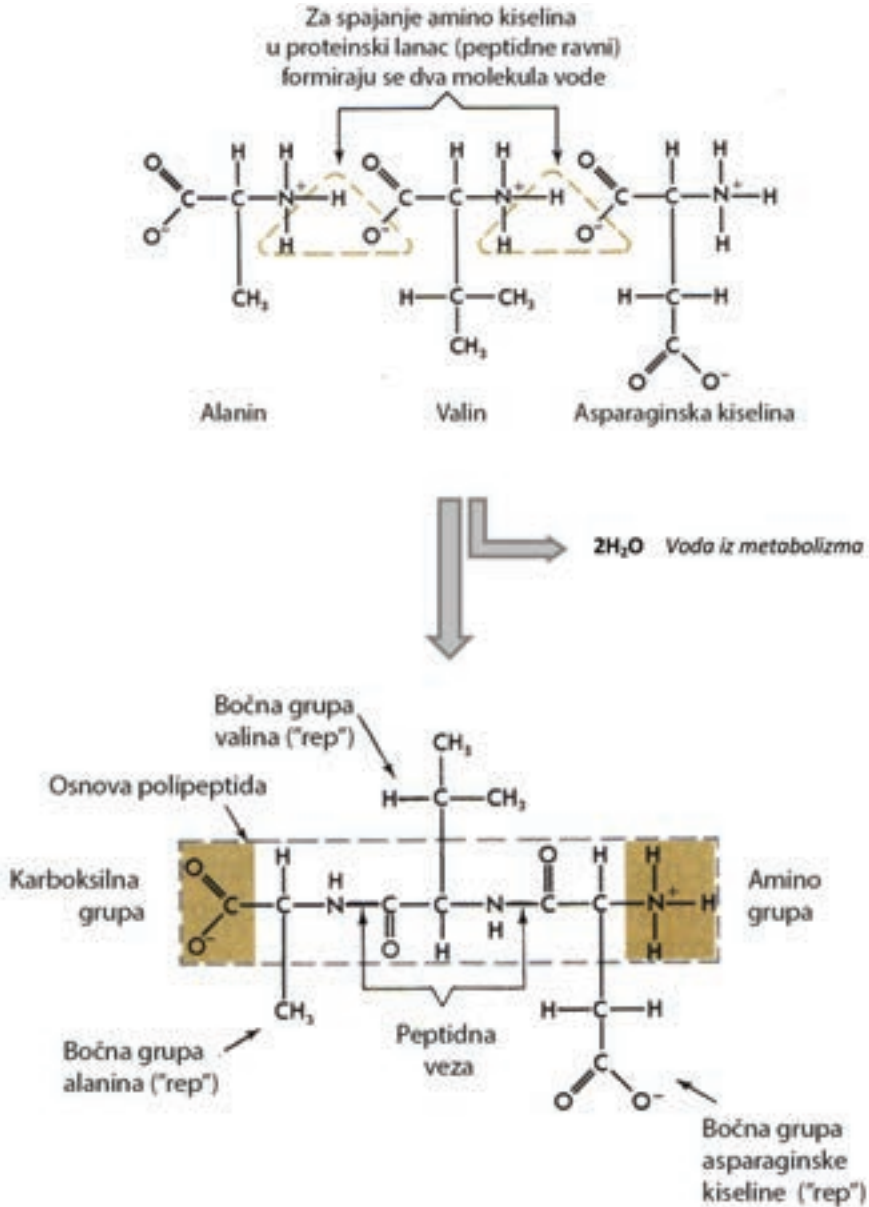


**Slika 5.17a.** (a) Organizacija kolagenskih vlakana u pentagone sa prednaponskim stanjem sa svojstvom  $\phi$  i  $\Phi$  i forma kolagena koja može da trpi visoka opterećenja na pritisak (b). U zavisnosti od spoljnih uticaja imamo reverzibilni proces između stanja (a) i (b).



**Slika 5.18b.** Pentagonske osnove organizacije kolagenskih vlakana (a i b), elementarna jednoslojna mreža pentagonskih vlakana (c), dvoslojna organizacija pentagonskih vlakana (d) i višeslojna forma organizacije kolagenskih vlakana koja imaju svojstva kvazikristala sa svojstvima  $\phi$  i  $\Phi$  (e).

Poznate su kvantitativne vrednosti energija vodonične veze  $N-H \cdots O = C$  u kolagenu tipa I u čijem se sastavu nalaze polipeptidne ravni amino-kiselina glicina i prolina. Ovi podaci mogu da razjasne fizičku osnovu stabilnosti kolagena, koji ima veoma važnu strukturnu ulogu u vezivnim tkivima. Urađen je veći broj eksperimentalnih istraživanja kolagena, infracrvena spektroskopija, kvarcna piezogravimetrija i diferencijalna skenirajuća kalorimetrija. Rezultati ukazuju na to da vezivanje 3–4 molekula vode kao interna hidratacija kolagena dovodi do konformacione reorganizacije trostrukog heliksa i jačanja vodoničnih veza. Entalpije od hidratacije poli (Gli-Pro-Pro) i kolagena su  $-10,9$  i  $-12,2$  kJ/mol, respektivno. Vodonične veze  $N-H \cdots O = C$  su  $-7,6$  i  $-6,0$  kJ/mol u poli (Gli-Pro-Pro) i kolagenu, respektivno. Ova saznanja mogu se koristiti za procenu uticaja energija različitih tipova interakcija za ukupnu energiju stabilizacije prirodnog trostrukog heliksa kolagena i poli (Gli-Pro-Pro).



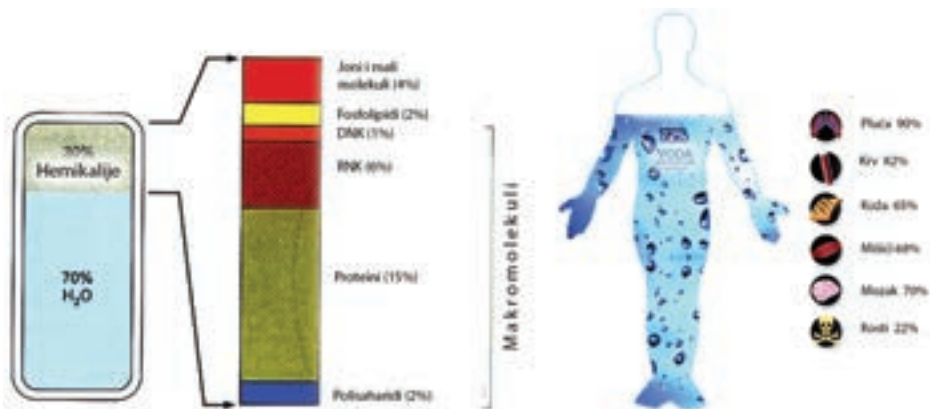
**Slika 5.18.** Kada dve amino-kiseline stupaju u interakciju da bi formirale peptidnu ravan (koja ulazi u sastav proteinskog lanaca), da bi došlo do njihovog kovalentnog spoja (N-C) formira se jedan molekul vode, jer se dva atoma vodonika iz amidne grupe prve amino-kiseline i jedan atom kiseonika iz karboksilne grupe druge amino-kiseline sparuju i formiraju molekul vode (slika gore), a istovremeno se ostvaruje peptidna veza (slika u sredini), odnosno peptidne ravni. Tako nastaje voda iz metabolizma koja čini oko 10% ukupne količine vode u organizmu (Mathews, 1990).



## 5.6. Voda i Gibsova slobodna energija

Voda u odnosu na ostale prirodne polimolekularne strukture ima više od 30 „anomalija“. Izabrali smo reč „anomalija“ (ali pod znacima navoda) zato što, na primer, 100 struktura ima jednu istu vrstu ponašanja, a voda suprotnu. Jedan takav primer je da se svi materijali („nežive prirode“) na hladnoći skupljaju, a na toploti šire. Kod vode je suprotno. Tečna voda ima veću gustinu nego led, zato led pluta. Znači, njegova zapremina po  $\text{cm}^3$  je veća nego zapremina tečne vode. Voda se širi pri nižim temperaturama, a pri višim skuplja. Paradoksalno (na prvi pogled), ali je tako. Da voda nema te „anomalije“, najverovatnije ne bi bilo ni života. Ona je uspešla da napravi iskorak i porodi život uz sadejstvo spoljnih uticaja, a u prvom redu svetlosti, toplote, gravitacije.

Procentualni sastav vode u ćeliji je oko 70%, ostalo su hemikalije i to najviše proteini (15%) (slika 5.19). Kako se sinteza proteina vrši u citoplazmi ćelije, to ćelijska voda sadrži oko 20% metaboličke vode. Organizam u celosti ima oko 72% vode, a ostalo je suva materija. Pluća, krv i mozak su najbogatiji vodom. Sa godinama starosti procenat vode se smanjuje u svim organima, a ponajviše u koži (smanji se sa 70% na 60%).



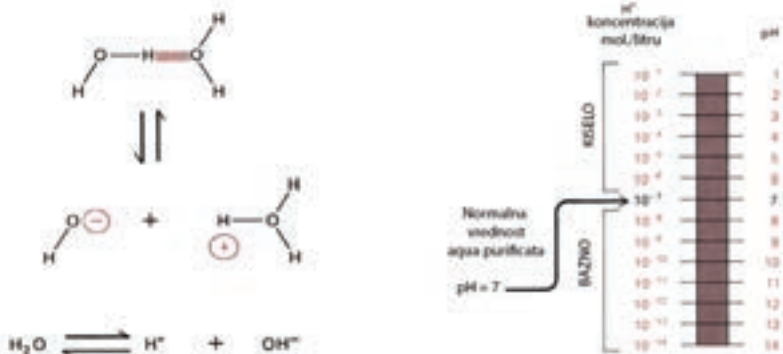
Slika 5.19. Prikaz procentualne zastupljenosti vode u ćeliji (levo) i ljudskom organizmu (desno) (Pollard, 2002).

Interesantna je činjenica, koje mi nismo ni svesni (a ne znamo, za sada, i kako da je iskoristimo), da je voda sastavljena iz dva hemijska elementa koji su nastali u različita vremena i na različit način. Vodonik je nastao kao kosmički fenomen, tj. njega je porodilo univerzum, dok je kiseonik nastao u zvezdama (mnogo, mnogo kasnije). Kiseonik koji ulazi u sastav vode koju pijemo i koju unošenjem u organizam ugrađujemo u naša tkiva, zapravo je element koji je nekada bio sastavni deo zvezde koja je eksplodirala, zatim su se njeni delovi ohladili i formirali hladna nebeska tela.

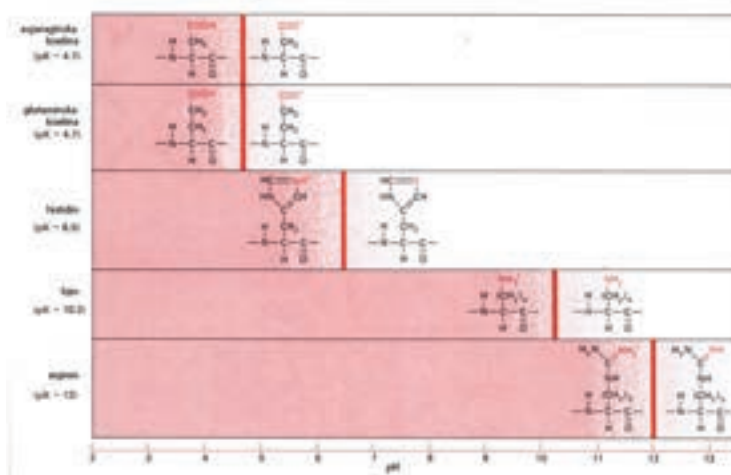
Odakle voda na Zemlji? Pouzdanog odgovora, za sada, nema. Postoje razne hipoteze, ali nijedna ozbiljna teorija koja bi objasnila njeno prisustvo na Zemlji. Bilo kako bilo, ovakvi kakvi jesmo, mi smo „deca“ Sunčevog sistema. Nalazimo se u toploj oazi koja je na oko  $25^{\circ}\text{C}$  (oko 300 K), dok je međuplanetarni i međuzvezdani prostor na  $-267^{\circ}\text{C}$

(svega 6 K). Setite se glasa stjuardese: „...poštovani putnici letimo na 11.000 m, spoljna temperatura je -50 °C...“. Da nismo u avionu, života za nas gore ne bi bilo. Voda svojim visokim toplotnim kapacitetom može da nas zaštiti u samo malom temperaturnom rasponu i u kratkom vremenskom periodu.

Molekul vode je kompozicija dva atoma vodonika i jednog atoma kiseonika preko *kovalentnih* vodoničnih veza. Jačina kovalentne veze O-H je 460 kJ/mol (4,77 eV), dok se jačina nekovalentne veze O...H kreće od 10 do 60 kJ/mol (0,09–0,48 eV), u zavisnosti od pK<sub>w</sub>, temperature i organizacije molekula vode u otvorene lance ili zatvorene klastere. Dva (dimer) ili više molekula vode (trimer ili duži vodeni lanac) stupaju u interakciju preko *nekovalentnih* vodoničnih veza. Osnovna reakcija je  $2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}]^+ + [\text{OH}]^-$ , pri čemu je  $K_w = [\text{H}_3\text{O}]^+ \times [\text{OH}]^-$ , a  $\text{pK}_w = -\log_{10}K_w$ .



**Slika 5.20.** Osovna interakcija molekula vode preko nekovalentnih vodoničnih veza i proces njene samojonizacije (levo). U zavisnosti od toga kakav je odnos  $[\text{H}_3\text{O}]^+$  i  $[\text{OH}]^-$  jona, voda kao sredina u kojoj se odvijaju hemijske reakcije, a i sama je aktivni učesnik u tim reakcijama, može biti neutralna ( $[\text{H}_3\text{O}]^+ = [\text{OH}]^-$ ), kisela (više  $[\text{OH}]^-$ ) ili bazna (više  $[\text{H}_3\text{O}]^+$ ) (Mathews, 1990).



**Slika 5.21 :** Zavisnost naelektrisanja amino-kiselina od pH vrednosti sredine.

Ovo će određivati pH vrednost vodene sredine u kojoj će se dešavati biohemijske reakcije, a od njene vrednosti zavisice da li će amino-kiseline (njihovi „repovi“) koje ulaze u sastav proteina biti pozitivno naelektrisane, negativno naelektrisane ili neutralne (slika 5.21). U zavisnosti od naelektrisanja koje unose amino-kiseline u protein, on će imati i odgovarajuće dipolne momente, što je od izuzetnog značaja za interakciju svetlosti i biomolekula. Ustanovljeno je da naš krvotok treba da bude blago bazan,  $\text{pH} = 7,356$ , da bi telo funkcionisalo skladno, tj. bilo zdravo. Međutim, u želucu, gde se vrši varenje hrane, sredina je veoma kisela, pa je  $\text{pH} = 2-4$ . Neke vrednosti pH su sledeće: pljuvačka 6–7, žuč 7–8, tanko crevo 8–9, debelo crevo 7,5–8, ekstarcelularna tečnost i arterijska krv 7,4, venska krv 7,5, intracelularna tečnost 6–7,4 i urin 4,5–8.

Slobodna energija nekog fizikohemijskog procesa je ona energija koja je u stanju da izvrši rad. Drugi zakon termodinamike, o održanju enregije, kaže da se u spontanim hemijskim reakcijama događa proces u kome se smanjuje slobodna energija, pa je onda  $\Delta G$  negativno. U stanju ravnoteže ne dolazi do dalje promene slobodne energije, pa je  $\Delta G = 0$ . U tom slučaju zatvoren sistem ima najmanju količinu slobodne energije, a sve komponente imaju koncentraciju 1 mol/litru. Kada se biohemijska reakcija približava ravnotežnom stanju, slobodna energija se sve više pretvara u toplotu ili stvaranje nereda (entropiju). Zvuči paradoksalno, ali u stanju ravnoteže sistem je u najvećem „neredu“ (zato kažemo da je entropija mera nereda).

Ako posmatramo proces samojonizacije molekula vode, onda je iz izraza za izračunavanje slobodne energije  $\Delta G = -RT \ln K$ , pa će ravnotežna konstanta biti:

$$\frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}]^+ [\text{OH}]^-} = e^{-\Delta G^0/RT} = e^{-\Delta G^0 \times \frac{1,50}{2,00} f(T)}$$

pri čemu je:  $e$  – osnova prirodnog logaritma 2,7128,  $\Delta G^0$  – slobodna energija ravnotežnog stanja (sve komponente u reakciji imaju koncentraciju 1 mol/litru),  $R$  – univerzalna gasna konstanta 0,001987 cal/stepenuK/mol,  $T$  – temperatura u kelvinima.

**Tabela 5. 1.** Odnos slobodnih energija kompleksa AB i zbira komponentata A+B za datu ravnotežnu konstantu.

Ravnotežna konstanta $\frac{[AB]}{[A][B]}=K$	Slobodna energija kompleksa AB umanjenog za zbir slobodnih energija komponentata A+B (kcal/mol)
$10^5$	- 7,1
$10^4$	- 5,7
$10^3$	- 4,3
$10^2$	- 2,8
10	- 1,4
1	0
$10^{-1}$	1,4
$10^{-2}$	2,8
$10^{-3}$	4,3
$10^{-4}$	5,7
$10^{-5}$	7,1



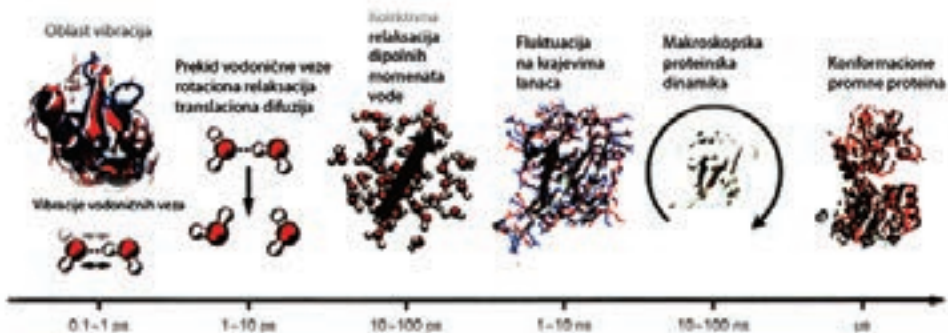
Tako, na primer, vrednosti  $RT$  između  $1,50-2,00$  kao  $f(T)$  vode u formiranju procesa kreću se u granicama  $-20^{\circ}C$  do  $+52^{\circ}C$ . Međutim, za nas su interesantne vrednosti  $RT$  za:  $25^{\circ}C = 298,15 K$  (sobna temperatura),  $37^{\circ}C = 310,15 K$  (telesna temperatura) i  $36,7^{\circ}C = 309,85 K$  (optimalna telesna temperatura). Vidimo da ravnotežna konstanta zavisi od  $\Delta G^{\circ}$  i temperature. Za  $T = 25^{\circ}C$  proizvod  $RT = 0,001987 \times (273,15 + 25) = 0,001987 \times 298,15 = 0,592484$  ( $1/RT$  je  $1,6878$ ), za  $T = 37^{\circ}C$  je  $RT = 0,61633$  ( $1/RT$  je  $1,622507$ ), a za  $T = 36,7$  je  $RT = 0,61567$  ( $1/RT = 1,6242$ ). Imajući u vidu da je kod mikrotubula  $1,615 \leq \Phi \leq 1,625$ , vrednost  $1,622$  nalazi se u granicama radnog procesa. Ova razlika, odnosno odnos  $1,61803/1,625 = 0,9961$ , govori nam da biohemijski procesi nisu savršeni i da se dešavaju u uskim granicama  $\pm 0,003\%$  ( $1,615/1,625 = 0,006\%$ ). Međutim, ako biohemijski procesi izađu iz tih granica, organizam će se braniti tako što će podići telesnu temperaturu na  $37,8^{\circ}C$  ( $0,001987 \times T = 0,61803$ , pa je  $T = 311,7 K$ , odnosno  $37,8^{\circ}C$ ), jer je idealna vrednost  $RT = 0,61803$  (odnosno  $1/RT = 1,61803$ ).

Ravnotežna konstanta za telesnu temperaturu od  $36,7^{\circ}C$  ( $309,8 K$ ) biće data izrazom:

$$\frac{[H_2O]}{[H]^+ [OH]^-} = e^{-\Delta G^{\circ} \times 1.624}$$

pa će svaki poremećaj (kao što je temperatura tela veća od  $37,8^{\circ}C$ ) zahtevati dovođenje  $1/RT$  na radnu vrednost organizma  $1,624$ . Ako je temperatura tela između  $36,7^{\circ}C$  i  $37,8^{\circ}C$  tada je najbolje da se organizam sam izbori sa biološkim fiziko-hemijskim poremećajem, a ako pređe granicu od  $38,7^{\circ}C$  potrebno je preduzeti odgovarajuće korake da se temperature smanji na tu granicu.

Brzina interakcija molekula vode, a pre svega nekovalentnih vodoničnih veza i reorganizacije dipolnih momenata, nalazi se u granicama  $1-100 ps$ , dok se makroskopska dinamika i konformacione promene biomolekula dešavaju na nivou mikrosekundi ( $\mu s$ ).



Slika 5.22. Vrednost vibracije vodonične veze je  $0,1-1 ps$ , dok je prekid vodoničnih veza  $1-10 ps$ , dipolni momenti se reorganizuju za  $10-100 ps$ , dok je makroskopska dinamika reda veličine  $10^{-8} s$ .

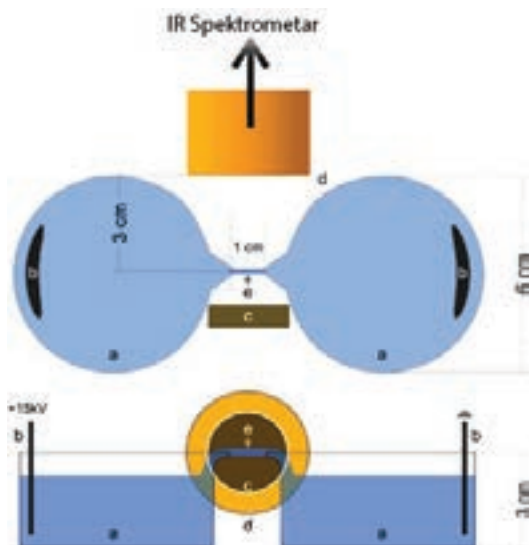
Voda u čaši i voda u ljudskom organizmu, kada je popijemo, nije ista. Razlog za to su uslovi u kojima se nalazi voda. Voda u čaši je na atmosferskim uslovima i makroskopskoj zapremini, dok je u organizmu u mikro i nano zapremini gde se odvijaju složeni biološki fiziko-hemijski procesi sa kojima je ona u interakciji.



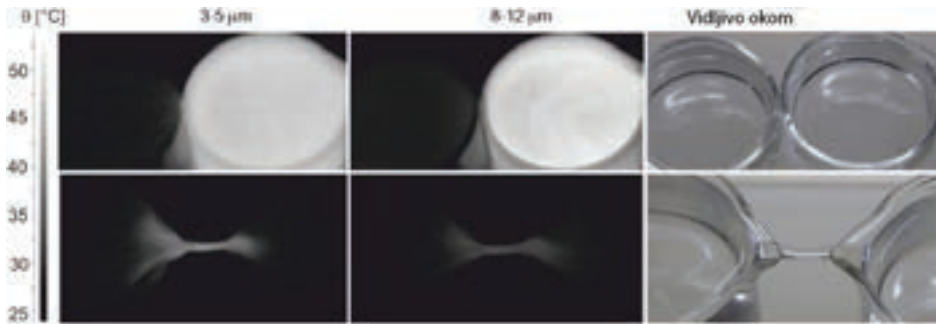
**Slika 5.23.** Voda u čaši i voda u organizmu su istog hemijskog sastava, ali se nalaze pod različitim uslovima, pa su i njihove osobine različite. Voda u čaši je klasična tečnost (interaguje sa zidovima čase, prostor je makroskopski, temperatura oko 25° C, dok je u organizmu viskoelastična (jer se nalazi u biološkoj sredini gde se dešavaju jaka električna pražnjenja po jedinici dužine i zapremine, temperature 37° C, prostor je mikroskopski i nanometarski, pa je  $pV = RT$  različito).

Da bismo se približili odgovoru na pitanje koje su osobine biološke vode, razmotrimo jedan eksperiment koji su 2012. godine izveli istraživači u Holandiji (Fuchs, 2012). Oni su uzeli dve posude prečnika 60 mm, dubine 30 mm, sa rastojanjem od 10 mm među posudama. Zatim su doveli struju 15 kV u dejonizovanu vodu od 66 g. Pre aktivacije provodnost vode je bila  $0,055 \mu\text{Scm}^{-1}$ , a posle aktivacije sa navedenim naponom  $0,4\text{--}1,0 \mu\text{Scm}^{-1}$  (slika 5.24).

Rezultat eksperimenta je praćen kamerom u domenu vidljivog i IR spektrometrom u domenu 3–12  $\mu\text{m}$ . Zbog vodoničnih veza praćen je domen 3–4  $\mu\text{m}$ , a zbog fundamentalnih vibracija molekula vode 8–12  $\mu\text{m}$ . Temperatura vode bila je 22° C. Po dovodu napona od 15 kV formirao se vodeni most između dve posude. Posude su zatim razmaknute na rastojanje od 3 cm i vodeni most je opstao. Canon 300D kamerom zabeležen je vizuelni fenomen postojanja „vodenog mosta“ kao na slici 5. 25. Istovremeno je IR spektrometrom mereno zračenje „vodenog mosta“ na temperaturi 22° C.



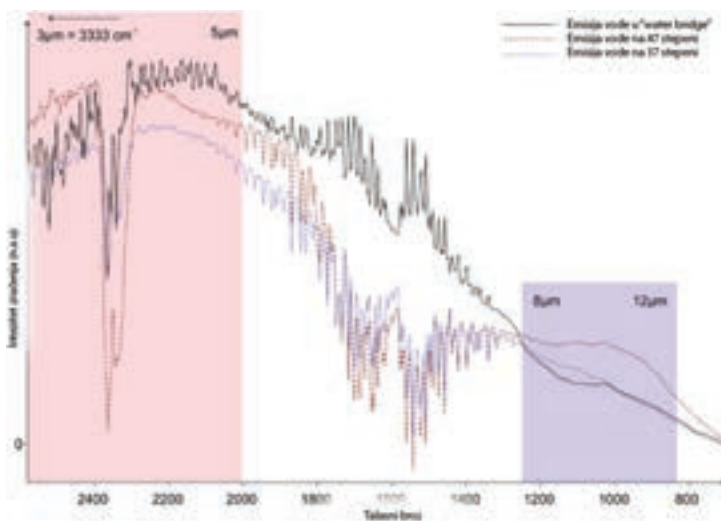
**Slika 5.24.** Eksperimentalna postavka formiranja i merenja „vodenog mosta“ pomoću dejonizovane vode 66 g smeštene u dve posude na rastojanju 1 cm (Fuchs, 2012).



Slika 5.25. Merenje emisijonog spektra „vodenog mosta“ pomoću IR spektrometra, u dijapozonu 3–5  $\mu\text{m}$  i 8–12  $\mu\text{m}$ , i pomoću Canon 300D kamere u domenu vidljivog spektra (Fuchs, 2012).

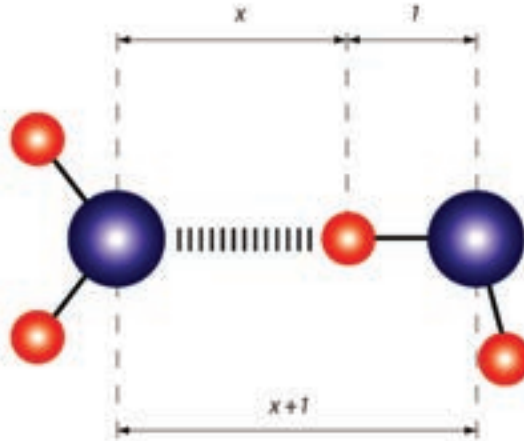
Na slici 5.25 (gore) uočava se da je voda u desnoj posudi ekscitirana (bela), dok u levoj nije ekscitirana i IR spektrometar ne registruje njeno prisustvo. Kada se posude razmaknu na 3 cm jedna od druge, onda „svetli“ voda koja se nalazi u „vodenom mostu“ (dole).

Kada se uporede spektri emisije vodenog mosta („water bridge“) na 22<sup>o</sup> C, vode na 47<sup>o</sup> C i vode na 37<sup>o</sup> C, uočavamo da se u jednom delu domena fundamentalnih vibracija, 10–14 $\mu\text{m}$ , spektar „vodenog mosta“ i spektar vode na 37<sup>o</sup> C poklapaju. Voda u „vodenom mostu“ je u formi tečnog kristala i zato može formirati most koji ne kolapsira pod dejstvom gravitacije. Ovo snažno potkrepljuje ideju da je većina vode u ljudskom organizmu, na temperaturi 36,7<sup>o</sup> C, u formi tečnog kristala. Ovaj eksperiment može se smatrati indirektnim dokazom ove ideje, jer dok je u „vodenom mostu“ napon po dužnom santimetru u proseku bio oko 10 kV/cm, dotle u ljudskom organizmu ta vrednost, ako se preračuna iz mV i nm u kV i cm, iznosi 50–300 kV/cm (Tyner, 2007).



Slika 5.26. Poklapanje spektra „vodenog mosta“ na temperaturi 22<sup>o</sup> C i vode na temperaturi 37<sup>o</sup> C je u domenu fundamentalnih vibracija molekula vode od 10–14 $\mu\text{m}$  (Fuchs, 2012).

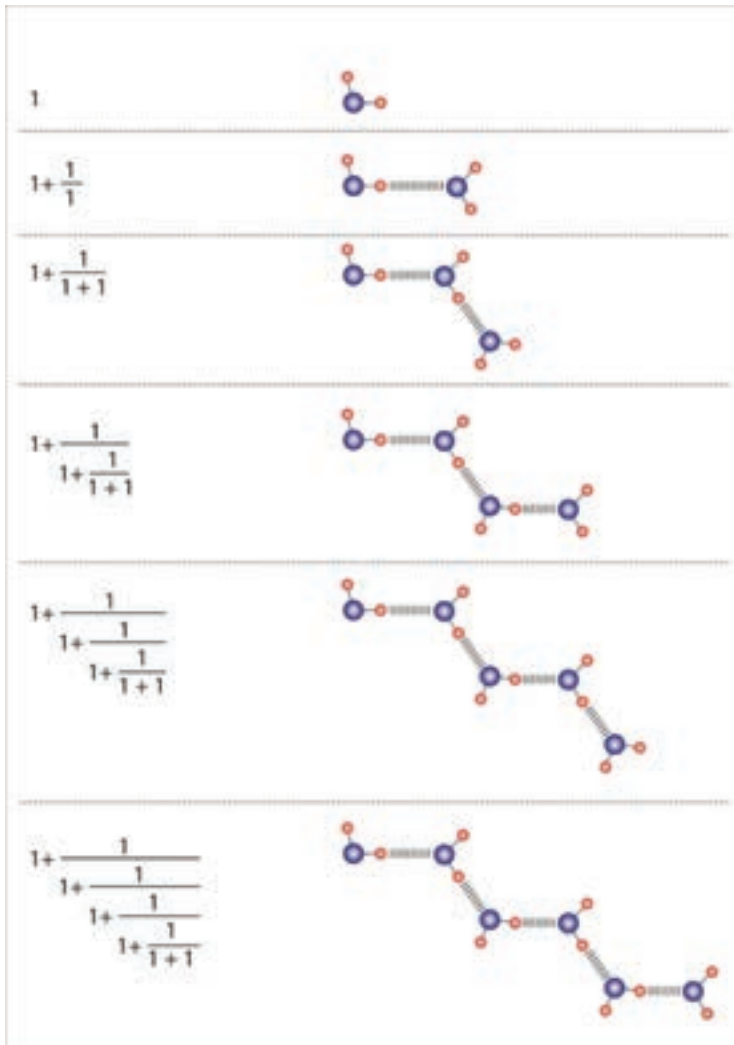
Posmarajmo interakciju dva izolovana molekula vode preko nekovalentnih vodoničnih veza kao što je to dato na slici 5.27.



**Slika 5.27.** Interakcija dva izolovana molekula vode preko nekovalentnih vodoničnih veza, pri čemu je sa „1“ označena vrednost kovalentne vodonične veze, „x“ je promenljivo rastojanje između atoma vodonika jednog molekula i atoma kiseonika drugog molekula vode. Izraz „x+1“ predstavlja rastojanje centara kiseonika dva molekula vode.

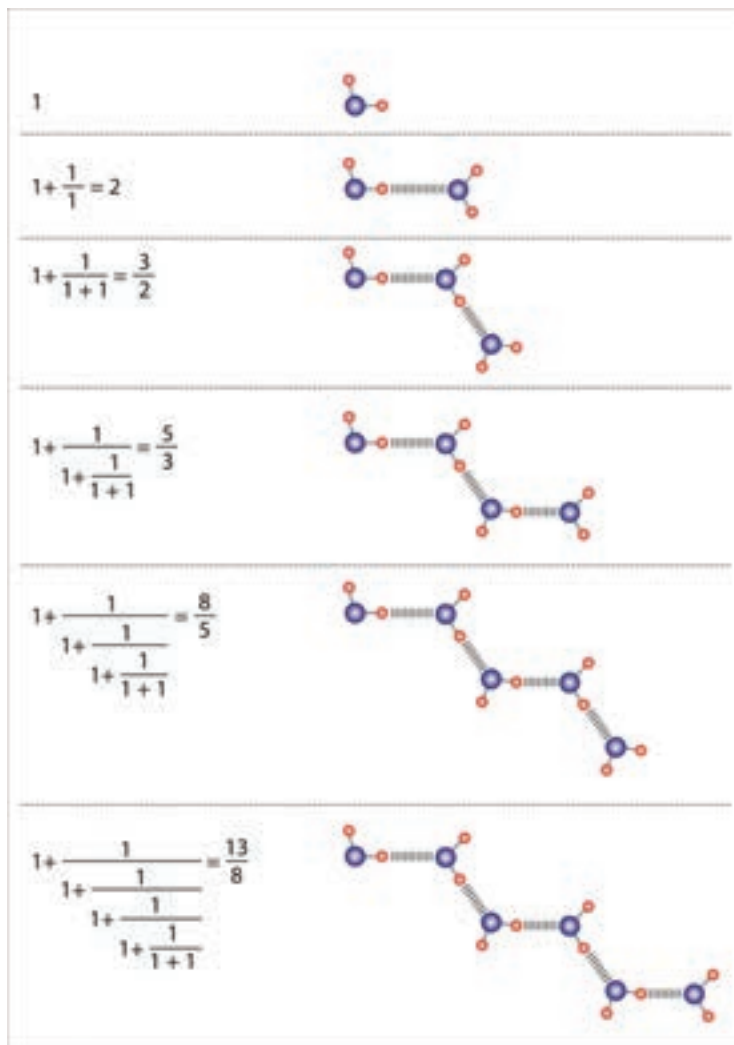
Kovalentna vodonična veza iznosi  $0,0984 \pm 0,0025$  nm i to ćemo u našem modelu proglasiti jedinicom („1“), reperom, u odnosu na nekovalentnu vodoničnu vezu. Drugim rečima, promenu nekovalentne vodonične veze „x“ (kao *većeg dela* u sistemu „x+1“) posmatraćemo u odnosu na „1“ (kao *manji deo* u sistemu „x+1“). Poznato je da se molekuli vode spontano organizuju i razgrađuju, tj. imaju svojstvo samoorganizacije (samokontrole) na osnovu stabilne kovalentne vodonične veze, „1“; odnos „x“ prema „x+1“ treba da bude kao „1“ prema „x“ (*veći deo* prema *celini* odnosi se kao *manji deo* prema *većem delu*). Na osnovu pravilnog odnosa *delova* prema *celini* i *delova* međusobno, proporcija je  $x : (x+1) = 1 : x$ , što daje  $x^2 = x + 1$ , odnosno  $x^2 - x - 1 = 0$ . Rešenja ove kvadratne jednačine su  $x_1 = 1,61803$ , što je  $\Phi$ , i  $x_2 = -0,61803$ , što je  $-\phi$ . Dakle, vidimo da, da bi se dva molekula spontano organizovala u dimer, nekovalentna vodonična veza treba da bude  $1,61803 \pm 0,025$  veća od kovalentne vodonične veze. Dakle, oscilatorni proces se odvija u granicama 1,59303 i 1,64303 od vrednosti kovalentne vodonične veze.

Međutim, ako posmatramo organizovanje molekula vode u lanac, kao što je to dato na slici 5.28, tada zapis za jedan molekul vode pišemo kao 1, za dva  $1+1/1$ , za tri  $1+ 1/(1+1)$ , itd. Vidimo da se sistem usložnjava, a prikazano pojednostavljeno organizovanje molekula vode je samo jedna moguća varijanta.



**Slika 5.28.** Jedan mogući primer organizovanja molekula vode u lanac (organizacija molekula vode može biti promenjena kod svakog molekula vode tako da se svaki sledeći molekul dodaje za jedan ili drugi atom vodonika pa da ide dole – kao na slici, ili alternativno (gore), ili kombinovano (i gore, i dole)).

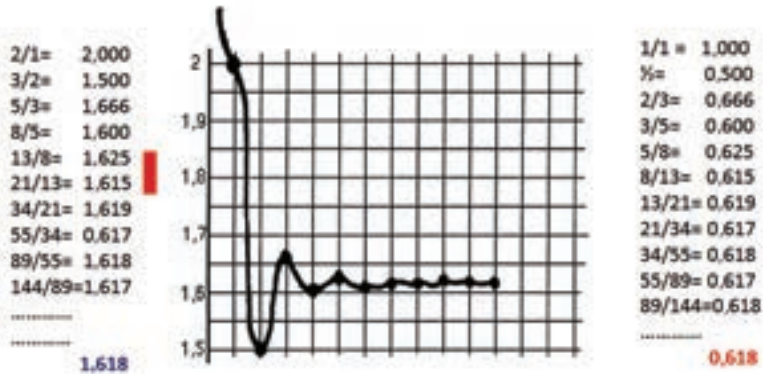
Međutim, ako izračunamo vrednosti količnika (slika 5. 29) vidimo da dobijamo vrednosti 1, 2, 3/2, 5/3, 8/5 i 13/8. Znači, ako posmatramo vodeni dimer, u slučaju kada su dva molekula vode na dvostrukoj vrednosti od kovalentne vodonične veze oni stupaju u vodoničnu nekovalentnu vezu. Kao što znamo, konvergentni rezultat ovog niza je  $\Phi$ .



**Slika 5.29.** Jedna moguća organizacija molekula vode u lance sa brojevima koji konvergiraju u  $\Phi$ . Lanci molekula vode će zadržati iste vrednosti ako se konfiguracija lanca promeni, tj. ako kod drugog ili trećeg molekula vode vezivanje započne na gore, pa posle jednog ili više molekula vode započne dole (Koruga, 2008).

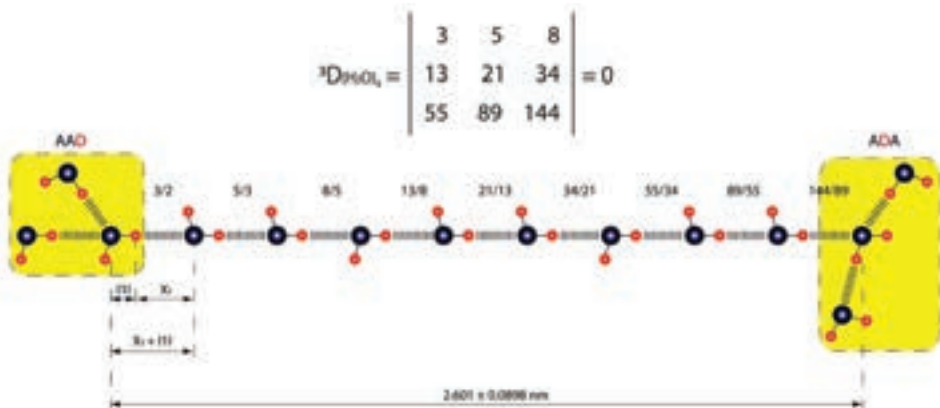
Dijagramski prikaz vrednosti organizacije molekula vode u lance dat je na slici 5.30, gde vidimo da je uspostavljanje nekovalentne vodonične veze najduže kod dimera vode i iznosi dve dužine kovalentne vodonične veze. Međutim, kada se veza uspostavi i stabilizuje, nekovalentna vodonična veza osciluje između vrednosti 1,615 i 1,625.





Slika 5.30. Konvergentni nizovi organizacije molekula vode u lancu. Na dijagramu je prikazan konvergentni niz 1,618, odnosno  $\Phi$ .

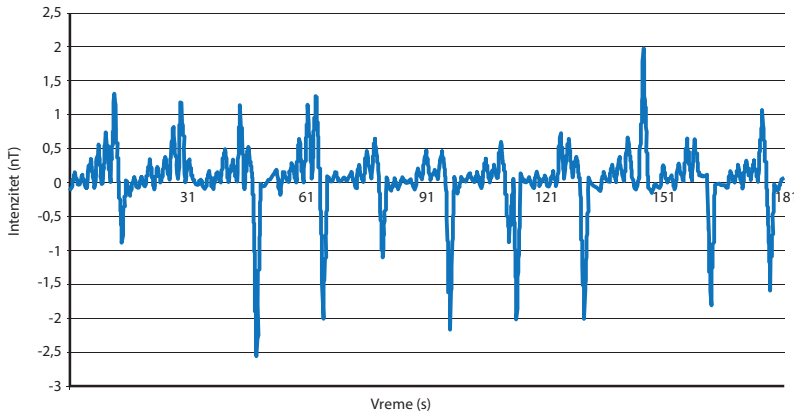
Postavlja se pitanje koja dužina lanca molekula vode je stabilna. Odgovor na to pitanje dobijamo preko determinante sistema. Onaj broj molekula kod koga je determinatna vrednosti nekovalentnih vodoničnih veza jednaka nuli daje stabilan lanac. Ako formiramo lanac od 3, 4, 5...8 molekula vode, on neće biti stabilan, stvorice se i razgraditi za nekoliko ps. Međutim, ako se stvori lanac od devet molekula vode (a da ne počinje od monomera ili dimera molekula vode, već od trimera), onda vidimo da je determinanta takvog sistema jednaka nuli:



Slika 5.31. Prikaz stabilnog vodoničnog lanca od devet molekula vode (linearna „eneada“), pri čemu su krajnji molekuli ADA (primalac-davalac-primalac), a drugi je AAD (primalac-primalac-davalac), pa se signal preko vodoničnih veza prostire sleva nadesno.

Da bi vodeni lanac započeo spontano da se formira od monomera (jednog molekula vode) mora biti ekscitirano 16 molekula vode, pa imamo sistem 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 337, 610, 987 i 1.597. Determinanta (4x4) ovog sistema je jednaka nuli.

Međutim, molekuli vode mogu se organizovati ne samo u vodene lance, koji su potreban uslov za stvaranje kristalastog („gelastog“) stanja vode, već i u klasterne. Tek zajedno, vodeni lanci i klasteri daju svojstva vodi drugačija nego kada je voda organizovana u dimere, trimere... sve do „eneadnih“ struktura.



**Slika 5.32.** Dijagram paramagnetnih/dijamagnetnih osobina vode ( $18,2\text{ M}\Omega$ ) u vremenu od tri minuta. Paramagnetizam (pozitivni pikovi) nastaje kao rezultat nesparenih elektrona u vodenim klasterima, a dijamagnetizam kao posledica odsustva (malog prisustva) nesparenih elektrona. Sa dijagrama se vidi formiranje klastera sa malim paramagnetnim amplitudama, koji se razbijaju na dimere i trimere molekula vode, a zatim se ponovo organizuju u klasterne. Međutim, kada se organizuju u veće klasterne ( $1\text{--}2\text{ nT}$ ), pa se dezorganizuju na monomere, tada su dijamagnetni pikovi mnogo veći, čak  $2,5\text{ nT}$  (eksperiment rađen u Geomagnetnom zavodu SR Srbije, pomoću dva spregnuta protonska magnetometra na bazi Overhauserovog efekta, Koruga, et al., 2008).

Računanje veličine klastera na osnovu paramagnetizma vršimo na osnovu relacije da je magnetna sila nesparenih elektrona jednaka proizvodu mase elektrona i njegovog radijalnog ubrzanja (magnetna sila = masa  $\times$  radijalno ubrzanje), što se može za jedan elektron napisati u obliku:

$$e \times \vartheta \times B = \frac{m \times \vartheta^2}{r}$$

pa je poluprečnik klastera  $r$  koji, kretanjem  $n$  nesparenih elektrona, generiše magnetno polje  $B$ :

$$r = n \frac{m \times \vartheta}{e \times B}$$

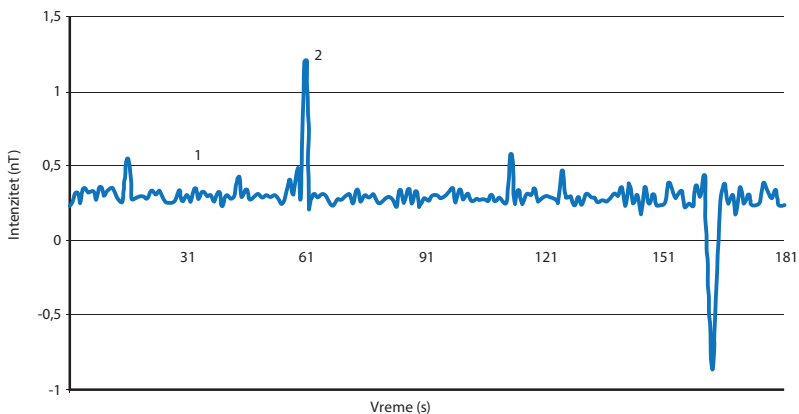
Poznate su nam veličine naelektrisanja i mase elektrona, a klasteraska brzina nespregnutih elektrona je inverzna vrednosti kretanja prostiranja brzine svetlosti ( $v_{\text{svet.}}/v_{\text{klastera}} = 1$ ) na osnovu inverznosti električnog i magnetnog polja (izrazi 2.2 i 2.20, u poglavlju 2). Na taj način može da se ostvari (vremenski ograničen, ali stabilan) vodeni klaster



baziran na nekovalentnim vodoničnim vezama (izrazi 2.2 i 2.20, u poglavlju 2). Vrednost brzine je  $3 \times 10^{-8}$  m/s, dok se intenzitet magnetnog polja očitava sa dijagrama. Za  $n = 10$ ,  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C,  $m = 9,1 \times 10^{-31}$  kg,  $\vartheta = 3 \times 10^{-8}$  m/s i  $B = 1,3$  nT, poluprečnik klastera je  $1,29 \times 10^{-9}$  m, odnosno 1,29 nm. Imajući u vidu da je najveća vrednost Van der Valsovog prečnika molekula vode (što uključuje nekovalentne i kovalentne vodonične veze) 0,355 nm, vidimo da je za klustersku organizaciju molekula vode u prečnik od 2,58 nm moguće upakovati oko 20–30 molekula vode.

Mali klasteri vode (2–10 molekula):	0,1–1,0 nT
Srednji klasteri vode (10–50 molekula):	1,0–10,0 nT
Veliki klasteri vode (50–100 molekula)	10,0–50,0 nT
Veoma veliki klasteri vode (> 100 molekula)	> 50,0 nT

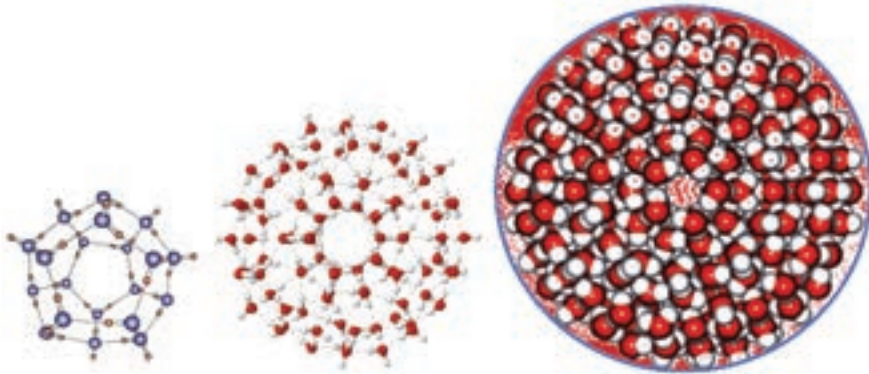
Paramagnetne, dijamagnetne osobine vode (200 ml, aqua purificate 18,2 MΩ – dvostruko dejonizovane), prikazane na dijagramu slike 5.32, prisutne su u uslovima temperature 20° C, magnetog polja Zemlje 47,500 nT ( $4,7 \cdot 10^{-5}$  T), vlažnosti 45%, atmosferskog pritiska od 1 bara. Međutim, ako sada istu vodu izložimo dejstvu oscilatornog magnetnog polja (početne vrednosti 100 mT) po zakonu  $\Phi$ , tada dobijamo dijagram kao na slici 5.33.



**Slika 5.33.** Dijagram paramagnetnih/dijamagnetnih osobina vode izložene oscilatornom magnetnom polju čije su oscilacije bile po zakonu  $\Phi$ . Uočavaju se tri fenomena u odnosu na dijagram sa slike 5.22: voda ima relativno stabilne paramagnetne osobine na 0,2 nT (oblast 1), zatim se posle 60 s izlaganja oscilatornom magnetnom polju pojavljuje izrazit pik (oblast 2) vrednosti 1,2 nT, koji opada na vrednost 0,2 nT sve do 162 s stimulacije, kada naglo prelazi u dijamagnetizam (oblast 3). Posle 3 s vraća se na stabilnu paramagnetnu vrednost od 0,2 nT (Koruga, 2008).

Na osnovu dijagrama na slici 5.33 vidimo da je moguće organizovati molekule vode u stabilne klustere (paramagnetizam 0,2 nT) pod dejstvom oscilatornog magnetnog polja

po zakonu  $\Phi$ , po kome se molekuli vode mogu organizovati (slika 5. 29). To je područje 1 na dijagramu, ali kao što vidimo, postoje još dva markantna područja 2 i 3, gde je u prvom slučaju dominantan paramagnetizam, a u drugom dijamagnetizam. U slučaju *pika* 2 (paramagnetizam), može se razumeti da se klaster sa vrednosti od 1,2 nT dezorganizuje i ustali na manjem klasteru od 0,2 nT, ali je veoma teško objasniti *pik* 3 kada je voda postala dijamagnetik, pa se ponovo ustalila kao paramagnetik, a nije počela da osciluje oko nule i započela oscilovanje kao na slici 5. 32. *Pik* 3 snažno upućuje na mogućnost da voda u formi nano klastera ima svojstvo *memristra* (neke vrste memorije na nano nivou).

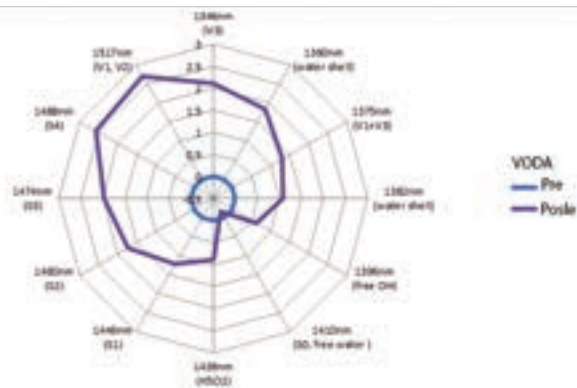


**Slika 5.34.** Klaster od 20 molekula vode (levo) eksperimentalno potvrđen (Sang and Xu, 2010), organizovan je u dodekaedar sa dualnom ikosaedarskom simetrijom (u svom sastavu ima samo 12 pentagona). Hipotetički klasteri vode sa 100 (sredina) i sa 280 (desno) molekula vode sa ikosaedarskom simetrijom (12 pentagona i 26 heksagona) (Chaplin, 2008).

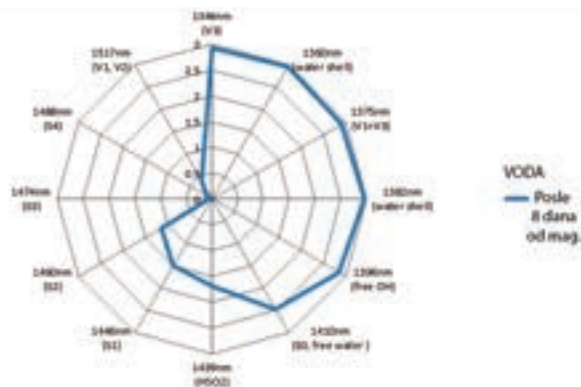
Drugom metodom, akvafotomikom (Tsenkova, 2009), pomoću infracrvenog spektrometra u domenu 900–1700 nm proveravali smo klasterizaciju dvostruko dejonizovane vode (18,2 M $\Omega$ ) pre i posle magnetizacije pomoću oscilatornog magnetnog polja po zakonu  $\Phi$ . Kao što se sa slike 5.35 vidi, čista voda (aqua purifikata – pre) ima osnovno stanje na nivou nule po osnovi svih 12 koordinata (voda je maksimalno u stanju monomera i dimera). Neposredno posle izlaganja vode oscilatornom magnetnom polju ( $\Phi$ ), ona se strukturalno organizovala u klaster, vrednosti koordinata S4 na 1.488 nm (2,6 n.a.u) i V1, V2 na 1.517 nm (2,7, ali je istovremeno poprimila i organizaciju višeslojnih sfera („water shell“ – (H<sub>2</sub>O)<sub>20</sub> @ (H<sub>2</sub>O)<sub>100</sub> @ (H<sub>2</sub>O)<sub>280</sub> : 20 molekula je unutar 100 molekula, a 100 molekula unutar 280 molekula vode) na 1.360 nm. Koja forma vodenih ljuski je prisutna ne možemo sa sigurnošću tvrditi, ali jedan od ozbiljnih kandidata je (H<sub>2</sub>O)<sub>20</sub> klaster.

Svakodnevno je vršeno praćenje stanja magnetisane vode i varijacije nisu bile značajne sve do osmog dana. Na kraju sedmog dana, za 24 časa, došlo je do spontane reorganizacije magnetisane vode, pri čemu je jedan deo postao „slobodna voda“ (monomeri i dimeri), sa znatnim prisustvom OH grupa (slika 5.36). U takvoj vodi formirale su se „vodene sfere“ sa koncentričnim ljuskama, i to na obe talasne dužine: 1.382 nm i 1.360 nm. Zašto je posle sedmog dana došlo do spontane reorganizacije vode, za sada ostaje nepoznanica. Očigledno je da dosadašnja naučna znanja o vodi nisu dovoljna da u potpunosti razmemo

ove fenomene. Ponovo ćemo citirati Faradeja: „terija vodi, a eksperiment odlučuje“, dodajući da je i u našem slučaju eksperiment taj koji vodi i predstavlja veoma izazovan zadatak za naučnu teoriju. U stvari, sve ukazuje na to da za objašnjenje eksperimenta o vodi nije dovoljno koristiti odvojena znanja klasične i kvantne teorije, već je potrebno iznaći novi pristup na osnovu njihovog jedinstva (nemački pojam *aufgehoben* – nešto što je istovremeno prevaziđeno i sačuvano), što opet samo po sebi predstavlja težak zadatak.



Slika 5.35. Spektroskopski dijagram vode (18,2 MΩ) pre i posle njene klasterizacije pod uticajem oscilatornog magnetnog polja  $\Phi$  (infracrvena spektroskopija u domenu 900–1.700 nm).

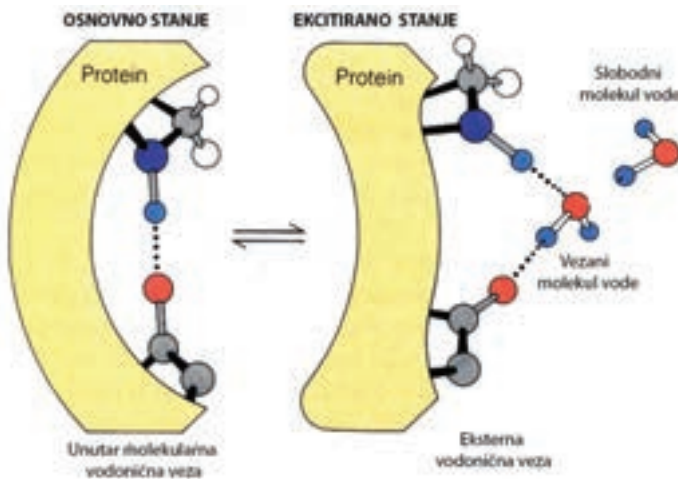


Slika 5.36. Spektroskopski dijagram vode (18,2 MΩ) pre i posle njene klasterizacije pod uticajem oscilatornog magnetnog polja  $\Phi$  (infracrvena spektroskopija u domenu 900–1.700 nm).

Eksperimentalna istraživanja pokazuju da obična voda („česnovača“) zbog prisustva jona i dinamike stvaranja i razgradnje klastera vode, u proseku, ima magnetnu aktivnost na nivou oko 0,15 nT (odnosno 250 pT). Zbog neravnotežnog odnosa dijamagnetnih i paramagnetnih elemenata u vodi, magnetni oscilatorni proces je veoma neujednačen, sa fenomenima čestog „magnetnog praska“. Svetski proizvođači energetskih filtera za vodu (SAD, Japan, J. Koreja i dr.) donekle su uspeali da izbalansiraju jonski sastav filtrirane vode, smanje učestalost „magnetnog praska“ i do izvesnog stepena poboljšaju njene

magnetne osobine, podižući tako nivo magnetizacije vode na oko 0,28 nT. Međutim, to nije dovoljno jer je donji prag magnetizma koji treba da ima voda za piće oko 0,46 nT, a gornja granica je oko 4,67 nT (saglasno magnetnim osobinama ljudskog tkiva i njihovoj interakciji sa magnetnim poljem Zemlje). Na osnovu ispitivanja 18 voda koje se nalaze u slobodnoj prodaji kod nas (u Srbiji) nijedna ne zadovoljava ovaj biofizički uslov. Međutim, njihovim tretmanom pomoću odgovarajućih uređaja sa promenljivim parametrima (za svaku vodu su drugačiji parametri) može se podići magnetna energetska vrednost vode do određene granice, a da se ne menja njen hemijski sastav. Neke vode se lakše, a neke teže klasterizuju, što iziskuje i različita tehnička rešenja uređaja.

Jedan primer toga kako voda može da utiče na funkcionalnost proteina pokazan je na slici 5.37. Ako se protein nalazi u osnovnom stanju, onda je njegova konfiguracija kao na slici 5.37 (*levo*), ali ako molekul vode razgradi nekovalentnu vodoničnu vezu osnovnog stanja proteina na način kako je to pokazano na slici 5.37 (*desno*), onda će se protein naći u ekcitanom stanju (promeni se konfiguracija) i njegova osnovna funkcija je narušena. Ovaj primer, pored slobodne energije i pH vrednosti, ukazuje koliko je važna uloga vode u najelementarnijim biološkim interakcijama.



Slika 5.37. Promena konformacionog stanja proteina pod uticajem molekula vode (promena karaktera vodonične veze: od jedne interne nekovalentne vodonične veze nastaju, pod dejstvom molekula vode, dve eksterne vodonične veze) (Nossal, 1991).

Kroz navedene primere klatrina, kolagena, mikrotubula, cilija, centriola i vode pokazali smo da su ove strukture organizovane po ikosaedarskoj/dodekaedarskoj simetriji. Za odgovarajuća energetska stanja tako organizovanih struktura, kao što su  $T_{1u}$ ,  $T_{2u}$ ,  $T_{1g}$  i  $T_{2g}$ , zakonitosti su date po  $\phi$  i  $\Phi$ . U literaturi to je poznato kao Fibonačijevi brojevi i zakoni zlatnog preseka, pa ćemo sada reći nešto i o Fibonačijevom značaju za savremenu nauku. Da biste odmah bili svesni njegovog značaja, recimo samo to da su se sve do 1204. godine koristili (u zapadnom svetu) rimski brojevi, a da je Fibonači uveo indijsko-arapske brojeve, koji su danas osnova nauke.

## 5.7. Fibonačijevi brojevi

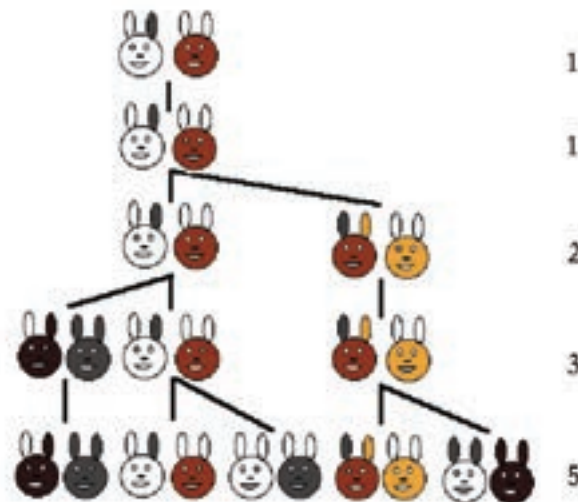
Fibonači je posmatrajući biološki proces, razmnožavanje zečeva, došao do otkrića jedne posebne klase brojeva, koji pripadaju skupovima prirodnih brojeva  $\Phi$  (1,61803...) i  $\phi$  (0,61803...). Zašto kažemo prirodnih brojeva? Zato što su se oni realizovali kao složene strukture, koje izazivaju osećaj *lepog* i *uzvišenog*. Zato su to brojevi koji pripadaju *matematici naturalis* na kojima počiva priroda (grčki φυσική), odnosno fizička stvarnost, nasuprot *matematike instrumentalis*, kao instrumenta uma koji je dovoljan samom sebi. Ovo svoje saznanje Fibonači je publikovao 1202. godine u knjizi *Liber Abaci*. Evo šta su za njega rekli njegovi savremenici:

„...Leonardo iz Pize, poznat kao Fibonači, odigrao je važnu ulogu u oživljavanju stare matematike i svojim pristupom dao značajan doprinos. Svojom knjigom *Liber Abaci* uveo je hindu-arapski poziciono-vrednosni decimalni sistem i korišćenje arapskih brojeva u Evropi, što je otvorilo renesansu u nauci.“ Važno je napomenuti da su se pre toga u Evropi koristili rimski brojevi, čija je primena u nauci bila krajnje ograničena.

Brojevi  $\Phi$  i  $\phi$  se mogu dobiti na više načina, a mi ćemo ovde pokazati tri. Prvi je preko razmnožavanja zečeva, kako je to uradio Fibonači (*matematika naturalis*). Imamo prvi par zečeva (prvi „1“) koji se razmnožio i za to vreme postoji samo jedan par (drugi „1“). Zatim je taj par dao novi par, pa sada postoje dva para („2“). Stari par je nastavio da se razmnožava (dok novi par stasava za razmnožavanje) i dao još jedan par, tako da sada postoje tri para („3“). Proces se nastavlja i stari par daje još jedan novi par, ali je sada prvi novi par stasao za potomstvo, pa sada imamo pet parova („5“), i tako dalje (Vajda, 1989).



Leonardo  
de Pisa Fibonacci  
(1170–1250)



Slika 5.38. Shematski prikaz razmnožavanja zečeva i generisanje Fibonačijevih brojeva na bazi para brojeva.

Drugi pristup je preko niza brojeva koji naš um formira (*matematika instrumentalis*): 0, 0!, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144... pa se tako dobijeni brojevi stavljaju u odnos: manji ( $n$ ) prema prvim većim ( $n+1$ ) i inverzno veći ( $N$ ) prema susednom manjem ( $N-1$ ). Ovde treba zapaziti da smo uveli 0! kao logičan prelaz između 0 i 1, tj. da nema dvostrukog ponavljanja 1, kao što se to obično dešava (0, 1, 1, 2, 3...).

$\frac{0!}{0} = \infty$	$\frac{0}{0!} = 0$
$\frac{1}{0!} = 1$	$\frac{0!}{1} = 1$
$\frac{2}{1} = 2$	$\frac{1}{2} = 0,5$
$\frac{3}{2} = 1,5$	$\frac{2}{3} = 0,666$
$\frac{5}{3} = 1,666$	$\frac{3}{5} = 0,6$
$\frac{8}{5} = 1,6$	$\frac{5}{8} = 0,625$
$\frac{13}{8} = 1,625$	$\frac{8}{13} = 0,615$
$\frac{21}{13} = 1,615$	$\frac{13}{21} = 0,619$
$\frac{34}{21} = 1,619$	$\frac{21}{34} = 0,617$
.....	.....
$\frac{\sqrt{5}+1}{2} = 1,61803$	$\frac{\sqrt{5}-1}{2} = 0,61803$

Treći pristup je preko kvadratnih jednačina. Prva kvadratna jednačina

$$x^2 + x - 1 = 0,$$

daće rešenja  $x_1 = -1,61803$  i  $x_2 = 0,61803...$ , dok će kvadratna jednačina

$$x^2 - x - 1 = 0$$

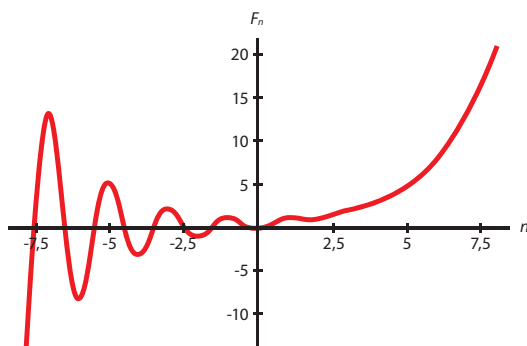
dati rešenja  $x_1 = 1,61803$  i  $x_2 = -0,61803...$  što daje četiri rešenja:  $-\Phi$ ,  $\Phi$ ,  $\phi$ ,  $-\phi$ , što se može grafički predstaviti kao uređena četvorka:

- $\Phi$	$\phi$
- $\phi$	$\Phi$

Međutim, Bine je uopštio Fibonačijev niz u formi

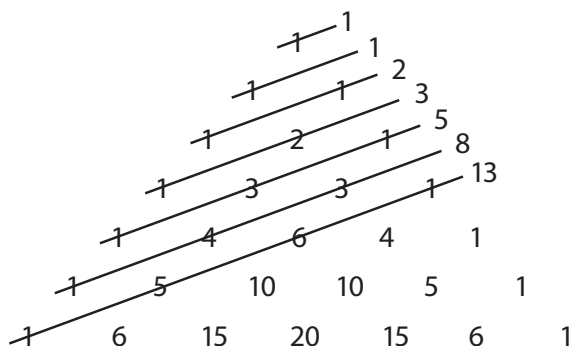
$$F_n = \frac{(1 + \sqrt{5})^n - (1 - \sqrt{5})^n}{2^n \sqrt{5}}$$

što je predstavljeno na slici 5.39 .



Slika 5.39. Bineovo uopšteno rešenje Fibonačijevog niza.

Pored uočavanja fenomena razmnožavanja zečeva i formiranja potpuno novog sistema brojeva, Fibonači je deo veliki doprinos matematici time što je indijsko-arapski sistem brojeva uveo u matematiku zapadne civilizacije.



Slika 5.40. Paskalov trougao i Fibonačijevi brojevi.



Od mnoštva primera primene i realizacije Fibonačijevih brojeva (raspored lišća na granama drveća, princip minimuma ometanja, piramida u Egiptu, hramova u antičkoj Grčkoj, proporcija ljudskog tela, periodnog sistema elemenata, genetskog koda i dr.), Paskalov trougao i šah su dva najelegantnija primera primene Fibonačijevih brojeva u matematici i nauci generalno.

Paskalov trougao je dat na slici 5.40, i kao što možemo videti ograničen je sa leve i desne strane jedinicama. Ako uzmemo zbir brojeva (po linijama), vidimo da se generiše (desno) niz brojeva 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13..., što su u stvari Fibonačijevi brojevi.

Da bismo videli kako u osnovi šahovske igre stoje Fibonačijevi brojevi, pokažimo to na šahovskoj ploči. Polazimo od opštepoznate činjenice da *snaga* svake figure zavisi od njene pokretljivosti po šahovskoj tabli, pa je prema tome *dama* najjača šahovska figura, jer može sa svakog polja učiniti više poteza nego bilo koja druga figura.

Da bi se dobio *numerički izraz za snagu* svake pojedine figure, može se ovom problemu prići na sledeći način (slika 5.41):

8	2	3	4	4	7	7	7	7
7	3	4	6	6	9	9	9	7
6	4	6	8	8	11	11	9	7
5	4	6	8	8	13	11	9	7
4	14	14	14	14	27	25	23	21
3	14	14	14	14	25	25	23	21
2	14	14	14	14	23	23	23	21
1	14	14	14	14	21	21	21	21
	A	B	C	D	E	F	G	H

Slika 5.41. Šahovska tabla sa „potencijalima“ figure.

Slova **S**, **L**, **T**, **D** označavaju redom: Skakača, Lovca, Topa i Damu.

Za svaku od tih figura iskorišćena je samo četvrtina polja, jer pozicije su iste u sva četiri polja, pa su isti brojevi u ostale tri četvrtine polja simetrično raspoređeni.

Ako sad sumu svih brojeva na čitavoj tabli nazovemo potencijom figure kojoj ta suma pripada i označimo je odgovarajućim slovom, dobija se:

$$S = 336, L = 560$$

$$T = 896, D = 1456.$$

Lako se uočava da je  $D = T + L$ , što nije ništa neobično, jer *dama* sadrži u svom kretanju i poteze *topa* i poteze *lovca*.



Međutim, više iznenađuje relacija  $T = L + S$ , koja omogućava da se formiraju odnosi:

$$D : T = T : L \text{ i } T : L = L : S$$

Ako se ima u vidu da je:

$$D - T = L \text{ i } T = L + S$$

tada se dolazi do saznanja da su veličine  $D$ ,  $T$ ,  $L$  i  $T$ ,  $L$ ,  $S$  u relaciji preko Fibonačijevih brojeva, jer:

$$\begin{aligned} D : T & \quad 1456:896 & = 1,625 = 13/8 \\ T : L & \quad 896:560 & = 1,600 = 8/5 \\ L : S & \quad 560:336 & = 1,666 = 5/3. \end{aligned}$$

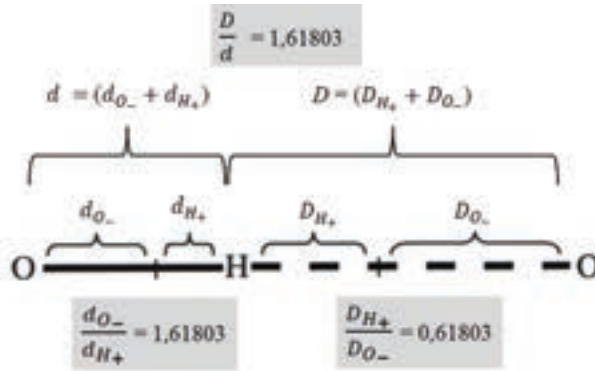
Sva tri odnosa podudaraju se tačno u decimalu sa jednim od odnosa dva Fibonačijeva broja. Šta je sa kraljem i pešakom? *Kralj* ima potencijal 8, a *pešak* potencijal 5 (1 polje napred, 1 polje levo, 1 polje desno, 2 polja pravo kada se mimoilazi sa protivničkim pešakom). Dakle, odnos *kralj* : *pešak* = 8/5. Kada se sve to uzme u obzir i uvede korekcionni faktor za odnos *Dama* = *Top* + *Lovac* (dama je jedna figura i stoji na jednom polju, a top i lovac su dve figure i stoje na dva odvojena polja – situacija nije ista) dobija se da je *potencija* šaha data kao potpuno rešenje zakona Fibonačijevih brojeva.

Pored toga treba imati u vidu da se svi brojevi dekadnog sistema mogu generisati iz  $\Phi$  i  $\phi$  na sledeći način:

$$\begin{aligned} \Phi - \phi & = 1 \\ \Phi + \phi^2 & = 2 \\ \Phi^2 + \phi^2 & = 3 \\ \Phi^3 - \phi^3 & = 4 \\ (\Phi + \phi)^2 & = 5 \\ 2(\Phi^2 + \phi^2) & = 6 \\ \Phi^4 + \phi^4 & = 7 \\ 2(\Phi^3 - \phi^3) & = 8 \\ 3(\Phi^2 + \phi^2) & = 9 \\ 2((\Phi + \phi)^2) & = 10 \\ \Phi^5 - \phi^5 & = 11 \\ \dots\dots\dots & \\ \Phi^6 + \phi^6 & = 16 \\ \dots\dots\dots & \\ (\Phi^3 + \phi^3)^2 & = 20 \\ \dots\dots\dots & \end{aligned}$$

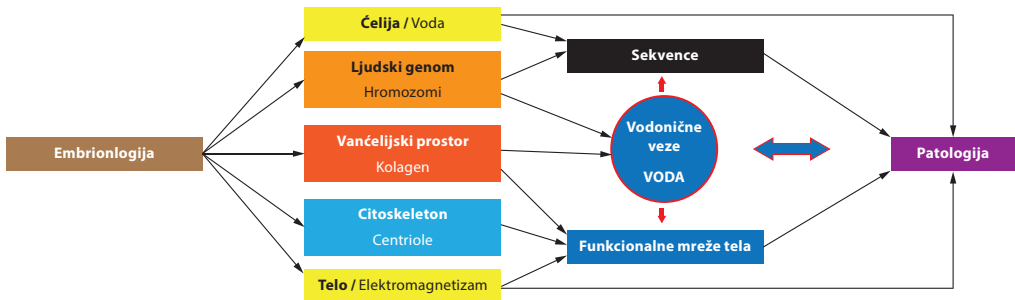
Pored generisanja pozitivnih celih brojeva moguće je pomoću Fibonačijevih brojeva  $\phi$ ,  $\Phi$  generisati *nulu* i *negativne* brojeve. Imajući ovo u vidu, postavlja se pitanje da li uređenje vode, sa njenim beskrajno mogućim kombinacijama, može generisati inicijalni informacioni potencijal za realizaciju najprimitivnije „računske mašine“. Znači li to da

je svaka naša ćelija „mali“ računski sistem na bazi mreže kovalentnih i nekovalentnih vodoničnih veza (slika 5. 42)? Sa aspekta kompleksnosti „mreža vodoničnih veza“ ćelije, a posle i celog tela, mnogo je univerzalnija (ali primitivnija, jer je poseduju i jednoćelijski organizmi koji nemaju neurone, nego molekularnu mrežu citoskeletona i vodonične veze) nego mreža neurona. Ovo otvara mnoga pitanja, a pre svega nalaže preispitivanja naših „dogmi“ o biološkim informacionim procesima i fenomenu života na bazi interakcije svetlosti i vode.



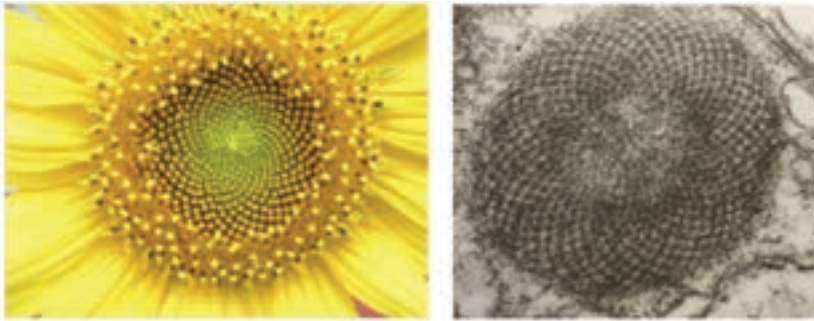
**Slika 5.42.** Fibonačijeva „molekularna mašinerija“ kovalentnih i nekovalentnih vodoničnih veza koja je sposobna ne samo da generiše procese i prenos informacija, već i da postojeće narušene procese pod uticajem adekvatnog spoljnog dejstva vraća u normalne prirodne harmonizovane procese. Vodonične veze su, u stvari, jedan od najboljih primera koncepta jin-janga, koji je koncept uređene četvorke: veliki Jin ( $d_{O-}$ ), mali jin ( $d_{H+}$ ), veliki Jang ( $D_{O-}$ ), mali jang ( $D_{H+}$ ).

Buduća medicina, koja se sve više okreće personalnoj medicini, sve će više primenjivati znanja iz oblasti funkcionisanja našeg organizma na bazi Fibonačijevih struktura (DNK, voda, vodonične veza u biomolekulima i dr.), kao i znanja iz embriogeneze. Značajni elementi jednog takvog pristupa su dati na slici 5.43.



**Slika 5.43.** Glavni sistemski elementi u kojima su dominantne Fibonačijeve strukture i procesi. One će biti okosnica novog pristupa u preventivi, skriningu, monitoringu, dijagnostici i terapiji na bazi interakcije svetlosti (elektromagnetizama) i tkiva (biomolekula, ćelija i organa).

U ovom poglavlju videli smo da su mnoge biološke strukture (klatrin, kolagen, mikrotubule, cilije, centriole, voda i dr.), skoro 75% ljudskog organizma, zapravo Fibonačijeve strukture, jer su uređene po zakonima ikosaedarske (dodekaedarske) simetrije. Njihove elektronske, vibracione i rotacione energije ( $T_{1g}$ ,  $T_{2g}$ ,  $T_{1u}$  i  $T_2$ ) determinisane su Fibonačijevim zakonima. Pored toga, jedan od najvažnijih procesa za odvijanje biohemijskih reakcija, Gibsova slobodna energija, determinisan je preko univerzalne gasne konstante i temperature Fibonačijevim brojem  $\Phi$ .



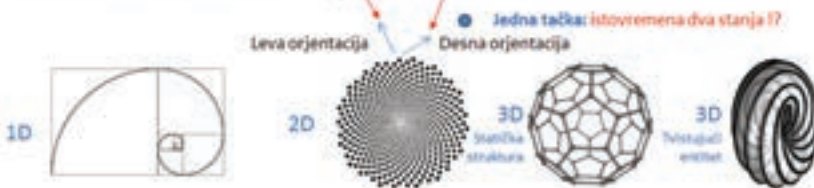
**Slika 5.44.** Suncokret (levo) jedan je od najočiglednijih primera realizacije Fibonačijevih brojeva u prirodi (realizacija u 2D) i torosoidna organela (realizacija u 3D) u ćelijama oka za noćno viđenje (čepići) koja omogućava hiperpolarizaciju ćelije (desno). Ova dva primera pokazuju realizaciju Fibonačijevih brojeva kao matematiku naturalis u prirodi i biološkim sistemima.

**Tabela 5.3.** Ikosaedarska simetrijska grupa koja determiniše energetska stanja struktura ( $T_{1g}$ ,  $T_{2g}$ ,  $T_{1u}$  i  $T_{2u}$ ) i procesa po zakonima Fibonačijevih brojeva.

$I/h_s$	$E$	$12C_5$	$12C_5^2$	$20C_3$	$15C_2$	$i$	$125I_0$	$125I_0^2$	$205I_0$	$15\sigma$
$A_5$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$T_{1g}$	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1
$T_{2g}$	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1
$G_5$	4	-1	-1	1	0	4	-1	-1	1	0
$H_5$	5	0	0	-1	1	5	0	0	-1	1

$A_5$	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
$T_{1u}$	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1	-3	$-\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$-\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	1
$T_{2u}$	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1	-3	$-\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$-\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	1
$G_5$	4	-1	-1	1	0	-4	1	1	-1	0
$H_5$	5	0	0	-1	1	-5	0	0	1	-1



U ovom poglavlju pokazano je da se važne strukture i procesi odvijaju po zakonima ikosaedarske simetrije, koja se može opisati Fibonačijevim brojevima i njihovim strukturnim elementima. Kako biološki fiziko-hemijski procesi nisu savršeni (ne dešavaju se po  $\phi$  i  $\Phi$ , već po nekom od članova niza koji ih generišu: 3/5, 5/8, 8/13... ili obrnuto), potrebno je iznaći adekvatno elektromagnetno (svetlosno) dejstvo koje će omogućavati prevenciju (očuvanje dobrih postojećih odnosa u organizmu) i tretman nastalih poremećaja.

## Literatura

1. Chaplin, M.F., Water structure science. <http://www.lsbu.ac.uk/water/>
2. Gilli, G., Gilli, P. *The Nature of the Hydrogen ond: Outline of a Comprehense Hydrogen Bond Theory*. Oxford University Press, Oxford, 2009.
3. Gulrajani, R.M., *Bioelectricity and Biomagnetisam*. John Wiley and Sons, New York 1998.
4. Dustin, P., *Microtubules*. Springer-Verlag, Berlin, 1984.
5. Eisenberg, D., Kauzmann, W., *The structure and properties of water*. Oxford University Press, Oxford, 1969.
6. Ericson, R.O., Tubular packing of speheres in biological fine structures. *Science*, 181: 705-781, 1973.
7. Fuchs, C.E., et al., Investigation of the mid-infrared emission of a floating water bridge. *J. Phys D: Appl phys* 45: 475401 (10pp) 2012.
8. Havelka, D., Cifra, M., Calculation of the Electromagnetic Field Around a Microtubules. *Acta Polytechnica*, 49 (2-3): pp.58-63, 2009.
9. Heyrovska, R., Dependence of the length of the hydrogen bond on the covalent and cationic radii of hydrogen, and additivity of bonding distances. *Chemical Physics Letters*, 432: pp. 348-351, 2006.
10. Jeffrey, A.G., *An Introduction to Hydrogen Bonding*. Oxford University Press, New York, 1997.
11. Kamaseki, T., Kadota T., The vesicle in a basket. *J. Cell Biol*, 42:202-220, 1969.
12. Koltz, M.I., *Introduction to Biomolecular Energetics*. Academic Press, Orlando, 1986.
13. Koruga, Dj., Hameroff, S., Withers, J., Loutfy, R., Sundereshan, M., *Fullerene C<sub>60</sub>: History, Physics, Nanobiology, Nanotechnology*. North-Holland, Amsterdam, 1993.
14. Koruga, Dj., Golden mean harmonized water and aqueous solution, PCT/US2008/052946 Patent, International publication number WO 2008/097922 A2, 2008.
15. Matija, L. Nanotechnology: artificial versus natural self-assembly (Reviewing paper). *FME Transactions*, 32, 1-14. 2004.
16. Mathews, C. K., van Holde, K.E., *Biochemistry*. The Benjamin/Cummings Pub. Co., Redwood City, 1990.

17. Nossal, R., Lecar, H., *Molecular and Cell Biophysics*. Addison-Wesley, Reedwood City, 1991.
18. Pollard, T.D., Earnshaw, W.C., *Cell biology*. Saunders, Philadelphia, 2002.
19. Sang, R-L., Xu, L., Reversible formation of regular pentagonal dodecahedral (H<sub>2</sub>O)<sub>20</sub> in 2D metal-organic framework. *Cryst Eng Comm* 12, pp. 1377-1381, 2010.
20. Schechtman, I.A, Blech, D., Cahn, J.W., Metallic phase with long-range orientational order and no translational symmetry. *Phys Rev Lett*, 53 (20)1951-1953, 1984.
21. Shigemitsu, T., Electromagnetic Fields, Biophysical Processes, and Proposed Biophysical Mechanism. pp.193-220, in Book Kato, M., (Ed.), *Electromagnetics in Biology*. Springer, Tokyo, 2006.
22. Tsenkova, R., Introduction Aquaphotomics: dynamic spectroscopy of aqueous and biological systems describes peculiarities of water. *J. Near Infrared Spectroscopy*, 17, pp. 303-313, 2009.
23. Tuszynski, A.J., *Molecular and Cellular Biophysics*. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, 2008.
24. Vajda, S., *Fibonacci and Lucas numbers, and the Golden section: Theory and application*. Ellis Horwood Ltd, New York, 1989.
25. Westerhoff, H.V., van Dam, *Thermodynamics and control of biological free energy transduction*. Elsevier, Amsterdam, 1987.



# 6

## HIPERPOLARIZOVANA SVETLOST





*Jedno samo sebi okrenuto osuđeno je da umre,  
svet koji ne može da se oplodi i rodi nov,  
mrtav je svet.  
dr ARTUR DŽANOV  
(Primalni krik)*

## 6.1. Zračenje Sunca

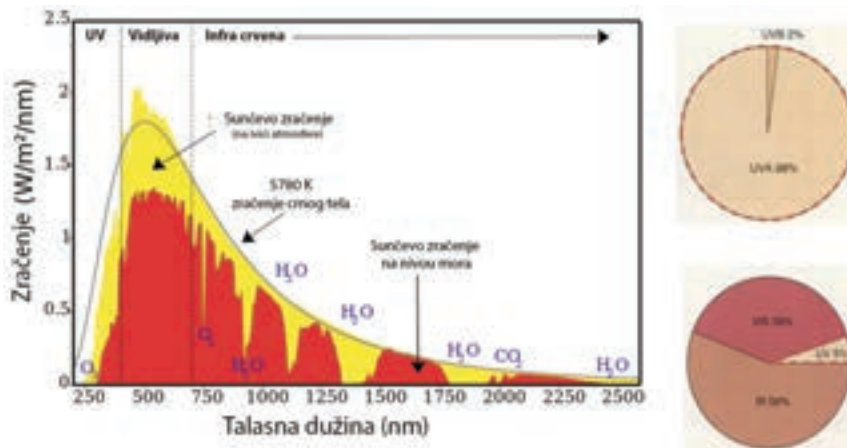
Izloženost tkiva difuznoj (DS) ili monohromatskoj (laserskoj, LS) svetlosti može imati pozitivne i negativne efekte, u zavisnosti od toga kojom se energijom (talasnom dužinom, odnosno frekvencijom:  $E = h\nu$  i  $c = \nu\lambda$ ) deluje i koliko dugo. Osnovni princip dejstva je apsorpcija energije, neophodne za funkcionisanje date strukture. Ako se dobro odredi talasna dužina, specifična gustina energije i dužina trajanja stimulacije, mogu se očekivati dobri parcijalni i lokalni efekti. Međutim, ako izostane dobar odabir svetlosnog izvora i pravilnog trajanja terapije, mogući su i štetni efekti.

Najočigledniji primer je dejstvo dnevne sunčeve svetlosti koja je, kada je Sunce u zenitu,  $1.050 \text{ W/m}^2$  ( $1,05 \text{ mW/cm}^2$ ). Kako je sunčeva svetlost difuzna i polihromatska u rasponu od 290 do 3.200 nm, pri čemu je od 100 do 400 nm UV zračenje sa 5% učešća (UVC zračenje, 100–280 nm, zaustavlja ozonski omotač i samo 0,1% dolazi do površine Zemlje; UVB zračenje 280–320 nm je svega 2% od ukupnog UV zračenja, a ostatak od 97,9% je UVA zračenje, 320–400 nm), vidljivi deo spektra je 39% od 400 do 780 nm i najviše je infracrvenog zračenja – 56% u opsegu 780–3.200 nm. Kratkotrajna izloženost UVA zračenju je korisna zbog melanogeneze i sinteze vitamina  $D_3$  (poboljšava bolju iskorišćenost kalcijuma u organizmu, što je posebno važno za decu i osobe sa osteroporozom), ali duže izlaganje je štetno i izaziva prevremeno starenje (pojavu oštećenja kože, pre svega pega na licu i rukama), fotoalergijske reakcije, imunološku supresiju, rak kože i melanom.

Posle nekoliko minuta sunčanja (u zavisnosti od doba dana i tipa kože) može nastati crvenilo, tj. inflamatorni, zapaljenski proces, jer je koža apsorbovala prekomernu količinu energije zračenja. Količina energije potrebna da izazove jednolično, jasno izraženo crvenilo u toku 24 časa, naziva se *minimalna eritemska doza* (MED – *Minimal Erythema Dose*). Vrednost MED-a kod osoba svetle puti je u intervalu 20–70 mJ/cm<sup>2</sup>.

Ako je u pitanju korekcija oštećenja na molekularnom nivou (jednog tipa molekula) onda monohromatska koherentna svetlost (laserska) ima prednost nad difuznom svetlošću, pod uslovom da se pravilno odabere frekvencija i dužina tretmana. Međutim, ako je u pitanju multimolekularna disfunkcija tkiva onda je uz adekvatan odabir talasnih dužina, snage i vremena tretmana bolja difuzna svetlost. To je slično kao u lovu, odnos karabina i lovačke puške (dvocevke, sačmarice): karabinom možete jednim hicem ubiti

jednu lovnu životinju, a sačmaricom možete pogoditi jednu ili više lovnih životinja ako su blizu jedna druge (a i veća je verovatnoća da će od 100 zrna divljač biti pogodena, nego od jednog zrna).



**Slika 6.1.** Normalizovani spektar zračenja Sunca po nanometru ( $W/m^2/nm$ ) koji dolazi do Zemljine atmosfere (žuto) i do površine Zemlje (crveno). Vidimo da talasne dužine do 280 nm apsorbuje ozon ( $O_3$ ), molekularni kiseonik ( $O_2$ ) apsorbuje oko 750 nm, a voda 1.700 nm, 1.300 nm, 1.850 nm i 2.500 nm. Ukupno zračenje koje dolazi do površine Zemlje je UV – 5% (od toga 98% UVA i 2% UVB), VIS – 39% i IR – 56%.

Za linearno polarizovanu svetlost (LPS) važi isto što i za difuznu i lasersku svetlost, s tim što LPS ima prednost, jer deluje ne samo apsorpciono na biomolekule nego i strukturalno-organizaciono na tkivo, pošto su energije LPS-a raspoređene u ravnima. Sve biološke strukture koje su izlomljene i iskrivljene, a u normalnom funkcionalnom stanju su linearno uređene (kao tečni kristali, kolagen, mikrotubule, lipidi u membranama, unutrašnje uređenje mitohondrija i linearna organizacija dipolnih momenata vode), a koje treba „ispraviti“, biće dovedene u normalno funkcionalno stanje (kao što češalj od umršene kose pravi lepu frizuru) pod dejstvom LPS-a, uz dobar odabir svetlosnog spektra i svetlosne energije u vremenu.

Kod difuzne i laserske svetlosti regulišu se elektronske apsorpcione energije, tj. energije valentnih elektrona, koji su na nivou 1,0–3,5 eV ( $1eV = 1,602 \times 10^{-19}$  J). Međutim, vibracione, rotacione i translacione energije izmiču ovim dejstvima, jer one su 100, 1.000, pa i 10.000 puta manje od elektronskih, respektivno.

Očigledan primer značaja vibracionih i rotacionih energija je zagrevanje hrane pomoću vode, ali ne pomoću klasičnog šporeta, već u mikrotalasnoj rerni. Poznato je da voda najmanje apsorbuje plavu svetlost i da se stepen apsorpcije povećava sa talasnom dužinom, sve do 3  $\mu m$ , a onda opet opada. Zašto je za vodu važna ta talasna dužina? Odgovor je jednostavan: zato što je to rotacioni mod vode oko simetrijske ose  $C_{2v}$ . Znači, dovođenjem energije sa frekvencijom oko  $9,5 \times 10^{13}$  Hz ( $\sim 0,4$  eV) stimuliše se rotacija molekula vode, a njihova rotacija izaziva trenje i međusobno sudaranje molekula, pa se

stvara toplota koja zagreva hranu. Sličan slučaj je i sa hemoterapijom, kada se u obolelo tkivo, lokalno, ubacuje materijal koji je senzitivn na odgovarajuće frekvencije, pa se prilikom stimulacije proizvodi toplota i obolele ćelije (i manji deo zdravih) bivaju „ubijene“.

Svetlost, bilo difuzna, polarizovana ili laserska, primenjuje se za tretman bioloških struktura i tkiva na osnovu njihovih apsorpcionih karakteristika. Linearno polarizovana svetlost ima prednost u odnosu na ostale dve vrste svetlosti jer ostvaruje i efekat uređenja struktura (princip „češlja“). Reč je o linearnom uređenju molekula vode, preko dipola vode, kolagenskih vlakana i mikrotubula, kao i linearnog procesa proizvodnje ATP u mitohondrijama i dr. Međutim, videli smo da pojedini biomolekuli (voda, klatrin, mikrotubule, kolagen i dr.), strukture (centriole, cilije, i dr.) i procesi na bazi slobodne Gibsove energije imaju specifičnu pravilnost koja strukturalno podleže ikosaedarskoj i dodekaedarskoj simetriji, a funkcionalno Fibonačijevim zakonima.

U petom poglavlju pokazali smo na primeru vode da je Fibonačijev zakon nit koja povezuje „neživu materiju“ i „živu materiju“. Vodu u čaši možemo smatrati „neživom“ materijom, ali ta ista voda kada je popijemo u našem organizmu postaje „živa materija“. U ovom poglavlju videćemo da Fibonačijevi zakoni mogu odrediti i „tehničku materiju“ na bazi svetlosti, i tako ostvariti vezu *priroda–čovek–tehnika* (na bazi Fibonačijevog zakona, odnosno ikosaedarsko/dodekaedarske simetrije). Ovo nas približava Teslinoj ideji da „nema mrtve materije, jer po celoj beskrajnoj vaseljeni sve se kreće, sve treperi, sve živi“, i to ne nasumično i haotično, već uređeno, jer kako Tesla kaže: „ko razume veličanstvo broja tri, taj će razumeti mehanizam univerzuma“ (Tesla, 1977).

## 6.2. Svetlost u medicini

Cilj nanofotonike je pomoć ljudima u prevenciji i održavanju funkcionalnog stanja tkiva, organa i tela. Međutim, ako je došlo do njihove disfunkcije, onda treba tu disfunkciju otkloniti, odnosno izlečiti obolelo tkivo, organ ili telo.

Danas se u medicini koriste tri osnovna tipa svetlosti: difuzno, polarizovano (linearno ili cirkularno) i lasersko.

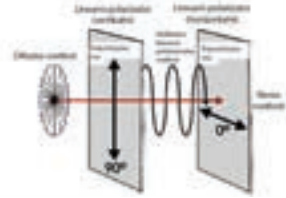
### *Tri osnovne vrste svetlosti u medicini*

#### *Difuzna svetlost*



- Polihromatska (fotoni sa različitim talasnim dužinama)
- Multiusmerenost (random rasipanje)
- Inkohherentost (nije u fazi ni prostorno ni vremenski)
- EM komponente su upravne jedna na drugu, ali je njihova orijentacija nasumična

## Linearno polarizovana svetlost



- Polihromatska (fotoni sa različitim talasnim dužinama)
- Fotoni iste talasne dužine uređeni u ravni
- Inkohherentost (nije u fazi ni prostorno ni vremenski)
- Polarizacija moguća kao vertikalna ili kao horizontalna

## Laserska svetlost



- Monohromatska (jedne talasne dužine)
- Usmerena (visoka energija po mm<sup>2</sup>)
- Koherentna (u fazi prostorno i vremenski)
- Polarizacija moguća kao vertikalna ili kao horizontalna

## Difuzna svetlost u medicini



Niels Ryberg Finsen



Lupus vulgaris

Nobelova nagrada za fiziologiju i medicinu 1903. dodijeljena je Nilsu Rajbergu Finsenu „u znak priznanja za njegov doprinos u lečenju bolesti, posebno *lupusa vulgarisa*, sa usmerenim difuznim svetlosnim zracima u domenu UVA, čime je otvorio novi put u medicini“.

Prvu uspešnu medicinsku primenu veštačke svetlosti u medicini realizovao je danski lekar Finsen, koji je još 1893. godine koristio crveni deo vidljivog spektra za lečenje velikih boginja. Takođe, u toku 1895. on je uspešno koristio ultraljubičasto zračenje u lečenju *lupusa vulgarisa* (na slici dole), oblika tuberkuloze kože. UV zračenje je generisano pomoću snažnog ugljeničnog-arc pražnjenja. Dobijeno ultraljubičasto zračenje uglavnom se sastojalo od UVA zraka. Toplotu koja nastaje zbog infracrvenog zračenja je koristio za lokalno tretiranje osetljivih delova lica. Finsenov ultraljubičasti uređaj je postao poznat kao Finsena lampa.

## Linearno polarizovana svetlost u medicini

U ovom delu ćemo ukratko objasniti kako od difuzne svetlosti nastaje linearno polarizovana svetlost, odnosno kako aparati i uređaji na bazi linearno polarizovane svetlosti rade.

Kada difuzna svetlost, pod određenim uglom, padne na neku površinu (bilo materijal, bilo tkivo), ta površina uticaće na pojavu polarizovane svetlosti (obično njene

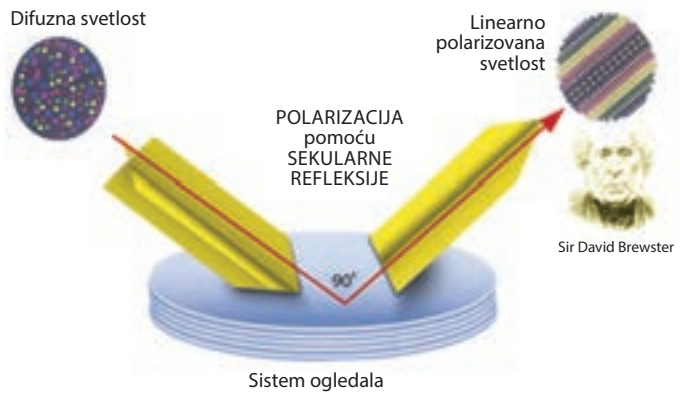


Primer dejstva linearno polarizovane svetlosti na vratni i gornji deo kičmenog stuba (BIOPTRON)

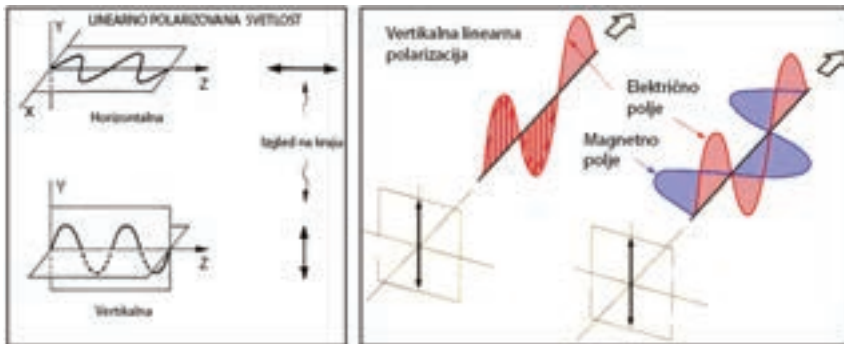
vertikalne, tj. električne komponente). Taj ugao se naziva Brusterov ugao. Posto je svetlost polihromatska, različite talasne dužine će uticati na tkiva i reakcije u tkivima. Zbog dominantnog prisustva električne komponente u reflektovanoj linearno polarizovanoj (vertikalna polarizacija) svetlosti, dejstvo će primarno biti fokusirano u tkivu (uzorku). Drugi princip dobijanja linearno polarizovane svetlosti je preko sekularne refleksije (ugao između upadne i reflektovane svetlosti je  $90^\circ$ ) pomoću sistema ogledala.

OSNOVNI REZULTATI DEJSTVA

- Dejstvo na ATP i povećanje unutar ćelijske energije
- Pобољшanje mikrocirkulacije i ćelijske aktivnosti
- Pобољшanje stvaranja fibroblasta (kolagena i elastina)
- Smanjenje otoka i zapaljenja i dr.
- Dermatološke promene i problem kože
- Sportske povrede
- Sezonske promene (SAD)
- Uređenje dipolnih momenata (vode, biomolekula)



Slika 6.2. Transformacija difuzne bele svetlosti u linearno polarizovanu svetlost pod Brusterovim uglom (Bolleter, H., Int. Pat.App. PCTEP95/03221, 1995, Aplikant BIOPTRON, Švajcarska).



Slika 6.3. Vertikalna komponenta fotonog talasa je električno polje, dok je u tom slučaju horizontalna komponenta magnetno polje fotona. Sistem može biti i inverzan, s tim da se upravnost električnog i magnetnog polja uvek zadržava.

## Laseri u medicini

U zavisnosti od talasne dužine mogu biti:

- Infracrveni (IR),
- Ultravioletni (UV)
- Laseri sa X zracima



**Tabela 6.1.** Primena laserske svetlosti u medicini

Primena	Talasna dužina (nm)								Snaga (W)	
Fotodinamička terapija (PDT)		630	635	652	660-690	753				1–15
Laserska terapija malih snaga	465	630	635	652	660-690					0,5–10
Stomatologija	465							810-980		0,5–10
Hirurgija								800-1500		0,5–10
Hipertermija kancera							940	980	1064	15–50

**Tabela 6.2.** Prednosti i mane primene svetlosti u terapijskoj medicini

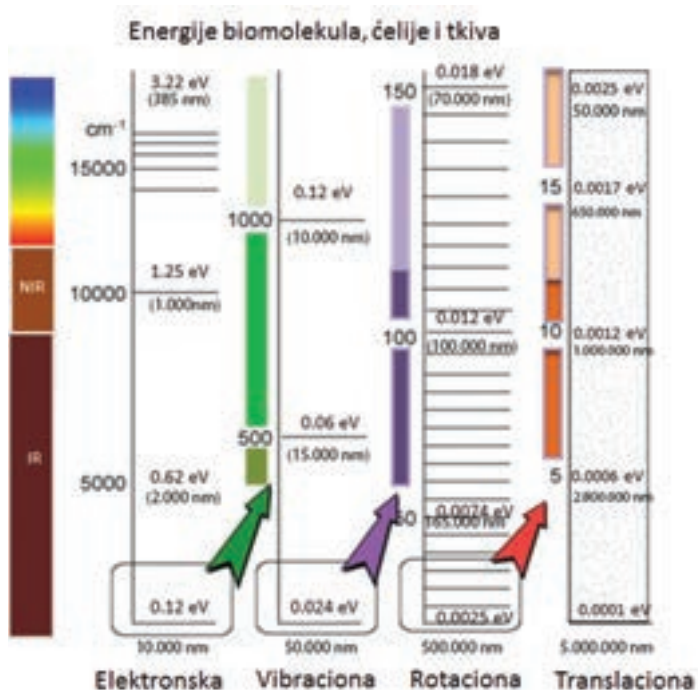
VRSTA SVETLOSTI	PREDNOSTI	MANE	
		Primarne	Sekundarne
<b>Difuzna</b> (Sunčeva svetlost ili lampa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svetlost talasne dužine 450–780 nm nije škodljiva</li> <li>• UVA talasne dužine 385–400 nm poželjna u ograničenoj dozi zbog sinteze vitamina D2</li> <li>• Poželjna za lečenje lupusa vulgarisa i dr.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svetlost talasne dužine 320–385 nm oštećuje kožu i čulo vida</li> <li>• Svetlost 385–450 nm oštećuje rožnjaču</li> <li>• Duže izlaganje ovoj svetlosti nije poželjno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nekontrolisano dugo izlaganje može dovesti do genetskih oštećenja kod ćelija kože i oka</li> <li>• Dovodi do degradacije vitamina A i C ako se duže izlaže svetlosti</li> </ul>
<b>Linearno polarizovana</b> (Reflektovana polarizovana sunčeva svetlost ili lampa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pozitivan uticaj na sintezu ATP</li> <li>• Pozitivan uticaj na sintezu fibroblasta</li> <li>• Uticaj na smanjenje slobodnih radikala</li> <li>• Tkivo postaje manje paramagnetno, a više dijamagnetno</li> <li>• Dobar uticaj na membrane (lipide), efekat „češlja“</li> <li>• Dobro za dijagnostiku na bazi reflektovane polarizovane svetlosti od tkiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preko 3 J/cm<sup>2</sup>, min. štetna</li> <li>• Polarizovana UVA povećava štetne efekte u odnosu na difuznu istih talasnih dužina</li> <li>• Na moru može izazvati opekotine i ako ste pod suncobranom ili u hladu (bez direktnog uticaja sunca)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ima prevashodno lokalni efekat na tkivo</li> </ul>
<b>Laserska</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobro za ablaciju tkiva</li> <li>• Dobro za operaciju</li> <li>• Dobro za tretman (malih snaga)</li> <li>• Dobro za dijagnostiku (raman i ostala spektroskopija)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opasna za oči</li> <li>• Samo za stručnu profesionalnu medicinsku upotrebu</li> <li>• Skupa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ima izrazito lokalni efekat na tkivo</li> </ul>



### 6.3. Uočavanje problema i njegovo idejno rešenje

U tabeli 6.2. izložene su glavne prednosti i mane pojedinih vrsta svetlosti koje su danas u medicinskoj upotrebi. Osnovni razlozi zašto stručnjaci biomedicinskog inženjerstva tragaju za novom vrstom svetlosti su:

1. Difuzna, linearano polarizovana i laserska svetlost su „divlje“ energije, jer deluju samo energetski, bez prepoznavanja toga koji i kakvi stimulansi su stvarno potrebni pojedinim biomolekulima, tkivima i organima. Pored toga, one ne pokrivaju sve opsege energetskih stanja biomolekula i tkiva, već prevashodno pokrivaju elektronska energetska stanja (1,4–3,4 eV) valentnih elektrona, ali ne i osnovno energetska, vibraciono i rotaciono stanje (slika 6. 4). Teško je pokriti sva energetska stanja biomolekula, ćelija i tkiva, ali naš fokus sa energetskog aspekta će biti oblast 0,012–1,6 eV (od fundamentalnih vibracija i vibro-rotacionih energija do osnovnih elektronskih stanja valentnih elektrona biomolekula). Sa postojećim uređajima koji generišu linearno polarizovanu svetlost, kao što je BIOPTRON (~40 mW/cm<sup>2</sup>), novi uređaj treba da generiše ~28 mW/cm<sup>2</sup> da bi imao dovoljno energije da deluje na osnovna elektronska, vibraciona i rotaciona stanja biomolekula i tkiva.



Slika 6.4. Energetske vrednosti elektronske, vibracione, rotacione i translacione energije biomolekula.

2. Sve tri dosadašnje vrste svetlosnih energija (difuzna, linearno polarizovana i laserska) deluju prevashodno lokalno, mada linearno polarizovana svetlost zbog mogućnosti uticaja na uređenje dipolnih momenata molekula vode može delovati regionalno (preko uređene vode).
3. Biomolekuli i tkiva su sazdani na jedinstvu strukture, energije i informacije, a ne samo na bazi strukture i energije.
4. Biološki informacioni procesi su veoma važni za funkcionisanje, održavanje i korekciju biomolekula, tkiva i organa.
5. Simetrija biomolekula određuje kako elektronska stanja (osnovna i ekscitirana) tako i vibraciono-rotacione energije, a samim tim i slanje signala (informacija) sa jednog kraja ćelije na drugi (princip rezonantnog biomolekularnog prepoznavanja na daljinu preko vode).
6. Svetlost (fotoni) za održavanje i korekciju bioloških struktura mora biti kompatibilna sa biostrukturama, odnosno uređenje fotona mora biti po istoj simetriji kao i simetrija biološke strukture, koja određuje njena elektronska, vibraciona i rotaciona energetska stanja.
7. Na osnovu rečenog, pred nama je zadatak da saglasno biomolekulima generišemo svetlost koja je kompatibilna sa njima po principu:

**SIMETRIJA biomolekula = SIMETRIJA uređenosti fotona**

Sličan zaključak dat je u radu Natali Ličinitser (Litchinitser, M. N.) „Structured Light Meets Structured Matter“ (*Science*, 337: pp. 1054-1055, 2012): „Može se očekivati da će se sinergijom kompleksnih materijala i kompleksne svetlosti ostvariti novi prodor u nauci o svetlosti i njenoj primeni“ (u radu, doduše, nije prepoznato da je ikosaedarska i dodekaedarska simetrija osnova toga prepoznavanja).

8. Ostvarenjem sinergije svetlosti i materije na bazi ikosaedarske i dodekaedarske simetrije ostvaruje se rezonantno prepoznavanje obrazaca uređenja u kojima su sadržana ne samo njihova energetska stanja već i entropijska, a samim tim i informaciona.
9. U petom poglavlju smo videli da je ikosaedarska simetrija prisutna kod klatrina, kolagena, mikrotubula, cilija, centriole i vode (kod vodenih klastera prisutna je i dodekaedarska simetrija), pa ćemo saglasno tome tražiti ona tehnička rešenja koja će omogućiti uređenje fotona po ikosaedarskoj simetriji, pre nego što stupe u interakciju sa tkivom.



Zbog svega navedenog potrebno je iznova preispitati proces generisanja i prenosa signala u biološkim sistemima, jer informacije imaju suštinsku ulogu u funkcionisanju bioloških sistema od nastanka (embriogeneze) do njihovog održavanja u zdravom stanju.

Ovom prilikom treba reći da simetrija ima značajnu ulogu u nauci (Icke, 1995), posebno fizici struktura i prostor-vremena (Elliott, 1990), odnosno kvantnoj dinamici teorije polja (Miransky, 1993). Za nas u ovom poglavlju najznačajnije su simetrije koje određuju elektronske, vibracione i rotacione energije (Harris and Bertolucci, 1978). Tako su, na primer, kristali uređeni po zakonima tačkaste simetrije, DNA kao aperiodični, klatrin, mikrotubule itd. kao molekularni kristali. Različitim vrstama simetrije opisuju se različiti fenomeni, počevši od elementarnih čestica, do složenih i prostor-vreme struktura.

## 6.4. Svetlost i dejstvo

### *Analiza jačine dejstva*

Pre svega, potrebno je videti koji tip simetrije je dominantan kod bioloških struktura i procesa koji su odgovorni za generisanje i prenos signala (informacija). S druge strane, potrebno je videti kakav je odnos električne i magnetne komponente kod bioloških struktura i njihovih veza. U prethodnom poglavlju istaknut je značaj koji za ljudski organizam imaju *voda* (70% ljudskog organizma i najrasprostranjenija materija u svim delovima tela), *kolagen* (40% od svih proteina i jedna od najznačajnijih ekstracelularnih struktura), *mikrotubule* („ćelijski mozak“, dominantna citoplazmična proteinska struktura odgovorna za transport materije u ćeliji, određivanje oblika ćelije, zajedno sa aktinom i intramedijalnim protofimentima određuje prednaponsko stanje ćelije, obezbeđuje signalizaciju na relaciji ćelijska membrana – membrana nukleusa i u interakciji sa klatrinom i vodom u mozgu stvara preprocesne aktivnosti u neuronu koje dovode do memorisanja, učenja i najverovatnije fenomena svesti), *cilije* (veoma važna funkcija površine epitelnih tkiva), *flagele* (veoma važna kod muških reproduktivnih ćelija, spermatozoida) i *centriole* (mikrotubularna struktura koja, zajedno sa DNK, predstavlja centralnu enigmnu molekularne biologije; odgovorne za deobu ćelija, organizaciju citoskeletona i regulativne funkcije u citoplazmi).

U petom poglavlju (o svetlosti) pokazali smo da je odnos magnetne i električne komponente valentnih elektrona  $F_M/F_E \approx 10^{-4}$ , pa je saglasno tome potrebno i razmatrati interakciju svetlost–materija kao dejstvo  $A_E = F_E \times d \times t$  za električnu komponentu, i  $A_M = F_M \times d \times t$  za magnetnu komponentu. Električna sila kod biomolekula je 0,01–1,0 nN, pomeraj 0,01–0,5 nm, a vreme dejstva  $10^{-8}$ – $10^{-10}$  s. Srednja vrednost električnog dejstva ( $A_E$ ) je:

$$A_E = 10^{-10} \times 10^{-10} \times 10^{-10} = 10^{-30} \text{ Js}$$

Kod magnetne komponente dejstvo ( $A_M$ ) je:

$$A_M = 10^{-30} \times 10^{-4} = 10^{-34} \text{ Js}$$

što je veoma blisko kvantnom dejstvu, tako da možemo reći da je električna komponenta primarno odgovorna za klasična dejstva, a magnetna komponenta za kvantna dejstva ( $h = 6,626 \times 10^{-34}$  Js).

Kako su konformaciona stanja biomolekula primarno kvantno-mehanički fenomeni, korekcija funkcionalnosti biomolekula biće obavljena prevashodno pomoću konvektora svetlosne energije u magnetnu, na nano i piko nivou tesla, jer je magnetna komponenta biomolekula za 4 reda veličine bliža kvantnim fenomenima nego električna.

Dakle, novi tip svetlosti kojom treba delovati na osnovna energetska, vibraciona i rotaciona stanja biomolekula, tkiva i na procese u organizmu (pre svega, stvaranje Gibsove slobodne energije) treba da zadovolji sledeće uslove:

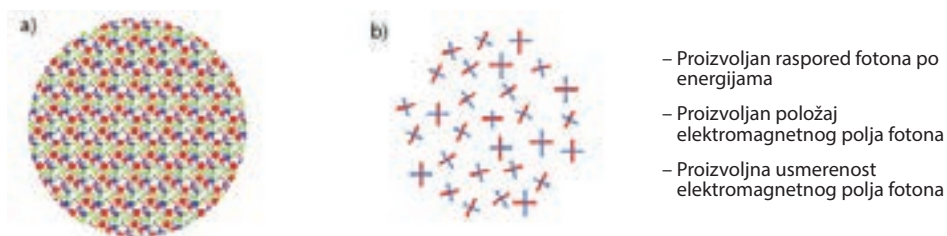
Nivo energije treba da bude u intervalu 0,012–1,6 eV, što znači da jedan deo svetlosti (oko 62%) koji dolazi od izvora svetlosti treba da bude propušten (0,6–1,6 eV, za dejstvo na osnovna elektronska stanja i procese), a drugi deo (oko 38%) pretvoren, od strane „nanofotonskog transformatora“, u energije 0,012–0,6 eV (za dejstvo na vibraciona i rotaciona stanja biomolekula i procesa).

Fotoni propušteni kroz „nanofotonski generator“, kao i novotransformisana elektromagnetna energija u interakciji svetlost–nanomaterija, treba da budu uređeni po ikosaedarskoj simetriji („structured light meets structured matter“).

### ***Nanofotonski generator hiperpolarizovane svetlosti***

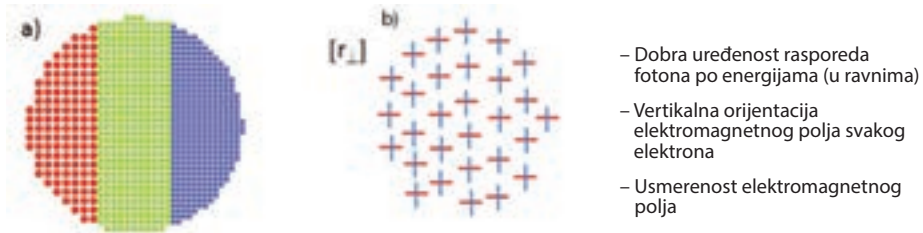
Nanofotonski generator (NFG) hiperpolarizovane svetlosti treba da pretvori difuznu svetlost ili linearno polarizovanu svetlost u novu formu koju određuje ikosaedarska simetrija, a koja je u saglasnosti sa uređenošću biomolekula ili procesa (Fibonačijeva zakonitost  $\phi$  i  $\Phi$ , odnosno vrednosti u tabeli odnosa simetrije i sopstvenih energetskih vrednosti). Prvi zadatak NFG-a je da generiše uređenje fotona kao što je to dato u tabeli 5.3 (5. poglavlje), a drugi da u interakciji svetlost–materija generiše energije fotona, na bazi ukupnog orbitalog momenta, koje nisu u vidljivom delu elektromagnetnog spektra, nego u dalekom infracrvenom domenu.

Kod difuzne svetlosti položaj elektromagnetne komponente svakog fotona je proizvoljno dat u prostoru i promenljiv u vremenu, jer „krstići“ (slika 6. 5) nasumično rotiraju.

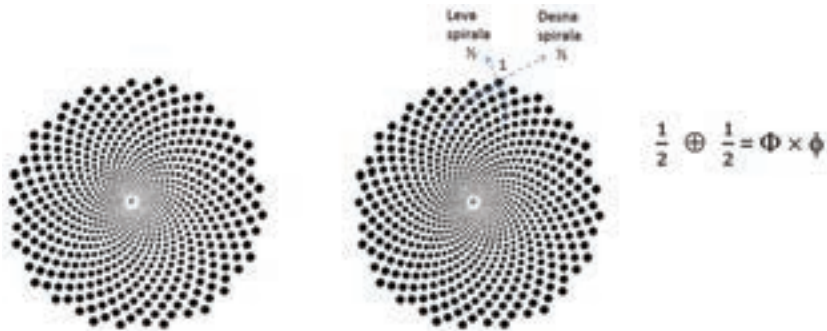


**Slika 6.5.** a) Polihromatska difuzna svetlost kao neuređeni skup fotona po energijama, i b) proizvoljan položaj elektromagnetnog polja fotona koji rotira (plavo – električno polje fotona, crveno – magnetno polje fotona), i fotoni imaju proizvoljnu usmerenost u pravcu prostiranja svetlosti (zraci nisu paralelni, mogu se i ukrštati).

Kod linearno polarizovane svetlosti mogu nastupiti dva glavna slučaja: vertikalna polarizacija i horizontalna polarizacija. Polarizovanost se utvrđuje u odnosu na električno polje fotona (slika 6. 6).



**Slika 6.6.** a) Polihromatska vertikalno polarizovana svetlost kao uređeni skup fotona po energijama, i b) fiksiran položaj elektromagnetnog polja fotona (plavo – električno polje fotona, crveno – magnetno polje fotona) i potpuna usmerenost elektromagnetnog polja fotona u pravcu prostiranja svetlosti (zraci su paralelni). Kako je električno polje (plavo) vertikalno, ovaj tip polarizacije naziva se vertikalna linearno polarizovana svetlost.



Kako je to moguće? Ukupni angularni moment fotona je sastavljen od angularnog orbitalnog momenta fotona i od spina fotona (u prostor-vremenu oni formiraju dvostruku zavojnicu, slično kao DNA. U 3. poglavlju videli smo da u najnovijem modelu elektrona imamo dva svetlosna paketa (model Salhofer, tabela 3.1), koji takođe u prostor-vremenu mogu formirati zavojnicu).

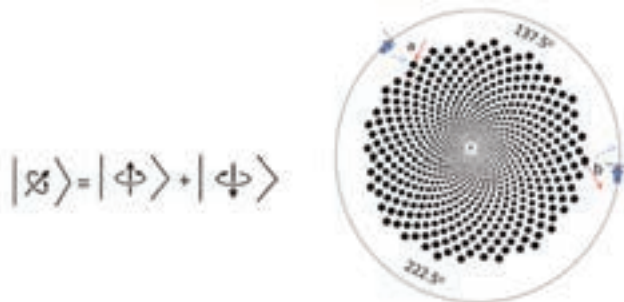
Potreba za novom vrstom organizacije fotona, takvom da odgovara organizaciji elektronskih, vibracionih i rotacionih energija bioloških struktura (translacione energije biomolekula nećemo uzeti u obzir u ovim razmatranjima, jer ove energije su na nivou 0,0001–0,0025 eV, odnosno 50.000–5.000.000 nm, što podrazumeva ne samo uključenje fotona nego i kvantne gravitacije u tehničko rešenje nanofotonskog generatora, a to na ovom stupnju tehnike nije moguće, barem ne za komercijalnu upotrebu; međutim, treba imati

u vidu da je eksperimentalno potvrđeno postojanje gravitacionih talasa, tačnost merenja je  $4 \times 10^{-18}$  m, a merna aparatura je oko 4 km), jasno pokazuje „udvojenost“, slično kao u slučaju kornjače koja je išla kvantnom stazom (2. poglavlje, slika 2. 4). Leva spirala je kraća (manja), a desna duža (veća), ali se uvek susreću u jednoj tački. Ako svaka od tačaka predstavlja foton, tada je orijentacija električnog i magnetnog polja ista i za „levi“ i za „desni“ foton. Drugim rečima, foton ima *superponirano stanje* verikalne i horizontalne polarizacije

Prirast angularnog momenta fotona u toku realizacije para  $(r_n, \theta_n)$ , koji definiše evoluciju razvoja hiperpolarizovane svetlosti, daje realnu predstavu o odnosu električnog i magnetnog polja fotona koji ostaju pod pravim uglom, ali kao tangente na zakrivljenu evolutivnu liniju (površinu). Pritom je  $\theta = 360^\circ \times \phi = 360^\circ \times 0,61803 = 222,5^\circ$ , a  $r$  rastojanje od evolutivnog centra je Fibonačijev ugao koji definiše *ulaznu* poziciju električnog i magnetnog polja fotona (orbitalnog i spinskog) i njihovu *izlaznu* poziciju kao superpoziciju vertikalne i horizontalne polarizacije:

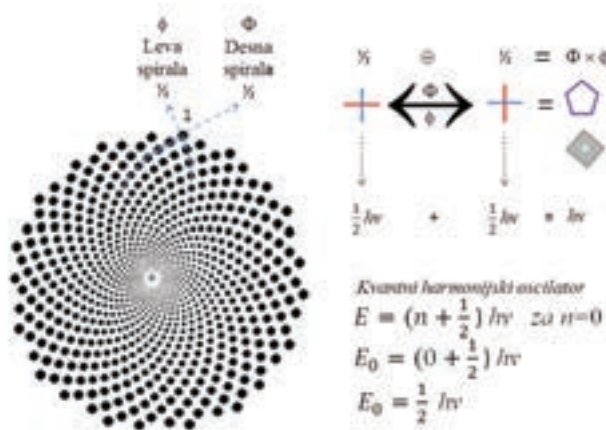
$$(r_n, \theta_n) = [(1/\sqrt{5}) r_{n-1}, \theta_{n-1} + \Delta\theta]$$

U tom slučaju (slika 6. 8) imamo definisanu poziciju električnog i magnetnog polja fotona od  $222,5^\circ$  za svaku tačku, pa smo ovaj fenomen uređenosti fotona nazvali *hiperpolarizacija*. Električno i magnetno polje fotona zadržavaju upravnost preko tangenti evolucione spirale, foton je istovremeno vertikalno i horizontalno polarizovan, odnosno foton nije ni vertikalno ni horizontalno polarizovan (već ima novu polarizaciju, hiperpolarizaciju). Na ovom mestu prigodno je ponoviti onu dalekosežnu starogrčku misao: „Samo je jedno mudro, biti i ne biti zvan imenim Zeusa“, jer danas imamo sličnu situaciju u kvantnoj mehanici kod superpozicije dva stanja ( $\uparrow, \downarrow$ , kao na slici 6. 8, *levo*): novo stanje sadrži oba prethodna, ali u prevaziđenom obliku. Slično imamo i kod *hiperpolarizovane* svetlosti, kada su vertikalna i horizontalna polarizacija prevaziđene, ali istovremeno i sačuvane. Drugim rečima, hiperpolarizacija fotona (svetlosti) je istovremeni relativni fazni pomeraj vertikalne polarizacije i relativni amplitudni pomeraj horizontalne polarizacije po Fibonačijevom zakonu na Poenkareovoj sferi.

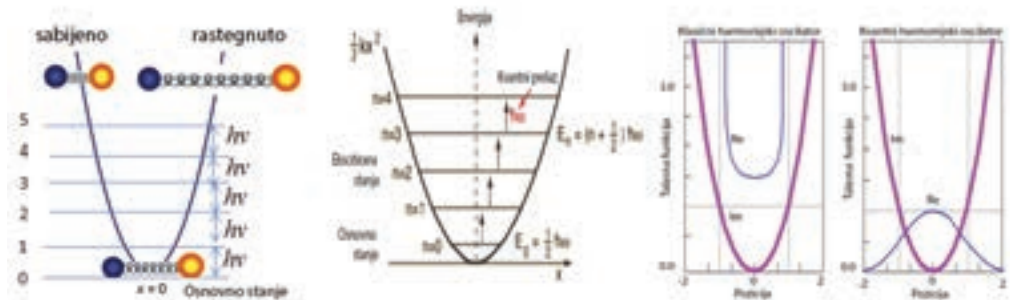


**Slika 6.8.** Hiperpolarizovani foton je Fibonačijeva superpozicija njegove vertikalne ( $|\uparrow\rangle$ ) i horizontalne ( $|\downarrow\rangle$ ) polarizacije. Definisane polarizacione pozicije fotona pod uglom od  $222,5^\circ$ , koji iz sredine polazi sa dva „polukvantifikovana“ stanja ( $E_0 = \frac{1}{2} h\nu$ ), pri čemu jedan evoluira levom (L), drugi desnom (D) spiralom. Međutim, u svakoj tački energetska vrednost fotona je  $E = h\nu$ , jer je  $(\frac{1}{2} h\nu)^L + (\frac{1}{2} h\nu)^D = h\nu$  (jer je  $\phi \times \Phi = 1$ ).

U toku prostorno-vremenske evolucije fotona dolazi do „polukvantizacije“, pa postoji vrednost energije  $\frac{1}{2} h\nu$ , jer postoji kvantni broj  $n = 0$ , što definiše osnovno energetska stanje kvantnog oscilatora [ $E = (n + \frac{1}{2})h\nu$ ]. Na slici 6. 9 vidimo da su vertikalna ( $r_{\perp}$ ) i horizontalna ( $r_{\parallel}$ ) linearna polarizacija u Fibonačijevom superperponiranom stanju i zato daju hiperpolarizaciju ( $r$  ili  $r_{\bullet}$ , radi lakšeg obeležavanja, i imaće značenje „centrirano 5“).



Slika 6.9. Kvantni harmonijski oscilator daje mogućnost da energija fotona bude  $\frac{1}{2}h\nu$  i da kod Fibonačijevih strukturisanih fotona horizontalna i vertikalna polarizacija u superponiranom stanju postanu hiperpolarizovane.

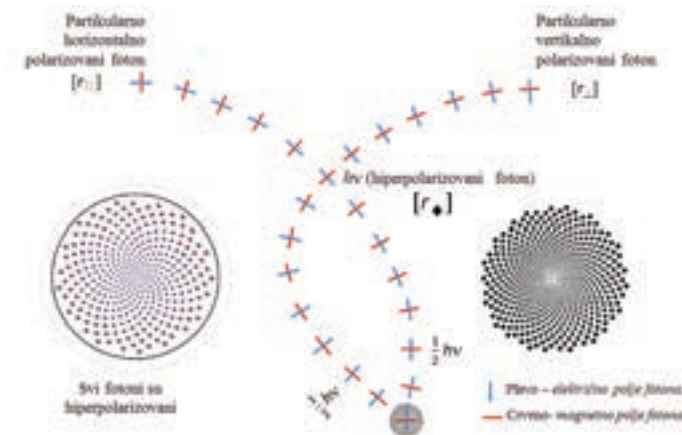


Slika 6.10. Komparativni prikaz  $Re$  (realnog) i  $Im$  (imaginarnog) rešenja talasne funkcije klasičnog i kvantnog harmonijskog oscilatora. Kvantni prelaz je  $h\nu$ , s tim što je energija osnovnog stanja ( $n = 0$ ) klasičnog oscilatora  $E_0=0$ , a kod kvantnog  $E_0= \frac{1}{2}h\nu$  (Adapted from Alonso, 1992 i Zetti, 2009).

Detaljno prikazan odnos vertikalno i horizontalno polarizovanog fotona dat je na slici 6. 10. Može se reći da je foton partikularno (u lokalnom stanju) vertikalno i horizontalno polarizovan, a on je u stvari hiperpolarizovan. Mi prihvatamo kao dogmu da foton može biti „ili jedno ili drugo“, ali ne „i jedno i drugo, ni jedno ni drugo“. Očigledan primer dogmatskog pristupa imamo u svakodnevnom životu, jer kada kažemo „...Sunce izlazi na Istoku u 5.32 časa, a zalazi na Zapadu u 20.47 časova...“, mi zapravo saopštavamo jednu partikularnu



(lokalnu) istinu posmatrača. Sunce niti *izlazi* niti *zalazi*, već se Zemlja *okreće* oko svoje ose, a nama to izgleda logično. I ne samo da je „logično“ nego je praktično za svakodnevni život na Zemlji. Međutim, ako želimo da se vinemo u kosmos (na primer do Meseca i nazad) onda ta dogma biva automatski odbačena. Tako je i sa vertikalno i horizontalno polarizovanom svetlošću: sve je u redu dok ih koristimo po inerciji, u „svakodnevnom“ pristupu, ali ako želimo „structured light meet structural matter“ (*raboš* princip – dve šifrovane polovine se spajaju u celinu), tj. da unapredimo primenu svetlosti u medicini, tada nastaje preokret – na scenu stupa *hiperpolarizovana* svetlost ( $\langle r_{\perp}, r_{\parallel} \rangle = r_{\diamond} = r_{\text{IE}}$ ).

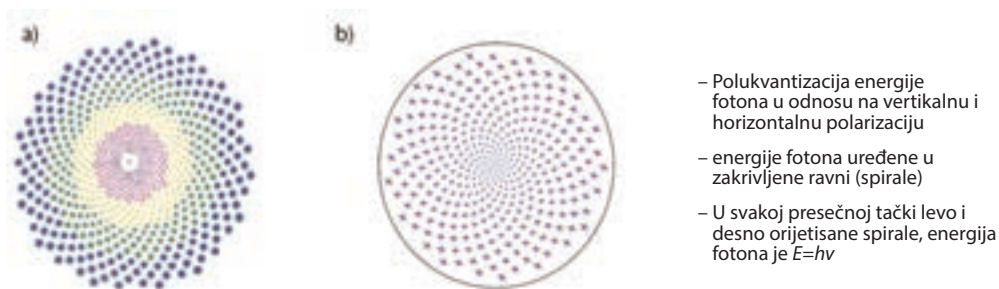


**Slika 6.11.** Prikaz odnosa horizontalne i vertikalne polarizacije fotona, njihova organizacija i generisanje hiperpolarizovane svetlosti kao Fibonačijeve strukture (Koruga, Dj., Int. Pat. App. PCT/EP2016/063174, 2016, aplikant Fieldpoint, ZEPTER GROUP).

Ovim su pokazane osnovne sličnosti i razlike vertikalno i horizontalno polarizovane svetlosti u odnosu na hiperpolarizovanu svetlost. Hiperpolarizovano stanje fotona je osnovno energetska stanje fotona ( $E_0$ ) zbog njegovog ustrojstva na bazi kvantovanog *angularnog obrtnog momenta* (OAM) i *spina* (oni daju *polukvantizaciju* osnovnog energetska stanja fotona  $E_0 = \frac{1}{2} h\nu$ ), a difuzna, vertikalno polarizovana, horizontalno polarizovana, cirkularna itd. stanja su samo moguća partikularna rešenja na višim energetskim nivoima  $E_1 = 3/2 h\nu$ ,  $E_2 = 5/2 h\nu$ ,  $E_3 = 7/2 h\nu$ ... (kao što se vidi, razlika među energetskim stanjima je *jedan kvant*,  $h\nu$ ), pa osnovna načela kvantne mehanike nisu narušena.

Ako uporedimo slike 6. 5, 6. 6 i 6. 11, vidimo osnovne sličnosti i razlike. Difuzna svetlost je, figurativno rečeno, kao „divlja horda“, po usmerenosti fotona, po rotaciji elektromagnetnog polja fotona i po organizovanosti, ali je zato po ukupnosti dejstva najkompleksnija. Kod linearno polarizovane svetlosti „horda“ je dovedena u red („militarizacije“), fotoni su uređeni po energijama, usmereni u pravcu, nema rotacije elektromagnetnog polja fotona (on je fiksna, ako je električna komponenta vertikalna onda je svetlost *vertikalno polarizovana*, a ako je električna komponenta fotona horizontalna onda je reč o *horizontalno polarizovanoj* svetlosti). Kod hiperpolarizovane svetlosti (kao i kod linearno polarizovane) uređenost fotona je striktna, s tim što elektromagnetno polje

fotona nije ni horizontalno ni vertikalno polarizovano, već je uređeno (jedan u odnosu na drugi foton) pod tačno definisanim uglom (Fibonačijevim uglom:  $222,5^\circ$ ), dok unutrašnje uređenje fotona odgovara izrazu  $360^\circ - 222,5^\circ = 137,5^\circ$ . Ova vrednost,  $\phi_\alpha = 137,4908$ , definiše unutrašnju uređenost strukture fotona. Slično kao što je *fina struktura materije*,  $\alpha^{-1} = 137,035$ , definisana na bazi naelektrisanja ( $e$ ), brzine svetlosti ( $c$ ) i Plankove konstante ( $h$ ), tako je *fina struktura uređenosti fotona* definisana na bazi „polukvantizacije“ ( $\frac{1}{2}h\nu$ ) osnovnog energetskog stanja fotona, ukupnog orbitalnog angularnog momenta fotona (total OAM) i Fibonačijeve strukturalne uređenosti svetlosti ( $\Phi$ ) kao mnoštva fotona i svakog pojedinačnog fotona ( $\phi$ ), jer je  $\Phi \times \phi = 1$ . Ovo svedoči da se princip „structured light meets structured matter“ ne odnosi samo na formu uređenja i energije, nego i na dublji fizički nivo, tj. ujedinjenje svih interakcija. Drugim rečima, *hiperpolarizovana svetlost* je *raboš* materije, odnosno „kodogeno“ prepoznatljiva interakcija svetlosti i materije ( $\alpha^{-1}/\phi_\alpha = 137,035/137,4908 = 0,9966 \approx 1$ ). Sve ukazuje na to da u prirodi postoji veoma duboka povezanost *svetlosti* i *materije* (u ovom slučaju *svetlosti* i *naelektrisanja*) koju mi još dovoljno dobro ne poznajemo.

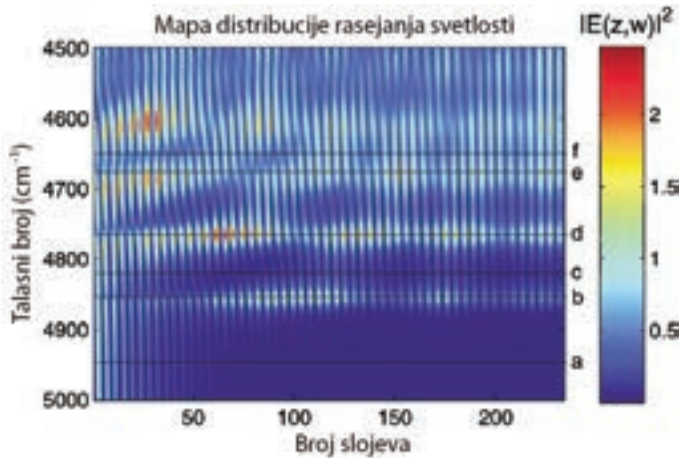


Slika 6.12. Hiperpolarizovana svetlost kao uređena struktura fotona po Fibonačijevom zakonu sa ugaonim strukturalnim uređenjem  $\phi_\alpha = 137,4908$  (Koruga, Dj., Int. Pat. App. PCT/EP2016/063174, 2016, Aplikant Fieldpoint, ZEPTER GROUP).

## 6.5. Fibonačijeve svetlosne strukture vs. Fibonačijeve biološke strukture

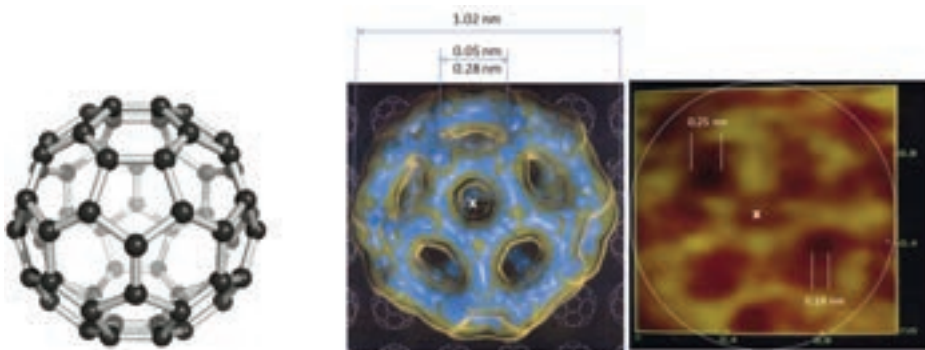
### Materijal za Fibonačijeve svetlosne strukture

Da bi se ostvarila interakcija Fibonačijevih svetlosnih struktura sa biološkim Fibonačijevim materijalnim strukturama potrebno je napraviti tehničke uređaje koje će generisati Fibonačijeve svetlosne (fotonske) strukture. Prvu tehničku realizaciju Fibonačijevih struktura, povezanu sa transportom svetlosti, uradio je italijansko-holandski istraživački tim pod rukovodstvom Dal Negra 2005. godine (Dal Negro, 2003).



Slika 6.13. Fibonačijeva fotonična struktura na bazi kvazikristalnog ikosaedarskog uređenja 250 slojeva od silicijuma. Distribucija energije i prostiranja signala odgovaralo je Fibonačijevim zakonima (Dal Negro, 2003).

Da bismo bolje razumeli prednosti i teškoće upotrebe nanomaterijala sa pravom ikosaedarskom simetrijom (umesto kvazikristala kao na slici 6. 13), podsetimo se da je molekul  $C_{60}$  jedan od najozbiljnijih nanomaterijala za izgradnju nanofotonične naprave. Ovaj materijal je otkriven 1985. godine, a to otkriće je 1996. godine nagrađeno Nobelovim priznanjem za hemiju (Kroto, 1985). U stvari,  $C_{60}$  je molekularni kristal prečnika 0,71 nm (na nivou pozicije atoma ugljenika), odnosno 1,02 nm (na spoljnoj poziciji  $\pi$  elektrona  $1,02 - 0,71 = 0,31$  nm, što daje da je  $\pi$  elektronski oblak debljine  $\delta_\pi = 0,155$  nm). Kako su  $\pi$  elektroni i sa unutrašnje strane atoma ugljenika, to je unutar  $C_{60}$  prazan prostor (vakuum) od  $0,71 - 0,31 = 0,4$  nm. Zbog toga se u njega mogu smestiti atomi, pa čak i molekul vode (endohedralni fulereni) (Matija, 1999).

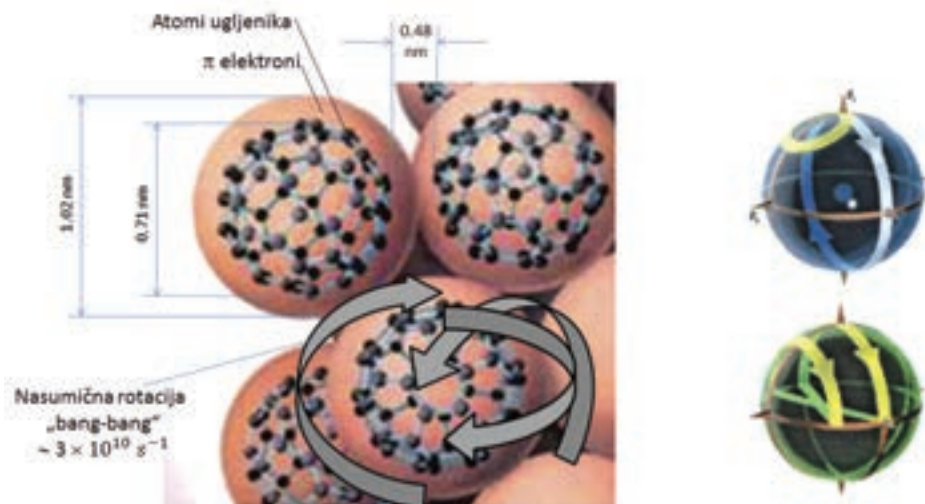


Slika 6.14. 3D izgled molekula  $C_{60}$  (levo) (Kroto, 1985), njegov izgled na osnovu kvantno-mehaničkih proračuna (publikovano 1991. godine na naslovnoj strani decembarskog broja Science, kao molekul godine) (sredina) i STM slika molekula  $C_{60}$  gde su eksperimentalno potvrđeni kvantno-mehanički proračuni, uključujući i otvore kod heksagona (desno) (Koruga, 1993).



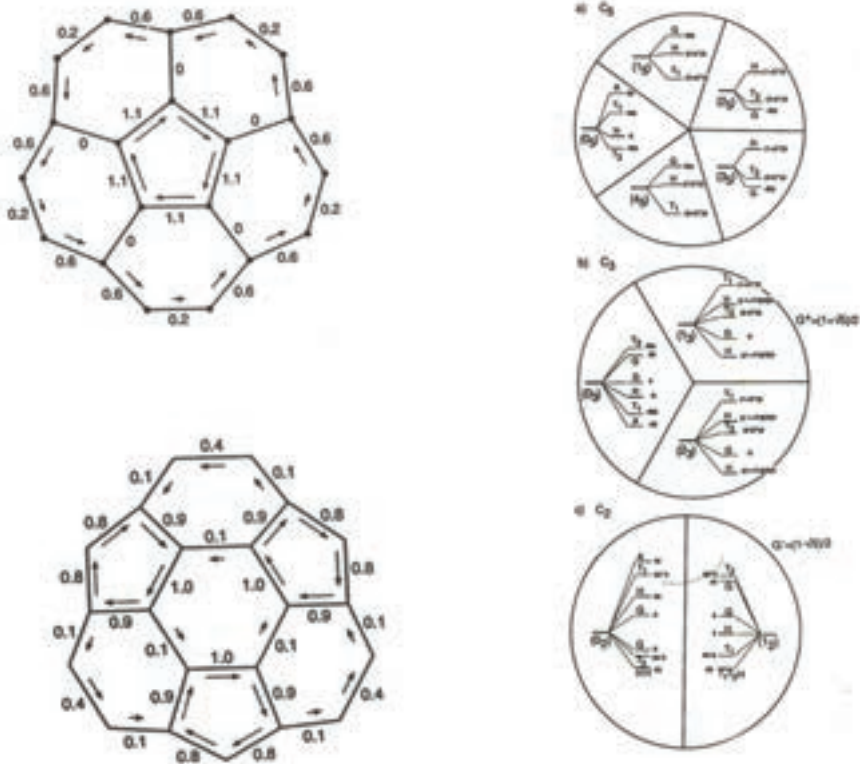
Molekul  $C_{60}$  je veoma dinamična vibraciono-rotaciona struktura sastavljena od 12 pentagona i 20 heksagona, kao zarubljeni ikosaedar. Dualna struktura mu je dodekaedar, na osnovu Ojlerovog zakona o poliedrima. Pentagoni su energetske zatvoreni, dok heksagoni „dišu“, mogu biti otvoreni i do 0,28 nm, tako da se u unutrašnjost pod određenim uslovima mogu ubaciti manji atomi. Međutim, sa aspekta hiperpolarizovane svetlosti nas ovi otvori kod heksagona interesuju zbog prolaska, odnosno sudara fotona i elektrona  $C_{60}$ . Eksperimentalno smo, pomoću STM-a, utvrdili postojanje otvora kod heksagona (slika 6. 14).

Molekul  $C_{60}$  brzo rotira, oko  $10^{-10} s^{-1}$ , ali fotoni putuju mnogo brže,  $3 \times 10^8 m/s$ , a kada se uzmu u obzir razmere molekula  $C_{60}$ , međuprostor među molekulima  $C_{60}$  i otvori na heksagonima, onda je on za fotone bušan kao „švajcarski sir“. Da bi se obezbedila interakcija fotona i molekula  $C_{60}$  potrebno je imati veliki broj slojeva ovog molekula. Njegova rotacija nije u jednom smeru, već je nasumična u svim pravcima (uveden je pojam „bang-bang“).



Slika 6.15. Osnovni elementi i parametri molekula  $C_{60}$  (Hayden, 1987) (levo) i ilustracija principa „bang-bang“ rotacije molekula  $C_{60}$  sa in-kapsuliranim atomom azota  $N@C_{60}$  (Morton, 2005) (desno).

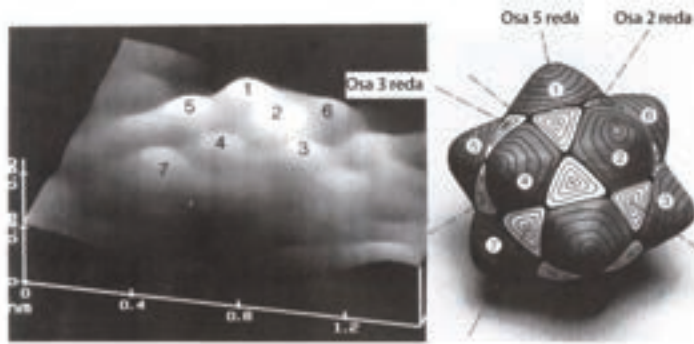
Još jedna interesantna osobina molekula  $C_{60}$ , odnosno njegovih pentagona i heksagona: to je jedan od retkih molekula koji u sebi istovremeno sadrži *paramagnetne* (pentagon) i *dijamagnetne* (heksagon) osobine. Da ne rotira nasumično, već da mu je rotacija usmerena, on bi bio idealan nanomotor (moglo bi se napraviti vozilo, na „četiri točka“, na sopstveni pogon).



Slika 6.16. Normalizovana vrednost toka naelektrisanja u pentagonima (levo gore), tok naelektrisanja u heksagonima (levo dole) i simetrijski klasteri  $C_5$ ,  $C_3$ ,  $C_2$  (desno) (centar inverzije  $E$ , nije prikazan) (Harter, 1989).

Ne samo što je kvantno-mehanički izgled molekula  $C_{60}$  snimljen pomoću STM-a, već je snimljena i njegova površinska energija koja se veoma dobro poklopila sa njegovim vibracionim osobinama (slika 6. 17). Iako molekul  $C_{60}$  ima heksagone, on nema ose simetrije šestog reda (kako se na prvi pogled čini), već je osa trećeg reda simetrijski element ( $3:6 = \frac{1}{2}$ ). Ovo je slična situacija kao sa spinom elektrona od  $\frac{1}{2}$ , koji da bi se poklopio sam sa sobom treba da napravi *dva kruga*. Molekul  $C_{60}$  je najsavršenija simetrijska struktura tačkaste simetrije koja može da postoji u prirodi (savršeniji je od dijamanta koji ima 48 simetrijskih transformacija), jer ima 60 (a može imati i 120,  $60 \times i$ ) simetrijskih transformacija:  $E$  (centar inverzije), 12  $C_5$ , 12  $C_5^2$ , 20  $C_3$ , 15  $C_2$ ,  $i$ , 12  $S_{10}$ , 12  $S_{10}^3$ , 20  $S_6$ , 15  $\sigma$  (ravni simetrije). Ukupan broj sopstvenih vrednosti (energetskih) je 46 (postoji malo neslaganje od 5 do 10% u teoriji i eksperimentima).

$C_{60}$ , kao molekularni kristal, u klasičnoj kristalografiji igra ulogu atoma, pa imamo kristal u kristalu (jer se tako raspoređuje u kristalnu rešetku  $T_h$ , kao  $fcc$  rešetka). Prve kristalne strukture molekula  $C_{60}$  eksperimentalno je otkrio Hafman (Huffman, 1991).



**Slika 6.17.** STM slika površinske energije molekula  $C_{60}$  snimljena u NanoLab, na Mašinskom fakultetu u Beogradu (levo) i teorijska predikcija izgleda površinske energije molekula. Sa STM slike se vidi da je energija molekula skoncentrisana u pentagonima i da je to u stvari Fibonačijeva molekularna energija (Koruga, 1993).

Kada se vibraciono-rotacione energije molekula  $C_{60}$  posmatraju u vremenu, dobija se jedna serija njegovih stanja, kao što je prikazano na slici 6. 18. Proračuni hamiltonijana preko totalnog angularnog momenta  $J$ , tenzora  $T^{[6]}$  i  $T^{[10]}$  u zavisnosti od ugla  $\vartheta$  i konstante  $B$  dati su izrazom (Harter, 1991):

$$H(\vartheta) = B|J|^2 + (\cos\vartheta)T^{[6]} + (\sin\vartheta) T^{[10]}$$

Ovaj moćni matematičko-fizički aparat daje veoma dobre rezultate koji su, kao što smo videli na slici 6. 17, u dobroj saglasnosti sa eksperimentima. Vrednosti ovih vibraciono-rotacionih energija (a ima ih 46 modova) nalaze se u intervalu od 0,20 eV do 0,012 eV. Ovo su izlazne vrednosti energije fotona koji nastaju usled interakcije fotona i elektrona molekula  $C_{60}$ . Međutim, ne treba zaboraviti da je ovo samo oko 31% fotona koji su se transformisali, dok je oko 54% fotona ostalo nepromenjeno energetske, ali se strukturalno preuredilo u Fibonačijevu formu, a oko 15% ostalo je nepromenjeno (isto kao što je i izvor – vertikalna linearna polarizacija). Sa aspekta specifične gustine energije, u opsegu 400–3.000 nm je oko 69%, a 31% je u opsegu 3.000–50.000 nm (sa 46 frekventnih modova).

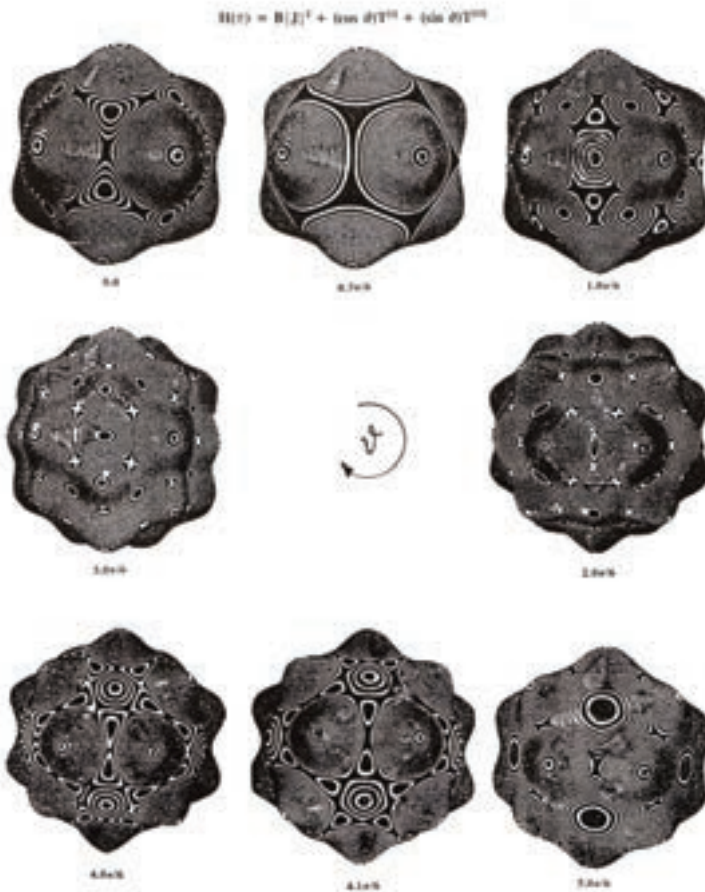
Vremenski zavisni talasni paket  $\psi(x, t)$  molekula  $C_{60}$  ne predstavlja samo De Brojev talas sa dobro definisanom frekvencijom i talasnom dužinom ( $\lambda = h/\sqrt{2m_e E}$ ), već veći broj talasnih dužina (Jex, 2000). Kod molekula  $C_{60}$  postoji 46 glavnih vibro-rotacionih modova, a funkcija je u obliku:

$$\psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{ik_0(x-v_{ph}t)} \int_{-\infty}^{+\infty} g(k-k_0) e^{i(k-k_0)(x-v_g t)} e^{-i(k-k_0)^2 a t + \dots} dk$$

gde su:  $\vartheta_g$  – grupna brzina talasnog paketa,  $\vartheta_{ph}$  – brzine pojedinačnih talasa,  $k$  i  $k_0$  – vrednosti koje definišu amplitude  $\phi(k) = g(k-k_0)$ , pa će frekvencija  $\omega$  biti funkcija od  $k$ ,  $\omega = \omega(k)$ .

$$v_g = \frac{d\omega(k)}{dk}, v_{ph} = \frac{\omega(k)}{k}.$$

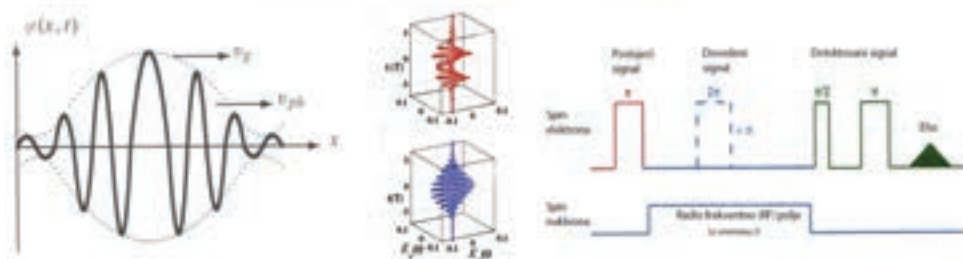
Vrsta svetlosti	Preuređeni (organizovani) po Fibonačiju, energetski nepromenjeni	Energetski transformisani u interakciji sa $C_{60}$ i uređeni (organizovani) po Fibonačiju	Svetlost ostala ista kao što je došla od izvora	Gubici u propuštanju fotona (rasejanje i zagrevanje)
Fotoni	54%	28%	12%	6%
Hiperpolarizovana (HP)	+++	+++	+ (LP)	+, -
Izvor: Specifična gustina energije 40 mW/cm <sup>2</sup> (za HP)	21,6 [mW/cm <sup>2</sup> ]	11,2 [mW/cm <sup>2</sup> ]	4,8 [mW/cm <sup>2</sup> ]	2,4 [mW/cm <sup>2</sup> ]



**Slika 6.18.** Fibonačijeve vibracione forme molekula  $C_{60}$  dobijene pomoću hamiltonijana i tenzora (šestog i desetog reda) totalnog angularnog momenta (Harter, 1991).

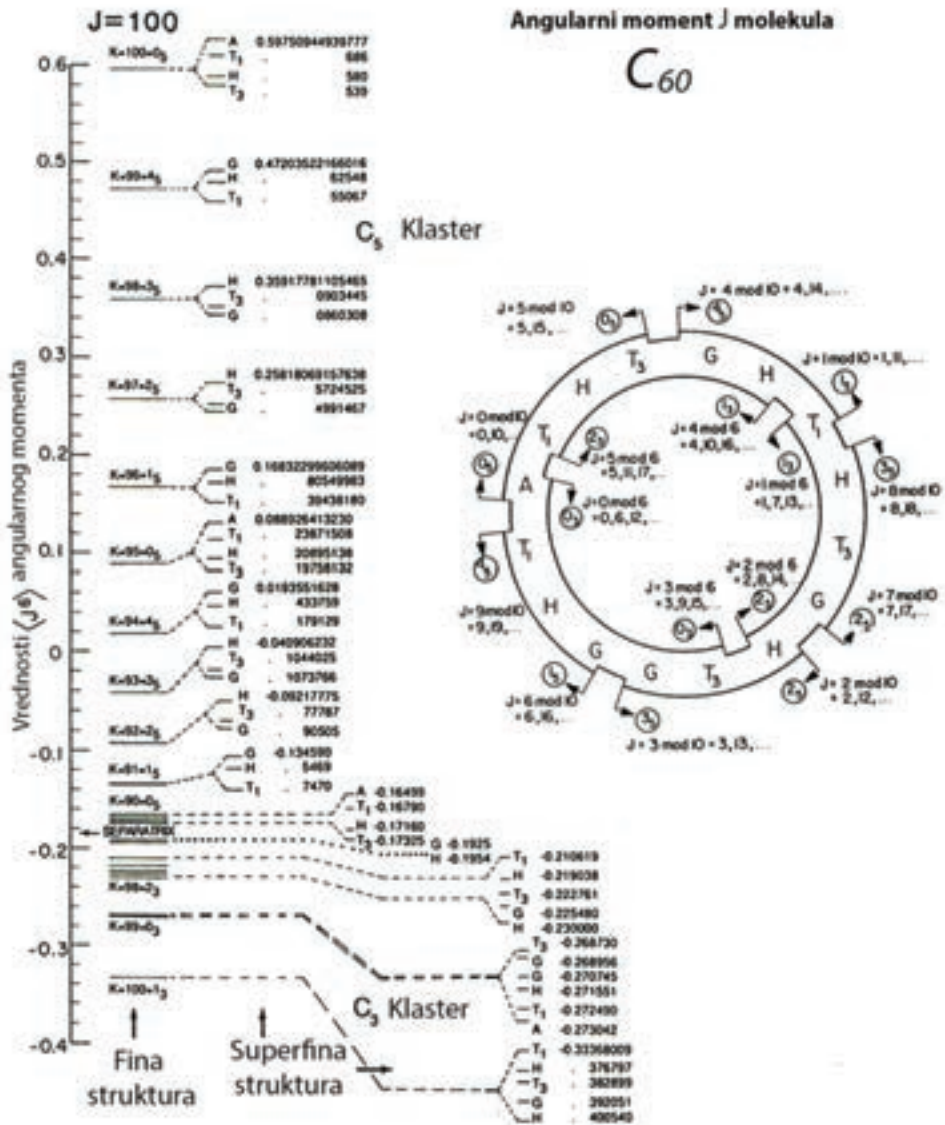
**Tabela 6.3.** Tabela 46 sopstvenih energetske vrednosti (3.000–50.000 nm) molekula  $C_{60}$  na bazi ikosaedarske simetrije koji rezonantno mogu da interaguju sa svetlošću i da je reemituju (Koruga, 1993).

Sopstvene energetske vrednosti $C_{60}$ Parni paritet		Sopstvene energetske vrednosti $C_{60}$ Neparni paritet	
$I_h$ grupa	Talasni broj ( $cm^{-1}$ )	$I_h$ grupa	Talasni broj ( $cm^{-1}$ )
$A_g$	1830	$A_u$	1243
	510		
$T_{1g}$	1662	$T_{1u}$	1868
	1045		1462
	513		618
	478		
$T_{2g}$	1900	$T_{2u}$	1954
	951		1543
	724		1122
	615		526
	358		
$G_g$	2006	$G_u$	2004
	1813		1845
	1327		1086
	657		876
	593		663
433	360		
$H_g$	2085	$H_u$	2086
	1910		1797
	1575		1464
	1292		849
	828		569
	526		470
	413		403
274			



**Slika 6.19a.** Izgled lokalizovane talasne fukcije molekula  $C_{60}$  kao talasnog paketa, koji se kreće grupnom brzinom  $v_g$ , dok se pojedinačni talasi kreću različitim faznim brzinama  $v_{ph}$  (levo). Na ovaj način se obezbeđuje objedinjavanje velikog broja različitih talasa (kod  $C_{60}$  je 46), a svaki pojedinačni talas ne gubi svoju individualnost. Polarizacioni harmonici za dve istovremene pulsacije (sredina). Za kvantne talasne pakete važi Hajzenbergov princip neodređenosti ( $\Delta x \Delta p = \hbar/2$  gde je  $\hbar = h/2\pi$ , Dirakova konstanta), pa ne možemo u isto vreme znati položaj ( $x$ ) i momentum ( $p$ ) (Jex, 2000, Fleisher, 2017). Eksperimentalna potvrda da molekul  $C_{60}$  transformiše ulazni signal (postojeći signal  $\pi$ ) pod dejstvom dovedenog signala ( $2\pi$ , koji se dovodi  $n$  puta) u novi signal ( $\pi/2$ ,  $\pi$ , i echo) (desno) (Morton, 2005).





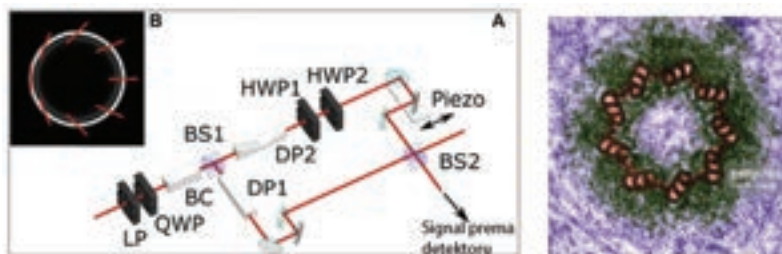
Slika 6.19b. Fine i superfine vibraciono-rotacione energetske strukture molekula C<sub>60</sub>, na bazi totalnog angularnog momenta J i simetrijskih klastera C<sub>5</sub>, C<sub>3</sub> molekula C<sub>60</sub>. (Harter; 1991).

Međutim, ukupan broj aktivnih modova molekula C<sub>60</sub> je  $3N-6 = (3 \times 60) - 6 = 174$ , zato što A<sub>g</sub> ima 2 energetska moda sa dimenzionalnošću 1 ( $2 \times 1 = 2$ ), zatim T<sub>1g</sub> ima 3 moda sa dimenzionalnošću 3 ( $3 \times 3 = 9$ ), T<sub>2g</sub> ima 4 moda sa dimenzionalnošću 3 ( $4 \times 3 = 12$ ), H<sub>g</sub> ima 8 modova sa dimenzionalnošću 5 ( $8 \times 5 = 40$ ), itd.

## Osobine svetlosti sa $\frac{1}{2}$ -kvantizacije („half-quantization“) totalnog angularnog momenta

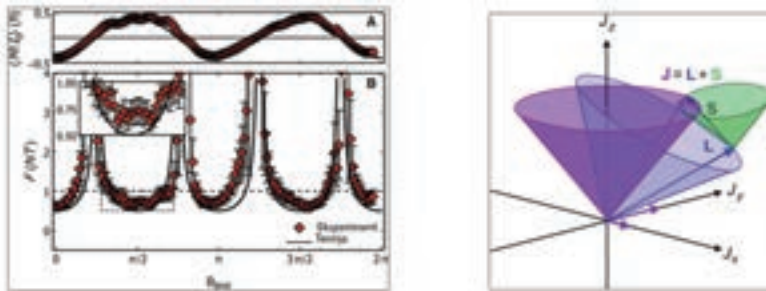
Kod elektrona je poznat fenomen Rasel-Saundersovog (Russell-Saunders) sprezanja orbitalnog momenta elektrona i njegovog spina (Russell, 1925). To se obrazlagalo time da elektroni u orbitama nisu nezavisni jedni od drugih, jer preko magnetnog polja koje generišu svojim kretanjem utiču jedni na druge. Drugim rečima, njihovi *orbitalni momenti* (kretanje oko jezgra atoma) i njihov *spin* su kuplovani električnim i magnetnim poljem. Kako se radi o vektorskim veličinama, sprezanje se vrši preko njihovih vektorskih veličina. Međutim, kod atoma do rednog broja 30 (cinka) jače se sprežu spinski vektori nego orbitalni, ali kod većih atoma se pojavljuje sprezanje između spina pojedinog elektrona i njegovog orbitalnog momenta. Ali to nije apsolutno pravilo, jer se ne ostvaruje u potpunosti.

Kod fotona, sprezanje orbitalnog angularnog momenta i spina sve do nedavno nije uzimano u obzir; bilo je pokušaja još pre 30 godina, ali eksperimentalni dokaz dat je tek nedavno (Ballantine, 2016). Istraživački tim iz Dablina pošao je od hipoteze da su za objašnjenje relevantni kvantni brojevi *sopstvenih vrednosti (eigenvalues)* spina i orbitalnog angularnog momenta fotona. Oni su postavili eksperiment koji je prikazan na slici 6.20 (levo, A i B). Kada je u eksperiment uvedena i rotacija, pojavio se rotacioni Doplerov pomak koji je zakrivljavao ravni polarizacije (slika 6.20, levo B). Ovo je približna tehnička realizacija (osnovni princip) onoga što je priroda uradila sa biomolekulima koji imaju Fibonačijevo uređenje (slika 6.20, desno).



**Slika 6.20.** Eksperimentalna postavka aparature za utvrđivanje ukupnog angularnog momenta fotona  $J_{1/2}$  koja se sastoji od: (1) izvora svetlosti koji generiše fotone po Gausovom zakonu raspodele, (2) linearnog polarizatora (LP), (3) četvrt-talasne ploče (QWP), (4) dvoaksijalnog kristala (BC) (levo A). Vrednost angularnog momenta meri se pomoću interferometra čiji optički deo rotira i spregnut je sa izvorom svetlosti koji generiše fotone sa odgovarajućim angularnim momentom. Merenje  $J_{1/2}$  se ostvaruje rotacijom digitalnog zapisa koji formira sliku i ostvaruje polarizaciju pod različitim uglovima. To se postiže upotrebom dve prizme (DP1 i DP2) koje rotiraju dobijenu sliku za  $180^\circ$  i propuštaju je kroz dve polutalasne ploče (HWP1 i HWP2) koje zaokreću polarizaciju za  $90^\circ$ . Delioci svetlosnog snopa (BS1 i BS2) služe da se svetlosni snop podeli i svetlost rekombinuje. DP1 i DP2 su pod pravim uglom, dok su HWP1 i HWP2 pod uglom od  $45^\circ$ . Signal koji dolazi u detektor daje crvene linije koje predstavljaju polarizaciona „zakrivljenja“ fotona sa  $|j = \frac{1}{2}\rangle$ , a koji dolaze od randomizovanog izvora svetlosti (Ballantine, 2015) (levo B). Fibonačijeva biomolekularna struktura (centriola) sa zakrivljenjem položaja mikrotubula koje se uređuju po zakonu  $E_0 = \frac{1}{2}h\nu$  (desno).

Sa slike 6. 20, desno B, vidimo da prostorno dolazi do sličnog zakrivljenja ravni polarizacije kada je  $|j = 1/2\rangle$ , kao kod biomolekularnih Fibonačijevih struktura (centriole, *desno*). Ova eksperimentalna postavka je u stvari „kamenno doba“ onoga što je priroda realizovala u biomolekulima, ali ovaj eksperiment je prva „alatka“ koja nam omogućava da bolje razumemo kako funkcioniše mehanizam „structured light meets structured matter“. Međutim, treba imati u vidu da Nils Bor nije kvantovao stanje elektrona na osnovu njegove *energije* (kao što se obično misli), nego na osnovu *momenta količine kretanja*, koji je determinisan njegovim orbitalnim kretanjem oko jezgra i spinom. Drugim rečima, interakciju („susret“) svetlosti i materije treba ostvarivati preko *momenata* (angularnog i količine kretanja) koji su sadržani u njihovom *sadejstvu*.

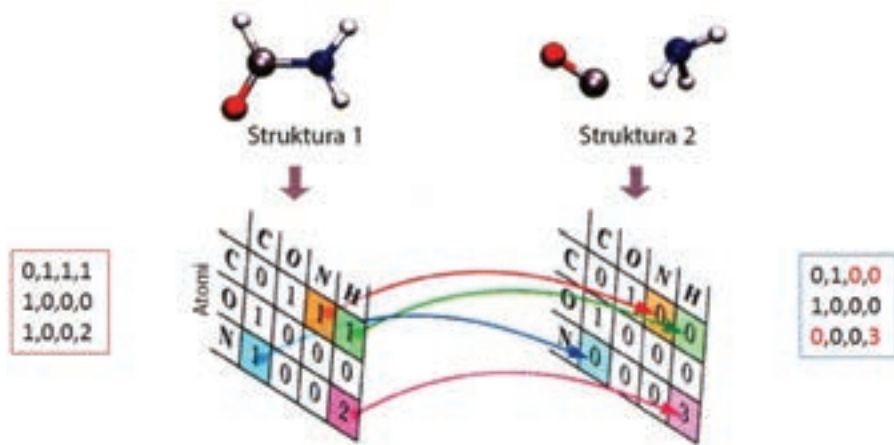


**Slika 6.21.** Rezultat eksperimenta sa prosečnom vrednošću totalnog angularnog momenta fotona je  $|j = 1/2\rangle$  i  $|j = -1/2\rangle$ , što implicira da je izvršena „polukvantizacija“, pa je  $E_0 = 1/2 h\nu$  (levo A). Vrednost  $E_{|j\rangle} = \pm 1/2 h\nu$  ima značenje istovremene leve i desne orijentacije u sistemu  $2\pi$ . Veoma dobro slaganje teorije i eksperimenta koje se zasniva na totalnom angularnom momentu  $J = L+S$  (levo B). Princip vektorskog slaganja orbitalnog angularnog momenta ( $L$ ) fotona i spina ( $S$ ) fotona ( $J = L+S$ ) (desno) (Ballantine, 2015).

Aparatura sa slike 6. 20 ipak je nepraktična i neprecizna za ono što je nama potrebno, za „susret“ svetlosti i materije na bazi *momenta količine kretanja, orbitalnih angularnih momenata, spina i dejstva*, i njihovu primenu u medicini. U poglavljima o elektronu i interakciji svetlosti i materije videli smo da molekul  $C_{60}$  ima neka svojstva koja bismo mogli da iskoristimo (sfernog je oblika, rotira veoma brzo, veličine je svega 1 nm pa se mora upotrebiti veliki broj molekula, što je veoma dobro za randomizaciju i dr.). On ( $C_{60}$ ) je sfera, pa sa matematičkog stanovišta (koje može biti korisno za fizička, a kasnije i za inženjerska rešenja) treba ispitati povezanost („konektivnost“) sa drugim strukturama, jer je proces interakcije svetlosti i materije dinamički proces. To je slično kao kod hemijskih reakcija. Na primer, imamo strukturu 1 i strukturu 2, kao na slici 6.22. Obe strukture imaju iste atome u svom sastavu, ali one su različite. Međutim, pod određenim uslovima (zapremina, pritisak, temperatura, slobodna Gibsova energija i dr.) one mogu prelaziti jedna u drugu. Kažemo, među njima postoji odgovarajuća povezanost, a ona je data preslikavanjem (povezivanjem atoma jedne i druge strukture). Ako postoji povezanost jednog atoma sa drugim, u polje matrice se upisuje 1. Ako ta povezanost ne postoji, upisuje se 0. Tako dobijamo dve matrice komponovane od 1 i 0, koje na prvi pogled izgledaju različito, ali u suštini su (sa aspekta moguće hemijske



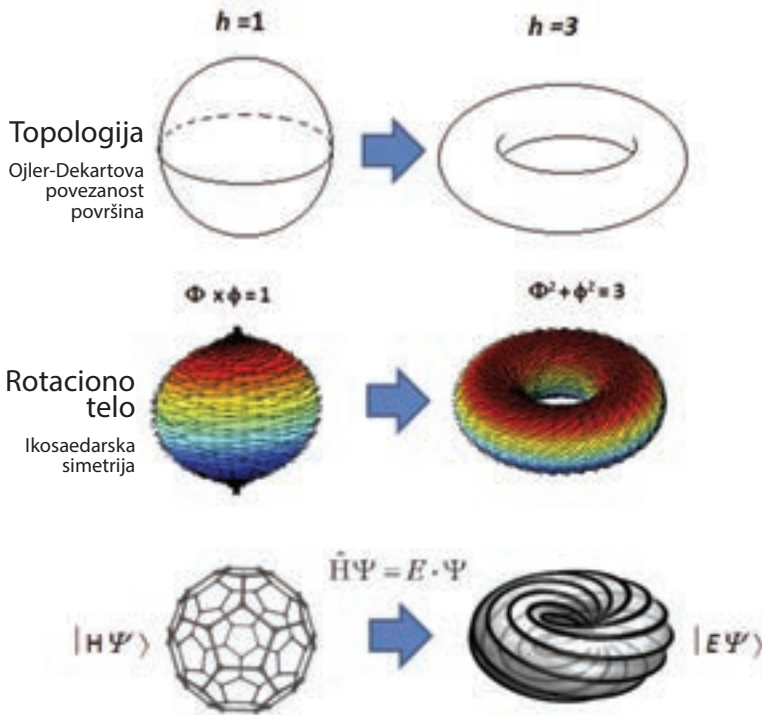
reakcije) iste. Nama su, takođe, potrebne dve strukture A i B koje su povezane preko talasne funkcije. Jedna je „model“ ( $H\Psi$ ), a druga delotvorna ( $E\Psi$ ). Ali ta povezanost ne može biti proizvoljna, mora biti preko Fibonačijevih brojeva ( $\phi$ ,  $\Phi$ ), odnosno njihovih struktura. Ojler-Dekartova povezanost površina (konektnost) dva tela je prirodan broj  $h$ . Kaže se da je poliedar  $h$ -povezan ako se na njemu može povući  $h-1$  izlomljenih linija čiji su segmenti njegove ivice koje ne razbijaju poliedar. Međutim, svakih  $h$  izlomljenih linija razbijaju poliedar na dva dela, i to tako da prva od ovih izlomljenih linija mora biti zatvorena, a ostale spajaju dve tačke prethodnih linija.



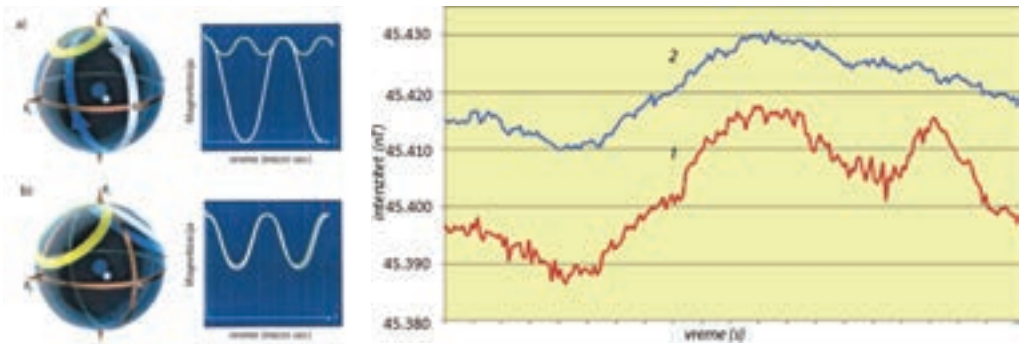
Slika 6.22. Shematski prikaz povezanosti dve strukture na bazi učesća i konektivnosti atoma u obe strukture.

Kao što vidimo sa slike 6. 23, konektnost površine sfere je  $h = 1$ , dok je površina torusa  $h = 3$ . Drugu osobinu koju treba da zadovolje sfera i torus jeste odnos njihove zapremine i površine preko prvog izvoda. Slično kao što u fizici prvi izvod *puta* po vremenu definiše *brzinu*, a njen izvod po vremenu *ubrzanje*, tako i prvi izvod zapremine sfere po prečniku sfere definiše njenu površinu. Isti je slučaj i sa torusom. Zašto je ovo važno? Ako se prisetite drugog poglavlja, u kome je bilo reči o dimenzijama i jediničnim sferama (koje su osnove kodiranja i informacija) raznih dimenzija, znate da jedinična sfera dimenzije  $N = 5$  ima najveću kapacitivnost. U istom poglavlju smo pokazali da se gravitacija i elektromagnetizam kupluju na Plankovoj dužini kao 5D fenomen, što će nam biti potrebno za tehnička rešenja uticaja na slabe rotacione i još slabije translacione energije u biološkim sistemima.

Kako je magnetna komponenta fotona devet redova veličine bliža kvantnom dejstvu nego električna ( $M/E = 3,3 \times 10^{-9}$  s/m, jer je brzina svetlosti  $\sim 3 \times 10^8$  m/s, a to je ujedno i odnos električnog i magnetnog polja vakuuma u kome se svetlost prostire upravo tom vrednošću), a kod valetnih elektrona za 4 reda veličine (jer se elektroni kreću oko jezgra  $\sim 10^6$  m/s, a svetlost  $\sim 10^8$  m/s), to ćemo interakciju svetlosti i  $C_{60}$ , kao i dejstva svetlosti na biološke sisteme, posmatrati i izučavati prevashodno sa magnetnog aspekta.

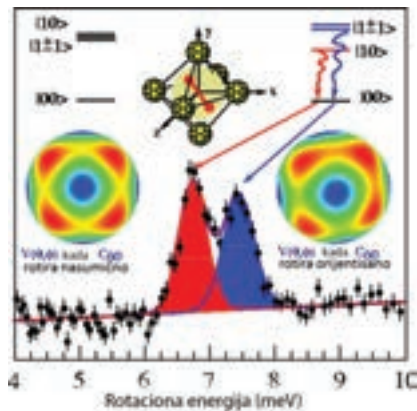


Slika 6.23. Topološka sličnost sfere ( $h = 1$  konektivna) i torusa ( $h = 3$  konektivna) preko Fibonačijevih brojeva  $\phi$  i  $\Phi$ . Ovo preslikavanje omogućuje da energija fotona na bazi totalnog angularnog momenta bude kuplovana sa molekulom  $C_{60}$ .



Slika 6.24. Dva različita slučaja „bang-bang“ kretanja  $C_{60}$  i njegove magnetizacije pod uticajem mikrotalasnog zračenja (100kHz) (levo). Ovo pokazuje dva fenomena: (1) da  $C_{60}$  rotira nasumično, i (2) da može biti kontrolisano (upravljano) mikrotalasnim zračenjem (Morton, 2005). Razlika vrednosti intenziteta magnetnog fluksa  $C_{60}$  u magnetnom polju Zemlje pre (1 – crvena linija) i posle (2 – plava linija) uticaja linearne polarizovane svetlosti (desno). Srednja vrednost razlike je  $9,9 \pm 0,4$  nT za sloj od 100 molekula  $C_{60}$  (Koruga, 2005).

Rotaciona energija molekula  $C_{60}$  je u domenu 5–9 meV, ali su glavne vrednosti između 6 i 8 meV kada iz jednog *qubit*-nog kvantnog stanja  $|10\rangle$  ili  $|1\pm 1\rangle$  prelazi u  $|00\rangle$ . Međutim, veoma interesantan i za nas važan fenomen dešava se kada se vrši uticaj na rotaciju  $C_{60}$  (rotira orijentisano, usmereno) jer onda distribucija  $V(\theta, \phi)$  rotacione energije nije ravnomerna, dok ako rotira nasumično („bang-bang“), bez prinude, onda je raspored  $V(\theta, \phi)$  ravnomeran. Dakle, molekul  $C_{60}$  se ponaša kao „savršen“ prirodni randomizovani Gausov klasifikator, što je nama potrebno za pretvaranje linearno polarizovane svetlosti u hiperpolarizovanu.



**Slika 6.25.** Vrednosti rotacione energije molekula  $C_{60}$  kada dolazi do kvantnih prelaza  $|10\rangle$  ili  $|1\pm 1\rangle$  u  $|00\rangle$ . Energija od 6–8 meV odgovara srednjoj talasnoj dužini od oko 170  $\mu\text{m}$  (Jex, 2000).

U drugom i trećem poglavlju pokazali smo da se foton (kada je u pitanju polarizacija) može opisati Poenkareovom sferom, a kvantne osobine elektrona pomoću Blohove sfere. Međutim, ta interakcija nije statička (kao kada svetlosni zrak udara u ploču koja stoji) već je dinamička ( $C_{60}$  rotira nasumično, „bang-bang“), pa jedan deo svetlosti prolazi kroz molekul u neizmenjenom obliku (oko 12%), drugi deo fotona u interakciji biva po energijama ukupnih angularnih momenata uređen po Fibonačijevim zakonima  $\Phi$  (oko 54%), dok treći deo fotona (oko 28%) biva transformisan i uređen po Fibonačiju  $\phi$ . Među njima postoji slaganje angularnih momenata, i novodobijeni (transformisani) fotoni se *preslikavaju* u interakcijama iz  $\phi$  u  $\Phi$ , i obrnuto. Oba ova procesa prolaze kroz randomizaciju koju omogućava  $C_{60}$  („deterministički kaos“) i zato njihovo ponašanje u faznom prostoru liči na atraktor (Schuster, 2005).

Glavni proces su preslikavanja tipa  $x_{n+1} = f(n)$ , pa će Ljapunovljev eksponent meriti razdvajanje dveju bliskih tačaka tokom iteracije (na primer:  $\Phi$  [13/8] i  $\phi$  [8/13]). Ukoliko se početno rastojanje  $\varepsilon$  menja po zakonu  $\varepsilon^{(N)}$ , gde je  $N$  broj primenjenih iteracija (na primer:  $\Phi$  [13/8] i  $\phi$  [89/144]), onda postoje 4 iteracije: 55/89, 34/55, 21/34, 13/21, da bi se došlo do 8/13, što je komplementni par u preslikavanju), tada je

$$\lambda_0 = \lim_{N \rightarrow \infty} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{N} \ln \left| \frac{f^N(x_0 + \varepsilon) - f^N(x_0)}{\varepsilon} \right|$$

a to je u direktnoj vezi sa prvim izvodom, pa površine lopte i torusa moraju biti prvi izvodi njihovih zapremina.

Preslikavanja su povezana sa informacijama, pa ako Šenonov izraz za izračunavanje klasične informacije (Shannon, 1963)

$$I = -\sum_i p_i \log_2 p_i$$

povežemo sa Ljapunovljevim eksponentima kod jednostavnijeg preslikavanja tipa  $f(x_n) = ax_n$ , možemo da saznamo prosečan gubitak informacije koji se dešava tokom jedne iteracije. U tom cilju podelimo interval dozvoljenih  $x$  vrednosti na  $N$  delova i pretpostavimo da se početna tačka  $x_0$  može naći u svakom od njih sa jednakom verovatnoćom  $1/N$ . Kada uočimo u kom se od tih delova tačka  $x_0$  nalazi dobija se informacija

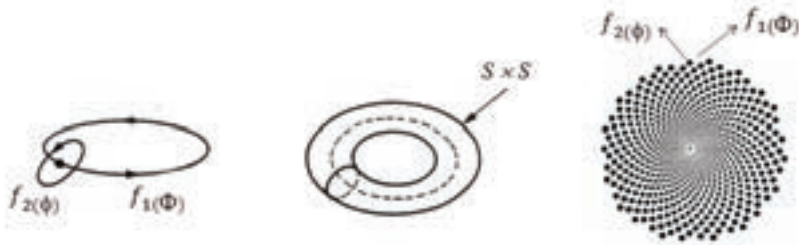
$$\Delta I = -\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \ln |f'(x_i)|$$

što nije ništa drugo nego Ljapunovljev eksponent. Zato je  $\Delta I = \lambda$  (Ljapunovljev eksponent) mera gubitka informacije o sistemu tokom iteracija. Ovo je direktna veza sa entropijom sistema koju je razradio Kolmogorev (K-entropija), a koja daje podatak (meru) koliko je sistem haotičan, odnosno neuređen. Na onovu Šenonove interpretacije, neuređenost je usko povezana sa količinom informacije koju imamo o sistemu na nekom nivou rezolucije. Neka  $I(\varepsilon, T)$  predstavlja količinu informacije dobijenu praćenjem trajektorije u intervalu vremena  $T$  sa preciznošću  $\varepsilon$ . Ako se izvrši podela faznog prostora na ćelije zapremine  $\varepsilon^m$  koje se prate u intervalima  $n\tau$ , tako da je  $t = N\tau = T$ , tada se Kolmogorova entropija može napisati kao:

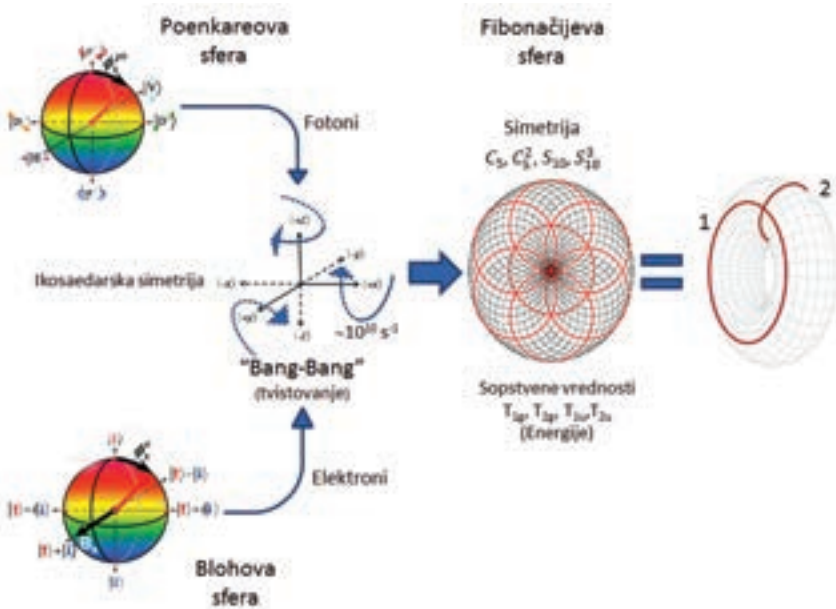
$$K \equiv \lim_{T \rightarrow 0} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{NT} \sum_{n=0}^{N-1} (K_{n+1} - K_n)$$

pa se javlja kao granična vrednost informacionog sadržaja, koji se preslikava. Drugim rečima, ona daje precizno određenje trajektorije u faznom prostoru i omogućava jednoznačno preslikavanje fotona po Fibonačijevom nizu. Kako ovaj dinamički sistem osciluje na dvema (kuplovanim) grupnim frekvencijama  $f_{1(\Phi)}$  (fotoni koji se energetske ne transformišu, već se u interakciji sa  $C_{60}$  uređuju po Fibonačiju) i  $f_{2(\Phi)}$  (fotoni koji se energetske transformišu u interakciji sa  $C_{60}$  i uređuju po Fibonačiju), njegovo kvaziperiodično kretanje može se opisati pomoću torusa (slika 6. 26). Ako se u spektru sistema nađe  $k$  međusobno nezavisnih frekvencija (na primer,  $f_{3(\Phi)}$  i  $f_{4(\Phi)}$ ), onda se kaže da sistem izvodi kvaziperiodično kretanje na  $k$ -dimenzionalnom torusu ( $T^k$ ).

Poznat je fenomen manipulacije polarizacionim talasima struktura koje tvistuju (Liu, 2014). Interakcija fotona sa tvistujućim strukturama, kao što je molekul  $C_{60}$ , predstavlja fenomen sa rotacionim Doplerovim pomakom-šiftom (Ballantine, 2016). Fotoni se ponašaju po pravilima Poenkareove sfere, a elektroni po pravilima Blohove sfere. Treba imati u vidu da su elektroni sastavni deo molekula  $C_{60}$  koji je ikosaedarska struktura sa „bang-bang“ fenomenom od oko  $10^{10}$  u sekundi. U svom kompleksnom kretanju proizvodi dva glavna fotonska efekta: procese  $f_{1(\Phi)}$  i  $f_{2(\Phi)}$  (kuplovene frekvencije fotona koji se uređuju po  $\Phi$  i  $\phi$ ).



Slika 6.26. Dinamika sistema sa dve nezavisne frekvencije  $f_{1(\Phi)}$  i  $f_{2(\phi)}$  opisuje se kao kvazi-periodično kretanje na torusu. Međutim, ako proces posmatramo u ravni, onda dobijamo formu „suncokreta“ gde su frekvencije  $f_{1(\Phi)}$  i  $f_{2(\phi)}$  kuplovane (Strogatz, 1994).

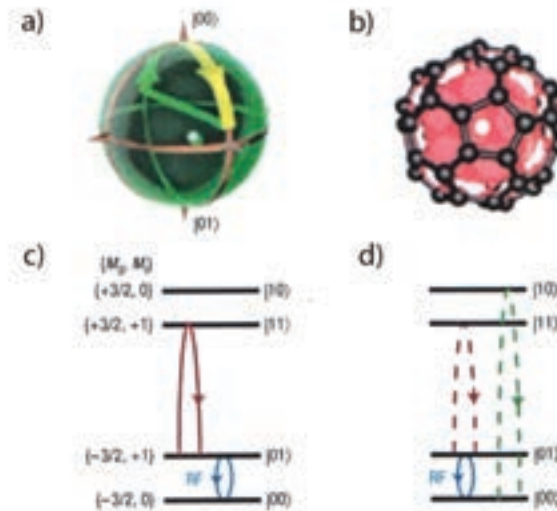


Slika 6.27. Shematski prikaz generisanja hiperpolarizovane svetlosti: a) fotoni linear-no polarizovani dolaze da interaguju sa elektronima b) koji su sastavni deo ikosaedarske strukture koja izvodi „bang-bang“ (c) prostornu  $(x,y,z)$  i vremensku  $(t)$  dinamiku brzi-nom  $10^{10}$  u sekundi. To dovodi do generisanja „determinističkog haosa“ koji obezbeđuje kuplovanje orbitalnih angularnih momenata fotona i elektrona i formiranje 2-D  $(\Phi, \phi)$  „paterna“ (d) koji je u stvari 3D tvistujućii torus sa  $f_{1(\Phi)}$  i  $f_{2(\phi)}$  grupnim frekvencijama.

Istraživačka grupa sa Oksforda i Prinstona je eksperimentalno pokazala dinamiku molekula  $C_{60}$  kada je u njega ubačen atom azota, tzv. endohedralni fullerene,  $N@C_{60}$  (Morton, 2005). Osnova je bila kuplovanje nuklearnih i elektronskih spinova na bazi uticaja rezonantnog radio-polja (spregnutog Rabi oscilatorom), da bi se generisali elektronski kvantni qubit-ovi ( $M_s = +3/2$  i  $-3/2$ ) i nuklearni qubit ( $M_I = +1,0$ ). Ovi eksperimenti snažno ukazuju na to da je molekul  $C_{60}$  jedan od ozbiljnih kandidata za buduće kvantne kompjutere.



Eksperimentalnu vizuelizaciju (slika 6. 29) orbitalnih angularnih momenata fotona (sa levom i desnom orijentacijom), u cilju poboljšanja kapacitivnosti u komunikacionim sistemima, dobio je USA-Izrael-Kina istraživački tim (Wang, 2012). Dve godine kasnije, USA-Kanada istraživački tim uspeo je da snimi orbitalne angularne momente fotona vidljive svetlosti (Karimi, 2014).

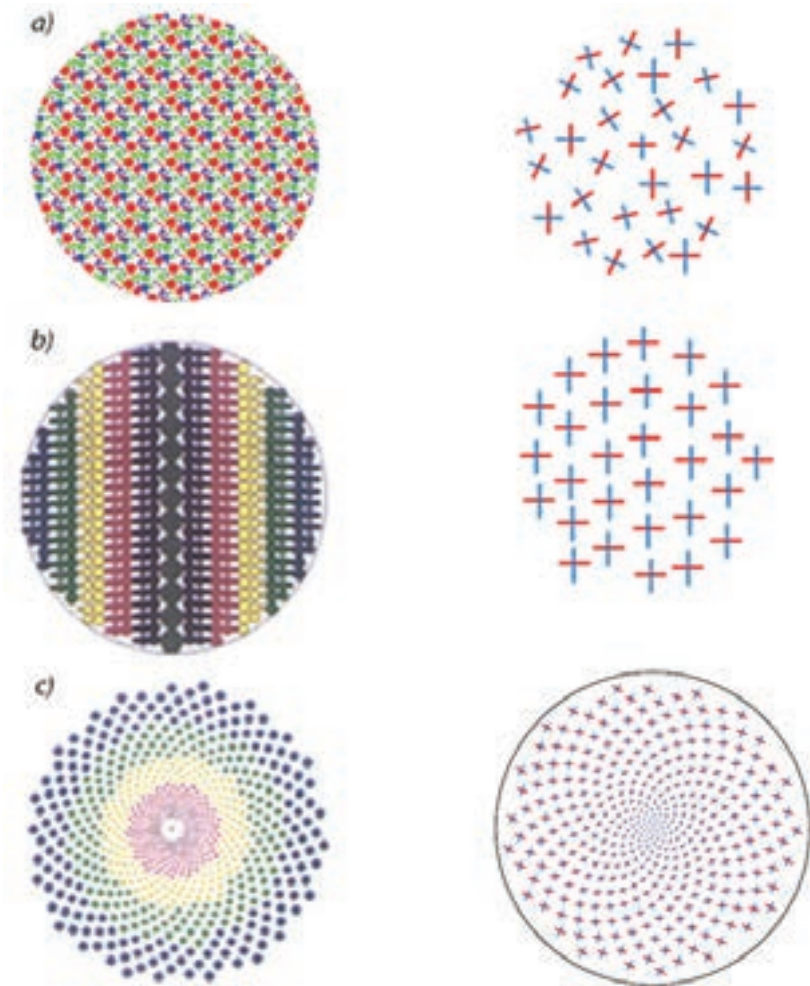


**Slika 6.28.** Molekul  $C_{60}$  kao osnovni element za generisanje qubit-ova na bazi uticaja radio-talasa (RF) pod kontrolom Rabijevog oscilatora (Morton, 2005).



**Slika 6.29.** Orbitalni angularni momenti fotona sa levom i desnom orijentacijom (Wang, 2012). Kada se prve dve slike „preklape“, njihove presečne tačke daju Fibonačijev  $[\Phi, \phi]$  sistem (desno).

Da bismo što lakše uočili razlike između difuzne, linearno polarizovane i hiperpolarizovane svetlosti, potrebno je pogledati uređenje (organizaciju) elektromagnetnog polja. To smo već prikazali (na slikama 6. 5, 6. 6 i 6. 12), ali kada se sve tri slike nađu na jednom mestu, jednim pogledom mogu se videti sličnosti i razlike između ove tri vrste svetlosti (slika 6. 30).



**Slika 6.30.** Komparativni prikaz difuzne (a), vertikalno linearno polarizovane (b) i hiperpolarizovane svetlosti (c). Glavna razlika je u orijentaciji i organizaciji elektromagnetnih polja fotona. U sva tri slučaja električno (plavo) i magnetno (crveno) polje su upravni jedno na drugo. Kod difuzne svetlosti EM polje svakog individualnog fotona „tvistuje“, čas levo, čas desno, a u celini gledano EM polja fotona su nasumično orijentisana. Kod vertikalno linearno polarizovane svetlosti EM polja su strogo orijentisana vertikalno, horizontalno ili pod bilo kojim drugim uglom (ali su sva EM polja fotona pod istim ulom), i fotoni su uređeni u ravni po energetske nivoima (talasnim dužinama / frekvencijama / talasnim brojevima). Kod hiperpolarizovane svetlosti EM polja fotona su organizovana u zakrivljene ravni po Fibonačijevim zakonima, fotoni su uređeni po energijama, ali tako da važi princip „polukvantizacije“ ukupnog orbitalnog angularnog momenta, a samim tim i energije na bazi Plankove konstante i frekvencije.



## 6.6. Inženjerstvo hiperpolarizovane svetlosti na bazi molekula $C_{60}$

Molekul  $C_{60}$  otkriven je slučajno ili, bolje rečeno, „kada mu je došlo vreme“. Trojica najzaslužnijih naučnika su Osava (Eiji Osawa), Kroto (Harold Kroto) i Hafman (Donland Huffman). Osava je predvideo njegovo moguće postojanje još 1973. godine, ali kako je rad štampan na japanskom, ostao je nezapažen sve do 1985. godine kada je eksperimentalno dobijen. Za taj događaj najzaslužniji je Kroto iz UK, koji je svoju slobodnu godinu univerzitetskog profesora provodio na Rajs Univerzitetu (Rice University) u USA. Radio je sa dvojicom kolega (Richard Smalley i Robert Curl) i dvojicom doktoranata (Jim Heath i Sean O'Brien). Njih trojica profesora su postavili eksperiment, da bi videli šta će se dobiti pri sudaru laserske svetlosti visoke snage i grafita. Dali su doktorantima da variraju parametre u eksperimentu, a oni su „pili kafu“ (u univerzitetskom kafetu) i obavljali administrativne poslove na Univerzitetu (mnogo teži posao nego eksperimentisanje). S vremena na vreme bi dolazili i proveravali kako eksperiment napreduje. Jednog dana, doktoranti su utrčali u prostoriju gde su profesori sedeli i veoma uzbuđeni rekli: „...dobili smo nešto neobično, ne znamo šta je... ima samo jedan maseni pik na 720...“ Šok je bio potpun, ugljenična struktura sa 720 masenih jedinica znači da u svom sastavu ima 60 atoma ugljenika ( $720:12 = 60$ ). Stanje šoka pretvorilo se u glavobolju, a kasnije i u noćne more. Trebalo je rešiti zagonetku strukture 60 atoma ugljenika. Za hemičare nimalo lak zadatak, jer su razmišljali u „datim okvirima“ hemije, a ovo je izlazilo iz klišeja. Ali bili su svesni toga da su zbog postojanja jednog pika svi atomi ravnopravni u odnosu na centar mase. Prvo što su zaključili jeste da struktura nije dvodimenzionalna već trodimenzionalna, a ravopravnost atoma može da obezbedi rešenje samo ako su atomi raspoređeni po površini sfere. Koliko god to sa današnjeg aspekta izgledalo jednostavno, to danas studentima postaje jasno za 10 sekundi, tada je bilo EUREKA! Taman kada su mislili da su se rešili „glavobolje“, shvatili su da nisu „prešli reku“, već samo jedan njen rukavac. Pokušali su da sa heksagonima prekriju površinu sfere, ali bezuspešno. Kroto se setio domaćeg zadatka koji su njegova deca rešavala u školi pre mnogo godina, a Smoli je potražio pomoć matematičara sa Univerziteta. U približno isto vreme, posle oko deset dana mozganja, došli su do rešenja. Kroto se prisetio da su deca pored heksagona sekla i pentagone od papira da bi napravila kupolu geodezijskog paviljona sa svetske izložbe u Montrealu 1976. godine, a matematičari su Smoliju za 30 sekundi rekli rešenje: radi se o Ojlerovom zakonu o poliedrima, pa se pored heksagona mora uključiti i 12 pentagona (pazite, uvek mora biti 12 pentagona, a broj heksagona može varirati). Čudno neko pravio, ali je tako: *matematica naturales!* Svi su sa ushićenjem iščekivali da vide kako će se isečeni pentagoni i heksagoni složiti po površini lopte. Kada je sve bilo gotovo, a glavobolja prerasla u oduševljenje, Kroto je predložio da se novodobijena struktura zove Bakministerfuler (Buckminister Fuller, popularno *Bucky*), po američkom arhitekti koji je konstruisao geodezijski dom u Montrealu kao paviljon za USA izlagače na sajmu. Prionuli su na posao da napišu rad koji su objavili 14. novembra 1985. godine u časopisu *Nature* (slika 6. 31). Uz naučne rezultate, stavili su i sliku

fudbalske lopte, da bi svima, na prvi pogled, bila jasna struktura molekula  $C_{60}$ , ali i kao opomenu istraživačima da se ne smeju „začauriti“ u postojećim znanjima i načinima razmišljanja. Mnoga rešenja stoje tu, ispred nas, gledamo ih, ali ne umemo da ih vidimo na pravi način „očima uma“. Za ovo otkriće, 1996. godine, Kroto, Smoli i Krl dobili su Nobelovu nagradu za hemiju.

Sa saznanog aspekta lepo je znati da je stvorena jedna nova struktura, molekularni kristal koji je po svojoj tačkastoj simetriji najlepše telo u prirodi. Ali šta je sa praktičnim aspektom? Jedan molekul veličine samo 1 nm sam po sebi ne može biti upotrebljen. Trebalo je stvoriti miligramske ili gramске količine molekula  $C_{60}$  da bi se mogle istraživati njegove fizičke i hemijske karakteristike. Na razne načine pokušavalo se sa sintetizovanjem, hemijskim putem, gramskih količina molekula  $C_{60}$ . Međutim, nekoliko godina nije bilo uspeha. Ali u tom periodu, 1985–1991, nisu mirovali ni teorijski fizičari. Dali su se na posao i sa klasične i kvantne mehanike proučavali novodobijenu strukturu. Izračunali su da ova nova struktura treba da ima apsorpcione spektre na  $528\text{ cm}^{-1}$ ,  $577\text{ cm}^{-1}$ ,  $1.163\text{ cm}^{-1}$  i  $1.429\text{ cm}^{-1}$ . Na osnovu proračuna dobili su i, orijentaciono, kako treba da izgleda (naslovna strana *Science*, 1991, slika 3. 10, sredina).



**Slika 6.31.** Maseni spektar iz eksperimenta sa jednim masnim pikom na 720 (levo) i fudbalska lopta (desno), publikovani u časopisu *Nature* 1985. godine. Ser Harold Kroto simbolično daruje svetu novu strukturu, molekul  $C_{60}$ .

Da je istraživanje puno neizvesnosti i nepredvidljivih situacija pokazuje primer istraživačke grupe Exxon, USA. Oni su imali na raspolaganju isti laserski sistem kao Kroto, Smoli i Krl na Rajs Univerzitetu. Štaviše, laseri su napravljeni na Rajs Univerzitetu po porudžbini Exxon kompanije, u okviru njihovog istraživačkog projekta „alternativni izori energije“. Eksperimente su u Exxonu započeli sa ugljenikom, a na Rajs Univerzitetu sa silicijumom, sve dok na Rajs Univerzitet nije došao Kroto, koji je predložio eksperimente sa grafitom (ugljenikom). Exxonova istraživačka grupa je godinu dana pre grupe sa Rajs Univerziteta dobila rezultate i publikovala ih 1984. godine (Rohlfing, 1984). Oni su tada dobili molekul  $C_{60}$ , ali toga nisu bili svesni. Njihov maseni spektar je bio sličan kao prvi odozdo (odnosno pod c, slika 6. 31) kod grupe sa Rajs Univerziteta. Ali nisu mogli da izađu iz „okvira“ standardnih razmišljanja, pa nisu adekvatno protumačili sopstveni rezultat. Sreća im nije bila naklonjena i izmakla im je Nobelova nagrada, iako su oni godinu dana ranije objavili rad iz kog se vidi da je molekul  $C_{60}$  sintetizovan.

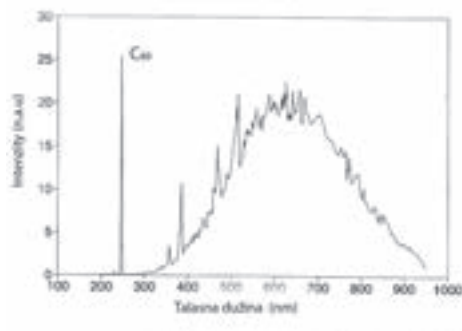
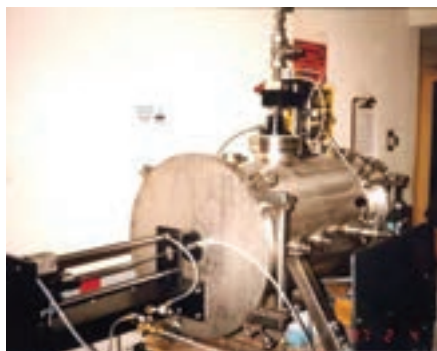
Potpuno nezavisno od ovih istraživanja, sintezom sitnih čestica od ugljenika bavio se na Univeritetu u Arizoni u Tucsonu (University of Ariona, Tucson) prof. Donald Hafman. On je izučavao fenomen rasejanja svetlosti oko džinovskih zvezda, čije se nuklearne reakcije zasnivaju na „ugljenikovom lancu“, pa je pretpostavio da je u okolini „crvenih džinova“ međuzvezdana prašina sastavljena od čestica ugljenika. Da bi simulirao proces u laboratorijskim uslovima, napravio je jedan uređaj, komoru, ispunio je gasom helijuma pod pritiskom (koji je varirao) i stavio dve elektrode, jednu metalnu i drugu od grafita. Sa odgovarajućim intenzitetom struje i napona stvarao je varničenja, a ona su grafit pretvarala u oblak prašine, sitnih čestica od ugljenika. Zbog stvarnja crne prašine njegova laboratorija nije bila omiljena na Univerzitetu, smatrali su je zagađivačem okoline. On je te eksperimente radio još od 1974. godine i proizvodio u gramskim količinama molekula  $C_{60}$  (doduše sa veoma malim prinosom 1–2%, ali ipak). Tek kada su teorijski fizičari 1990. godine izračunali apsorpcione spektre molekula  $C_{60}$  on se odvažio da u tom domenu spektra istraži „svoju ugljeničnu prašinu“. Kad je uradio spektroskopiju prašine koju je dobijao pod pritiskom u rektoru od 10 tora, ništa nije mogao da vidi. Međutim, prašina koja se stvarala u atmosferi helijuma pod pritiskom od 100 tora sadržala je sva četiri apsorpciona pika molekula  $C_{60}$ . Kada je pomoću tečne hromatografije izvršio prečišćavanje prašine, dobio je miligramske količine ugljenika sa 95% čistoće. To saznanje bilo je revolucionarno za proizvodnju gramskih, a kasnije i mnogo većih količina molekula  $C_{60}$ .

Sticaj okolnosti je hteo da je autor ove monografije proveo godinu dana na Univerzitetu u Arizoni, školske 1984/1985. godine iz oblasti nanotehnologija (u to doba ova oblast se zvala molekularna elektronika), da bi 1990. godine ponovo došao na taj Univerzitet i uz povremena putovanja na relaciji Tucson–Beograd ostao tamo do 1998. godine. Kada je vest o dobijanju miligramskih količina molekula  $C_{60}$  prostrujala Univerzitetom krajem 1991. godine, obreo sam se u laboratoriji prof. Hafmana. Rekao sam mu da u Beogradu imam Centar za molekularne mašine koji ima STM/AFM uređaj i da bih želeo da ispitam molekul  $C_{60}$  na nano nivou. Dobio sam par miligrama  $C_{60}$ , za Novogodišnje praznike seo u avion i došao u Beograd. Pored znanja, poslužila nas je i sreća i izgled molekula  $C_{60}$  je prvi put eksperimentalno viđen (slika 3. 10, *desno*). Mora se priznati da su se teorijski model i eksperimentalna slika (na bazi Skenirajućeg tunelskog mikroskopa sa atomskom rezolucijom) veoma dobro slagali. Rad je publikovan u časopisu (Koruga, et al., 1992), a par nedelja kasnije stigla je ponuda izdavačke kuće Elsevier da se napiše prva knjiga o molekulu  $C_{60}$  (Koruga, et al., 1993).

Međutim, čitalac bi trebalo da zna da je već 1992. godine u stenama na severu Rusije, a zatim i Kolorada (SAD), otkriven  $C_{60}$ . I ne samo to, pronađen je i u meteoritu koji je stariji od Sunčevog sistema, a pao je u Kanadu pre mnogo godina. Ovo je u naučnim krugovima, koji su se bavili ovom problematikom, izazvalo blago „razočaranje“ u originalost ljudskog stvaralaštva. Mislilo se da je čovek stvorio nešto potpuno novo, jedinstveno, a ono – ispostavilo se da smo samo „zakucali na otvorena vrata prirode“. Potpuni šok, posle *geoloških fulerena*, došao je iz laboratorija MIT-a: „...gospodo,  $C_{60}$  se nalazi u plamenu sveće...“ Pa molekul  $C_{60}$  nije nešto izuzetno u prirodi, štaviše, to je forma opšteprisutna. Taj prelaz, od saznanja da je *jedinstven* do saznanja da je *opšteprisutan*, dao je zapravo neprocenljivu vrednost ovom molekulu i ikosaedarskoj simetriji (opštem prisustvu Fibonačijevih zakona u prirodi).

## Proizvodnja molekula $C_{60}$

Dobijanje molekula  $C_{60}$  u gramskim količinama pomoću električnog luka u atmosferi helijuma pod pritiskom od 100 tora 1990. godine ohrabrilo je mnoge preduzetne istraživače i poslovne ljude da počnu da se bave proizvodnjom fulerena. Nekoliko manjih kompanija niklo je preko noći. Naravno, i mi smo se uključili u te istraživačko-razvojne poduhvate i krajem 1997. godine napravili naš prvi reaktor za proizvodnju gramskih količina molekula  $C_{60}$  (slika 6. 32). Zbog sankcija se na njemu radilo u SAD i dopremljen je u Srbiju 1998. godine.



**Slika 6.32.** Backy-SER reaktor za proizvodnju molekula  $C_{60}$  (levo) napravljen je po uzoru na američki reaktor, u saradnji sa istraživačima iz SAD, uz finansijsku podršku GOŠA Holdinga (pre svega njihovog direktora Branislava – Rafa Milanovića). Spektar koji pokazuje da se u ugljeničnoj prašini nalazi i molekul  $C_{60}$  (desno) (Matija, et al., 2011).

Kada se pomoću električnog luka (i drugim metodama) stvorila „ugljena prašina“, u njoj se (u početnoj fazi razvoja) nalazilo svega oko 2%–3% molekula  $C_{60}$ . Kasnije se tehnologija razvijala i dostignuto je i do 24% prisustva ovog molekula. Prašina se hemijskim metodama prečišćava da bi se dobila čistoća materije 95%–99,95%. Postoji i čistoća sa četiri devetke, ali je veoma skupa.

## Tanki filmovi na bazi molekula $C_{60}$

Tanki  $C_{60}$  filmovi se stvaraju ili CVD metodom (hemijska depozicija molekula  $C_{60}$  na neku podlogu) ili spateringom (fizičkom metodom). U prvom slučaju molekuli  $C_{60}$  su u prahu, a u drugom slučaju u čvrstom stanju (obično presovani prah u tabletama).

Energetski HOMO-LUMO procep (gap) kod molekula  $C_{60}$  različit je u zavisnosti od toga kako su raspoređeni molekuli  $C_{60}$  u tankom filmu. Ako je uređenje dobro, crna boja praška pretvara se u žutu boju tankog filma sa transparentnošću do 95%. Debljina tankog filma može biti različita, ali debljine od 30 do 250 nm se obično prave za različite potrebe (za sada za zaštitu od UV zračenja i promene EEG signala pod uticajem svetlosti na CNS preko čula vida).



**Slika 6.33.** Tanak film od molekula  $C_{60}$  debljine 60–100 nm, na staklenoj podlozi. Raspored molekula  $C_{60}$  u filmu. Zbog  $\pi$  elektrona koje ima svaki  $C_{60}$  molekul stvaraju se odbojne sile i molekul slobodno rotira oko  $3 \times 10^{10} s^{-1}$  (Koruga, Dj. PCT Patent US2008/0286453 A1, Aplikant DVB Global USA).

### Nanofotonski materijal $C_{60}$ @ PMMA

Drugi način dobijanja fotoničnog materijala na bazi  $C_{60}$  jeste da se molekuli  $C_{60}$  inkorporiraju u neki transparentni polimerni materijal. Zašto bazni materijal treba da bude polimerni? Odovor je zato što bazni materijal treba da dozvoli da se molekul  $C_{60}$  fizički smesti između polimera. Ne treba da se veže hemijski, pa zato radne temperature ne smeju da budu visoke (preko  $289^{\circ}C$ ) da ne bi došlo da kidanja dvostrukih  $C=C$  veza u heksagonima (da se oslobađa jedna veza, koja kasnije molekul  $C_{60}$  vezuje za polimer i time onemogućava rotaciju molekula  $C_{60}$ ). Na slici 6. 34 je pokazan mogući raspored molekula  $C_{60}$  u polimernom materijalu PMMA. Ovako dobijeni materijali se obeležavaju sa  $C_{60}$  @ PMMA, što znači da je molekul  $C_{60}$  inkorporiran u polimer.



**Slika 6.34.** Jedna od mogućih varijanti organizacije  $C_{60}$  u polimerni materijal PMMA, HEMA i dr. (levo). Ambijent slikan aparatom bez nanofotonskog filtera i sa njim. Maksimalni pik hiperpolarizovane svetlosti, čiji su se fotoni reorganizovali, iznosi 728 nm. Da bi se to ostvarilo debljina filtera treba da bude oko 20 mm. Drugi deo svetlosti kod koje je nastupila energetska transformacija je u domenu daleke infracrvene svetlosti (Koruga, Dj., Int. Pat. App. PCT/EP2016/063174, 2016, aplikant Fieldpoint, Cipar/ ZEPTER GROUP).

Kada se uporede slike 6.33 i 6.34 vidi se da je transparentnost  $C_{60}$  @ PMMA i tankog filma od  $C_{60}$  ista, što znači da su se molekuli  $C_{60}$  pravilno rasporedili u osnovnom (PMMA)

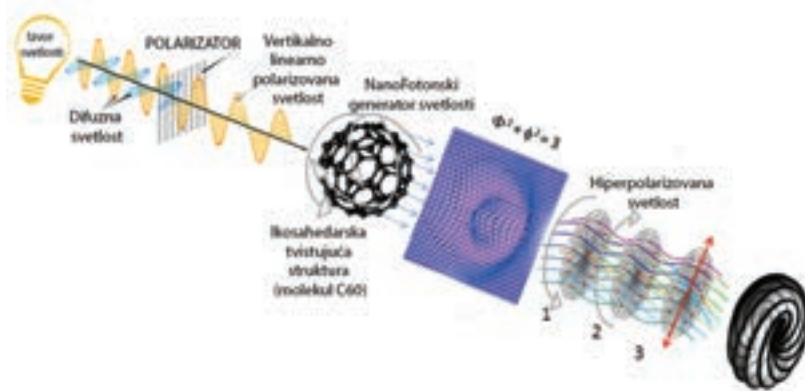


materijalu. Površine do 15 mm u prečniku se prave po principu proizvodnje materijala za kontaktna sočiva. Tehnologija je razrađena i dobijaju se veoma kvalitetni nanofotonični materijali. Međutim, kod dobijanja većih prečnika nastaju problemi koji se prevazilaze „u hodu“, jer je potrebno uspostaviti novu proizvodnu tehnologiju. Za sada su napravljene ploče do 350 mm, što je sasvim dovoljno za pravljenje nanofotonskih uređaja različitih prečnika.

### ***Sistem za generisanje hiperpolarizovane svetlosti***

Sistem za generisanje hiperpolarizovane svetlosti sastoji se od tri glavna elementa: (1) izvora difuzne svetlosti, (2) polarizatora koji difuznu svetlost pretvara u vertikalno linearno polarizovanu svetlost, (3) nanofotonskog polarizatora koji vertikalno polarizovanu svetlost pretvara u hiperpolarizovanu.

Difuzna svetlost može imati različit spektar, ali ako u sebi ima UV zračenja ono će biti jednim delom apsorbovano (od strane molekula  $C_{60}$ ), a drugim delom pretvoreno u svetlost neke druge talasne dužine (jednim delom prema crvenom spektru, a drugim delom u domenu vibro-rotacionih frekventnih modova). Plava svetlost (talasne dužine do 450 nm) biće takođe apsorbovana i na sličan način reemitovana. Pretvaranje zračenja u toplotnu energiju je minimalno, tako da se nanofotonski filter veoma malo zagreva. Sa postojećim izvorom zračenja od 350 do 1.070 nm ima dva glavna spektralna intervala: jedan od 470 nm do 1.050 nm, sa maksimalnim pikom na 728 nm (crvena), a drugi od 5.000 nm do 35.000 nm sa 64 pika, interval vibro-rotacionog spektra (videti tabelu 6. 3). Prvi spektralni interval koristi se za uticaj na elektronska stanja tkiva, a drugi za vibracione i rotacione modove biomolekula.



**Slika 6.35.** Shematski prikaz generisanja nanofotonske svetlosti. Ključni element je ikosaedarska tvistujuća struktura (molekuli  $C_{60}$  koji su inkorporirani u polimerni materijal) koja generiše raspored fotona, tako što stvara 2D energetska membranu [ $\Phi^2 + \phi^2 = 3$ ] koja dospele fotone „filtrira“ po Fibonačijevom zakonu [ $\Phi, \phi$ ]. Krajnji izlaz je Fibonačijev tvistujuć torus koji nastaje iz dinamike tri (1, 2, 3) energetske forme (leva zavojnica  $\phi$ , desna zavojnica  $\Phi$  i atraktivno-repulzivne interakcije koje određuju vrednost u svakom preseku leve i desne zavojnice) (Koruga, Dj., Int. Pat. App. PCT/EP2016/063174, 2016, Aplikant FIELDPOINT, Cipar/ZEPTEP GROUP).

## Literatura

1. Alonso, M., Finn, E.J., Physics. Addison-Wesley, Harlow, 1992.
2. Ballantine K. E., Donegan, J. F., Eastham. P. R., There are many ways to spin a photon: Half-quantization of a total optical angular momentum. *Science Advances* Vol. 2, no. 4, pp. 1-7, 2016.
3. Dal Negro, L., Oton, C. J., Gaburro, Z., Pavesi, L., Johnson, P., Lagendijk, A., Righini, R., Colocci, M., Wiersma, D. S., Light Transport through the Band-Edge States of Fibonacci Quasicrystals. *Physical Review Letters*, VOL. 90, No. 5, pp. 055501-1-4, 2003.
4. Elliott, J.P., Dawber, P.G., Symmetry in Physics. Vol. 1 and Vol. 2, Oxford University Press, New York 1990.
5. Fleisher, A., Bordo, E., Kfir, O., Siderenko, P., Cohen. O., Polarization-fan high order harmonics. *J. Phys.B: At Mol Opt Phys*, 50, 034001, 2017.
6. Feynman, R.P., QED: The strange theory of light and matter. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 1985.
7. Harris, D.C., Bertolucci, D.M., Symmetry and Spectroscopy: An introduction to Vibrational and Electronic Spectroscopy. Dover Publications, New York, 1978.
8. Harter, W.G., Weeks, D.E., Rotation-vibration spectra of icosahedral molecules II-icosahedral symmetry analysis and fine structure. *J. Chem. Physics*, 90 (9): 4724-4743, 1989.
9. Harter, W.G., Reimer, T., Rotation-vibration spectra of icosahedral molecules III. *J. Chem. Physics*, 94 (8): 5426-5434, 1991.
10. Hargittai, I., (ed) Fivefold symmetry. World Scientific, Singaapore, 1992.
11. Hayden, G.W., Mele, E.J.,  $\pi$  bonding in the icosahedral  $C_{60}$  cluster. *Phys. Rev. B.*, 36(9): 5010-5015, 1987.
12. Huffman, D.R, Solid  $C_{60}$ . *Physics Today*, 44: 22-29, 1991.
13. Icke, V., *The force of symmetry*. Cambridge University Press, Cambridge 1995.
14. Jex, I., Alber, G., Rotational wavepacket dynamaics of the  $C_{60}$  molecule. *J. Phys.B: At Mol Opt Phys*, 33, 1663-1674, 2000.
15. Karimi, E., Schulz, S.A., De Leon, I., Qassim, H., Upham, J., Boyd, R., Generating optical orbital angular momentum at visible wavelengths using a plasmonic metasurface. *Light: Science and Application*, 3,e167;doi10.1038/Isa.2014.48, published 9 May 2014.
16. Koruga, Dj., Hameroff, S., Withers, J., Loutfy, R., Sundereshan, M., Fullerene  $C_{60}$ : History, Physics, Nanobiology, Nanotechnology. North-Holland, Amsterdam, 1993a.



17. Koruga, D., Simic-Krstic, J., Trifunovic, M., Jankovic, S., Hameroff, S., Withers, J.C., Loutfy R.O., Imaging Fullerene C60 with atomic resolution using Scanning Tunneling Microscope. *Fullerene Science and Technology*, 1, 93-100,1993b.
18. Koruga, Dj., Nikolić, A., Mihajlović, S., Matija, L., Nanomagnetic Behaviour of Fullerene Thin films in the Earth Magnetic Field in Dark and Under Light Polarization Influence. *Journal Nanoscience Nanotechnology*, Vol.5: 1660-1664, 2005.
19. Koruga, Dj., Apparatures for Harmonized Light. PCT Patent US2008/0286453 A1, vlasnik DVB Global USA, datum publikovanja 20. novembar 2008.
20. Koruga, Dj., Optical filter and Method of manufacturing an optical filter. Int. Pat. App. PCT/EP2016/063174, 2016, vlasnik ZEPTEK-BIOPTRON, Švajcarska, podnosilac patentne prijave Fieldpoint, Kipar.
21. Kratsschmer, W.M., Lamb, L.D., Fostiropoulos, K., Huffman, D., Solid C<sub>60</sub>: a new form of carbon. *Nature*, 347:354-358, 1990.
22. Liu, X., Xu, Y., Zhu, Z., Yu, S., Guan, C., Shi, J., Manipulating wave polarization by twistwd plasmonic metamaterials. *Optical Materials Express*, Vol.4, No.5:1003-1010, 2014.
23. Matija, L., Enohedralni fulereni, Zadužbina Andrejević, Beograd, 1999.
24. Matija, L., Kojić, D., Vasić, A., Bojović, B., Jovanović, T., Koruga, Đ., Uvod u nanotehnologije. Nauka, Beograd, 2011.
25. Miransky, V.A., *Dynamical Symmetry Breaking in Quantum Field Theory*. World Scientific, Singapore,1993.
26. Morton, J.J.L., Tyryshkin, AM., Adavan, A., Benjamin, S.C., Porfirakis, K., Lyon, S.A., Briggs, A.G.D., Bang-bang control of fullerene qubits using ultrafast phase gates. *Nature Physics*, 2005, doi:10.1038/nphys192.
27. Rohlfing, E.A., Cox, D.M., Kaklor, A., Production and characterization of supersonic carbon cluster beams. *J.Chem. Phys.* 81(7):3322-3326, 1984.
28. Russell, H. N., Saunders F. A., New Regularities in the Spectra of the Alkaline Earths. *Astrophysical Journal*, vol. 61, p. 38 , 1925.
29. Schuster, H.G. Just,W., *Deterministic Chaos: An Introduction*. Wiley-VCH, Weinhein, 2005.
30. Shannon, C.E., Weaver,W., *The Mathematical Theory of Communication*. Illini Books, 1963.
31. Strogatz, S.H., *Nonlinear dynamics and chaos: With Applicaion to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*. Westview/Perseus Books, Cambridge, 1994.
32. Wang, J., Yang, J-Y., Fazal, I.M., Ahmed, N,Y., Huang, H., Ren, Y., Yue, Y., Dolinar, S., Tur, M., Willner, A. E., Terabit free-space data transmission employing orbital angular momentum multiplexing. *Nature Photonics* 6, 488–496, 2012, doi:10.1038/nphoton.2012.138
33. Zettili, N., *Quantum Mechanics: Concept and Applications*. John Wiley and Sons, Chichester, 2009.



# 7

## PRIMENA HIPERPOLARIZOVANE SVETLOSTI U MEDICINI



U ovom poglavlju prikazaćemo dve studije i devet pojedinačnih slučajeva primene hiperpolarizovane svetlosti u medicini. Prva studija izvedena je na uzorku od 32 ispitanika (7 muškog pola i 25 ženskog pola, starosti između 26 i 63 godine) kod kojih su određivana biofizička stanja kože i promene na koži pod uticajem hiperpolarizovane svetlosti. Studija je izvedena u BIOPTRON Centru u Beogradu.

Zatim je prikazano devet medicinskih slučajeva koje su tretirali lekari Ordinacije opšte medicine ZEPTER MEDICAL u Beogradu. Tretirani su sledeći slučajevi: opekotine, lifenikacija kože (svrab), rane od opekotina, psorijaza, akne, bronhijalna astma, spondilolistaza, lumbalni sindrom i hronična venska insuficijencija. Kod svakog od ovih slučajeva dat je kratak uvod o problemu, prikazan slučaj, dat protokol tretmana, objašnjen mehanizam dejstva hiperpolarizovane svetlosti, prikazani rezultati tretmana i dat zaključak.

U drugoj studiji rađena su istraživanja dejstva dnevne svetlosti preko oka na mozak i EEG signale. U studiji je učestvovalo 12 ispitanika, a dejstvo svetlosti na mozak vršeno je preko naočara koje su napravljene od fullerenskog tankog filma. Studija je izvedena na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu i na Vojnomedicinskoj akademiji u Beogradu.

## ***7.1. Dejstvo hiperpolarizovane svetlosti na biofizička stanja kože***

*Đuro Koruga, Laboratorija za biomedicinsko inženjerstvo, NanoWorld AG, Beograd*

Biofizička stanja kože zavise prevashodno od pravilnog odnosa vode i lipida u epidermu, kolagena i elastina u dermu, kao i stanja bazalne membrane. U ovom radu istraživaće se biofizičko stanje kože na osnovu stanja i interakcije vode sa lipidima. U tu svrhu upotrebiće se metoda optomagnetne imidžing spektroskopije za identifikaciju biofizičkog stanja kože.

## Uvod

Epidermis, prvi sloj kože, ne sadrži krvne sudove i predstavlja glavnu barijeru koja sprečava brzo isparavanje vode i gubitak toplote, s jedne strane, kao i prekomerni prodor zračenja, sitnih čestica i patoloških mikroorganizama. Dermis, unutrašnji sloj kože, karakteriše dobra vaskularizacija i bogato prisustvo kolagena i elastina. Njih povezuje, a ujedno i deli, talasasta dermo-epidermalna membrana koja je veoma složene strukture. Ispod dermisa nalazi se hipodermis koga od mišićnog tkiva dele vlaknaste strukture. Ljudska koža sadrži 65%–70% vode, u zavisnosti od godina starosti i pola.

O kolagenu, najrasprostranjenijem proteinu u koži, bilo je reći u petom poglavlju. Treba reći da u sastavu kože najviše ima kolagena tipa I, potom tipa III, a zatim IV, VI i VII. Oni se nalaze svuda u dermisu, a smatra se da su mutacije kolagena tipa VI povezane sa razvojem slabosti i trošenjem mišićne mase.

Vlakna elastina poseduju dobru elastičnost, što podrazumeva atraktivno-repulzivne sposobnosti: sposobnost da se lako deformišu, ali i vrati u prvobitno stanje posle rastezanja kože. Anizotropna priroda strukture kože je kompleksna, pa pripisivanje isključivo specifičnih mehaničkih svojstava bilo kojoj pojedinačnoj komponenti nije moguće, ali sistem vlakana elastina predstavlja osnovu za elastičnost tkiva. Vlakna elastina mogu biti izgrađena od više komponenata, kao što su unakrsno povezana vlakna elastina, mikrofibrile bogate fibrilinom, glikoproteini povezani mikrofibrilama (MAGPs), fibulini, proteini za vezivanje latentnog TGF $\beta$  (LTBPs).

Koža stari zbog prolaska vremena (tzv. „unutrašnje“ ili „hronološko“ starenje) i zbog kumulativnog delovanja spoljašnjih faktora („spoljašnje“ starenje). Među spoljašnjim uticajima, najznačajnija je uloga UV zračenja, zbog čega se za ovaj oblik starenja najčešće koristi izraz „fotostarenje“. Bez obzira na to šta je dominantni uzrok starenja, koža postaje izborana, kruta, manje sposobna da prati pokrete bez posledica, itd. Oba procesa starenja su povezana sa fenotipskim promenama u ćelijama kože, ali najveća funkcionalna manifestacija starenja nastaje kao posledica strukturnog i kompozicionog remodelovanja inače dugoživećih proteina ekstracelularnog matriksa (ECM) dermisa.

Kod hronološki ostarele kože javljaju se fine bore i smanjena elastičnost (smanjeno je i usklađivanje kože sa pokretima lica/tela i sposobnost trzaja – povlačenja kože unatrag nakon rastezanja). Iste promene, ali mnogo većeg intenziteta, javljaju se i kod fotooštećene kože, najverovatnije kao posledica preteranog delovanja UV zračenja. Najznačajnije promene kod oba tipa starenja dešavaju se u ECM-u, na fibrilarnim proteinima – kolagenu, elastinu i proteoglikanima, od kojih se očekuje da obezbede dovoljnu rastegljivost, elastičnost, odnosno hidrataciju. Ovi molekuli imaju izuzetno dug život u poređenju sa proteinima unutar ćelije, što ih čini podložnim za akumulaciju oštećenja, a to se, opet, odražava na njihovu sposobnost da obezbede odgovarajuća mehanička svojstva i održavaju homeostazu tkiva. Poluzivot unutarćelijskih proteina meri se satima, najviše danima, ali mnogi proteini ECM-a mogu trajati godinama: kolageni tipa I i II u koži i hrskavicama imaju poluzivot 15–95 godina, a starost vlakana elastina odgovara starosti jedinke. Sinteza elastina dešava se u fetalnom ili ranom postnatalnom periodu, post-translacionim mehanizmima koji kontrolišu raspadanje mRNK elastina kod odraslih. Zbog toga, humana elastinska vlakna traju mnogo godina i često dolazi do

akumulacije oštećenja unakrsnim vezivanjem pomoću glukoze, akumulacijom kalcijuma ili lipida, ili modifikacijom ostataka aspartinske kiseline tokom vremena. Sve ovo utiče na mehanička svojstva tkiva bogatih elastinom, smanjujući mogućnost ostarelih arterija, pluća i kože da se deformišu i prilagođavaju potrebama organizma.

Sa godinama, oko 20% debljine dermisa se stanji, nestaje. Dermis ostarele kože ima smanjen broj ćelija i krvnih sudova. Smanjuje se stvaranje kolagena i razvijaju fragmentisana elastinska vlakna. Kolagen i elastin, kao nerastvorni proteini matriksa dermisa, imaju, prirodno, brojne intramolekularne i intermolekularne veze. Kolagen je najviše zastupljen protein kod ljudi i primarna strukturna komponenta dermisa. Od suve mase kože, kolagen predstavlja 70%. Kod starije kože, kolagen ima zadebljale fibrile, organizovane u svežnjeve nalik konopcima, nasumično orijentisane u dermisu. U ostarelim fibroblastima sintetišu se manje količine kolagena. Kod hronološki ostarele kože, javlja se atrofija epidermisa i dermisa i gubitak valovite strukture bazalne membrane (Gawkrodder, 2002). U mladoj koži, kolagen tipa I čini 80% mase, a kolagen tipa III oko 15% ukupnog kolagena kože. Kod starije kože, odnos se menja: značajno se gubi kolagen tipa I, a kolagen tipa III postaje sve zastupljeniji. Pored toga, sa starenjem, ukupna količina kolagena po jedinici površine kože se smanjuje za oko 1% godišnje. Kod ozračene kože, nivo kolagena tipa I se smanjuje za 60%, a ovo smanjenje se objašnjava povećanjem fotooštećenja. Efekti starenja javljaju se ne samo kod kolagena tipa I, već i kod drugih tipova kolagena u dermisu.

Kolagen tipa IV je komponenta dermo-epidermalne membrane. On stvara strukturnu mrežu za druge molekule i ima glavnu ulogu u održavanju mehaničke stabilnosti. Nisu pronađene značajne razlike u količini kolagena tipa IV u fotoeksponiranoj ili normalnoj koži, ali je znatno niža količina pronađena u osnovi bora u poređenju sa bočnim stranama iste bore. Mehanička stabilnost koju stvara dermo-epidermalna membrana može se dodatno poremetiti gubitkom kolagena tipa IV, što doprinosi stvaranju bora. Kolagen tipa VII je glavna komponenta fibrila koji vezuju zonu bazalne membrane za papilarni dermis koji se nalazi neposredno ispod nje. Značajno manji broj vezujućih fibrila pronađen je kod pacijenata sa hronično foto-eksponiranom kožom u odnosu na normalnu, neosunčanu kožu (Gawkrodder, 2002). Moguće je da se bore stvaraju kao rezultat oslabljene veze između dermisa i epidermisa, zbog degradacije fibrila koji ih povezuju. Gubitak kolagena tipa VII je mnogo veći u osnovi bora, nego na bočnim stranicama bora.

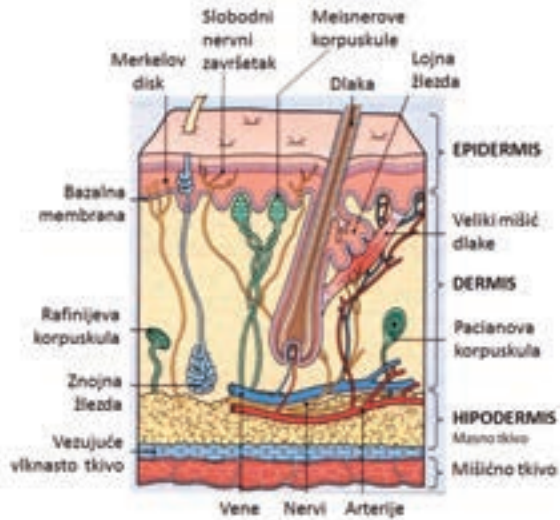
## *Materijal*

Predmet istraživanja su biofizička stanja kože, epidermisa (bez rožastog sloja) i dermisa (sve do hipodermisa – masnog tkiva) (slika 7. 1–1). Istraživanja su rađena na podlaktici leve i desne ruke (slika 7. 1–7).

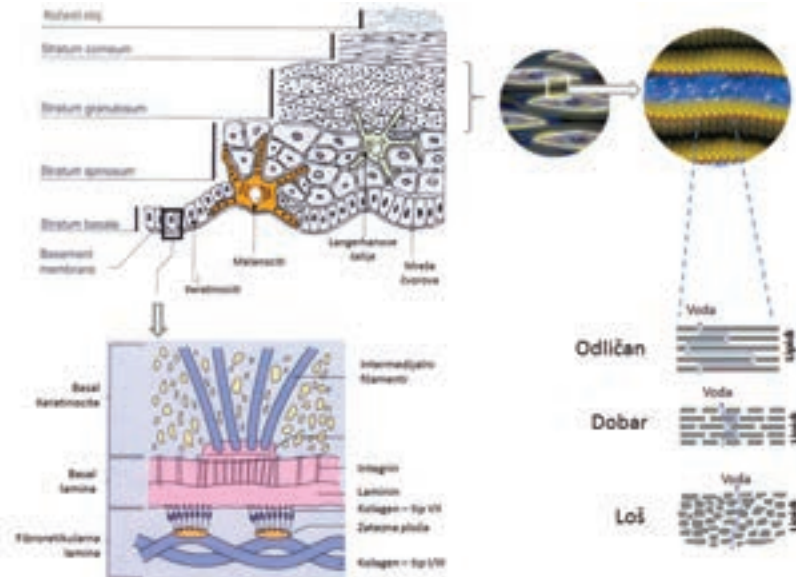
Kao što je već rečeno, biofizička stanja kože prevashodno zavise od pravilnog odnosa vode i lipida u epidermu, kolagena i elastina u dermu, kao i stanja bazalne membrane. Voda se u epidermu najviše nalazi u stratumu granulozumu (slika 7. 1–2), između ćelija i lipidnog sloja. Ukoliko je lipidni sloj dobro organizovan (dužina lipidnih slojeva odgovarajuća) vodi je potrebno više vremena da prođe kroz epiderm do spoljnog sloja kože (rožastog sloja). Ukoliko je dužina lipidnih slojeva mala, voda se manje zadržava u koži



i brzo isparava. Tada kažemo da je gubitak vode kroz epiderm ubrzan i da biofizičko stanje kože nije dobro.



Slika 7.1-1. Shematski prikaz preseka kože sa osnovnim gradivnim elementima (Adaptirano: Graham-Brown, 1998).

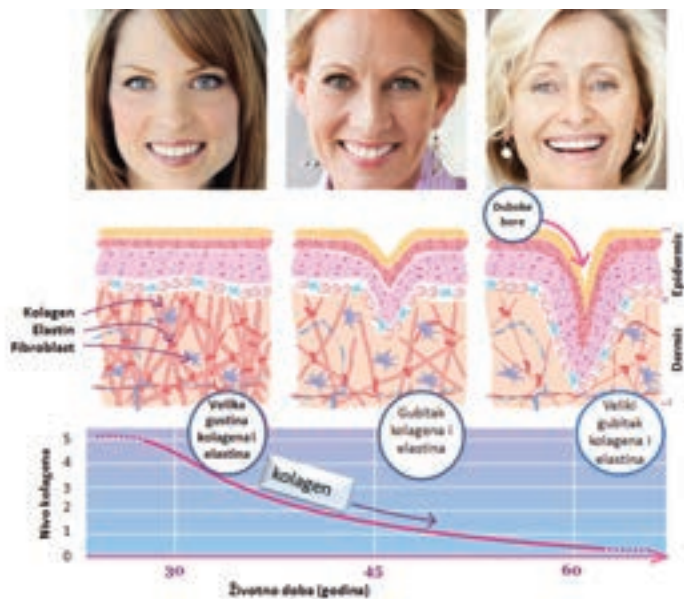


Slika 7.1-2. Shematski prikaz glavnih slojeva kože (stratuma), bazalne membrane, odnosa lipida i vode u epidermisu i TEWL (trans-epidermal-water-loss: gubitak vode kroz epiderm) (Adaptirano: Gawkrödger, 2002; Fluhr, 2005).

Stanje bazalne membrane takođe ima veliki uticaj na biofizičke osobine kože. Ako je ona pravilno talasasta sa malim ulegnućima i udubljenjima, onda je ona u dobrom biofizičkom stanju. Međutim, kada kolagenska vlakna, koja čine potku bazalne membrane (slika 7. 1–2 i slika 7. 1–3), popuste ili se njihov broj smanji, stvaraju se udubljenja koja dovode do formiranja bora, koža postaje manje elastična. Kolagen tipa I se smanjuje, a kolagen tipa III se povećava, pa zbog njihovih različitih mehaničkih osobina dolazi do poremećaja u biofizici kože.

Biofizika kože je kompleksan fenomen, ali ono što se sigurno zna jeste da neadekvatna organizacija vode (na primer, u lipidnim slojevima) i kolagena (u bazalnoj membrani i dermisu), a pogotovo njen gubitak, dovodi do drastičnih promena u biofizičkim osobinama kože.

U ovom istraživanju posebna pažnja biće posvećena vodi u koži, pa će zato metoda za biofizičku karakterizaciju kože biti prilagođena tom zahtevu.

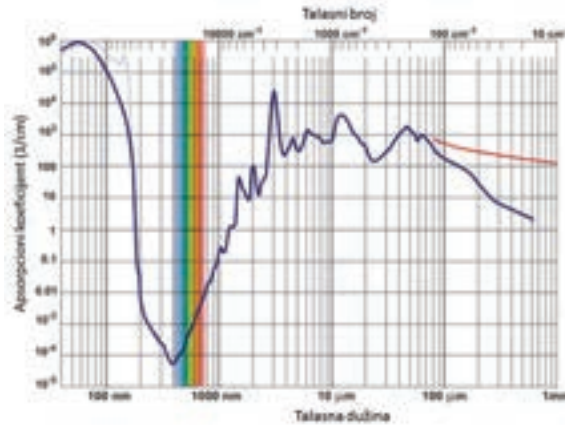


Slika 7.1–3. Smanjenje kolagena i elastina povezano je sa životnim dobom (Adaptirano: [www.gold-collagen.com](http://www.gold-collagen.com)).

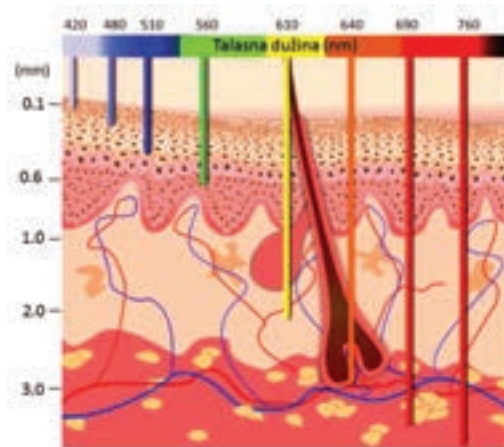
## Metode

### Karakterizacija biofizičkog stanja kože

Karakterizaciju biofizičkog stanja kože izvršićemo na bazi interakcije svetlost–materija. Zbog toga je neophodno dobro poznavanje apsorpcionih, refleksionih i raspršavajućih osobina vode za različite talasne dužine. Sa slike 7. 1–4 vidimo da se apsorpcioni (refleksioni) koeficijent za plavu i crvenu svetlost razlikuje 100 puta. Ovu osobinu vode ćemo iskoristiti da bismo mogli da dobijemo adekvatnu informaciju o biofizici kože i uticaju vode na njeno stanje.



**Slika 7.1–4.** Dijagram apsorpcije (refleksije) vode za različite talasne dužine. Za plavu svetlost koeficijent je reda veličine  $10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ , dok je za crvenu svetlost  $10^{-2} \text{ cm}^{-1}$ . Razlika apsorpciono/refleksionog koeficijenta plave i crvene svetlosti je 100 puta (Caplin, 2008).

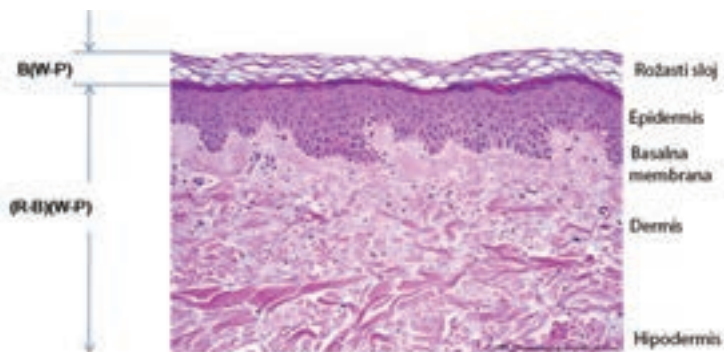


**Slika 7.1–5.** Dubina prodiranja vidljive svetlosti talasnih dužina 400–800 nm u kožu. Plava svetlost prodire kroz rožasti sloj i manji deo stratuma corneuma, dok crvena svetlost prodire do hipodermisa (Adaptirano: Jacques, 2013).

Da bismo dobili pravu informaciju o biofizičkom stanju kože na osnovu prisustva vode, potrebno je primeniti metod koji obezbeđuje eliminaciju informacija o rožastom sloju (jer tu vode koja dolazi iz dermisa nema, može biti prisutna samo voda koja je došla spolja, a ona nije merodavna za vlažnost kože) i prvom delu stratuma corneuma (koji samo što nije počeo da se ljušpa).

Od svih metoda koje nam stoje na raspolaganju za karakterizaciju kože izabrana je optomagnetna imidžing spektroskopija. Ova metoda pokazala je dobre rezultate u karakterizaciji kože i njenih slojeva (Koruga, et al., 2010; Koruga, et al., 2012). Takođe, metoda je pokazala i dobre rezultate u karakterizaciji zdravo/obolelo tkivo (Matija, et al., 2014;

Papić-Obradović, at al., 2010) i kontaktnih sočiva (Stamenković, at al., 2010). Metoda se zasniva na interakciji bele difuzne (W) i reflektovane bele polarizovane (P) svetlosti, s tim da se oduzima plavi kanal (B) od crvenog kanala (R) tako da se dobije (R-B)(W-P) kao na slici 7. 1–6 (Koruga, Tomić, Patent US No. 14/695,990.2009 *Published after filing*).



Slika 7.1–6. Princip primene optomagnetne imidžing spektroskopije za određivanje biofizičkih stanja kože (Koruga, 2009).

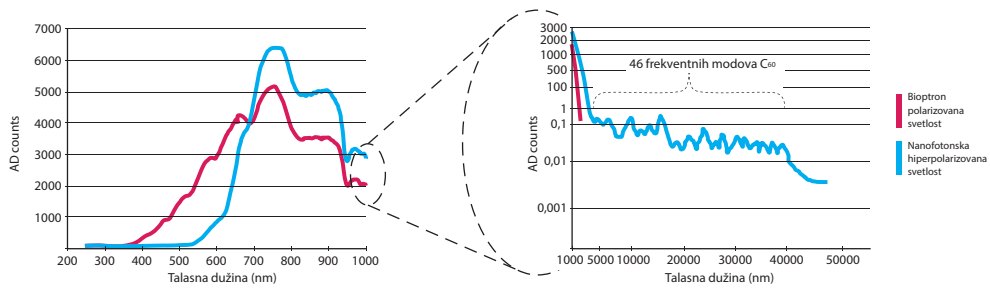
Protokol snimanja biofizičkog stanja kože pre i posle tretmana, kao i sam tretman, sastajao se u sledećem: na temperaturi 22 °C, pri vlažnosti 45%, u ambijentu dnevne svetlosti, ispitanici su bili u sedećem položaju, ruka im je relaksirano stajala na jastučetu koje je bilo na stolu ispred njih (slika 7.1-8). Pre tretmana je snimano odabrano mesto na podlaktici leve i desne ruke (sa unutrašnje strane, bez dlaka) i to belom (W), i istom svetlošću pod Brusterovim uglom za vodu-vazduh od 53° (koja se nakon reflektovanja od kože linearno polarizuje). Zbog dinamike vode (slika 5.22) tkivo je snimano deset puta i podaci su memorisani, a kasnije obrađeni po datom algoritmu. Zatim, odmah po završenom snimanju, pristupilo se tretmanu tkiva samo desne ruke (isto mesto koje je snimano) hiperpolarizovanom svetlošću. Rastojanje uređaja od tkiva je 7–10 cm, vreme tretmana 10 min,  $\lambda = 450\text{--}900$  nm, snaga svetlosnog izvora 20 W, specifična gustina energije 40 mW/cm<sup>2</sup>, svetlosna energija u minuti 2,4 J/cm<sup>2</sup>, optomagnetno polje 10 nT. Posle izvršenog tretmana isto mesto je karakterisano uređajem za optomagnetnu spektroskopiju. Izlazni rezultati pre i posle tretmana su prikazani na dijagramima koji na *x*-osi imaju podatke o razlici talasnih dužina (nm), a na *y*-osi dinamiku promene intenziteta paramagnetizma/dijamagnetizma tkiva (u kome je voda, njeno stanje i njena interakcija sa drugim biomolekulima glavni uzročnik tih promena).

Na osnovu snimljenih rezultata leve i desne ruke (kontralateralno mesto) dobijeni su rezultati koji su nam omogućili uvid u sličnosti i razlike biofizičkog stanja kože levog i desnog dela tela (poznato je u nauci da je kod nekih osoba ta razlika više a kod nekih manje izražena, što zavisi od ekspresije gena, hormonalnog statusa i pola).

### Tretman kože

Kao što je opisano u delu koji se odnosio na protokol, tretman sa hiperpolarizovanom svetlošću vršen je na desnoj ruci (podlaktici) ispitanika. Ispitanici su bili volonteri koji su dobrovoljno pristali na ispitivanje. Radi poređenja rezultata studije, leva ruka ispitanika je

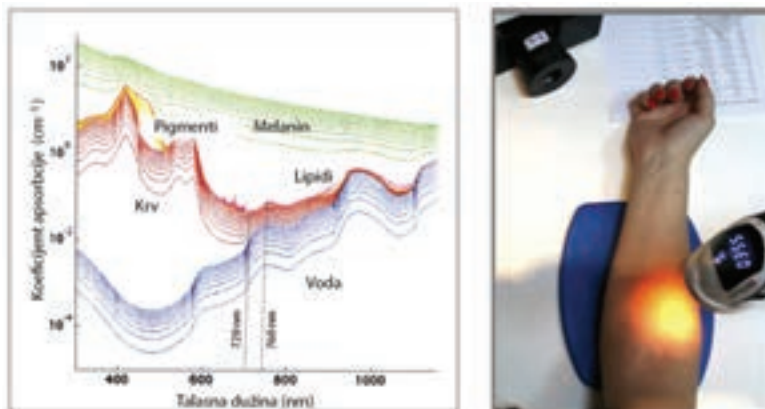
posle snimanja tretirana linearno polarizovanom svetlošću. Spektar snage po talasnim dužinama, u vidljivom delu spektra, hiperpolarizovane (*plava* linija) i vertikalno linearno polarizovane (*crvena* linija) svetlosti dat je na slici 7. 1–7 i to: *levo* – za talasne dužine 400–1.000 nm i *desno* – za talasne dužine 1.000–50.000 nm. Talasna dužina od oko 680 nm je prelomna za broj fotona koji poseduje linearno polarizovana i hiperpolarizovana svetlost. U prvom delu spektra dolazi do preraspodele talasnih dužina, pa je specifična gustina energije za oko 40% manja kod hiperpolarizovane (HP) nego kod linearno polarizovane (LP) svetlosti, mada su površine ispod spektralnih linija približno iste ( $[LP-HP]_{400-680\text{ nm}} \approx [HP-LP]_{680-1000\text{ nm}}$ ). Za grubu računicu uzmimo da je prosečna talasna dužina  $\lambda_I = 540\text{ nm}$  u intervalu 400–680 nm, a  $\lambda_{II} = 840\text{ nm}$ , pa je odnos specifične gustine energija  $E_{II}/E_I = 64\%$ . Za talasne dužine veće od 1.000 nm LP svetlost ima dejstvo do 1.100 nm, dok HP ima dejstvo do 38.000 nm, s tim što su to energije koje deluju na vibracione i rotacione modove biomolekula.



**Slika 7.1–7.** Spektar hiperpolarizovane (HP) i linearno polarizovane (LP) svetlosti u intervalu 400–40.000 nm. LP svetlost deluje u intervalu 400–1.100 nm, dok HP deluje od 470 do 38.000 nm. Međutim, LP svetlost sadrži fotone veće energije u intervalu 400–680 nm nego HP (koja sadrži više fotona niskih energija), pa je razlika u specifičnoj gustini energija 36%. Zato LP svetlost deluje prevashodno na elektronska stanja valentnih elektrona (80%) i vibracione modove (20%), a HP svetlost 30% na elektronska stanja valentnih elektrona i 70% na vibracione i rotacione modove biomolekula.

Kao što se može videti sa slike 7. 1–7 i slike 7. 1–8 (*levo*), izvor svetla LP i HP svetlosti ima dobar spektar (ista lampa), jer je optimalan pik koji je neophodan za uticaj na interakciju *voda–lipidi* u intervalu 720–760 nm (Jackues, 2013). Ako dolazi do razgradnje slojeva *lipid–voda* onda je kritična svetlosna energija potrebna na 720–760 nm talasnim dužinama da bi se razgrađeni slojevi ponovo uspostavili. Zbog toga što HP svetlost ima veći broj fotona u tom domenu ( $\sim 6400/5050 = 1,27$ ) nego LP, HP svetlost je za ovaj proces oko 27% efikasnija od LP svetlosti. Razlog za ovo je ne samo količina energije koja se dovodi u tkivo, nego i to koji su fotoni (koje talasne dužine) učestvovali u procesu tretmana. Da bi se nešto aktiviralo, ili ako je narušena funkcionalnost, potrebno je dovesti određenu količinu energije u jedinici vremena. Međutim, to je potreban uslov (energetski prag), ali ne i dovoljan. Mora biti zadovoljen potreban i dovoljan uslov: treba dovesti odgovarajuću količinu energije u jedinici vremena, tj. dostići prag *dejstva* (potreban uslov), ali ta količina energije mora biti sastavljena od fotona čiji kvanti rezonantno interaguju sa strukturom, da bi bili od nje apsorbovani.

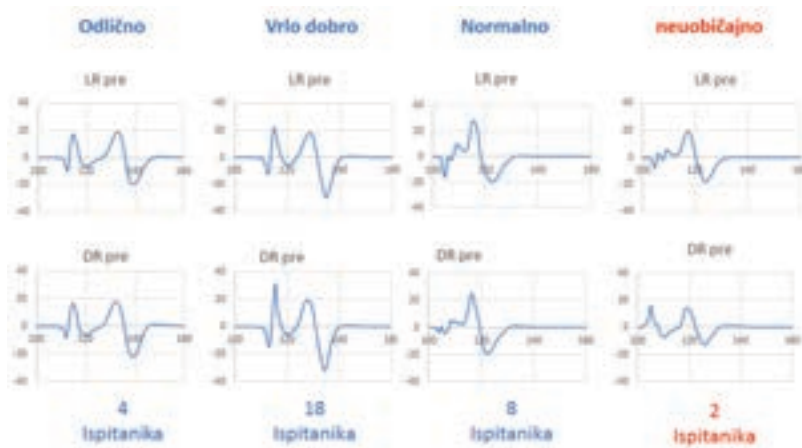




Slika 7.1–8. Optičke osobine nekih bioloških struktura kao što je voda, lipidi melanin i dr. u intervalu 400–1000 nm (levo). Uočava se da je kritična talasna dužina za kompleks lipid–voda u epidermu između 720–760 nm (Jacques, 2013). Primer primene hiperpolarizovane svetlosti (desno) u studiji (BIOPTRON HP je bio fiksiran, udaljenost od ruke 7 cm, ruka je mirovala oko 10 minuta, koliko je trajao tretman).

## Rezultati

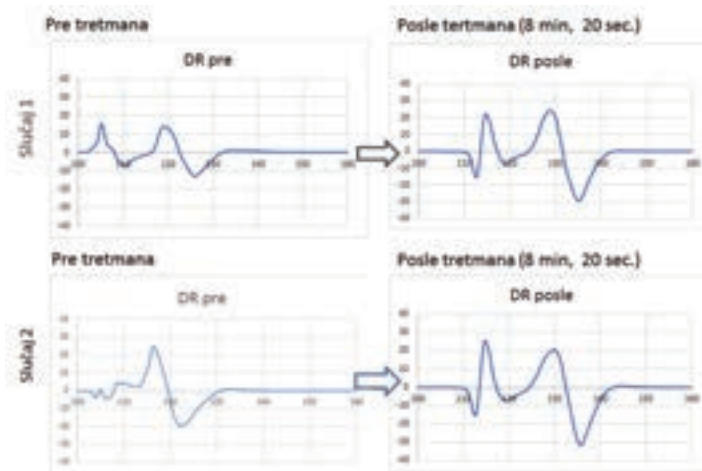
Rezultati 32 ispitanika grupisani su u četiri kategorije biofizičkog stanja kože: *odlično*, *vrlo dobro*, *normalno* i *neuobičajno*. Četiri ispitanika imala su odlično biofizičko stanje kože, osamnaest vrlo dobro, osam normalno (dobro, tj. prosečno) i dva ispitanika neuobičajno.



Slika 7.1–9. Prikaz sumarnih rezultata ispitivanja biofizičkog stanja kože kod 32 ispitanika svrstanih u IV kategorije: (I) odlično biofizičko stanje kože imala su 4 ispitanika, (II) vrlo dobro 18 ispitanika, (III) normalno 8 ispitanika i (IV) neuobičajno (nezadovoljavajuće) 2 ispitanika.

Pod dejstvom hiperpolarizovane svetlosti menjala su se biofizička stanja kože. Kod 4 ispitanika koji su imali odlično biofizičko stanje kože nije došlo do promene stanja, dok je kod ispitanika koji su imali vrlodobro stanje kože došlo do neznatnih promena oko 3%–5%. S obzirom na to da je tačnost ponovljivosti optomagnetne spektroskopije 99,2% za čvrsta tela, dok je za biološke uzorke (preparate) 98,5%, a *in vivo* snimanje 97,4%, može se reći da je došlo najviše do 4,5% u promeni biofizičkog stanja kože. Za ispitanike sa normalnim stanjem kože promena je bila do 15%, a kod ispitanika sa neobičajnim biofizičkim stanjem kože i do 50%.

Na slici 7. 1–10 prikazana su dva slučaja promene biofizičkog stanja kože. Prvi slučaj je iz kategorije *neobičajno*, a drugi iz kategorije *normalno*. U oba slučaja biofizičko stanje kože posle tretmana po obliku dijagrama bilo je u kategoriji *odlično*, ali po intenzitetima pikova u kategoriji *vrlodobro*. Dakle, pod uticajem hiperpolarizovane svetlosti došlo je do inicijalnog poboljšanja biofizičkog stanja kože, posmatrano sa aspekta stanja vode u lipidima (primarno) i interakcije vode i kolagena (sekundarno).



**Slika 7.1–10.** Prikaz „slučaja 1“ koji je pre tretmana imao nezadovoljavajuće biofizičko stanje kože: posle tretmana hiperpolarizovanom svetlošću kod ispitanika je došlo do promene (poboljšanja). Lokalni deo kože (slika 7. 1–8) posle tretmana povratio je odlično lokalno biofizičko stanje kože. „Slučaj 2“ je bio u kategoriji *normalno*, ali je pod dejstvom hiperpolarizovane svetlosti prešao u kategoriju „vrlodobro/odlično“.

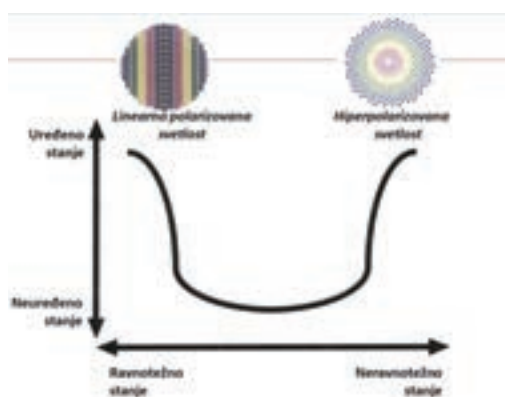
## Diskusija

Paralelno sa tretiranjem ispitanika hiperpolarizovanom svetlošću (podlaktica desne ruke) rađen je i tretman (kontralateralno leve ruke) sa vertikalno linearnom polarizovanom svetlošću. Već smo rekli da su rezultati u ovom slučaju bolji za oko 27%. Izložili smo razloge zbog kojih je tako i naveli razloge za zadovoljavanje potrebnih i dovoljnih uslova. Međutim, potrebno je pojasniti kakva je priroda uticaja sa aspekta kovalentnih i nekovalentnih veza, stabilnosti, Gibsove slobodne energije, prirode reakcije (hemijska reakcija ili fizička interakcija), uticaja solventa i uspostavljanja kooperativnih veza. Objašnjenja ovih



uticaja sistematizovana su u tabeli na slici 7. 1–11 (*levo*). Na istoj slici (*desno*) pokazano je gde su primarno uspešna dejstva linearno polarizovane i hiperpolarizovane svetlosti. Kod ravnotežnih stanja, kovalentnih veza, primarnog uticaja entalpije ( $\Delta H$ ), hemijskih reakcija, sekundarnog uticaja solventa (vode) i malog uticaja kooperativnih veza, linearno polarizovana svetlost ima bolje dejstvo jer je u pitanju emisija fotona viših energija. Međutim, kod neravnotežnih stanja, gde je uspostavljanje kooperativnih veza veoma važno, gde solvent (voda) ima važnu ulogu, gde su fizičke (međumolekularne) interakcije važne, i gde pored entalpije značajnu ulogu ima i entropija ( $\Delta S$ ), koja je preko verovatnoće stanja povezana sa informacijom, hiperpolarizovana svetlost ima bolja terapijska dejstva. Hiperpolarizovana svetlost, u slučaju sistema *voda–lipidni slojevi*, bolje utiče na vodu, jer je ona jedna od Fibonačijevih struktura, sa izrazitom zavisnošću od entropije i izričitim značajem kooperativnih veza (nekovalentne vodonične veze), dok linearno polarizovana svetlost dobro deluje preko dipolnih momenata na lipide (kao „češalj“).

VRSTA INTERAKCIJA	KOVALENTNA (molekuli)	NEKOVALENTNA (međumolekularna)
Vrsta veze	Hemijska	Fizička (Van der Valsova, vodonična, jonska, dipoli i dr.)
Energija (kj/mol)	4–60	0,02–4,5
Stabilnost	Stabilna	Otvorena za promene
Doprinos slobodnoj energiji AG	Primarno AH	Obe AH i AS
Priroda	Hemijska reakcija	Fizička interakcija
Uticaj solventa	Sekundarna	Primarna
Uspostavljanje kooperativnih veza	Malo važno	Vrlo važno



**Slika 7.1–11.** Tabela kategorija (kovalentnih interakcija) koje određuju potrebu za fotonima viših energija (u domenu vidljivog spektra) (*levo*) i kategorija (nekovalentnih interakcija) koje određuju potrebu za fotonima nižih energija (*desno*).

## Zaključak

Inicijalna studija biofizičkog stanja i promene kože urađena je u Centru BIOPTON (Ordinaciji opšte medicine ZEPTER MEDICAL) na 32 ispitanika. Pokazano je da se pod dejstvom hiperpolarizovane svetlosti menjaju biofizička stanja kože. Kod četiri ispitanika sa odličnim biofizičkim stanjem kože nije došlo da promene. Kod ispitanika sa prosečnim ili neodgovarajućim biofizičkim stanjem kože došlo je do promene, inicijalnog poboljšanja. Hiperpolarizovana svetlost pokazala je za 27% bolje efekte poboljšanja biofizičkog stanja kože nego linearna polarizovana svetlost. Potrebno je uraditi studiju sa većim brojem ispitanika (oko 1.000), gde bi se uzeli u obzir starost (5 grupa po 40 ispitanika svaka), pol (2 grupe) i tip kože (kod nas su zastupljena 3 tipa kože), i na osnovu tih varijabli doneli bi se adekvatni zaključci.

**Zahvalnost:** Pre svega, zahvalnost dugujem ZEPTER Internacionalu za organizaciju izvođenja studije, zatim volonterima za učešće u studiji, i saradnicama Aleksandri Dragičević, MSc., i Andrei Štilc, MD, na pomoći oko snimanja i obrade rezultata.

## Literatura

1. Baldock, C., Sherratt, M.J., Shuttleworth, C.A., Kielty, C.M., The supramolecular organization of collagen VI microfibrils. *J Mol Biol.* 330(2):297-307;2003.
2. Chaplin, M.F., Water structure science. <http://www.lsbu.ac.uk/water/>
3. Baumann, L., Skin aging and its treatment. *J Pathol.* 211:241-251;2007.
4. Gawkrödger, D.J., Dermatology. Churchill Livingstone, Edinburgh, 2002.
5. Graham-Brown, R., Bourke, J.F., Dermatology. Mosby, Edinburgh, 1998.
6. Jacques, S.L., Optical properties of biological tissues: a review. *Phys. Med. Biol.* 58:R37R-61R;2013.
7. Fluhr, J., Elsner, P., Berardesca, E., Maibach, I.H., Bioengineering of the Skin: Water and the Stratum Corneum. CRC Press, Boca Rton, 2005.
8. Koruga, Dj., Miljković, S., Ribar, S., Matija, L., Kojić, D., Water Hydrogen Bonds Study by Opto-Magnetic Fingerprint. *Acta Physica Polonica A.* Vol.117, No.5, pp. 777-781, 2010.
9. Koruga, Dj., Bandić, J., Janjić, G., Lalović, Č., Munćan, J., Dobrosavljević Vukojević, D., Epidermal Layers Characterisation by Opto-Magnetic Spectroscopy Based on Digital Image of Skin. *Acta Physica Polonica A.* Vol. 121, issue 3, pp. 606-610, 2012.
10. Koruga, Dj., Tomic, A., System and method for analysis of light – mater interaction based on spectral convolution: PCT US 2009/030347. Granted in: Japan: Patent No.10-1150184, Singapore: Patent No.163043, China: Patent NoCN200980108822.9, Russia: Patent No.2440603, Mexico: Patent No.308206, Australia: Patent No.2009204227. *Under Examination:* EU, Brazil, Canada, Indonesia, India. *Published after filing:* US No. 14/695,990.2009.

11. Langton, A.K., Sherratt, M.J., Griffiths, C.E.M., Watson, R.E.B., Review article: a new wrinkle on old skin: the role of elastic fibres in skin aging. *Int J Cosmet Sci.* 32(5):330-339;2010.
12. Martires, K.J., Fu, K., Polster, A.M., Cooper, K.D., Baron, E.D., Factors that affect skin aging. *Arch Dermatol.* 145(2):1375-1379;2009.
13. Matija, L., Jeftić, B., Nikolić, G., Dragičević, A., Mileusnić, I., Munćan, J., Koruga, D., Nanophysical approach to diagnosis of epithelial tissue using Opto-magnetic imaging spectroscopy, *Nanomedicine*, One Central Press, 2014, ISBN (E-book) 978-1-910086-01-8.
14. Naylor, EC., Watson, REB., Sherratt MJ., Molecular aspects of skin aging. *Maturitas.* 69:249-256;2011.
15. Papić-Obradović, M., Kojić, D., Matija, L., Opto-Magnetic Method for Epstein – Barr Virus and Cytomegalovirus Detection in Blood Plasma Samples. *Acta Physica Polonica A.* Vol.117, No.5, pp. 782-784, 2010.
16. Rittie, L., Fisher, G.J., UV-light-induced signal cascades and skin aging. *Ageing Res Rev.* 1(4):705-720;2002.
17. Rock, M.J, Cain, S.A., Freeman, L.J., Molecular basis of elastic fiber formation – critical interactions and a tropoelastin-fibrillin-1 cross-link. *J Biol Chem.* 279(22):23748-58;2004.
18. Stamenković, D., Kojić, D., Matija, L., Miljković, Z., Babić, B., Physical Properties of Contact Lenses Characterized by Scanning Probe Microscopy and OptoMagnetic Fingerprint. *International Journal of Modern Physics B.* Vol. 24(6-7), pp. 825-834;2010.
19. Waller, JM., Maibach, HI., Age and skin structure and function, a quantitative approach (II): protein, glycosaminoglycan, water and lipid content and structure. *Skin Res Technol.* 12(3):145-154;2006.

## 7. 2. Medicinski slučajevi

### *Primena hiperpolarizovane svetlosti kod opekotina*

*Dr Biljana Lučić, Ordinacija opšte medicine ZEPTER MEDICAL, Beograd*

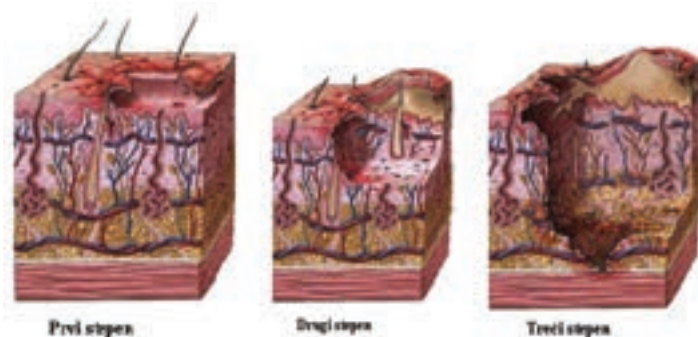
#### **Uvod**

Koža se sastoji od tri sloja: epiderma, derma i hipoderma. Između epiderma i derma nalazi se bazalna membrana koja ima funkciju povezivanja epitelnog sloja epiderma sa vezivnim tkivom derma. Bazalnu membranu čine bazalna lamina, u čijem sastavu se nalaze kolagenska vlakna i epitelne ćelije, i retikularna lamina, u kojoj preovlađuju retikularna vlakna. U neoštećenoj koži, epiderm i derm predstavljaju barijeru protiv različitih oštećenja. Kada se ta barijera ošteti, dolazi do kaskadnih biohemijskih promena koje imaju za cilj da poprave oštećenje. Ovaj proces obuhvata hemostazu, inflamaciju, proliferaciju, odnosno rast novog tkiva i maturaciju, remodeliranje tkiva. U ovim procesima učestvuju različiti krvni elementi, faktori rasta, kolagen, fibroblastne ćelije i drugi elementi.

#### **Slučaj**

Opekotine su ozlede kože koje nastaju pod dejstvom toplote, hemijskih materija, elektriciteta, trenja ili zračenja na površinu tela. Opekotine koje nastaju usled povišene temperature mogu biti izazvane različitim termičkim agensima: vrelin gasovima, otvorenim plamenom, tečnim metalima i čvrstim telima. Ukoliko je opekotina izazvana vodenom parom i vrelin tečnostima, naziva se oparotina. Opekotine su praćene hemodinamskim promenama koje obuhvataju početnu, kratkotrajnu vazokonstrikciju, a zatim vazodilataciju kapilara i venula sa povećanom propustljivošću. Prošireni krvni sudovi omogućavaju bolje snabdevanje hranljivim materijama i kiseonikom povređenog tkiva. U blagim termičkim opekotinama dolazi do oslobađanja histamina iz mastocita, dok je u težim prisutna nekroza endotelnih ćelija malih krvnih sudova, sa transudacijom i trombozom. Morfološki, rana od opekotine ima tri zone: centralnu zonu koagulacione nekroze, zonu inflamacije i na periferiji zonu hiperemije. Na osnovu dubine oštećenja tkiva, kao i mogućnosti regeneracije, opekotine se dele na: opekotine I stepena (*combustio erythematosa*), površinske opekotine, u kojima je zahvaćen samo epiderm, a praćene su crvenilom i blagim edemom kože; opekotine II stepena (*combustio bullosa*), koje se karakterišu crvenilom, otokom i bulama. U II A stepenu postoji koagulaciona nekroza epiderma, sa formiranjem mehurića ispunjenog seroznom tečnošću između nekrotičnog epiderma i derma. Praćene su crvenilom, vlažnim plikom i veoma su bolne. U II B stepenu, pored nekroze epiderma, postoji i nekroza derma do retikularnog sloja, uz očuvanost adneksa kože. Obično su žute ili bele boje, nekad postoje i bule, izazivaju osećaj pritiska i nelagodnosti.

U oba slučaja tkivo se u potpunosti regeneriše; opekotine III stepena (*combustio escharotica seu crustosa*) dovode do nekroze epiderma i korijuma sa kožnim adneksima i trombozom krvnih sudova. Nekroza može da zahvati i potkožno masno tkivo, kao i dublje strukture: fascije, skeletne mišiće, kosti i zglobove. Rana je ukrućena, belomrke boje, ima izgled uštavljene kože. Proces sanacije se završava formiranjem keloidnog ožiljka; opekotine IV stepena (*carbonisatio*) odlikuju se ugljenisanjem tkiva, završavaju se amputacijom, mogu biti i smrtonosne. Na osnovu mogućnosti regeneracije tkiva, opekotine se mogu podeliti na parcijalne (I i II) i totalne (III i IV). Opekotine mogu biti praćane šokom, infekcijom, poremećajem elektrolita, kao i poremećajem disanja. U proceni težine opekotine, u zavisnosti od procenta tela zahvaćenog promenom, poštuje se „pravilo devetke“, kojim je površina tela podeljena na segmente od kojih svaki sadrži 9% ukupne površine tela.



Slika 7.2.1-1. Tri stepena opekotina (preuzeto: MedlinePlus Medical Encyclopedia).

### Prikaz slučaja

Pacijentkinja, 53 godine, zadesno je prosula džezvu proključale vode preko odeće na regiju prednje strane butine, dan kasnije se pojavio veliki plik, koji je posle dva dana pukao, rana je blago krvarila, sve vreme je osećala jak bol. Lokalno je koristila antiseptik u zoni oko rane.

Na prijemu je konstatovana promena u regiji prednje strane butine promera 2 x 1,5 cm, sa centralnom zonom razdvojenih kožnih ivica, zonom inflamacije i okolne hipereimije, koja je odgovarala II stepenu opekotina.



Slika 7.2.1-2. Prikaz rane: pre tretmana, drugi dan tretmana i deseti tretman bioptronom.

Petog dana od nastanka promena započeta je primena hiperpolarizovane svetlosti po protokolu, preko aparata Bioptron MedAll sa udaljenosti 5 cm. Ukupno je urađeno 28 tretmana. Korišćen je Oxy Sterile sprej. Posle drugog tretmana došlo je do pojačanja hiperemije, koja se ublažila posle četvrtog tretmana. Uočljivo približavanje ivica rane registrovano je posle 10 tretmana, a značajno smanjenje dubine rane uz redukciju hiperemije uočeno je posle 15. izlaganja hiperpolarizovanoj svetlosti. Nakon 28 tretmana došlo je do kompletnog zarastanja ivica rane. Subjektivno, osećaj bola se značajno smanjio posle trećeg tretmana. Pacijentkinji je preporučen nastavak tretmana zbog postizanja kompletnog estetskog rezultata.

### **Mehanizam dejstva**

Kod opekotina II stepena dolazi do oštećenja bazalne membrane i formiranja mehurića ispunjenog seroznom tečnošću između nekrotičnog epiderma i derma. Pod dejstvom hiperpolarizovane svetlosti dolazi do aktivacije kolagena I i III, a zatim kolagena tipa VII i IV u bazalnoj lamini, i prelaska u *stratum spinosum*. Istovremeno se dešava proces organizovanja lipida u nano slojeve, što doprinosi stvaranju vodenih kanala koji svojom termalnom kapacitivnošću doprinose lokalnom hlađenju tkiva. Kod oštećene membrane proces zarastanja traje do 7 nedelja, uz primenu hiperpolarizovane svetlosti vreme je skraćeno na 4 nedelje. Takođe dolazi do brzog smanjenja prenošenja bolnih impulsa.



Sl. 7.2.1–3. Rana posle 15. i 28. tretmana bioptronom.

### **Zaključak**

Primena hiperpolarizovane svetlosti na opekotinu II stepena dovela je do početne pojačane hiperemije, a zatim postepenog smanjenja dubine rane i srastanja ivica rane, smanjenja hiperemije i kompletnog zarastanja tokom 28 tretmana. Subjektivno, pacijentkinja je tretmane opisala kao vrlo prijatne i efikasne u smanjivanju osećaja bola.

### **Literatura**

1. Atanacković M, Bacetić D, Basta-Jovanović G, Begić-Janeva A, Boričić I, Brašanac D i sar., Patologija. Medicinski fakultet, Beograd, 2013.
2. William D. James, Timothy G. Berger, Dirk M. Elston, Andrew's: Diseases of the Skin: Clinical Dermatology. 12 edition, 2015.

## ***Primena hiperpolarizovane svetlosti u lečenju lihenifikacije***

*Dr Daniela Mitrović, Ordinacija opšte medicine ZEPTER MEDICAL, Beograd*

Koža je najveći organ ljudskog tela, kompleksne strukture, sa velikim brojem funkcija.

1. Stvara barijeru prema spoljnoj sredini.
2. Učestvuje u termoregulaciji.
3. Deo je imunološkog sistema.
4. Ima estetski i kozmetički značaj.

Sastoji se iz tri sloja:

1. Epidermis, ektodermalnog porekla, izgrađen od ćelija sa znojnim i sebecealnim žlezdama.
2. Dermis, mezodermalnog porekla, predstavlja pretežno vezivno-tkivnu strukturu.
3. Hipodermis, mezodermalnog porekla, pretežno od masnog tkiva.

### ***Lichen simplex chronicus Vidal***

Kao osnovnu promenu na koži ima *lihenifikaciju* koja nastaje usled ponavljanoog češanja.

Nakon toga se oslobađaju medijatori koji izazivaju pruritus.

Može se javiti usled trenja odećom ili u intertriginoznim delovima gojaznih osoba.

Takođe se mogu javiti posle nekih banalnih događaja kao što je ujed insekata, iritacije, znojenje.

Zapaženo je da svi ljudi nisu podjednako skloni nastajanju lihenifikacije. Češće se sreće kod ljudi koji su psihički napeti ili imaju nizak prag za pruritus.

Oboljenje se najčešće javlja između 30 i 50 godine života. Retko kod dece, a žene obolevaju češće nego muškarci.

Promene se lokalizuju na prednjoj i bočnoj strani vrata, kapilicijumu, ingvino-kruralnim pregibima, vulvi, skrotumu, ekstenzornim stranama laktova, potkolenicama i oko članaka.

Osnovni klinički simptom je *lihenifikacija* (pojačani kožni crtež). U početku postoje edem i eritem koji se kasnije povlače.

Tako se obrazuje tipična promena, nejasno ograničena, veličine od metalnog novca do dlana.

U centru ploče koža je zadebljana, sa skvamama i pigmentovana. Okolo je zona lihenifikacije, a na periferiji pojedinačne rasute lihenoidne papule između linija naglašenog kožnog crteža.

Pruritus je intenzivan i neproporcionalan objektivnom nalazu.

Nekada su zadebljanja velika i dovode do stvaranja čvorova.

Komplikacije su superinfekcije.

Dijagnoza se postavlja na osnovu kliničke slike.

Histološki, u epidermu postoji hiperkeratoza, u dermu postoji hronični inflamatorni infiltrat.



Terapija: Lokalno, kortikosteroidi, mast ili krem, emolijentni kremovi.

Opšta terapija podrazumeva davanje sedirajućih H1 antihistaminika, anksiolitika i po potrebi tricikličnih antidepresiva.

U studiji slučaja imali smo pacijentkinju starosti 60 godina, lošeg zdravstvenog stanja (HTA, hipertireoidizam, loše navike u ishrani, pušač).

Na spoljnoj strani levog skočnog zgloba mogla se videti promena koja odgovara kliničkoj slici LSC (*Lichen simplex chronicus*).

Prema izjavi pacijentkinje, promena se pojavila pre dve godine u vidu eritema i edema praćenih svrabom, koji su po njoj bili posledica ujeda insekta.

Posle lokalne terapije kortikosteroidima i opšte antihistaminicima nije bilo poboljšanja. Tokom dve godine, naprotiv, došlo je do uvećanja promene, uz stalan svrab koji je pacijentkinji unosio i psihički nemir.

Započet je tretman kožne promene hiperpolarizovanom svetlošću, kroz sledeći protokol:

Rana je tretirana hiperpolarizovanim svetlom na udaljenosti od 7 cm od površine kože. Svaki tretman je trajao 8 minuta i 30 sekundi.

Tretman je sproveden sa prekidima tokom četiri nedelje.

Prvo poboljšanje pacijentkinja je osetila već posle prvog tretmana, u smislu smanjenja svraba, što je bilo praćeno objektivnim nalazom rane. Započela je epitelizacija, zarastanje sitnih ragada.

Smanjenje svraba je bilo znak regeneracije ćelija kože, jer se značajno umanjilo oslobađanje aktivnih proteolitičkih enzima i medijatora koji su uzrokovali pruritus.

Na prvoj slici se može videti oštećenje slojeva epiderma, dok već na drugoj počinje epitelizacija. Na poslednjim dvema slikama vidi se formiranje mladog epitela na ivicama rane, koji se širi prema centru i polako smanjuje i zatvara ranu.

Na dnu rane pojavljuju se crvena ispupčenja, to je granulaciono tkivo koje popunjava ranu odozdo naviše.

### **Mehanizam dejstva**

Tretman neurodermatitisa hiperpolarizovanom svetlošću (HPS) sastoji se u sledećem: Pod dejstvom HPS-a na površnom sloju započinje epitelizacija i zarastanje sitnih ragada, sa subjektivnim smanjenjem svraba, jer je došlo do regeneracije ćelije (na bazi regulisanja Gibsove slobodne energije, bolje organizacije vode, jonskih kanala i dr.) i samim tim smanjeno je oslobađanje medijatora koji izazivaju osećaj svraba.

Dejstvom HPS-a deluje se na regulacione mehanizme, ćelija se zatvara, ne izlazi histamin, tako da nema slanja impulsa za svrab ka površini kože. Kako je mehanizam delovanja HPS-a, u ovom slučaju, preko vode, to se regeneracija tkiva dešava dubinski.

### **Zaključak**

S obzirom na to da nijedna prethodna terapija nije bila dovoljno uspešna, a opšte zdravlje pacijentkinje loše, što je dodatno uticalo na tok zarastanja rane, stanje se s vremenom pogoršavalo.

Na osnovu svega može se zaključiti da je hiperpolarizovano svetlo u ovoj studiji za kratko vreme dovelo do zarastanja rane, što je ne samo objektivno već i subjektivno popravilo kvalitet života pacijentkinje.



**Slika 7.2.2-1:**

- a) stanje rane pre početka tretmana;*
- b) stanje rane posle prvog tretmana;*
- c) stanje rane posle drugog tretmana;*
- d) stanje rane posle trećeg tretmana;*
- e) stanje rane posle četvrtog tretmana.*

### ***Primena hiperpolarizovane svetlosti u terapiji rana od opekotina***

*Dr Milica Komnenić, Ordinacija opšte medicine ZEPTER MEDICAL, Beograd*

Opekotine su povrede tkiva koje nastaju kao posledica dejstva suve ili vlažne toplote.

Događaju se u trenutku, ali posledice ostaju zauvek.

Opekotine se klasifikuju prema dimenzijama zahvaćene površine i dubini same opekotine.

Tabela 7.2.3–1.

Razvrstavanje opekotina prema težini (Američko udruženje za opekotine)		
Lake opekotine	Srednjeteške opekotine	Teške opekotine
I stepena	II stepena 10%–20% UPT kod odraslih	II stepena > 20% UPT kod odraslih
II stepena < 10% UPT kod odraslih	II stepena 5%–10% UPT kod dece i starih	II stepena > 10% UPT kod dece i starih
II stepena < 5% UPT kod dece i starih	III stepena 2%–5% UPT	III stepena > 5% UPT opekotine funkcionalnih regija, električne opekotine, hemijske opekotine, radijacione opekotine, inhalaciona povreda, udružene povrede, opekotina kod osobe sa povećanim rizikom (hronične bolesti)
III stepena < 2% UPT	-	-



Kontakt sa viskoznim materijalima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opekotine mogu nastati i u kontaktu sa pregrejanim mastima, uljima, viskoznim zapaljivim materijama (plastika, smole, katran ili asfalt, kozmetički vosak).</li> <li>• Ove opekotine su obično u obliku mrlja, na manjem prostoru (jer se ove materije zbog svog viskoziteta ne razlivaju po površini kože i ne apsorbuju kroz kožu),</li> <li>• čvrsto se drže za spaljenu kožu i teže uklanjaju, zato zahvataju dubinu II do III stepena, najdublje do IV.</li> </ul> <p style="text-align: center;">JAVLJAJU SE KOD 10% SVIH OPEKOTINA</p>
-----------------------------------	--

Deca = mlađi od 10 godina; odrasli = 10 do 50 godina; stari = stariji od 50 godina, UPT = ukupne površine tela

### Promene na koži pod dejstvom vrelih, viskoznih materija – AMBUSTIO

Pod uticajem toplote dolazi do:

1. koagulacije proteina ne samo kože već i tkiva;
2. tromboze krvnih sudova kao posledice zgrušavanja krvi, što je praćeno nedovoljnim prilivom krvi i pojavom hipoksije;
3. nekroze – izumiranje ćelija koje prodire u dubinu tkiva, zahvatajući sve veći prostor.

### Prikaz slučaja

Pacijentkinja je osoba ženskog pola, stara 52 godine.

Opekotina je uzrokovana vrelim kozmetičkim voskom.

Opekotina je u predelu palca leve šake, dužine 2 cm, širine 1 cm, II b stepena.

Neposredno nakon povređivanja i kasnije nije koristila drugu terapiju. Povreda je praćena intenzivnim bolom u predelu šake i otežanom pokretljivošću.

### **Konzervativna terapija**

Standardna konzervativna terapija ovakvih rana podrazumeva:

- zaštitu i obradu opečene površine;
- borbu protiv infekcije jer nekrotično tkivo predstavlja odličnu podlogu za razvoj infekcije;
- hiruršku obradu povrede koja zahvata više od 1% površine tela.

Ova vrsta opekotina najčešće zarasta sa ožiljkom i promenom pigmentacije na mestu povrede. Vreme potrebno za zarastanje je do 40 dana.



Slika 7.2.3–2. Prikaz zarastanja rane u periodu od sedam dana.

### **Protokol**

#### *Primena biopton hiperpolarizovane svetlosti*

Biopton svetlost se aplikuje lokalno na mestu povrede, jednom dnevno, u trajanju od 8 minuta, na udaljenosti 10 cm, 7 dana kontinuirano.

### **Mehanizam dejstva**

Opekotine II stepena zahvataju epidermis i duboki sloj dermisa, znojne i lojne žlezde i ležište dlake. U patogenezi ključnu ulogu ima isticanje plazme – tečnosti i proteina, i njihovo nakupljanje u intersticijumu. Pod dejstvom hiperpolarizovane svetlosti ubrzava se proces organizovanja lipida u nano slojeve između kojih se nalaze molekuli  $H_2O$  kao glavni protektivni faktor.

Takođe se blokiraju histaminski receptori tipa 1, čime se sprečava nastanak edema. Hiperpolarizovana svetlost aktivira prirodne odbrambene mehanizme organizma koji sprečavaju razvoj infekcije u nekrotičnom tkivu.

Zarastanje koje je usporeno, ponekad i duže od 40 dana i praćeno stvaranjem ožiljaka, ubrzava se aktivacijom kolagena tipa VII i II, i rana zarasta za duplo, pa čak i trostruko kraći period, 14–21 dan.

### **Zaključak**

1. Otok u okolini rane se povukao već trećeg dana primene terapije.
2. Smanjuje se sekrecija iz rane i ona brže zasušuje i zarasta.
3. Antibakterijski efekti spektra svetlosti sprečavaju razvoj infekcije.
4. Do zarastanja rane je došlo nakon 7 dana.
5. Pacijentkinja navodi prestanak bola i poboljšanje pokretljivosti – „koža ne zateže“, kako navodi – već nakon prvog tretmana.
6. Po mom mišljenju, kao lekara koji je pratio razvoj promena, došlo je do zarastanja rane bez ožiljka i promene pigmentacije u izuzetno kratkom vremenskom roku, uprkos činjenici da je rana bila dubine II b stepena i da je tkivo dodatno oštećeno prilikom odstranjivanja voska.
7. Putem hiperpolarizovane svetlosti stimulišemo imuni sistem organizma da se izbori sa onim što ga ugrožava i da aktivira regenerativne procese koji u telu već postoje.

### **Literatura**

1. A case review of patients presenting to Royal North Shore Hospital, with hair removal wax burns between January and November 2006
2. Zoumaras, J., Kwei, JS., Vandervord, J., Patologic Basis of Disease. 7 th edition, Kumar, Abbas, Fausto.

### **Primena hiperpolarizovane svetlosti kod psorijaze**

*Dr Miloš Mladenović, dr Jelena Simić, Ordinacija opšte medicine  
ZEPTER MEDICAL, Beograd*

Psorijaza (lat. *psoriasis*; grč. *psora* – svrab) predstavlja hroničnu, trenutno neizlečivu, nezaraznu, multifaktorijalnu, inflamatornu bolest za koju je karakteristična hiperproliferacija keratinocita u epidermisu kože i povećano umnožavanje epidermalnih ćelija. Procenjuje se da oko 2% svetske populacije ima psorijazu, a bolest se može javiti u bilo kojoj životnoj dobi, od trenutka rođenja pa do starosti, ali se najčešće javlja u periodu polnog sazrevanja (između 15. i 25. godine života). Podjednako je zastupljena i kod muškaraca i kod žena. Psorijaza nije zarazno oboljenje i ne prenosi se s osobe na osobu. Ovo hronično stanje kože nije opasno po život, ali ljudi sa psorijazom mogu biti skloniji dijabetesu, psorijaznom artritisu, srčanim oboljenjima i depresiji.

Psorijaza je sistemska, imunološki posredovana inflamatorna bolest, koja primarno zahvata kožu, opterećujući pacijente upaljenim, ponekad bolnim promenama, često sa osećajem svraba i pečenja, koje traju godinama. Ove promene se najčešće pojavljuju na kolenima, laktovima, glavi i torzu, ali i na bilo kom drugom mestu, uključujući nokte, dlanove, tabane, lice, genitalije, pa čak i zglobove. Obično se lezije javljaju simetrično, na

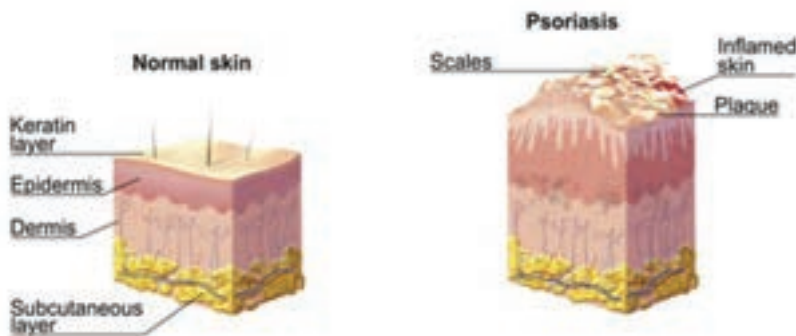
istom mestu na levoj i desnoj strani tela. Ovu kožnu bolest karakteriše pojava perioda remisije i egzacerbacije (poboljšanja i pogoršanja).

Psorijatične lezije se biološki razlikuju od klasične suve kože, poznate i kao kseroza, i klasifikuju se kao eritroskvamozne, što znači da su zahvaćeni i krvni sudovi i dublji slojevi epidermisa. Slabija ćelijska regeneracija prouzrokuje tzv. naslage. To slabljenje izaziva više faktora:

- upalne reakcije u dubljem dermisu i gornjem epidermisu,
- povećana produkcija keratinocita (dominantnog tipa ćelija u epidermisu),
- skraćeni ciklus rasta ćelija i
- poremećen proces deskvamacije (deskvamacija se odnosi na prirodan proces pri kojem se ljušti površinski sloj kože).



Psorijaza se zato manifestuje eritemo-infiltriranim plažama pokrivenim sedefastim skvamama. Ove specifične promene se mogu javiti u vidu mrlja ružičaste boje, prekrivenim belim ljuškicama, karakteristično lako uzdignutim, simetričnim, jasno ograničenim, iregularnog ili ovalnog oblika, različitih dimenzija – od nekoliko santimetara u dijametru do plaža koje pokrivaju velike površine kože.



Uzrok nastanka psorijaze još uvek je nepoznat, ali sve upućuje na to da su geni zaslužni za nastanak bolesti. Takođe, istraživanja pokazuju da nastanak psorijaze može biti podstaknut infekcijama, mikrotraumama, lekovima ili stresom. Većina naučnika smatra da je psorijaza autoimuna bolest. Normalne ćelije kože sazrevaju za 28–30 dana i skidaju se, ljušte se sa površine neprimetno. Tako se koža neprestano obnavlja. Kod psorijaze,



ćelijama kože su potrebna samo tri do četiri dana da sazreju, pa se nagomilavaju i formiraju crvene lezije na koži. Dakle, ćelije se razmnožavaju mnogo brže nego što uspevaju da proizvedu keratin, enzim koji je zaslužan za tvrdnu površinu kože.

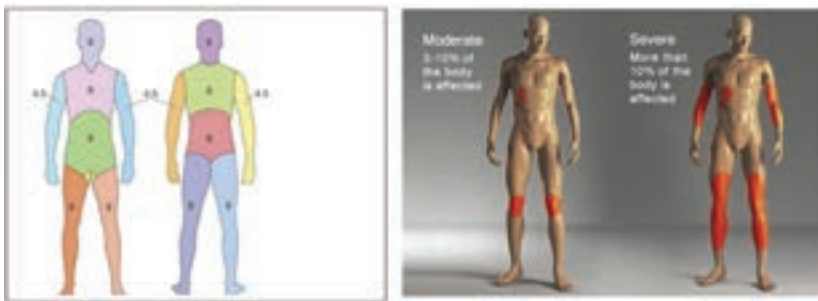
U zavisnosti od oblika i veličine opisuju se:

- \* *Psoriasis punctata* (2–3 mm) u vidu tačkica,
- \* *Psoriasis guttata* (0,5–1 cm) u vidu kapljica,
- \* *Psoriasis nummularis* (3–4 cm) u vidu novčića,
- \* *Psoriasis in placibus* (en plakues, plakovi od nekoliko cm),
- \* *Psoriasis geographica* (veći broj plakova koji se slivaju).

U odnosu na lokalizaciju psorijatičnih promena, razlikujemo:

- \* *Psoriasis capitis*,
- \* *Psoriasis unguis*,
- \* *Psoriasis palmaris, plantaris, palmoplantaris*,
- \* *Psoriasis inversa*.

Težina kliničke slike plak psorijaze se određuje na osnovu površine kože zahvaćene promenama, uzimajući u obzir i osobine samih lezija. Oruđa za procenu kliničke slike ima mnogo, ali se najčešće koristi tzv. PASI skor (Psoriasis Area and Severity Index), koji je razvijen 1978. godine sa ciljem da proceni efekat terapije na psorijatične lezije. Brojčano izražena zahvaćenost površine i karakteristike promena se unose u formulu i dobija konačni skor koji može da bude u rasponu od 0 do 72 i danas je prihvaćen kao standard za procenu efikasnosti primenjene antipsorijatične terapije. Kao mnogo brži za izračunavanje i lakši za svakodnevnu praksu, koristi se tzv. BSA (Body Surface Area), gde se psorijazom zahvaćena površina izražava u procentima, korišćenjem poznatog „pravila devetke“.



Na osnovu površine tela zahvaćene lezijama, psorijaza se deli na blagu, kod koje je zahvaćenost površine tela do 3%, umerenu, gde je zahvaćenost površine tela od 3 do 10%, i tešku, gde je zahvaćenost površine tela preko 10%.

### **Prikaz slučaja**

Pacijent muškog pola, ima 32 godine. Unazad 6 godina boluje od *Psoriasis vulgaris* L40.0 (MKB10). Dominantne promene na potkolenicama. Lečen i lokalno i sistemski, bez



rezultata. Trenutno ne koristi sistemsku terapiju, a ni topikalnu. Povremeno se izlaže sunčanju, nanosi regenerativnu kremu.

### **Protokol**

Primena bioptron hiperpolarizovane svetlosti u predelu obe potkolenice, jednom dnevno. Svetlost primeniti u trajanju od 8 minuta i 30 sekundi na udaljenosti 7–10 cm. Ciklus od 10 nedelja, tj. ukupno 50 tretmana.

### *Stanje pacijenta pre tretmana*



Difuzne psorijatične promene u predelu potkolenica praćene svrabom, obostrano. Manje promene u predelu lakta. Pozitivan fenomen krvave rose.

### *Stanje pacijenta nakon 50 tretmana*



Nakon dvomesečne terapije i intenzivnog tretmana, došlo je do znatnog poboljšanja psorijatičnih promena na koži donjih ekstremiteta kod pacijenta koji je duže vreme imao probleme.

U toku lečenja je došlo do inicijalne upale i pogoršanja u prve dve nedelje u površinskom sloju kože, nakon čega je usledilo povlačenje crvenila, pa čak i poboljšanje kožnih promena. Inicijalna zapaljenska reakcija se smanjivala nakon treće nedelje, a promene su se polako povlačile i koncentrisale na manje formacije. Nakon pedesetog tretmana promene su skoro potpuno povukle, za razliku od početnog difuznog stanja.

Pacijent je takođe primetio i oduševljeno potvrdio veliko poboljšanje, kao i odsustvo svraba. Crvenilo se smanjilo, koža nije više toliko suva i ne puca.

### **Mehanizam dejstva**

Psorijatične lezije se biološki razlikuju od normalne i klasične suve kože koja se ljuspa. Usled upalne reakcije u dubljem dermisu i gornjem epidermisu, povećanog stvaranja keratinocita i poremećenog ciklusa ćelija dolazi do deskvamacije kože. Sve to rezultira velikim gubitkom vode.

Delovanjem hiperpolarizovane svetlosti (na lipide, kolagen, bazalnu membranu i regulisanje prolaza vode iz dermisa u epidermis) na mestu promena, umesto ubrzanog stvaranja ljuspica u *stratumu koreniumu* zbog disfunkcije *stratuma granulosa*, dolazi do konformacijskih promena, jer se pravilno formiraju nano slojevi vode u *stratumu granulosa*, pa se ćelijski ciklusi pravilno uspostavljaju. Bazalna membrana se obnavlja, a kolageni pravilno organizuju, što dovodi do ponovnog uspostavljanja fiziološkog ciklusa kože.

### **Zaključak**

Aktuelni prikaz slučaja pokazuje da je hiperpolarizovana svetlost dovela do poboljšanja i smanjenja kožnih promena kod jednog oblika psorijaze. Hiperpolarizovana svetlost kao monoterapija dovela je do regeneracije kože i povlačenja psorijatičnih promena u predelu potkolenica, kao i do smanjenja upalne reakcije kože. Svrab je takođe nestao.

### **Literatura**

1. Lalević Vasić, B. M., Medenica LJ. M., Nikolić, M.M., Dermatovenerologija sa prope-  
devtikom. Savremena administracija, Beograd, 2002.
2. Jankovic S, Raznatovic M, Marinkovic J, Jankovic J, Kocev N, Tomic-Spiric V, et al.  
Health-Related Quality of Life in Patients with Psoriasis. J Cutan Med Surg.  
2011;15,1:29-36.
3. Langley RGB, Krueger GG, Griffiths CEM. Psoriasis: epidemiology, clinical features,  
and quality of life. Ann Rheum Dis. 2005;(Suppl II):ii18-ii23.doi.
4. Raychaudhuri SP, Farber EM. The prevalence of psoriasis in the world. J Eur Acad  
Dermatol Venereol. 2001;15:16-17.
5. Farber EM. Epidemiology: natural history and genetics. In: Psoriasis (2nd ed). Ro-  
enigk HH, Maibach HI (Eds). Marcel Dekker, Inc, Ny, USA, 1991, pp. 209-258.
6. Krueger GG, Eyre RW. Trigger factors in psoriasis. In: Dermatologic Clinics. We-  
instein GD, Voorhees JJ, eds. WB Saunders Co., PA, USA, 1984, pp. 373-381.

## Primena hiperpolarizovane svetlosti kod tretmana akni

Dr Biljana Lučić, Ordinacija opšte medicine ZEPTER MEDICAL, Beograd

### Uvod

Koža je najveći organ čovečjeg tela, njena ukupna površina je oko 1,5–2 m<sup>2</sup>, a težina iznosi oko 15% telesne težine. Kožu čine 3 sloja: epiderm, derm i hipoderm. Epiderm je najpovršniji sloj kože u čijem sastavu preovlađuju keratinociti, ćelije zadužene za stvaranje keratina, zaštitnog proteina. Epiderm se sastoji od 4 sloja: bazalnog, spinoznog, granuloznog i rožastog. Od bazalnog ka rožastom sloju odigrava se neprekidna keratinizacija. Keratinociti se normalno obnavljaju u intervalu od 28 do 56 dana. Nekeratinsku komponentu epiderma čine melanociti (ćelije odgovorne za stvaranje pigmenta melanina i njegov transport do keratinocita), Langerhansove ćelije (uloga u imunom odgovoru), Merkelove ćelije (mehanoreceptori).

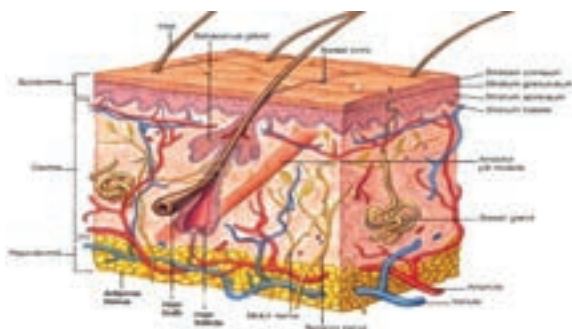
Znojne žlezde, sebacealne žlezde, dlake i nokti predstavljaju adneксе epiderma. Sebacealne žlezde su acinozne građe i prisutne su na koži celog tela, izuzev dlanova, tabana i interdigitalnih prostora. One su pripojene za gornji deo folikula dlake i sastoje se od sekretornog i izvodnog kanala (pilosebacealna jedinica). Dlaka predstavlja čvrstu, vlaknastu, keratinsku strukturu, koja se stvara u folikulu. Nokat, odnosno nokatna ploča, tvrda je keratinska struktura, koja nastaje brzom deobom epidermalnih ćelija.

Derm se nalazi između epiderma i hipoderma. Sastoji se od kolagenih, elastinskih i fibrinskih vlakana (fibrozna komponenta, koja je potopljena u amorfnu masu derma).

Hipoderm čine masne ćelije, lipociti, koje obrazuju primarne mikrotubuluse, okružene vezivnim pregradama, kroz koje prolaze krvni sudovi, limfni sudovi i nervi.

Koža ima trodimenzionalnu mrežu krvnih sudova, organizovanu na dva nivoa: duboki vaskularni pleksus na granici hipoderma i derma, i površinski subpapilarni vaskularni pleksus. U koži se nalaze somatska senzorna i autonomna simpatička nervna vlakna.

Koža obavlja više značajnih funkcija: ona pruža zaštitu od spoljašnjih fizičkih, hemijskih i bioloških agenasa, sprečava prekomerni gubitak vode, učestvuje u termoregulaciji, apsorpciji UV svetlosti, metabolizmu vitamina D, predstavlja neuroreceptivni organ, deo je imunog sistema, ima estetski i kozmetički efekat. Hemijska reakcija površine je kisela,  $\text{pH} = 5\text{--}5,5$ .



Sl. 7.2.5–1. Presek kože.

Koža može biti zahvaćena različitim patološkim promenama: hereditarnim, zapaljenskim, neoplastičkim (benigni i maligni tumori), endokrinim, traumatskim i degenerativnim.

### Slučaj

Akne predstavljaju zapaljenje pilosebacealne jedinice kože u čijem nastanku učestvuju nekoliko faktora. Prekomerna produkcija sebuma dovodi do hiperpalzije sebacealnih žlezda. Hiperkeratinizacija rožastog sloja sprečava izlivanje sebuma na površinu kože zbog čega dolazi do njegovog nagomilavanja u sebacealnim žlezdama. One se rastežu i dovode do nastanka mikrokomedona. To je neinflamatorna lezija koja se pod pritiskom može otvoriti, a na površini kože ostaje „otvoren komedon“, crna tačka koja se drenira. Razvoj promena može ići u pravcu nastanka „zatvorenog komedona“, koji se ne prazni, u njemu se nakuplja sebum i on se progresivno uvećava. U ovom komedonu dolazi do kolonizacije *Propionibacterium acne*, bakterije koja je stalno prisutna u koži, ali se pod ovakvim okolnostima pojačano reprodukuje. Povišena propustljivost zida folikula dovodi do prodiranja leukocita i nastanka zapaljenske lezije. U daljem toku može doći do rupture folikula. Postoji genetska predispozicija za pojačanu reakciju kože na uobičajenu produkciju androgenog hormona.

Akne najčešće započinju u pubertetu, češće i teže forme se javljaju kod muškaraca. Lokalizuju se na centralnim delovima lica (obrazi, čelo, nos, brada), predelu prednje strane grudnog koša, između lopatica, a mogu se proširiti i na celo lice.

Postoji nekoliko tipova akni: forma komedona, iz koje može nastati papulo-pustulozna forma i forma cističnih nodula, obično većeg promera, koja često za sobom ostavlja keloidne ožiljke. Akne predstavljaju veliki psihološki problem mladih osoba.

Traju nekoliko godina, a spontani nestanak se dešava kada su svi predisponirani folikuli ozbiljno oštećeni dugotrajnim zapaljenskim procesom.



Slika 7.2.5–1. Patogeneza akni.

### Prikaz slučaja

Pacijentkinja stara 21 godinu, sa dijagnozom *acne vulgaris*, na oba obraza, koja traje oko četiri godine.

U tretmanu je primenjena hiperpolarizovana svetlost bioptona lokalno na oba obraza, sa rastojanja 5 cm, a dužina svakog tretmana je iznosila po 8,5 minuta na tretiranoj

zoni. Ukupno je urađeno 15 tretmana, svakog drugog dana. U radu je korišćen aparat Bioptron Pro 1 i Oxy Sterile Spray.

U objektivnom nalazu na početku tretmana uočena je masna, sjajna koža sa izraženom papulo-pustuloznom formom akni na oba obraza. Subjektivno, pacijentkinja je navela povremeno izraženo peckanje i svrab kože, kao i nezadovoljstvo estetskim izgledom.



*Slika 7.2.5–2. Prikaz slučaja prvog dana terapije (prve dve slike levo) i posle pet dana terapije (dve slike desno).*

Početni efekat terapije doveo je do pojačanja inflamacije, a u daljem toku došlo je do postepenog smirivanja upale, smanjenja broja papula i pustula, kao i zarastanja promena.

Posle 10 tretmana na koži se nisu uočavale pustule. Posle 15. tretmana primetno je estetsko poboljšanje izgleda kože na kojoj su uočljive samo retke papule.



*Slika 7.2.5–3. Prikaz slučaja posle 15 tretmana*

Pacijentkinja je opisala tretmane kao vrlo prijatne, smanjilo se peckanje i svrab, vrlo je zadovoljna estetskim izgledom.

Pacijentkinji je preporučen nastavak tretmana zbog pozitivnog efekta polarizovane svetlosti na stimulaciju proizvodnje kolagenih vlakana, kao i efekta na regulaciju ožiljnog tkiva.

### **Mehanizam dejstva**

Hiperpolarizovana svetlost aktivira fagocitozu i sprečava pojačano razmnožavanje *Propionibacterium acne*, smanjuje prekomerno lučenje sebuma i deluje antiinflamatorno preko

citokina. U procesu zarastanja preko aktivacije kolagena tipa I i III, a zatim VII, preko lamina i intergina, dolazi do migracije keratinocita i zarastanja površinskog sloja kože.

### **Zaključak**

Primena bioptron hiperpolarizovane svetlosti na papulo-pustuloznu formu akni vulgaris dovela je do početnog pojačanja inflamatorne reakcije, a zatim do postepenog smanjenja broja pustula i papula, kao i zarastanja tkiva. Objektivno je uočljivo značajno estetsko poboljšanje.

### **Literatura**

1. Lalević-Vasić B, Medenica Lj, Nikolić M. Dermatovenerologija sa propedeutikom – udžbenik za studente medicine, 6. izdanje, Beograd 2010.
2. Jakac M. Dermatologija i venerologija, udžbenik za studente medicine, 3. izdanje, Medicinska knjiga, Beograd – Zagreb 1989.
3. Bumbaširević V., i sar. Histologija, Medicinski fakultet, Beograd, 2009.
4. Trpinac D, Obradović M. Repetitorijum histologije i embriologije, Medicinski fakultet, Beograd, 2013.
5. Fitzpatrick T, et al. Dermatology in general medicine, McGraw-Hill, New York, 1987.
6. Atanacković M., i sar. Patologija, Medicinski fakultet, Beograd, 2013.
7. Freedberg IM, Eisen AZ, Wolff K, et al, eds. Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine, 5th edition, New York; McGraw Hill, 1999.

## ***Primena bioptron hiperpolarizovane svetlosti u terapiji bronhijalne astme***

*Dr Aleksandra Ignjatović, Ordinacija opšte medicine ZEPTER MEDICAL, Beograd*

### **Uvod**

Bronhijalna astma je respiratorni sindrom koji nastaje zbog funkcionalnog plućnog poremećaja ispoljenog u vidu reverzibilne opstruktivne hiperinflacije pluća. Ova bolest se klinički karakteriše paroksizmalnim epizodama gušenja, otežanog disanja i kašlja, uz produženi ekspirijum sa sviranjem u grudima. Do ispoljavanja ovog sindroma dolazi usled specifičnog ili nespecifičnog nadražaja kome sledi spazam glatke muskulature bronha i bronhiola, edem sluznice disajnih puteva i hipersekrecija mukoznih žlezda.

Bolest karakterišu periodi stabilnog stanja koji se smenjuju sa periodima pogoršanja, tj. egzacerbacije. Pogoršanja najčeće uzrokuju provokativni faktori kao što su, uglavnom, virusne respiratorne infekcije, izloženost velikoj količini alergena, psihofizički stres.

Za vreme astmatičnih napada istovremeno sa spazmom glatke muskulature i edemom sluznice bronhiola dolazi i do pojačane sekrecije bronhijalnih žlezda koje izlučuju gust, žilav i lepljiv sekret. Ovaj sekret stvara prekrivač sluznice koji parališe normalnu funkciju epitela i smanjuje pokretljivost cilija, pa sekret stagnira. Kašalj koji se u ovakvom stanju pojavljuje ne služi više kao odbrambena mera, već u ovim okolnostima doprinosi da se stvori još veći kontakt sekreta sa antigenom i bronhijalnom sluznicom.



U toku astmatičnih napada dolazi do ispoljavanja trijasa simptoma koji se sastoji od spazma glatke muskulature bronhiola, što uzrokuje otežano disanje, tj. dispneju, edema sluznice bronhija, što uzrokuje kašalj i nagomilavanja žilavog, lepljivog sekreta koji nastaje used pojačanog izlučivanja mukoznih žlezda, što znatno otežava prolazak vazduha u donjim respiratornim putevima, naročito u ekspirijumu, i uzrokuje sviranje u grudima, tj. vizing.

Osnovna klasifikacija astme je na atopijsku (alergijsku) i nealergijsku (intrinzična). U osnovi atopijske astme je alergija na različite alergene. Senzibilizacija se uspostavlja na izvesne materije koje u organizam prodiru obično preko respiratornog sistema: kućna prašina, posteljne stvari (vuna, pamuk, perje), plesni, prašina sa radnog mesta, poleni i drugo. Od nutritivnih alergena u nastajanju bronhijalne astme spominju se: jaja, ribe, rakovi, brašno, mleko, svinjsko meso, a od lekova aspirin, penicilin, streptomycin i dr.

Nealergijska astma se obično javlja kod starijih osoba, bez podataka o alergijskim bolestima u ličnoj i porodičnoj anamnezi. Kožne probe sa inhalacionim alergenima su negativne a nivo IgE u serumu je normalan.

### ***Prikaz slučaja***

Ispitanica S. Đ. ima 78 godina. Unazad 5 godina boluje od bronhijalne astme. Standardnim testovima utvrđeno je da nije alergična na poznate alergene i postavljena joj je dijagnoza nealergijske bronhijalne astme. Redovno uzima terapiju ordiniranu od strane njenog pulmologa, a to su inhalatorni kortikosteroidi (formoterol) i inhibitori leukotrijenskih receptora (montelukast), lekovi koji smanjuju lokalno zapaljenje u sluznici bronhija u kombinaciji sa dugodelujućim agonistima  $\beta$ -2 adrenoreceptora (budesonid) koji vrši opuštanje mišića bronhija. Po potrebi koristi i kratkodelujuće agoniste  $\beta$ -2 adrenoreceptora (fenoterol) koji vrše brzu bronhodilataciju i olakšavaju disanje. Protokol je bio takav da je primenjivana hiperpolarizovana svetlost (aparatus Bioptron Pro1) na prednji deo grudnog koša (sternum), svakoga dana, u trajanju od 8,5 minuta, na udaljenosti od 7 cm, 19 dana kontinuirano.

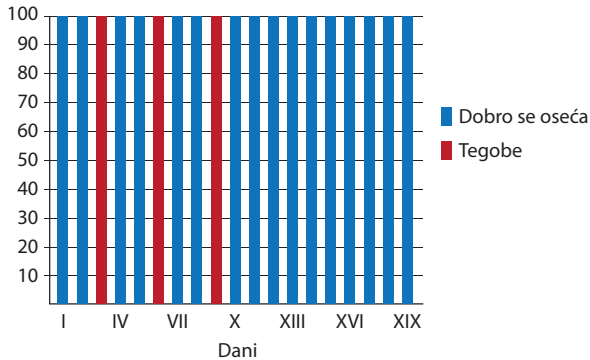
Pre početka svetlosne terapije ispitanica primećuje da i pored redovne terapije koju uzima, kada hoda duže ili na uzbrdici teško diše.

U toku prve dve nedelje tretiranja kod ispitanice se opšte stanje bolesti izuzetno poboljšalo, tegobe su se pojavile u par navrata, trećeg, šestog i devetog dana ispitivanja. Tegobe su bile u vidu jutarnjeg otežanog disanja, gušenja i kašlja. U nastavku ispitivanja od desetog do devetnaestog dana tretiranja ispitanica ne oseća poznate tegobe, subjektivno se oseća mnogo bolje. Jedanaestog dana ispitivanja ispitanica je bila na kontrolnom pregledu kod svog pulmologa i dijagnostički test spirometrije je pokazao značajno bolji rezultat od prethodnog, rađenog pre šest meseci.

### ***Mehanizam dejstva***

Delovanje hiperpolarizovane svetlosti, kao strukturalno organizovanih fotona po Fibonačijevim zakonima, u lečenju bronhijalne astme objašnjava se time što su cilije trepljastog respiratornog epitela sastavljene od mikrotubula koje su takođe uređene i osciluju po Fibonačijevim zakonima. HP svetlost aktivira mikrotubule i stvaranje GTP-a, pa se cilije bolje pokreću kako bi izbacile gust sekret iz bronhija i olakšale disanje.





### Zaključak

Cilj lečenja astme jeste uklanjanje simptoma i uspostavljanje normalne ili što je moguće bolje funkcije pluća, kao i smanjenje rizika od pojave teških napada. Uz to, lečenje treba da redukuje broj i težinu napada i omogući bolesniku normalan život, uključujući i sportske aktivnosti.

Ispitanica navodi da oseća značajno poboljšanje stanja svoje bolesti od kako se tretira hiperpolarizovanom svetlosnom terapijom. Objašnjava da su povremena pogoršanja bila isprovocirana naglim promenama vremena i velikim procentom vlage u vazduhu, koji joj inače smetaju.

Objektivno se zaključuje da je tretman hiperpolarizovanom svetlošću doveo do poboljšanja kvaliteta života i savetuje se kao dodatna terapija u održavanju stabilnog stanja bolesti kod ljudi obolelih od bronhijalne astme.

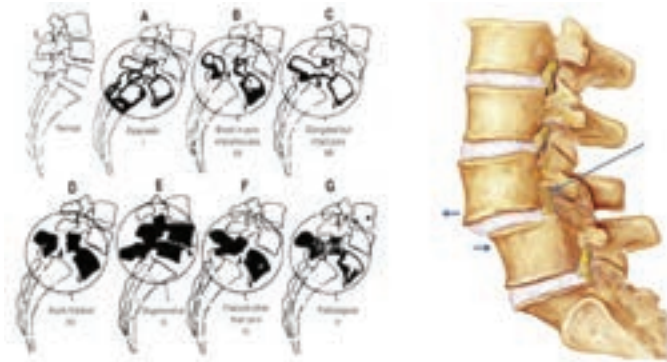
### Primena hiperpolarizovane svetlosti kod spondilolisteze

*Dr Aleksandar Nešković, Ordinacija opšte medicine ZEPTER MEDICAL, Beograd*

Spondilolisteza je patološki entitet pri kom dolazi do proklizavanja jednog pršljena u odnosu na drugi, a najčešće se nalazi u području L5/S1 i L4/L5. Kod većine pacijenata javlja se asimptomatski, pa se radiološki nalaz spondilolisteze otkrije tek pri obradi neke druge bolesti. Bolest je najčešće istmičke ili degenerativne etiologije. Najčešći klinički simptom kod simptomatskih pacijenata je bol u donjem delu leđa, dok se ponekad javlja i radikulopatska bol i neurogene klaudikacije.

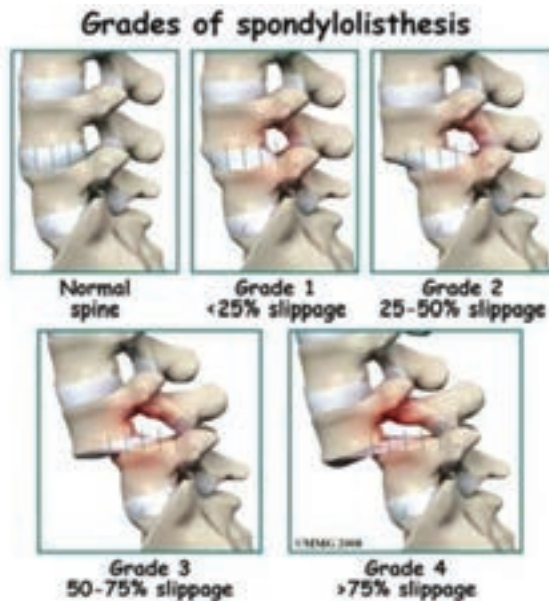
U kliničkoj praksi još uvek se koristi etiološka klasifikacija po Wiltseu iz 1969. godine.

Prvi tip po klasifikaciji spondilolisteze je displastični tip, a displaziju nalazimo u obliku L5 trapezoidnog oblika, zaobljenog sakralnog svoda, elongiranog ili razdeljenog parsu, nedostatka L5 segmenta ili S1 lamine, te tropizma lumbosakralnih faseta. Drugi tip je istmički tip, što znači da se defekt nalazi u interartikularnom delu pršljena. Podtipovi drugog tipa klasifikacije po Wiltseu su: 2A spondilolitički, gde se radi o stres frakturi pars interartikularisa; 2B elongacija parsu i 2C akutna traumatska fraktura parsu. Treći tip je degenerativni tip, koji je posledica dugotrajne intersegmentalne nestabilnosti. U četvrtom tipu se radi o posttraumatskom poremećaju, pri čemu je defekt smešten



u elementima koji su posteriorno od parsu. Poslednji tip u Wiltseovoj klasifikaciji odnosi se na patološku destrukciju posteriornih elemenata koju je uzrokovala generalizovana ili lokalizovana bolest kostiju (Wiltse i sar. 1993).

Postoje četiri stepena spondilolisteze. Kod prvog, dolazi do proklizavanja manje od 25% tela pršljena, kod drugog stepena 25% do 50%, kod trećeg između 50% i 75%, a kod četvrtog proklizalo je više od 75% površine. U zavisnosti od stepena, pojačava se i intenzitet simptoma, pre svega bola.



### ***Prikaz slučaja***

Pacijentkinja A.I., 26 godina.

Unazad četiri godine ima problem sa lumbalnim delom kičme.

Godine 2014. postavljena joj je dijagnoza (MKB 10)-M43.1 Spondylolisthesis L5-S1 gr II, sa razvojem obostrane foraminostenoze.

Lečena je 20 dana standardnom fizikalnom terapijom u Spinalnom centru Instituta za ortopedsko-hirurške bolesti „Banjica“

### **Protokol**

- Primena bioptron hiperpolarizovane svetlosti na lumbalni deo kičme
- Jednom dnevno, 8,30 minuta
- Sa udaljenosti 5–7 cm
- 10 dana kontinuirano

### **Prikaz stanja**

Pre početka terapije:

- tup bol u lumbalnom delu, ocenjen kao 5/10
- jutarnja ukočenost
- osećaj zatezanja nakon dužeg sedenja

Posle prvog tretmana:

- subjektivno, minimalno smanjen intenzitet bola
- „kao da je manje ukočena ujutru“
- nije imala prilike da duže sedi

Posle trećeg tretmana:

- subjektivno, smanjen bol, osećaj 2/10
- ujutru nepromenjeno stanje
- nakon dužeg sedenja i dalje zatezanje

Posle petog tretmana:

- reagovala na promenu vremena, bol pre šestog tretmana oko 4–5/10
- prethodnog jutra manje ukočena
- zatezanje povezuje sa vremenom

Posle sedmog tretmana:

- subjektivno, skoro da nema nikakvog bola
- probudila se uz minimalnu ukočenost
- dugotrajno sedenje i dalje pravi problem

\* Napravljen dan pauze između 7. i 8. tretmana

Posle desetog tretmana:

- bol smanjen, ali intenzitet varira
- najveće poboljšanje po pitanju ukočenosti
- posle sedenja i dalje prisutno zatezanje

### **Mehanizam dejstva**

Nakon delovanja hiperpolarizovane svetlosti, na dendritima nervnih ćelija dolazi do konformacijskih promena u mikrotubulima, slično kao pod dejstvom taksola (mikrotubule sa 13 protofilamenata u organizaciji 13 (8,5), koje su informaciono veoma aktivne, reorganizuju se pod uticajem dipolnih momenata vode u 13 (10,3) koje su manje informaciono aktivne), što rezultira smanjenim/usporenim prenošenjem bolnih impulsa (nadražaja) ka telu nervne ćelije i daljem putu ka mozgu.

### **Zaključak**

Subjektivno (pacijent):

- oseća smanjenje simptoma i poboljšanje opšteg stanja
- želi da nastavi sa svetlosnom terapijom

Objektivno:

- previše kratak period da bi se izveli validni zaključci, ali pozitivnih efekata definitivno ima, pa postoji opravdanost da se ispitivanje nastavi
- mogućnost normalnog funkcionisanja bez korišćenja medikamenata je veliki napredak.

### **Primena hiperpolarizovane bioptron svetlosti kod lumbalnog bolnog sindroma**

*Dr Zlatica Kecić, Ordinacija opšte medicine ZEPTER MEDICAL, Beograd*

#### **Uvod**

Lumbalni bolni sindrom je jedan od najučestalijih zdravstvenih problema današnjice i najčešći uzrok izostanka s posla. Procenjuje se da 80% populacije tokom života, bar jednom, oseti bol u području donjeg, lumbalnog dela kičme, koji recidivira kod najmanje 50% ovih pacijenata. Problem „bola u leđima“ najčešće se javlja u najproduktivnijem periodu čovekovog života, između tridesete i pedesete godine starosti, podjednako često kod osoba oba pola. Kod većine je praćen smanjenom sposobnošću za rad i potrebom za adekvatnim medicinskim tretmanom. Međutim, srećna okolnost je ta da većina pacijenata s lumbalnim bolnim sindromom, uglavnom, prođe kroz odgovarajući medicinski tretman i oporavi se u potpunosti, a samo kod 5% pacijenata ovaj bol pređe u hronični stadijum bolesti (1, 4, 5).

Lumbalni bolni sindrom je skup simptoma različite etiologije koji se manifestuju u vidu bolova u ovoj regiji i to na prelazu lumbalnog u sakralni deo kičme, između vrlo pokretne i opterećenog zadnjeg lumbalnog pršljena i slabo pokretne sakralne kosti (slika 1).



Slika 7.2.8–1. Lokalizacija lumbalnog sindroma.

Najčešće promene na kičmi koje uzrokuju lumbalni bol jesu degenerativne promene diskusa i zglobova kičmenog stuba.

Ostale promene koje uzrokuju lumbalni bol su sindrom piriformisa, strukturalni poremećaji (skolioza, kifoza i lordoza), povrede koštanog, mišićnog i ligamentarnog sistema lumbalne regije – trauma, upalne reumatske bolesti, infektivne bolesti i tumori (2, 3).

### **Prikaz slučaja**

Pacijentkinja (starosti 76 godina), čiji je slučaj praćen od promena u lumbalnoj kičmi, ima degenerativne promene diskusa i zglobova kičmenog stuba. U degenerativne promene kičmenog stuba spadaju:

- Spondiloza (*spondylosis*) – okoštavanje dva ili više susednih pršljenova, kao posledica degenerativnih promena.
- Spondilolisteza (*spondylolisthesis*) – pomeranje pršljena put napred u odnosu na susedne pršljenove, kao posledica traume.
- Spinalna stenozna (*stenosis spinalis*) – suženje kičmenog kanala, kao posledica degenerativnih i upalnih procesa na jednom ili više diskusa.
- Hernija diska (*discus hernia*) – pucanje spoljašnjog fibroznog omotača diska i ispadanje mekog pulpozno sadržaja koji čini disk u okolni prostor, kada dolazi do kompresije okolnih struktura, najčešće *n.ishiadica*, i prateće simptomatologije (2, 3, 5).

Kod pacijentkinje su tegobe počele pre pet godina, sa naglim pogoršanjem unazad šest meseci, kada je osetila jake bolove u lumbalnoj regiji, naročito ujutru. Nema propagacije bola niz nogu, navodi da ga nikada nije bilo. Bol je lokalizovan lumbalno sa blagom lateralizacijom ka levom kuku.

Od dokumentacije u prilogu nalaz nativnog snimka magnetne rezonance iz 2014. godine koji pokazuje:

Spondilotične promene periodično duž cele kičme, diskartrozu u *L4, L5*, protruziju intervertebralnog diska *L3, L4* srednje teškog stepena i *L4, L5* lakšeg, kao i stenozu spinalnog kanala *L2, L3* sa kritičnom stenozom u nivou *L3*.

Primenjena je terapija biopton hiperpolarizovanom svetlošću sa filterom prečnika 11 cm, po protokolu jednom dnevno na regiji bola u dve tačke lumbalne kičme, u *L4* i *L5*, i lateralno levo od kičmenog stuba, u trajanju od 8 minuta i 30 sekundi na udaljenosti od 7 cm, 11 dana u kontinuitetu u prvoj fazi, a nakon pozitivnih rezultata nastavljeno je još 10 dana sa terapijom.

### **Praćenje pacijentkinje i reakcija na dejstvo terapije hiperpolarizovanom svetlošću**

U prvoj nedelji pacijentkinja subjektivno ima osećaj poboljšanja, i navodi da nije morala da uzima diklofenak, lek protiv bolova koji je do tada po potrebi pila.

U drugoj nedelji usled promene vremena ističe da je i dalje boli lumbalna kičma, pogotovo ujutru, bez pojačavanja bola od pre početka terapije biopton hiperpolarizovane svetlosti.

U narednoj fazi ispitivanja, koja je trajala još dve nedelje, pacijentkinja je uporedo sa tretmanom biopton hiperpolarizovane svetlosti išla na fizikalnu terapiju ordiniranu od strane lekara u Domu zdravlja.

Nakon treće nedelje subjektivno je osetila znatno poboljšanje, lakše je ustajala iz kreveta. Objektivno je primećeno da lakše ustaje sa stolice, bez zadržke.

Usledili su i rezultati nakon četvrte nedelje terapije, kada pacijentkinja navodi da se smanjio bol koji je najviše osećala ujutru i nije bilo lateralizacije bola ka levom kuku koji je osećala pre tretmana.

Nakon tretmana, sem opšteg fizikalnog pregleda kojim uočavam bolju pokretljivost, nije dodatno rađena dijagnostika kako bismo imali potpuni uvid da li je došlo do promene u smislu poboljšanja na strukturama lumbalne kičme.

### **Zaključak**

Primena bioptron hiperpolarizovane svetlosti u slučaju pacijentkinje sa lumbalnim bolnim sindromom i diskopatijom dovela je do poboljšanja. Nije bilo pogoršanja, kao ni neželjenih efekata u kombinaciji sa drugom fizikalnom terapijom koju je imala u poslednje dve nedelje.

Na osnovu ovog pojedinačnog slučaja, smatram da bi dalja primena bioptron hiperpolarizovane svetlosti kod lumbalnog bolnog sindroma i diskopatija mogla da ide u pravcu kontrolisane studije. Studija bi svakako morala biti na relevantnom broju ispitanika, kako bismo znali pravi učinak i došli do podataka koji će se koristiti kao reprezentativan uzorak u daljem istraživanju.

### **Literatura**

1. Radojičić B. Klinička neurologija. XVI izdanje, Elit Medica, Beograd 2006.
2. Lević Z. Osnovi savremene neurologije. Dečje novine, Gornji Milanovac 1989.
3. Lević Z., Nikolić M. Neurologija. Praxis Medica, Beograd 1982.
4. zdravlje.gov
5. Grupa autora, katedra za neurologiju. Neurologija za studente. Beograd, 2007.

## ***Primena hiperpolarizovane svetlosti u tretmanu hronične venske insuficijencije***

*Dr Đuja Lazić, Ordinacija opšte medicine ZEPTEK MEDICAL, Beograd*

Koža je naš najveći organ. Kada bi se položila na ravnu površinu, koža odraslog čoveka bi imala površinu od približno 2 kvadratna metra, skoro kao čaršav za jednu osobu. Bila bi teška 3 kg, a to je, otprilike, dvadeseti deo ukupne težine tela.

Debljina kože varira od 0,5 mm do preko 5 mm. Tanja je na mestima na kojima ne dolazi do trenja ili pritiska, kao što je unutrašnjost podlaktice, a deblja je na površinama koje su izložnije, kao što su tabani. Koža se oko telesnih otvora transformiše u sluzokožu.

### **Uloge kože**

Koža predstavlja omotač tela koji je u neposrednom dodiru sa spoljašnjom sredinom. Kod beskičmenjaka i nižih hordata (plaštaši, amfioksus) koža je jednoslojna, dok kod kičmenjaka ima više slojeva. Osnovne uloge kože su:

– zaštitna – štiti telo od mehaničkih povreda, patogenih organizama (koža je nepropustljiva za viruse i bakterije kada na njoj nema oštećenja), od štetnih UV sunčevih zraka. Koža, dakle, predstavlja prvu liniju odbrane organizma od bakterija, virusa i drugih mikroorganizama;

– održavanje stalnog sastava unutrašnje telesne sredine (homeostaza), tako što kod kopnenih sprečava gubitak vode i soli, a kod vodenih kičmenjaka preveliki ulazak vode u telo;

– učestvuje u razmeni materija i razmeni gasova, što je od posebnog značaja za disanje vodenih organizama;

– učestvuje u procesima ekskrecije (izlučivanja) koji se vrše kožnim žlezdama;

– primanje spoljašnjih nadražaja pomoću brojnih čulnih organa koji su u njoj smešteni. U njoj se nalaze receptori za toploto i hladno, dodir, pritisak i bol;

– učestvuje u termoregulaciji kod homeotermnih organizama (to su organizmi koji imaju stalnu telesnu temperaturu, kao ptice i sisari), tako što reguliše odavanje toplote iz tela (znojenje).

### ***Građa kože***

Pod mikroskopom se može videti da se koža kičmenjaka sastoji iz dva dela:

– Spoljašnji deo čini pokožica (epidermis);

– Unutrašnji je krzno (dermis). Ova dva dela razlikuju se po građi, funkciji i poreklu.

### ***Pokožica***

Pokožica (epidermis) uvek se sastoji od više slojeva epitelijalnih ćelija koje su zbijene jedna uz drugu i grade kompaktni sloj. Broj slojeva (od 20 do 30) različit je na raznim mestima na telu, pa je tako, na primer, kod čoveka broj slojeva veći na dlanovima i stopalima. Površinski slojevi sastoje se iz sasvim spljoštenih ćelija, koje postepeno izumiru i zamenjuju se novim. Te ćelije se preklapaju kao crepovi na krovu i tako omogućuju da se koža ratseže dok se krećemo. Svakog dana otpadne hiljade mrtvih ćelija, ali se koža ne istroši zato što se ćelije neprestano obnavljaju.

Donji slojevi pokožice, koji se nalaze uz krzno, aktivni su u toku celog života i svojim deobama obrazuju gornje slojeve ćelija. Oni predstavljaju tzv. germinativni sloj. U ćelijama gornjih slojeva pokožice dolazi do procesa orožnjavanja – ćelije se postepeno ispunjavaju rožnom materijom (keratinom), što dovodi do izumiranja tih ćelija. Tako se na površini tela obrazuje sloj mrtvih ćelija – rožni sloj. Između rožnog i germinativnog sloja nalaze se prelazni slojevi u kojima orožnjavanje nije dovršeno. Rožni sloj ima zaštitnu ulogu i naročito je dobro razvijen kod tipičnih kopnenih kičmenjaka, gmizavaca, ptica i sisara, dok je kod vodozemaca relativno tanak. Površinski rožni slojevi odbacuju se stalno i delimično (perutanje) ili periodično u celini u vidu presvlačenja (kod zmija – zmijska košuljica). Tokom svog životnog veka, jedna osoba izgubi otprilike 18 kg mrtve kože.

Po donjem sloju epiderma su raspoređeni melanociti. Oni prave pigment melanin, koji štiti kožu od prekomernog ultravioletnog zračenja. Melanin apsorbuje svetlosnu energiju koja ga potamnjuje. To je ono što stvara preplanuli ten kada je koža izložena suncu. Melanin se prenosi do površine i otpada zajedno sa mrtvim ćelijama, zbog čega preplanuli ten bleđi. Ljudi koji imaju tamniji ten imaju više melanina. Melanociti mogu da se jave i u grozdovima i tako prouzrokuju pegice.



Na račun rožnog sloja razvile su se u toku evolucije razne zaštitne tvorevine, kao što su rožne krljušti (pokrivaju telo guštera i zmija), rožne ploče (kornjače i krokodili), perje, dlake, kandže, nokti, kopita, rogovi i dr. Perje (mitarenjem) i dlake (linjanjem) takođe se periodično odbacuju.

### **Krzno**

Krzno (lat. *dermis*) sastavljeno je od rastresitog vezivnog tkiva u kome su dominantna kolagena vlakna utopljena u matriksu koji sadrži ćelije: fibroblaste, makrofage, limfocite, adipozne ćelije.

Isprepletana vlakna specijalnih proteina pod nazivom kolagen i elastin čine kožu rastegljivom. Pored toga, u krznu su smešteni i: završeci krvnih i limfnih sudova, nervni završeci, razni čulni organi, mišićna vlakna, derivati epidermisa i krzna.

Površina krzna obrazuje mnoga ispupčenja koja zalaze u epidermis, čime je ostvarena tesna veza između ova dva dela. U krznu se nalaze krvni i limfni sudovi, snopovi glatkih mišićnih vlakana (vezuju se za dlake i perje), slobodni nervni završeci i čulni organi. Osim toga, u krznu se nalaze i razne egzokrine žlezde koje preko izvodnih kanala izbacuju sekret na površinu kože.

Kada nam je previše vruće, hiljade sićušnih krvnih sudova dermisa se šire i više krvi teče njima. Ovaj višak krvi blizu površine kože omogućuje da toplota izađe iz tela i da se tako rashladimo. Zbog toga pocrvenimo kada nam je vruće. Ako nam je previše hladno, krvni sudovi se skupe i tako čuvaju toplotu, te izgledamo bleđi.

Krv u ovim krvnim sudovima prenosi i hranljive materije do oba sloja kože, a odnosi nusproizvode. Kada se posečemo ili povredimo, napravi se ugrušak krvi koji zatvori ranu. To nam služi kao zaštita od klica, a istovremeno i čuva važne telesne tečnosti.

Dermis sadrži i različite nervne završetke, povezane sa mozgom, koji nam omogućuju da svet osetimo putem dodira. Nervni završeci, ili receptori, koji se granaju ka epidermisu, reaguju na bol. U gornjem dermisu se nalaze Majšnerova telašca – receptori dodira koji detektuju lagani pritisak. Malo dublje u dermisu se nalaze Rifini telašca – receptori toplote, i Krausova telašca – receptori hladnoće. Blizu korena dermisa se nalaze Pacinijeva telašca, koja reaguju na veliki pritisak. Ako ovi nervni završeci detektuju bilo kakav bol, pritisak ili promenu temperature, oni šalju poruku mozgu. Mozak zatim kaže mišićima da deluju – i tako mi sklonimo ruku od vrele šolje, na primer.

### **Kožne žlezde**

Duboko u dermisu su smeštene znojne žlezde. Tečnim sekretom znojnih žlezda izbacuju se proizvodi razmene materija, a imaju vitalnu ulogu i u termoregulaciji (snižavanje telesne temperature). U obliku su cevčica čiji je donji kraj uvijen u klupko i smešten u krznu, a gornji se izliva na površinu kože. Te žlezde proizvode znoj, vodenastu, blago slanu tečnost, koja iz znojnih pora izlazi na površinu kože kada nam je previše vruće. Tečnost isparava i tako nam pomaže da se rashladimo.

Lojne žlezde proizvode gust masan sekret ili sebum, koji se izlučuje pri korenu dlake i služi za njihovo podmazivanje i sprečava isušivanje i perutanje kože. Bez te zaštite, koža bi se isušila i ispucala i ne bi mogla da preživi svakodnevno habanje. Nema ih na golim delovima tela, osim na očnim kopcima i usnama. Lojne žlezde kod nekih ljudi stvaraju

upale, naročito od tinejdžera, jer stvaraju previše loja. To blokira folikule dlake, koji mogu da se inficiraju bakterijama i da se pretvore u bubuljice.

Za svaki folikul dlake vezan je po jedan mišić podizač. Kada nam je hladno ili smo uplašeni, ovi mišići se skupljaju i vuku dlaku na gore. Koža oko dlake se takođe podiže i tako se naježimo. Ta reakcija vodi poreklo iz vremena kada je ljudsko telo bilo prekriveno gustim dlakama. Kada je bilo hladno, dlake bi se nakostrešile da mogu da uhvate više vazduha i obezbede bolju izolaciju. Kada je mačka uplašena, njeno krzno se nakostreši, pa ona izgleda veća i strašnija. Iz istog razloga i ljudske dlake se nakostreše kada se čovek uplaši.

Ispod dermisa se nalazi salo, koje se ponaša kao izolator i omotač, štiteći telo od hladnoće tako što sprečava gubitak toplote. To je i izvor energije u iznenadnim situacijama. Ako konzumirate suviše kalorija, to je mesto na kojem se one talože. Ispod ovog sala su unutrašnji organi, uključujući i mišiće, žlezde i glavne nerve i krvne sudove. Svi oni svoju bezbednost duguju ovoj živoj prepisci, to jest koži.

Mlečne žlezde su dobro razvijene samo kod ženki i njihov sekret služi za ishranu mladunaca. Osim navedenih, kod sisara postoji čitav niz drugih žlezda čiji je sekret mirišljav i služi za međusobno prepoznavanje ili kao sredstvo za odbranu.

### **Boja kože**

Boja kože zavisi od tri faktora: žućkaste nijanse ćelija epidermisa, prozračnosti ćelija epidermisa, usled čega se provide krvni sudovi ispod njega, što daje ljubičaste tonove koži, potom vrste i količine pigmenta.

Ćelije koje nose pigment leže pretežno u krznu, ali ih ima i u epidermisu. Ispod kože nalazi se potkožni sloj koji je rastresitiji u odnosu na krzno. Ovaj sloj povezuje kožu sa mišićima. U njemu se često nagomilavaju rezerve masti.

### **Hronična venska insuficijencija**

Hroničnu vensku insuficijenciju (HVI) možemo definisati kao disfunkciju venskog sistema uzrokovanu valvularnom inkompetencijom, koja može biti izolovana ili udružena sa venskom opstrukcijom. Ovim pojmom obuhvaćena su sva primarna i sekundarna venska oboljenja osim pomenutih akutnih stanja. Može biti izazvana bilo poremećajima na površnom, perforatorskom, ili na dubokom venskom sistemu, a osnovna karakteristika je povišenje krvnog pritiska u venama donjih ekstremiteta (venska hipertenzija). HVI može, ali ne mora biti udružena sa vidljivim varikozitetima. Oboljenje se manifestuje progresivnim hroničnim venskim zastojem, otocima i promenama na koži, kao što su pigmentacije, zadebljanje (lipodermarmatoskleroza). Terminalni stadijum HVI predstavlja pojava ulceracije. *Ulcus cruris* se definiše se kao „rana – defekt kože i potkožnog tkiva na potkolenici, koja ne zaceljuje tokom poslednjih 6 nedelja“. U 95% slučajeva *ulcus cruris* je venske etiologije, ali može biti posledica i arterijskih (20%–25%) ili mešanih, arterijskovenskih oboljenja, a sasvim retko nastaje usled hematoloških, limfatičnih, neoplastičnih i drugih poremećaja.

Zaostala proksimalna trombotska okluzija vena donjih ekstremiteta (tj. nedovoljna rekanalizacija lumena) dovodi do progresivne distalne valvularne inkompetencije, venskog refluksa, venske staze i hipertenzije, koja se manifestuje oticanjem noge,

pojavom sekundarnih varikoziteta, „venskim klaudikacijama“ i, na kraju, pojavom venske ulceracije na potkolenici. Zastoj u dubokim venama dovodi do progresivnog oštećenja valvula perforantnih vena, usled čega se razvija patološki refluks krvi iz dubokih vena u površinski sistem, a to ima za posledicu progresivni zastoj i u površinskom sistemu, oštećenje mikrocirkulacije kože i potkožnog tkiva.

Najnovija klasifikacija HVI pored kliničkih manifestacija uzima u obzir i etiologiju, anatomsku distribuciju i patofiziološke mehanizme. Ova klasifikacija se naziva CEAP klasifikacija (C – kliničke manifestacije, E – etiologija, A – anatomska distribucija, P – patofiziološki nalaz). Dijagnoza HVI se utvrđuje na osnovu anamneze, kliničke slike, neinvazivnih i invazivnih dijagnostičkih postupaka.

*Terapija:* kompresija, skleroterapija, medikamentozna, hirurške procedure.

### ***Prikaz slučaja***

Pacijentkinja, 62 godine.

Tegobe su počele pre 5 godina. Prvo se javio otok, praćen bolom u potkolenicama, više desno. Kasnije, promene u vidu perutanja kože, koja je crvena, istanjena i suva.

### ***Protokol***

Primena bioptron hiperpolarizovane svetlosti:

- jednom dnevno,
- u trajanju od 8,30 min,
- na udaljenosti od 7 cm, 20 dana.

### ***Stanje pacijentkinje pre tretmana***

Pre početka tretmana pacijentkinja nije medikamentozno lečena sistemski i lokalno.

Osećaj umora, težine, bolovi, otok, crvenilo, trofičke promene kože, plavo-zelena mreža proširenih kapilara i vena.

### ***Stanje pacijentkinje posle tretmana***

Na polovini tretmana, 10. dana, uočljivo smanjenje edema i inflamacije. Na kraju tretmana, 20. dana, vidljivo smanjenje pratećih simptoma.

### ***Mehanizam dejstva HPS-a***

Kada dođe do oštećenja površinskog sloja kože, epiderma, bez oštećenja bazalne membrane, prirodni proces zarastanja oštećenja bez ožiljka je od 28 do 45 dana, u zavisnosti od godina starosti, pola i biofizičkog stanja kože pacijenta. Međutim, ako želimo da ubrzamo proces zarastanja površinskog oštećenja kože, tada pod dejstvom hiperpolarizovane svetlosti (HPS) aktiviramo: (1) kolagenska vlakna tipa VII koja preko laminina i integrina stimulišu deobu keratocita na bazalnoj membrani, (2) ubrzavamo njihov prelaz iz *stratum bazale* u *stratum spinosum*, (3) a zatim u *stratum granulosum*. Čim započne formiranje sloja *stratum granulosum* od novih ćelija, HPS počinje da deluje na (4) proces organizovanja lipida u nano slojeve, između kojih se nalazi voda kao glavni protektivni faktor uticaja spoljne sredine. Formiranjem *stratuma granulosuma* završava se proces obnove površinskog oštećenja kože. Uz dejstvo HPS-a taj proces traje od 10 do 24 dana.

**Mišljenje pacijenta**

Na početku tretmana pacijentkinja je osećala manji bol i težinu u nogama, dok je na kraju tretmana ređe osećala svrab i zatezanje kože.

**Zaključak**

Primena hiperpolarizovane svetlosti kod kožnih manifestacija hronične venske insuficijencije dala je odličan rezultat jer su se svi simptomi skoro u potpunosti povukli, što ukazuje da je ova metoda efikasnija u odnosu na očekivane rezultate drugih metoda.

**Literatura**

1. Šorić, V. Morfologija i sistematika hordata. Kragujevac: Univerzitet, Prirodno-matematički fakultet, 2002.
2. Kalezić, M. Osnovi morfologije kičmenjaka. ZUNS, Beograd, 2001.
3. Maksimović, Ž. Klasifikacija i klinička slika akutnih i hroničnih vaskularnih oboljenja. U: Osnove vaskularne hirurģije i angiologije (Ž. Maksimović i sar.), CIBID, Medicinski fakultet, Beograd, 117-123, 2004.
4. Dijagnostika i lečenje venskih oboljenja. Medicinski fakultet Beograd, Medicinski fakultet Niš, Udruženje flebologa Srbije i Crne gore, Gamzigradska Banja, 2005.

### **7.3. Dejstvo harmonizovane svetlosti na promenu EEG signala**

*Đuro Koruga, Laboratorija za biomedicinsko inženjerstvo, NanoWorld AG, Beograd*

**Uvod**

Cilj biomedicinske fotonike je da pomogne ljudima u prevenciji i održavanju funkcionalnog stanja tkiva, organa i tela. Međutim, ako je došlo do disfunkcije onda treba tu disfunkciju otkloniti, odnosno vratiti narušenu funkciju biomolekulu, tkivu, organu ili telu.

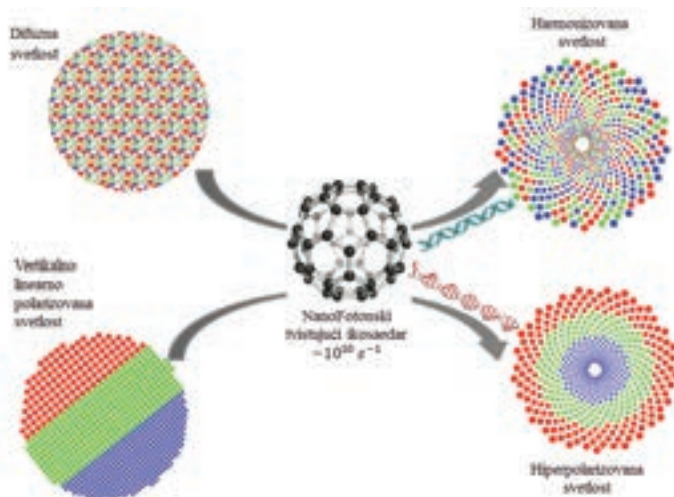
Danas se u biologiji i medicini koriste tri osnovna tipa svetlosti: difuzno, polarizovano (linearno ili cirkularno) i lasersko. O osnovnim svojstvima i primeni u medicini difuznog, linearno polarizovanog i laserskog tipa svetlosti govorili smo u šestom poglavlju. Što se tiče

cirkularne polarizacione svetlosti, njena primena je prevashodno u određivanju optičko aktivnih hromofora i sekundarne strukture proteina ( $\alpha$ -heliksa,  $\beta$ -ploče i R-„neuređene strukture“) (Campbell, 1984).

Ovaj rad se odnosi na svetlost i njen uticaj na biološke sisteme u slučajevima kada *difuzna* svetlost interaguje sa *molekulom*  $C_{60}$ , koji se nalazi u formi tankog filma (može biti i inkorporiran u polimerni materijal ili neki drugi materijal koji ima transparentnost veću od 92%). Ovakvu vrstu svetlosti smo nazvali *harmonizovana*, jer se elektromagnetna polja fotona uređuju po stepenu zakrivljenosti, ali ne kao „postrojeni vojnici“ (kao što je to slučaj kada se linerno polarizovana svetlost transformiše u hiperpolarizovanu), već se energetski raspoređuju na slučajan način (Koruga, 2008). Već smo videli kako linearno polarizovana svetlost utiče na promenu („šift“) talasnih dužina (levo i desno od 680 nm, slika 7. 1–7), što je veoma bitno za zaštitu ljudskog oka od jake plave svetlosti. U ovoj studiji istraživali smo uticaj *harmonizovane* svetlosti na ljudski mozak, u prvom redu na promenu EEG signala.



Slika 7.3–1. Većina poremećajnih stanja funkcionisanja mozga, kao što je glavobolja (levo), depresija (desno) i dr., uzrokovana je neadekvatnim otpuštanjem neurotransmitera na sinapsama ([www.headacke.com](http://www.headacke.com)).

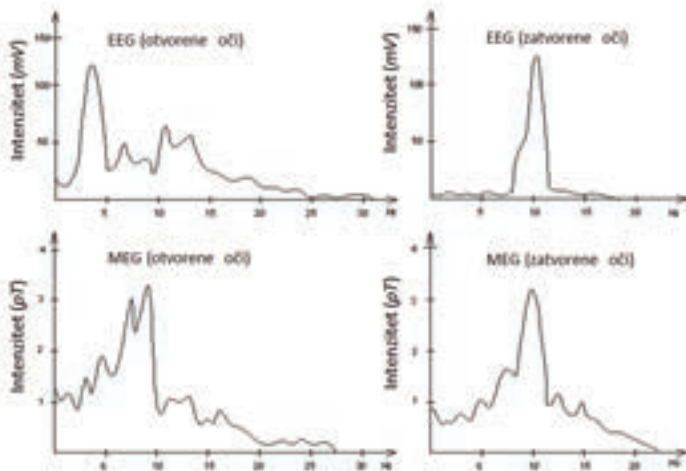


Slika 7.3–2. Prikaz sličnosti i razlika harmonizovane i hiperpolarizovane svetlosti: prva nastaje u interakciji difuzne svetlosti i molekula  $C_{60}$  koji tvistujućí rotira  $\sim 10^{10} s^{-1}$ , a druga nastaje u interakciji linearno polarizovane svetlosti i molekula  $C_{60}$  koji za 10% ima redukovanu „tvistujuću rotaciju“.

Sličnosti i razlike između harmonizovane i hiperpolarizovane svetlosti date su na slici 7. 3–2. Kod difuzne svetlosti su usmerenost, orijentacija elektromagnetnog (EM) polja fotona i intenzitet fotona proizvoljni. Kada fotoni različitih energija (talasnih dužina / frekvencija) interaguju sa molekulom  $C_{60}$ , tada se orbitalni angularni momenti orijentišu po Fibonačijevim zakonima  $[\phi, \Phi]$ , ali tako da intenziteti energija i dalje ostaju difuzno raspoređeni. Što se tiče hiperpolarizovane svetlosti, koja nastaje u interakciji sa molekulom  $C_{60}$ , orbitalni angularni momenti ( $J = L + S$ ) i energije su uređeni po intenzitetima (kod hiperpolarizovane svetlosti „pripremu“ uređenja energija po intenzitetima odradila je linearno polarizovana svetlost, jer su fotoni iste talasne dužine već „upakovani“ u ravni).

Studija je obuhvatila 12 ispitanika (volontera); tri ispitanika su snimana na VMA u Beogradu, a 9 ispitanika na Medicinskom fakultetu u Beogradu. Obrada snimljenih podataka urađena je na Biološkom institutu „Siniša Stanković“, Odeljenje za multidisciplinarna istraživanja.

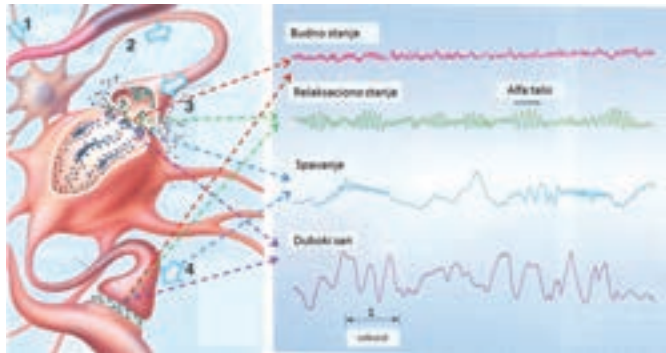
Poznato je da se EEG (električni) i MEG (magnetni) signali mozga menjaju pod uticajem dnevne svetlosti kada su oči otvorene i kada su zatvorene (slika 7. 3–4).



**Slika 7.3–4.** Svetlost ima uticaja na rad CNS-a, što se vidi na ova četiri dijagrama: kada su oči otvorene i kada su očni kapci zatvoreni. Električni (EEG) i magnetni (MEG) signali mozga rade na približno istim frekvencijama kada su očni kapci zatvoreni (glavni magnetni pik je na 9 Hz, a električni na 10 Hz), dok su različiti kada su oči otvorene: (glavni magnetni pik je na 9 Hz, a električni na 3 Hz) (Adaptirano: Kato, 2006).

Takođe je poznato da je dinamika otpuštanja neurotransmitera na sinapsama jedan od glavnih mehanizama generisanja EEG i MEG signala (slika 7. 3–5). Kakva će električna i magnetna dinamika biti uspostavljena zavisi u prvom redu od donosioca neurotransmitera na presinaptički deo neurona. Struktura koja je za to zadužena je klatrin (Fibonačijeva biomolekularna struktura, videti šesto poglavlje). Imajući u vidu da je harmonizovana svetlost po orbitalnim angularnim momentima (OAM) strukturisana po Fibonačijevim zakonima  $[\phi/\Phi]$ , studija je imala za cilj da utvrdi da li harmonizovana svetlost preko klatrina utiče na EEG signale i kako se to dešava.

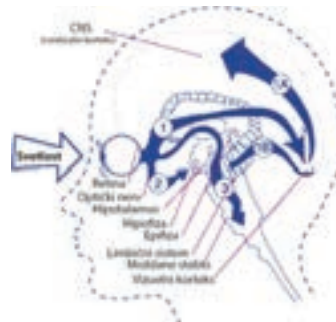




*Slika 7.3–5. Prikaz raznih formi EEG signala u budnom stanju, pri spavanju i dr., kao posljedica otpuštanja neurotransmitera na sinapsama. Proces je vrlo kompleksan i odvija se u sistemu neuronskih mreža. Mnoge disfunkcionalnosti rada mozga mogu se uočiti preko pravilnosti/izmenjenosti EEG signala (Adaptirano: Kato, 2006; Basar, 1990, Toratora, 1981).*

## **Materijal**

Osam muških i četiri ženske osobe bili su ispitanici/volonteri u ovoj inicijalnoj studiji istraživanja uticaja harmonizovane svetlosti na EEG signale. Starost ispitanika bila je između 26 i 54 godine.



*Slika 7.3–3. Svetlost preko čula vida deluje na hipotalamus, vizuelni korteks, cerebralni korteks i druge strukture CNS-a. Imajući u vidu da je regulacioni sistem jedinstven i obuhvata neuro-endokrino-imuni sistem, moguć je uticaj svetlosti preko CNS-a na endokrini i imuni sistem.*

## **Metod**

Za potrebe ove studije napravljene su nanofotonske naočare tako što je na staklo debljine 1.5 mm nanet tanak film od 100 nm molekula  $C_{60}$ . Zatim je preko tankog filma stavljeno pokrovno staklo debljine 1 mm, a obodi dva stakla su spojeni izolir trakom tako da vazduh nije mogao prodirati za izvesno vreme u prostor gde je nanet tanak film (slika 7.3-6).



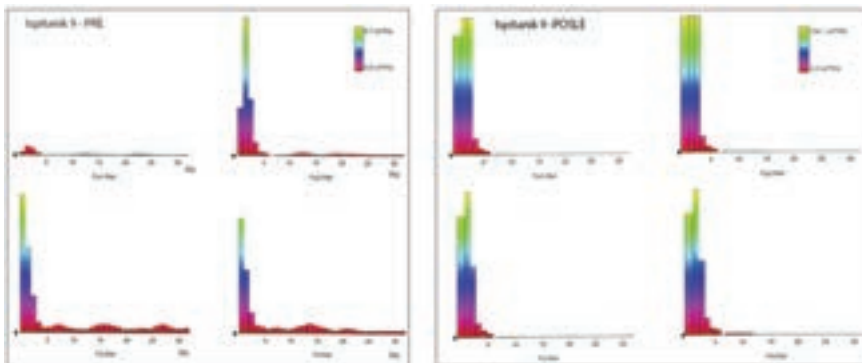


**Slika 7.3–6.** Volonteri sa naočarima (levo i desno) koje u interakciji sa dnevnom svetlošću generišu harmonizovanu svetlost. Za merenje električne aktivnosti mozga korišćen je diferencijalni EEG sistem (sredina).

Za snimanje EEG signala korišćene su četiri tačke (Fp1, Fp2, F3, F4), koje su sa EEG kapom (slika 7. 3–6, sredina) bile spojene sa aparatom i analizatorom. U ove četiri tačke intenziteti EEG signala u dobro funkcionalnim uslovima rada mozga su približno iste. Pre nego što su stavljeni naočari snimani su EEG signali u trajanju od 10 minuta, a zatim napravljeni dijagrami koji su davali srednju vrednost u tom periodu. Pod istim ambijentalnim uslovima ispitaniku su stavljeni nanofotonske naočare i snimanje EEG signala u trajanju od sledećih 10 minuta je nastavljeno u kontinuitetu. Na osnovu snimljenih podataka izračunate su srednje vrednosti za sva četiri mesta, za ovaj period snimanja.

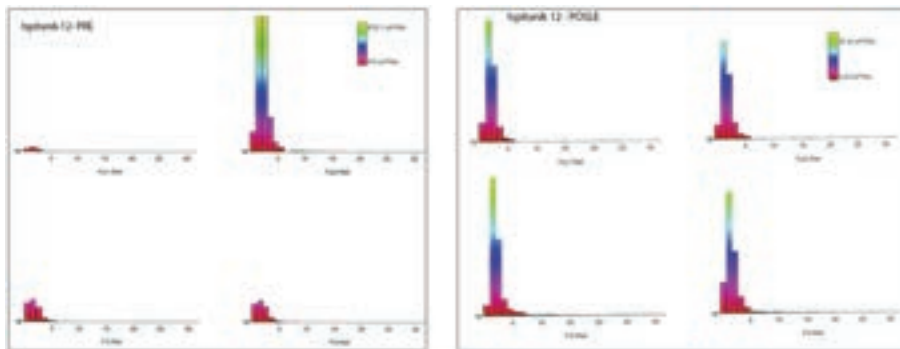
## Rezultati

Kod svih ispitanika došlo je do promena u EEG signalima. Na slikama 7. 3–7 i 7. 3–8 prikazana su dva karakteristična slučaja. Kod prvog slučaja signal Fp1 nije bio adekvatan po intenzitetu u odnosu na ostala tri signala. Posle deset minuta intenzitet signala Fp1 dostigao je zadovoljavajuću vrednost. Takođe su i ostala tri signala (Fp2, F3, F4) poboljšana, a posebno signal Fp2.



**Slika 7.3–7.** Primer EEG signala kod jednog od 9 ispitanika sa elektrodama postavljenim na pozicijama Fp1, Fp2, F3, F4 „kape mozga“: (levo) pre početka tretmana i (desno) 10 minuta posle izlaganja dnevnoj svetlosti.

Drugi slučaj je drastičniji: u početku tri signala nisu bila zadovoljavajuća (Fp1, F3 i F4), da bi posle tretmana došlo do njihovog poboljšanja, odnosno do funkcionalnijeg rada moždanih struktura.



*Slika 7.3–8. Primer EEG signala kod jednog od 9 ispitanika sa elektrodama postavljenih na pozicijama Fp1, Fp2, F3, F4 „kape mozga“: (levo) pre početka tretmana i (desno) 10 minuta posle izlaganja dnevnoj svetlosti.*

Mehanizam dejstva harmonizovane svetlosti na promenu EEG signala objašnjavam dejstvom preko vizuelnog korteksa na klatrin, koji ima istu strukturalnu (ikosaedrasku) matricu kao i harmonizovana svetlost.

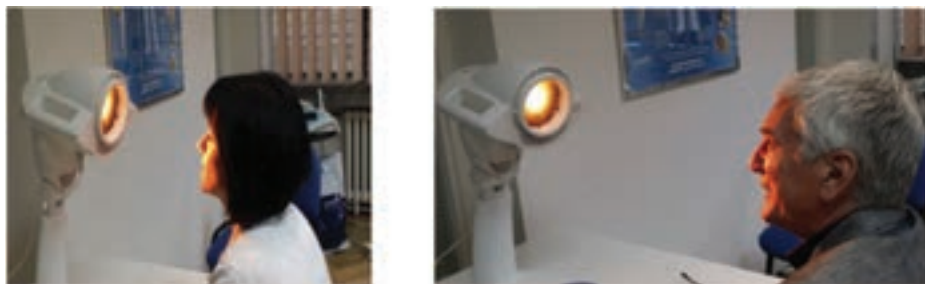
Pored toga, istraživanja sprovedena u SAD od strane vodećih psihijatara ukazuju na to da celokupni ljudski mozak funkcioniše po principu Fibonačijevog zakona  $\Phi$  (Tononi, 2012). Giulio Tononi je profesor na Viskonsinskom univerzitetu (the University of Wisconsin, USA) i jedan je od vodećih istraživača fenomena svesti. Sarađivao je sa Džeraldom Edelmanom (Gerald Edelman), dobitnikom Nobelove nagrade za fiziologiju i medicinu 1972. godine iz oblasti imunog sistema.

## Diskusija

Dobijeni preliminarni rezultati snažno sugerišu da se pomoću harmonizovane svetlosti može delovati na rad mozga, i to tako da dolazi do regulisanja otpuštanja neurotransmitera na sinapsama. Imajući u vidu da su se pokazali dobri rezultati u tretmanu psorijaze hiperpolarizovanom svetlošću, bilo bi neophodno organizovati studiju u kojoj bi se preko čula vida hiperpolarizovanom svetlošću delovalo na mozak (slika 7. 3–9), i to istovremeno dok se drugim aparatom deluje na regiju gde se pojavila psorijaza. Ovo ima opravdanja, jer psorijaza je pored organskog porekla oboljenja uzrokovana i psihosomatskim faktorima. Džerald Edelman smatra da ne funkcioniše samo mozak po zakonu „ $\Phi$ “ nego i čitav ljudski organizam. Njegovo gledište je prevashodno sa informacionog stanovišta, jer je u centru izučavanja fenomena svesti – informacija.

Još jedan rad ukazuje na to da mozak funkcioniše po Fibonačijevim zakonima (Weiss, 2002). U tom radu se iznosi stav da se princip kodiranja informacija u mozgu bazira na

Fibonačijevom zakonu  $\Phi$ , i da je to karika koja nedostaje između psihometrijskog merenja inteligencije i spoznaje. Metrika moždanih talasa, navode autori, može uvek da se prikaže kao superpozicija  $n$  harmonika pomnoženo sa  $2\Phi$ , gde polovina od osnovnog stanja predstavlja upravo  $\Phi$  ( $= 1,618$ ) i ima značenje rezonantne tačke. Ovakve serije talasa predstavljaju bifurkacione procese koji se javljaju u radu mozga kao „determinističkog haosa“ (Basar, 1990), jer je  $2\Phi = 3 + \phi^3$ . Imjući u vidu da je  $\Phi^2 + \phi^2 = 3$  (osnova tvistujućeg torusa  $C_{60}$ ), to funkcionisanje mozga kao sistema koji radi u domenu „determinističkog haosa“ može biti korigovano (dovedeno u ispravno stanje pod dejstvom harmonizovane i hiperpolarizovane svetlosti).



*Slika 7.3–9. Volonteri ZEPTEK Medical i ZEPTEK International isprobavaju subjektivni osećaj dejstva hiperpolarizovane svetlosti preko čula vida.*

## Zaključak

Rezultati inicijalne studije uticaja harmonizovane svetlosti (dejstva difuzne svetlosti na molekul  $C_{60}$ ) na EEG signale, na 12 ispitanika, nedvosmisleno ukazuju na promenu signala. Sve ukazuje na to da se mehanizam dejstva ostvaruje preko Fibonačijevih struktura: orbitalni angularni momenti fotona i klatrin u mozgu imaju istu simetriju. Ovo je klasičan primer kako se ostvaruje princip „structured light meets structured matter“ koji su istraživači predvideli još pre nekoliko godina (Lichthiner, 2012).

**Zahvalnost:** Zahvaljujem prof. dr Nikoli Ilankoviću i njegovim saradnicima sa Medicinskog fakulteta u Beogradu i VMA na pomoći oko merenja EEG signala. Zahvalnost izražavam i saradnicima Biološkog instituta „Siniša Stanković“ na pomoći u obradi EEG signala. Ljubomir Latinović je dao značajnu podršku studiji i bio jedan od njenih učesnika (u statusu ispitanika). Posebnu zahvalnost dugujem volonterima/ispitanicima, koji su bili studenti master, specijalističkih i doktorskih studija na Beogradskom univerzitetu. Posebno se svojim radom na ovoj studiji istakao Željko Ratkaj.

## ***Literatura***

1. Basar, E., Chaos in Brain Function. Springer-Verlag, Berlin, 1990.
2. Berne, M.R., Levy, N.M., Physiology. Mosby, St.Louis, 1998.
3. Campbell, I.D., Biological Spectroscopy. The Benjamin, Menlo Park, 1984.
4. Kato, M. (ed), Electromagnetics in Biology. Springer,Tokyo, 2006.
5. Koruga, Dj., Apparatus for Harmonizing Light. Patent US 2008/0286453 A1, Published Nov. 20, 2008.
6. Licthminster, M.N., Structured Light Meets Structured Matter. *Science*, Vol. 337, pp. 1054-1055, 2012.
7. Tononi, G., PHI: A Voyage from the Brain to the Soul. Pantheon Books, New York, 2012.
8. Tortora, G.J., Anagnostakos, Principles of Anatomy and Physiology. Harper&Row, New York, 1981.
9. Weiss, H., Weiss, V., The golden mean as a clock cycle of brain waves. *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 18, issue 4, pp. 643-652, 2003.





EPILOG





## 8.1. Fenomen vremena i biološko vreme

Čini se da naučnici idu tamo gde su pesnici već bili. Ova Geteova misao je toliko fundamentalna da se moramo u nauci pozabaviti onim što se nalazi pred nama: prirodom i njenim zakonima, ali i tehnikom koju je stvorio čovek u interakciji sa prirodom.

Oruđe nauke je jezik matematike, a alat kojim izučavamo prirodu i stvaramo tehniku je svet brojeva i brojevnih sistema. Zato postoji veliki konsenzus među filozofima da *tehnika* najozbiljnije postavlja pitanje *šta je čovek* (Burger, 1979). Teško je ne složiti se sa misliocima koji promišljaju stvarnost i kažu da se moderna civilizacija otisnula u „prostor i vreme, i prepustila se kretanju“, pri čemu je došlo do „denaturisanja vremena“, jer se ono odvojilo od čovekovih organskih i prirodnih promena, kao što su budnost i spavanje, ili, u prirodi, izlazak i zalazak sunca, i pretvorilo se u mašineriju koju je stvorio *časovnik*. Smatra se da je prvi moderni sat napravljen 1370. godine u Parizu i da je od tada „večnost prestala da bude *mera* i *žarište* ljudskog bitisanja“, koje se pre svega ogleda u stvaralaštvu. Zato mnogi filozofi smataju da je *sat*, a ne *parna mašina*, glavni pokretač modernog industrijskog doba.

Ovo je „hodanje po žici“ našeg osvešćenja, koje prati eho misli Svetog Avgustina (hrišćanskog sveca i filozofa iz 4. veka): „mi ne živimo u vremenu, mi smo sazdana od vremena“. Dakle, u oba slučaja (prostor–vreme i denaturacija vremena) radi se o *scenariju* i usaglašavanju činilaca koji ga u stvarnosti obrazuju: *masa*, *energija*, *informacija*, *organizacija* i *upravljanje*. U pristupu koji smo izneli u drugom poglavlju, *prostor* i *vreme* su jedinične sfere ( $C_{\text{prostor}}^{C_0} = 0!$ ,  $C_{\text{vreme}}^{C_0 r^0} = 1$ ) (videti tabelu 2.2, vrednosti jedinične sfere  $C_0$  i zapremine  $V_0 = C_0 r^0$  za  $N = 0$ ), čija pakovanja daju kôd (informacioni, smisleni sadržaj), i utkane su u svih pet navedenih atributa stvarnosti. Drugim rečima, naš pristup izučavanju univerzuma, pa i čoveka, kao 3D prostora u kome se događaji odvijaju u vremenu, posledica je „denaturisanog vremena“ koje se odvija u našem biću. Zbog doživljaja vremena kao „denaturisanog“ entiteta mi događaje vidimo kao „strelu vremena“ (sukcesivne događaje, koji se dešavaju jedan za drugim – proces u takvom vremenu je ireverzibilan). Nauka ne definiše vreme jasno, ne definiše ga niti objašnjava njegove osobine, drugim rečima, „najčešće ga koristi kao intuitivno jasan pojam“ (Gruyitch, 2006).

Da bismo približili čitaocu fenomen „denaturisanog vremena“ poslužimo se primerom iz biologije. Uzmimo bilo koji protein, recimo  $\alpha$ -tubulin, u čiji sastav ulazi

450 amino-kiselina. To je struktura ( $4 \times 3 \text{ nm}$ ), nalik na ragbi loptu (ili, na nano nivou, na molekul  $C_{70}$ ). Drugi, možda još i očigledniji primer je klatrin, koji je biološki analogon molekulu  $C_{60}$ . U oba slučaja, kada se S-S kovalentne veze i međumolekularne nekovalentne veze pokidaju, dobija se jedna linearna struktura amino-kiselina (ispravnije je reći linearni niz peptidnih ravni i bočnih amino-kiselinskih grupa), pa kažemo da je protein u denaturisanom stanju. Ali treba imati u vidu da je čin nastanka svakog proteina proces denaturacije DNK (dvostruki heliks se razgrađuje, pa od jedne niti DNA nastaje mRNA, od nje rRNA koja uz sadejstvo tRNA dovodi amino-kiselinu do ribozoma i formira se proteinski lanac). Ako je u DNK sadržana „šifra“ biološkog bića (proteini su samo jedan deo „druge strane“ DNK, kao kruna/pismo), onda bi bilo interesantno analizirati DNK sa aspekta njene denaturacije u mRNA i svetlost. U procesu denaturacije dvostrukog heliksa DNK u jednostruku nit mRNK jedan od glavnih događaja je dodavanje vode novonastaloj denaturisanoj niti od DNK. Pored toga, treba imati u vidu da je voda okruženje u kome se nalaze DNK i mRNA, tako da je potrebno analizirati strukturu i dinamiku DNK, mRNK i vode.

## 8.2. Biološki sistemi kao svetlosna bića

Ako posmatramo DNK sa ovog aspekta tada vidimo da „denaturacija“ znači rasplitanje hromozoma od složene 3D forme (slika 8.1, poz. 6) koju vidimo pod mikroskopom (veličine  $6 \times 1,5 \mu\text{m}$ ), pa sve do dvostrukog heliksa, kao kvazi 1D forme (slika 8.1, poz. 1). Dvostruki heliks je dužine oko  $1 \text{ m}$  ( $10^9 \text{ nm}$ ), a prečnika svega  $2 \text{ nm}$  (kada je jedna dimenzija milion/milijardu puta veća od druge, onda se takva struktura u nekom od prostora  $N$  naziva kvazi- $N$ -dimenzionalni objekat).

Brzina svetlosti definisana preko električne permitivnosti  $\epsilon_0 = 8,85418 \times 10^{-12} \text{ (F}\cdot\text{m}^{-1})$  i magnetne permeabilnost  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N / A}^2 \approx 1,25663 \times 10^{-6} \text{ (H/m)}$  data je za vakuum izrazom

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad \text{pa je} \quad c_0 \times \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 1 \quad (8.1)$$

pri čemu je

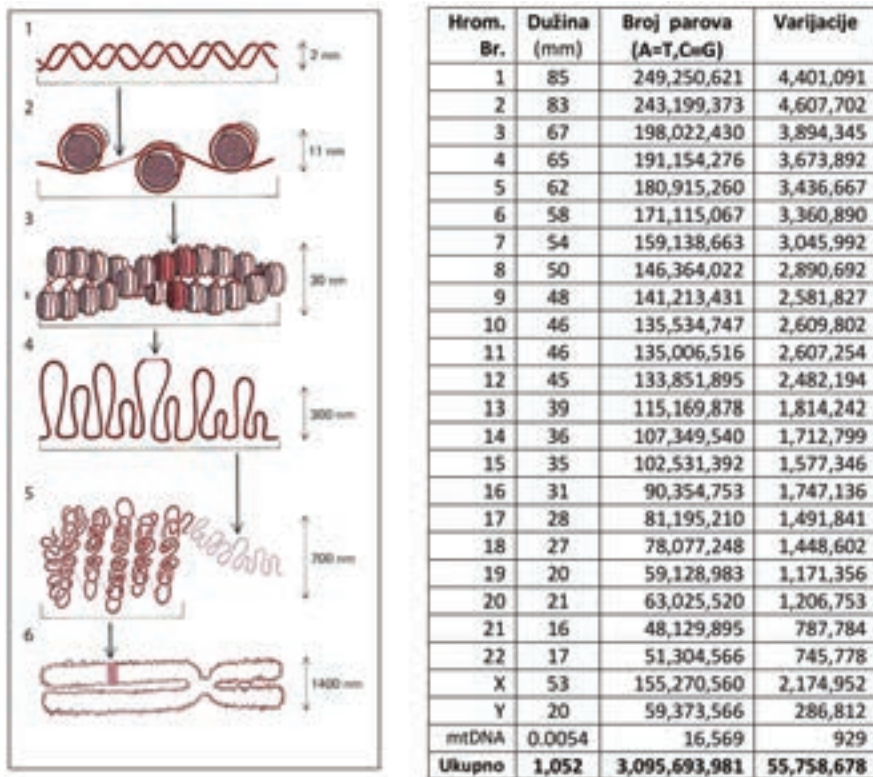
$$\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = \sqrt{8,854 \times 10^{-12} \times 1,257 \times 10^{-6}} = \sqrt{11,22 \times 10^{-18}} = 3,35 \times 10^{-9} \text{ (s/m)} \quad (8.2)$$

pa je

$$c_0 \times \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = (2,99 \times 10^8) \times (3,35 \times 10^{-9}) = 1 \quad (\text{m/s} \times \text{s/m} = 1). \quad (8.3)$$

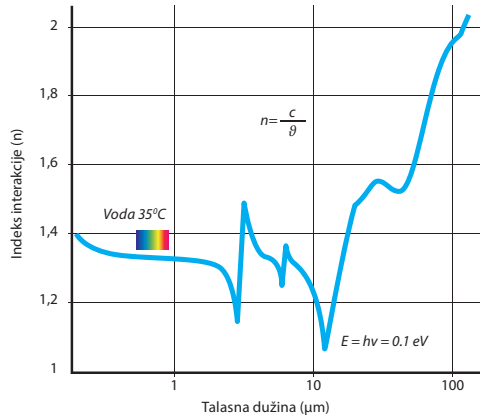
Kao što kod brzine (m/s) imamo prostornu promenu pozicije materijalne tačke u vremenu, tako kod scenarija (s/m) imamo vremensku promenu scene u prostoru. Ako (i samo ako) su nosioci informacionih procesa u biološkim sistemima neposredno jedinstvo

elektromagnetizma i materije tada će osnovni elementi kodogenih struktura (DNK – nukleotidi, proteina – peptidne ravni i biološke vode – molekul vode) biti nosioci scene u biofizičkom scenariju. Drugim rečima, svaki nukleotid u DNK biće nosilac scene. Znači, koliko imamo nukleotida toliko imamo scena u scenariju. Kada bi svetlosno biološko biće egzistiralo u vakuumu onda bi ono trebalo da ima  $3,35 \times 10^9$  nukleotida. Međutim, to nije slučaj, jer svetlosno biološko biće (čovjek) egzistira u vodi (čovjek je 65%–70% voda) pa je potrebno izvršiti korekciju prostiranja svetlosti u biološkoj vodi (temperature 37 °C). U šestom poglavlju pokazali smo da voda na temperaturi 37 °C i voda u „water bridge“ na 25 °C imaju iste spektroskopske karakteristike u domenu 10–14 μm (Fuchs, 2012). Ako uzmemo talasnu dužinu od 12 μm tada vidimo da je indeks refrakcije ( $n = c/\vartheta$ ) 1,08, a ne 1,33, kao za običnu vodu na 25 °C (slika 8. 2).



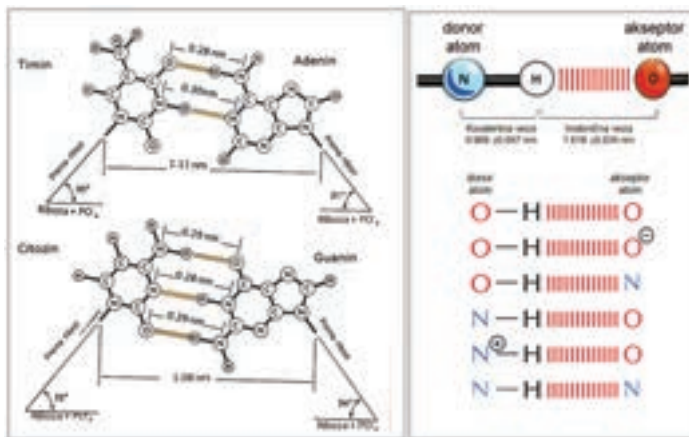
Slika 8.1. Hijerarhijska organizacija strukture DNA (od dvostukog heliksa „1“ do hromozoma „6“) (levo) i dužina, broj parova i varijacija u hromozomu u ljudskom genomu (desno) (preuzeto i preuređeno: Alberts, 2002, i Human Genome Landmarks, 2009).

Kada se izvrši korekcija od „vakuumnog elektromagnetizma“ na „vodeni elektromagnetizam“, tj. izvrši se korekcija refrakcionog indeksa, tada dobijamo da je broj nukleotida  $(3,35 \times 10^9)/1,08 = 3,10 \times 10^9$  nukleotida, što se za 99,83% slaže sa brojem nukleotida u ljudskom genomu (muški pol).



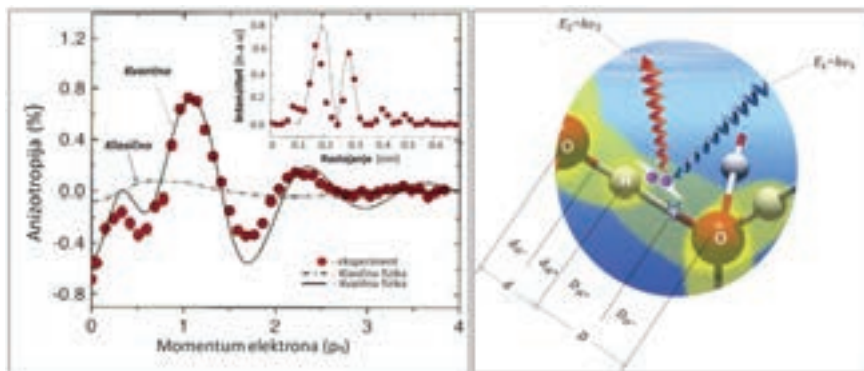
**Slika 8.2.** Indeks refrakcije vode na 37 °C sa karakterističnim pikovima na 2,85 μm, 3,3 μm, 5,8 μm, 6,2 μm i 12 μm. Pikovi 2,80/3,30 su važni za vodonične veze molekula vode, dok je na 12 μm važan za povezivanje nukleotida A = T i C ≡ G. Za interakciju vode i DNK (fosforne grupe i jona), spoljna strana interakcije je na 110 μm, pa je indeks refrakcije n = 2. Svetlost se duplo sporije prostire kroz spoljni deo DNK (fosfor, riboza), nego kroz osu DNA (centralnu simetralu), koja pod pravim uglom preseca dvostruke (A = T) i trostruke (G ≡ T) vodonične veze.

U tabeli (slika 8. 1, desno) je dat broj nukleotida od 3.095.693.981 za muškarce, jer je računato za 22 hromozoma, plus X i Y hromozomi. Kako ženski pol ima dva X (XX) hromozoma, dobijamo 3.191.590.975 nukleotida, pa je slaganje sa izračunatim 97,2%. Energija fotona za najbolju interakciju svetlosti i DNK (u vodi i na temperaturi 37 °C) iznosi 0,1 eV (λ = 12 μm), što je za oko 10 puta manje od energije vidljive svetlosti.



**Slika 8.3.** Povezanost nukleotida A = T sa dve vodonične veze (levo) i C ≡ G sa tri vodonične veze koje osciluju između donora i akseptora (desno), menjajući rastojanje u datim granicama. Postoji 6 osnovnih tipova vodoničnih veza koje povezuju donor i akseptor u DNK (modifikovano: Alberts, 2002).

Poznato je da nukleotidi DNK (A, T, C, G) u vidu tripleta (ATT, GAC, itd.) kodiraju 20 amino-kiselina koje ulaze u sastav proteina, pa je kôdni sistem dat kao  $4^3 = 64$  kodona. Međutim, manje je poznato da je navedeni kôd obostrano jednoznačan sa genetskim kôdom  $2^6 = 64$ , do koga su istraživači došli kasnije (Doolittle, 1981, Swanson, 1984, Račkočević, 1998).



**Slika 8.4.** Poređenje klasičnog i kvantnog pristupa vodoničnim vezama sa eksperimentalnim rezultatima (levo). Slaganje eksperimenta i kvantne fizike je veoma dobro. Eksperiment pokazuje da sa aspekta kvantne mehanike može biti više vrednosti dužine vodonične veze, ali da su dve vrednosti dominantne: 0,16 nm i 0,28 nm (Isaacs, 1999) (desno). Odnosi rastojanja (oscilovanja) nekovalentne vodonične veze ( $D_{H+}$ ) sa vrednostima rastojanja koja postoje kod atoma donora i akceptora (uprediti sa slikom 8. 3, desno).

Kada se uzme u obzir da postoji klasični binarni kôd DNK, da postoji šest tipova vodoničnih veza i da je vodonična veza kvantno-klasična (a ne samo klasična, kako se do nedavno smatralo), onda se može napisati da je sinergetski DNK kôd  $2^6(2^{6+1} - 1) = 8.112$  (Koruga, 2012). Ovaj rezultat ukazuje da DNK ne samo da kodira amino-kiseline već kodira i ono što se nazivalo u molekularnoj biologiji „junk“ (93%), a u stvari kodira regulacione procese u organizmu. To kodiranje se ostvaruje na bazi sadejstva klasičnog hemijsko-fizičkog koda ( $4^3 = 64 = 2^6$ ) i kvantnog kôda ( $2^{6+1} - 1 = 127$ ).

Dakle, DNK je kodogena masa koja ima kodogeno elektromagnetno polje na bazi nekovalentnih vodoničnih veza. Struktura tog polja je definisana trostrukim i dvostrukim vodoničnim vezama ( $3/2 : [\equiv]/[=]$ ). Postoje indicije da je ovo strukturalno ustrojstvo povezano sa strukturalnim ustrojem dimenzije  $N = 0$ , čija je dimenzionalnost  $3/2$  (drugo poglavlje, tabela 2.2). Ovo snažno sugeruje da se dimenzija  $N = 0$ , sa informacionog aspekta, realizuje u biološkim sistemima preko DNK, proteina i vode, kao entiteta koji su, iako su materijalne prirode, u neposrednom odnosu sa svetlošću pod određenim uslovima: „structured light meets structured matter“.

Ova saznanja o DNK daju informaciji prednost u odnosu na masu, energiju i druge kovencionalne pojmove klasične i kvantne fizike. Misao koja je na putu kodogonom prostrvremenu u nama je izreka Viktora Igoa da „ništa nije snažnije od ideje kojoj je došlo vreme“. Sa aspekta nauke, reklo bi se da je vreme došlo, jer kao što smo to naveli u trećem



poglavlju, jedan od vodećih matematičara-fizičara današnjice Rodžer Penrouz pokazao je na bazi univerzalnih fizičkih konstanti ( $G$ ,  $h$ ,  $c$ ) da u našem sistemu nauka nedostaje jedna nauka, koja objedinjava i prevazilazi klasičnu i kvantnu fiziku.

Prvi vesnik *informacione fizike* je svakako Šredinger, jer je još 1943. godine u knjizi *What is Life? Mind and Matter* rekao da su hromozomi (DNK) aperiodični kristal. Drugim rečima, on je anticipirao „kodogenu masu“ u kojoj je sadržana informacija, kao razliku od obične mase u kojoj kodogena informacija ne postoji (Schrödinger, 1943). Čak ni posle 50 godina, na skupu eminentnih osam naučnika iz ove oblasti nije se mnogo odmaklo, ali svi su bili saglasni da je *potrebna nova nauka* da bi se razumeo fenomen života (Murphy, M.P. and O'Neill, 1995). Ta nova nauka je upravo ona koju je uočio Penrouz, a jedan od „tronožaca“ te nauke je Šredingerova mačka, koja nas vodi stazom kvantnog stanja materije, ne samo na bazi energije, već još nečega čega zvanično nema u fizici.

Vesnik tog novog, u formi *informacione fizike*, a na plećima Šredingera i Šenona, jeste Vlatko Vedral, koji je u knjizi *Decoding Reality: The Universe as quantum information*, 2010. godine (izdanje na srpskom, 2014), kao što to sam naslov kaže („dekodiranje“ stvarnosti), stavio informaciju (kvantnu informaciju) kao jedan od osnovnih fizičkih entiteta. Njegov pristup *informacionoj fizici* je preko Šenonove teorije informacija i entropije. U epilogu svoje knjige autor, pored ostalog, kaže: „...sve u našoj stvarnosti sazdano je od informacije... informacija se može stvoriti iz praznine... sagledavanje stvarnosti kao informacije vodi nas tome da prepoznavamo dva suprotstavljena trenda ...zakoni prirode su informacije o informacijama i izvan njih postoji samo tama...“ (Vedral, 2010).

### 8.3. Fenomen punog meseca

Šta je tama u prirodi u odnosu na informaciju i svetlost? Koje je to fundamentalno svojstvo prirode? Na osnovu današnjih naučnih saznanja to jedino može biti gravitacija (a sa njom povezane tamna masa i tamna energija). Ali gravitacija nam je do sada bila „kriva“ ako smo bili neoprezni ili šeprtlje, pa pali i isčabili nogu ili zadobili neku povredu. Doduše, „grdili“ smo je i kada se pojavi pun mesec na nebu, jer tada neke osobe postaju veoma razdražljive i narušavaju „harmoniju“ življenja, odnosno stvaraju „pozorište u kući“. Taj fenomen, fenomen punog meseca i njegovo dejstvo na neke (ne sve) ljude, realno postoji, a do sada nismo uspeli na adekvatan način da ga objasnimo. Obično se ovaj fenomen, sa aspekta nauke, tretirao kao „nenaučni“, jer se polazilo od stanovišta da je gravitacija odgovorna za to, a kako je masa Meseca ista bio on pun ili mlad, to je onda svaki razgovor na tu temu bio bespredmetan. Ali oni koji žive svakodnevno sa osobama koje su osetljive na pun mesec znaju da fenomen postoji.

Kao što vam je poznato, nauka za sada nema objašnjenje ovog fenomena, pa su ljudi punom mesecu pripisivali mistična svojstva. Ključno pitanje je: zašto Mesec utiče samo na neke, a ne na sve osobe onda kada je „pun“? Odgovor na ovo pitanje nije se mogao naći zato što se problem, kao što smo to već rekli, posmatrao u domenu klasičnih gravitacionih uticaja Meseca na ljudski organizam. Međutim, priroda uticaja je

kompleksnija, a u osnovi dejstva su *fizički* informaciono-kvantni fenomeni prirode i *biofizičke* kvantno-informacione osobine ljudskog organizma.

Fizički, fenomen punog meseca nije samo gravitacione prirode, nego i svetlosne prirode, jer drastična fizička promena kod punog meseca podrazumeva njegovu osvetljenost od Sunca, odnosno maksimalnu reflektovanu i rasejanu svetlost koja stiže do površine Zemlje. Ako uzmemo da rana zora ima osvetljenost 1 *lux*, tada dnevna svetlost vedrog dana na Zemlji ima oko  $10^4$  *luxa*, odnosno oblačan dan oko  $10^2$  *luxa*. Međutim, vedra noć sa punim mesecom ima  $10^{-1}$  *luxa*, a oblačna noć sa punim mesecom oko  $10^{-2}$  *luxa*. Treba imati u vidu da najveći uticaj na čoveka ima Mesečevo rasejano i reflektovano blisko infracrveno zračenje talasnih dužina od 770–1.000 nm koje dobro prodire kroz očne kapke i onda kada su oči zatvorene.

Biofizički fenomen kod hipersenzitivnih osoba sastoji se u stepenu osetljivosti na električne i magnetne uticaje. Svetlost, kao elektromagnetni talas, u sebi sadrži električnu i magnetnu komponentu. Električna sila valentnih elektrona generalno, pa i kod struktura u retini oka i mozgu odgovornih za prijem i obradu svetlosnog signala, veća je od magnetne  $10^4$  puta. Ako je *primarni* prijem svetlosnog signala u oku i njegova obrada u mozgu elektromagnetna, što je u ogromnoj većini slučajeva, dobijena svetlost od Meseca nema bitnog uticaja. Međutim, ako je primarni prijem i obrada svetlosnog signala magnetnoelektrična (inverzna), tada se osetljivost povećava za  $10^4$ , pa će dodatna osvetljenost mesečevom svetlošću za vreme oblačne noći sa punim mesecom imati efekat na lučenje serotonina (odnosno, regulacioni mehanizam serotonin/melatonin) kao da imamo oblačan dan (njihova razlika  $10^2$  i  $10^{-2}$  u osvetljenosti je  $10^4$ , kao i odnos vrednosti električne i magnetne komponente valentnih elektrona). Pojednostavljeno rečeno, hiperzenzitivnost je posledica inverznog rešenja prijema i obrade električne i magnetne komponente svetlosti u biološkim strukturama, što se može objasniti pomoću oscilatornih procesa u rešetki biomolekularnih (kristala) struktura kao što je klatrin (odgovoran za otpuštanje neurotransmitera na sinapsama). Taj fenomen je poznat kao princip Mebijusove trake. Dakle, traka koja je imala dve površine, sada ima samo jednu? Ali sa fenomenom punog meseca nameravali smo samo da isteramo „liscu“ iz grma, a ono, na naše veliko iznenađenje, pojavio se i „medved“. Svetlost i gravitacija (foton i graviton) mogu da se kupluju preko Mebijusove trake ako su po njoj „hodale“ Šredingerova i Fibonačijeva mačka. Da bismo ovo pojasnili i objasnili (pojavu „medveda“ i „liscu“) moramo se vratiti fenomenu vremena (koje je utkano u naše biološke strukture pod gravitacionim dejstvom okruženja).

Jedan obrt Zemlje je podeljen na 24 dela (zašto?), tako da  $1/24$  jedinica u sebi sadrži manju jedinicu koja je 60 puta manja od nje, i  $1/1.440$  je od jednog obrta, spina Zemlje (zašto?), a ova nova jedinica je podeljena na 60 manjih jedinica i  $1/86.400$  je od obrta Zemlje (zašto?). Na osnovu onoga što znamo možemo reći da je *spin* Zemlje podeljen na *dva dela*, par *tama-svetlo*, tj. *noć-dan*, kao  $12 + 12 = 24$  jedinice koje nazivamo *čas*. Sada dolazi ključni trenutak: ako su zakoni simetrije fundament prirode, onda simetrijska struktura ikosaedarskog klatrina koji je odgovoran za informacione procese u mozgu (otpuštanje neurotransmitera na sinapsama), i njegovog duala dodekaedra (po kome klasteriše biološka voda), ima smisla, jer i jedan i drugi imaju po 12 pentagona, pa pored prostornog imamo i *temporalni ikosaedarski sistem* u nama. Manja jedinica

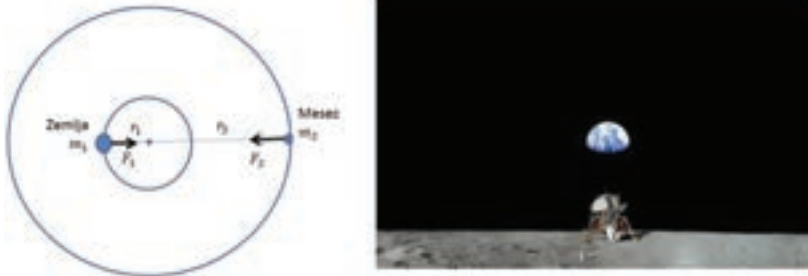


ovako dobijene jedinice je 60 puta manja od časa i nazivamo je *minut*, a 60 puta manja od minuta je *sekund*. Otkuda sada 60, i to dva puta?!

Iz istorije znamo da smo sistem računanja *vremena* nasledili od drevne sumerske civilizacije. Kako su stari Sumeri uopšte došli do ovakvog sistema (koji mi ne menjamo iako u istoriji pokušavamo sve da promenimo)? Jedan od mogućih, i najverovatnijih, razloga je taj da je ovaj sistem *utkan* u nas preko prirodnih dejstava, odnosa i ritmova, koji su kao fizički postali biološki, i da su Sumeri, u ono vreme, iskazali sistem na čijim smo osnovama i mi sami sazđani. Treba imati u vidu da stanje ljudske svesti tada i danas nije isto. Danas smo *homo techiquis* (otrgli se od prirode, stvaramo mašine, tehnička sredstva), a pre je čovek, u ranim civilizacijama, bio mnogo više vezan za prirodu (*homo naturalis*). To je slično odnosu majka-dete: prvih šest meseci dete je potpuno vezano za majku, a tek kasnije se osamostaljuje. Možemo reći da su i rane civilizacije bile mnogo više vezane za prirodu nego što mi to danas i pretpostavljamo.

Koji su to prirodni fenomeni (ritmovi) koji mogu proizvesti fenomen „60“? Najbliže objašnjenje daje gravitaciono sadejstvo Zemlja–Mesec.

Ne kruži Mesec oko Zemlje, kako se obično misli (i kaže u svakodnevnom životu), nego se sistem Zemlja–Mesec, kao dvojac, kreće oko zajedničkog centra koji se zove baricentar. Kada je Mesec u zenitu, baricentar je udaljen od centra Zemlje  $4.467 \pm 460$  km, ili od površine Zemlje  $1.904 \pm 460$  km ka centru Zemlje. Poluprečnik Zemlje je 6.378 km, masa  $5.972 \times 10^{24}$  kg, Mesečev poluprečnik je 1.738 km, masa  $7,34 \times 10^{22}$  kg, a srednja udaljenost Meseca od Zemlje je 384.400 km.



**Slika 8.5.** Dvojac Zemlja–Mesec sa osnovnim elementima za gravitacionu interakciju (levo), pogled na Zemlju sa Meseca (desno) snimljen za vreme kosmičke ekspedicije Apollo 11, 20. jula 1969 (NASA: [www.nasa.gov/mission\\_pages/apollo/apollo11.htm](http://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/apollo11.htm)).

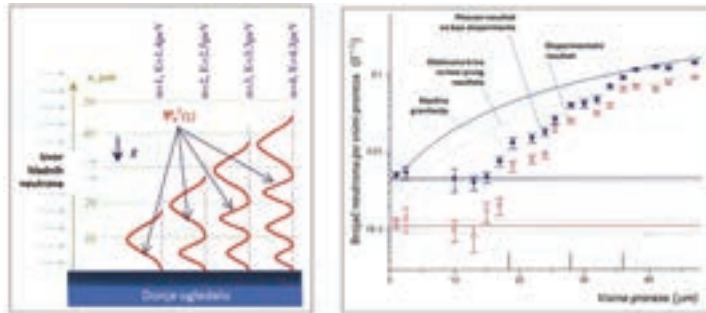
Kako su centripetalne sile  $F_1$  (Zemlje),  $F_2$  (Meseca) jednake sa gravitacionim silama između Zemlje i Meseca ( $F$ ), to važi relacija  $F_1 + F_2 = F$ , odnosno  $m_1 r_1 \omega^2 = m_2 r_2 \omega^2 = F$ . Imajući u vidu da je centripetalno ubrzanje Meseca isto ono koje daje Mesecu sila gravitacije, to je  $F = m_2 g_2$ , što na kraju dovodi do rešenja da je:

$$g_2 = \frac{1}{60^2} g, \quad (8.4)$$

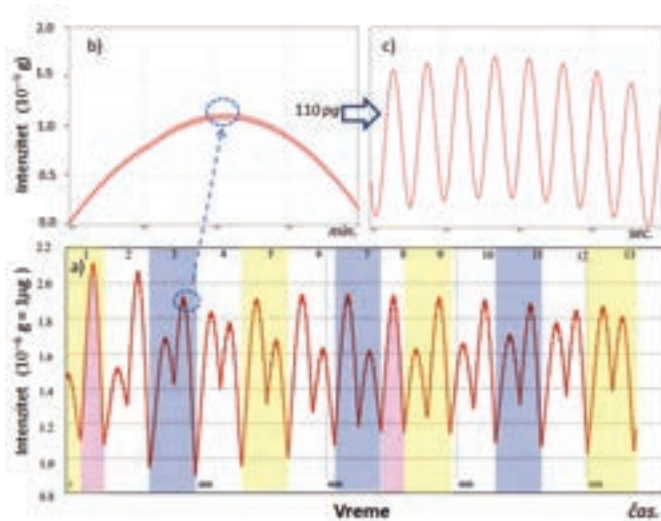
gde je  $g$  ubrzanje teže na površini Zemlje. Ovo proizlazi iz činjenice da je srednje rastojanje između Zemlje i Meseca 60 puta veće od poluprečnika Zemlje (prosečno

384.400 : 6.378 = 60,2) Drugim rečima, ritam prirode ugradio je svoju „vremensku skalu“ i svoj vremenski ritam u nas sa prosečnom tačnošću 99,66%.

Eksperimentalno je pokazano da je gravitaciono polje Zemlje kvantovano, što otvara sasvim nove mogućnosti za razmatranje mnogih fenomena, uključujući i biološki život na Zemlji. Eksperiment je izveden u Grenoblu sa hladnim neutronima i pokazano je da prvo kvantno gravitaciono stanje neutrona iznosi 110 pg, što odgovara energiji od  $E_1 = 1,4$  peV, drugo kvantno stanje  $E_2 = 2,5$  peV, treće  $E_3 = 3,3$  peV i  $E_4 = 4,1$  peV (slika 8. 6) (Nesvizhevsky et al., 2002).



Slika 8.6. Grenoble eksperiment: rezultati eksperimenata pokazuju da je gravitaciono polje Zemlje kvantovano (Nesvizhevsky et al., 2002).

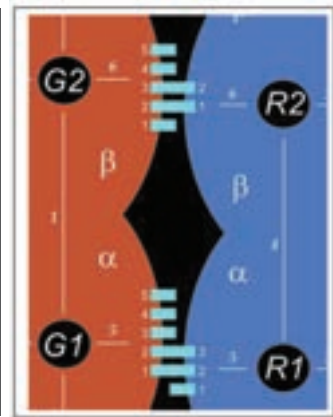


Slika 8.7. Tri nivoa gravitacionih dejstava tela Sunčevog sistema na površini Zemlje: a) u godišnjem ciklusu pojavljuje se 13 gravitacionih pikova, što znači da Mesečeva gravitacija dominira na površini Zemlje, b) u godišnje-mesečnom talasu upakovan je dnevno-časovni, a u okviru njega minutno-sekundni. Tek sekundni talas je omogućio kuplovanje klasične (nano) gravitacije i kvantnog stanja gravitacionog polja Zemlje (Koruga, et al., 2003). Sekunda kao vremenska jedinica se pokazuje ključna za Zemlju.

U isto vreme, nezavisno od tima u Grenoblu, radio je beogradski tim (Koruga, Tomić, Ratkaj) na izučavanju fenomena gravitacije na površini Zemlje i njenom uticaju na biološke sisteme (Koruga, et al., 2003). U astronomiji se izučavaju dejstva gravitacije tela u odnosu na njihov centar i u vremenskom intervalu od nekoliko minuta. Mi smo izučavali gravitaciono dejstvo Sunca, Meseca i svih planeta na svakoj poziciji na Zemlji, uključujući i visinske razlike (planine i doline). Ali tek kada smo prešli sa *minuta* na *jedan sekundu* u računanju gravitacionih uticaja dobili smo *gravitacioni talas* čija je amplituda 110 pg (slika 8. 7). Ova *nanogravitacija* od 0,110 ng odovara prvom kvantnom stanju gravitacionog polja Zemlje od 1,4 peV.

Kao što postoji više kvantnih nivoa Zemljinog gravitacionog polja, tako postoji i više nivoa (*mikro*, *nano*, *piko*) dejstva gravitacionih uticaja tela Sunčevog sistema na površini Zemlje u odnosu na Zemljinu gravitaciju  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  (slika 8. 8). Na nivou 110 pg dolazi do kuplovanja kvantnih i klasičnih gravitacionih dejstava na površini Zemlje. Ova gravitaciona dejstva mogu da utiču na međumolekularne interakcije (slabe nekovalentne vodonične veze, slabe jon-jon, jon-dipol, dipol-dipol, dipol-indukovani dipol). Na primeru mikrotubula pokazaćemo kakva sve reorganizacija može da se ostvari pod dinamičkim dejstvom gravitacionih sila Sunca, Meseca i planeta.

Vrsta pika	Broj pikova	Maksimalna amplituda pika	Minimalna amplituda pika	Razlika
Godišnji	13 (8/5;7/6)	2,10 mg	1,84 mg	0,26 mg
Mesečni	60	195 ng	118 ng	77 ng
Dnevni	2 pika	138 ng	130 ng	8 ng
Stalni nano/ kvantni	Talas svakih 7,247 min	110 pg	110 pg	0 pg



**Slika 8.8.** Tabela različitih nivoa uticaja gravitacionih dejstava tela Sunčevog sistema na površini Zemlje (levo). Međumolekularne interakcije između dva protofilamenta mikrotubule koji se ostvaruju preko bočnih površinskih slabih interakcija  $\alpha$  i  $\beta$  tubulina (desno). Ukupan broj veza koje se mogu ostvariti između dva protofilamenta je 81. Jačina bočnih veza, između  $\alpha$  i  $\beta$  dimera u dva različita protofilamenta, u raznim kombinacijama, iznosi 4,2 N/m, a između dva dimera u istom protofilamentu 4,0 N/m.

Dinamička *mikro/nano/piko* gravitacija ( $g_{mnp}$ ) može preko slabih međumolekularnih interakcija između dva protofilamenta ( $\alpha$  i  $\beta$  dimera: jačina veze 4,2 N/m) i u jednom protofilamentu ( $\alpha$  i  $\beta$  dimer: jačina veze 4,0 N/m) da reorganizuje mikrotubulu (pakovanje mikrotubula 8/5 da pređe u 7/6 ili 6/7 ili 5/8 i dr.). Međutim, ne može da deluje na reorganizaciju ili razgradnju već postojeće mikrotubule, jer su jačine veza unutar dimera 12,6 N/m (glava-glava monomera) i 20 N/m unutar

monomera („glava-rep“), a maksimalno *mnp* dejstvo je  $g_{mnp}^{max} = 10 \text{ N/m}$  i minimalno je  $g_{mnp}^{min} = 5 \text{ N/m}$ . Iz ovoga je očigledno da su biomolekuli sa kovalentnim vezama stabilni, jer su vrednosti kovalentnih veza u granicama 400–1600 N/m. Drugim reči, promena gravitacionih uslova ima uticaja na polimerizaciju mikrotubula (Papaseit, et al., 2000, Himmelsbach, et al., 1999).

Izračunavanje  $g$  (Zemljina gravitacija) dobija se preko izraza

$$ma = G \frac{m_G m'_G}{d^2} \text{ pa je } g = G \frac{m_Z}{r^2} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

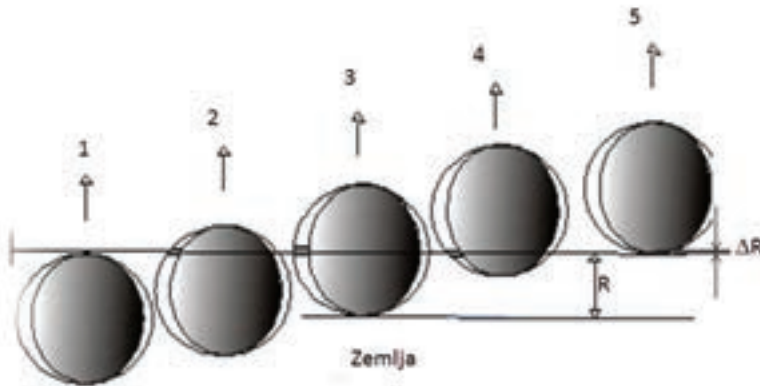
gde je  $m$  – masa (kg),  $a$  – ubrzanje ( $\text{m/s}^2$ ),  $G$  – univerzalna gravitaciona konstanta ( $G = 6,6742 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ),  $m_G, m'_G$  – mase koje interaguju,  $d$  – distanca, rastojanje između masa,  $m_Z$  – masa Zemlje ( $5,972 \times 10^{24} \text{ kg}$ ),  $r$  – poluprečnik Zemlje ( $r = 6.200.000 \text{ m}$ ).

U odnosu na *statičku* (stalnu) Zemljinu gravitaciju  $g = 9,81 \text{ m/s}$  (na nivou mora) pojedina tela Sunčevog sistema imaju red veličine *dinamičkog* (promenljivog, jer se tela kreću) uticaja na površinu Zemlje u sledećim vrednostima: Sunce  $10^{-7} g$ , Mesec  $10^{-6} g$ , Merkur  $10^{-10} g$ , Venera  $10^{-9} g$ , Jupiter  $10^{-7} g$ , Saturn  $10^{-8} g$ , Uran  $10^{-10} g$ , Neptun  $10^{-11} g$ , Pluton  $10^{-12} g$ , asteroidi  $10^{-10} g$ .

Ako posmatramo kretanje Zemlje oko Sunca, zapažamo da je Zemlji, u promeni svog položaja u prostoru za jednu *prostornu jedinicu* (svoj prečnik), potrebno 7.247 jedinica (minuta) koje su 60 puta manje od jedinice *ikosaedarskog temporalnog sistema* (časa). Ako osnovu prirodnog algoritma stepenujemo ovom vrednošću dobijamo:

$$e^{7,257} = 1.440 \quad (8.5)$$

što predstavlja broj minuta koji je potreban Zemlji za jedan njen obrt (spin), odnosno za promenu dan-noć. Veoma čudno, ali i veoma izazovno za dalja istraživanja.



**Slika 8.9.** Prosečni jedinični, „kvantni“, pomeraj Zemlje (za jedan njen prečnik) u toku kretanja Zemlje oko Sunca iznosi 7.247 minuta, što, kada se stepenuje osnova e ovim brojem, iznosi 1.440 minuta, a to je vreme rotacije Zemlje oko svoje ose. Kretanje Zemlje oko Sunca i njena rotacija oko sopstvene ose su povezani brojem e.

Zašto je značajno da je *prostor–vreme* (*prostorvreme*) Zemlje determinisano brojem  $e$ ? Da bismo shvatili ovaj značaj razmotrimo koja je najekonomičnija osnova za kodiranje informacija. Svi smo se navikli na osnovu 2 (*binarni* sistem: 0 i 1) kod računara, a preko genetike smo se navikli i na osnovu 3 (*ternarni* sistem: ATT, GTA, itd.). Priroda je izabrala ternarni kôd za biohemijske informacione procese, a za biofizičke binarni (ali to su dve strane iste medalje:  $4^3 = 64 = 2^6$ ). Ljudi su za računare izabrali binarni sistem jer je najjednostavniji za tehnička rešenja („*ima*“/„*nema*“ nečega: struje, magnetizma itd.). Međutim, nas interesuje takav brojni sistem u kome se za predstavljanje broja koristi što manje simbola i razreda, to jest da se ovaj odnos optimizuje. Poznato je da se veličina informacione aparature  $K$  može napisati kao  $K = anR$ , gde je  $n$  broj razreda,  $R$  broj simbola u datom brojnom sistemu i  $a$  je koeficijent proporcionalnosti, što znači da je broj simbola primenjenih u datom brojnom sistemu jednak osnovi sistema  $R$  (Hill, 1986, Jafarkhani, 2005). Maksimalan broj  $N_{max}$  koji se može zapisati u  $n$  razreda sistema je:  $N_{max} = R^n - 1$ . Pri dovoljno velikom  $n$ :  $N_{max} \approx R^n$ , pa se dobija:

$$n = \frac{\ln N_{max}}{\ln R}$$

Ako uvrstimo  $n$  u jednačinu  $K = anR$ , dobijamo:

$$K = \frac{a \ln N_{max}}{\ln R}$$

$$\frac{\partial K}{\partial R} = 0 \Rightarrow \ln R = 1$$

pa je optimalan broj simbola  $R = e$ .

Došli smo do jednog novog saznanja, da je *prostor–vreme* Zemlje kodirano osnovom  $e$ , tj. da je informaciona fizika *prostor–vremena* „*vasionskog broda*“ zvanog Zemlja determinisana optimalnom *informacionom* osnovom  $e$ . Ako imamo u vidu da je gravitaciono polje Zemlje kvantovano (eksperiment sa hladnim neutronima) onda sve ukazuje na to da se nalazimo ne samo u gravitacionom i elektromagnetnom polju Zemlje, već i u njenom *informacionom polju*! To polje je direktno povezano sa *kvantnom informacijom*, jer talasna funkcija ima oblik:



$$|\psi\rangle = e^{i\varphi} \left( \cos \frac{\theta}{2} |0\rangle + e^{i\varphi} \sin \frac{\theta}{2} |1\rangle \right) \quad (8.7)$$

a u navedenom izrazu egzistira osnova prirodnog algoritma  $e$ , kao i u mnogim drugim fizičkim zakonima i procesima u prirodi, pa je zato najlepše i najistinitije reći da su *zakoni prirode informacije o informacijama* (Vedral, 2010).

Ova saznanja nas vraćaju preispitivanju fenomena punog meseca i njegovog posmatranja kao sadejstva *reflektovanog Sunčevog fotona* od Mesečeve površine i *Mesečevog gravitona* koji *potiču* i *putuju* iz jedne tačke sa Mesečeve površine istom brzinom, stižu u isto vreme (za svega 1,28 sekundi) na Zemlju i deluju na biološku (*informacionu*) strukturu koja proizvodi efekat punog meseca (obično uznemirenost, razdražljivost i dr.). Dakle, nas interesuje biološki „*senzor*“ (energetsko-informacioni) koji istovremeno detektuje fotone i gravitone i kupluje njihova dejstva. Tako *kuplovano dejstvo* nazvaćemo



*geefton* (kovanica od: *g*, **g**ravitona, kao *ge*, *f* od fotona, kao *ef*, a zajedničko *ton* od graviton i foton), a izgovara se kao *gifton*. Oznaka je  $\ddot{e}$  (nastaje od  $\dot{e}$  sa dve tačke iznad, jer se u reči *geefton* pojavljuju dva *e*, a *ton* od dva postaje jedan, ali kako potiču od iste osnove kao i *e* to  $\text{ton-ton} = \dot{e}$ , tako da imamo:  $\ddot{e} + \dot{e} = \ddot{e}$ ).



**Slika 8.10.** Shematski prikaz fenomena punog meseca i pojave kuplovanja reflektovanog Sunčevog fotona od Mesečeve površine i gravitona Meseca (levo); lupom se traži koja biološka struktura uspeva da ujedini graviton i foton i stvori  $\ddot{e}$  (*gifton*) fenomen (desno).

Spinsko dejstvo je obećavajuće. Znamo da *spin* fotona ima vrednost 1, a *spin* gravitona vrednost 2 (Tomonaga, 1997, Cartan, 1996, Levitt, 2008). Ako bi došlo do *kuplovanja dejstva* fotona i gravitona, koliki bi bio „*spin*“ giftona (spin gravitona i fotona je ulazna informacija koja izaziva dejstvo, a pod tim dejstvom formira se u strukturi gifton)? Da li se može sparivati dejstvo jednog fotona i jednog gravitona, ili se mora udružiti više dejstava fotona i više dejstava gravitona da bi se stvorio *gifton*?

Generalno, jedinstvo gravitacije i elektromagnetizma je teško pitanje, a sa aspekta fizike i ujedinjenja interakcija (gravitacione, elektromagnetne, slabe i jake) danas skoro nerešiv. Međutim, nekada se mora skrenuti sa utabanih staza razmišljanja (datih okvira koji nas sputavaju da stvari vidimo i iz drugog ugla) i zapitati se kada je „preko preče, a naokolo bliže“ da bi se došlo do novih saznanja, kao što je *gifton* (ujedinjenje dejstava). To je moguće kada ne razmišljate „jednodimenzionalno“ (samo gledate prostor – „preče“, tj. bliže) nego „dvodimenzionalno“ (uključite prostor i vreme, tj. *prostorvreme*, jer će vam neka tačka do koje treba da stignete biti bliža ako ste stigli do nje pre, iako je rastojanje kojim ste išli bilo duže). Radi boljeg razumevanja principa „preko preče, naokolo bliže“ navešću dve realne situacije. Prvo, zamislimo da je trka na 500 m i da na tom putu ima peska, vode, trave, asfalta. Ako trčite pravo prema cilju nailazite na pesak i plitku vodu (60% : 40%), ali ako trčite sa strane i krivudate tada nailazite na pesak, travu, asfalt (10% : 60% : 30%). Put „dva“ je duži, ali vi stižete pre na cilj, jer brže trčite po travi i asfaltu nego po pesku i plitkoj vodi. Drugi primer je kretanje svetlosti kroz sredine sa različitim stepenom indeksa refrakcije *n*. Svetlost će izabrati put sa najmanjim indeksom refrakcije. Očigledan je primer munje, ona je krivudava, jer elektricitet bira sredinu u vazduhu gde je najmanji otpor i zato za najkraće vreme stiže do cilja.

Međutim, ovde se radi o odnosu dejstava gravitacije i elektromagnetizma, tj. saznanju kuplovanja dejstva gravitona i fotona u biosistemima. Možemo izabrati put klasične fizike i trčati kroz „pesak i vodu“, slomiti se od napora i stići na cilj (što će se jednog dana i stvarno desiti). Ali možemo izabrati zaobilazno trčanje preko „malo peska, a duže preko trave i asfalta“ i stići na cilj mnogo pre nego prethodni trkač. Moramo trčati kroz malo peska, jer se moraju uzeti u obzir sve do sada poznate činjenice o gravitonu i fotonu, a trava i asfalt su „novi tereni“ koje ne koriste klasični fizičari, kao što je *biofizika* (trava) i *informacija* (asfalt). A to je ono što nas interesuje, jer se njihovim dejstvom može poboljšati ljudsko zdravlje (nas u ovom trenutku ne interesuje foton i graviton *po sebi* i *za sebe* već njihovo dejstvo na biosisteme).

U drugom poglavlju smo pokazali da je gravitacija reperzentacija dimenzije  $N = 0$  u  $N = 3$  (masa se organizuje kao loptasta struktura oko tačke), dok je foton redukcija 5D u 3D (5D je nastala iz  $N = 0$ ), pa je ono što je zajedničko gravitonu i fotonu  $N = 0$ . To je Arijadnina nit koja nas vodi kroz „bespuća“ od starta do cilja.

Znamo da su sva nebeska tela zbog gravitacije loptasta, pa je loptasta forma biološke strukture (pseudo 0D), kao senzora koji će detektovati gravitone, neophodna. Ali biomolekuli su prevashodno elektromagnetne prirode, što znači da se, da bi se dobila 0D struktura (pseudo 0D u 3D) koja zadovoljava gravitacione i elektromagnetne uslove, mora uključiti *informacija* (jer je elektromagnetna sila energetski  $10^{36}$  puta jača nego gravitaciona). Ta informacija je sadržana u DNA (DNA  $\rightarrow$  iRNA  $\rightarrow$  rRNA  $\rightarrow$  protein) i preko stvaranja redosleda odgovarajućih amino-kiselina stvara osnovni gradivni element koji obezbeđuje fizičke uslove za zakrivljenje novodobijene strukture i na kraju njihovim spajanjem formira loptastu strukturu koja kupluje odnose naelektrisanja elektrona prema ukupnom naelektrisanju strukture i Zemljine gravitacije prema nanogavitaciji (ili prvom kvantnom nivou Zemljinog gravitacionog polja). U oba slučaja odnos je  $\sim 1 : 10^9$  (*nano*).

Najozbiljniji kandidati koji mogu biti struktura, kao senzori dejstava gravitona, a zatim i sadejstva gravitona, fotona i elektrona, u biološkim sistemima su klatrin, mikrotubule i centriole (generalno, Fibonačijeve strukture). O klatrinu je bilo dosta reči (peto poglavlje) i ovde ćemo reći o njemu samo ono što je bitno za razmatranje kuplovanja dejstava (autokorelacije dejstva, „superponiranja dejstava“) gravitona i fotona od strane elektrona (kôdogenih elektrona), tj. što je bitno za dobijanje *giftona*.

Kuplovanje dejstva  $\langle g | p \rangle$  gravitona i fotona može se ostvariti preko Fibonačijevih elektronskih bioloških struktura, sabiranjem njihovih spinova (koji izazivaju dejstva) tako da ostane sačuvan zbir vrednosti spinova:

$$g_{\text{spin}} + p_{\text{spin}} = \Phi^2 + \phi^2 = 3. \quad (8.8)$$

Ako bismo to prikazali, kao ranije (drugo poglavlje) pomoću karata, tada bi bili udruženi *kec* i *dama*, pa bi se dobila nova karta, *triskeleton* (inače, ta „nova karta“ je simbol koji se nalazi na zastavama Sicilije i ostrvske države Ostrvo Čoveka – Isle of Man, koja se nalazi između Velike Britanije i Irske):

$$kec + dama = triskeleton.$$

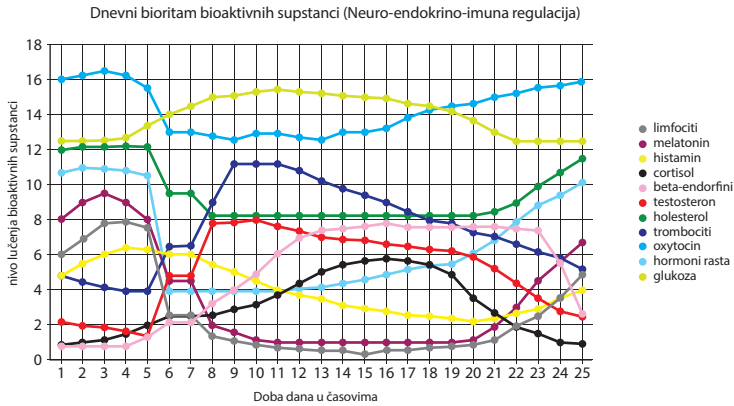


Međutim, malo je verovatno da ćemo koristiti samo jednog *keca* i jednu *damu* u bilo kojoj novoj igri sa kartama, na bazi parova. Moramo imati „igru“ koja je smisljena i koja ima neku svoju praktičnu vrednost. Znači, *tiskeleton* mora biti samo polazni, inicijalni element (kao što su spinovi gravitona i fotona samo inicijalne, ulazne informacione veličine u kuplovanju: sačuva se njihova vrednost, *forma*, a njihovo dejstvo izvrši promenu u Fibonačijevoj strukturi, *sadržaju*, ali tako izvršena promena sačuva u izmenjenom obliku njihove vrednosti, u smislu reči „aufgehoben“: *ukinuti* i *sačuvati*, koju je Hegel upotrebio da bi iskazao smisao Heraklitove misli: *samo je jedno mudro, biti i ne biti zvan imenom Zeusa*, ili, rečeno savremenim jezikom: kôd nukleinskih kiselina (DNK) prenosi na amino-kiseline (proteine) informacioni sadržaj: forma kôda je ukinuta, ali je sadržaj informacije sačuvan), ali nije 0D struktura. Za triskeleton su potrebna tri gravitona (*spin* : 2<sub>3</sub>) i tri fotona (*spin* : 1<sub>3</sub>) koji se naizmenično aktiviraju i stvaraju kôd koji obezbeđuje njihovo *pseudospin-spin* kuplovanje  $(s_g + s_f)/3 = (\Phi^2 + \phi^2)/(\phi^2 + \Phi^2) = 1$ , jer se sa tri gravitona i tri fotona u Fibonačijevim strukturama dobija njihovo dejstvo  $\langle S_g | 3 | S_p \rangle = 1$ . Međutim, ovi triskeletoni su samo čvorišta jedne složenije strukture i njihovi pseudospinovi moraju biti komplementarni sa molekularnim spinom tog sistema koji se bazira na spinovima svih atoma i elektrona tog molekula. On se za složenije strukture (biomolekule) računa preko hamiltonijana  $H = H^0 + H_{RF}$ , pri čemu je  $H_{RF}$  interakcija sa referentnim poljem, a  $H^0$  je definisano pomoću izraza  $H^0 = \sum_j \omega_j^0 I_{jz} + \sum_{j < k} 2\pi J_{jk} I_j I_k$ , gde je  $\omega_j^0$  – Larmorova frekvencija,  $I_{jz}$  – spin angularnog momenta po osi z,  $J_{jk}$  – J tenzor kuplovanja između spinova  $I_j$  i  $I_k$ ,  $I_j$  – vektor operator za spin angularnog momenta  $j$  i  $I_k$  – vektor operator za spin angularnog momenta  $k$  (Levitt, 2008).

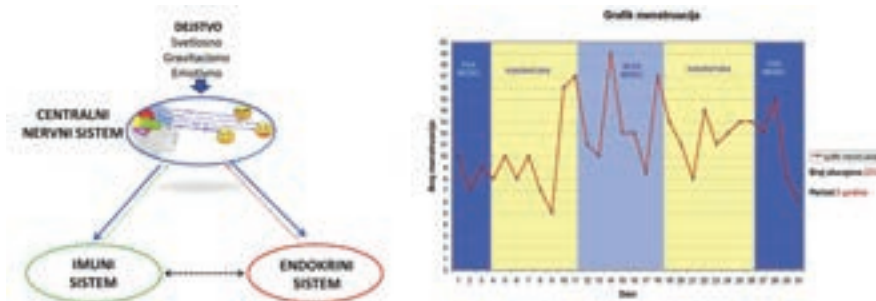
Poznato nam je da je potrebno 36 triskeletona (slika 5. 2) da bi se stvorila elektromagnetna struktura koja po „liku“ odgovara gravitacionim telima  $\|36\langle s_g | 3 | s_p \rangle\|$ . Dakle, klatrin kao senzor fotona i gravitona (njihovo kuplovanje dejstava) u formi giftona se ostvaruje preko 6 triskeletona (18 fotona i 18 gravitona se kupluje), formirajući kôd GIF  $6^2 = 36$  (od 36 *giftona*). Kada se 6 triskeletona ekscitira sa 2 različita pobuđivača (*foton* i *graviton*), tada dobijemo 36 različitih stanja klatrina (kao na primer: otvori 3 triskeletona i otpuštaj (malo) neurotransmitere, otvori 6 i otpuštaj (više), otvori 12 i otpuštaj (još više)... zatvori se... itd., ukupno 36 kombinacija).

Interesantno je da je GIF kôd  $6^2$ , po osnovi i eksponentu, inverzan biofizičkom kôdu DNK  $2^6 = 64$  na bazi vodoničnih veza (gde postoji zamena pozicije donor-akceptor). Međutim, treba imati u vidu da broj 6 (kao prvi savršen broj) ima veoma čudnu osobinu; zbir i proizvod njegovih činilaca su isti i daju broj 6 ( $1+2+3 = 1 \times 2 \times 3 = 6$ ), pa kod kôda  $2^6$  (DNK) imamo  $2^{(1 \times 2 \times 3)} = 2^1 \times 2^2 \times 2^3 = 2 \times 4 \times 8 = 64$ , a kod kôda  $6^2$  (*gifton*) imamo  $(1+2+3)^2 = (1+2+3)(1+2+3) = 1+2+3+2+4+6+3+6+9 = 36$ . Međutim, istovremeno može biti  $(1 \times 2 \times 3)^2$ , što je  $1^2 \times 2^2 \times 3^2 = 1 \times 4 \times 8 = 32$ , a to je polovina od 64, pa imamo da je *polovina* isto što i *celina*! Veoma neobična osobina prvog savršenog broja, jer  $\log_a 6 = \log_a (1 \times 2 \times 3) = \log_a 1 + \log_a 2 + \log_a 3 = \log_a (1+2+3)$ ! Da li je to moguće, i pod kojim uslovima?

Imajući u vidu da je klatrin produkt DNK znači da je osobina punog meseca rezultat genetske varijacije kod klatrina, pa se, čim dođe do sadejstva fotona i gravitona, kod klatrina na sinapsama češće (nego samo kada je foton direktno od Sunca) aktivira naredba „otvaraj se“, ispuštaj serotonin. Prekomerno lučenje serotonina (a i nekih drugih neurotransmitera) „kada im vreme nije“ izaziva razdražljivost, jer je u suprotnosti sa bioritmom lučenja bioloških supstanci (slika 8.11).

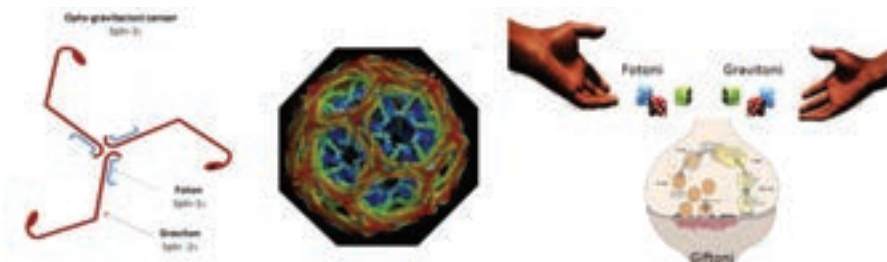


**Slika 8.11.** Nivo lučenja bioaktivnih supstanci u toku 24 časa (dnevni biohemijski ritam) određen je neuro-endokrino-imunološkom regulacijom. Tako vidimo da melatonin počinje da se luči uveče oko 21 čas i maksimalnu vrednost ima noću u 3 časa, da bi pao na minimum između 8 i 10 časova. Inverzno njemu je lučenje serotonina (melatonin/serotonin su „klackalica“, po principu jina i janga). Po prirodi stvari mi sa biohemijskog aspekta nismo ista osoba ujutro, u toku dana, uveče i noću. Ugrađeni prirodni ritmovi su odgovorni za naša biohemijska stanja.



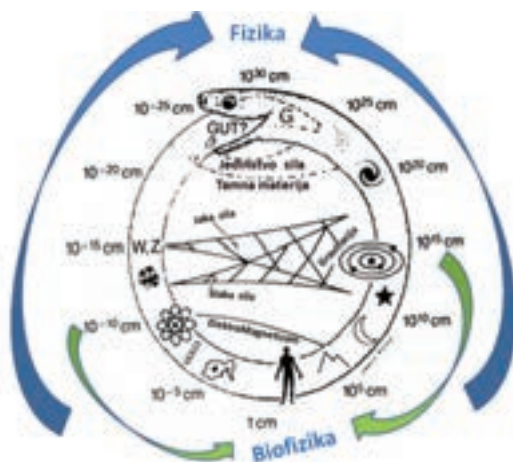
**Slika 8.12** Pod uticajem svetlosti, gravitacije, emocija, vožnje i slično, izloženi smo različitim dejstvima. Ako su dejstva u granicama normale onda se osećamo prijatno, ako dejstva prelaze malo preko praga dozvoljenog mi se osećamo malo nelagodno (nešto nam smeta, ali ne toliko da burno reagujemo), ali kada dejstvo znatno pređe granicu praga, tada se osećamo neprijatno (kao što je fenomen punog meseca).

Međutim, pored fenomena ekscitiranosti pojedinih osoba kada je pun mesec, imamo još jedan fenomen, poznat kao mesečarenje. To je drastičan primer GIF kôda i dešava se kada se poklope *ogledalske simetrijske* ekspesije (ravanska osa simetrije) DNA kôda i GIF kôda. Uzrok tome opet je u DNA, proteinima i vodi. Ovom fenomenu muškarci su podložniji jer kod Y hromozoma genetska sekvenca je *palindrom* („anavolimilovana“, sa informacionog aspekta  $\frac{1}{2} = 1$ , jer se sa leve i desne strane čita isto, a potrebno je imati „pola“ sekvence da bi se znala „cela“ informacija), što je slučaj kada je  $6^2 = (1 \times 2 \times 3)^2 = 32$  (polovina od 64), pa postoji obostrano jednoznačna korespondencija GIF kôd ↔ DNA kôda.



**Slika 8.13.** Shematski prikaz triskeletona kao optogravitacionog senzora za čiju aktivaciju je potrebno tri fotona i tri gravitona (gift). Od 36 giftova (sredina) stvara se kodogena struktura  $6^2 = 36$  koja reguliše otpuštanje neurotransmitera na sinapsama i određuje informaciona (biofizička stanja) mozga. Jedno od tih stanja je fenomen punog meseca (desno).

Treba reći da se ovim nije rešio problem fizičkog ujedinjenja gravitacije i elektromagnetizma sa aspekta klasične fizike, već se rešio problem njihovog sadejstva (kuplovanja, autokorelacije, superponiranja) u biomolekulima. Razlika između fizike i biofizike je u smeru i domenu izučavanja prirode, kao što je to pokazano na slici 8.14.



**Slika 8.14.** Fizika je najopštija nauka o prirodi, uključujući i čoveka kao deo prirode. Imajući u vidu da je čovek taj koji saznaje, onda je on, sa aspekta fizike, više okrenut ka „beskonačno malom“ i „beskonačno velikom“ u prirodi nego samom sebi. Zato postoji biofizika, koja izučava čoveka pomoću zakona fizike, ali ujedno i pomera granice fizike jer temeljno izučava čoveka i uticaj gravitacionih i elektromagnetnih prirodnih fenomena na njega. Može se reći da je opseg biofizike od  $10^{-15}m$  do  $10^{15}m$  (od veličine elektrona, protona i neutrona do veličine Sunčevog sistema) (Adaptirano: Salam, 1990, koji je sa dozvolom preuzeo od Sheldon Glashow).

Najveća ljudska enigma je svest, a posebno ljudska svest o postojanju. Ovo pitanje je „tvrđ orah“, ali nas sa praktičnog aspekta prevashodno interesuje da imamo zdrav i kvalitetan život. Zato što bolje razumevanje nastanka živog bića (embriogeneza: međuzavisnost, povezanost, sadejstvo ćelija, tkiva i organa), preventiva i personalna medicina predstavljaju

„kamen-temeljac zdravlja“. Hiperpolarizovana svetlost je jedna od najboljih metoda i tehnika za preventivu, a može pomoći i ako dođe do narušavanja funkcionisanja tkiva, ćelija ili biomolekula, koje su Fibonačijeve strukture (a to je oko 75% ljudskog organizma).

## 8.4. Svetlosni model embriogeneze

Embriologija čoveka je nauka koja se bavi proučavanjem prve faze razvitka zametka (grč. *embryon* – zametak, *logos* – nauka). U širem smislu ovaj period razvića jedinke poznat je pod nazivom *embrionalni period razvića*, a plod se u ovoj fazi naziva *embrion*. Embriionalno razdoblje se često naziva i kritičnim razdobljem u razvitku, jer je zametak tada najosetljiviji na delovanje raznih činilaca koji mogu dovesti do poremećaja razvoja (*teratogeni faktori*). Period embrionalnog razvića deteta počinje treće nedelje po ovulaciji. *Fetalni period razvića* počinje od vremena kada se prema morfološkim i funkcionalnim svojstvima, dakle prema izgledu embriona, može odrediti kojoj biološkoj vrsti pripada novonastalo biće. Od tada se embrion naziva *fetus*. Period *fetalnog razvića čoveka* odvija se počev od osme nedelje pa do porođaja.

Sve počinje spajanjem muške i ženske jajne ćelije. Spermatozoid (muška jajna ćelija) dug je od 45 do 60 mikrona i sastoji se iz *glave* (akrozom), DNK, *vrata* (centriole), srednjeg dela (mikrotubule), ATP-a, omotača. Spermatozoidi se kreću brzinom od oko 3 mm u minuti, nose 22 hromozoma i X i Y hromozom. Jajna ćelija je prečnika od 150 do 200 mikrona, jedna od najvećih ćelija u ljudskom telu. Nosilac je XX hromozoma. Obe polne ćelije imaju haploidan broj hromozoma ( $n = 23$ ).

Oplodnjom muške i ženske polne ćelije nastaje jedna oplodena ćelija nazvana *zigot*, i to je nulti polazni događaj, koji je  $2^0 = 1$  (od dve ćelije nastaje jedna). Zrela jajna ćelija se nalazi u organizmu žene samo posle ovulacije i sposobna je za oplodnju samo 24 do 48 sati od svog odvajanja od jajnika. Za plodnost muškarca minimalni zahtevi su: 20 miliona spermatozoida/ml, od toga što više treba da je dobro pokretljivo i normalne veličine i oblika.

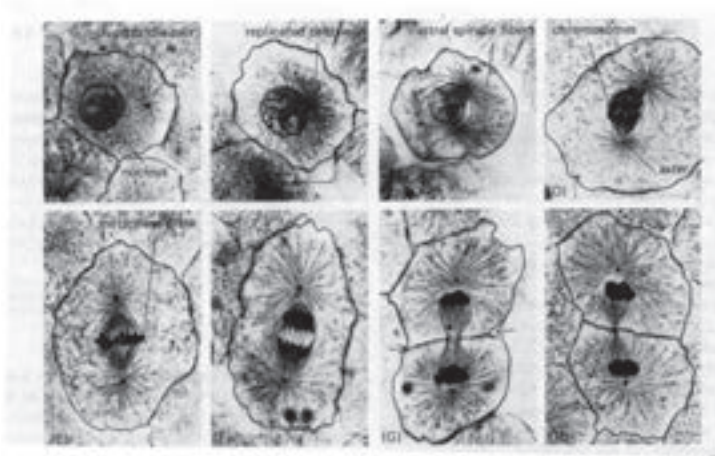
Dva osnovna tipa deobe su: *mitoza* (somatska deoba) i *mejoza* (redukciona deoba). Spajanjem polnih ćelija nastaje nov organizam sa diploidnim brojem hromozoma, kao što je imao svaki od njegovih roditelja.

U prethodnom tekstu rečeno je da je *klasični* biofizički kôdni sistem DNK  $2^6$  (biohe-mijski je  $4^3$ ), ali da postoji i *kvantni* biofizički kôdni sistem DNK  $2^{6+1}-1$  (na bazi vodoničnih veza u DNA i kodiranja peptidnih ravni u proteinima), što u sadejstvu daje  $2^6(2^{6+1}-1)$ , a to pripada jednoj opšoj formuli tipa:

$$2^n(2^{n+1}-1) \quad (8.9)$$

po kojoj se izračunavaju savršeni brojevi. Drugim rečima, jedinstvo *klasičnog* i *kvantnog informacionog* kôdnog sistema DNK se ostvaruje preko savršenih brojeva. Zato su biološki sistemi lepota i uzvišenost prirode.



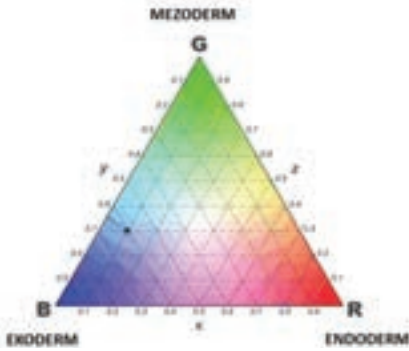


Slika 8.15. Faze deobe ćelije sa vidljivim polovima (centriole), deobnim vretenom (mikrotubule) koje razdvajaju hromozome (e, f), formiranjem nove ćelije (g, h) (Alberts, 2002).

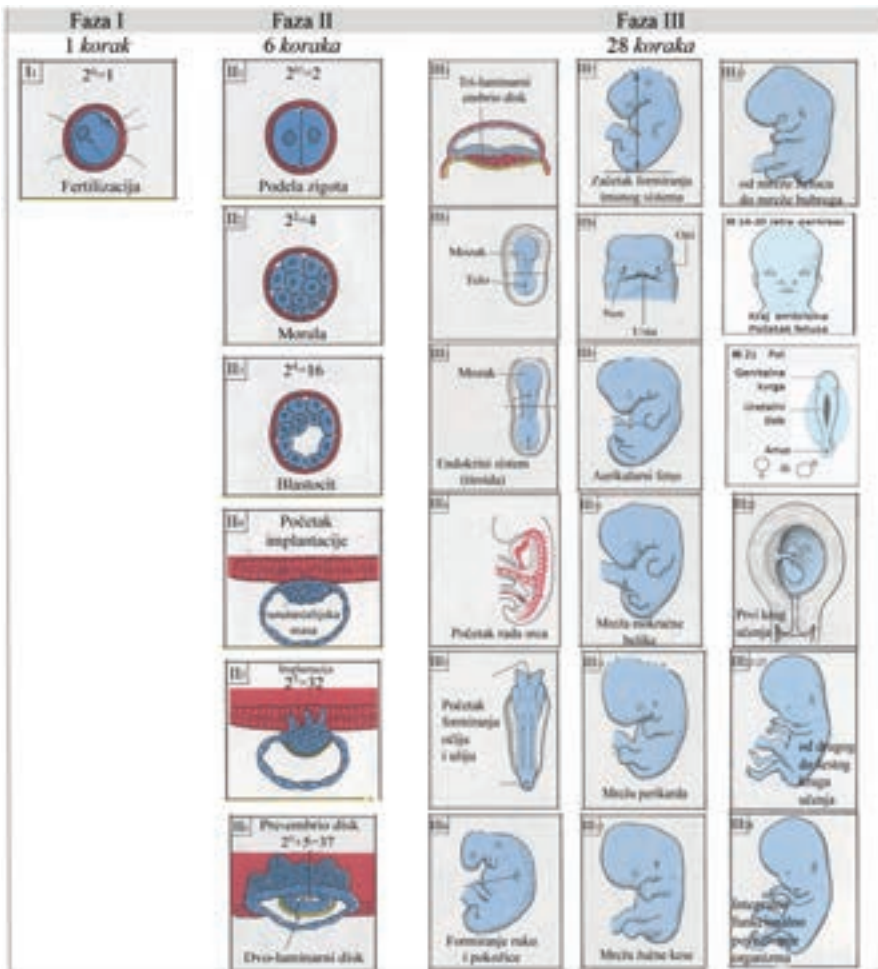
Kako je DNA kôd odgovoran za proces embriogeneze, formulu *klasično-kvantnog informacionog kôda* korišćićemo za određivanje faza razvoja od zigota (oplodnje jajne ćelije) preko embriona i fetusa do novorođenčeta.



Slika 8.16. Shematski prikaz nastanka ljudskog organizma od zigota preko blastule do embriona i fetusa sa tkivima i organima koji nastaju od endoderma, ekoderma i mezoderma (Preuređeno: Pantić, 1973).



Slika 8.17. Svetlosni model embriogeneze sa formiranjem dvolista kao osnove (ekoderma i endoderma), a zatim trolista sa mezodermom. Imajući u vidu da u jediničnom sistemu prirode (sve vrednosti su bezdimenzionalne) tri univerzalne fizičke konstante stoje u odnosu  $Ghc = 1$  (Penrouse, 1999), sa aspekta embriogeneze (kao najkompleksnijeg procesa posle univerzuma) možemo pisati  $RGB = 1$ . Iz teorije boja znamo da ove tri boje (crvena, plava i zelena) daju belu, mada belog fotona nema u prirodi, odnosno taj fenomen (belo) stvara se u našem mozgu.



Slika 8.18. Tri osnovne faze i 34 koraka u embriogenezi od zygota do novorođenčeta (Adaptirano: Moore, 1988).

Tabela 8.1. Embriogeneza na bazi savršenih i Fibonačijevih brojeva

Br. bif.	Broj ćelija	Lun. Mes.	Faza Razv.	Savršen broj				Zakon deobe	Broj čvorišta informaci-onih
				Nulti 1	Prvi 6	Drugi 28	Treći 496		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 <sup>0</sup>	1	1	1	1			1	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>0</sup> = 1	1
2 <sup>1</sup>	2		2		1 <sup>1</sup>		3	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>1</sup> = 2	2
2 <sup>2</sup>	4				2 <sup>2</sup>		7	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> = 4	4
2 <sup>3</sup>	8				3 <sup>2</sup>		15	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 8	8
2 <sup>4</sup>	16				4 <sup>3</sup>		31	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>4</sup> = 16	16
2 <sup>5</sup>	32				5 <sup>3</sup>		63	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>5</sup> = 32	32
2 <sup>6</sup>	64				6 <sup>3</sup>		100	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>5</sup> + 5 <sup>1</sup> = 37	37
2 <sup>7</sup>	128		3			1 <sup>1</sup>	127	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>5</sup> - 5 <sup>1</sup> = 27	27
2 <sup>8</sup>	256					2 <sup>2</sup>	154	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>9</sup>	512					3 <sup>2</sup>	181	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>10</sup>	1.024					4 <sup>4</sup>	208	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>11</sup>	2.048					5 <sup>4</sup>	235	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>12</sup>	4.096					6 <sup>4</sup>	262	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>13</sup>	8.192					7 <sup>4</sup>	289	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>14</sup>	16.384					8 <sup>4</sup>	316	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>15</sup>	32.768					9 <sup>4</sup>	343	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>3</sup> = 27	27
2 <sup>16</sup>	65.536					10 <sup>7</sup>	353	2(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 10	10
2 <sup>17</sup>	131.072					11 <sup>7</sup>	363	2(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 10	10
2 <sup>18</sup>	262.144					12 <sup>7</sup>	373	2(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 10	10
2 <sup>19</sup>	524.288					13 <sup>7</sup>	383	2(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 10	10
2 <sup>20</sup>	1.048.576					14 <sup>7</sup>	388	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>21</sup>	2.097.152					15 <sup>14</sup>	393	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>22</sup>	4.194.304					16 <sup>14</sup>	398	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>23</sup>	8.388.608					17 <sup>14</sup>	403	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>24</sup>	16.777.216	2				18 <sup>14</sup>	408	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>25</sup>	33.554.432					19 <sup>14</sup>	413	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>26</sup>	67.108.864					20 <sup>14</sup>	418	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>27</sup>	134.217.728	3				21 <sup>14</sup>	423	(Φ+φ <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> = 5	5
2 <sup>28</sup>	268.435.456					22 <sup>14</sup>	429	2(Φ+φ <sup>-2</sup> ) = 6	6
2 <sup>29</sup>	536.870.912	4				23 <sup>14</sup>	435	2(Φ+φ <sup>-2</sup> ) = 6	6
2 <sup>30</sup>	1.073.741.824					24 <sup>14</sup>	441	2(Φ+φ <sup>-2</sup> ) = 6	6
2 <sup>31</sup>	2.147.483.648					25 <sup>14</sup>	447	2(Φ+φ <sup>-2</sup> ) = 6	6
2 <sup>32</sup>	4.294.967.296	5				26 <sup>14</sup>	453	2(Φ+φ <sup>-2</sup> ) = 6	6
2 <sup>33</sup>	8.589.934.952	6,7				27 <sup>14</sup>	459	2(Φ+φ <sup>-2</sup> ) = 6	6
2 <sup>34</sup>	17.179.869.184	8,9				28 <sup>14</sup>	496	(Φ+φ <sup>2</sup> ) <sup>5</sup> + 5 <sup>1</sup> = 37	37
2 <sup>35</sup>	34.359.738.368	10A						Φ - Fibonačijev broj : ~ 1,61803 φ - Fibonačijev broj: ~ 0,61803 SB <sub>0</sub> - Nulti savršen broj: 1 SB <sub>1</sub> - Prvi savršen broj: 6 = 1+2+3 SB <sub>2</sub> - Drugi savršen broj: 28 = 1+2+4+7+14 SB <sub>3</sub> - Treći savršen broj: 496 = 1+2+4+8+16+31+62+124+248 Savršen broj je prirodan broj koji je jednak zbiru svojih delilaca Recipročna vrednost SB i zbira činioca je 2. $\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = 2$ $\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{7} + \frac{1}{14} + \frac{1}{28} = 2$	
2 <sup>36</sup>	68.719.476.736								
2 <sup>37</sup>	137.438.953.472	B							
2 <sup>38</sup>	274.877.906.944								
2 <sup>39</sup>	549.755.813.888	C							
2 <sup>40</sup>	1.099.511.627.766								
2 <sup>41</sup>	2.199.023.255.552								
2 <sup>42</sup>	4.398.046.511.104	D							
2 <sup>43</sup>	8.796.093.022.208	E							

Prva faza (najvažnija, jer bez nje nema ni ostalih) jeste spajanje spermatozoida i jajne ćelije (dva postaje jedan), pa imamo 2<sup>0</sup> (2<sup>0+1</sup>-1) = 1, zatim sledi početak druge faze kada



nastaje zigot  $2^{0i}(2^{0i+1}-1) = 6$ , pri čemu se ćelije dele bifurkaciono  $2^n$  u šest faza, pa je  $n = 1-6$ , a zatim *treća faza*  $2^2(2^{2+1}-1) = 28$ , koja se realizuje u 28 informacionih koraka. Kao što vidimo, prva faza se realizuje sa nultim savršenim brojem 1, druga faza sa prvim savršenim brojem 6, a treća faza sa drugim savršenim brojem 28.

Proces embriogeneze se dešava preko savršenih brojeva, pa kako zbir recipročnih vrednosti samog broja i njegovih činilaca daje broj 2, to i naš organizam mora biti sastavljen iz dva simetrična dela. Simetričnost nije apsolutna već postoji mala asimetrija, jer su činioци savršenih brojeva (osim  $SB_1 = 6$ ) asimetrični na jednom mestu ( $SB_2$ : 4 i 7,  $SB_3$ : 16 i 31 itd., tabela 8. 1). Zato su ljudi malo asimetrični u fizičkom izgledu (leva i desna strana lica) i po pitanju organa (srca).

Broj 496 je veoma važan u teoriji struna (superstring theory), jer su 1984. godine Majkl Grin (Michael Green) i Džon Švarc (John H. Schwarz) pokazali da je jedan od neophodnih uslova za lokalnu grupu simetrija  $SO(32)$  ovaj broj. Godinu dana kasnije postalo je jasno da to važi i za  $E_8 \times E_8$  grupu čime su uklonjeni nedostaci dotadašnjih teorija struna (Green/Schwarz, 1984, Green, 1985).

Tabela 8.2. Savršeni i nepoželjni brojevi u embriogenezi

N broj	Računanje po formuli $2^{n-1}(2^n-1)$	Broj	Računanje po formuli $2^n(2^{n+1}-1)$	Broj	Povezanost preko N
0	$2^{0-1}(2^0-1)=1/2 \times 0 = 0$	№ Moć skupa N brojeva	$2^0(2^{0+1}-1)=1 \times 1 = 1$	$2^{№}$ Numerička prava R1	№ $2^{№}$
1	$2^{1-1}(2^1-1)=1 \times 1 = 1$	1 1	$2^1(2^{1+1}-1)=2 \times 3 = 6$	6	1 6
2	$2^{2-1}(2^2-1)=2 \times 3 = 6$	6	$2^2(2^{2+1}-1)=4 \times 7 = 28$	28	6 28
3	$2^{3-1}(2^3-1)=4 \times 7 = 28$	28	$2^3(2^{3+1}-1)=8 \times 15 = 120$	120	28 120
4	$2^{4-1}(2^4-1)=8 \times 15 = 120$	120	$2^4(2^{4+1}-1)=16 \times 31 = 496$	496	120 496
5	$2^{5-1}(2^5-1)=16 \times 31 = 496$	496	$2^5(2^{5+1}-1)=32 \times 63 = 2.016$	2.016	496 2.016
6	$2^{6-1}(2^6-1)=32 \times 63 = 2.016$	2016	$2^6(2^{6+1}-1)=64 \times 127 = 8.128$	8.128	2.016 8.128
7	$2^{7-1}(2^7-1)=64 \times 127 = 8.128$	8128	$2^7(2^{7+1}-1)=127 \times 256 = 32.512$	32.512	8128 32.512

Za prva četiri savršena broja (6, 28, 496 i 8.128) znao je još Euklid (IV vek pre n. e). Danas najveći poznati savršen broj, 49. po redu, otkriven je 2. septembra 2016, i ima 44.677.235 brojeva (trebalo bi stotine stranica da bi se ispisao). Međutim, za nas je veoma važno da se četvrti savršeni broj dobija kao proizvod klasičnog binarnog  $2^6 = 64$  kôda i kvantnog  $(2^{6+1}-1) = 127$  kôda, jer je  $64 \times 127 = 8.128$  i predstavlja DNK genetski kôd (Koruga, 2012).

Iz tabele 8. 2 vidimo da jedino za prirodan broj  $N \{0,1,2\}$  imamo preslikavanja iz jednog u drugi savršen broj (bez „defekata“); međutim, kod  $N \geq \{3\}$  preslikavanje za  $N$

## EMBRIGENEZA ČOVEKA

Treći savršeni broj 496

<b>I. Fertilizacija</b> ( $2^n(2^{n+1}-1)$ , za $n=0$ , 1 korak) : <i>Nulti savršeni broj 1</i>	
1. Spajanje hromozoma: <i>interakcija</i> $2^0=1$	1 1
<b>II. Pre-embrio</b> ( $2^n(2^{n+1}-1)$ , za $n=1$ , 6 koraka) <i>Prvi savršeni broj 6</i>	
1. Podela zigota na 2 blastomere: veza $2^1$	2
2. Od zigota do morule: veza $2^2$	4
3. Od ranog do kasnog blastocita: veza $2^3$	8
4. Implantacija: veza, $2^4$	16
5. Amnioblast: veza, $2^5$	32
6. Dvo-laminarni pre-embrio disk: 37 veza, $2^5+5$	37 99
<b>III. Embrio i fetus</b> ( $2^n(2^{n+1}-1)$ , za $n=2$ , 28 koraka) <i>Drugi savršeni broj 28</i>	
<i>Povezanost strukture i funkcionisanja organizma</i>	
1. <i>Tri-laminarni embrio disk</i> : 1 funkcionalni korak $2^5-5$ : <i>čvornih tačaka</i>	27
2. <i>Embrio</i> 2. strukturno-funkcionalni korak: <i>mozak-telo</i> ( $3 \times 9 = 27$ )	27
3. <i>Embrio</i> 3. strukturno-funkcionalni korak: <i>endokrini sistem</i> (tiroida) ( $3 \times 9 = 27$ )	27
4. <i>Embrio</i> 4. strukturno-funkcionalni korak: <i>srce</i> ( $3 \times 9 = 27$ )	27
5. <i>Embrio</i> 5. strukturno-funkcionalni korak: <i>oči i uho</i> ( $3 \times 9 = 27$ )	27
6. <i>Embrio</i> 6. strukturno-funkcionalni korak: <i>pokožica</i> ( $3 \times 9 = 27$ )	27
7. <i>Embrio</i> 7. strukturno-funkcionalni korak: <i>limfatički sistem</i> (timus) ( $3 \times 9 = 27$ )	27
8. <i>Embrio</i> 8. strukturno-funkcionalni korak: <i>usne</i> ( $3 \times 9 = 27$ )	27
9. <i>Embrio</i> 9. strukturno-funkcionalni korak: <i>aurikula</i> ( $3 \times 9 = 27$ )	27 243
10. <i>Embrio MT mreža</i> 1: digestivnog sistema	10
11. <i>Embrio MT mreža</i> 2: kardiovaskularnog sistema (perif.)	10
12. <i>Embrio MT mreža</i> 3: urinarnog sistema (mok.bešike)	10
13. <i>Embrio MT mreža</i> 4: žučne kese	10 40
14. <i>Embrio MT mreža</i> 5: jetre	5
15. <i>Embrio MT mreža</i> 6: respiratornog sistema (pluća)	5
16. <i>Embrio MT mreža</i> 7: debelog creva	5
17. <i>Embrio MT mreža</i> 8: kardiovaskularnog sistema (srca)	5
18. <i>Embrio MT mreža</i> 9: slezine	5
19. <i>Embrio MT mreža</i> 10: tankog creva	5
20. <i>Embrio MT mreža</i> 11: bubrega	5
21. <i>Embrio MT mreža</i> 12: pankreasa	5 40
22. <i>Fetus</i> 1. krug MT mreže učenja za funkcionisanje organizma	6
23. <i>Fetus</i> 2. krug MT mreže učenja za funkcionisanje organizma	6
24. <i>Fetus</i> 3. krug MT mreže učenja za funkcionisanje organizma	6
25. <i>Fetus</i> 4. krug MT mreže učenja za funkcionisanje organizma	6
26. <i>Fetus</i> 5. krug MT mreže učenja za funkcionisanje organizma	6
27. <i>Fetus</i> 6. krug MT mreže učenja za funkcionisanje organizma	6 36
28. <i>MT mreža</i> : 13 i 14 ( $27 + 10$ : Integralno funkcionalno povezivanje organizma)	37 37
	496

se ostvaruje preko 120, 2.016, 35.512 itd., koje nazivamo *nepoželjni* brojevi. Tako, na primer, savršen broj 496 (po kome se ostvaruje embriogeneza) može kod  $N = \{4\}$  da se ostvari savršeno po zakonu  $2^n(2^{n+1}-1)$ , ali ako iz nekog razloga nastane proces po zakonu  $2^n(2^{n+1}-1)$  tada embriogeneza neće biti ostvarena kako treba. Sličan slučaj sa 496, ali inverzan, imamo i sa  $N = \{5\}$ . Znači, dva glavna defekta mogu nastati u embriogenezi: prvi, koji ozbiljno narušava dalji razvoj ploda, ali ako se brzo zaustavi progresija defekta tada će nastati prekid u ekspresiji gena, pa će plod ostati bez nekog dela tela i imati druge anomalije, i drugi, koji uslovljava funkcionalne „slabe tačke“ tokom embriogeneze (one mogu ostati neaktivirane, a obično se aktiviraju pod različitim vrstama stresa).

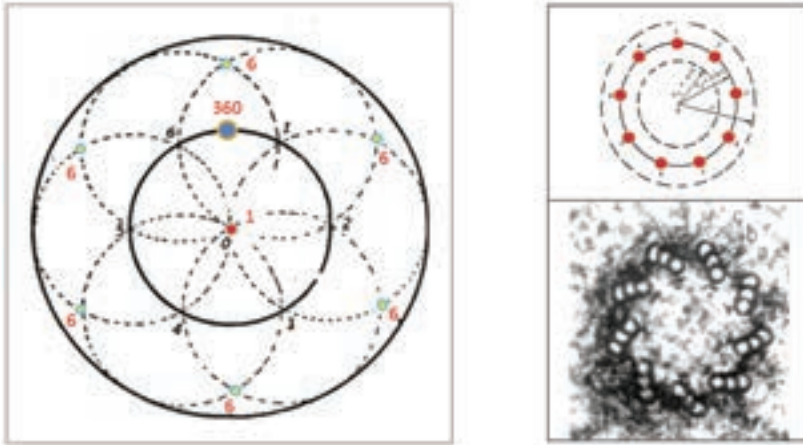
Iz tabele uočavamo da je fertilizacija imala samo jedno „čvorište“ (najvažniji događaj i najvažnije „čvorište“, obeleženo kao 1 na slici 8.19, *levo*), preembrionalni period ima 99 interaktivnih „čvorišta“ (i tada zigot sve do blastule *informaciono* prolazi evoluciju biološkog sveta), zatim imamo 396 „čvorišta“ koja prave mrežu informacionih tokova na bazi centriola, tako da imamo  $496-99 = 397$  regulacionih čvorišta (preembrionalna čvorišta ne ulaze u sastav mreže, već samo ona koja se odnose na ljudsku vrstu).

Sistem ekstrabioaktivnih tačaka („informacionih čvorišta“) pravimo na sledeći način: fertilizovana tačka je *centralna* „1“, tada na glavnoj kružnici imamo 360 (svaki stepen je jedno „čvorište“), a da bi tačka „1“ bila povezana sa ostalih 360, formira se još 6 krugova i na svakom po šest „čvorišta“, tako da imamo  $1+360+(6 \times 6) = 397$ . Ovo je u potpunoj saglasnosti sa kineskim sistemom akupunkturnih tačaka (sistem od 361 regularne tačke i 36 ekstratačaka) (The Academy of Tradicional Chinese Medicine, 1975).

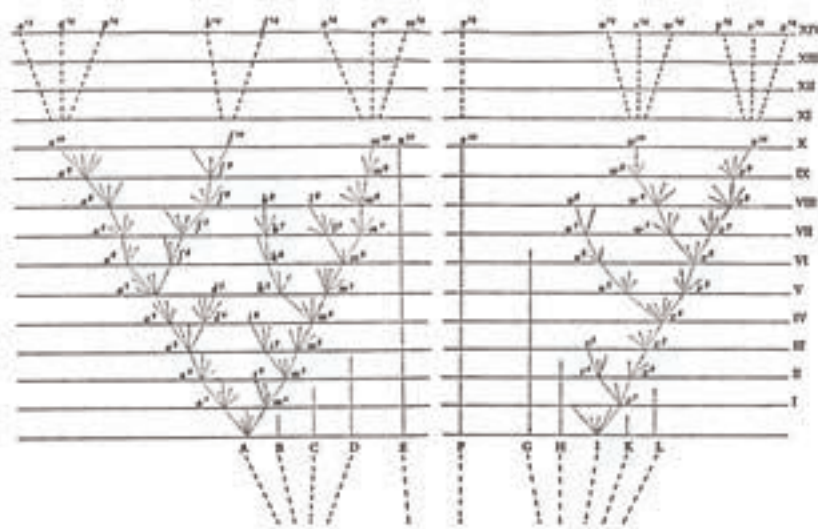
INDEX OF THE ACUPUNCTURE POINTS	
(361 Regular Points and 36 Extraordinary Points)	
Abdomen-Tonggu (腹通谷, K. 20), 60, 160	Chengshan (承山, U.B. 57), 152, 220, 222, 229, 246, 263
Abdomen-Yinjiao (阴交, Ren 7), 200	Chest-Zigong (膈紫宫, Ren 19), 203
Abdomen-Zhongshu (中注, K. 15), 60, 139	Chize (尺泽, Lu. 5), 22, 86, 95, 97, 227, 250

Treba reći da se izraz „akupunkturna tačka“ odomaćio kako na Zapadu tako i u Kini (kada se govori na engleskom), mada se ne radi o „tački“ nego o *xie* („pećini“) koja vodi od površine tela do odgovarajuće dubine (2–80 mm), gde se nalazi „čvorište“ koje je povezano „kanalima“ (glavnim *kvantnim informacionim magistralama* nastalim u toku embriogeneze). Kada igla dođe do odgovarajuće dubine tada se stvara osećaj *de qi* (blage obramrlosti).

Istraživanja ekstrabioaktivnih tačaka tela (informacionih „čvorišta“) na bazi mikrotubula, centriola i vode započeli smo 1976. godine (Koruga, 1984). Veliki podstek dobio sam te godine na Univerzitetu u Torontu u Kanadi, gde sam sa prof. Brusom Pomerancom imao prilike da razgovaram na ovu temu. On je istraživanja započinjao upravo tada, a 12 godina kasnije izdao je knjigu *Scientific Bases of Acupuncture* (Pomeranz and Stux, 1988 Eds.). Po povratku iz Kanade kod nas sam istraživanja iz ove oblasti nastavio sa prof. Antonijem Škokljevim na VMA, doajenom primene kineske medicine kod nas (Škokljev, 1976).



**Slika 8.19.** Sistem ekstabioaktivnih tačaka ljudskog tela kojih ima  $1+360+(6 \times 6) = 397$ , a koje generiše Fibonačijeva struktura od 9 tripleta (27 mikrotubula) (levo). Ova struktura se nalazi u svakoj ćeliji i glavna je molekularna mašina deobnog vretena.



**Slika 8.20.** Darwinov dijagram evolucije u 14 koraka (odvija se po drugom savršenom broju 28, preko Y hromozoma sa palindromskim sadržajem informacije: polovina isto što i celina  $\langle 28 \mid = \mid 14 \rangle$ ). Sa dijagrama se vidi da sve počinje iz jednog „trolista“ (ABCD, EF i GHJK), središnji deo se izbacuje (sve sem F kao „simetrala“ evolucije (prelom na X nivou) ostaju A i I, koje se granaju (princip Kantorovog random trijadnog skupa)). Grane različitih vrsta imaju različitu dužinu evolucije, neke odumiru, a neke nastavljaju dalju evoluciju (Darwin, 1989). Darwin je „video“ ono što je ispred njega, a što je, po Geteu, čoveku najteže da vidi: evoluciju biološkog sveta. Tako i danas, svakodnevno gledamo Sunce i Mesec, ali naš um ih još ne „vidi“, jer ih zbog dogmi gleda u „iskrivljenom ogledalu“.

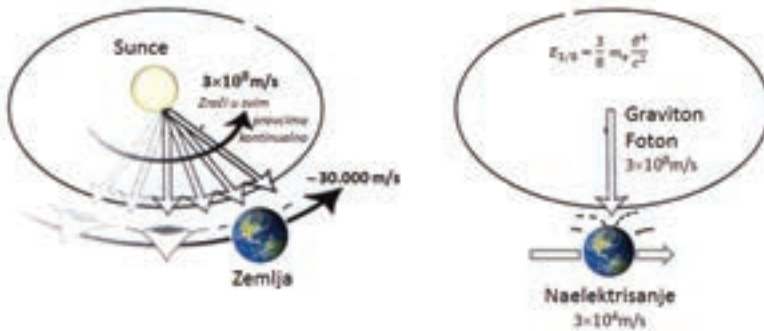


### 8.5. Energije $i^\perp E_3$ i $i^\perp E_4$

Vratimo se opštem zakonu energije (drugo poglavlje, izrazi 2. 17, 2. 19 i 2. 20) gde vidimo da po klasičnom pristupu (izraz 2. 17) prvi član je  $E_1 = mc^2$ , drugi  $E_2 = 1/2 mv^2$  dok su treći i četvrti

$$i^\perp E_3 = \frac{3}{8} m \frac{\vartheta^4}{c^2} \quad \text{i} \quad i^\perp E_4 = \frac{15}{48} m \frac{v^6}{c^4}. \quad (8.10)$$

Posmatrajmo sada slučaj kretanja Zemlje oko Sunca, kao što je prikazano na slici 8.21. Zbog lakšeg prikaza, uzećemo da je brzina fotona koji dolazi sa površine Sunca (ne iz unutrašnjosti Sunca, za to je potrebno 10.000 godina i više)  $c = 3 \times 10^8$  m/s, a prosečna brzina kretanja Zemlje oko Sunca  $\vartheta = 30.000$  m/s. Vektor brzine fotona ( $\vec{c}$ ) i vektor brzine Zemlje ( $\vec{\vartheta}$ ) upravni su u svakom trenutku.



Slika 8.21. Shematski prikaz ortogonalnog sistema Sunce–Zemlja ( $i^2 \perp i^4 = -1, -1^1$ ) sa dejstvom gravitona i fotona na naelektrisanje, a energija sistema  $i^\perp E_3$  proizvodi informacione efekte u biološkim strukturama, koje su inače nastale evolucijom pod njenim dejstvom.

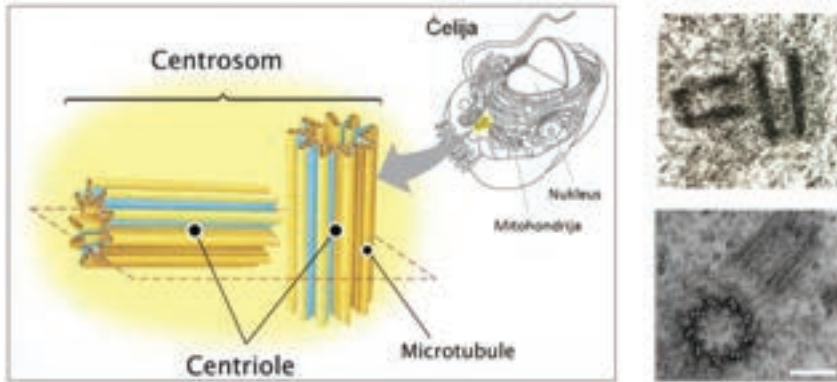
Ako vrednosti brzine fotona ( $c$ ) i brzine Zemlje ( $\vartheta$ ) uz uslov ortogonalnosti ( $i^2 \perp i^4 = -1, -1^1$ ) uvrstimo u izraz za  $E_3$ , tada dobijamo:

$$i^\perp E_3 = \frac{3}{8} m \frac{\vartheta^4}{c^2} = \frac{3}{8} m \frac{(3 \times 10^4)^4}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{3}{8} m \frac{81}{9} = \frac{3}{8} m \parallel 9 \parallel i^\perp \quad (8.11)$$

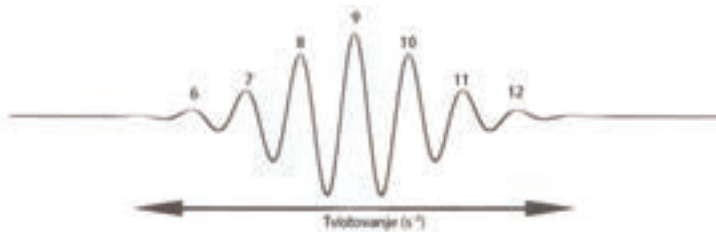
Vidimo da je ortogonalni odnos brzina po modulu 9 i da biološki senzor koji prima dejstva  $i^\perp E_3$  treba da bude ortogonalan i da se sastoji od 9 jedinica. Taj uslov zadovoljava par centriola koje su ortogonalne jedna na drugu i koje su sastavljene od 9 tripleta mikrotubula (za koje znamo da su senzori elektromagnetnih i gravitacionih dejstava) kao što je to pokazano na slici 8.21.

Centriole osciluju na više načina, kao elektronska, vibraciona i rotaciona struktura. Nas ovde interesuje fenomen oscilovanja preko tvistovanja (uvrtanja) (slika 8.24, *desno*). Centriola se na jednom kraju otvara (širi) a na drugom zatvara (skuplja). Zbog toga svaki triplet centriole može u odnosu na nulti preći ugao od  $300^\circ$  do  $420^\circ$  u jednom i drugom smeru

(gornji ili donji, odnosno levi ili desni deo centriole) i napraviti zaokret. Ako su centriole senzor *giftona* onda on može napraviti 6–12 tvistova (zaokreta) u sekundi, ali će 9 biti srednja i najčešća vrednost (slika 8.22). To je zato što *sekunda* nije proizvoljna jedinica, već je to 86.400 deo prostorno/temporalnog ikosaedra spina Zemlje i njenog kretanja oko Sunca.



**Slika 8.21.** Shematski prikaz para centriola (centrozom =  $2^1$  centriole + asociativne strukture) koji se nalazi u svakoj ćeliji (levo). Centriole su ortogonalne sve vreme (ako se njihova upravnost naruši, dolazi do funkcionalnih poremećaja ćelije). Eksperimentalni dokaz ortogonalnosti para centriola napravljenih elektronskim mikroskopom iz dva različita ugla (desno) (Glover, 1993, Alberts, 2002).

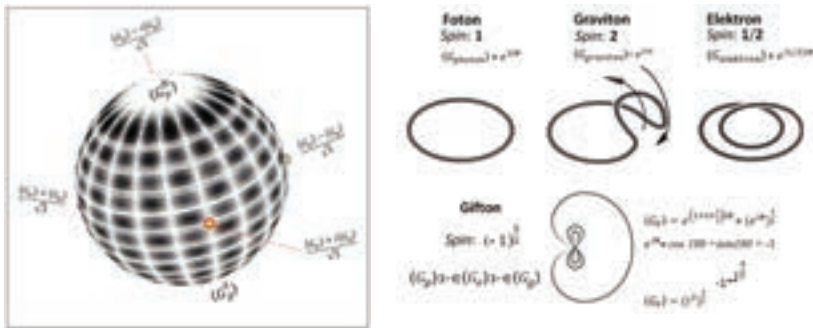


**Slika 8.22.** Tvistovanje centriole sa frekvencijama između 6 i 12 Hz (najčešća je 9 Hz).

Kod živih sistema, sa aspekta informacione fizike, dva glavna procesa su samoreprodukcija i učenje. Ova dva fenomena su međusobno povezana, jer *samoreprodukcija* je osnova za nastanak nove jedinice sa urođenim elementima za prilagođavanje na varijacije i prirodno odabiranje (*filogenetsko učenje*) i *učenje* koje je osnova za adaptaciju jedinice na njenu okolinu uz pomoć iskustva (*ontogenetsko učenje*).

Posmatrajmo sada autokorelaciju  $\langle p, g \rangle$  kao „superpoziciju“ gravitona i fotona na *gifton sferi* (klatrinu sa 36 triskeletona u kome učestvuju 3 fotona i 3 gravitona po triskeletonu). Neka sfera ima dva pola: severni, u oznaci  $\langle G_p^N \rangle$ , i graviton poziciju na južnom polu, u oznaci  $\langle G_g^S \rangle$ , i neka se autokorelacija (kvantna), ostvaruje na ekvatoru (slično kao što je to slučaj sa kvantnim stanjem elektrona na Blohovoj sferi i fotona na Poenkareovoj sferi). Autokorelacija u ovom smislu znači da će postojati uzajamno jednoznačna korespondencija između gravitona i fotona u prostoru triskeletona i giftona, pri čemu se zadržava incidentnost  $\langle G_p \rangle \ni \langle G_g \rangle$

(gifton preko elektrona triskeletona *kupluje* dejstva fotona i gravitona). Kuplovanje se ostvaruje preko ortogonalnog sistema Sunce – Zemlja ( ${}^{11}E_3$ ) čija je osnova  $e$  (optimalna energetsko-informaciona kodogena osnova). Tako dobijamo da klasični spin fotona, vrednosti 1, postaje pri kuplovanju *giftonski* spin  $e^{1i\pi}$ , graviton spina 2 postaje  $e^{2i\pi}$ , a elektrona  $1/2$  postaje  $e^{1/2i\pi}$ . Kuplovani Fibonačijev gifton  $\langle GF \rangle = e^{1i\pi} \times e^{2i\pi} \times e^{(1/2)i\pi} = e^{i\pi(1+2+1/2)} = (e^{i\pi})^{3/2} = -1^{(3/2)}$ , jer je  $e^{i\pi} = \cos\pi + i\sin\pi = -1$ . Krajnji rezultat je  $\langle GF \rangle = (i^2)^{3/2}$ , što pokazuje da je gifton *fraktalno* stanje fotona, gravitona i elektrona u interakciji sa Fibonačijevim strukturama (masom, energijom i informacijom). Dok se današnji koncept kvantane mehanike zasniva na  $i, h$  i 2D Hilbertovom prostoru, dotle se fraktalna mehanika bazira na  $i^2 = -1 = g_{55}$ ,  $\Phi/\phi$  i  $N = 0$  (D3, -2<sub>5</sub> D) Kantorovskom prostor-vremenu (videti poglavlje 2, tabela 2.2 i izraze 2.44 i 2.54).



**Slika 8.23.** Gifton sfera sa osnovna četiri autokorelaciona („superponirana“) stanja (levo). Predstavljanje spinova fotona, gravitona, elektrona i giftona (desno). Spin giftona je  $(-1)^{3/2} = (g_{55})^{3/2}$ , što je kompatibilna i komplementarna vrednost spinu gravitina (povezanog sa gravitonom) koji je po savremenim teorijama odgovoran za crnu materiju (po standardnom kosmološkom modelu univerzum se sastoji od 4,9% mase koju mi vidimo i opažamo, 26,8% tamne materije i 68,3% tamne energije).

Ako dva signala putuju istim brzinama (kao što je slučaj sa fotonom i gravitonom) i deluju na isti objekat, ali postoji vremenska razlika među njima (kao što je slučaj dejstava Sunca i Meseca), tada se može primeti autokorelacija dva signala *mesečevog*  $f_M(t)$  i *sunčevog*  $f_S(t+\tau)$ . Kod sistema Zemlja–Sunce–Mesec postoji više situacija koje u većini slučajeva deluju integralno, ali postoje i poremećaji. Centriola prima ove signale i heterodinuje ih (superponira oscilacije MT koje su senzori za gravitaciju sa sopstvenim oscilacijama centriole).

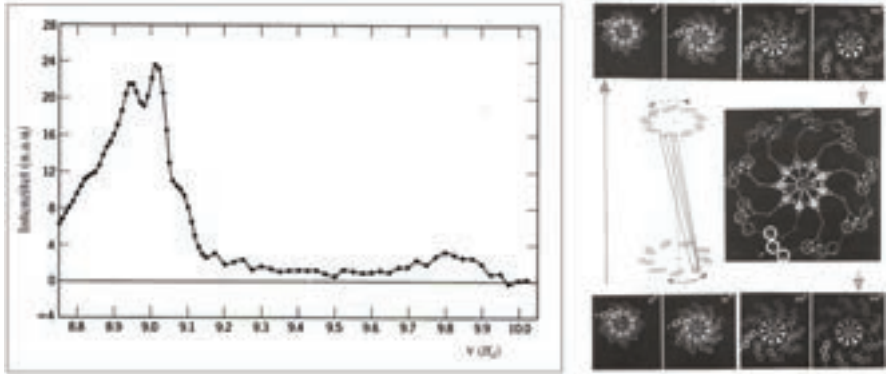
Sa slike 8. 19 (levo) vidimo da postoje 4 autokorelaciona („superponirana“) mesta, pa možemo napisati da je

$$4 \langle G_M | G_S \rangle = (G_M + G_S)^2 - (G_M - G_S)^2 \quad (8.12)$$

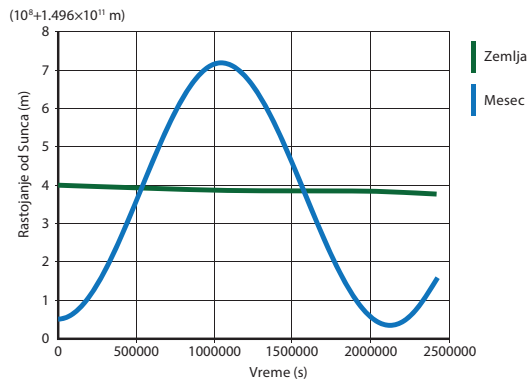
Kako mikrotubule (centriole) nose naelektrisanja, to će tvisovanjem, a pod uticajem gravitacionih dejstava, proizvoditi elektromagnetne signale. Eksperimentalna merenja i autokorelaciona izračunavanja EEG signala data su na slici 8. 20, levo (Wiener, 1965). Na dijagramu se uočavaju dva bliska pika, jedan na 9,05 Hz, a drugi na 8,93 Hz. Širina pika je 1 Hz (od 8,2 do 9,2 Hz), što ukazuje na to da je tvistovanje centriola bilo u vrlo uskim granicama oko srednje vrednosti od 9Hz (samo za 1 triplet mikrotubula bilo je odstupanja).



Kako su centriole i mikrotubule odgovorne za ekstrabioaktivne tačke tela (akupunkturne tačke), predstavimo i rezultate tog eksperimenta. U eksperimentu je učestvovalo 12 volontera, a analizirano je 1.000 akupunkturnih mesta (oko 28% svih akupunkturnih tačaka svakog ispitanika). Dobijene su vrednosti 6,72 Hz, 8,90 Hz i 11,50 Hz sa standardnim devijacijama 0,32 Hz, 0,40 Hz i 0,002 Hz (Cohen, 1998, Ćosić, 1984). Ovo znači da je tvistovanje centriola bilo za dva tripleta mikrotubula i ulevo i udesno. Međutim, srednja vrednost na bazi svih ispitanika je  $9,04 \pm 0,24$ . Ovo ukazuje na to da su za jedan tip EEG signala odgovorne centriole, kao i za akupunkturni sistem.



**Slika 8. 24.** Spektar EEG signala sa izrazitim pikom od 9,05 Hz (levo). Merjenja i obrada podataka (autokorelacijom i heterodinovanjem) vršena su na MIT (Wiener, 1965). Shematski prikaz (desno) tvistovanja centriola koje proizvode elektromagnetne talase (jer imaju „slobodna“ naelektrisanja na površini, kao i dipolne momente) pod uticajem energije  ${}^1E_3$  (koja u Fibonačijevim strukturama generiše kôdnu informaciju).



**Slika 8.25.** Zelena linija pokazuje promenu udaljenosti Zemlje, a plava Meseca u toku 30 dana. Udaljenost je razložena na  $10^8$  m, što je približno svetlost-sekunda, i drugi deo  $1,496 \times 10^{11}$  m. Ovde je faktor 1,496 uzet da bi se kriva Meseca poklopila sa astronomskim podacima. Vrednost 1,496 može se napisati kao  $1 + 496/100$ , i razviti u red sve do 496. člana, što je vreme fotona i gravitona na relaciji Sunce–Zemlja.

Vreme fotona i gravitona da stigne od Sunca do Zemlje varira od 8 minuta i 7 sekundi do 8 minuta i 25 sekundi, pa je prosečno vreme da stignu od Sunca do Zemlje 8 minuta i 16 sekundi, odnosno 496 sekundi. Da bi i gravitoni (koji putuju istom brzinom kao i fotoni a dolaze od Sunca i Meseca, kao i reflektovani fotoni od Meseca na površini Zemlje koja rotira, pa je korekcionni faktor  $\pm 12.600.000$  m) bili usaglašeni sa fotonima i gravitonima, fitovanje („peglanje“) vrši Mesec kao što je pokazano na slici 8. 21.

Centriole preko sopstvenog magnetnog polja mogu imati fenomen kvantne „upetljano-  
nosti“ (*entanglement*), što otvara mogućnosti za postojanje u našem telu informacionih „tunela“. Dve centriole su dinamički sinhronizovane („spregnute“), kao kada virtuozi baleta izvode veoma složene figure (slika 8. 22).



**Slika 8.26.** Centriole i „bioinformacione crvotočine“ kao način realizacije kvantnih informacija u ljudskom telu preko kvantnih polja. Zato u daljim istraživanjima treba preći sa kvantne mehanike (Šredingerove) na kvantnu teoriju polja, izgraditi nanofiziku (klasično-kvantnu fiziku) i uključiti opštu teoriju relativnosti (Penrouse,1999).

## 8.6. Sila entropije i fenomen života

Razmatranja o gravitaciji, drugom zakonu termodinamike i osnovama života data su u radu Lineververa i Egana (Linewearver, 2008). Međutim, u radu o ishodištu gravitacije u prirodi i Njutnovom zakonu za silu i inerciju Verlinde (Univerzitet u Amsterdamu) je dao novo viđenje sile gravitacije i zakona inercije (Verlinde, 2010). Kao što je poznato, Njutn je silu u klasičnoj mehanici definisao kao proizvod mase i ubrzanja

$$F = ma,$$

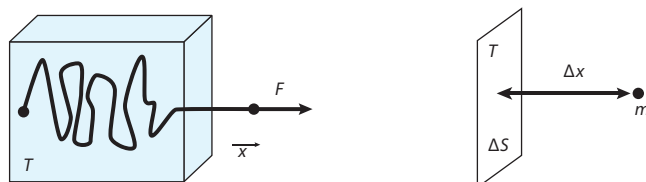
dok je Verlinde pošao od izraza za energiju i entropiju: proizvod sile i puta jednak je proizvodu temperature i entropije (pri čemu su put i entropija infinitezimalne veličine, pa se obeležavaju  $\Delta x$  i  $\Delta S$ ):

$$F \Delta x = T \Delta S. \quad (8.13)$$

Krajnji izraz za silu po Verlindu je

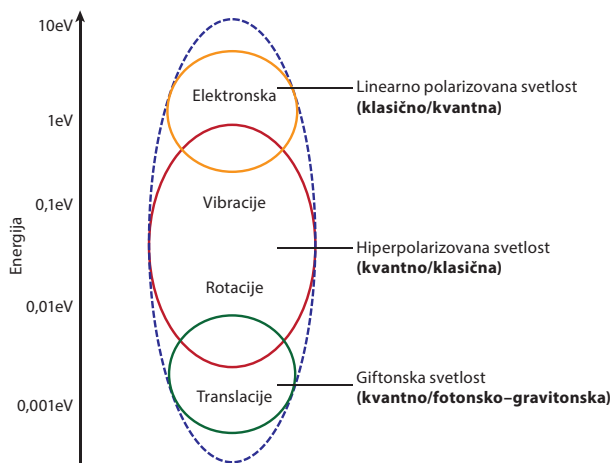
$$F = T \nabla S \quad (8.14)$$

kao proizvod temperature  $T$  i gradijenta entropije  $\nabla S$  ( $\nabla$  je operator po sve tri koordinate i naziva se *nabla*).



**Slika 8.27.** Slobodni polimer pod uticajem temperature nije više u ravnotežnom stanju i zbog toga napušta prostor u kome se nalazio (za rastojanje  $x$ ) (levo) i pri tome proizvodi silu na druga tela koja se nalaze u najbližem okruženju (desno) (Verlinde, 2010).

Ono što je zanimljivo za naše rezultate je fenomen postojanja *scenarija*, koji smo sa drugog aspekta iskazali u ovoj knjizi, a ovde se dolazi do sličnog rezultata, jer je po Verlindu prostor nastao kroz holografski scenario. Iz toga sledi da *gravitacija* nije ništa drugo nego *sila entropije* koja je povezana sa *informacijom* koja nam govori o mestu u prostoru materijalne tačke u svakom trenutku vremena. Na osnovu ove zamisli i *zakon inercije* svoje ishodište ima u entropiji.

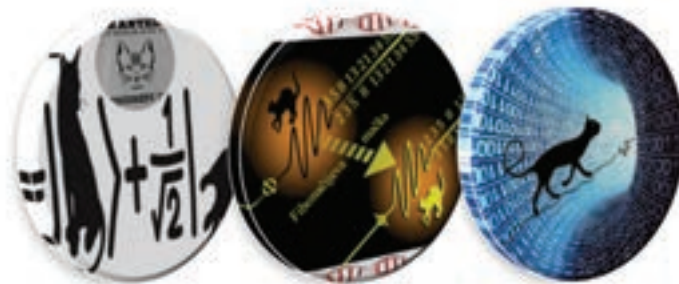


**Slika 8.28.** Prikaz četiri vrste energija (elektronska, vibaciona, rotaciona i translaciona) koje sa energetskeg aspekta determinišu funkcionisanje ljudskog organizma.

Sa aspekta biomedicinskog inženjerstva entropijski pristup fenomenima, koje smo razmatrali kao primere klasične mehanike, otvara nove mogućnosti. Jedna od njih je 5D (petodimenzionalni) *hirurški nož* (slično kao što smo pokazali u drugom poglavlju o 5D memoriji). U ovom slučaju lekar bi imao pomoću holografske slike (3D organ, tkivo, odnosno mesto koje treba da operiše) koja se formira van tela mogućnost da vidi šta radi pomoću „giftonskog energetsko-informacionog“ hirurškog „noža“ u organizmu, a da sa klasičnim hirurškim nožem ne seče telo. Pored mnogih benefita koje bi doneo „giftonski 5D hirurški nož“ ne treba zaboraviti i to da posle takvih hirurških zahvata ne bi bilo ožiljaka.

Za kraj ovog poglavlja možemo da zaključimo da su tri ključne nauke za razumevanja fenomena života i zdravlja: *kvantna fizika* (i sa njom kvantna medicina u simbolu Šredingerove mačke), *nanofizika* (i sa njome integralna klasično-kvantna medicina u simbolu Fibonačijeva mačka) i na kraju *fraktalna mehanika* (na bazi svetlosti, gravitacije i vode u simbolu mačke koja hoda po „vodenoj niti“ u susret jedinstvu fotona, gravitona i elektrona u „informacionoj crnoj rupi“, sa repom u simbolu osnove tog jedinstva  $\bar{e}$ ).

Šredingerova mačka je dobro poznata u nauci (mada neki misle da se još uvek traži), sa Fibonačijevom mačkom smo se upoznali u petom poglavlju. Ali postoji i treća mačka, sa kojom ćemo se ukratko upoznati, mačka fraktalne mehanike.



**Slika 8.29.** Simboli tri nauke: kvantne fizike (Šredingerova mačka), nano fizike (Fibonačijeva mačka) i fraktalne mehanike (Giftonska mačka). Simbol mačke je izabran za prikaz ovih nauka jer su one po prirodi stvari svoje glave (svoje), slično kao i biološke mačke. Šta je na poleđini svakog ovog „tokina“? (Pogledajte III stranu korice).

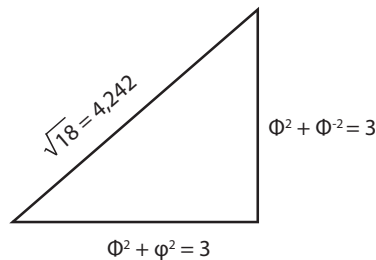
Ako autokorelaciju (superponiranje) posmatramo preko spinova 3, koji se ostvaruju u triskeletonu (klatrin), tada zbir ulaznih informacija o spinovima fotona i gravitona iznosi 3 (a kupluju se po zakonu  $\Phi^2 + \phi^2 = 3$ ), a 6 spinova elektrona (u atomu sa 6 elektrona) daće takođe 3, jer je  $6 \times 1/2 = 3$ , a kupluju se po zakonu  $\Phi^2 + \Phi^{-2} = 3$ , pa imamo da je autokorelacija takvog sistema:

$$4 \langle 3|3 \rangle = (3+3)^2 - (3-3)^2 = 36, \quad 8.15$$

što odgovara broju triskeletona, tj. zadovoljili smo uslov spinske autokorelacije fotona, gravitona i šest elektrona u heksagonu klatrina  $||36 \langle s_g | 3 | s_p \rangle ||$ . Tih 6 elektrona u heksagonima

klatrina moraju biti u rezonantnom spinskom odnosu sa 6 elektrona atoma koji ulaze u tu strukturu (hijerarhijska fraktalna povezanost). Znamo da je to atom ugljenika čija se elektronska konfiguracija od šest elektrona predstavlja u formi:  $1s^2 2s^2 2p^2$  [ $\uparrow\downarrow$ ,  $\uparrow\downarrow$ ,  $\uparrow\uparrow$ ]. Pošto je klattrin hijerarhijski rezonantna struktura sa ugljenikom, imamo još jednu zanimljivost: klattrin i molekul ugljenika od 60 atoma ( $C_{60}$ ) imaju isti broj čvorišta (zajednička mesta pentagona i heksagona), pa možemo reći da je klattrin sastavljen od 12 *pentagona* i *praznog prostora* (po površini lopte) ili od 20 *heksagona* i *praznog prostora* (po površini lopte). Drugim rečima, sistem klattrina sa 12 pentagona i 20 heksagona na njegovoj površini daje  $5 = 6$ , jer petougonaonici i šestougonaonici, zasebno posmatrano (sa praznim prostorom), daju istu strukturu. Zašto je važan *prazan prostor*? Odgovor je jednostavan, zapitajte se da li možete zamisliti *kuću* bez vrata i prozora (*prazan prostor*), samo sa zidovima. To ne bi služilo ničemu, zato je *praznina* (vakuum) isto tako važna kao i *punoća* (materija).

Vidimo da je drugi član u prethodnom izrazu za autokorelaciju jednak nuli, pa ostaje samo prvi član  $(3+3)^2$ , koji mora da zadovolji ortogonalnost zbog ortogonalnosti sistema fotona i gravitona koji dolaze sa Sunca i kretanja naelektrisanja (elektrona, u heksagonima klattrina). Ovo složeno spinsko kretanje proizvodi ortogonalni prostor ( ${}^{\perp} = [0,61803 - 0i^2] \oplus [0,61803 - 1i^2] = [\phi] \oplus [\Phi]$ ) koji ima svoju *fraktalnu informacionu dimenziju* koju računamo na sledeći način:

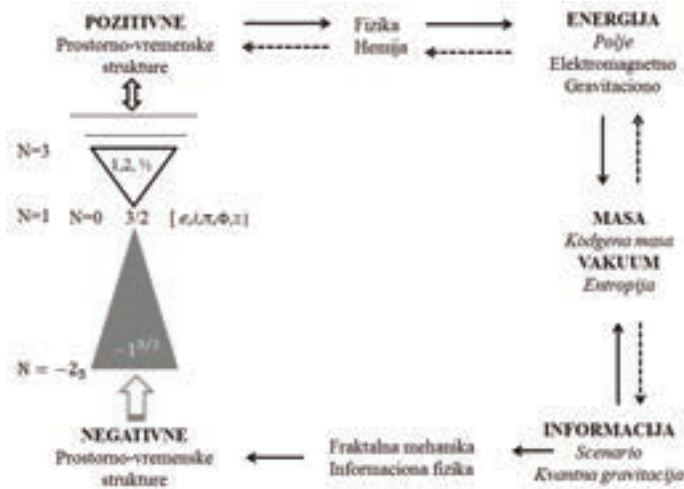


**Slika 8.30.** Prostorna ortogonalna dimenzija  $D = 4,242$  koja se realizuje u biomolekulima sa Fibonačijevim strukturama pod uticajem  ${}^{\perp}E_3$  (energija koja u sadejstvu sa Fibonačijevim strukturama generiše informaciju), fotona i gravitona Sunca, gravitona Meseca i reflektovane Sunčeve svetlosti od Meseca.

Vidimo da dimenzija *prostora* u kome dolazi do kuplovanja dejstava gravitona, fotona i elektrona nije celobrojna, već je 4,242, tj. fraktalna (Hausdorfova). Drugim rečima, kuplovanje ova tri entiteta nije moguće u „prostom“ 3D prostoru, već u *fraktalnom prostoru* koji je moguć između 4D i 5D. Taj prostor se formira u biomolekulima koji su Fibonačijeve strukture.

Kuplovanje gravitona, fotona i elektrona se ostvaruje preko *dejstva*, a ono je proizvod sile ( $F$ ), pomeraja ( $d$ ) i vremena ( $t$ ):  $A = F \times d \times t$ , pa zato proces autokorelacije (kuplovanja) nije čisto spinski i prostorni fenomen, već i vremenski, pa se mora naći dimenzija *prostorvremena*, jer pored kuplovanja fotona, gravitona i elektrona moraju se kuplovati *prostor* i *vreme* i dobiti *prostorvreme*. Uključivanje vremena i njegovo kuplovanje sa prostorom zahtevaće male korekcije vrednosti dimenzije prostora, ali uslov *ortogonalnosti*

i *aufgehoben*a mora biti zadovoljen i u sistemu *prostorvremena* (Goldblatt, 1987, Callahan, 2000). Kolika će biti razlika i kako treba da definišemo *prostorvreme* ovog *scenarija* (pazite, ne *sistema* nego *scenarija*, slika 8.31)? Isto tako ne upadajte u zamku, kao većina ljudi, da je *scenario* isključivo *deterministički*, jer „dragi Bog se *ne kocka*“, ali *baca kockice*.



Slika 8.31: Odnos pozitivnih i negativnih prostorno-vremenskih struktura (fraktalna mehanika kao nedostajuća nauka u sistemu nauka na bazi univerzalnih fizičkih konstanti – videti sl. 2.1 u poglavlju 2 i tabelu 2.2).

Kao što fizička realnost (svetlost, gravitacija i dr.) utiče na biološke strukture (Fibonačijeve) i stvara osnovu za filogenetsko i ontogenetsko učenje kod bioloških sistema, tako čovek treba da pronađe reverzibilni metod kojim treba da dođe do sistema dekodiranja stvarnosti. Kako to uraditi? Odgovor i rešenje ovog pitanja ostavljamo „strelci vremena“, kada se bude rešavao problem *giftonske svetlosti* i njene primene u biomedicini.

## Literatura

1. Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Watson, J.D., Molecular Biology of the Cell. Garland Publishing, 2002.
2. Albrecht-Buehler, G., Does the Geometric Design of Centrioles Imply Their Function? *Cell Motility*. 1:237-245;1981.
3. Ayres, R.U., Information, Entropy, and Progress: A New Evolutionary Paradigm, American Institute of Physics. New York, 1994.
4. Burger, H., Filozofija tehnike. Naprijed, Zagreb, 1979.
5. Callahan, J.J., The Geometry of Spacetime. Springer, New York, 2000.



6. Cohen, M., Behrenbruck, C., Ćosić, I., Shared frequency components between Schumann resonances, EEG spectra and acupuncture meridian transfer functions. *Acupuncture and Electrotherapeutic Research*, No.1: pp. 92-93, 1998.
7. Cartan, E., The theory of spinors. Dover Publications, New York, 1966.
8. Ćosić, I., Marinković, M., Veljković, V., Transfer functions of acupuncture Meridians. *Digital Signal Processing*, pp. 673-675, 1984.
9. Darwin, Ch., The Origin of Species. Oxford University Press, Oxford, 1998.
10. Doolittle, R., Similar amino acids sequences: Chance or common ancestry. *Science*, 214:149-197, 1981.
11. Euklid, Euklidovi elementi: Preveo i komentare napisao Anton Bilimović. Srpska akademija nauka, Matematički institut, Beograd, 1957.
12. Feynman, R.P., QED: The strange theory of light and matter. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 1985.
13. Glashow, S.H., The Charm of Physics. A Touchstone Book, New York, 1991.
14. Glover, D.M., Gonzalez, C., Raff, J.W., The Centrosome. *Scientific American*, No.6, pp. 62-68, 1993.
15. Goldblatt, R., Orthogonality and Spacetime Geometry. Springer-Verlag, New York, 1987.
16. Green, M.B., Schwarz, J.H., Anomaly Cancellations in Supersymmetric D=10 Gauge Theory and Superstring Theory. *Physics Letters B*, 149: pp. 117-122, 1984.
17. Green, M.B., Unification of forces and particles in superstring theories. *Nature*, 314: pp. 409-411, 1985.
18. Gruyitch, Ly., Time: Fields, Relativity and Systems. Lumina Press, 2006, ISBN-13 9781595266712.
19. Hill, R., A First Course in Coding Theory. Clarendon Press, Oxford, 1986.
20. Human Genome Lendmark, 2009: [www.ornl.gov/hgmis/posters/chromosome](http://www.ornl.gov/hgmis/posters/chromosome).
21. Isaacs, E.D., Covalency of the hydrogen bond in ice: A direct X-ray measurement. *Physical Review Letters*, 82, pp. 600-603, 1999.
22. Jafarkhani H., Space – Time Coding: Theory and Practice. Cambridge University Press, Cambridge, 2005.
23. Karafyllidi, I.G., Lagoudas, D.C., Microtubules as mechanical force sensor. *Bio-Systems*, vol. 88, pp. 137-146, 2007.
24. Koruga, Đ., Qi inženjering: Fenomen ekstara – bioaktivnih tačaka tela. Poslovna politika, Beograd, 1984.
25. Koruga, Đ., Neurocomputing and Consciousness. *International journal on Neural and Mass-Parallel Computing a Information Systems*, Vol.1, No 1: 32-38, 1991.
26. Koruga, Dj., Hameroff, S., Withers, J., Loutfy, R., Sundereshan, M., *Fullerene C<sub>60</sub>: History, Physics, Nanobiology, Nanotechnology*. North-Holland, Amsterdam, 1993.
27. Koruga, Dj., Informaciona fizika: U potrazi za naučnim osnovama svesti, st. 237-255, u knjizi SVEST: Naučni izazov 21. veka. ECPD, Beograd, urednici: Raković, D. i Koruga, Dj., Čigoja, Beograd, 1996.
28. Koruga, Đ., Tomić, A., Ratkaj, Ž., Gravity Potential Waves of Amplitude Nano-g on Earth's Surface. Proceedings BPU-5: Fifth General Conference of the Balkan Physics Union, August 25-29, 2003, Vrnjačka Banja, pp. 2199-2202, 2003.



29. Koruga, Dj., Classical and quantum information processing in DNA-protein coding, pp. 9-26, in book Ed. Obradović, B., Cell and Tissue Engineering. Springer, Berlin, 2012.
30. Levitt, H.M., Spin Dynamics: Basics of Nuclear Magnetic Resonance. John Wiley and Sons, Chichester, 2008.
31. Lineweaver, C.H, Egan, A., Life, gravity and second law of thermodynamic. *Physics of Life*, 5:225-242, 2008.
32. Mattick, S.J., Challenging the dogma: The hidden layer of non-protein-coding RNAs complex organisms. *BioEssays*, 25 (10) 930-939, 2003.
33. Moore, K.L., The Developing Human: Clinically Oriented Embriology. W.B. Saunders Company, Piladelphia, 1988.
34. Murphy, M.P. and O'Neill, What is Life? The Next Fifty Years: Speculations on the future of biology. Cambridge University Press, Cambridge 1995.
35. Nesvizhevsky, V.V., Borner, H.G., Petukhov, A.K., Abele, H., Baesier, S., Rueft, F.J., Stoferle, T., Westphal, A., Gagarski, A.M., Petrov, G.A., Strelkov, A.V., Quantum states of neutrons in the Earth's graviational field. *Nature*, 415: pp. 297-299, 2002.
36. Pantić, V., Embriologija. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Srbije, Beograd, 1973.
37. Penrose, R., Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe. Alfred A. Knopf, New York, 2011.
38. Penrose, R., The Large, the Small and the Human Mind. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
39. Rakočević, M.M., The genetic code as a Golden mean determined system. *Bio-Systems*, 46: 283-291, 1998.
40. Salam, A., Unification of Fundamental Forces. Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
41. Schrodinger, E., What is Life? Mind and Matter. Cambridge University Press, Cambridge 1967.
42. Swanson, A., A unifying concept for the amino acid code. *Bull.Math. Biology*, 46(2), 187-203, 1984.
43. Tomanaga, S-I., The story of spin. The University of Chicago Press, Chicago, 1997.
44. Šokljev, A., Akupunkturologija. ICS, Beograd, 1976.
45. The Academy of Tradicional Chinese Medicine: An Outline of Chinese acupuncture, Foreign language s Press, Peking, 1975. Prevod: srpsko izdanje Naučna knjiga, 1980.
46. Vedral, V., Decoding Reality: The Universum as quantum information. Oxford University Press, 2010 (srpsko izdanje LAGUNA, Beograd, 2014).
47. Verlinde, E., On the Origan of Gravity and the Laws of Newton. arXiv:1001.0785v1 [hep-th], 6 Jan 2010.
48. Wiener, N., Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine, The M.I.T. Press, Cambridge, 1965 (izdanje na srpskom, ICS, 1972).

# INDEKS



## **INDEKS**

### **A**

- adenin (A) • 10, 13, 295
- Ajnštajn, A. • 1, 10, 11, 26, 27, 28, 29, 32, 40, 42
- akupunktura • 13, 301
- akupunkturne tačke • 13, 277, 301
- angularni moment • 165, 184, 240, 244, 287, 288, 306
- astma • 3, 197, 226, 227
- aufgehoben • 22, 42, 141, 263, 282

### **B**

- bang-bang • 3, 118, 119, 171, 180, 181, 182, 183, 193
- Bining, G • 11
- biopton • 211, 216, 224, 226, 298
- bioritam • 262, 287
- Bloh, F. • 2, 94
- Blohova sfera • 2, 94, 95, 97, 181, 182, 275, 292, 301
- Bor, N. • 58, 59, 63, 67, 178
- Brusterov ugao • 159, 301
- brzina svetlosti • 28, 29, 31, 46, 71, 179, 250, 305

### **C**

- $C_{60}$  • 2, 3, 4, 52, 81, 82, 83, 85, 150, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 239, 240, 241, 244, 250, 281, 283, 305
- rotacije • 81, 82, 83, 91, 168, 171, 259

struktura • 2, 12, 68, 69, 81, 83, 94, 97, 98, 99, 104, 108, 114, 117, 118, 120, 121,  
 122, 123, 125, 128, 138, 142, 148, 149, 157, 162, 163, 165, 169, 170,  
 171, 172, 177, 178, 178, 182, 186, 187, 191, 205, 207, 223, 232, 240,  
 243, 244, 250, 251, 255, 261, 262, 263, 265, 273, 274, 281, 301, 303  
 vibracije • 131, 294  
 vibro-rotacije • 161, 173, 191, 288  
 $\pi$  elektroni • 170  
 centriole • 117, 118, 120, 122, 142, 177, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 301  
 cilije • 117, 118, 142, 162, 226, 301  
 citozin • 10, 13, 225

## Ć

ćelija • 115, 117, 125, 148, 160, 161, 163, 198, 199, 210, 213, 214, 216, 218, 220, 223,  
 230, 234, 236, 265, 269  
 ciklus • 122, 219, 222  
 deoba • 117, 266

## D

De Broj, L. • 59, 67  
 de qi • 302  
 determinanta sistema • 137  
 deterministički kaos • 2, 9, 181  
 DNA • 13, 163, 165, 250, 251, 252, 262, 264, 266, 267, 284

## E

EEG • 189, 197, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 276, 277  
 ekstabilne tačke • 272, 273  
 elektron • 67, 69, 71, 84, 96, 302  
   masa • 27, 28, 30, 41, 57, 58, 68, 71, 84, 114, 138, 249, 253, 254, 256, 259, 262  
   modeli • 68  
   naelektrisanje • 20, 43, 58, 67, 80, 84, 97, 98, 274  
   spin • 19, 50, 67, 68, 69, 82, 84, 94, 95, 177, 192, 255, 259, 261, 262, 276, 284,  
     302, 303, 305  
   tunelovanje • 64, 65, 66  
   veličina • 19, 20, 67, 72, 90, 177, 260, 301  
 embriogeneza • 13, 269  
   embrion • 266, 304  
   faze • 13, 91, 266, 268, 269  
   fetus • 104, 266, 304  
   svetlosni model • 2, 3, 13, 265, 268

## EMG •

energije • 31, 274

biomolekula • 14, 21, 71, 94, 98, 113, 130, 131, 148, 161, 162, 164, 165, 177, 178,  
191, 204, 240, 255, 266 $E_3$  • 168, 257, 274, 276, 277, 281, 305 $E_4$  • 31, 257, 274, 304

elektronska • 21, 94, 159, 161, 162, 164, 191, 204, 274, 279, 281

rotaciona • 82, 83, 161, 162, 164, 171, 181, 274, 279

translaciona • 67, 132, 155, 158, 255, 306

vibraciona • 131, 280

zračenja • 67, 132, 155, 156, 158, 255, 306

entropija • 130, 182, 207, 278

**F**

faktorijel • 30, 33, 34, 48, 306

fenomen punog meseca • 254, 255, 264, 265, 302

Fibonači, L. • 141, 142, 144

Fibonačijeva mačka • 254, 279

Fibonačijeve •

biološke strukture • 148, 149, 168, 169, 174, 262, 266, 280, 281, 282, 302, 303

svetlosne strukture • 169

Fibonačijevi brojevi ( $\Phi$ ,  $\phi$ ) • 142, 143, 145, 146, 302

flagela • 118, 303

fotoelektrični efekt • 11, 24, 26, 27

foton • 2, 11, 19, 20, 25, 26, 41, 50, 51, 69, 84, 165, 166, 167, 181, 255, 261, 262, 263,  
301, 306

orbitalni angularni moment • 168, 169, 185, 240, 306

spin • 261, 276

fraktalna dimenzija • 49, 303

fraktalna mehanika • 14, 282

Frenel, Ž-O. • 23

Frojd, S. • 114

fuleren • 81

**G**

Galilej, G. • 22, 23, 28

gama funkcija • 33, 34

Gibsova slobodna energija • 14, 97, 113, 128, 149, 157, 164, 178, 206, 213, 306

gifton • 262, 263, 275, 276, 280, 282, 303

kôd • 40, 249, 253, 260, 263, 264, 267, 270

sfera • 1, 36, 37, 43, 49, 50, 88, 94, 116, 140, 178, 179, 275, 276, 302, 303, 304, 305

gravitacija • 42, 51, 57, 71, 81, 170, 254, 257, 258, 259, 262, 279, 282, 303  
 gravitaciona konstanta • 27, 28, 43, 259, 289, 306  
 graviton • 3, 19, 42, 69, 255, 260, 261, 262, 263, 274, 275, 280, 303, 304, 305, 306  
 guanin (G) • 10, 13

## H

Hamilton, W. • 61  
 hamiltonijan • 2, 61, 62, 94, 173, 174, 263, 306  
 Hoking, S. • 68, 84  
 heliks • 94, 98, 99, 103, 123, 126, 239, 250, 251, 303  
     Dvostruki • 250  
 HOMO-LUMO • 188

## I

informacija • 9, 36, 89, 182, 202, 243, 254, 261, 262, 278, 280  
     klasična • 253  
     kvantna • 3, 27, 51, 63, 64  
     Šenonova • 182, 254  
 informaciona fizika • 260, 283  
 informacione crvotočine • 278

## J

jednačina energije • 60, 62, 63, 73, 90, 144

## K

Kaluca, T. • 42, 52  
 Kantor, G. • 47  
 Kantorov skup • 47, 48, 49, 50, 273, 276, 303  
 Kazimir • 45, 46  
 Kazimirova sila • 45, 305  
 klatriin • 2, 3, 12, 113, 114, 142, 149, 157, 162, 163, 165, 340, 243, 244, 250, 255, 262, 268, 275, 280, 281  
 Klajn, O. • 43  
 kôd • 40, 249, 253, 260, 263, 264, 267, 270  
     klasični • 21, 68, 84, 253, 262, 266, 276, 302  
     klasično-kvantni • 14, 52, 302  
     kvantni • 2, 14, 21, 38, 60, 63, 69, 71, 94, 120, 167, 177, 183, 255, 259, 266, 302, 306  
 kolagen • 97, 98, 122, 198, 200, 302  
     funkcija • 33, 60, 62, 63, 65, 117, 142, 163, 173, 213, 223, 260, 301, 303, 304, 305, 306



- organizacija • 12, 120, 125, 126, 135, 136, 156, 165, 168, 201, 249, 251
- oscilacije • 139, 276
- vlakna • 98, 99, 113, 125, 198, 199, 201, 210, 223, 235, 237
- koža • 12, 198, 210, 213, 223, 224, 233, 234, 236
  - bazalna membrana • 210
  - biofizičko stanje • 3, 197, 200, 205, 206
  - dermis • 199, 234, 235
  - epidermis • 217, 222, 234, 235
  - hipodermis • 198, 199, 202, 213
  - slojevi • 98, 204, 207, 219, 222, 234
  - tretman • 150, 157, 160, 203, 205, 206, 211, 214, 228, 231
- Kroto, H. • 83, 170, 186, 187
- kuplovanje • 262, 276, 281, 303
- kvantni bit (qubit) • 2, 94, 181, 183, 184, 291, 305
- kvantni harmonijski oscilator • 167, 291

## L

- Lagranž, Ž. L. • 61
- Lagranžova jednačina • 62, 291
- Larmor, Dž. • 95, 96
- Larmorove frekvencije • 291
- laser • 11, 155, 156, 157, 158, 161, 291, 304
  - snaga lasera • 162, 186, 291
  - primena u medicini • 160
- levitacija • 2, 44, 45, 291
- Londonove interakcije • 291
- LUMO • 189

## Lj

- Ljapunovljevi eksponenti • 291

## M

- Maksvelove jednačine • 24, 291
- Maksvel, Dž.K. • 24
- masa • 41, 67, 99
  - dimenzija mase 1 • 41
  - dimenzija mase  $3/2$  • 41
- maseni spektar • 187
- mikrotubule • 3, 12, 97, 101, 115, 116, 117, 120, 121, 149, 156, 157, 163, 165, 227, 230, 258, 262, 266, 267, 276, 277, 302, 305

molekul  $C_{60}$  • 83, 84, 170, 171, 172, 181, 182, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 244, 281, 305  
 heksagoni • 114, 171, 186  
 pentagoni • 114, 186  
 rotacija • 68, 156, 171, 177, 259, 304  
 tanki film • 181, 190, 242, 243

## N

nano • 164, 283, 299, 300  
 biofizika • 262, 265  
 filter • 93, 191, 193  
 generator • 4, 164  
 nanotehnologija • 1, 4, 188  
 5D • 33, 41, 43, 179, 262, 280, 281, 303  
 Nordstrom, G. • 42, 53

## O

OMIS • 104, 208  
 opekotine • 160, 197, 211, 215, 216

## P

Paskalov trougao • 145, 146  
 patent • 109, 150, 190, 193, 203, 208, 245  
 Penrouz, R. • 1, 27, 32, 36, 40, 125, 254  
 klasifikacija nauke • 32, 283  
 petodimenzionalnost (5D) • 2, 33, 39, 41, 43, 179, 262, 280, 281, 292, 293, 303  
 Plank, M. • 1, 25, 31  
 Plankova konstanta • 20, 25, 27, 31, 301, 304, 306  
 Poenkare, Ž. A. • 89, 90, 97  
 Poenkareova sfera • 2, 89, 184, 304  
 prostor • 40  
 2<sub>5</sub> • 3, 37, 38, 43, 44, 46, 48, 49, 51, 84, 276, 303  
 3D • 19, 41, 43, 44, 49, 81, 84, 99, 149, 170, 183, 249, 250, 262, 280, 281  
 5D • 2, 33  
 prazan • 58, 170, 281  
 prostorvreme • 40, 260, 261, 281, 282, 293  
 prostor-vreme • 40, 163, 165, 276  
 protein • 12, 13, 63, 94, 98, 99, 113, 114, 123, 127, 128, 130, 142, 163, 198, 199, 208, 216, 217, 223, 235, 239, 249, 250, 251, 253, 262, 263, 264, 26, 284, 301, 303

amino-kiseline • 129  
peptidne ravni • 2, 124, 125, 127, 251  
psorijaza • 218, 219

## R

raboš • 1, 2, 14, 168, 169, 293  
rane • 212, 214, 215, 218, 255  
  opekotine • 211, 215, 216  
  zarastanje • 214, 217  
rotacija • 188, 275, 280, 257

## S

savršeni brojevi • 270, 271, 272  
  četvrti savršeni broj • 270, 271, 272  
  drugi savršeni broj • 270, 271, 272, 275  
  prvi savršeni broj • 270, 271, 272  
  treći savršeni broj • 270, 271, 272  
sfera • 1, 36, 49, 50, 140, 179, 275  
  Blohova • 94, 95, 184, 301  
  jedinična • 36, 179, 116, 305  
  pakovanje • 116, 258  
  Poenkareova • 2, 89, 184  
  gifton • 276, 277  
  Fibonačijeva • 184, 302  
simetrija • 162, 163, 270  
  dodekaedarska • 162, 302  
  ikosaedarska • 114, 162, 164, 182, 191, 302  
  tačkaste • 60, 82, 114, 122, 125, 163, 172  
spin • 68, 276, 284, 305  
  elektron • 68, 95, 304  
  fotona • 1, 2, 3, 10, 11, 14, 19, 20, 25, 26, 27, 41, 42, 43, 44, 90, 91, 97, 159, 162,  
    164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 173, 174, 177, 178, 179, 180, 181, 182,  
    183, 184, 185, 191, 204, 207, 227, 239, 240, 244, 252, 260, 261, 262, 263,  
    265, 268, 274, 275, 276, 277, 278, 280, 281, 302, 303, 304, 305  
  pseudo • 262, 263, 293, 304  
STM • 11, 64, 65, 66, 81, 82, 83, 170, 171, 172, 173, 188, 306  
Stonier, T. • 15  
struktura • 12, 239, 252  
  atoma • 11, 19, 20, 24, 26, 57, 58, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81,  
    83, 99, 103, 127, 129, 134, 170, 172, 177, 178, 179, 186, 253, 263, 281, 305

- molekula • 1, 2, 3, 4, 12, 24, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 97, 99, 105, 123, 124, 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 155, 156, 157, 162, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 183, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 239, 241, 252, 263
- svetlost • 1, 9, 22, 23, 33, 89, 90, 157, 160, 162, 163, 174, 221, 240, 241, 252, 255, 261, 305
- cirkularna • 11, 94, 168, 304
- difuzna • 157, 158, 160, 161, 168, 191
- harmonici • 175
- harmonizovana • 240, 243
- hiperpolarizovana • 2, 3, 51, 168, 169, 204, 207, 222, 224, 227, 304
- horizontalno linearno • 294
- linearno polarizovana • 2, 24, 50, 93, 94, 97, 158, 162, 165, 204, 207, 239, 240, 304
- polarizovana • 160
- vertikalno linearno • 92, 94, 98, 99, 101, 185, 191, 204
- primena • 1, 93, 160, 210, 212, 213, 215, 217, 218, 221, 223, 226, 228, 230, 231, 233, 237, 238, 298
- akne • 197
- astma • 3, 226, 227, 228
- lumbalni bolni sindrom • 197, 230, 231, 232
- opekotine • 216, 217, 218, 219
- psorijaza • 3, 197, 219, 220, 243
- rane • 51, 197, 211, 212, 214, 215, 217, 218, 256
- spondilolistaza • 229, 230, 231m 232
- venska insuficijencija • 197, 234, 235

## Š

- Šredinger, E. • 2, 32, 59, 65, 67, 125, 254
- Šredingerova jednačina • 59, 60
- Šredingerova mačka • 254, 280

## T

- talasi • 23, 31, 59, 71, 73, 105, 173, 175, 255, 257, 258
- akustični • 105, 108
- elektromagnetni • 23, 71, 73, 90, 98, 255
- talasna funkcija • 60, 95, 260, 295, 305, 306
- talasni broj • 71, 90, 124
- Tesla, N. • 24, 25, 31, 52, 53, 157
- Tomson, Dž. Dž. • 11, 15, 85
- timin (T) • 10, 13

topologija • 91, 181  
topološka sličnost • 180  
torus • 179, 181, 183, 191  
triskeleton • 115, 266, 281  
tubulin • 116, 150, 258  
tvistovanje • 172, 178, 184, 275, 278

## U

ujedinjenje sila • 4, 42, 46, 169, 261, 265  
univerzum • 13, 46, 49, 51, 128, 157, 249, 265, 268, 276

## V

Van der Vals, J. D. • 73  
  interakcije • 76, 78, 79, 80  
Vedral, V. • 254, 260, 284  
vibracije • 2, 4, 12, 21, 41, 60, 72, 74, 83, 109, 115, 125, 131, 156, 161, 162, 163, 164,  
  165, 171, 172, 173, 175, 191, 192, 204, 279  
Viner, N. • 277, 278  
voda • 1287, 129, 131, 132, 133, 199  
  dijamagnetizam • 138, 139, 140  
  gubitak • 182, 198, 199, 200, 201, 223, 234, 236, 306  
  klasteri • 138, 140, 172  
  molekul • 12, 59, 81, 82, 97, 123, 127, 134, 135, 142, 170, 172, 175, 178, 181, 182,  
  183, 187, 188, 189, 190, 244, 250, 251, 281, 305  
  most • 99, 132, 133, 305  
  paramagnetizam • 3, 139, 140  
  plodova • 104, 105, 108  
vodonične veze • 72, 126, 148  
  kovalentne • 74, 75, 78, 99, 129, 134, 135, 136, 139, 250  
  nekovalentne • 78, 129, 134, 136, 139, 142, 207, 250, 253, 258  
vreme • 217, 278,  
  biološko vreme • 250, 251, 253  
  denaturacija vremena • 250, 251  
  strela vremena • 250

## Z

zigot • 13, 266, 267, 268, 270, 272  
zračenje • 155  
  IR • 132, 133, 156, 160, 306  
  lampe • 159, 161, 205

Sunca • 9, 31, 155, 156, 255, 258, 259, 263, 274, 275, 276, 278, 281, 305

UV • 25, 155, 156, 158, 160, 189, 191, 198, 209, 223, 234

## **Ž**

život • 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 14, 24, 25, 31, 33, 41, 52, 57, 78, 81, 97, 113, 128, 129,  
148, 156, 157, 167, 168, 198, 201, 213, 215, 218, 226, 228, 231, 234, 236, 249,  
254, 256, 257, 265, 275, 278, 280



## *Beleška o autoru*

Đuro Koruga je profesor biomedicinskog inženjerstva i nanotehnologija. Na Mašinskom i Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu odbranio je zajednički doktorat iz oblasti biomolekularnih energetske-informacionih procesa u ljudskom organizmu. Postdoktorske studije iz oblasti nanotehnologija i njihove primene u medicini završio je na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Arizoni. Godine 1985. osnovao je Centar za molekularne mašine na Mašinskom fakultetu u Beogradu, koji je 2002. godine prerastao u NanoLab. Osnovao je 2006. godine smer za Biomedicinsko inženjerstvo na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Bio je profesor na Univerzitetu u Arizoni (SAD) i Univerzitetu Čuo u Tokiju (Japan). Kao gostujući profesor predavao je na univerzitetima u SAD, Japanu, Kini i Južnoj Koreji. U periodu 1990–1998. godine, za vreme boravka u SAD, pored nastavne delatnosti bavio se i istraživanjima. Radio je na projektima NSF, NASA i DARPA, kao i na projektima privatnih investitora. Sa svojim istraživačkim timom, 1992. godine, pomoću STM-a dobio je prvu sliku molekula  $C_{60}$  sa atomskom rezolucijom. Pronalazač je metode opto-magnetne imidžing spektroskopije, pomoću koje je sa saradnicima razvio metodu skrininga, monitoringa i dijagnostike kancera grlića materice. Publikovao je oko 125 naučnih radova, od toga 54 u časopisima sa impakt faktorom. Autor je tri monografije i koautor šest knjiga. Dobitnik je Zlatne medalje „Nikola Tesla“ za pronalazak nano-harmonizujuće supstance i njene primene u kozmetici. Autor je tri US patenta, kao i još četiri prijavljena patenta iz oblasti biomedicinskog inženjerstva i nanotehnologija. Učestvovao je na mnogim domaćim i međunarodnim konferencijama i kongresima i saopštio preko 50 radova. Predsedavao je na dve međunarodne konferencije iz nanotehnologija i nanomedicine. Bio je rukovodilac pet projekata koje je finansiralo Ministarstvo nauke i tehnološkog razvoja SR Srbije i osam projekata iz saradnje sa privredom. Sada rukovodi istraživanjima primene hiperpolarizovane svetlosti u medicini u okviru Ordinacije opše medicine ZEPTER MEDICAL u Beogradu.



## *Beleška o saradnicima na poglavlju VII*

### *Primena hiperpolarizovane svetlosti u medicini*



Biljana Lučić, MD



Aleksandar Nešković, MD



Milica Komnenić, MD



Đuja Lazić, MD



Aleksandra Ignjatović, MD



Jelena Simić, MD



Daniela Mitrović, MD



Miloš Mladenović, MD



Zlatica Kecić, MD

**Dr Biljana Lučić:** doktor medicine, diplomirala na Medicinskom fakultetu u Beogradu 1993. godine. Odslušala specijalističke studije iz psihijatrije u periodu 1996–2000. godine. Usavršavala se u oblasti porodične terapije. U periodu 1995–2004. godine, kao osnivač privatne lekarske prakse, radila na pružanju zdravstvenih usluga na terenu. Od 2009. do 2016. godine radila u Zepter Internationalu, kao medicinski konsultant, timski menadžer, edukator, medijski promoter, a dve godine kao stručno lice za Bioptron medicinski aparat. Osnivač Ordinacije opšte medicine ZEPTER MEDICAL, 2016. godine. Učestvovala u dve studije, koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur 2016.

**Dr Aleksandar Nešković:** doktor medicine, diplomirao na Medicinskom fakultetu u Beogradu. Od 2008. do 2014. godine radio na poslovima asistenta i menadžera call centra. Radi u Zepter Internationalu na poslovima medicinskog konsultanta i izvršnog menadžera. Trenutno zaposlen u Ordinaciji opšte medicine ZEPTER MEDICAL. Učestvovao u jednoj medicinskoj studiji, koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 2016.

**Dr Milica Komnenić:** doktor medicine, diplomirala 2005. godine na Medicinskom fakultetu u Beogradu. Položila državni ispit i posle diplomanske studije iz zdravstvene politike i menadžmenta. Radila u Domu zdravlja Novi Beograd, KBC Bežanijska kosa, Hexalabu i DeSheli kao stručni konsultant. Sada radi u Ordinaciji opšte medicine ZEPTER MEDICAL. Na 54. Kongresu studenata biomedicinskih nauka Srbije saopštila rad, a koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 2017.

**Dr Đuja Lazić:** doktor medicine, završila 1986. godine Medicinski fakultet KUC Tuzla. U periodu 1986–1995. godine radila kao lekar opšte prakse u Domu zdravlja Srebrenik – Tuzla i Bjeljina. Od 1998. do 2002. odslušala specijalističke studije iz kliničke farmakologije, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu. Radila je od 1995. do 2012. na poziciji izvršnog direktora distribucije lekova i referenta za uvođenje HACCP i ISO standarda, kao odgovorno lice za farmakovigilansu. Od 2014. godine radi u Zepter Internationalu, na poslovima medicinskog konsultanta. Koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 2016.

**Dr Aleksandra Ignjatović:** doktor medicine, diplomirala 2013. godine sa prosečnom ocenom 9,11 na Medicinskom fakultetu u Beogradu. Bila demonstrator na predmetu Histologija sa embriologijom u periodu 2008–2012. Obavila pripravnički staž u Domu zdravlja Vračar i KBC Zvezdara 2013–2014. godine. U Zepter Internationalu radi na poslovima medicinskog konsultanta i menadžera za mogućnosti poslovne saradnje. Sada radi u Ordinaciji opšte medicine ZEPTER MEDICAL. Na 54. Kongresu studenata biomedicinskih nauka Srbije saopštila rad, a koautor je rada *Nano-Biophysical Approach*

*in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 20016.

**Dr Jelena Simić:** doktor medicine, diplomirala 2012. godine na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Prištini – Kosovska Mitrovica. Obavila pripravnički staž u Domu zdravlja i Zdravstvenom centru Kosovska Mitrovica. Učestvovala je na 50. i 51. Kongresu studenata biomedicinskih nauka Srbije sa radovima iz psihijatrije kao autor i kao koautor iz otorinolaringologije. Od 2014. do 2016. godine radila u Zepter Internationalu na poslovima medicinskog konsultanta. Sada radi u Ordinaciji opšte medicine ZEPTER MEDICAL. Koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 2016.

**Dr Daniela Mitrović:** doktor medicine, diplomirala 2005. godine na Medicinskom fakultetu u Beogradu. Položila državni ispit i posle diplomanske studije iz zdravstvene politike i menadžmenta. Radila u Domu zdravlja Novi Beograd, KBC Bežanijska kosa, Hexalabu i DeSheli kao stručni konsultant. Sada radi u Ordinaciji opšte medicine ZEPTER MEDICAL. Na 54. Kongresu studenata biomedicinskih nauka Srbije saopštila rad, a koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 20016.

**Dr Miloš Mladenović:** doktor medicine, diplomirao 2012. godine na Medicinskom fakultetu u Beogradu, završio specijalističke akademske studije 2013. godine, bio volonter u KCS i KBC Zvezdara. Sada radi u Ordinaciji opšte medicine ZEPTER MEDICAL na primeni linearno polarizovane i hiperpolarizovane svetlosti na kožnim oboljenjima. Učesnik je na četiri svetske konferencije i koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 20016.

**Dr Zlatica Kecić:** doktor medicine, diplomirala 2013. godine na Medicinskom fakultetu u Beogradu, radila u KBC „Dr Dragiša Mišović“ i Domu zdravlja Zvezdara. Za vreme poplava u proleće 2014. godine volontirala kao lekar i učestvovala na seminaru „Borba za zdravlje“. Koautor je rada *Nano-Biophysical Approach in medical Therapy by Hyperpolarized light*, saopštenog na VI Svetskom kongresu iz nano nauka i nanotehnologija, Singapur, 2016.

## Pojmovnik

### Glavni pojmovi, skraćenice i oznake

**Akupunktura:** anglosaksonski naziv za metodu lečenja koja je sastavni deo tradicionalne kineske medicine, kojom se reguliše funkcija organizma pod dejstvom pritiska, igala, toplote i elektromagnetizma na akupunkturne tačke.

**Akupunkturne tačke:** umrežena mesta u telu koja nastaju u embriogenezi i imaju svoju reprezentaciju na površini tela. Na kineskom ova mesta zovu se *xue* i znače pećinu, odnosno otvor koji vodi u dubine tela do kanala *jin* i *jang*, koji su povezani sa *wu ji*, prazninom (vakuumom).

**Blohova sfera:** prezentacija kvantnih stanja elektrona, pri čemu kvantna stanja elektrona  $|\uparrow\rangle|\downarrow\rangle$  ili  $|0\rangle|1\rangle$  predstavljaju polove sfere, dok su njihova četiri superponirana stanja predstavljena na ekvatoru sfere kao:  $1/\sqrt{2}(|0\rangle + |1\rangle)$ ,  $1/\sqrt{2}(|0\rangle - |1\rangle)$ ,  $1/\sqrt{2}(|0\rangle + i|1\rangle)$ ,  $1/\sqrt{2}(|0\rangle - i|1\rangle)$ .

**Brusterov ugao:** upadni ugao difuzne svetlosti pod kojim materija svetlost linearno polarizuje.

**Cilija:** mikrotubularna struktura sastavljena od 18 mikrotubula koje su raspoređene u paru kao eneade. Osnovni pokretački mehanizam jednoćelijskih organizama (kao što je paramecijum i dr.) i sastavni deo mnogih epitelnih tkiva složenih organizama.

**Centriola:** mikrotubularna struktura sastavljena od 27 mikrotubula koje su raspoređene u tripletu kao eneade. Par centriola je postavljen tako da su upravne jedna na drugu i predstavlja ćelijski organizacioni centar, glavna je molekularna mašina deobnog vretena.

**Centrosome:** kompleksna ćelijska struktura koja u svom sastavu, pored para centriola, sadrži vezivne proteine.

**Dejstvo:** proizvod fizičkih veličina čiji je rezultat veličina koja ima mernu jedinicu Js. Tako, na primer, Plankova konstanta ima svojstvo dejstva  $h = Ev$ ; bilo koje dejstvo na bazi sile ( $F$ ), pomeraja ( $d$ ) i vremena ( $t$ ):  $A = F \times d \times t$  ili spin (masa  $\times$  brzina  $\times$  prečnik).

**De qi:** fenomen koji subjekt doživljava kada akupunkturna igla dostigne odgovarajuću dubinu (praznina, vakuum). Prati ga osećaj blage obamrlosti, prožimanja unutrašnjeg dela tkiva suptilnim dejstvom.

**Ekstrabioaktivne tačke tela:** mesta u telu koja nastaju u toku embriogeneze kao singulariteti sinergijskog sadejstva nekovalentnih vodoničnih veza mikrotubula u ćeliji, kolagena u ekstracelularnom matriksu i vode u telu. Kod čoveka ih ima 397 i povezane su kvantnim enteglementom (kvantnom upetljanošću) 12 osnovnih i 2 centralna informaciona kvantna kanala.

**Elektron:** elementarna čestica, pripada familiji leptona, spin =  $\frac{1}{2}$ , mase  $9,109 \times 10^{-31}$  kg, naelektrisanja  $1,602 \times 10^{-19} C$ , veličine  $2,817 \times 10^{-15}$  m (klasični radijus), De Brojeve talasne dužine  $\Lambda = 1,23$  nm (1.000 puta manja nego talasna dužina fotona iste energije od 1 eV, čija je talasna dužina  $\lambda = 1.230$  nm).

**Eliptična polarizacija:** polarizacija svetlosti kada kod fotona postoji relativna amplitudna promena.

**Fenomen punog meseca:** Uticaj kuplovane reflektovane Sunčeve svetlosti od površine Meseca i mesečeve gravitacije na osobe kod kojih postoji biofizički Mebijusov efekat.

**Foton:** prenosilac elektromagnetne interakcije, pripada familiji bozona, spin = 1, brzina prostiranja u vakuumu  $c = 2,99 \times 10^8$  m/s, različite talasne dužine ( $\lambda$ ) i frekvencije ( $\nu$ ), pri čemu je  $c = \lambda\nu$ .

**Fibonačijevi brojevi:** niz brojeva koji za osnovu ima par  $[0,0!]$ , od koga se generišu brojevi tako da se sabiraju dva susedna broja dajući treći:  $0+0!=1$ ,  $0!+1=2$ ,  $1+2=3$ ,  $2+3=5...$  formirajući niz 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55... kod koga odnos dva susedna broja iz niza  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{5}...$  konvergira  $0,61803... = \phi$ , dok  $\frac{2}{1}$ ,  $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{5}{3}...$  konvergira  $1,61803... = \Phi$ , pri čemu je  $\Phi - \phi = 1$  i  $1/\phi = \Phi$ . Kako je  $\phi = \frac{1}{2}(\sqrt{5} - 1)$  i  $\Phi = \frac{1}{2}(\sqrt{5} + 1)$ , to je jedna od njihovih glavnih osobina ikosaedarska i dodekaedarska simetrija. Postoje četiri Fibonačijeva broja:  $\Phi$ ,  $\phi$ ,  $-\phi$ ,  $-\Phi$ , pri čemu su dva realne vrednosti  $\Phi = \frac{1}{2}(\sqrt{5} + 1)$ ,  $\phi = \frac{1}{2}(\sqrt{5} - 1)$  i dva kompleksna,  $-\phi = \frac{1}{2}(i^2\sqrt{5} + 1)$ ,  $-\Phi = \frac{1}{2}(i^2\sqrt{5} - 1)$ .

**Fibonačijeva sfera:** sfera sa polovima  $|1\rangle$  i  $|\sqrt{5}\rangle$  čija superpozicija na ekvatoru daje superponirana stanja  $\frac{1}{2}(|\sqrt{5}\rangle + |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(|\sqrt{5}\rangle - |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(|i^2\sqrt{5}\rangle + |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(|i^2\sqrt{5}\rangle - |1\rangle)$ . Površina sfere kôdirana je kompleksnim Fibonačijevim brojevima  $i^4\phi = 0,61803 + 0i^4$ , i  $i^4\Phi = 0,61803 + 1i^4$ , pri čemu su  $0i^4 = (0 \oplus |0\rangle)$  i  $1i^4 = (1 \oplus |1\rangle)$  klasično-kvantni kôdogeni elementi Fibonačijeve sfere, a vrednost 0,61803 je mera međuodnosa svih kôdogenih (KKK) elemenata sfere.

**Fibonačijeve strukture:** biomolekuli ili procesi koji poseduju simetrijsku osu 5. reda ili ikosaedarsku, odnosno dodekaedarsku simetriju.

**Flagela:** mikrotubularna struktura sastavljena od 18 mikrotubula, koje su raspoređene u paru kao eneade, i 2 centralne mikrotubule. Osnovni pokretački sistem kod jednoćelijskih organizama iz familije bičara, a kod složenijih organizama sastavni deo repa muške polne ćelije (spermatozoida).

**Fraktalna dimenzija:** necelobrojna vrednost prostorne ili prostorno-vremenske dimenzije.

**Gifton:** klasično-kvantno kuplovanje (autokorelacija) dejstava gravitacije, svetlosti i naelektrisanja u Fibonačijevim biološkim strukturama po zakonu  $5D(-2_5)$  Fibonačijeve (KKK) sfere: spin  $[(-1)^{3/2}=(i^2)^{3/2}=(g_{55})^{3/2}]$ .

**Gifton sfera:** viša fraktalna struktura Fibonačijeve sfere  $[\langle G^N \rangle, \langle G^S \rangle]$  tipa  $(1/\sqrt{3})(\langle G^N \rangle \pm i^n \langle G^S \rangle)$ , gde je N – severni pol, S – južni pol,  $n = 1, 2, 3$  i 4.

**Gravitacija:** fenomen atrakcije (privlačenja) tela sa masom, deluje na daljinu, proporcionalna je masama koje se privlače, a obrnuto proporcionalna kvadratu njihovog rastojanja.

**Graviton:** prenosilac gravitacionog dejstva, spin = 2, prostire se brzinom  $2,99 \times 10^8$  m/s.

**Gravitino:** prenosilac dejstva tamne materije i tamne energije, spin = 3/2.

**Hausdorfova dimenzija:** mera lokalne veličine niza brojeva (tj. „prostora“), uzimajući u obzir udaljenost između svake od njenih članova (odnosno, „tačkaka“ u „prostoru“). Može biti celobrojna ili necelobrojna vrednost. Pojam Hausdorfove dimenzije uveden je 1918. godine kada je matematičar Feliks Hausdorff objavio svoj rad iz ove oblasti. *Teorema:* Za bilo koju vrednost  $r > 0$  postoji fraktal sa Hausdorfovom dimenzijom  $r$  u  $n$ -dimenzionalnom euklidskom prostoru  $R^n$  ( $n \geq \lceil r \rceil$ ).

**Hiperpolarizovana svetlost:** stanja promene električnog polja fotona vertikalno linearne polarizovane svetlosti  $[-1,0,0]$  u horizontalno linearnu polarizovanu svetlost  $[1,0,0]$  na Poenkareovoj sferi po Fibonačijevom zakonu  $[\Phi, 1, \phi]$ .

**Kantorov trijadni skup:** skup koji se dobija kada se ma kojem nizu  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , sastavljenom od 0 ili 1, u formi skupa  $\{0,1\}_{1(N)}$ , pridruži realan broj  $\sum_{n=1}^{\infty} (2a_n)3^{-n}$  koji se preslikava na trijadni skup T. Postoji uniformni i random Kantorov trijadni skup (zovu se trijadni skupovi, ali su u suštini dijadno-trijadni skupovi). *Dužina* trijadnog skupa je 1, mada mu je *mera* 0.

**Kolagen:** protein koji se nalazi u ekstracelularnom prostoru i najzastupljeniji je protein u ljudskom telu. U njegov sastav ulazi 6 amino-kiselina koje formiraju  $\alpha$ -heliks. Postoje do sada poznate 24 vrste kolagena. Jedna od vitalnih funkcija kolagena je osnova bazalne membrane.

**Kuplovanje:** povezivanje dva ili više elemenata ili fenomena u jednu celinu koja ima nova svojstva.



**Laserska svetlost:** monohromatska (jedne talasne dužine) i koherentna (u fazi prostorno i vremenski) svetlost.

**Larmorova frekvencija:** frekvencija koja definiše kvantna stanja elementarnih čestica kao što su elektron ( $\omega_{\text{spin elektrona}} = 28,025 \text{ GHz}$ ) i proton ( $\omega_{\text{spin protona}} = 42,5781 \text{ MHz}$ ). Na osnovu ovih frekvencija napravljeni su uređaji EPR (elektron paramagnetna rezonanca) i NMR (nuklearna magnetna rezonanca).

**Linearno polarizovana svetlost:** uređenost fotona u ravni polarizacije po energijama fotona. Postoji vertikalna  $[-1,0,0]$  i horizontalna  $[1,0,0]$  linearno polarizovana svetlost, a definisanje se bazira na položaju vektora električnog polja u prostoru (vertikalno ili horizontalno).

**Moment količine kretanja:** Vektorski proizvod radijusa vektora  $r$  i količine kretanja  $p$ :  $L = \vec{r} \times m\vec{v}$ . Poznat još pod nazivima: moment obrtanja, moment impulsa, impulsni moment, ugaoni, impuls, zamah.

**Ortogonalni sistem:** takav sistem funkcija kod kojih je skalarni proizvod parnih eksponenata funkcije sistema jednak  $\pm 1$ , a skalarni proizvod neparnih eksponenata funkcije sistema jednak  $\pm i$  (primer  $i = \sqrt{-1}$ ,  $i^2 = -1$ ,  $i^3 = -i$ ,  $i^4 = +1$ , itd.). Kvantni sistem je deo ovog ortogonalnog sistema jer je  $QP-PQ = i\hbar/2\pi$ , gde  $P$  predstavlja poziciju entiteta u koordinatnom sistemu, a  $Q$  moment količine kretanja entiteta u  $P$ .

**Plankova konstanta:** univerzalna fizička konstanta, ima karakter *dejstva*, iznosi  $6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ .

**Plodova voda:** voda u kojoj se nalazi embrion i fetus za vreme embriogeneze. U svom sastavu ima materije koje fetus uzima i koje izbacuje.

**Poenkareova sfera:** reprezentacija klasifikacije vrsta polarizovane svetlosti, na polovima sfere su leva  $[0,0,-1]$  i desna  $[0,0,1]$  cirkularna polarizacija, a na ekvatoru su vertikalna  $[-1,0,0]$  i horizontalna  $[1,0,0]$  linearna polarizacija, odnosno linearna polarizacija pod uglovima  $+45^\circ [0,1,0]$  i  $-45^\circ [0,-1,0]$ . Kada se vrši promena linearne polarizacije fotona od vertikalne u horizontalnu po Fibonačijevom zakonu, dobija se hiperpolarizovana svetlost  $[\Phi, 0!, \phi]$ .

**Pseudospinsko sprezanje:** kuplovanje spinova preko njihovog dejstva u sredini koja je osetljiva na njihova dejstva.

**Pseudospin:** rotacija entiteta kod koga je došlo do pseudospinskog sprezanja spinova fotona, gravitona i elektrona.

**Savršeni brojevi:** klasa brojeva kod kojih zbir činilaca koji ga čine daje taj broj. Prva četiri savršena broja za koje su znali antički Grci su: 6, 28, 496 i 8.128. Zbir recipročnih vrednosti savršenog broja i njegovih činilaca je 2.



**Sinergija:** novi kvalitet sistema posle spajanja njihovih gradivnih elemenata.

**Spin:** fundamentalno kvantno svojstvo bozona ( $spin = 1$ ), fermiona (leptona i kvarkova,  $spin = 1/2$ ), hiksa ( $spin = 0$ ), gravitona ( $spin = 2$ ), gravitina ( $spin = 3/2$ ); ima karakteristiku dejstva (Js).

**Superponiranje:** proces sparivanja kvantnih bitova (*qubit*) elektrona  $|0\rangle$  i  $|1\rangle$  u četiri superponirana kvantna stanja:  $\frac{1}{2}(|0\rangle + |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(|0\rangle - |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(|0\rangle + i|1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(|0\rangle - i|1\rangle)$ , ili giftona  $|1\rangle$  i  $|\sqrt{5}\rangle$  u  $\frac{1}{2}(|\sqrt{5}\rangle + |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(|\sqrt{5}\rangle - |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(i^2\sqrt{5}\rangle + |1\rangle)$ ,  $\frac{1}{2}(i^2\sqrt{5}\rangle - |1\rangle)$ .

**Svetlost:** fenomen elektromagnetizma: skup fotona koji mogu biti različito uređeni.

**Tunelovanje elektrona:** kvantni fenomen da elektron može penetrirati barijeru i da izmenjena talasna funkcija može izvršiti dejstvo.

**Vodeni most:** fenomen kada voda pod dejstvom električnog polja formira most između dve posude i kada mlaz vode odoleva dejstvu gravitacije.

## Skraćenice i oznake

A	– dejstvo
$A_q = h$	– kvantno dejstvo $10^{-34}$ Js
$A_{q/c}$	– kvantno-klasično dejstvo $10^{-34} \leq A \leq 10^{-30}$ Js
$A_c$	– klasično dejstvo $A > 10^{-30}$ Js
$A_s$	– spinsko dejstvo
AFM	– mikroskop atomskih sila ( <i>Atomic Force Microscopy</i> )
ATP	– adenzin trifosfat
CNS	– centralni nervni sistem
$C_{60}$	– sferni molekul sastavljen od 60 atoma ugljenika
$c$	– brzina svetlosti
$c_0$	– brzina svetlosti u vakuumu
$C_0$	– jedinična sfera dimenzije $N = 0$
$C_n$	– jedinična sfera $N$ -dimenzionalnog prostora
$D_H$	– Hausdorfova dimenzija
GTP	– guanozin trifosfat
$e$	– osnova prirodnog algoritma 2,7128
$\ddot{e}$	– gifton (GIF)
$i_{\perp}$	– ortogonalni sistem tipa $i^2 \perp i^4$ ( $_{-1} \perp 1$ )
$i_{\perp} E_3$	– suptilna energija dinamike kretanja Zemlje oko Sunca
$i_{\perp} E_4$	– suptilna energija kretanja Sunca i Zemlje u galaksiji
$F$	– sila

$F_{cas}$	– Kazimirova sila
$F_M$	– magnetna sila
$F_E$	– električna sila
$G$	– univerzalna gravitaciona konstanta $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
$g$	– gravitaciona sila na površini Zemlje $9,81 \text{ m/s}^2$
$\bar{g}$	– graviton
$g_{mnp}$	– gravitaciono dejstvo <i>mikro, nano, piko</i> vrednosti od $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ $g_{110}^p$ – vrednost amplitude stalnog gravitacionog dejstva na površini Zemlje od $110 \text{ pg}$
$g_{55}$	– komponenta metričkog tenzora, vrednost -1.
$\Delta G^0$	– Gibsova slobodna energija
$i$	– imaginarna jedinica, vrednost $-\sqrt{-1}$
$K$	– apsolutna nula $-273,15 \text{ }^\circ\text{C}$
MFM	– mikroskop magnetnih sila ( <i>Magnetic Force Microscopy</i> )
STM	– skenirajući tunelski mikroskop ( <i>Scanning Tunneling Microscopy</i> )
TEWL	– gubitak vode kroz epiderm kože ( <i>Trans-Epidermal-Water-Loss</i> )
$\nabla$	– nabra, operator
$H$	– hamiltonijan
$H$	– entalpija
$L$	– angularni moment
MT	– mikrotubule
$M(r)$	– matematičko očekivanje
OAM	– orbitalni angularni moment
UVA	– ultravioletno zračenje tipa A
UVB	– ultravioletno zračenje tipa B
UVC	– ultravioletno zračenja tipa C
VIS	– vidljivi deo elektromagnetnog spektra
NIR	– blisko infracrveno zračenje
IR	– infracrveno zračenje
$h$	– Plankova konstanta
$\phi$	– Fibonačijev broj $0,61803\dots$
$i^4\phi$	– kompleksni Fibonačijev broj $0,61803 + 0i^4$
$\Phi$	– Fibonačijev broj $1,61803\dots$
$i^4\Phi$	– kompleksni Fibonačijev broj $0,61803 + 1i^4$
$\psi$	– talasna funkcija
$\hbar$	– Dirakova konstanta $(h/2\pi)$ ,
$\epsilon_0$	– električna permeabilnost vakuuma
$\mu_0$	– magnetna permitivnost vakuuma
$\epsilon_r$	– relativna električna permeabilnost sredine
$\mu_r$	– relativna magnetna permitivnost
$0!$	– nula faktorijel, vrednost 1
$\lambda$	– talasna dužina svetlosti
$\lambda_0$	– Kolmogorov eksponent
$\Lambda$	– De Brojeva talasna dužina
$r_*(r_{\pm})$	– hiperpolarizovani foton $\langle r_{\perp}, r_{\parallel} \rangle$