

Kvantno-hologramski okvir za rezonantne metode dijagnostike i terapije,  
SUIM, Beograd, mart 2017 / 2018.

# **MAKROSKOPSKI KVANTNI FENOMENI U BIOMAKROMOLEKULIMA I ŽIVIM ĆELIJAMA. KVANTNO-INFORMACIONA BIOFIZIKA I KVANTNO-INFORMACIONA MEDICINA: STANJE & PERSPEKTIVE**

Dejan Raković

Elektrotehnički fakultet, Beograd

[rakovicd@etf.bg.ac.rs](mailto:rakovicd@etf.bg.ac.rs)

[www.dejanrakovicfund.org](http://www.dejanrakovicfund.org)

[www.dejanrakovicfund.org/videogalerija.html](http://www.dejanrakovicfund.org/videogalerija.html)

Kurs duhovno-energetske medicine: biofizička osnova energijskih procesa u duhovno-energetskim terapijama, Udrženje za promociju i razvoj kvantne medicine Quantes & Sekcija za tradicionalnu medicinu SLD, Bgd, 19.05.2013.

# **OSNOVI KVANTNE FIZIKE I KVANTNO-INFORMACIONE BIOFIZIKE U BIOSISTEMIMA I LJUDSKOM ORGANIZMU**

**Dejan Raković**

**Elektrotehnički fakultet, Beograd**

[rakovicd@etf.bg.ac.rs](mailto:rakovicd@etf.bg.ac.rs)

[www.dejanrakovicfund.org](http://www.dejanrakovicfund.org)

[www.dejanrakovicfund.org/videogalerija.html](http://www.dejanrakovicfund.org/videogalerija.html)

## UVOD

Protekao je jedan vek od prvih otkrića kvantnih aspekata prirode, a ***kvantni zakoni mikrosveta*** su doživeli ogromnu tehnološku primenu u poluprovodničkoj mikroelektronici i mernoj tehnici, optoelektronici i laserskoj tehnici, računarskoj tehnici i telekomunikacijama, sa tendencijom dalje ekspanzije kroz minijaturizaciju poluprovodničkih naprava do nanometarskih dimenzija. Otkriće niskotemperaturnih i visokotemperaturnih superprovodnika pokazalo je da ***kvantni efekti mogu biti i makroskopski***, sa mogućnošću i daleko šire primene kvantnih tehnologija, pre svega u energetici i transportu, ali i u mikroelektronici i mernoj tehnici ultravisoke brzine i tačnosti.

Inicijalno, ***kvantna mehanika*** se pojavila kao teorija *mikroskopskih fizičkih sistema* (elementarnih čestica, atoma, molekula) i *pojava na malim prostorno-vremenskim dimenzijama*; tipično, kvantne pojave se tiču prostornih dimenzija reda veličine manjeg od 1 nm, i vremenskih intervala reda veličine manjeg od 1  $\mu$ s. Međutim, još je u ranoj fazi rada na zasnivanju kvantomehaničke teorije postavljeno pitanje ***univerzalnosti kvantne mehanike***, to jest pitanje opšteg važenja zakona kvantne fizike i za ***makroskopske pojave*** (koje se uobičajeno tretiraju metodima klasične fizike). U istoriji razvoja kvantne fizike, a posebno kvantne mehanike, ovo pitanje je povremeno ostavljano po strani iz vrlo različitih razloga, i po pravilu je smatrano teškim naučnim problemom. Situaciju u ovom smislu dodatno usložnjava postojanje različitih škola kvantne mehanike koje se spore oko fizičko-epistemološkog statusa tzv. *kolapsa (redukcije) talasne funkcije*. U ovom pogledu situacija ni danas nije bolja, te se može reći da je *problem opšteg važenja kvantne mehanike i danas otvoren [1-12]!*

Počev od 1980-ih Leget započinje novi period u izučavanju kvantno-mehaničkih pojava na makroskopskom nivou. Pokazalo se da se izraz ***makroskopski kvantnomehanički efekat*** mora ticati makroskopski različitih stanja, tj. stanja (i opservabli) sistema koji su nosioci makroskopskih osobina (i ponašanja) sistema kao celine. Pri tome, ta stanja (tj. observable) moraju biti i nosioci klasično-fizičkog ponašanja posmatranog sistema, te se kao zadatak nameće izbor fizičkih uslova pod kojima bi, eventualno, bilo moguće uočiti tipične kvantne efekte vezane za pomenuta stanja. [Kao paradigma makroskopskih, makroskopski različivih stanja jesu svojstvena stanja položaja (ili impulsa) centra mase višečestičnog sistema; za razliku od njih, takozvane relativne koordinate (kao observable) ne definišu makroskopski različiva stanja, niti su nosioci klasičnog ponašanja sistema, u bilo kojoj poznatoj fizičkoj teoriji ili eksperimentalnoj situaciji.]

Otuda i razlikovanje ***dva tipa*** makroskopskih kvantnih fenomena:  
(i) ***makroskopski kvantni fenomeni I vrste*** (koji se izučavaju metodima (kvantne) statističke fizike i ne tiču se makroskopski različivih stanja) i  
(ii) ***makroskopski kvantni fenomeni II vrste*** (koji se izučavaju metodima kvantne mehanike i tiču se (željenih) makroskopski različitih (različivih) stanja). Mnoštvo različitih *makroskopskih kvantnih fenomena II vrste*, kojima vredi pridružiti i neke koji padaju u brzo-razvijajuću oblast *kvantnog računarstva & informatike*, nedvosmisleno izoštravaju ukupnu problematiku univerzalnog važenja kvantne mehanike.

U kontekstu ***makroskopskih kvantnih efekata u biofizici***, dajemo najpre pregled istraživanja u domenu ***mikrotalasne rezonantne stimulacije aku-sistema & evanescentnih fotona u ćelijskoj i tkivnoj vodi & biofotona*** – sa dalekosežnim implikacijama u medicini i biologiji.

***Sit'ko i saradnici*** su na toj liniji ukazali na postojanje ***potrebnih i dovoljnih uslova*** za postojanje ***makroskopskih samosaglašenih potencijala*** (tzv. Landau-Haken tipa) duž akupunkturnih meridijana, sa EM MT svojstvenim frekvencijama zdravog i poremećenih stanja akupunkturnog sistema [13-17], ističući da su živi sistemi četvrti stupanj u kvantnoj lestvici Prirode (nuklearni-atomski-molekularni-biološki), koji se podvrgava specifičnim makroskopskim kvantnim zakonima ***Fizike živog***. Obavljena su EM MT merenja pomoću specijalno dizajniranog radiometrijskog sistema (na nivou inherentnih šumova  $\sim 5 \cdot 10^{-23} \text{ W/Hz}\cdot\text{cm}^2$ ), sa dobijanjem važnih ***karakteristika akupunkturnih kanala i tačaka*** [18]: kanali imaju prečnik 3÷5 mm na mestima izlaska na površinu u akupunkturnim tačkama; indeks prelamanja unutar kanala je  $n = 1$  kao u vazduhu, a u telu izvan kanala 5÷6; pri funkcionalnim poremećajima kanala, pri spoljašnjem EM MT fluksu  $10^{-21} \div 10^{-20} \text{ W/Hz}\cdot\text{cm}^2$  odgovarajuća akupunkturna tačka potpuno apsorbuje zračenje, dok pri fluksu većem od  $10^{-19} \text{ W/Hz}\cdot\text{cm}^2$  akupunkturne tačke potpuno reflektuju spoljašnje EM MT zračenje.

**Umezawa i saradnici** & **Del Giudice i saradnici** primenom formalizma spontanog narušenja simetrije u okviru kvantne teorije polja ukazali su na biološke sobnotemperaturske makroskopske kondenzate virtuelnih kvazi-čestica efektivne mase i nanelektrisanja, tzv. **evanescentne fotone u vodi** (nepropagirajuće / tunelirajuće longitudinalne modove kvantnog EM polja zarobljene bioškim makroskopski uredjenim lokalizacijama električnog dipolnog polja vode), kao moguću kvantu osnovu funkcionisanja ćelija generalno [19-22,23-28], dok su **Jibu i saradnici** ukazali na njih kao moguću kvantu osnovu svesti u mozgu [29-32]. Ubacivanjem specijalnih sondi, da se zarobljeni kvanti nepropagirajućih evanescentnih modova EM RF polja raseju u detektibilne propagirajuće modove, eksperimentalno je potvrđeno njihovo postojanje [33].

**Pop i saradnici** optičkim merenjima u mraku pomoću specijalno dizajniranog detektora uočili su da *biološki sistemi*, od bakterija do bioloških tkiva, *neprekidno emituju ultra-slabe fotonske emisije* (uglavnom u *vidljivoj oblasti* EM spektra, neeksponencijalnog slabljenja i specifične frekvencije i fazne i amplitudne modulacije za sve osnovne biološke i fiziološke aktivnosti), pa su fotoni tih ne-standardnih karakteristika nazvani **biofotoni** [34]. Uočeno je i da biofotonska emisija reflektuje sledeće važne **karakteristike**: zdravlje kao simetriju između leve i desne strane tela; bolest preko narušene simetrije između leve i desne strane tela; svetlosne kanale u telu koji regulišu transfer energije i informacije između različitih delova; biološke ritmove kao što su 14-dnevni, 1-mesečni, 3-mesečni i 9-mesečni.

Bazirano na principima **fotonskih kristala & fotonskog bandgap-vođenja** (gde bi konfinacija fotona u nisko-indeksnom 3D kanalnom defektu mogla biti postignuta korišćenjem fotonske bandgap-refleksije okolnog više-indeksног (kvazi)periodičnog medijuma [35]), čini se da eksperimenti **Sitka i saradnika** sugerиšu zanimljivu mogućnost da se **nisko-indeksni  $n = 1$  akupunktturni kanali** razmotre kao **3D fotonsko-kristalni kanalni talasovodi propagirajućih EM MT fotona** [36] (utičući povratno na strukturu & jonsku provodljivost kanala [13-17]), **konfinirani izvan-kanalnim više-indeksним (kvazi) periodičnim celularnim telesnim medijumom** (sa  $n = 5 \div 6$  u ćelijskoj citoplazmi i  $n \gg 1$  u ćelijskoj membrani metabolički zavisne ekstremne polarizacije zapreminske jonske gustine [37]) sa **ne-propagirajućim EM MT evanescentnim fotonima**.

Takođe, gore pomenuti kvantno-teorijski formalizam **Umezawe i saradnika** & **Del Giudicea i saradnika**, sugerише dublje biofizičko poreklo **evanescentnih fotona u vodi**, čiji bi **povezani-sa-EM poljem makro-kvantni kondenzati** mogli biti osnova tradicionalno široko prisutnih (ali naučno slabo shvaćenih!) koncepata **ći / prana** energetsko-informacionog **akupunktturnog systema / svesti**, **detektabilnih unutar nisko-indeksnih akupunktturnih kanala** & **ne-detektabilnih izvan njih** (sa mogućom generalizacijom sa evanescentnog EM polja na evanescentno jedinstveno polje, na liniji sa širim tradicionalnim shvatanjem pojmoveva **ći / ki / prana / mana / pneuma / nestvorena svetlost – kao sveprožimajuće kosmičke kvintesencije** [38-44]).

Ovi tradicionalni holistički koncepti mogu biti podržani i fundamentalnim ***holografiskim principom*** [45] prema kome je svaki (3D) fizički sistem *izomorfan* holografskoj informaciji utisnutoj na njegovoj (2D) površini, što implicira da bi kvantno-informacioni sadržaj našeg 3D tela mogao *biti holografski sadržan* u odgovarajućem 2D površinskom sloju – *na liniji* sa našim makroskopskim ***kvantno-informacionim hopfieldovskim holograf-skim psihosomatskim okvirom*** i prepostavljenom ***bliskom vezom akupunktturnog sistema & svesti*** [38-44] (što podržavaju i nove *meridijanske (psiho / energetske) terapije*, sa brzim uklanjanjem trauma, fobija, alergija, post-traumatskog stresa i drugih psihosomatskih poremećaja, kroz simultane efekte *emocionalno-angažovanih vizualizacija* psihosomatskih problema & *tapkanje / dodirivanje* propisanih akupunktturnih tačaka [46]) – o čemu će biti detaljnije reči u narednim odeljcima.

# MAKROSKOPSKI KVANTNI EFEKTI U BIOMOLEKULIMA I ŽIVIM ĆELIJAMA

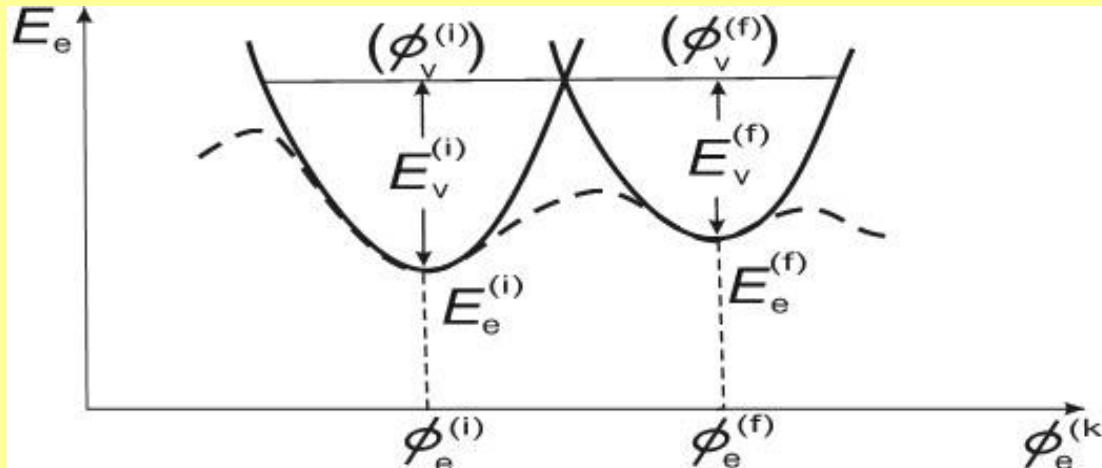
U kontekstu **egzistencije i promene konformacije biomolekula**, treba istaći da operatori **Hamiltonijana & Konformacija ne komutiraju(!)**,  $[\hat{H}, \hat{K}] \neq 0$ , pa kvantna dekoherencija (QD) omogućava pojavu svojstvenih **konformacionih stanja biomolekula** iz svojstvenog **energetskog stanja izolovanog biomolekula** – kroz interakciju biomolekula sa *bližim okruženjem*, kada se kroz QD selektira jedno od svojstvenih konformacionih stanja  $K_k$  biomolekula iz svojstvenog energetskog stanja  $E$ , izolovanog biomolekula (pošto je prethodno inicialno bliže okruženje isključeno tj. jedino je *uključen samo-Hamiltonijan biomolekula*, kao dobra aproksimacija kada se interakcija sa okruženjem može uračunati preko *povezanoga-sa-poljem potencijalnog člana samo-Hamiltonijana*) [36].

Potom se QD-selektirano jedno od svojstvenih konformacionih stanja  $K_k$  biomolekula (*uključenjem interakcionog-Hamiltonijana sa bližim okruženjem*) može **eksitirati** daljim spoljašnjim pobuđenjima (fotonima...) u jedno od svojstvenih eksitiranih **energetskih stanja  $E_f$**  (kada je *modifikovani samo-Hamiltonijan biomolekula ponovo dobra aproksimacija!*)...

I to **fluktuiranje između stanja energije i konformacije** se ponavlja (v. Sl. 1):

$$\begin{aligned} |\Phi_i\rangle_{QS}^E |\Psi_i\rangle_{QE}^E &= \sum c_j |\Phi_j\rangle_{QS}^K |\Psi_j\rangle_{QE}^K \xrightarrow{QD} |\Phi_k\rangle_{QS}^K |\Psi_k\rangle_{QE}^K [\rightarrow \rho_{\Phi\Psi}^K] \xrightarrow{+\Delta E_{exc}} \\ &= \sum c_l |\Phi_l\rangle_{QS}^E |\Psi_l\rangle_{QE}^E \xrightarrow{-\Delta E_{deec}/QD} |\Phi_f\rangle_{QS}^E |\Psi_f\rangle_{QE}^E [\rightarrow \rho_{\Phi\Psi}^E] = \dots \end{aligned}$$

i može se **observirati** primenom metoda **eksperimentalne molekularne biofizike** – tako postajući **paradigma makroskopskih kvantnih fenomena II vrste**.

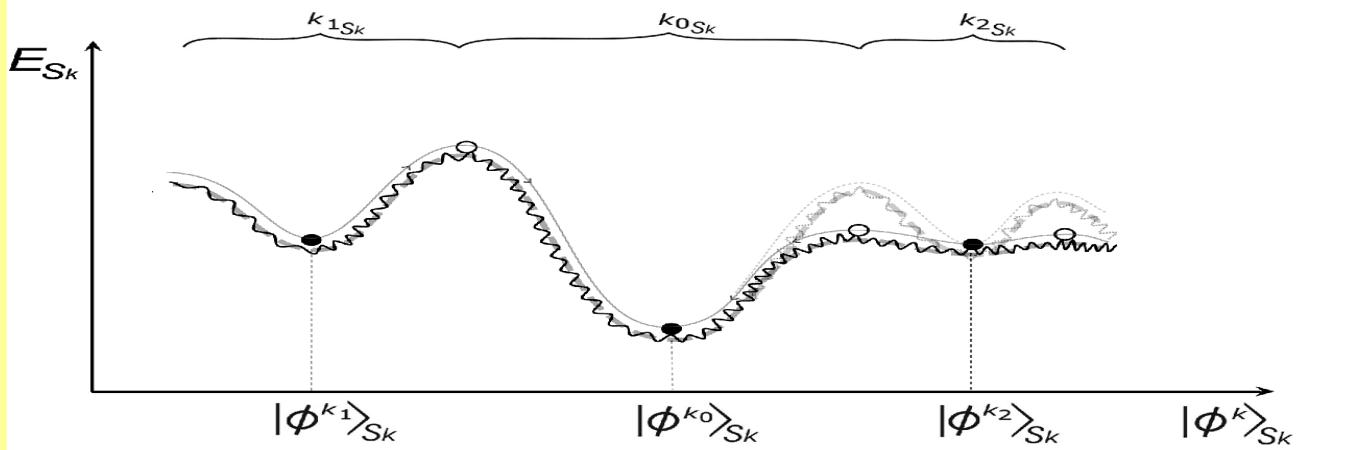


**Slika 1.** (Kvazi)klasični problem **više-elektronske hiper površi**  $E_e(\phi_e^{(k)})$ , kao potencijalne energije za adijabatski dekuplovan Q1D vibracioni i konformacioni sistem (sa lokalnim minimumima kao semi-klasičnim 'pozicijama', tj. više-atomskim izomernim konfiguracijama na više-elektronskoj hiper površi (isprekidana linija na slici)) - adijabatski loše-definisane pri prelasku između dva bliska lokalna minimuma - zamenjuje se u okviru teorije neradijativnih rezonantnih prelaza *bolje definisanim problemom dve (virtuelno presecajuće) izomerne više-elektronske hiper površi* (hiperparaboloida) koji služe kao potencijalne hiper površi za dva vibraciona (izomerna) problema (*puna linija* na slici). Prema ovakovom prilazu, **spoljašnjom perturbacijom** izomera, na samom preseku ovih hiper površi ispunjeni su uslovi za **elektronsko-vibracione neradijativne rezonantne prelaze** između dva izomera (*i, f*): u prvoj aproksimaciji matrični element **dipolnog prelaza** iz *i*-toga u *f*-ti izomer jednak je  $\mu^{(i,f)} \approx \mu_e^{(i,f)} S_v^{(i,f)} + \mu_v^{(i,f)} S_e^{(i,f)}$ , i očito je da će prelaz između dva izomera biti **dozvoljen** kada komponente odgovarajućih dipolnih momenata,  $\mu_e^{(i,f)}$  and  $\mu_v^{(i,f)}$ , i integrala prekrivanja,  $S_v^{(i,f)}$  i  $S_e^{(i,f)}$ , **ne isčezavaju!** Takođe, tokom ovih *rezonantnih prelaza* perturbovani biomolekularni sistem je kratkotrajno opisan **kvantno-koherentnom superpozicijom**  $(\phi_e^{(i)} \phi_v^{(i)} \pm \phi_e^{(f)} \phi_v^{(f)})/\sqrt{2}$ , pre njene **kvantne dekoherencije** u finalno elektronsko stanje  $\phi_e^{(f)}$  ili u inicijalno elektronsko stanje  $\phi_e^{(i)}$  (sa potonjim deeksitacijama u niža vibraciona stanja).

Tako, ***u otvorenom ćelijskom okruženju biomolekula***, promena njegove konformacije može se razmatrati kao *suptilna igra između svojstvenih stanja energije & konformacije* (upravljana lokalnim kvantno-hemijskim i kvantno-dekoherentnim zakonima), i u tom scenariju ***Levintalov paradoks iščezava***.

Takođe, ***u otvorenom ćelijskom okruženju sistema od  $N_k$  neinteragujućih & dinamički nespregnutih proteina*** identičnih po svojoj primarnoj hemijskoj strukturi (i njihovih biomolekularnih meta), oni se mogu razmatrati kao ***globalni prostorni kvantni ansambl od  $N_k$  identičnih procesora***, dajući prostorno distribuirano kvantno rešenje za odgovarajuće lokalno savijanje jednog lanca (i za ključ-brava proces prepoznavanja) – čija se ***vremenski-adaptirajuća gustina konformacionih stanja***  $\hat{\rho}_{S_k}^k(t)$  može predstaviti i kao ***globalna ćelijska Hopfieldova kvantno-holografска asocijativна neuronska mrežа*** (v. Sl. 2). [Pri tome je usvojena ***ergodična hipoteza***, tj. stanje blisko termodinamičkoj ravnoteži  $N_k$  proteina u dekoherencijski-selektovanim (stacionarnim) konformacijama (koja nije ispunjena u (nestacionarnim) konformacionim prelazima, indukovanim jakim interakcijama sa okruženjem, što se može ostvariti daleko od termodinamičke ravnoteže (i slučaj je metaboličkih procesa u biološkim ćelijama!)).]

Ili da generalizujemo, niz svih k okruženjem-pokretanih ***lokalnih biohemijski spregnutih reakcija*** mogao bi se ***ekvivalentno razmotriti*** kao niz k odgovarajućih ***globalnih Hopfieldovih kvantno-holografski spregnutih slojeva asocijativnih neuronskih mrežа*** – dajući ***ekvivalentnu globalnu kvantno-informacionu alternativu*** molekularno-biološkom lokalnom biohemijskom pristupu u ***biomolekulima & ćelijama (kao i višim hijerarhijskim nivoima organizma)*** [36].



**Slika 2.** Šematska prezentacija adaptacije memorijskih atraktora u prostoru energija-stanje ( $E_{S_k}(\phi^k)$ ) **kvantno-holografske memorije** različitih hijerarhijskih nivoa biološkog **makroskopskog otvorenog kvantnog sistema  $S_k$**  (*lokalnog ćelijskog ferment / supstrat, lokalnog telesnog akupunkturni sistem / svest, nelokalnog van-telesnog svest / kolektivna svest*):

$$G(r_2, t_2; r_1, t_1) = \sum_{i=1}^P \phi^{k_i}(r_2, t_2) \phi^{k_i*}(r_1, t_1) = \sum_{i=1}^P A_{k_i}(r_2, t_2) A_{k_i}^*(r_1, t_1) e^{\frac{i}{\hbar}(\alpha_{k_i}(r_2, t_2) - \alpha_{k_i}(r_1, t_1))}$$

Treba istaći da je Priroda verovatno izabrala elegantno rešenje za **biološko sobno-temperatursko kvantno-holografsko procesiranje informacija**, stalno fluktuirajuće između kvantno-koherentnog stanja  $|\phi^k(t)\rangle_{S_k} = \sum_i c_{k_i}(t) |\phi^{k_i}\rangle_{S_k}$  i

klasično-redukovanih stanja  $\hat{\rho}_{S_k}^k(t) = \sum_i |c_{k_i}(t)|^2 |\phi^{k_i}\rangle_{S_k} \langle \phi^{k_i}|$  biološkog makroskopskog otvorenog kvantnog sistema  $S_k$  kroz nestacionarne EM interakcije sa van-telesnim daljim okruženjem i kroz dekoherenciju telesnim bližim okruženjem. Tako bi **kvantna neuronska holografija** kombinovana sa **kvantnom dekoherencijom** mogla biti veoma značajan element **povratno-spregnute bioinformatike**, od nivoa ćelije, preko nivoa organizma, do nivoa kolektivne svesti, sa **povratnim dinamičkim uticajem na ekspresiju genoma**. Ovo ukazuje i na **neophodnosti** kvantno-informacionog sukcesivnog **biorezonantnog balansiranja** svih neželjenih bočnih memorijskih atraktora (poput  $\phi^{k_2}$  na slici), koji bi vremenom na individualnom nivou doveli do razvoja **psihosomatskih bolesti**, a na kolektivnom nivou do **meduljudskih sukoba** u ovoj i/ili narednim generacijama.

## KVANTNO-INFORMACIONI OKVIR PSIHOSOMATIKE

Savremena medicina dugo je stavljala akcenat na „alopatski-dozirane ne-ekonomične“ **visoko-medikamentozne** medicinske tehnologije. Nasuprot tome, poslednjih godina sve veći značaj dobijaju bioadekvatne „homeopatski-dozirane ekonomične“ **biorezonantne kvantno-informacione** medicinske tehnologije, vezane za korišćenje takvih vrednosti energija polja, koje se pojavljuju pri normalnom funkcionisanju ljudskog organizma [38-44,47-55].

Tako, savremena istraživanja psihosomatskih bolesti ukazuju na nužnost primene **holističkih metoda**, orijentisanih na **lečenje čoveka kao celine**, a ne bolesti kao simptoma poremećaja te celine, implicirajući njihovo **makroskopsko kvantno poreklo** [38-44,47-55]. U fokusu ovih kvantno-holističkih metoda jesu telesni **akupunktturni sistem & svest** – koji u Fejnmanovoj propagatorskoj verziji kvantne mehanike imaju **kvantno-informacionu strukturu kvantno-holografiske Hopfieldove asocijativne neuronske mreže** [56] – sa veoma značajnim psihosomatskim implikacijama [38-44,47-55].

U tom smislu, treba dodati da **RRM-model molekularnog prepoznavanja** implicira da se **biomolekularno procesiranje informacija** odvija u **recipročnom prostoru Furijeovih spektara primarne sekvence biomolekula** [57-59], slično (kvantno) holografskim idejama da se **kognitivno procesiranje informacija** odvija u **recipročnom prostoru Furijeovih spektara perceptivnih stimulusa** [60,61], tako podržavajući ideju o **kvantno-holografском fraktalном sprezanju različitih hijerarhijskih nivoa u živim sistemima** [48].

U kontekstu *kvantno-informacionih holističkih pristupa i tehnika baziranih na akupunkturi & svesti* [38-44,47-55,62-98], njihov cilj bilo bi **biorezonantno pobuđivanje** nekog psihosomatski poremećenog EM kvantnog stanja (**akupunkturnog palpatorno bolnog / psihički traumatskog**) tako omogućujući da se njegov početni memorijski atraktor pobuđuje (slično *odgrevanju* u veštačkim neuronskim mrežama [99]!) i postaje sve pliči i širi na račun produbljivanja (energetski-dominirajućeg) atraktorskog zdravog stanja (**akupunkturnog palpatorno bezbolnog / psihički bestraumatskog**) – što se potom *kvantno-holografски* projektuje na niži kvantno-holografski čelijski nivo, sa uticajem na promenu ekspresije genoma [38-44].

Međutim, kada je taj proces ometen **transpersonalno-splet enim blokadama** u prostoru energija-stanje EM kvantnog polja akupunkturnog sistema / svesti (a već brojni laboratorijski testovi ukazuju na spletenost svesti tj. *ekstrasenzorna iskustva u kvantnoj realnosti* [100-102]!) – tada treba ukloniti i memorijске atraktore kvantno-holografiske mreže povezane-sa-EM-kvantnim-poljem **kolektivne svesti** (*molitvom ili cirkularnim (psiho / energo) terapijama* iz svih relevantnih metapozicija uključenih u problem [38-44,83-98], tako **sprovodeći spiritualnu integraciju ličnosti** koja *inicira proces permanentnog isceljenja* kako sugerišu iskustva klijenata u *post-hipnotičkim regresijama* [103]).

Otuda, svi ti holistički pristupi i tehnike bazirani na akupunkturi i svesti mogu biti tretirani kao **kvantno-informacione terapije**, nametanjem **novih isceljujućih graničnih uslova u prostoru energija-stanje EM kvantnog polja akupunkturnog sistema / (individualne & kolektivne) svesti** (v. Sl. 3).

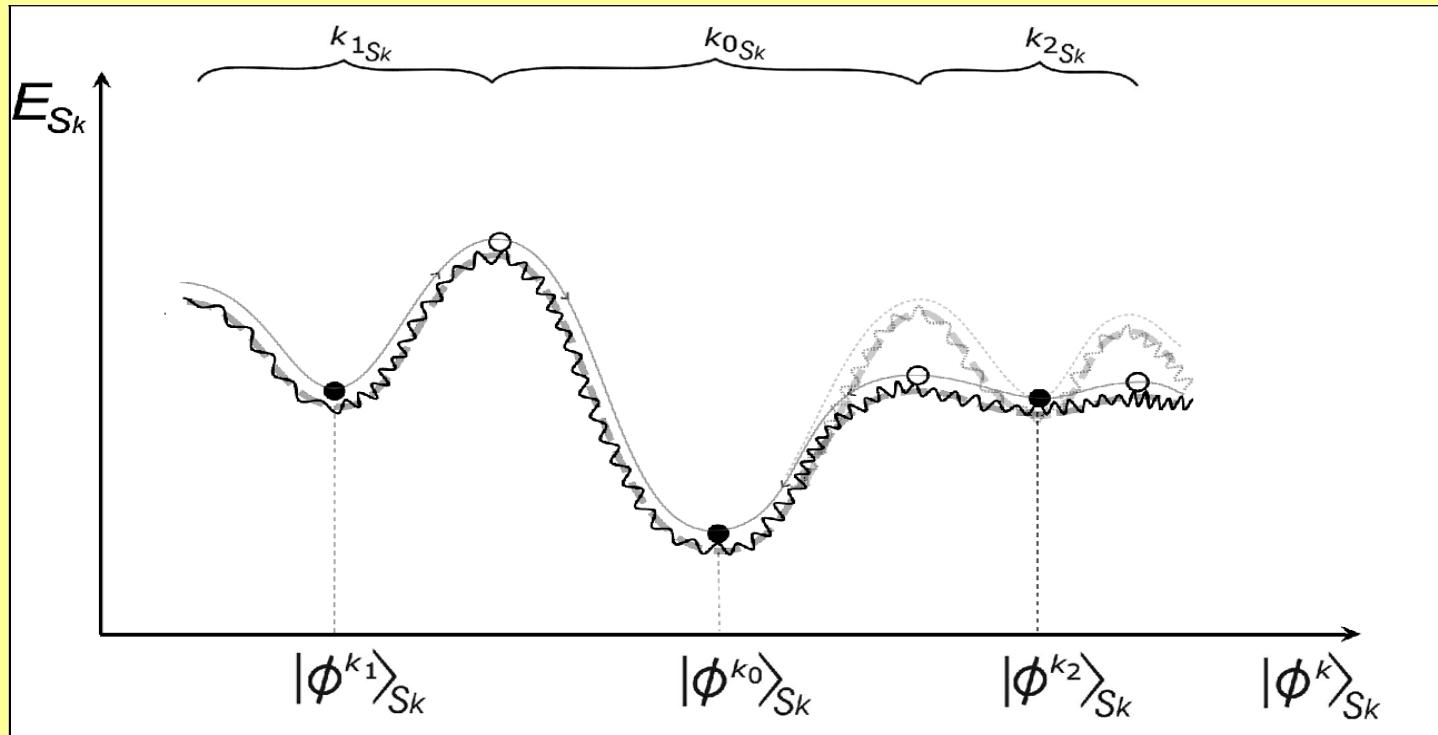
Plauzibilno je razmotriti **zdravo psihosomatsko stanje** kao najjednostavnije informaciono stanje najniže kvantne entropije (sa jednim memorijskim atraktorom) & **poremećeno psihosomatsko stanje** kao kompleksnije stanje više kvantne entropije (sa dodatnim bočnim memorijskim atraktorima), Sl. 3. Tako, predstavljajući **psihosomatsko stanje u generalno mešanom kvantnom stanju**, opisanom **matricom gustine**:

$$\hat{\rho}_{S_{kv}}^{(k)} = \sum_i \left| c_{k_i} \right|^2 \left| \phi_v^{(k_i)} \right\rangle_{S_{kv} S_{kv}} \left\langle \phi_v^{(k_i)} \right| \equiv \sum_i p_{k_i} \left| \phi_v^{(k_i)} \right\rangle_{S_{kv} S_{kv}} \left\langle \phi_v^{(k_i)} \right|$$

**fon Nojmanova kvantno-mehanička entropija**  $S = -kTr(\hat{\rho}_{S_{kv}}^{(k)} \ln \hat{\rho}_{S_{kv}}^{(k)})$  redukuje se na **Šenonovu klasičnu entropiju**:  $S = -k \sum_i p_{k_i} \ln p_{k_i}$  [10,43,44].

Onda bi **entropija čistog-zdravog stanja** psihosomatskog sistema (opisanog jednim  $k_0$ -tim članom u superpoziciji, verovatnoće  $p_{k_0} = 1$ ) bila jednaka  $S_{k_0} = 0$  (pošto **čisto kvantno stanje**  $\hat{\rho}_{S_{kv}}^{(k_0)}$  daje **maksimalnu moguću informaciju** o kvantnom psihosomatskom sistemu), dok bi **entropija mešanog-poremećenog stanja** psihosomatskog sistema (opisanog potpunom gornjom superpozicijom), bila  $S_{\hat{\rho}} > 0$  (jer **mešano stohastičko stanje**  $\hat{\rho}_{S_{kv}}^{(k)}$  daje **nekompletну informaciju** o kvantnom psihosomatskom sistemu).

Dakle, unutar ovog kvantno-holograforskog okvira, **psihosomatsko zdravo stanje jeste stanje minimalne entropije**, dok **psihosomatsko poremećeno stanje jeste stanje povećane entropije**. Tako, primena psihosomatskih terapija smanjuje entropiju (degradaciju) tj. povećava informaciju (organizaciju) makroskopskog kvantnog psihosomatskog sistema.



**Slika 3.** Šematska prezentacija **biorezonantnog pobuđivanja** psihosomatski poremećenog kvantnog stanja  $\phi^{k_2}$  (**akupunktturnog palpatorno bolnog / psihički traumatskog**) tako omogućujući da se njegov početni memorijski atraktor pobuđuje (slično odgrevanju u veštačkim neuronskim mrežama!) i postaje sve pliči i širi na račun produbljivanja (energetski-dominirajućeg) atraktorskog zdravog kvantnog stanja  $\phi^{k_0}$  (**akupunktturnog palpatorno bezbolnog / psihički bestraumatskog**) – koje se može interpretirati kao **sukcesivno nametanje novih isceljujućih graničnih uslova u prostoru energija-stanje EM kvantnog polja akupunktturnog sistema / svesti**  $E_{S_k}(\phi^{k_i})$  – kada memorijski atraktor početnog psihosomatskog poremećaja  $\phi^{k_2}$  (isprekidana linija) postaje pliči i širi (puna linija), sa većim prekrivanjem i pratećom integracijom u memorijski atraktor zdravog stanja  $\phi^{k_0}$ .

# O MAKROSKOPSKOJ KVANTNOJ PRIRODI AKUPUNKTURNOG SISTEMA I SVESTI

Treba istaći da na svim kvantno-holografskim hijerarhijskim nivoima bioloških makroskopskih otvorenih kuantnih sistema  $S_k$  (lokalni ćelijski ferment / supstrat, lokalni telesni akupunktturni sistem / svest, nelokalni van-telesni svest / kolektivna svest), postoje **dva** (interagujuća) makroskopska kvantna podsistema [38-44]: prvi sa **modifikujućom više-elektronском hiperpovrši**  $E_e(\Phi_e)$  i drugi sa **modifikujućom EM više-fononsком hiperpovrši**  $E_v(\Phi_v)$ , kao na Sl. 2.

Treba dodati da **više-fononska hiperpovrš može uključiti nisko-energetske dugo-dometne koherentne MT Frelihove eksitacije** (kreirane kao rezultat interakcije elektronskog i fononskog podistema [104,105]), od posebnog značaja u **mikrotalsanoj rezonantnoj terapiji** dinamičke modifikacije EM više-fononskog (i povezanog više-elektronskog) akupunktturnog makroskopskog kuantnog podistema [38-44].

Pomenuta kvantno-holografska slika implicira da kvantno-holografski hijerarhijski delovi nose informaciju o celini, omogućujući suptilno **kvantno-holografsko fraktalno sprezanje** različitim hijerarhijskim biofizičkim nivoa – *uključujući brojne akupunktturne projekcione zone & odgovarajuće organe i ćelije, sa bazičnim makroskopskim kvantno-informacionim kontrolnim mehanizmima embriogeneze / ontogeneze i morfogeneze* i njihovog povratnog uticaja na **ekspresiju genoma**, počev od prve deobe oplođene jajne ćelije koja inicira diferencijaciju akupunktturnog sistema bespragovnih električnih GJ-sinapsi (“gap junction” spojeva) [38-44].

Ova bazična kvantno-holografska nelokalnost može biti od fundamentalnog značaja i u razumevanju same ***makroskopske (kvantno) holističke prirode psihosomatskog zdravlja i bolesti*** – implicirajući takođe fazi granicu između kvantno-koherentnih (nestacionarnih) i semi-klasičnih dekoherentnih (stacionarnih) manifestacija makroskopskog kvantno-informacionog ***akupunktturnog sistema & svesti***.

Istaknimo i ***neposrednu vezu akupunktturnog sistema & svesti***, na koju ukazuje ***njihova manifestna makroskopska kvantna priroda*** (kakvu nema nervni sistem!), kao i ***meridijanske (psiho / energetske) terapije*** (kod kojih se simultani efekti *intenzivne vizualizacije psihosomatskih problema & tapkanja / dodirivanja akupunktturnih tačaka* mogu interpretirati kao "rasplinjavanje" & asocijativna integracija memorijskih atraktora psihosomatskih poremećaja, kroz sukcesivno postavljanje novih graničnih uslova u prostoru energija-stanje akupunktturnog sistema / svesti, v. Sl. 3) – sa vrlo značajnim ***psihosomatsko-kognitivnim implikacijama*** [38-44].

Treba istaći i da su ***transpersonalni fenomeni*** povezani sa ***svešću & psihosomatskom bioenergokorekcijom*** fenomenološki dobro dokumentovani [66,71,76-78,83-98,100-102], i da njihovo fizičko objašnjenje treba tražiti na ***samoj granici naučne paradigmе***, u okviru našeg *kvantno-holografskog / kvantno-gravitacionog teorijskog okvira svesti i psihosomatike* [11,38-44].

[Naime, u okviru našeg *kvantno-holografskog / kvantno-gravitacionog teorijskog okvira svesti i psihosomatike* [11,38-44], ***transpersonalni fenomeni*** (sa osvežavanjem makrokvantne spletenosti transpersonalnim interakcijama!) su ***kvantno-gravitatione prirode*** (*u prostorno-vremenski transcendirajućim visoko-neinercijalnim prelaznim stanjima svesti* (iz visoko-dielektričnih telesnih u nisko-dielektrična van-telesna stanja!), *ekvivalentnim-snažnoj-gravitaciji* (prema Ajnštajnovom *Principu ekvivalencije!*), baziranim na *lokalno generisanim* “*wormhole*” *prostorno-vremenskim tunelima*, ***stabilizovanim tzv. egzotičnom materijom*** (vakuumske fluktuacije u snažno zakriviljenom prostor-vremenu “*wormhole*” tunela [106]) sa *anti-gravitacionim* efektima – uočenim i u *transpersonalnim psihokinetičkim manifestacijama* ***vitalne energije*** [65,87,107-109])!]

[Taj teorijski okvir sugeriše i *fizičku osnovu za* ***fon Nojmanov projekcioni postulat*** na mikrokvantnoj skali [11], da bi se zasnovala *objektivna kvantno-mehanička redukcija talasnog paketa* (preko “*wormhole*” tunela [106]), *lokalno kvantno-gravitaciono-indukovanih* u *ekvivalentnim-snažnoj-gravitaciji* (prema Ajnštajnovom *Principu ekvivalencije* inercijalnih i gravitacionih ubrzanja!) *visoko-neinercijalnim-situacijama sličnim-kvantnom-merenju!* [11,38-44]; na pitanje kako je moguće da takvi visoko-neinercijalni mikročestični procesi sa neizbežnim otvaranjem minijaturnih *wormhole-tunela* *nisu bili uzeti u obzir* unutar kvantne mehanike koja je uprkos tome *ekstremno tačna teorija(?)* – može se dati odgovor da jesu(!) ali *implicitno u okviru* *fon Nojmanovog projekcionog postulata* (čija je objektivna priroda na ***dubljem kvantno-gravitacionom nivou***)!]

[U knjizi: Satelitski simpozijum epoha kvanta: 100 godina od otkrića kvanta, D. Mirjanić, ed. (ANU RS, Banja Luka, 2001)]

## MAKROSKOPSKI KVANTNI EFEKTI U BIOFIZICI

D. Raković, M. Dugić, M. M. Ćirković

**Rezime.** U radu je pokazano da istraživanja u domenu mikrotalasne rezonantne stimulacije akupunktturnog sistema, kao i proučavanja interakcija svesti sa mikroskopskim i makroskopskim okruženjem – ukazuju na postojanje lokalnih i nelokalnih makroskopskih kvantnih biofizičkih efekata, sa velikim potencijalnim implikacijama u medicini, psihologiji, biologiji, fizici, tehnicu, i filozofiju/religiju. Izdvojene su i paralele klasičnih i kvantnih Hopfieldovih neuronskih mreža, biofizički kvantno-relativistički model izmenjenih i prelaznih stanja svesti, koren relativne metateorije svesti u kvantnoj dekoherenciji, antropičke "koincidencije" u klasičnoj i kvantnoj kosmologiji, kao i narušenje unitarnosti u kvantnoj gravitaciji i prelaznim stanjima svesti.

**Ključne reči:** Biofizika; makrokvantni lokalni i nelokalni efekti; holistička medicina i psihoterapija; akupunkturni sistem & mikrotalasna rezonantna terapija (MRT); klasične & kvantne Hopfieldove neuronske mreže; nelinearnost i nelokalnost kolapsa talasne funkcije & makrokvantni aspekti svesti; izmenjena i prelazna stanja svesti & kvantno-relativistički model; kvantna dekoherencija & relativna metateorija svesti; klasična i kvantna kosmologija & antropičke "koincidencije" i narušenje unitarnosti & kvantna gravitacija i svest.

# KOGNITIVNO-EPISTEMOLOŠKE MAKROSKOPSKE KVANTNE IMPLIKACIJE

U istom kontekstu, pridruživanje individualne svesti manifestno-makroskopski-kvantnom akupunkturnom sistemu, uz primenu teorijskih metoda asocijativnih neuronskih mreža i kvantne neuronske holografije i kvantne teorije dekoherencije, ukazuje na **dva kognitivna modusa svesti**, prema jačini sprege svest-telo-okruženje [38-44]: (1) **slabo-spregnuti kvantno-koherentni direktni** (u **vantelesnim** religijsko / kreativnim prelaznim i izmenjenim stanjima svesti, tipa molitve, meditacije, sanjarenja, lucidnih snova...), (2) **jako-spregnuti klasično-redukovani indirektni** (u **telesnim** perceptivno / racionalno posredovanim **normalnim** stanjima svesti, tipa čulne percepcije, logičkog i naučnog zaključivanja...) – uz uslove uzajamne transformacije (sa značajnim *religijskim i epistemološkim implikacijama* vezanim za ponovno uspostavljenu jaku spregu kvantno-holografskih sadržaja svesti sa telesnim okruženjem, *klasično-redukujući* direktno dobijeni kvantno-koherentni informacioni sadržaj – ukazujući i na *model transpersonalne prirode kreativnosti* kao kombinacije dva modusa spoznaje: *Tesla i Mocart, kao studije slučaja*, v. Sl. 3).

To objašnjava **principijelno neadekvatnu informacionu rationalizaciju** svakog direktnog kvantno-holografskog spiritualno / religijskog **mističnog iskustva** (kao generalni problem kvantne teorije merenja, o *redukciji* implicitnog poretku kvantno-koherentnih (kvantno-holografskih) superpozicija u eksplisitni poredak mernih klasično-redukovanih stanja [38-44]!). Tako izgleda **nauka zatvara krug, re-otkrivajući dva različita modusa spoznaje** i istovremeno postavljajući i **sopstvena epistemološka ograničenja** [38-44] – kako je to sačuvano milenijumima u **mnogim tradicijama** [38-44,87].

# Teslom inspirisane holističke ideje

[www.tesla2017.com](http://www.tesla2017.com)



$$|\Phi\rangle_S |\Psi\rangle_E \rightarrow \sum_i c_i |\Phi_i\rangle_S |\Psi_i\rangle_E \xrightarrow{p_j = |c_j|^2 \approx 1} |\Phi_j\rangle_S |\Psi_j\rangle_E$$

**Slika 3. (a)** Prikaz mentalno kontrolisanog fokusiranog uvećavanja makro-kvantnih korelacija interagujućih individualne svesti (S) & kolektivne svesti / okruženja (E) u transpersonalno-splićućim kreativnim fazama (sa prethodno pojačanim mentalno fokusiranim težinskim doprinosom  $c_j$  & potonjom (praktično ne-stohastičkom) klasično-redukovanim selekcijom istog dominantnog težinskog doprinosa  $c_j$ ; v. levu stranu slike & gornju formulu); **(b)** Prikaz mentalno kontrolisanog sistematskog umanjivanja makro-kvantnih korelacija interagujućih individualne svesti (S) & kolektivne svesti / okruženja (E) u transpersonalno-rasplićućim spiritualnim fazama (sa prethodnim sistematskim mentalnim umanjivanjem skoro svih težinskih doprinosa  $c_j$  & potonjom (praktično ne-stohastičkom) klasično-redukovanim selekcijom preostalog dominantnog težinskog doprinosa  $c_j$  (povezanog sa mentalno-ugrađenom adresom na osnivača odgovarajuće mistične tradicije); v. desnu stranu slike & gornju formulu).

## **TESLA I KVANTNO-KOHERENTNA STANJA SVESTI: 'CASE STUDY' ZA RAZUMEVANJE PRIRODE KREATIVNOSTI**

D. Raković

**Rezime.** Nikola Tesla je nesumnjivo najveći pronalazač u istoriji elektrotehnike, a ono što ga čini posebno fascinantnim jeste njegova neobična *mentalna kontrola kreativnih vizija* koja može poslužiti kao izuzetan 'case study' za razumevanje i same *biofizičke prirode kreativnosti*. S tim u vezi, razmotrene su *kvantne osnove svesti i kreativnosti* u okvirima dva kognitivna modusa spoznaje (*direktni religijsko-kreativni*, karakterističan za *kvantno-koherentna prelazna i izmenjena stanja* individualne svesti, i *indirektni čulno/racionalno posredovani*, karakterističan za *klasično-redukovana normalna stanja* individualne svesti) – zajedno sa uslovima *transformacije* jednog modusa u drugi – korišćenjem klasično-elektrohemijskih hijerarhijskih moždanih neuronskih mreža i kvantno-holografskih mikrotalasnih Hopfieldovih akupunktturnih neuronskih mreža modulisanih ultraniskofrekventnim elektromagnetskim poljima moždanih talasa, kombinovanih sa kvantnom teorijom dekoherenčije. Čini se da ovakva teorijska analiza daje izuzetnu biofizičku osnovu za tradicionalnu psihologiju prelaznih i izmenjenih stanja svesti, i omogućava razumevanje i *kontrolu kognitivno-kreativnih procesa*, kako u *budnom stanju* tako i *tokom spavanja*. Ukazano je i da je *tajna Tesline kreativnosti* verovatno u *budnoj meditativnoj kontroli prelaznih i izmenjenih stanja svesti*.

**Ključne reči:** Nikola Tesla, kreativnost, stanja svesti, meditacija, san, Hopfieldove neuronske mreže, kvantna neuronska holografija, kvantna dekoherenčija.

*Kada počnemo proučavati nefizikalne pojave,  
napredovaćemo za deset godina više nego za sve vekove dosad.*

**Nikola Tesla**

[U knjizi: *Religija i epistemologija*, V. Jerotić, M. Arsenijević, P. Grujić, D. Raković eds. (Dereta, Beograd, 2007); Izloženo na istoimenom simpozijumu Srpskog filozofskog društva, Beograd, 17-19. jun 2005.]

## KVANTNO-KOHERENTNI I KLASIČNO-REDUKOVANI MODUSI SVESTI: RELIGIJSKE I EPISTEMOLOŠKE IMPLIKACIJE

D. Raković

**Rezime.** U radu su, pridruživanjem individualne svesti manifestno-makroskopski-kvantnom akupunkturnom sistemu, razmotrene *kvantne osnove svesti* i slobodne volje, kao i povezanost kvantnog kolapsa talasne funkcije i svesti, sa značajnim *transpersonalno / religijskim* implikacijama. Posebno, primenom teorijskih metoda asocijativnih neuronskih mreža i kvantne neuronske holografije kombinovanih sa kvantnom teorijom dekoherencije, analizirana su dva *kognitivno / epistemološka modusa* individualne svesti, prema jačini sprege svest-telo-okruženje: slabo-spregnuti kvantno-koherentni direktni (u religijsko / kreativnim prelaznim i izmenjenim stanjima svesti) i jako-spregnuti klasično-redukovani indirektni (u perceptivno / racionalno posredovanim normalnim stanjima svesti) – uz uslove uzajamne transformacije dva modusa, sa značajnim *epistemološko / religijskim* implikacijama.

**Ključne reči:** Makroskopski kvantni efekti u biofizici; akupunkturni sistem, svest i (kvantno) holistička lokalna i globalna psihosomatika; kvantni kolaps talasne funkcije i svest; transpersonalno / religijske implikacije; kvantne i klasične Hopfieldove asocijativne neuronske mreže; kvantna holografija i kvantna dekoherencija; dva kognitivno / epistemološka modusa individualne svesti; kvantno-koherentni direktni modus spoznaje (religijsko / kreativni u izmenjenim / prelaznim stanjima svesti); klasično-redukovani indirektni modus spoznaje (čulno / racionalno posredovani u normalnim stanjima svesti); blage akcije za globalna rešenja svetskog društva rizika.

# **KVANTNO-INFORMACIONA BIOMEDICINA & KVANTNA INFORMATIKA: VEZE I PERSPEKTIVE**

**KVANTNA SPLEtenost, KVANTNA DEKOHERENCIJA,  
KVANTNA TELEPORTACIJA, KVANTNA KRIPTOGRAFIJA, KVANTNI RAČUNARI  
(FIZIČKE OSNOVE I PRIMENE U RAČUNARSTVU I TELEKOMUNIKACIJAMA;  
IZOŠTRAVANJE OSNOVA KVANTNE MEHANIKE:  
UNIVERZALNOST KVANTNE MEHANIKE, GRANICE KVANTNOG LIMITA,  
PROSTORNO-VREMENSKA KVANTNA SPLEtenost,  
FIZIČKA PRIRODA KVANTNOG KOLAPSA)**

**KVANTNO-HOLOGRAFSKE NEURONsKE MREŽE  
(NELOKALNA PRIRODA AKUPUNKTURNOG SISTEMA & PSIHOsOMATIKE;  
NELOKALNA PRIRODA SVESTI & KREATIVNOSTI I DUHOVNOSTI;  
TRANSPERSONALNE INTERAKCIJE & PROSTORNO-VREMENSKA  
KVANTNA SPLEtenost u BIOSISTEMIMA SA KVANTNOM MEMORIJOM:  
KVANTNA BIOLOGIJA, KVANTNA PSIHOLOGIJA,  
HOLOGRAFSKI UNIVERZUM)**

**KVANTNO-INFORMACIONA MEDICINA  
(DIJAGNOSTIČKE I TERAPIJSKE METODE KVANTNO-INFORMACIONE MEDICINE;  
TRI LINIJE FRONTA INTEGRATIVNE PSIHOsOMATSKE MEDICINE:  
KOLEKTIVNA SVEST, INDIVIDUALNA SVEST & AKUPUNKTURNI SISTEM, TELO)**

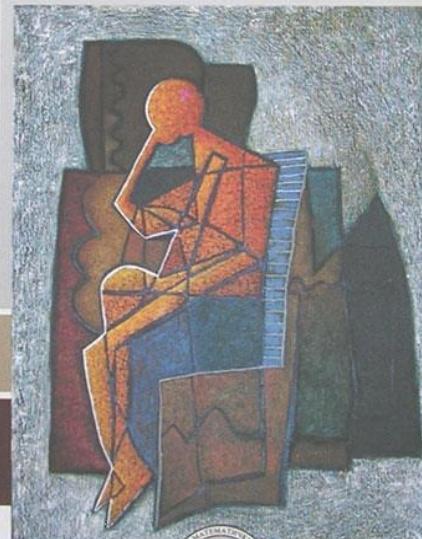
# Quantum Computation and Quantum Information

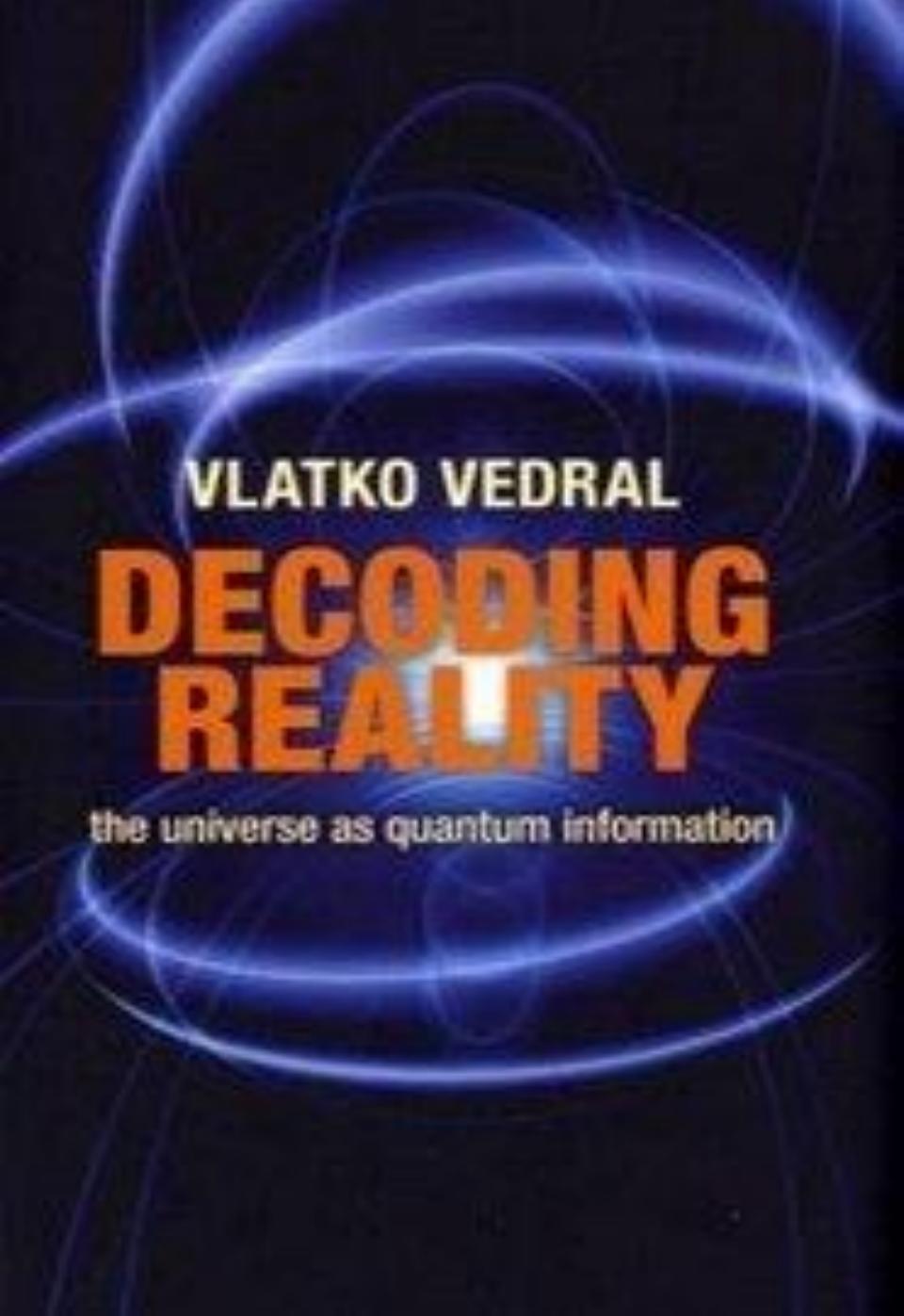
MICHAEL A. NIELSEN  
and ISAAC L. CHuang



Мирољуб Дугић

ОСНОВЕ КВАНТНЕ  
ИНФОРМАТИКЕ  
И КВАНТНОГ  
РАЧУНАЊА

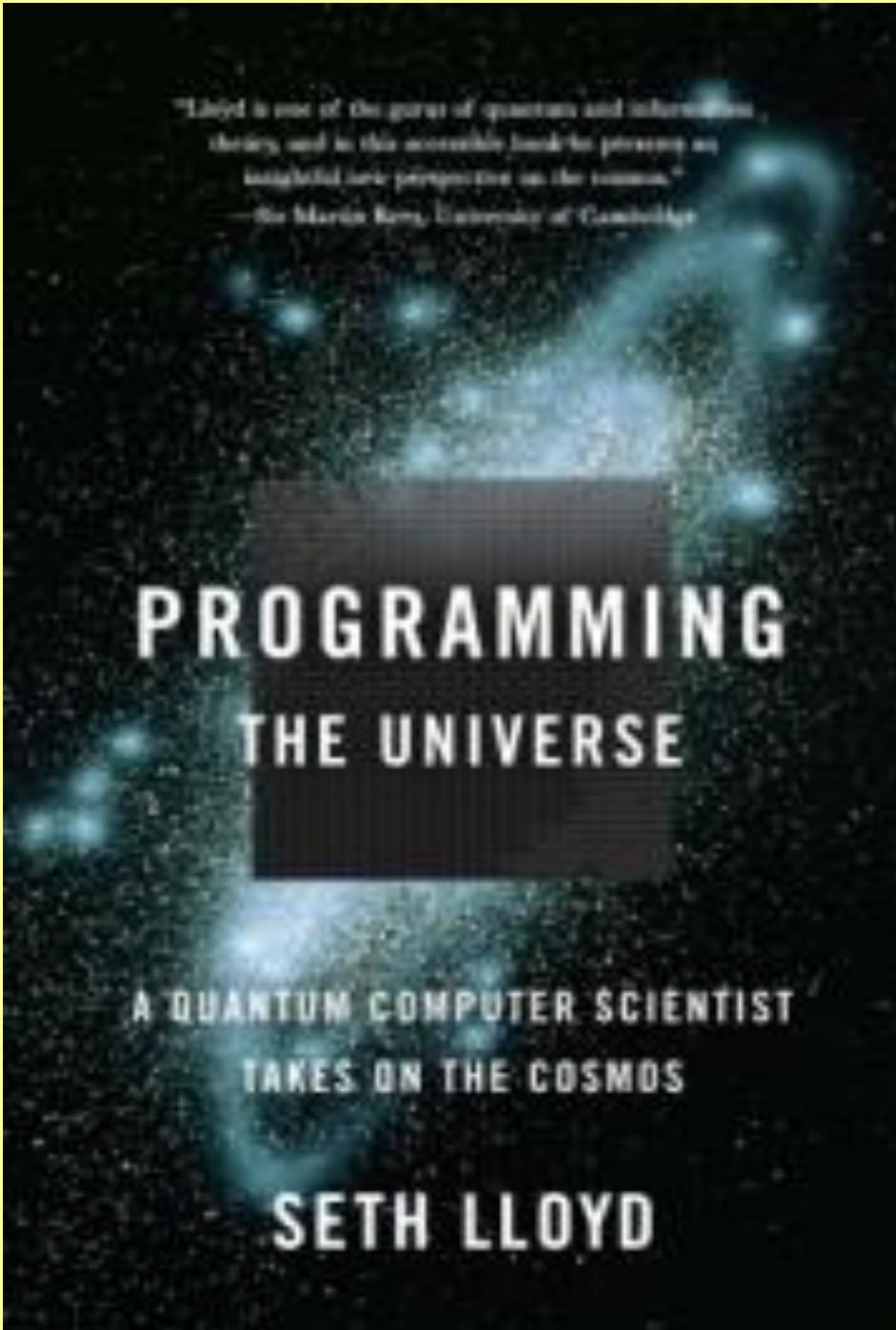


The background of the book cover features a dark, black space-like setting. Overlaid on this are several bright, glowing blue light streaks and loops, resembling the paths of celestial bodies or energy fields. These light trails are more concentrated in the upper half of the cover.

VLATKO VEDRAL

# DECODING REALITY

the universe as quantum information



"Lloyd is one of the geniuses of quantum and information theory, and in this accessible book he presents an insightful new perspective on the cosmos."  
—Sir Martin Rees, University of Cambridge

# PROGRAMMING THE UNIVERSE

A QUANTUM COMPUTER SCIENTIST  
TAKES ON THE COSMOS

SETH LLOYD

Max Tegmark

Our  
Mathematical  
Universe

My Quest  
for the Ultimate  
Nature of Reality

LEONARD SUSSKIND + JAMES LINDE SAY



AN INTRODUCTION TO  
**BLACK HOLES, INFORMATION and the  
STRING THEORY REVOLUTION**

The Holographic Universe

RETHINKING THE LESSER BRAIN · THE VAPORS OF PROPHECY

# SCIENTIFIC AMERICAN

## ARE YOU A HOLOGRAM?

(Quantum physics says the entire universe might be)

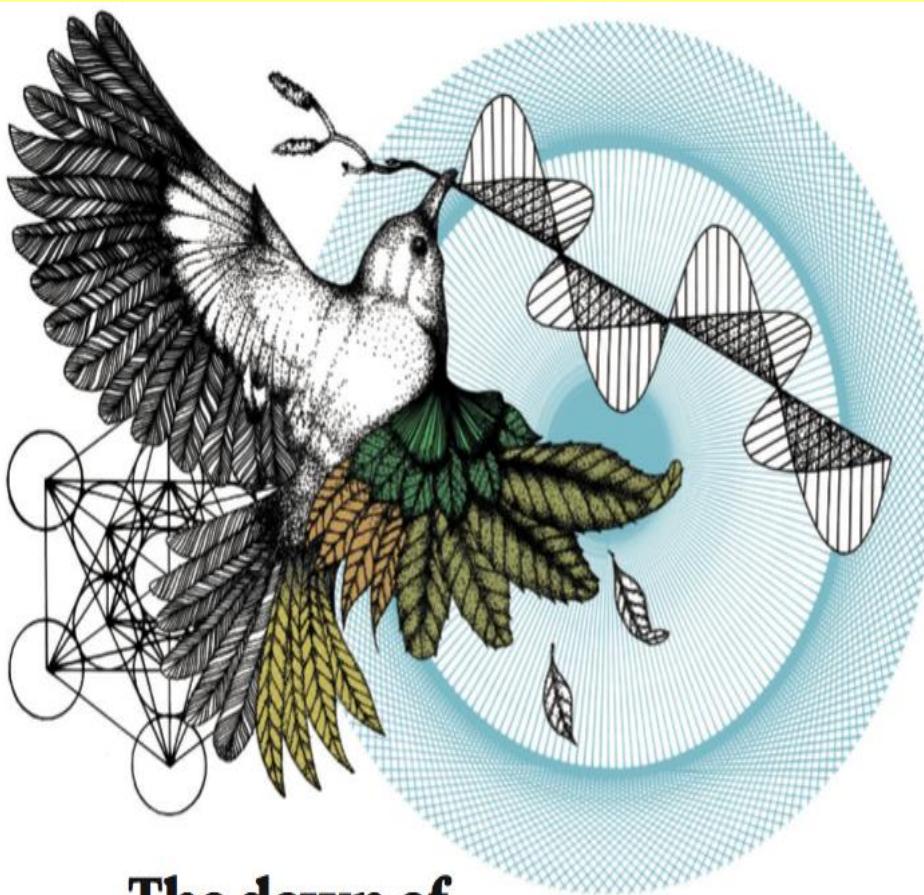
Censoring  
Bad Genes

The True  
Planet of the Apes

Why the  
Digital Divide  
Does Not  
Compute

APRIL 2000  
Volume 272 No. 4

\$14.95



The dawn of  
**quantum  
biology**

*The key to practical quantum computing and high-efficiency solar cells may lie in the messy green world outside the physics lab.*

BY PHILIP BALL

Nature 474:272–274 (2011)

## EVIDENCE FOR WAVELIKE ENERGY TRANSFER THROUGH QUANTUM COHERENCE IN PHOTOSYNTHETIC SYSTEMS

G.S. Engel, T.R. Calhoun, E.L. Read, T-K. Ahn, T. Mančal, Y-C. Cheng, R.E. Blankenship, G.R. Fleming

**Abstract.** Photosynthetic complexes are exquisitely tuned to capture solar light efficiently, and then transmit the excitation energy to reaction centres, where long term energy storage is initiated. The energy transfer mechanism is often described by semiclassical models that invoke ‘hopping’ of excited-state populations along discrete energy levels. Two-dimensional Fourier transform electronic spectroscopy has mapped these energy levels and their coupling in the Fenna–Matthews–Olson (FMO) bacteriochlorophyll complex, which is found in green sulphur bacteria and acts as an energy ‘wire’ connecting a large peripheral light-harvesting antenna, the chlorosome, to the reaction centre. The spectroscopic data clearly document the dependence of the dominant energy transport pathways on the spatial properties of the excited-state wavefunctions of the whole bacteriochlorophyll complex. But the intricate dynamics of quantum coherence, which has no classical analogue, was largely neglected in the analyses - even though electronic energy transfer involving oscillatory populations of donors and acceptors was first discussed more than 70 years ago, and electronic quantum beats arising from quantum coherence in photosynthetic complexes have been predicted and indirectly observed. Here we extend previous two-dimensional electronic spectroscopy investigations of the FMO bacteriochlorophyll complex, and obtain direct evidence for remarkably long-lived electronic quantum coherence playing an important part in energy transfer processes within this system. The quantum coherence manifests itself in characteristic, directly observable quantum beating signals among the excitons within the *Chlorobium tepidum* FMO complex at 77 K. This wavelike characteristic of the energy transfer within the photosynthetic complex can explain its extreme efficiency, in that it allows the complexes to sample vast areas of phase space to find the most efficient path.

# ON MACROSCOPIC QUANTUM PHENOMENA IN BIOMOLECULES AND CELLS: FROM LEVINTHAL TO HOPFIELD

**D. Raković, M. Dugić, J. Jeknić-Dugić, M. Plavšić, S. Jaćimovski, J. Šetrajčić**

**Abstract.** In the context of the macroscopic quantum phenomena of the second kind we hereby seek for a solution-in-principle of the long standing problem of the polymer folding, which was considered by Levinthal as (semi)classically intractable. To illuminate it, we applied quantum-chemical and quantum decoherence approaches to conformational transitions. Our analyses imply the existence of novel macroscopic quantum biomolecular phenomena, with biomolecular chain folding in an open environment considered as a subtle interplay between energy and conformation eigenstates of this biomolecule, governed by quantum-chemical and quantum decoherence laws. On the other hand, within an open biological cell, a system of all identical (non-interacting and dynamically non-coupled) biomolecular proteins might be considered as corresponding spatial quantum ensemble of these identical biomolecular processors, providing spatially distributed quantum solution to a single corresponding biomolecular chain folding, whose density of conformational states might be represented as Hopfield-like quantum-holographic associative neural network too (providing an equivalent global quantum-informational alternative to standard molecular-biology local biochemical approach in biomolecules and cells, and higher hierarchical levels of organism, as well).

## DNA WAVES AND WATER

**L. Montagnier, J. Aissa, E. Del Giudice, C. Lavallee, A. Tedeschi, G. Vitiello**

**Abstract.** Some bacterial and viral DNA sequences have been found to induce low frequency electromagnetic waves in high aqueous dilutions. This phenomenon appears to be triggered by the ambient electromagnetic background of very low frequency. We discuss this phenomenon in the framework of quantum field theory. A scheme able to account for the observations is proposed. The reported phenomenon could allow to develop highly sensitive detection systems for chronic bacterial and viral infections.

Comments: Invited talk, DICE 2010 Conference, Castiglioncello, Italy, September 2010.

Subjects: Other Quantitative Biology (q-bio.OT); Quantum Physics (quant-ph)

ИНСТИТУТ КВАНТОВОЙ ГЕНЕТИКИ

ПЕТР ГАРЯЕВ

ЛИНГВИСТИКО-  
ВОЛНОВОЙ  
ГЕНОМ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Recent Advances in  
**Biophoton Research**  
and its Applications

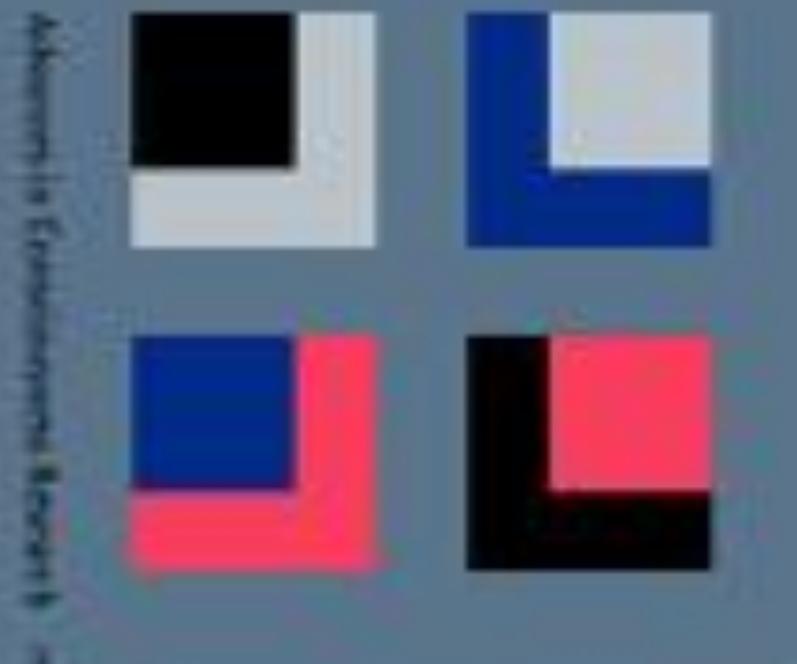


Edited by  
F. J. Flory  
R. H. Li  
C. Yau

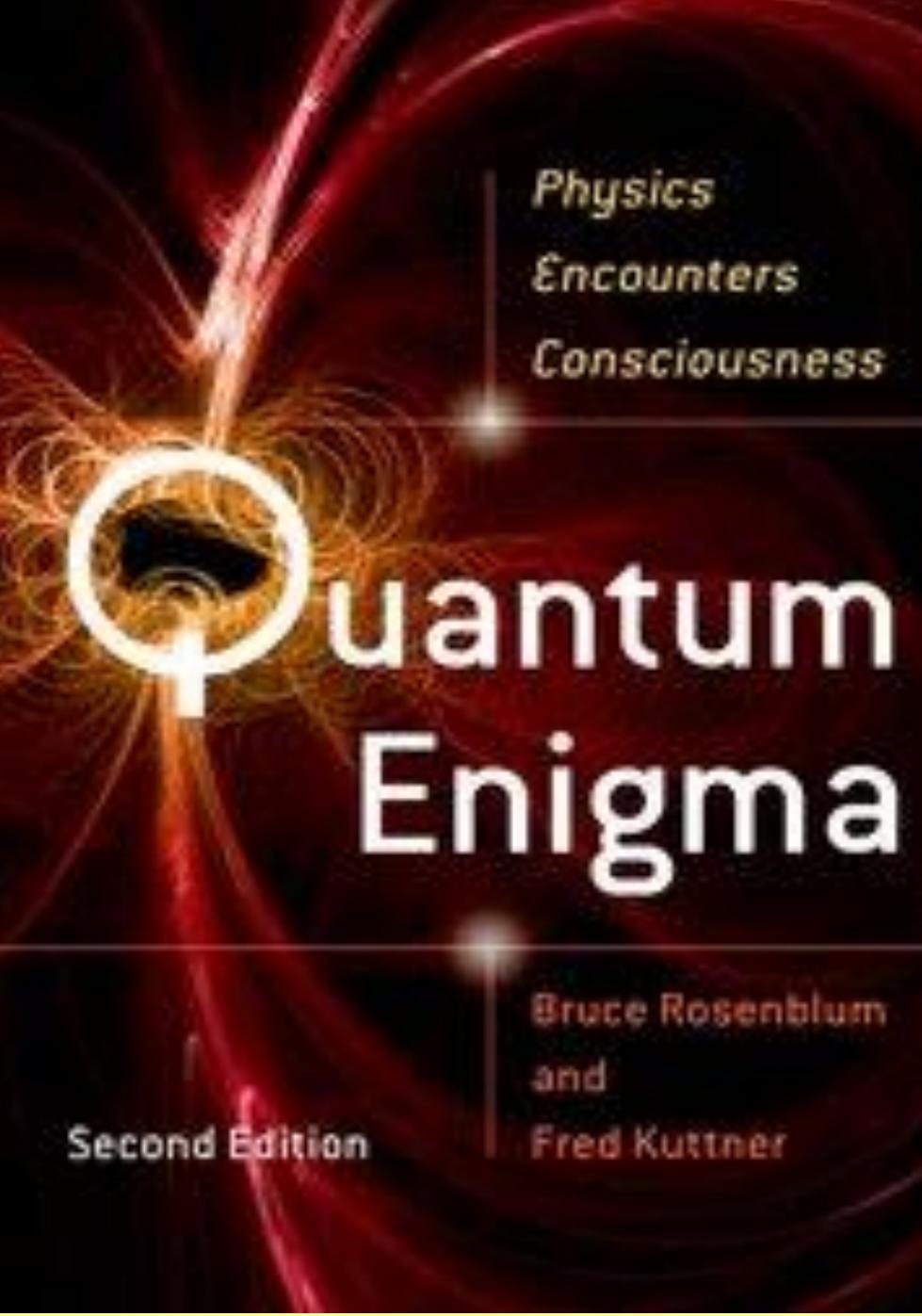
Volume 1: Biophotonics in Medicine and Biology

# Quantum Brain Dynamics and Consciousness: An introduction

Hans-Jürgen and Kunihiro Yasue



John Benjamins Publishing Company

A vibrant, abstract graphic at the top of the cover features concentric, swirling red and orange energy fields against a black background. A bright white star-like point of light is positioned at the center of the swirls.

*Physics  
Encounters  
Consciousness*

# Quantum Enigma

Second Edition

Bruce Rosenblum  
and  
Fred Kuttner



CENTER FOR  
CONSCIOUSNESS  
STUDIES



THE UNIVERSITY OF ARIZONA

ECPD



European Conference on Psychology and Development

www.eupd.org

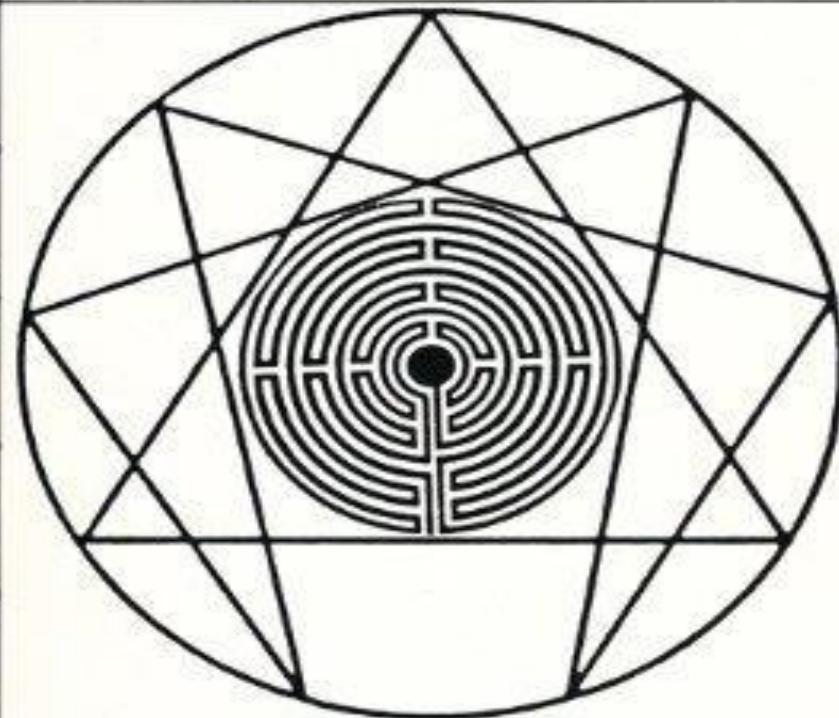
# CONSCIOUSNESS

Scientific Challenges of the 21st Century

Edited by  
Giovanni  
Santoro  
and  
Massimo  
Tassan

www.eupd.org

# **TRANSPERSONAL PSYCHOLOGIES**



**EDITED BY CHARLES T. TART**

PSYCHOLOGICAL PROCESSES, INCORPORATED

\$ 12.95

BDD

BRANTAM DOUBLEDAY DELL AUDIO PUBLISHING

# QUANTUM HEALING

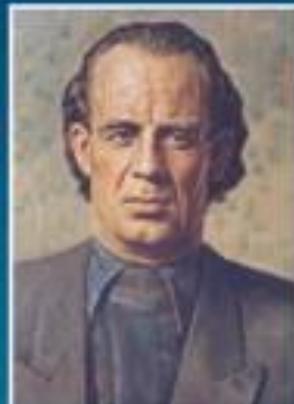
EXPLORING THE  
FRONTIERS OF  
MIND/BODY  
MEDICINE



DEEPAK CHOPRA, M.D.

# *Healing the Spiritual Way*

*Through  
the Teachings  
of Bruno  
Gröning*

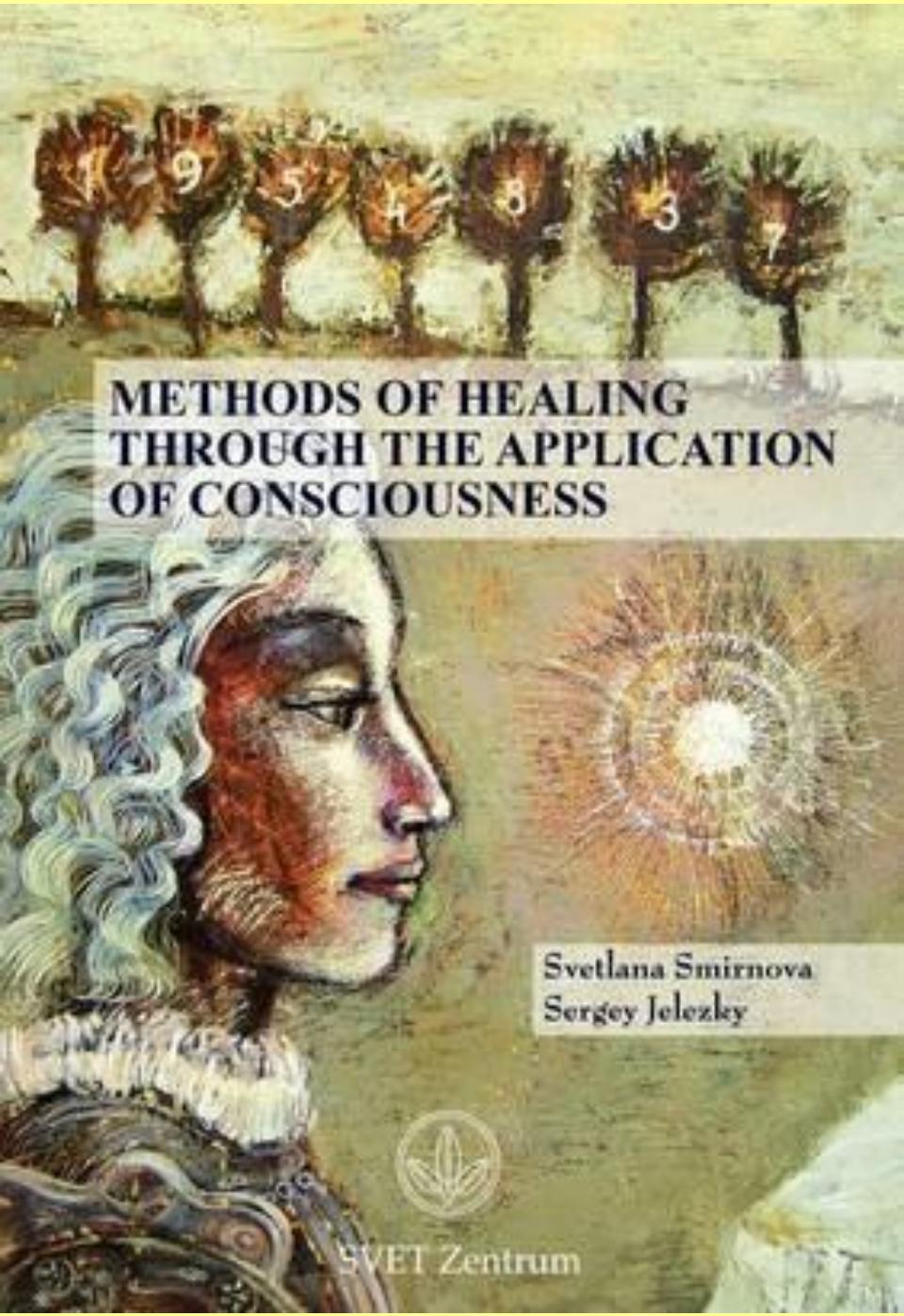


*A concise, systematic review of healings  
experienced world-wide in the communities  
of the Bruno Gröning Circle of Friends.*

---

**Matthias Kamp**

*Medical Director of the Medical-Scientific Group of Specialists  
of the Bruno Gröning Circle of Friends*



A painting of a woman's profile, facing right. She has long, wavy hair with blue and green highlights. A bright, golden-yellow circular glow surrounds her head, suggesting a divine or spiritual energy. The background is a soft, textured green.

# METHODS OF HEALING THROUGH THE APPLICATION OF CONSCIOUSNESS

Svetlana Smirnova  
Sergey Jelezky



SVET Zentrum

Louise L. Hay & friends

# you can **Heal** your Life

The Movie • Expanded Version  
includes three hours of bonus material  
and one hour of exclusive affirmations

MUSIC BY:  
JIM BRACKMAN  
DIRECTED BY:  
MICHAEL  
GOORJIAN



# The Healing Power of Illness

*The Meaning of  
Symptoms & How to  
Interpret Them*

**Thorwald Dethlefsen  
& Rüdiger Dahlke M.D.**

International  
Bestseller

*Featuring the  
ancient Hawaiian  
teachings of Hooponopono*

# zero limits

*The Secret  
Hawaiian System  
for Wealth, Health,  
Peace, and More*

**JOE VITALE**

Author of the bestselling *The Attractor Factor*

and **Haleakala Hew Len, PhD**

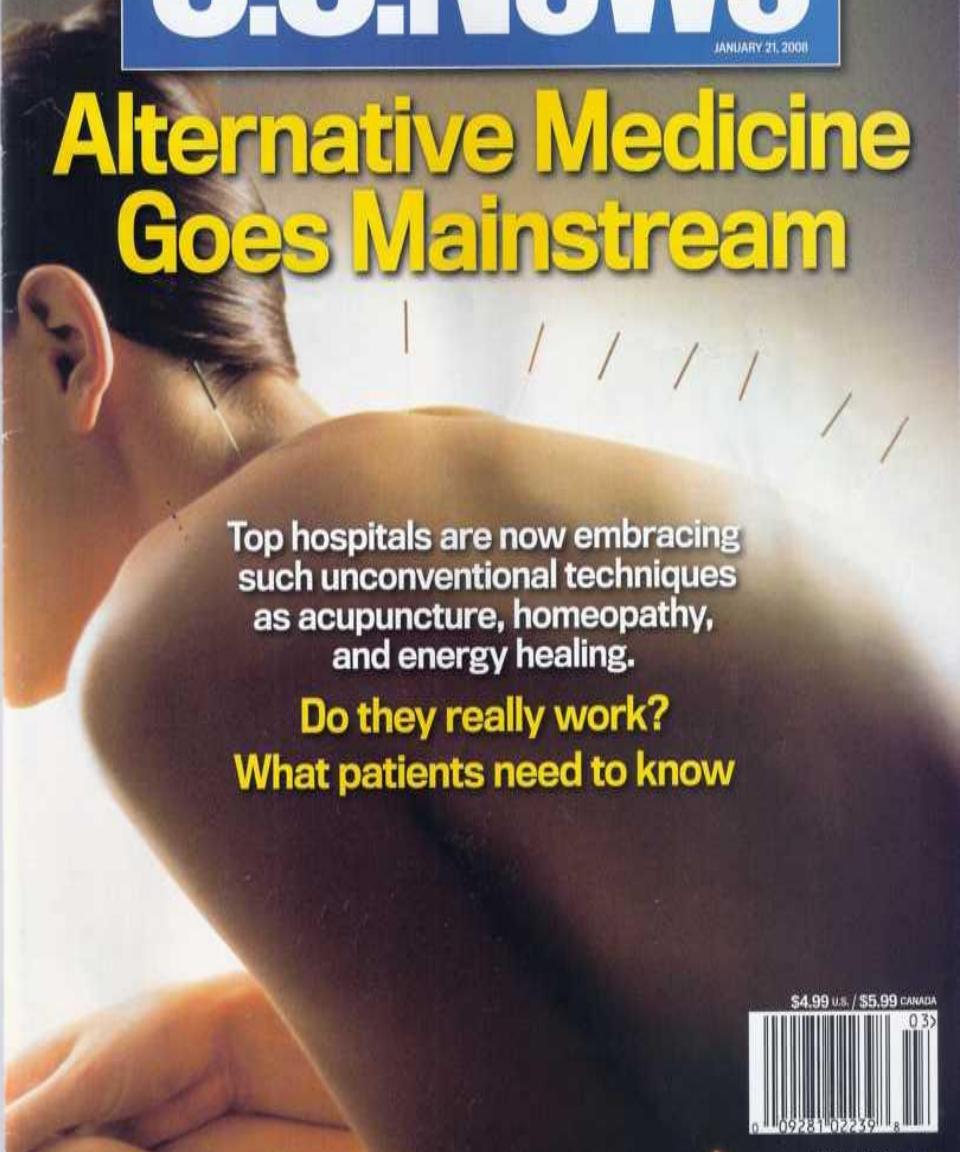
But Will the South Be So Kind?

# U.S. News & WORLD REPORT

# U.S. News

JANUARY 21, 2008

## Alternative Medicine Goes Mainstream



Top hospitals are now embracing such unconventional techniques as acupuncture, homeopathy, and energy healing.

Do they really work?  
What patients need to know

\$4.99 U.S. / \$5.99 CANADA



[www.usnews.com](http://www.usnews.com)



# 2010: 46 Members

Albert Einstein/Yeshiva University  
Boston University  
Columbia University  
Duke University  
Georgetown University  
George Washington University  
Harvard Medical School  
Johns Hopkins University  
Laval University, Quebec  
Mayo Clinic  
McMaster University,  
Ontario  
Northwestern University  
Ohio State University  
Oregon Health &  
Science University  
Stanford University  
Thomas Jefferson University  
University of Alberta  
University of Arizona  
University of Calgary

University of California, Irvine  
University of California, Los Angeles  
University of California, San Diego  
University of California, San Francisco  
University of Chicago



*University of Colorado  
University of Connecticut  
University of Hawaii  
University of Illinois*

*University of Kansas  
University of Maryland  
University of Massachusetts  
University of Medicine &  
Dentistry of New Jersey  
University of Michigan  
University of Minnesota  
University of New Mexico  
University of North  
Carolina, Chapel Hill  
University of Cincinnati  
University of Pennsylvania  
University of Pittsburgh  
University of Texas  
University of Vermont  
University of Washington  
University of Wisconsin  
Vanderbilt University  
Wake Forest University  
Yale University*



ISBN 978-86-7236-061-5

UVOD U KVANTNO-INFORMACIONU MEDICINU  
SA OSNOVAMA KVANTNO-HOLOGRAFSKE PSIHOSOMATIKE, AKUPUNKTUROLOGIJE I REFLEKSOTERAPIJE

ECPD

  
EVROPSKI CENTAR ZA MIR I RAZVOJ (ECPD)  
UNIVERZITETA ZA MIR UJEDINJENIH NACIJA

# UVOD U KVANTNO- INFORMACIONU MEDICINU

sa osnovama  
kvantno-holografske psihosomatike,  
akupunkturologije i refleksoterapije

Dejan Raković / Antonije Škокљев / Drago Đorđević

Autor se bavi istraživanjem i obrazovnim radom iz oblasti integrativne biofizike, kvantne medicine i kvantno-holografske informatike već dugi niz godina, i kao dobar poznavalac klasične i kvantne fizike objašnjava biofizičke fenomene i iznosi argumente za primenu integrativnih biofizičkih dijagnostičkih i terapeutskih metoda i tehnika u medicini.

Imajući u vidu da savremena istraživanja bolesti ukazuju na sve veće prisustvo psihosomatskih činilaca kao njihovih uzročnika, to uključivanje psiholoških fenomena (svest, stres i dr) orientisanih na lečenje čoveka kao celine a ne bolesti kao simptoma, predstavlja pomak u dijagnostici i tretmanu zdravlja čoveka, u odnosu na klasičnu medicinu. Knjiga daje pomak i u oblasti tradicionalne medicine, jer pruža zadovoljavajuća objašnjenja za primenu nekih tradicionalnih metoda i tehnika...

Monografija je multidisciplinarnog karaktera i prevashodno je namenjena lekarima 'otvorenog um'a koji praktikuju klasičnu i tradicionalnu medicinu, specijalistima i studentima postdiplomske studije iz biofizike i biomedicinskog inženjerstva, kao i svima onima koje zanima primena novih naučnih metoda i tehnika u medicini...

– Đuro Koruga

Prema strukturi i sadržaju izloženog, knjiga se može podjednako svrstati u nad-visokoobrazovnu udžbeničku literaturu, ali i u veoma naprednu i specifičnu (po problematici i istraživačkom pristupu) multidisciplinarnu (fizika, biologija, medicina, filozofija) naučnu monografiju.

Knjiga nudi širu i produbljeniju informaciju o burnom razvoju biofizike svesti na kraju XX i početku XXI veka, koji je ne samo od fundamentalnog značaja, već omogućuje široku implementaciju, od genetskog do biomedicinskog inženjerstva. U izlaganju se koristi čitav alat moderne teorijske fizike radi spoznaje i dotika sa fizikom žive prirode, na svim nivoima: od molekulskog, pa preko ćelijskog i nadćelijskog, do organizma, uključujući i biosferu kao celinu. Zato se kao pomoć čitaocima u dodacima daje repetitorij kvantne mehanike, kvantne hemije i kvantne informatike.

Sveukupno gledano, pred čitaocima je jedinstvena knjiga-monografija na našim prostorima...

– Jovan Šetrajčić



9 788681 879207

Dejan Raković

INTEGRATIVNA BIOFIZIKA, KVANTNA MEDICINA I KVANTNO-HOLOGRAFSKA INFORMATIKA:  
PSIHOSOMATSKO-KOGNITIVNE IMPLIKACIJE

Dejan Raković

# INTEGRATIVNA BIOFIZIKA, KVANTNA MEDICINA I KVANTNO-HOLOGRAFSKA INFORMATIKA: PSIHOSOMATSKO- KOGNITIVNE IMPLIKACIJE

IASC & IEFPG  
Beograd 2008



Međunarodno udruženje za promociju i razvoj kvantne medicine "Quanttes"



Nacionalna asocijacija za unapređenje i razvoj regenerativne medicine sa Festivalom zdravlja Beograd



FDR fond za promovisanje holističkog istraživanja i ekologije svesti

---

## **SIMPOZIJUM KVANTNO-INFORMACIONE MEDICINE KIM 2011: HOLISTIČKI PRISTUPI I TEHNIKE BAZIRANI NA AKUPUNKTURI I SVESTI**

Beograd, 23-25. septembar 2011.

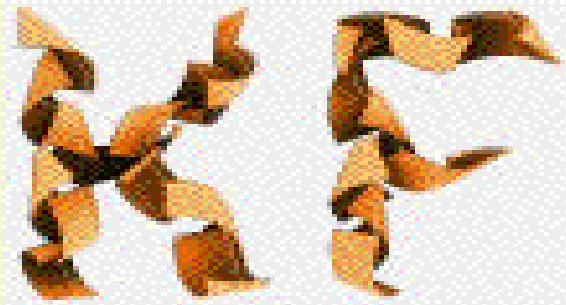
**QUANTUM-INFORMATIONAL MEDICINE QIM 2011:  
ACUPUNCTURE-BASED & CONSCIOUSNESS-BASED  
HOLISTIC APPROACHES & TECHNIQUES**

## **QIM 2011 Symposium Proceedings**

Editors

**Dejan Raković  
Slavica Arandjelović  
Mirjana Mićović**

**QIM 2011  
Belgrade**



**Knowledge  
Federation**

**KIM 2011 KF OKRUGLI STO  
Beograd, 25 septembar 2011  
[www.qim2011.org](http://www.qim2011.org)**

## **OKRUGLI STO KNOWLEDGE FEDERATION DIJALOG BEOGRAD 2011: PARCIJALNI & HOLISTIČKI ORIJENTISANI PRISTUPI**

- Fizika • Medicina • Biologija • Psihologija • Transpersonalni fenomeni •
- Tehnika • Društvo • Umetnost • Filozofija • Religija & Slično •

**Moderatori:** D. Karabeg, D. Raković

QUANTUM-INFORMATIONAL MEDICINE QIM 2011  
ROUND TABLE KNOWLEDGE FEDERATION DIALOG BELGRADE 2011:  
PARTIAL VERSUS HOLISTIC ORIENTED APPROACHES

## **QIM 2011 Round Table Knowledge Federation Proceedings**

Editors

Dino Karabeg  
Dejan Raković  
Slavica Arandjelović  
Mirjana Mićović

QIM 2011  
Belgrade

JOHN C. LENNOX

NEW  
UPDATED  
EDITION

# GOD'S UNDERTAKER HAS SCIENCE BURIED GOD?

There is no more important debate than the – science versus religion. And it needs to begin again, with the understanding of what science and religion actually are. Because that alone will wonderfully

John Lennox, *The Universe*

An illuminating demolition of Darwinism's greatest claim: biology proves evolution.

John Lennox, *The Universe*

MAJKL TALBOT

# HOLOGRAFSKI UNIVERZUM

1990 - 2000



ARTIST

Majkl Talbot (1953-1992) autor je brojnih knjiga koje osvetljavaju paralele između drevnog misticizma i kvantne teorije. U knjizi "Holografski univerzum", napisanoj 1991. neposredno pred autorovu preranu smrt, a prevedenu kod nas tek deceniju i po kasnije, Talbot se oslanja na rade čuvenih naučnika, kvantnog fizičara Dejvida Boma i neurofiziologa Karla Pribrama, koji ukazuju da bi **Univerzum** mogao biti **džinovski kvantni hologram**, vrsta **konstrukta uma na granici subjekat/objekat** - relativizirajući pitanje da li objektivna stvarnost postoji ili **stalno fluktuirala** između **implicitnog & eksplicitnog** porekla!?

U knjizi "**Holografski univerzum**" [106] Talbot (i sam ekstrasens!) ukazuje da bi se mnogi u knjizi dokumentovani **misteriozni fenomeni**:

**sinhronicitet & lucidni snovi & ejdetske slike & višestruke ličnosti,**  
**viđenje i terapija aure & vizualizirajuća, hipnotička i čudesna isceljenja,**  
**mistična religiozna iskustva & vantelesna i bliska smrti iskustva,**  
**psihometrija & prekognicija & ekstrasenzorna percepција,**  
**psihokineza & materijalizacija & teleportacija,**

mogli objasniti u okviru predložene (**kvantno)holografske paradigmе**.

## STANJA SVESTI U EZOTERIJSKOJ PRAKSI

Petar Vujičin

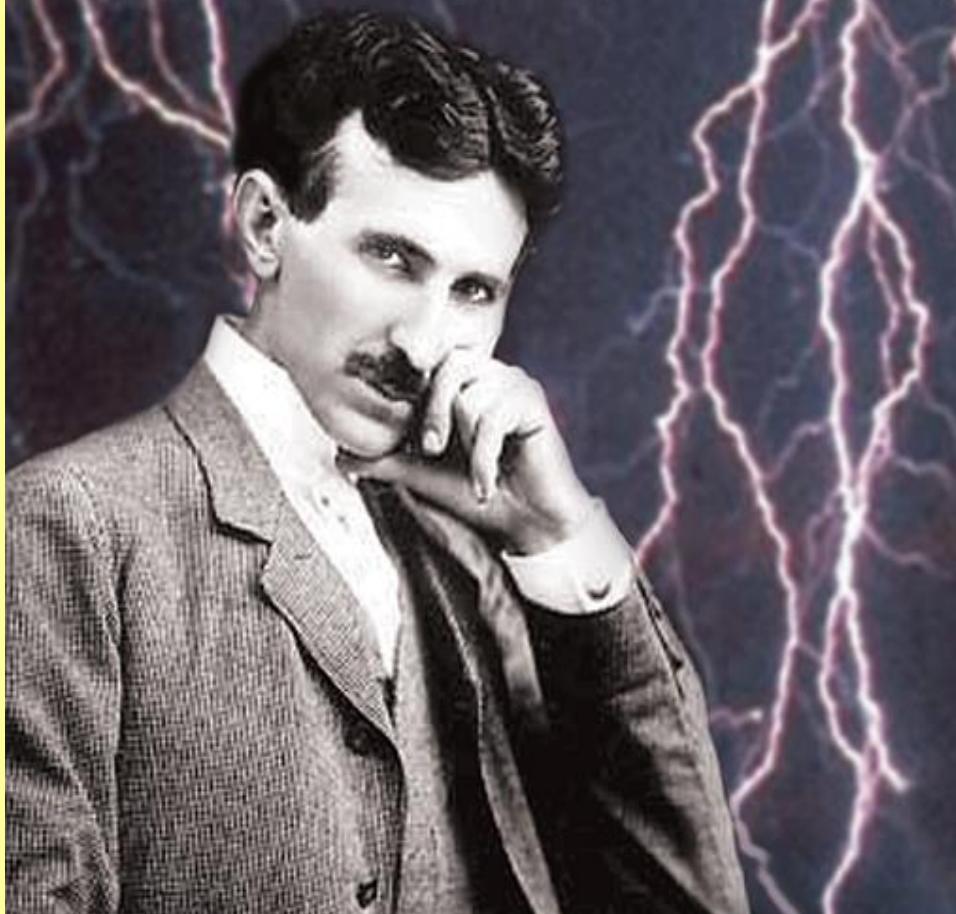
*Budućnost pripada onima koji  
misle iznad tekuće paradigme*

**Rezime.** Ovaj rad ima za cilj da pokaže da proučavanje fenomena svesti, a posebno ljudskih stanja svesti, za razliku od veoma skorašnje preokupacije Zapadne nauke ovim problemom, može datirati gotovo tri milenijuma unazad kada su svest ispitivali i lično istraživali mudraci iz drevne Indije, koji su iza sebe ostavili pisana dokumenta o svojim nalazima, koja mi danas poznajemo pod imenom "Upanišade". Ezoterijske struje ostalih glavnih svetskih religija takođe su se bavile istraživanjem svesti u sopstvenim duhovnim tradicijama kao najvažnijim od svih predmeta istraživanja, dolazeći do gotovo identičnih zaključaka kao i upanišadski vidioci o prirodi svesti. Rad je usredsređen na uporednu prezentaciju dve ezoterijske prakse koje su bile najartikulisane u opisu rezultata istraživanja: Upanišade, poznate pod kolektivnim imenom Vedanta (Hinduizam) i ezoterično Hrišćanstvo prema učenju jednog savremenog, dostojnog poštovanja kiparskog mistika, jednostavno nazvanog Daskalos (učitelj). Upadljive korespondencije između ove dve tradicije nađene su u svim njihovim aspektima, od makrokosmosa, strukture Univerzuma, do mikrokosmosa, strukture čovekovog sopstva, čovekovih tela, čovečjih stanja svesti, i preciznih tehnika za proširenje i ostvarenje viših stanja svesti. Takođe je dat i kratak komentar o psihičkim fenomenima u ezoteričnoj tradiciji, kao i o istraživanjima ovih fenomena savremenih naučnika. Na kraju, ističe se tvrdnja da bi savesna primena ezoteričnih disciplina i kodeksa ponašanja u mnogim aspektima ljudskog života, na ličnom i društvenom planu, bila najefikasniji način za iskorenjivanje svih zala (ratova, zločina, siromaštva, bolesti, nesreće) koja su napadala čovečanstvo tokom njegove duge istorije.

**Ključne reči:** Hinduizam, ezoteričko Hrišćanstvo, misticizam, Braman, Atman, Apsolut, stanja svesti, svest, samosvest, supersvest, supersvesna samosvest, podsvesno, sopstvo.

# My Inventions

by:  
Nikola Tesla



Günter Nimtz and Astrid Haibel

WILEY-VCH

# Zero Time Space

How Quantum Tunneling Broke the  
Light Speed Barrier

With  
a Foreword by  
Ulrich Walter



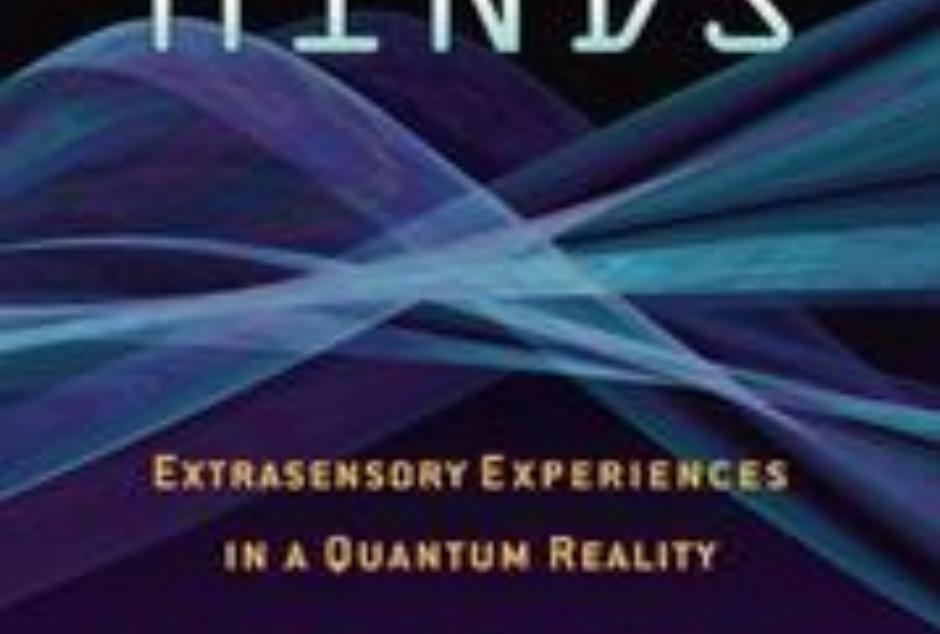
# CONSCIOUSNESS AND THE SOURCE OF REALITY

*The PEAR Odyssey*

Robert G. Jahn and  
Brenda J. Dunne

Crown Publishing Group

# ENTANGLED MINDS



EXTRASENSORY EXPERIENCES  
IN A QUANTUM REALITY

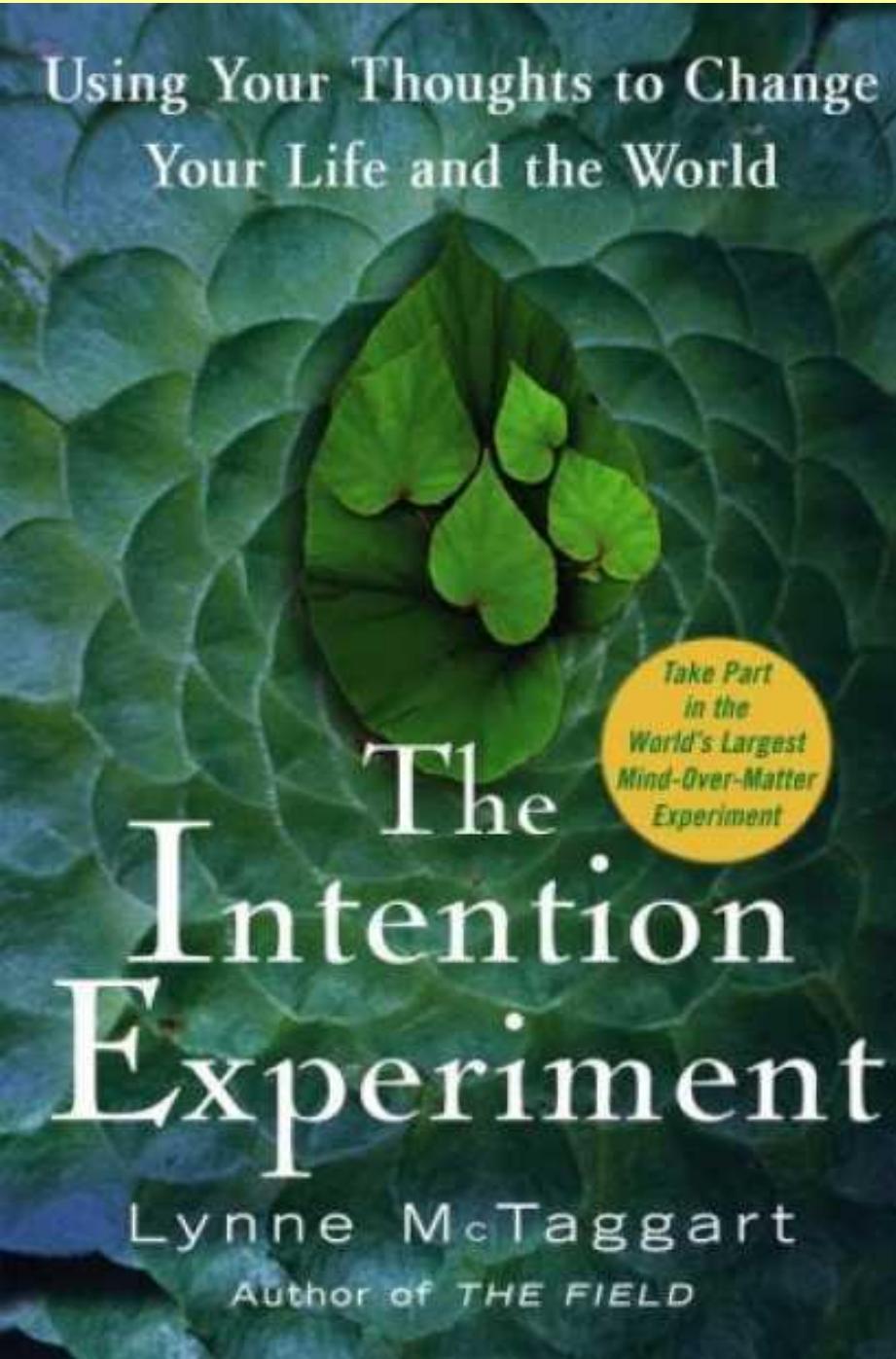
## DEAN RADIN

Bestselling author of *The Conscious Universe*

"This book presents the most convincing research evidence I have seen that change from  
the outside world can affect our thoughts, feelings, and behavior."  
—Larry Dossey, M.D., author of *Getting Well Again*

CROWN PUBLISHING GROUP

Using Your Thoughts to Change  
Your Life and the World



# The Intention Experiment

*Take Part  
in the  
World's Largest  
Mind-Over-Matter  
Experiment*

Lynne McTaggart

Author of *THE FIELD*

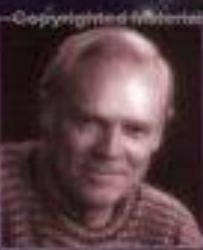
FORWARDED BY DR. WAYNE DYER

# ANITA MOORJANI

"I had the desire to write this... so now I chose to write about  
God and their 'Secret' life after we're Here..."

# DYING TO BE ME

My Journey from Cancer,  
to Near Death to True Healing



Copyrighted Material  
OVER 200,000 COPIES SOLD!

MICHAEL NEWTON, PH.D.

# JOURNEY OF SOULS

CASE STUDIES OF  
LIFE BETWEEN LIVES

Copyrighted Material

# **Kvantno-holografska informatika & biomedicina: rekapitulacija**

---

**NELOKALNA PRIRODA AKUPUNKTURNOG SISTEMA & PSIHOSOMATIKE:  
TRI LINIJE FRONTA MEDICINE & KVANTNO-INFORMACIONA MEDICINA;**

**NELOKALNA PRIRODA SVESTI & KREATIVNOSTI I DUHOVNOSTI:  
TRANSPERSONALNE INTERAKCIJE & PROSTORNO-VREMENSKA SPLEtenost,  
DVA KOGNITIVNA MODUSA SVESTI & KVANTNA PSIHOLOGIJA;**

**EGZISTENCIJA & PROMENA KONFORMACIJE BIOMOLEKULA:  
BIOMOLEKULARNO PREPOZNAVANJE & KVANTNA BIOLOGIJA;**

**IZOŠTRAVANJE OSNOVA KVANTNE MEHANIKE:  
PRINCIP EKVIVALENCIJE & KVANTNO-GRAVITACIONA PRIRODA  
KOLAPSA TALASNOG PAKETA**

*HVALA NA PAŽNJI I  
DOBRO DOŠLI U  
KVANTNO-HOLOGRAFSKU  
PSIHOSOMATSKU  
PARADIGMU!*

## LITERATURA

1. A. J. Leggett, Macroscopic quantum systems and the quantum theory of measurement, *Prog. Theor. Phys. Suppl.* No. 69 (1980) 80-100.
2. A. J. Leggett, A. Garg, Quantum mechanics versus macroscopic realism: Is the flux there when nobody looks?, *Phys. Rev. Lett.* 54 (1985) 857-860.
3. W. H. Zurek, Decoherence and the transition from quantum to classical, *Phys. Today* 44(10) (1991) 36-44.
4. W. H. Zurek, Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical, *Rev. Mod. Phys.* 75 (2003) 715-765.
5. G. C. Ghirardi, A. Rimini, T. Weber, Unified dynamics for microscopic and macroscopic systems, *Phys. Rev. D* 34 (1986) 470-491.
6. R. Penrose, On gravity's role in quantum state reduction, *Gen. Rel. Grav.* 28 (1996) 581-600.
7. J. Kofler, Č. Brukner, Classical world arising out of quantum physics under the restriction of coarse-grained measurements, *Phys. Rev. Lett.* 99 (2007) 180403.
8. J. Kofler, Č. Brukner, Conditions for quantum violation of macroscopic realism, *Phys. Rev. Lett.* 101 (2008) 090403.
9. V. Vedral, *Decoding Reality: The Universe as Quantum Information*, Oxford Univ. Press, Oxford, 2010.
10. M. Dugić, *Dekoherenca u klasičnom limitu kvantne mehanike*, SFIN XVII(2), Institut za fiziku, Beograd, 2004.
11. D. Raković, M. Dugić, M. M. Ćirković, Macroscopic quantum effects in biophysics and consciousness, *NeuroQuantology* 2(4) (2004) 237-262.
12. D. Raković, M. Dugić, J. Jeknić-Dugić, M. Plavšić, S. Jaćimovski, J. Šetrajić, "On macroscopic quantum phenomena in biomolecules and cells: From Levinthal to Hopfield," *BioMed Res. Int.* 2014 (2014) Article ID 580491, 9 pages.
13. S. P. Sit'ko, L. N. Mkrtchian, *Introduction to Quantum Medicine*, Pattern, Kiev, 1994.
14. Ye. A. Andreyev, M. U. Bely, S. P. Sit'ko, *Proyavlenie sobstvenih haraktericheskikh chastot chelovecheskogo organizma*, Zayavka na otkritie No. 32-OT-10609 ot 22. maya 1982.
15. S. P. Sit'ko, Ye. A. Andreyev, I. S. Dobronravova, The whole as a result of self-organization, *J. Biol. Phys.* 16 (1988) 71-73.
16. S. P. Sit'ko, V. V. Gizhko, Towards a quantum physics of the living state, *J. Biol. Phys.* 18 (1991) 1-10.
17. S. P. Sit'ko, The realization of genome in the notions of Physics of the Alive, *Medical Data Rev.* 4(2) (2012) 207-215, Invited paper; Reprinted from: D. Raković, S. Arandjelović, M. Mićović (eds.), *Proc. Symp. Quantum-Informational Medicine QIM 2011: Acupuncture-Based and Consciousness-Based Holistic Approaches & Techniques*, QUANTTES & HF & DRF, Belgrade, 2011; <http://www.qim2011.org>.
18. Complete issue: *Physics of the Alive* (*Физика живого*) 6(1) (1998).
19. L. M. Ricciardi, H. Umezawa, Brain and physics of many-body problems, *Kybernetic* 4 (1967) 44-48.
20. C. I. J. M. Stuart, Y. Takahashi, H. Umezawa, On the stability and non-local properties of memory, *J. Theor. Biol.* 71 (1978) 605-618.
21. C. I. J. M. Stuart, Y. Takahashi, H. Umezawa, Mixed-system brain dynamics: Neural memory as a macroscopic ordered state, *Found. Phys.* 9 (1979) 301-327.
22. H. Umezawa, *Advanced Field Theory: Micro, Macro, and Thermal Physics*, American Institute of Physics, New York, 1993.
23. E. Del Giudice, S. Doglia, M. Milani, A collective dynamics in metabolically active cells, *Phys. Lett.* 90A (1982) 104-106.
24. E. Del Giudice, S. Doglia, M. Milani, G. Preparata, G. Vitiello, Electromagnetic field and spontaneous symmetry breaking in biological matter, *Nucl. Phys. B* 275 (1986) 185-199.
25. E. Del Giudice, G. Preparata, G. Vitiello, Water as a free electric dipole laser, *Phys. Rev. Lett.* 90A (1988) 104-106.
26. E. Del Giudice, S. Doglia, M. Milani, C. W. Smith, G. Vitiello, Magnetic flux quantization and Josephson behaviour in living systems, *Phys. Scripta B* 40 (1989) 786-791.
27. G. Preparata, *QED Coherence in Matter*, World Scientific, Singapore, 1995.
28. L. Montagnier, J. Aissa, E. Del Giudice, C. Lavallee, A. Tedeschi, G. Vitiello, DNA waves and water, [arXiv:1012.5166v1](https://arxiv.org/abs/1012.5166v1) [q-bio.OT], submitted 23 Dec 2010; P. P. Garajev, *Lingvistichesko-volnovoy genom: teoriya i praktika*, Institut kvantovoy genetiki, Kiev, 2009.

29. M. Jibu, S. Hagan, S. R. Hameroff, K. H. Pribram, K. Yasue, Quantum optical coherence in cytoskeletal microtubules: Implications for brain function, *BioSystems* 32 (1994) 195-209.
30. M. Jibu, K. Yasue, *Quantum Brain Dynamics: An Introduction*, John Benjamins, 1995.
31. M. Jibu, K. H. Pribram, K. Yasue, From conscious experience to memory storage and retrieval: The role of quantum brain dynamics and boson condensation of evanescent photons, *Intern. J. Mod. Phys.* 10 (1996) 1735-1754.
32. M. Jibu, K. Yasue, What is mind? Quantum field theory of evanescent photons in brain as quantum theory of consciousness, *Informatica* 21 (1997) 471-490.
33. M.-W. Ho, F.-A. Popp, U. Warnke, *Bioelectrodynamics and Biocommunication*, World Scientific, Singapore, 1994.
34. Complete issue: *Indian J. Exp. Biol.* 41(5) (2003), *Proc. Symp. Biophoton*.
35. J.-M. Lourtioz, H. Benisty, V. Berger, J.-M. Gerard, D. Maystre, A. Tchelnokov, *Photonic Crystals*, 2nd ed., Springer, Berlin, 2008.
36. D. Raković, On fundamental quantum-informational framework of acupuncture-based and consciousness-based integrative medicine, Plenary lesson presented at 7<sup>th</sup> European Congress for Integrative Medicine, ECIM 2014, Belgrade, 2014.
37. W. R. Adey, Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields, *Physiol. Rev.*, 61 (1981) 435-514, and refs therein.
38. Grupa autora, *Anti-stres holistički priručnik: sa osnovama akupunkture, mikrotalasne rezonantne terapije, relaksacione masaže, aerojonoterapije, autogenog treninga i svesti*, IASC, Beograd, 1999; D. Raković, *Stres i anti-stres: holistički kvantno-informacioni okvir sa preporučenih anti-stres pristupa i tehnika*, [http://www.dejanrakovicfund.org/2012\\_FDR\\_Stres\\_&\\_Antistres.pdf](http://www.dejanrakovicfund.org/2012_FDR_Stres_&_Antistres.pdf).
39. D. Raković, A. Škopljev, D. Đorđević, *Uvod u kvantno-informacionu medicinu, sa osnovama kvantno-holografske psihosomatike, akupunkturologije i refleksoterapije*, ECPD, Beograd, 2009.
40. <http://dejanrakovicfund.org>; FDR website Fonda Dejana Rakovića za promovisanje holističkog istraživanja i ekologije svesti, sa raspoloživim relevantnim autorovim knjigama, zbornicima, radovima, saopštenjima, i linkovima na preporučene websajtove.
41. D. Raković, Kvantno-holografske osnove psihosomatike i duhovnosti: prilog uporednom istraživanju nauke i religije, *Međiverski okrugli sto 'Religija, nauka, kultura: doprinos svetskih religija nauci i kulturi – verska baština kao predmet istraživanja na Univerzitetu u Beogradu'*, Kancelarija ombudsmana Univerziteta u Beogradu, 10.06.2013. (preprint).
42. D. Raković, S. Arandjelović, M. Mićović (eds.), *Proc. Symp. Quantum-Informational Medicine QIM 2011: Acupuncture-Based and Consciousness-Based Holistic Approaches & Techniques*, QUANTTES & HF & DRF, Belgrade, 2011.
43. D. Raković, *Osnovi biofizike*, 3. izd., IASC & IEFPG, Beograd, 2008.
44. D. Raković, *Integrativna biofizika, kvantna medicina i kvantno-holografska informatika: psihosomatsko-kognitivne implikacije*, IASC & IEFPG, Beograd, 2008, ima i engl. prevod, 2009.
45. L. Susskind, J. Lindesay, *An Introduction to Black Holes, Information and the String Theory Revolution: The Holographic Universe*, World Scientific, Singapore, 2005.
46. Ž. Mihajlović Slavinski, *PEAT i neutralizacija praiskonskih polariteta*, Beograd, 2000; *PEAT, novi putevi*, Beograd, 2010; imaju i engl. prevodi.
47. Z. Jovanović-Ignjatić, *Kvantno-hologramska medicina: kroz prizmu akupunktturnih i mikrotalasno-rezonantnih (samo)regulatornih mehanizama*, Quanttes, Beograd, 2010.
48. Y. Zhang, *ECIWO Biology and Medicine: A New Theory of Conquering Cancer and Completely New Acupuncture Therapy*, Neimenggu People Press, Beijing, 1987.
49. N. D. Devyatkov, O. Betskii (eds.), *Biological Aspects of Low Intensity Millimetre Waves*, Seven Plus, Moscow, 1994.
50. Yu. P. Potehina, Y. A. Tkachenko, A. M. Kozhemyakin, *Report on Clinical Evaluation for Apparatus EHF-IR Therapies Portable with Changeable Oscillators CEM TECH*, CEM Corp, Nizhniy Novgorod, 2008.
51. M. Y. Gotovski, Y. F. Perov, L. V. Chernecova, *Bioresonansnaya terapiya*, IMEDIS, Moskva, 2008.
52. R. Voll, Twenty years of electroacupuncture diagnosis in Germany. A progress report, *Am. J Acup.* 3(1) (1975) 7-17.
53. [http://www.imconsortium.org/prod/groups/ahc/@pub/@ahc/@cahcim/documents/asset/ahc\\_asset\\_391689.pdf](http://www.imconsortium.org/prod/groups/ahc/@pub/@ahc/@cahcim/documents/asset/ahc_asset_391689.pdf); website Konzorcijuma akademskih medicinskih centara za integrativnu medicinu, osnovanog krajem 1990-ih, koji uključuje preko 50 vrhunskih američkih akademskih centara i pridruženih institucija, sa ciljem transformisanja medicine kroz rigorozne naučne studije, nove modele kliničke nege, i inovativne edukativne programe koji integriru biomedicinu, kompleksnost ljudskog bića, suštinsku prirodu isceljenja, i bogatstvo terapeutskih sistema.

54. <http://www.issseem.org>; ISSSEEM website Internacionalnog društva za proučavanje suptilnih energija i energetske medicine, osnovanog krajem 1980-ih.
55. <http://www.energy-medicine.info>; Inergetix website sa savremenim kritičkim pregledom i zapadnih i istočnih tehnologija iz oblasti energetsko-kvantno-informacione medicine, uključujući informaciju o Rife-ovom ranom istraživanju u oblasti biorezonantne medicine 1930-ih, koje nije bilo priznato u to vreme.
56. M. Peruš, Neuro-quantum parallelism in mind-brain and computers, *Informatica* 20 (1996) 173-183.
57. I. Cosic, Macromolecular bioactivity: Is it resonant interaction between macro-molecules? – Theory and applications, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 41(12) (1994) 1101-1114.
58. I. Cosic, *The Resonant Recognition Model of Macromolecular Bioactivity: Theory and Applications*, Birkhauser Verlag, Basel, 1997.
59. G. Keković, D. Raković, B. Tošić, D. Davidović, I. Cosic, Quantum-mechanical foundations of Resonance Recognition Model, *Acta Phys. Polon. A* 17(5) (2010) 756-759.
60. K. Pribram, *Languages of the Brain: Experimental Paradoxes and Principles in Neuro-psychology*, Brandon, New York, 1971.
61. K. Pribram, *Brain and Perception: Holonomy and Structure in Figural Processing*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1991.
62. H. Lindemann, *Autogeni trening*, Prosvjeta, Zagreb, 1976.
63. Dž. Marfi, *Moć podsvesti*, Mano & Manana, Beograd, 1998.
64. D. Chopra, *Kvantno isceljenje: istraživanje medicine uma i tijela*, Radioelektro, Beograd, 1997.
65. Paramhansa Yogananda, *Autobiografija jednog jogija*, Babun, Beograd, 2006.
66. B. A. Brennan, *Iscjeliteljske ruke: sve o liječenju kroz ljudsko energetsko polje*, Barka, Zagreb, 1997.
67. K. S. Cohen, *The Way of Qigong: The Art and Science of Chinese Energy Healing*, Random House of Canada, 1999.
68. Mantak Chia, *Awaken Healing Energy through the Tao*, Aurora Press, Santa Fe, 1983.
69. Swami Sada Shiva Tirtha, *The Ayurveda Encyclopedia. Natural Secrets of Healing, Prevention and Longevity*, 2nd ed., Sat Yuga Press, New York, 2007.
70. Master Choa Kok Sui, *Nauka i umetnost lečenja životnom energijom - Pranic Healing*, Alijanca Pranic Healing Asociation, Beograd, 2010.
71. H. Johari, *Breath, Mind, and Consciousness*, Destiny Books, Rochester, 1989.
72. Swami Satyananda Saraswati, *Joga Nidra: relaksacija, meditacija, uvođenje u san*, Partizan, 1984.
73. D. W. Orme-Johnson, J. T. Farrow (eds.), *Scientific Research on the Transcendental Meditation Program*, Collected papers Vol. 1, MERU Press, Rheinweiler, W. Germany, 1977.
74. D. Panajotović, *Budizam: vodič kroz Theravada budizam*, Udruženje srpskih izdavača, Beograd, 2011.
75. M. Milenković, *Reiki – put ka sebi*, 2. izd, Booking, Beograd, 2010.
76. E. Pearl, *Rekonekcija: leči druge, leči sebe*, Leo commerce, Beograd, 2007.
77. V. Stajbal, *Theta isceljivanje: idi gore i traži Boga, idi gore i radi sa Bogom*, Beograd, 2009.
78. G. Grabovoi, S. Smirnova, S. Jelezky, *Methods of Healing through the Application of Consciousness*, Rare Ware Medienverlag, Hamburg, 2012.
79. R. Bartlett, *Matrix Energetics: The Science and Art of Transformation*, Beyond Words Publ., Hillsboro, 2009.
80. F. J. Kinslow, *The Secret of Instant Healing*, Hay House, Carlsbad, 2008.
81. S. Simonovska, Quantum transformation, In: D. Raković, S. Arandjelović, M. Mićović (eds.), *Proc. Symp. Quantum-Informational Medicine QIM 2011: Acupuncture-Based & Consciousness-Based Holistic Approaches & Techniques*, QUANTTES & HF & DRF, Belgrade, 2011.
82. W. Fishman, M. Grinims, *Muscle Response Test*, Richard Marek, New York, 1979.
83. B. Helinger, G. ten Hevel, *Priznati ono što jeste*, Paideia, Beograd, 2010; <http://www.orderoflove.com>.
84. M. Tomšić Akengen, Abiku phenomenon: Spiritual origin and treatment of self-destructiveness, In: D. Raković, S. Arandjelović, M. Mićović (eds.), *Proc. Symp. Quantum-Informational Medicine QIM 2011: Acupuncture-Based and Consciousness-Based Holistic Approaches & Techniques*, QUANTTES & HF & DRF, Belgrade, 2011.
85. Č. Hadži-Nikolić, Entheogenic shamanism: Anthropological category, transpersonal dimension or psychotherapeutic model, In: D. Raković, S. Arandjelović, M. Mićović (eds.), *Proc. Symp. Quantum-Informational Medicine QIM 2011: Acupuncture-Based and Consciousness-Based Holistic Approaches & Techniques*, QUANTTES & HF & DRF, Belgrade, 2011.

86. B. J. Øverbye, The divided self as understood by shaman natural healers! An effort of transcultural research to understand altered states of mind, *Med. Data Rev.* 1(3) (2009) 69-76.
87. P. Vujičin, Stanja svesti u ezoterijskoj praksi, u: D. Raković, Đ. Koruga (eds.), *Svest: naučni izazov 21. veka*, ECPD, Beograd, 1996.
88. S. Petrović, *Tibetanska medicina*, Narodna knjiga – Alfa, Beograd, 2000.
89. C. Tart (ed.), *Transpersonal Psychologies*, 2nd ed. Harper, San Francisco, 1992; C. Tart (ed.), *Transpersonal Psychologies*, 2nd ed., Harper, San Francisco, 1992.
90. <http://www.atpweb.org>; ATP website Društva za transpersonalnu psihologiju, koje se od ranih 1970-ih bavi proučavanjem najvišeg ljudskog potencijala, i sa razumevanjem holističkih spiritualnih i transcendentnih stanja svesti (čineći transpersonalnu psihologiju četvrtom silom u psihologiji, pored psihanalize, biheviorizma, i humanističke psihologije, prema Maslow-u, jednom od njenih osnivača).
91. S. Grof, C. Grof, *Holotropic Breathwork: A New Approach to Self-Exploration and Therapy*, Series in Transpersonal and Humanistic Psychology, Sunny Press, Albany, 2010.
92. S. Milenković, *Vrednosti savremene psihoterapije*, Narodna knjiga – Alfa, Beograd, 1997.
93. V. Jerotić, *Individuacija i (ili) oboženje*, Ars Libri, Beograd & Narodna i univerzitetska biblioteka, Priština, 1998.
94. J. Vlahos, *Pravoslavna psihoterapija: svetootaćka nauka*, Pravoslavna misionarska škola pri Hramu Sv. Aleksandra Nevskog, Beograd, 1998.
95. L. Dossey, *Healing Words: The Power of Prayer and the Practice of Medicine*, Harper, San Francisco, 1993.
96. K. C. Markides, *Mag iz Strovolosa – neobični svet jednog duhovnog iscelitelja*, Narodna knjiga - Alfa, Beograd, 2004.
97. W. S. Harris, M. Gowda, J. W. Kolb, C. P. Strychacz, J. L. Vacek, P. G. Jones, A. Forker, J. H. O'Keefe, B. D. McCallister, A randomized, controlled trial of the effects of remote, intercessory prayer on outcomes in patients admitted to the coronary care unit, *Arch. Intern. Med.* 159 (1999) 2273-2278.
98. B. Bedričić, M. Stokić, Z. Milosavljević, D. Milovanović, M. Ostojić, D. Raković, M. Sovilj, S. Maksimović, Psycho-physiological correlates of non-verbal transpersonal holistic psychosomatic communication, In: S. Jovičić, M. Subotić, eds., *Verbal Communication Quality Interdisciplinary Research I*, LAAC & IEPSP, Belgrade, 2011.
99. R. Hecht-Nielsen, *Neurocomputing*, Addison-Wesley, New York, 1990.
100. R. G. Jahn, B. J. Dunne, *Consciousness and the Source of Reality: The PEAR Odyssey*, ICRL, Princeton, 2011;
101. D. Radin, *Entangled Minds: Extrasensory Experiences in a Quantum Reality*, Paraview, New York, 2006.
102. L. McTaggart, *Eksperiment namjere*, TELEdisk, Zagreb, 2008.
103. M. Njutn, *Putovanje duša*, Zrak, Beograd, 2012.
104. H. Fröhlich, Long-range coherence and energy storage in biological systems, *Int. J. Quantum Chem.* 2 (1968) 641-649.
105. G. Keković, D. Raković, M. Satarić, Dj. Koruga, Model of soliton transport through microtubular cytoskeleton in acupuncture system, *Mater. Sci. Forum* 494 (2005) 507-512.
106. S. Thorne, *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy*, Picador, London, 1994.
107. M. Talbot, *Holografski univerzum*, Artist, Beograd, 2006.
108. [http://www.youtube.com/watch?v=faUJAvgvV\\_c](http://www.youtube.com/watch?v=faUJAvgvV_c); snimak demonstriranih upečatljivih psihokinetičkih fenomena srpskog dečaka (sa isceliteljskim urođenim svojstvima, koja jasno svedoče u prilog njegove jake vitalne energije), sa čijih grudi ne padaju na zemlju metalni, plastični ili stakleni predmeti težine do nekoliko kilograma (verovatno zbog anti-gravitacionog poništenja lokalnog gravitacionog polja na mestima dečakovih čakri, spontano dopunjavanih jakom vitalnom energijom kroz transpersonalno otvorene energetske kanale, kao u Čigongu ili Reikiju).
109. Pitanje prostorno-vremenskog tuneliranja vitalne energije kroz transpersonalno otvorene energetske kanale na prvi pogled protivureči tzv. *no-cloning* teoremi iz Kvantne informatike, koja dozvoljava samo distantnu teleportaciju kvantnih stanja ali ne i kvantnih čestica, što je ekvivalentno iskazu da nije moguće kretanje kvantnih čestica brzinom većom od brzine svetlosti u vakuumu [10]; međutim, takva ograničenja se odnose samo na (Šredingerovski upravljanje) unitarne transformacije kvantnih stanja, ali ne i na (ne-Šredingerovski upravljanje) neunitarne transformacije kvantnih stanja povezane sa kolapsom talasne funkcije (preko probabilistički generisanih lokalnih kvantno-gravitaciono-indukovanih "wormhole" tunela, prema predloženom kvantno-holografskom / kvantno-gravitacionom teorijskom okviru).

# **DODATAK 1.**

# **OSNOVI KVANTNE MEHANIKE**

# Osnovni kvantnomehanički postulati. Šredingerova talasna jednačina

---

- Šredinger (1926) je predložio opis nekog mikrofizičkog sistema *kompleksnom talasnom funkcijom* ( $\Psi$ ).
- Za *jednočestični* sistem, svojstva talasne funkcije  $\Psi$  mogu se izraziti preko sledećih **postulata**:
  1. Čestici se pridružuje **talasna funkcija**  $\Psi(x,y,z,t)$ , gde su  $x, y, z$  prostorne koordinate čestice, a  $t$  vreme.
  2. Klasični izraz za ukupnu energiju  $E$  (*hamiltonijan sistema*)

$$\frac{p^2}{2m} + U(x, y, z) = E$$

konvertuje se u Šredingerovu talasnu jednačinu pridruživanjem određenih **operatora** (Princip korespondencije):

*dinamička varijabla*      *pridruženi operator*

$$\begin{aligned}x, y, z &\rightarrow x, y, z \\U(x, y, z) &\rightarrow U(x, y, z)\end{aligned}$$

$$p_x, p_y, p_z \rightarrow -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}, -i\hbar \frac{\partial}{\partial y}, -i\hbar \frac{\partial}{\partial z}$$

$$E \rightarrow i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$$

Zamenom klasičnih dinamičkih veličina pridruženim operatorima, klasični izraz pretvara se u **Šredingerovu talasnu jednačinu**:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + U(x, y, z)\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

koja se često izražava u obliku

$$\hat{H}\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

gde je  $\hat{H}$  Hamiltonov operator ili **kvantnomehanički hamiltonijan** sistema:

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) + U(x, y, z) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U(x, y, z)$$

u kome je  $\nabla^2 \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  Laplasov operator.

3. Veličine  $\Psi(x,y,z,t)$  i  $\partial\Psi/\partial x$ ,  $\partial\Psi/\partial y$ ,  $\partial\Psi/\partial z$  moraju biti konačne, neprekidne i jednoznačne za sve vrednosti  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$ . Time Šredingerova talasna jednačina jednoznačno određuje **evoluciju u vremenu** talasne funkcije  $\Psi(x,y,z,t)$ .

4. Veličina  $\Psi^*\Psi$ , gde je  $\Psi^*$  kompleksna konjugovana vrednost talasne funkcije  $\Psi$ , uvek je *realna* veličina, i interpretira se kao **gustina verovatnoće** sa uslovom *normiranja* talasne funkcije (Born, 1926):

$$\int \Psi^* \Psi dV = 1$$

5. **Srednja ili očekivana vrednost**  $\langle \alpha \rangle$  bilo koje fizičke veličine  $\alpha$ , kojoj je pridružen operator  $\hat{\alpha}$ , definisana je kao:

$$\langle \alpha \rangle = \int \Psi^* \hat{\alpha} \Psi dV,$$

6. **Kvantno merenje** neke fizičke veličine (observable) na stanju  $\Psi$  sistema ima odlike **stohastičnosti** (Projekcioni postulat), kao diskontinualna promena talasne funkcije stanja  $\Psi$  sistema u neko od svojstvenih stanja  $\Psi_j$  te observable (fon Nojman, 1932):

$$\Psi = \sum c_i \Psi_i \rightarrow \Psi_j \text{ (sa verovatnoćom } |c_j|^2 \text{)}$$

U kvantnoj mehanici svako **stanje** jednog kvantnog sistema je jedan *element* (*talasna funkcija, vektor stanja*) *Hilbertovog prostora stanja* (u opštem slučaju beskonačno-dimenzionog linearog unitarnog vektorskog prostora), a **fizičke observable** predstavljaju *operatore* (*preslikavanja*) na Hilbertovom prostoru stanja. Tako jednom *kvantnom stanju* u opštem slučaju ne odgovara jednoznačna vrednost neke *kvantne observable*, već **kvantno merenje** na sistemu ima odlike **stohastičnosti** (v. i odeljke o Kvantnoj teoriji merenja i Kvantnoj dekoherenciji).

Dakle, u *kvantnoj fizici* pojmovi *stanja* i *vrednosti fizičkih veličina* više nisu isto, te **kvantnu fiziku odlikuje odsustvo vizualizacija fizičkih sistema i procesa** – karakterističnih za *klasičnu fiziku* (gde se efektivno identifikuju pojam *stanja* (položaj tačke u faznom prostoru vrednosti vektora koordinata i impulsa  $N$ -čestičnog sistema) i pojam *vrednosti fizičkih veličina* (fizičkih varijabli, koje su jednoznačne funkcije vrednosti vektora koordinata i impulsa  $N$ -čestičnog sistema)).

Osnovni zadatak kvantne mehanike je *proračun verovatnoća* događaja i *očekivanih vrednosti* opservabli, što implicira da se **stanje** kvantnog sistema zapravo tiče **ansambla** – skupa  $N$  *identično pripremljenih kvantnih sistema* (elemenata ansambla), gde kvantno merenje neke kvantne observable u opštem slučaju daje  $i$ -tu vrednost na skupu od  $N_i$  ponavljanja merenja (gde je  $\sum_i N_i = N$ ).

# Srednje vrednosti fizičkih veličina. Klasični limit

---

- *Kvantna mehanika daje iste rezultate kao i klasična mehanika, kada se posmatraju **srednje vrednosti** fizičkih veličina.*
- Na primer, srednja vrednost komponente  $p_x$  impulsa jednaka je:

$$\langle p_x \rangle = \int \Psi^*(x, t) \left( -i\hbar \frac{\partial}{\partial x} \right) \Psi(x, t) dx$$

Izvod po vremenu ove srednje vrednosti je

$$\begin{aligned}\frac{d\langle p_x \rangle}{dt} &= -i\hbar \int \frac{\partial \Psi^*}{\partial t} \frac{\partial \Psi}{\partial x} dx - i\hbar \int \Psi^* \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} dx \\ &= -\frac{\hbar^2}{2m} \left[ \frac{\partial \Psi^*}{\partial x} \cdot \frac{\partial \Psi}{\partial x} - \Psi^* \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \right]_{-\infty}^{+\infty} - \int \Psi^* \frac{\partial U}{\partial x} \Psi dx\end{aligned}$$

što je Njutnov zakon kretanja čestice duž x-ose:

$$\frac{d\langle p_x \rangle}{dt} = \left\langle -\frac{\partial U}{\partial x} \right\rangle = \langle F_x \rangle$$

Dakle, dok se posmatraju srednje vrednosti fizičkih veličina, kvantna mehanika je u saglasnosti sa jednačinama klasične mehanike!

# Stacionarna stanja. Vremenski nezavisna Šredingerova talasna jednačina

---

- Vremenski zavisna talasna funkcija  $\Psi(x,y,z,t)$  može se napisati u obliku:

$$\Psi(x, y, z, t) = \psi(x, y, z) e^{-\frac{i}{\hbar} E t}$$

gde je **vremenski nezavisna Šredingerova jednačina:**

$$\hat{H}\psi \equiv -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + U(x, y, z)\psi = E\psi$$

- Zaista, predstavljajući vremenski zavisnu talasnu funkciju u obliku  $\Psi(x,y,z,t) = \psi(x,y,z)\phi(t)$ , i njenom zamenom u vremenski zavisnu Šredingerovu jednačinu, i potonjom deobom cele jednačine sa  $\Psi = \psi\cdot\phi$ , dobija se:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\nabla^2 \psi}{\psi} + U(x, y, z) = i\hbar \frac{1}{\phi} \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

Obe strane moraju biti jednake nekoj konstanti E, koja očito ima prirodu energije.

- Srednja vrednost energije, korišćenjem vremenski zavisne talasne funkcije daje:

$$\begin{aligned} \langle E \rangle &= \int \psi^*(x, y, z) e^{\frac{i}{\hbar} Et} \left( i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \right) \psi(x, y, z) e^{-\frac{i}{\hbar} Et} dV = \\ &= E \int \psi^*(x, y, z) \psi(x, y, z) dV = E, \end{aligned}$$

odakle sledi da je stacionarna konstanta E ukupna energija čestice!

# Hajzenbergove relacije neodređenosti. Klasični limit

---

- **Komutatori** operatora koordinata i impulsa čestice imaju sledeće vrednosti:

$$[x, \hat{p}_x] = [y, \hat{p}_y] = [z, \hat{p}_z] = i\hbar,$$

$$[x, \hat{p}_y] = [x, \hat{p}_z] = [y, \hat{p}_x] = [y, \hat{p}_z] = [z, \hat{p}_x] = [z, \hat{p}_y] = 0,$$

odnosno istorodne komponente operatora koordinata i impulsa ne komutiraju, dok raznorodne komutiraju!

- Pretpostavimo da u opštem slučaju imamo neki komutator dva hermitska operatora  $\hat{\alpha}$  i  $\hat{\beta}$  koji odgovaraju nekim fizičkim veličinama:

$$[\hat{\alpha}, \hat{\beta}] \equiv \hat{\alpha}\hat{\beta} - \hat{\beta}\hat{\alpha} = i\hat{\gamma}$$

- Kao mjeru karakterističnog odstupanja pojedinačnih rezultata merenja fizičkih veličina  $\alpha$  i  $\beta$  od njihovih srednjih vrednosti  $\langle \alpha \rangle$  i  $\langle \beta \rangle$ , uzmimo srednja kvadratna odstupanja

$$\begin{aligned}\langle \Delta\alpha^2 \rangle &\equiv \langle (\alpha - \langle \alpha \rangle)^2 \rangle = \langle \alpha^2 \rangle - \langle \alpha \rangle^2, \\ \langle \Delta\beta^2 \rangle &\equiv \langle (\beta - \langle \beta \rangle)^2 \rangle = \langle \beta^2 \rangle - \langle \beta \rangle^2,\end{aligned}$$

- Bez ograničenja opštosti možemo staviti da je  $\langle \alpha \rangle = 0$  i  $\langle \beta \rangle = 0$
- Razmotrimo integral:

$$J(s) = \int \left| (s\hat{\alpha} - i\hat{\beta})\Psi \right|^2 dV$$

koji je nenegativan,  $J(s) \geq 0$ , i može se transformisati u obliku:

$$\begin{aligned}J(s) &= \int (s\hat{\alpha} - i\hat{\beta})\Psi \cdot (s\hat{\alpha}^* + i\hat{\beta}^*)\Psi^* dV = \\ &= \int \Psi^* \left( s^2\hat{\alpha}^2 - is(\hat{\alpha}\hat{\beta} - \hat{\beta}\hat{\alpha}) + \hat{\beta}^2 \right) \Psi dV,\end{aligned}$$

- Integral  $J(s)$  konačno dobija oblik:

$$J(s) = s^2 \langle \alpha^2 \rangle + s \langle \gamma \rangle + \langle \beta^2 \rangle = s^2 \langle \Delta \alpha^2 \rangle + s \langle \gamma \rangle + \langle \Delta \beta^2 \rangle$$

Uslov da je trinom  $J(s)$  nenegativan zahteva da diskriminanta trinoma nije pozitivna:

$$\langle \gamma \rangle^2 - 4 \langle \Delta \alpha^2 \rangle \langle \Delta \beta^2 \rangle \leq 0 \quad \text{ili} \quad \sqrt{\langle \Delta \alpha^2 \rangle} \cdot \sqrt{\langle \Delta \beta^2 \rangle} \geq \frac{1}{2} |\langle \gamma \rangle|$$

- Pošto su  $\delta\alpha \equiv \sqrt{\langle \Delta \alpha^2 \rangle}$  i  $\delta\beta \equiv \sqrt{\langle \Delta \beta^2 \rangle}$  fluktuacije mernih fizičkih veličina  $\alpha$  i  $\beta$ , to gornja relacija poprima opštu formu **Hajzenbergovih relacija neodređenosti** za *nekomutirajuće operatore* mernih fizičkih veličina  $\alpha$  i  $\beta$ :

$$\delta\alpha \cdot \delta\beta \geq \frac{1}{2} |\langle \gamma \rangle|$$

- U slučaju koordinate  $x$  i impulsa  $p_x$  ( $\gamma = \hbar$ ), *relacija neodređenosti za položaj i impuls čestice duž x–ose glasi:*

$$\delta x \cdot \delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

- *Relacija neodređenosti za energiju i vreme je:*

$$\delta E \cdot \delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

- Iz gornjih izraza vidi se da u *klasičnom limitu* ( $\hbar \rightarrow 0$ ) nestaju relacije neodređenosti, odnosno moguće je istovremeno i precizno merenje bilo kog para fizičkih veličina!

# Svojstvene talasne funkcije komutirajućih operatora

---

- Ako dvema fizičkim veličinama  $\alpha$  i  $\beta$  odgovaraju **komutirajući operatori** ( $[\hat{\alpha}, \hat{\beta}] = 0$ ), što znači mogućnost **istovremenih merenja** tih veličina u nekom kvantnom stanju, ti operatori mogu imati **iste svojstvene talasne funkcije!**
- Odmah se dokazuje obrnuti iskaz:

$$\hat{\alpha}\psi_n = \alpha_n\psi_n,$$

$$\hat{\beta}\psi_n = \beta_n\psi_n,$$

gde su  $\alpha_n$  i  $\beta_n$  svojstvene vrednosti operatora  $\hat{\alpha}$  i  $\hat{\beta}$  u svojstvenom stanju  $\psi_n$ .

- Delujući na prvu jednačinu operatorom  $\hat{\beta}$ , a na drugu operatorom  $\hat{\alpha}$ , dobija se:

$$\hat{\beta}\hat{\alpha}\psi_n = \hat{\beta}\alpha_n\psi_n = \alpha_n\beta_n\psi_n,$$

$$\hat{\alpha}\hat{\beta}\psi_n = \hat{\alpha}\beta_n\psi_n = \alpha_n\beta_n\psi_n,$$

pa pošto su desne strane gornjih izraza jednake, to moraju biti i leve:

$$[\hat{\beta}\hat{\alpha} - \hat{\alpha}\hat{\beta}]\psi_n = 0.$$

- Obrnuto, uz korišćenje svojstva komutativnosti sledi:

$$\hat{\beta}(\hat{\alpha}\psi_n) = \hat{\alpha}(\hat{\beta}\psi_n) = \alpha_n(\hat{\beta}\psi_n)$$

$$\hat{\beta}\psi_n = \beta_n\psi_n,$$

čime je dokazano da će funkcija  $\psi_n$  biti istovremeno funkcija komutirajućih operatora  $\hat{\alpha}$  i  $\hat{\beta}$ .

# Razvoj talasne funkcije po proizvoljnom bazisnom skupu. Redukcija talasnog paketa

---

- *Proizvoljna stacionarna talasna funkcija  $\psi(x,y,z)$  kvantno-mehaničkog jednočestičnog sistema može se **razložiti** po bilo kom **kompletном bazisnom skupu** svojstvenih funkcija  $\psi_{no}$  nekog drugog rešenog kvantnomehaničkog jednočestičnog problema.*

$$\psi(x, y, z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \psi_{no}(x, y, z)$$

- Talasne funkcije  $\psi(x,y,z)$  moraju biti *normalizovane*

$$\int \psi^* \psi dV = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} c_m^* c_n \int \psi_{mo}^* \psi_{no} dV = 1$$

- S obzirom da se stacionarne svojstvene funkcije uvek ortonormiraju

$$\int \psi_{mo}^* \psi_{no} dV = \delta_{mn} = \begin{cases} 1, & m = n \\ 0, & m \neq n \end{cases}$$

sledi

$$\sum_n c_n^* c_n = \sum_n P_n = 1$$

što se može se interpretirati kao suma verovatoća  $P_n \equiv c_n^* c_n$ .

- **Redukcija talasnog paketa**  $\psi$  na jedno svojstveno stanje  $\psi_{no}$ , kvantno-mehaničkim aktom merenja, jeste problem **kvantne teorije merenja** (i njoj bliske **kvantne teorije dekoherencije**)!

# Hajzenbergova matrična forma kvantne mehanike

---

- U kvantnoj hemiji čvrstog stanja pogodniji od Šredingerovog talasno-mehaničkog pristupa je **Hajzenbergov (1926) matrični kvantnomehanički pristup**
- Ako stacionarnu talasnu funkciju jednočestičnog kvantno-mehaničkog sistema izrazimo u obliku superpozicije bazisnih funkcija, srednja vrednost Hamiltonovog operatora sistema dobija oblik:

$$\langle H \rangle = \int \psi^* \hat{H} \psi dV = \sum_m \sum_n c_m^* c_n \int \psi_{mo}^* \hat{H} \psi_{no} dV = \sum_m \sum_n c_m^* H_{mn} c_n$$

gde matrični elementi

$$H_{mn} = \int \psi_{mo}^* \hat{H} \psi_{no} dV$$

čine matričnu reprezentaciju Hamiltonovog operatora u bazisnom skupu funkcija  $\{\psi_{no}\}$  :

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & \cdots & H_{1N} \\ H_{21} & H_{22} & \cdots & H_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{N1} & H_{N2} & \cdots & H_{NN} \end{bmatrix}$$

- Za Hamiltonov operator  $\hat{H}_o$  čije svojstvene funkcije čine bazisni skup funkcija  $\{\psi_{no}\}$ , matrični elementi uzimaju oblik

$$H_{mn}^o = \int \psi_{mo}^* \hat{H}_o \psi_{no} dV = E_{no} \int \psi_{mo}^* \psi_{no} dV = E_{no} \delta_{mn}$$

odnosno matrica hamiltonijana  $\hat{H}_o$  u sopstvenom bazisnom skupu  $\{\psi_{no}\}$  poprima dijagonalnu formu:

$$\mathbf{H}_o = \begin{bmatrix} H_{11}^o & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & H_{22}^o & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & H_{NN}^o \end{bmatrix}$$

gde elementi na dijagonali imaju vrednosti energije odgovarajućih stanja:  $H_{mm}^o = E_{mo}$ .

- Svojstveni problem hamiltonijana može se napisati u matričnoj formi, ako se talasna funkcija jednočestičnog kvantno-mehaničkog sistema izrazi u obliku superpozicije bazisnih funkcija, pa se lako dobija:

$$\sum_n c_n^{(i)} \int \psi_{mo}^* \hat{H} \psi_{no} dV = E_i \sum_n c_n^{(i)} \int \psi_{mo}^* \psi_{no} dV$$

odnosno, Hajzenbergova matrična formulacija svojstvenog problema:

$$\sum_n H_{mn} c_n^{(i)} = \mathbf{E}_i c_m^{(i)}$$

Ili u kompaktnijem obliku:

$$\begin{bmatrix} H_{11} - \mathbf{E}_i & H_{12} & \cdots & H_{1N} \\ H_{21} & H_{22} - \mathbf{E}_i & \cdots & H_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{N1} & H_{N2} & \cdots & H_{NN} - \mathbf{E}_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1^{(i)} \\ c_2^{(i)} \\ \vdots \\ c_N^{(i)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

- Matrični svojstveni problem svodi se za svako  $E_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) na sistem od  $N$  homogenih linearnih jednačina, koje imaju netrivialno rešenje ako je determinanta sistema jednaka nuli:

$$\begin{vmatrix} H_{11} - E_i & H_{12} & \cdots & H_{1N} \\ H_{21} & H_{22} - E_i & \cdots & H_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{N1} & H_{N2} & \cdots & H_{NN} - E_i \end{vmatrix} = 0$$

- Zamenom svojstvenih vrednosti  $E_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) u svojstveni problem, dobijaju se matrice kolone koje predstavljaju svojstvene vektore matričnog hamiltonijana  $H$ , koje odgovaraju datim svojstvenim vrednostima  $E_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ):

$$\begin{bmatrix} c_1^{(i)} \\ c_2^{(i)} \\ \vdots \\ c_N^{(i)} \end{bmatrix}, (i = 1, 2, \dots, N)$$

# Kvantnomehanički integrali kretanja

---

- Izvod po vremenu srednje vrednosti fizičke veličine  $\alpha$  dat je izrazom

$$\frac{d\langle \alpha \rangle}{dt} = \frac{\partial \langle \alpha \rangle}{\partial t} + \frac{i}{\hbar} \langle [\hat{H}, \hat{\alpha}] \rangle$$

- Zaista, diferencirajući po vremenu izraz za  $\langle \alpha \rangle$ , uz pretpostavku da operator eksplicitno zavisi od vremena, dobija se

$$\begin{aligned} \frac{d\langle \alpha \rangle}{dt} &= \int \frac{\partial \Psi^*}{\partial t} \hat{\alpha} \Psi dV + \int \Psi^* \frac{\partial \hat{\alpha}}{\partial t} \Psi dV + \int \Psi^* \hat{\alpha} \frac{\partial \Psi}{\partial t} dV = \\ &= \frac{i}{\hbar} \int (\hat{H}^* \Psi^*) \hat{\alpha} \Psi dV + \int \Psi^* \frac{\partial \hat{\alpha}}{\partial t} \Psi dV - \frac{i}{\hbar} \int \Psi^* \hat{\alpha} (\hat{H} \Psi) dV. \end{aligned}$$

S obzirom da se prvi integral ne menja zamenom redosleda podintegralnih funkcija, i imajući u vidu hermitovost operatora integral se transformiše kao.

$$\int (\hat{H}^* \Psi^*) \hat{\alpha} \Psi dV = \int (\hat{\alpha} \Psi) \hat{H}^* \Psi^* dV = \int \Psi^* \hat{H} \hat{\alpha} \Psi dV$$

pa se zamenom u prethodni, dokazuje početni izraz - iz kojeg se vidi da se srednja vrednost fizičke veličine  $\alpha$  ne menja u vremenu

$$\frac{d\langle \alpha \rangle}{dt} = 0$$

odnosno kvantomehanička fizička veličina  $\alpha$  je **integral kretanja**, ako njen operator *ne zavisi eksplicitno od vremena* ( $\partial \hat{\alpha} / \partial t = 0$ ) i ako taj operator komutira sa Hamiltonijanom: ( $[\hat{H}, \hat{\alpha}] = 0$ ).

# Gustina struje verovatnoće

---

- U kvantnoj mehanici analogon **jednačine kontinuiteta** je

$$\frac{\partial(\Psi^*\Psi)}{\partial t} + \nabla \mathbf{J} = 0$$

gde  $\Psi^*\Psi$  - predstavlja gustinu verovatnoće nalaženja čestice u tački  $(x, y, z)$  u trenutku  $t$ , a gustina  $\mathbf{J}$  - gustinu struje verovatnoće.

Zaista, polazeći od izraza za verovatnoću nalaženja čestica u zapremini,  $\int_V \Psi^* \Psi dV$ , parcijalni izvod po vremenu postaje:

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t} \int_V \Psi^* \Psi dV &= \int_V \left( \frac{\partial \Psi}{\partial t} \Psi^* + \Psi \frac{\partial \Psi^*}{\partial t} \right) dV = -\frac{i\hbar}{2m} \int_V (\Psi \nabla^2 \Psi^* - \Psi^* \nabla^2 \Psi) dV = \\ &= \int_V \nabla \left[ -\frac{i\hbar}{2m} (\Psi \nabla \Psi^* - \Psi^* \nabla \Psi) \right] dV.\end{aligned}$$

Odatle sledi **gustina struje verovatnoće nenaelektrisane čestice**

$$\mathbf{J} = -\frac{i\hbar}{2m} (\Psi^* \nabla \Psi - \Psi \nabla \Psi^*)$$

- Za slučaj *naelektrisane čestice u elektromagnetskom polju*, na nju će delovati električna sila  $q\mathbf{E} = -q\partial\mathbf{A}/\partial t - q\nabla\varphi$  i Lorencova sila  $q\mathbf{v}\times\mathbf{B} = q\mathbf{v}\times\nabla\times\mathbf{A}$ , pa će Njutnova jednačina kretanja imati oblik

$$\begin{aligned} m\frac{d\mathbf{v}}{dt} &= -q\frac{\partial\mathbf{A}}{\partial t} - q\nabla\varphi + q\mathbf{v}\times\nabla\times\mathbf{A} = \\ &= -q\left[\frac{d\mathbf{A}}{dt} - (\mathbf{v}\cdot\nabla)\mathbf{A}\right] - q\nabla\varphi + q[\nabla(\mathbf{v}\cdot\mathbf{A}) - (\mathbf{v}\cdot\nabla)\mathbf{A}], \end{aligned}$$

- Sređivanjem gornjeg izraza dobija se modifikovana Njutnova jednačina kretanja nanelektrisane čestice  $q$  u elektromagnetskom polju

$$\frac{d}{dt}(m\mathbf{v} + q\mathbf{A}) = \nabla[-q\varphi + q(\mathbf{v} \cdot \mathbf{A})]$$

u kojoj s leve strane imamo izvod po vremenu generalisanog impulsa čestice:  $\mathbf{p} = m\mathbf{v} + q\mathbf{A}$

- Tako će *hamiltonijan čestice* dobiti modifikovanu formu u *elektromagnetskom polju*  $(\varphi, \mathbf{A})$ , zamenom  $m\mathbf{v} \rightarrow \mathbf{p} - q\mathbf{A} = -i\hbar\nabla - q\mathbf{A}$ :

$$\hat{H} = \frac{1}{2m}(-i\hbar\nabla - q\mathbf{A}(x, y, z))^2 + q\varphi(x, y, z)$$

- Ponavljujući proceduru izvođenja izraza za gustinu struje verovatnoće, ali sa modifikovanim hamiltonijanom, dobija se modifikovan izraz za **gustinu struje verovatnoće nanelektrisane čestice u elektromagnetskom polju**:

$$\mathbf{J} = \frac{1}{2m} \left\{ \Psi^* (-i\hbar\nabla - q\mathbf{A})\Psi + [(-i\hbar\nabla - q\mathbf{A})\Psi]^* \Psi \right\}$$

- Gustina električne struje  $\mathbf{J}_q$  dobija se kao  $q\mathbf{J}$ .

# Talasna funkcija slobodne čestice. Kontinualni energetski spektar

---

- *Talasna funkcija slobodne čestice, ograničene na kretanje duž x-ose, ima oblik ravanskog talasa:*

$$\Psi(x,t) = \psi(x)e^{-\frac{i}{\hbar}\mathbf{E}t} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{\frac{i}{\hbar}(\pm px - \mathbf{E}t)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{i(\pm kx - \omega t)}$$

Šredingerova jednačina u tom slučaju ima oblik (u kojoj je  $U(x) = 0$ ):

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + k^2\psi(x) = 0$$

gde je

$$k = \sqrt{\frac{2m\mathbf{E}}{\hbar^2}}$$

- Opšte rešenje stacionarne Šredingerove jednačine je:

$$\psi_k(x) = A e^{\pm i k x}$$

U tom slučaju ne važi uslov normiranja već uslov primenljiv na talasne funkcije diskretnog spektra

$$\int \psi_{k'}^*(x) \psi_k(x) dx = \delta(k - k') = \begin{cases} 0, & k \neq k' \\ \infty, & k = k' \end{cases}$$

Kombinovanjem gornja dva izraza dobijamo:

$$A^2 \int e^{i(k-k')x} dx = \delta(k - k')$$

a imajući u vidu oblik  $\delta$  – funkcije:  $\frac{1}{2\pi} \int e^{i(k-k')x} dx = \delta(k - k')$  dobija se:

$$\psi_k(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\pm i k x}$$

# Grupna i fazna brzina slobodne čestice. Talasni paket

---

- *Grupna brzina slobodne čestice (koja se kreće brzinom v duž x-ose) jednaka je  $v_g = v$ , dok je njena fazna brzina  $v_f = c^2/v$  veća od brzine svetlosti u vakuumu ( $c$ ) i ne može opisivati kretanje čestice ili ma kakve energije.*
- **Fazna brzina** se može naći kao brzina pomeranja konstantne faze

$$px - Et = \text{const.}$$

odakle je

$$v_f = \frac{dx}{dt} = \frac{E}{p} = \frac{mc^2}{mv} = \frac{c^2}{v}$$

- Da bi se prevazišla ovakva paradoksalna situacija, u prvoj etapi razvitka kvantne mehanike sugerisano je da čestica nije povezana sa pojedinim monohromatskim talasima - već sa *grupom talasa bliskih frekvencija* - pa je rezultantna talasna funkcija tzv. *talasnog paketa*:

$$\Psi_g(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{p-\Delta p/2}^{p+\Delta p/2} e^{\frac{i}{\hbar}(p'x - E't)} dp'$$

Zamenom promenljivih ( $p' = p + p''$ ) i razvojem u red  $E'$  oko  $p' = p$

$$E' = c\sqrt{p'^2 + m_o^2 c^2} \approx E + p'' \frac{\partial E}{\partial p} + \frac{1}{2} p''^2 \frac{\partial^2 E}{\partial p^2} + \dots$$

kao rezultat integraljenja po  $dp''$  dobija se:

$$\Psi_g(x, t) = A e^{\frac{i}{\hbar}(px - Et)}$$

gde je amplituda talasnog paketa:  $A = \frac{\Delta p}{\sqrt{2\pi}} \frac{\sin \xi}{\xi}$

sa

$$\xi = \frac{\Delta p}{2\hbar} \left( x - \frac{\partial E}{\partial p} t \right)$$

- **Grupna brzina** se može naći kao brzina pomeranja konstantne amplitudne talasnog paketa

$$x - \frac{\partial E}{\partial p} t = const$$

odakle je:

$$v_g = \frac{dx}{dt} = \frac{\partial E}{\partial p} = \frac{c^2 p}{E} = v$$

gde je korišćena relativistička relacija  $E = c\sqrt{p^2 + m_o^2 c^2}$  izmedju energije i impulsa čestice, i  $E = mc^2$ . Vidi se da se *grupna brzina talasnog paketa poklapa sa brzinom kretanja same čestice!*

Međutim, *talasni paket ima tendenciju ka rasplinjavanju*, jer se svaki od monohromatskih talasa u talasnom paketu prostire svojom faznom brzinom (talasni paket elektrona se rasplinjava za  $\sim 10^{-26}$  s), pa je zato i uvedena *probabilistička interpretacija talasne funkcije*, bez povezivanja talasne funkcije i talasnog paketa sa struktukom mikročestica. Ipak, talasni paket i grupnu brzinu je ponekad zgodno koristiti za *kvalitativna razmatranja*.

# Čestica u beskonačno dubokoj jednodimenzionoj potencijalnoj jami. Diskretni energetski spektar

---

- Svako “**finitno**” (prostorno ograničeno) **kretanje čestice** dovodi do diskretnog energetskog spektra čestice, odnosno do **kvantizacije energije čestice!**
- Primer je čestica u beskonačno dubokoj jednodimenzionoj potencijalnoj jami širine  $d$ , definisanoj sa

$$U(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < d \\ \infty, & x < 0; x > d. \end{cases}$$

sa stacionarnom funkcijom u oblasti  $0 < x < d$ , gde je  $U = 0$

$$\Psi(x) = Ae^{ikx} + Be^{-ikx} \quad (0 < x < d)$$

- Pošto je čestica ograničena beskonačno visokom potencijalnom barijerom u tački  $x = 0$  i  $x = d$ , može se uzeti

$$\Psi(x) = 0 \quad (x < 0 ; x > d).$$

Pošto se zahteva da talasna funkcija bude neprekidna na granici

$$\Psi(0) = 0 , \Psi(d) = 0$$

prvi od uslova daje  $A + B = 0$ , a drugi  $A(\exp(ikd) - \exp(-ikd)) = 0$ , što se svodi na:

$$2iA \sin kd = 0$$

koje je zadovoljeno samo za diskrete vrednosti  $k$

$$k_n = \frac{n\pi}{d} \quad (n = 1, 2, \dots)$$

što daje *diskretan* skup dozvoljenih svojstvenih vrednosti energije

$$E_n = \frac{\hbar^2 k_n^2}{2m} = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2md^2}$$

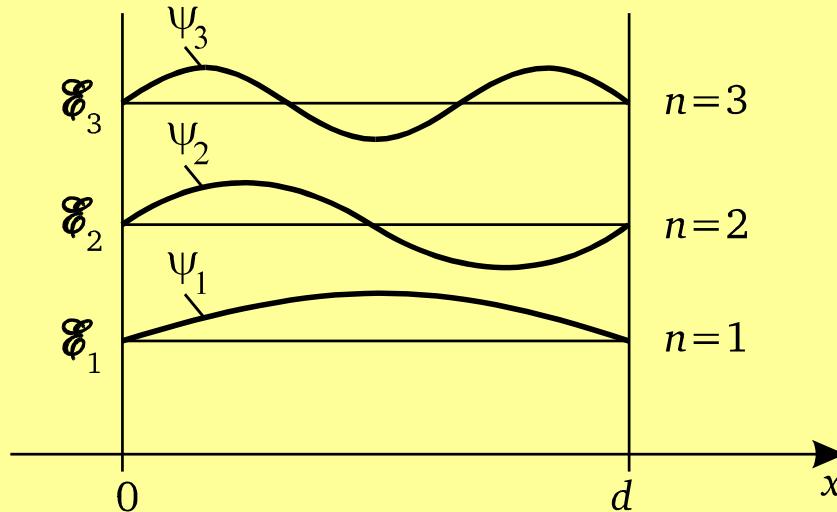
Odgovarajuće stacionarne svojstvene talasne funkcije imaju oblik

$$\psi_n(x) = A \left( e^{i \frac{n\pi}{d} x} - e^{-i \frac{n\pi}{d} x} \right)$$

Konstanta  $A$  se dobija iz normiranosti talasne funkcije na jedinicu, pa je konačno *stacionarna talasna funkcija* čestice u beskonačno dubokoj jami širine  $d$ :

$$\psi_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2d}} \left( e^{i \frac{n\pi}{d} x} - e^{-i \frac{n\pi}{d} x} \right) = i \sqrt{\frac{2}{d}} \sin\left(\frac{n\pi}{d} x\right)$$

- Komponente talasnih funkcija čestice sa propagacijom unapred ( $\exp(in\pi x/d)$ ) i unazad ( $\exp(-in\pi x/d)$ ) interferiraju u stojeće talase ( $\sin(n\pi x/d)$ ) unutar jame ( $0 < x < d$ )



- Ovo je u saglasnosti sa **de Brojievim (1924) uslovom kvantizacije**, saglasno kome su dozvoljeni oni energetski nivoi čestice koji odgovaraju takvim talasima koji obrazuju stojeće talase u jami

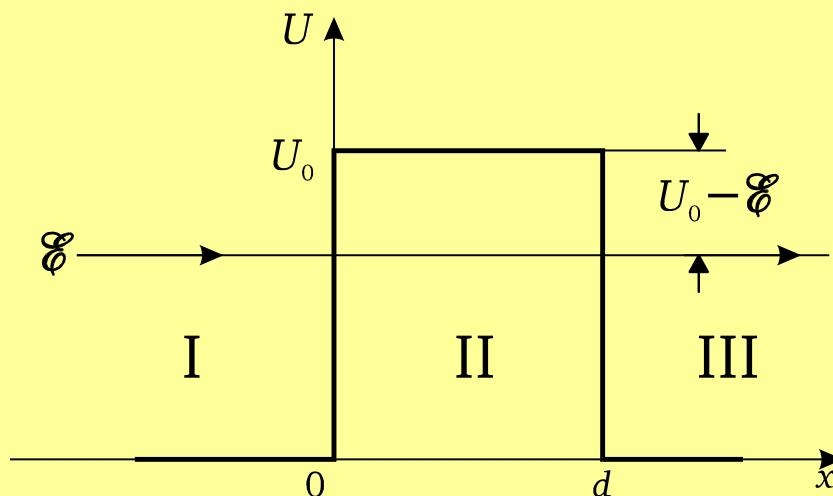
$$n \cdot \frac{\lambda_n}{2} = d \quad \text{uz korišćenje relacije} \quad k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n} \quad \Rightarrow \quad k_n = \frac{n\pi}{d}$$

# Tuneliranje čestice kroz pravougaonu jednodimenzionu potencijalnu barijeru

---

- Čestica energije  $E$  može **protunelirati** kroz pravougaonu jednodimenzionu potencijalnu barijeru konačne širine  $d$  i visine  $U_0$  sa koeficijentom prozračnosti datim izrazom

$$D \approx D_o e^{-\frac{2d}{\hbar} \sqrt{2m(U_0 - E)}}$$



- Šredingerova jednačina imaće stacionarne talasne funkcije u sledećem obliku:

$$\psi_I(x) = A_1 e^{ikx} + B_1 e^{-ikx} \quad (x < 0),$$

$$\psi_{II}(x) = A_2 e^{ik'x} + B_2 e^{-ik'x} \quad (0 < x < d),$$

$$\psi_{III}(x) = A_3 e^{ikx} \quad (x > d),$$

gde je

$$k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}, k' = \frac{\sqrt{2m(E - U_o)}}{\hbar} = i \frac{\sqrt{2m(U_o - E)}}{\hbar} = i\kappa.$$

- Iz graničnih uslova neprekidnosti talasnih funkcija i njihovih izvoda u tačkama  $x = 0$  i  $x = d$  dobija se sistem

$$A_1 + B_1 = A_2 + B_2, \quad A_2 e^{ik'd} + B_2 e^{-ik'd} = A_3 e^{ikd},$$

$$k(A_1 - B_1) = k'(A_2 - B_2), \quad k'A_2 e^{ik'd} - k'B_2 e^{-ik'd} = kA_3 e^{ikd}.$$

- Koeficijent prozračnosti (transmisije) barijere jednak je odnosu gustina struje verovatnoće transmitovanog ( $J_t$ ) i upadnog ( $J_o$ ) fluksa čestice

$$D = \frac{J_t}{J_o} = \frac{\frac{\hbar k}{m} |A_3|^2}{\frac{\hbar k}{m} |A_1|^2} = \frac{|A_3|^2}{|A_1|^2},$$

Rešavanjem linearog sistema dobija se konačan oblik **koeficijenta prozračnosti** (za  $\kappa d \gg 1$ ):

$$D = \frac{16k^2 \kappa^2}{(k^2 + \kappa^2)^2} e^{-2\kappa d} = D_o e^{-\frac{2d}{\hbar} \sqrt{2m(U_o - E)}},$$

koji može biti dovoljno veliki ako je:

$$\frac{2d}{\hbar} \sqrt{2m(U_o - E)} \leq 1,$$

**DODATAK 2.**

**OSNOVI KVANTNO-INFORMACIONE BIOFIZIKE  
I KVANTNE INFORMATIKE**

# Talasna funkcija sistema N neinteragujućih čestica

---

- U slučaju sistema od  $N$  neinteragujućih čestica, talasna funkcija  $N$ -čestičnog sistema može se napisati u obliku **proizvoda jednočestičnih talasnih funkcija**

$$\psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_N, t) = \psi_1(\mathbf{r}_1, t) \psi_2(\mathbf{r}_2, t) \dots \psi_N(\mathbf{r}_N, t)$$

gde stacionarne jednočestične talasne funkcije zadovoljavaju  $N$  jednočestičnih stacionarnih Šredingerovih jednačina

$$-\frac{\hbar^2}{2m_i} \nabla_i^2 \psi_i(\mathbf{r}_i) + U_i(\mathbf{r}_i) \psi_i(\mathbf{r}_i) = E_i \psi_i(\mathbf{r}_i), \quad \sum_{i=1}^N E_i = E$$

- Zaista, prvi početni iskaz se dobija na osnovu teoreme množenja verovatnoća nezavisnih događaja:

$$dP = dP_1 dP_2 \cdots dP_N = |\Psi_1(\mathbf{r}_1, t)|^2 dV_1 |\Psi_2(\mathbf{r}_2, t)|^2 dV_2 \cdots |\Psi_N(\mathbf{r}_N, t)|^2 dV_N,$$

- S druge strane, za sistem od  $N$  nezavisnih čestica, potencijalna energija je suma jednočestičnih potencijalnih energija

$$U(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_N) = U_1(\mathbf{r}_1) + U_2(\mathbf{r}_2) + \cdots + U_N(\mathbf{r}_N)$$

pa stacionarna Šredingerova jednačina  $N$ -čestičnog sistema dobija oblik

$$\sum_{i=1}^N \left( -\frac{\hbar^2}{2m_i} \nabla_i^2 + U_i(\mathbf{r}_i) \right) \psi = E \psi,$$

gde je stacionarna talasna funkcija  $N$ -čestičnog sistema:

$$\psi = \psi_1(\mathbf{r}_1) \psi_2(\mathbf{r}_2) \cdots \psi_N(\mathbf{r}_N)$$

Zamenom stacionarne talasne funkcije N-čestičnog sistema u stacionarnu Šredingerovu jednačinu N-čestičnog sistema dobija se:

$$\sum_{i=1}^N \psi_1(\mathbf{r}_1) \cdots \psi_{i-1}(\mathbf{r}_{i-1}) \psi_{i+1}(\mathbf{r}_{i+1}) \cdots \psi_N(\mathbf{r}_N) \left( -\frac{\hbar^2}{2m_i} \nabla_i^2 + U_i(\mathbf{r}_i) \right) \psi_i(\mathbf{r}_i) = E \psi$$

i deljenjem leve i desne strane sa  $\psi = \psi_1 \psi_2 \cdots \psi_N$ , dobija se drugi početni iskaz.

Talasna funkcija sistema  $N$  neinteragujućih čestica se primenjuje i na slučaj  $N$  kubitnih procesora u kvantnom računaru, od kojih svaki kubit (neki odabrani dvonivoski kvantni sistem) operiše u svom 2-D Hilbertovom prostoru.

# Talasne funkcije sistema N bozona i fermiona. Paulijev princip isključenja

---

- Talasna funkcija sistema od  $N$  identičnih čestica može biti ili simetrična ili antisimetrična funkcija u odnosu na uzajamnu zamenu (permutaciju) dve čestice. **Simetrične** talasne funkcije opisuju **bozone** (čestice sa **celobrojnim spinom**), dok **antisimetrične** talasne funkcije opisuju **fermione** (čestice sa **polucelim spinom**). Paulijev princip isključenja je posledica antisimetričnosti talasnih funkcija fermionskih sistema identičnih čestica!

- Da bi ovo pokazali, razmotrimo sistem od  $N$  identičnih čestica, opisan talasnom funkcijom

$$\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i, \dots, \xi_k, \dots, \xi_N, t),$$

Pošto se kvadrat modula ne menja  $|\Psi|^2 = \Psi^* \Psi$ , talasna funkcija pri permutaciji dve čestice može se izmeniti samo za fazni faktor  $\exp(i\alpha)$  koji se svodi na  $\pm 1$ , jer je pri ponovljenoj permutaciji  $\exp(i2\alpha) = 1$  povratkom talasne funkcije u početno stanje:

$$\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i, \dots, \xi_k, \dots, \xi_N, t) = \pm \Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k, \dots, \xi_i, \dots, \xi_N, t)$$

- Tako se stacionarna talasna funkcija sistema od  $N$  identičnih neinteragujućih čestica, može zapisati u formi talasne funkcije koja je **simetrična**

$$\psi_s = \sqrt{\frac{n_1! n_2! \cdots n_N!}{N!}} \sum_p \psi_{k_1}(\xi_1) \psi_{k_2}(\xi_2) \cdots \psi_{k_N}(\xi_N),$$

(koja omogućava postojanje više čestica u nekom istom  $\psi_{k_i}$ -tom jednočestičnom kuantnom stanju, što odgovara **bozonima**)

ili ***antisimetrična*** (u formi tzv. Slejterovih determinanti)

$$\psi_a = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \psi_{k_1}(\xi_1) & \psi_{k_1}(\xi_2) & \cdots & \psi_{k_1}(\xi_N) \\ \psi_{k_2}(\xi_1) & \psi_{k_2}(\xi_2) & \cdots & \psi_{k_2}(\xi_N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \psi_{k_N}(\xi_1) & \psi_{k_N}(\xi_2) & \cdots & \psi_{k_N}(\xi_N) \end{vmatrix},$$

(koja dozvoljava da se u jednom kvantnom  $\psi_{k_i}$ -tom jednočestičnom stanju može naći *samo jedna čestica*, tzv. ***Paulijev (1925) princip isključenja***, što odgovara **fermionima**).

# Kvantna hemija i spektroskopija molekula. Adijabatska, harmonijska i dipolna aproksimacija

---

U sistemu koordinata u kome se molekul kao celina ne kreće ni translatorno ni rotaciono, **elektronsko-vibraciona Šredingerova jednačina** ima oblik:

$$(\hat{T}_e(r) + \hat{T}_j(q) + V_{ej}(r, q) + V_{ee}(r) + V_{jj}(q))\psi_{ev}(r, q) = E_{ev}\psi_{ev}(r, q)$$

Ovo je Šredingerova jednačina u **kulonovskoj aproksimaciji**.

Ona se ne može egzaktno rešiti, pa je nužno pribetić **nizu aproksimacija**, koje se primenjuju u **Kvantnoj hemiji!**

Najšire upotrebljavana je ***adijabatska aproksimacija***, bazirana na pretpostavci da su jezgra atoma u molekulu nepokretna. U tom slučaju se problem svodi na ***kretanje elektrona*** u polju mnogih ***nepokretnih jezgara***, pa se talasna funkcija može predstaviti u ***faktorisanom*** (separabilnom!) obliku:

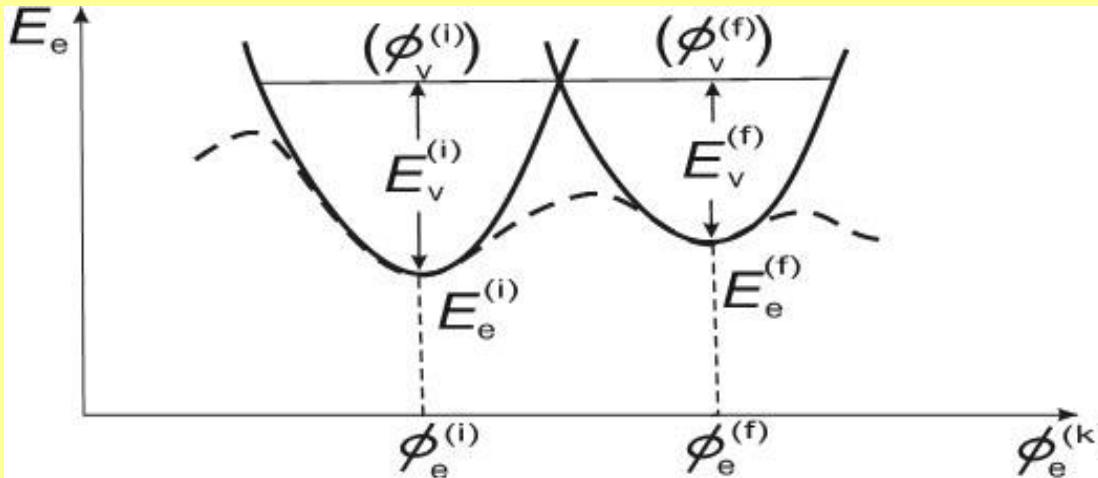
$$\psi_{ev}(r, q) = \psi_e(r, q)\psi_v(q)$$

i elektronsko-vibraciona Šredingerova jednačina daje formu ***elektronske Šredingerove jednačine***:

$$(\hat{T}_e(r) + V_{ej}(r, q) + V_{ee}(r) + V_{jj}(q))\psi_e(r, q) = E_e\psi_e(r, q)$$

Rešavanjem elektronske Šredigerove jednačine nekom od aproksimativnih ***kvantno-hemijskih metoda*** (*predstavljanjem totalne više elektronske talasne funkcije molekula*  $\psi_e$  u obliku ***Slejterovih determinanti*** (ili njihovih linearnih kombinacija) sa *molekulskim orbitalama* (MO) u formi *linearnih kombinacija atomskih orbitala* (LCAO)), dobijaju se vrednosti elektronskih nivoa energije  $E_{en}(q)$ , koje zavise od fiksiranog međusobnog rasporeda jezgara ( $q$ ).

Deformišući molekul u širokom intervalu izmene relativnih položaja jezgara, vrednosti elektronskih nivoa energije opisivaće glatku površ, tzv. ***potencijalnu hiperpovrš*** molekula ( $q$  označava skup relativnih položaja svih  $N$  atoma u molekulu  $\{l_{12}, l_{13}, \dots, l_{N-1,N}\}$ , nazvanih ***koordinate hemijske reakcije***). Presek  $E_e(q)$  duž nekog  $l_j$  daje ***potencijalnu kriju*** (isprekidana linija na Sl. A1). Ako potencijalna hiperpovrš ima više minimuma, oni odgovaraju raznim ***izomerima***.



**Slika A1.** (Kvazi)klasični problem više-elektronske hiperpovrši  $E_e(\phi_e^{(k)})$ , kao potencijalne energije za adijabatski dekuplovan Q1D vibracioni i konformacioni sistem (sa lokalnim minimumima kao semi-klasičnim 'pozicijama', tj. više-atomskim izomernim konfiguracijama na više-elektronskoj hiperpovrši (isprekidana linija na slici)) - adijabatski loše-definisane pri prelasku između dva bliska lokalna minimuma - zamjenjuje se u okviru teorije neradijativnih rezonantnih prelaza bolje definisanim problemom dve (virtuelno presecajuće) izomerne više-elektronske hiperpovrši (hiperparaboloida) koji služe kao potencijalne hiperpovrši za dva vibraciona (izomerna) problema (puna linija na slici). Prema ovakovom prilazu, **spoljašnjom perturbacijom** izomera, na samom preseku ovih hiperpovrši ispunjeni su uslovi za **elektronsko-vibracione neradijativne rezonantne prelaze** između dva izomera (*i, f*): u prvoj aproksimaciji matrični element **dipolnog prelaza** iz *i*-tog u *f*-ti izomer jednak je  $\mu^{(i,f)} \approx \mu_e^{(i,f)} S_v^{(i,f)} + \mu_v^{(i,f)} S_e^{(i,f)}$ , i očito je da će prelaz između dva izomera biti **dozvoljen** kada komponente odgovarajućih dipolnih momenata,  $\mu_e^{(i,f)}$  and  $\mu_v^{(i,f)}$ , i integrala prekrivanja,  $S_v^{(i,f)}$  i  $S_e^{(i,f)}$ , ne isčezavaju! Takođe, tokom ovih *rezonantnih prelaza* perturbovani biomolekularni sistem je kratkotrajno opisan **kvantno-koherentnom superpozicijom**  $(\phi_e^{(i)} \phi_v^{(i)} \pm \phi_e^{(f)} \phi_v^{(f)})/\sqrt{2}$ , pre njene **kvantne dekoherencije** u finalno elektronsko stanje  $\phi_e^{(f)}$  ili u inicijalno elektronsko stanje  $\phi_e^{(i)}$  (sa potonjim deeksitacijama u niža vibraciona stanja).

Polazeći od srednje vrednosti polaznog elektronsko-vibracionog Hamiltonijana u elektronsko-vibracionom stanju (sa uvođenjem oznake  $\hat{T}_j \equiv \hat{T}_v$ ):

$$\overline{H_{ev}} = \langle \psi_e \psi_v | T_v + H_e | \psi_e \psi_v \rangle = E_{ev}$$

čijim integraljenjem po elektronskim koordinatama dobijamo:

$$\int \psi_v^*(q) [T_v(q) + E_e(q)] \psi_v(q) dq = E_e(0) + E_v$$

i prikazujući  $E_e(q) = E_e(0) + \Delta E_e(q)$ , dobijamo:

$$\int \psi_v^*(q) [T_v(q) + \Delta E_e(q)] \psi_v(q) dq = E_v$$

na osnovu čega zaključujemo da je ***vibraciona Šredingerova jednačina***, u adijabatskoj aproksimaciji, oblika:

$$\{T_v(q) + \Delta E_e(q)\} \psi_v(q) = E_v \psi_v(q)$$

koja se najčešće rešava u *harmonijskoj aproksimaciji!*

**Verovatnoća apsorpcije**, a znači i intenzivnost odgovarajućih traka u apsorpcionom spektru ( $J$ ) određena je **brojem upadnih fotona, brojem molekula koji se nalaze u osnovnom stanju i Ajnštajnovim koeficijentom** ( $B_{if}$ ) koji je u slučaju optičkih prelaza proporcionalan **kvadratu matričnog elementa dipolnog momenta** sistema za prelaz iz početnog ( $i$ ) u krajnje stanje ( $f$ ) molekula.

**Matrični element dipolnog prelaza** može se napisati u obliku:

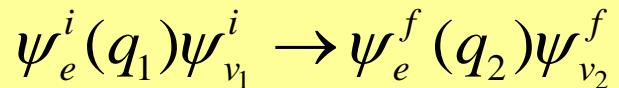
$$\vec{\mu}_{ev}^{i,f} = \iint \psi_e^{f*} \psi_v^{f*} (\vec{\mu}_e + \vec{\mu}_v) \psi_e^i \psi_v^i dr dq = \vec{\mu}_e^{i,f} S_v^{i,f} + \vec{\mu}_v^{i,f} S_e^{i,f}$$

gde su odgovarajući **integrali prekrivanja** elektronskih i vibracionih komponenti jednaki:

$$S_e^{i,f} = \int \psi_e^{f*} \psi_e^i dr$$

$$S_v^{i,f} = \int \psi_v^{f*} \psi_v^i dq$$

Teoriju dipolnih prelaza moguće je primeniti i na slučaj ***prelaza iz jedne izomerne forme u drugu***:



pa se iz prethodnih jednačina vidi da su ovakvi izomerni prelazi mogući ako su ***integrali prekrivanja i dipolni momenti elektronskih i vibracionih prelaza za ove dve izomerne forme različiti od nule***, a odigravaju se ***rezonantno između vibracionih nivoa viših stanja*** uz ispunjen uslov (v. Sl. A1):

$$E_{e_0}^i(q_i) + E_{v_1}^i = E_{e_0}^f(q_f) + E_{v_2''}^f$$

# Druga kvantizacija. Fejnmanova propagatorska forma kvantne mehanike

---

**Grinova funkcija (propagator)** se u nerelativističkoj aproksimaciji uvodi razmatranjem procesa rasejanja preko Hajgensovog principa,

$$\psi(r', t') = i \int_V \bar{G}(r', t'; r, t) \psi(r, t) dr$$

gde je nalaženje Grinove funkcije/propagatora

$$\bar{G}(r', t'; r, t) = -ih(t' - t) \sum_i \psi_i(r', t') \psi_i^*(r, t)$$

ekvivalentno potpunom rešenju Šredingerove jednačine u Fejnmanovoj reprezentaciji u Kvantnoj teoriji višečestičnih sistema.

Fizički svet se sastoji od mnoštva interagujućih višečestičnih sistema. U principu,  $N$ -čestična talasna funkcija u konfiguracionom prostoru sadrži svu potrebnu informaciju, ali je direktno rešenje Šredingerove  $N$ -čestične jednačine praktično nemoguće, pa se pribegava različitim aproksimacijama (u *Kvantnoj hemiji* (v. prethodni Dodatak) i *Fizici kondenzovanog stanja*).

Jedan od pristupa fizike kondenzovanog stanja jeste ***Kvantna teorija višečestičnih sistema***, bazirana na tehnikama *druge kvantizacije*, *kvantne teorije polja* i korišćenju *Grinovih funkcija* (tj. propagatora). U *relativističkoj teoriji*, koncept druge kvantizacije je suštinski bitan za opis *kreacije i anihilacije čestica*, ali čak i u *nerelativističkoj teoriji* metod druge kvantizacije znatno uprošćava razmatranje ***mnoštva interagujućih identičnih čestica!***

Ovaj pristup samo reformuliše polaznu Šredingerovu jednačinu, ali donosi znatna preimุćstva: **(a) operatori druge kvantizacije inkorporiraju statistiku** (bozona ili fermiona) kroz odgovarajuće (komutacione ili antikomutacione) relacije između operatora *kreacije i anihilacije*; **(b) metodi kvantne teorije višečestičnih sistema omogućavaju koncentrisanje na nekoliko matričnih elemenata** od interesa za datu fizičku aproksimaciju; **(c) Grinove funkcije / propagatori sadrže glavne fizičke informacije** (energija i druge termodinamičke funkcije osnovnog i pobuđenog stanja, vreme života pobuđenih stanja, i linearni odgovor na spoljašnje perturbacije).

U drugoj kvantizaciji talasna funkcija  $\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N, t)$  sistema  $N$  identičnih čestica (v. izraze (D.1.105) i (D.1.110 i 111) za bozone i fermione)), zamenjuje se apstraktnim vremenski zavisnim vektorima stanja  $|\Psi(t)\rangle$  u **okupacionom bazisu**  $|n_1 n_2 \dots n_k \dots n_\infty\rangle$  nezavisnom od koordinata čestica, koji označava da se  $n_i$  čestica nalazi u jednočestičnom stanju  $k_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k, \dots \infty$ ),

$$\left( |\Psi(t)\rangle = \sum_{\{n_i\}} f(n_1 n_2 \dots n_k \dots n_\infty, t) |n_1 n_2 \dots n_k \dots n_\infty\rangle \right)$$

pri čemu se definišu vremenski nezavisni *operatori anihilacije i kreacije*  $(\hat{a}_k, \hat{a}_k^+)$  koji zadovoljavaju **(bozonske) komutacione relacije**

$$([\hat{a}_k, \hat{a}_k^+] = \delta_{kk}, [\hat{a}_k, \hat{a}_{k'}] = [\hat{a}_k^+, \hat{a}_{k'}^+] = 0)$$

i **(fermionske) antikomutacione relacije**,

$$\{[\hat{a}_k, \hat{a}_k^+]\} = \delta_{kk}, \{[\hat{a}_k, \hat{a}_{k'}]\} = \{[\hat{a}_k^+, \hat{a}_{k'}^+]\} = 0$$

sa osobinama:

[uz uslove  $n_k = 0, 1, 2, \dots \infty$ ;  $S_k = 0$  (bozoni) i  $n_k = 0, 1; S_k = n_1 + n_2 + \dots + n_{k-1}$  (fermioni)],

$$\hat{a}_k |...n_k...\rangle = (-1)^{s_k} \sqrt{n_k} |...n_k - 1...\rangle$$

$$\hat{a}_k^+ |...n_k...\rangle = (-1)^{s_k} \sqrt{n_k + 1} |...n_k + 1...\rangle$$

$$\hat{a}_k^+ \hat{a}_k |...n_k...\rangle = n_k |...n_k...\rangle$$

sa Šredingerovom jednačinom i Hamiltonijanom:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\Psi(t)\rangle = \hat{H} |\Psi(t)\rangle$$

$$\hat{H} = \sum_{i,j} \hat{a}_i^+ \langle i | \hat{T} | j \rangle \hat{a}_j + \frac{1}{2} \sum_{i,j,k,l} \hat{a}_i^+ \hat{a}_j^+ \langle ij | V | kl \rangle \hat{a}_l \hat{a}_k$$

gde su  $\langle i | T | j \rangle$  i  $\langle ij | V | kl \rangle$  matrični elementi kinetičke i potencijalne energije između jednočestičnih stanja *prve kvantizacije*.

# Operator gustine. Fon Nojmanova entropija

---

U kvantnoj mehanici stanja koja ne mogu biti opisana vektorima stanja nazivaju se **mešanim stanjima** i opisuju se **operatorom gustine** (ili statističkim operatorom):

$$\hat{\rho} = \sum_i |c_i|^2 |\psi_i\rangle\langle\psi_i| \equiv \sum_i |\psi_i\rangle p_i \langle\psi_i|$$

Za specijalan slučaj da svi  $|\psi_j\rangle^{p_j}$  iščezavaju osim  $j$ -tog dobija se **operator gustine čistog stanja**  $|\psi_j\rangle$ :

$$\hat{\rho} = |\psi_j\rangle\langle\psi_j|$$

Uvodeći **kompletan, ortonormirani bazis** svojstvenih stanja neke observable, *i-ti član ansambla* može se napisati kao:

$$|\psi_i\rangle = \sum_n |\varphi_n\rangle\langle\varphi_n| |\psi_i\rangle = \sum_n c_n^{(i)} |\varphi_n\rangle$$

**Matrični element operatora gustine** između svojstvenih stanja  $n$  i  $n'$  je:

$$\langle \varphi_n | \hat{\rho} | \varphi_{n'} \rangle = \sum_i \langle \varphi_n | \psi_i \rangle p_i \langle \psi_i | \varphi_{n'} \rangle = \sum_i p_i c_n^{(i)} c_{n'}^{(i)*}$$

Ove veličine formiraju elemente **matrice gustine**, čiji je **trag**:

$$\begin{aligned} Tr \hat{\rho} &= \sum_n \langle \varphi_n | \hat{\rho} | \varphi_n \rangle = \sum_i \sum_n \langle \varphi_n | \psi_i \rangle p_i \langle \psi_i | \varphi_n \rangle = \\ &= \sum_i \sum_n p_i \langle \psi_i | \varphi_n \rangle \langle \varphi_n | \psi_i \rangle = \sum_i p_i = 1 \end{aligned}$$

odakle sledi:

$$0 \leq \langle \varphi_n | \hat{\rho} | \varphi_{n'} \rangle \leq 1$$

**Kvadrat operatora gustine za čisto stanje je:**

$$\hat{\rho}^2 = |\psi\rangle\langle\psi|\psi\rangle\langle\psi| = |\psi\rangle\langle\psi| = \hat{\rho}$$

pa je:

$$Tr\hat{\rho}^2 = Tr\hat{\rho} = 1$$

**Kvadrat operatora gustine za statističku mešavinu (mešano stanje) je:**

$$\hat{\rho}^2 = \sum_i \sum_j p_i p_j |\psi_i\rangle\langle\psi_i|\psi_j\rangle\langle\psi_j|$$

pa je:

$$Tr\hat{\rho}^2 = \sum_n \langle \varphi_n | \hat{\rho}^2 | \varphi_n \rangle = \sum_n \sum_i \sum_j p_i p_j \langle \varphi_n | \psi_i \rangle \langle \psi_i | \psi_j \rangle \langle \psi_j | \varphi_n \rangle$$

$$= \sum_i \sum_j p_i p_j |\langle \psi_i | \psi_j \rangle|^2 \leq \left[ \sum_i p_i \right]^2 = 1$$

$$Tr\hat{\rho}^2 = 1 \quad (\text{čisto stanje})$$

Tako dobijamo **kriterijum za čista i mešana stanja**:

$$Tr\hat{\rho}^2 < 1 \quad (\text{mešano stanje})$$

Prema principu korespondencije, fon Nojman je uveo ***kvantnomehaničku entropiju***:

$$S = -kTr(\hat{\rho} \ln \hat{\rho})$$

koja se posle proračuna traga svodi na:

$$S = -k \sum_i p_i \ln p_i$$

Za ***čisto stanje*** se dobija da je:

$$S_{\psi_j} = 0$$

Za ***mešano stanje*** se dobija da je:

$$S_M > 0$$

a u bazisu u kome je operator gustine dijagonalan, entropija se može izračunati iz dijagonalnih članova:

$$S_M = -k \sum_k \rho_{kk} \ln \rho_{kk}$$

# Kvantna spletenost. Fon Nojmanova kvantna teorija merenja

---

**Kvantna spletenost** (entanglement, quantum nonseparability, quantum correlations) je [uz **kvantni princip superpozicije!**] jedan od **najintrigantnijih** pojmove kvantne mehanike!

Uz pretpostavku da obe čestice mogu biti u bilo kom od dva jedno-čestična stanja, **čisto** dvo-čestično stanje je generalno u formi superpozicije (tzv. **spleteno stanje**) :

$$|\psi\rangle_{12} = C_1 |\psi_1^{(1)}\rangle \otimes |\psi_2^{(2)}\rangle + C_2 |\psi_2^{(1)}\rangle \otimes |\psi_1^{(2)}\rangle$$

Spletena stanja ovog tipa **ne mogu se faktorisati**, u bilo kom bazisu, u proizvod stanja dva podsistema, tj.

$$|\psi\rangle_{12} \neq |\phi^{(1)}\rangle |\chi^{(2)}\rangle$$

**Operator gustine čistog dvočestičnog stanja** dat je izrazom:

$$\begin{aligned}\hat{\rho}_{12} &= |\psi\rangle_{1212}\langle\psi| = \\ &= |C_1|^2 |\psi_1^{(1)}\rangle\langle\psi_1^{(1)}| \otimes |\psi_2^{(2)}\rangle\langle\psi_2^{(2)}| + C_1 C_2^* |\psi_1^{(1)}\rangle\langle\psi_2^{(1)}| \otimes |\psi_2^{(2)}\rangle\langle\psi_1^{(2)}| \\ &\quad + C_2 C_1^* |\psi_2^{(1)}\rangle\langle\psi_1^{(1)}| \otimes |\psi_1^{(2)}\rangle\langle\psi_2^{(2)}| + |C_2|^2 |\psi_2^{(1)}\rangle\langle\psi_2^{(1)}| \otimes |\psi_1^{(2)}\rangle\langle\psi_1^{(2)}|\end{aligned}$$

**Redukovani operator gustine** za česticu 1 jednak je:

$$\begin{aligned}\hat{\rho}_{12}^{(1)} &= Tr_2 \hat{\rho}_{12} = \langle\psi_1^{(2)}|\hat{\rho}_{12}|\psi_1^{(2)}\rangle + \langle\psi_2^{(2)}|\hat{\rho}_{12}|\psi_2^{(2)}\rangle \\ &= |C_1|^2 |\psi_1^{(1)}\rangle\langle\psi_1^{(1)}| + |C_2|^2 |\psi_2^{(1)}\rangle\langle\psi_2^{(1)}|\end{aligned}$$

i slično za česticu 2:

$$\hat{\rho}_{12}^{(2)} = Tr_1 \hat{\rho}_{12} = |C_1|^2 |\psi_1^{(2)}\rangle\langle\psi_1^{(2)}| + |C_2|^2 |\psi_2^{(2)}\rangle\langle\psi_2^{(2)}|$$

Očigledno, **kada se jedna čestica razmatra bez druge**, ona je generalno u **mešanom stanju!**

**Stepen spletjenosti** se tako može razmatrati prema čistoći bilo kog podsistema:

- stanje  $|\psi\rangle$  **nije spleteno** ako je:

$$Tr[\hat{\rho}_{12}^{(2)}]^2 = 1$$

- stanje  $|\psi\rangle$  **je spleteno** ako je:

$$Tr[\hat{\rho}_{12}^{(2)}]^2 < 1$$

**Podsistemske operatori** (redukovani operatori gustine) **nisu stanja pod sistema**, već su tzv. “**mešavine 2. vrste**” jer za njih važe nejednakosti:

$$|\psi\rangle_{12} \neq \hat{\rho}^{(12)} \neq \hat{\rho}_{12}^{(1)} \otimes \hat{\rho}_{12}^{(2)}$$

gde je  $\hat{\rho}^{(12)}$  – **operator gustine mešanog dvočestičnog stanja**:

$$\begin{aligned}\hat{\rho}^{(12)} &= |C_1|^2 |\psi_1^{(1)}\rangle\langle\psi_1^{(1)}| \otimes |\psi_2^{(2)}\rangle\langle\psi_2^{(2)}| + |C_2|^2 |\psi_2^{(1)}\rangle\langle\psi_2^{(1)}| \otimes |\psi_1^{(2)}\rangle\langle\psi_1^{(2)}| \\ &\neq \hat{\rho}_{12} = |\psi\rangle_{1212}\langle\psi|\end{aligned}$$

Tako **kvantna neseparabilnost** unosi dodatnu neodredjenost – **nepostojanje stanja pod sistema** (iako je ukupni sistem 1+2 u **čistom stanju**, entropije  $S_{\Psi_{12}} = 0$ )!

**Za složene kvantne sisteme kvantna spletenost (neseparabilnost)** je **pre pravilo nego izuzetak!!!** Tipični primeri su **kvantna neseparabilnost objekta i aparata, odnosno sistema i okruženja!** Primetimo da je **kvantna neseparabilnost** (neobjektivnost “mešavina 2. vrste” kao (kvantnih) stanja) cena koja se mora platiti u okvirima **fon Nojmanove kvantne teorije merenja** – i posledica je prepostavke **univerzalnog važenja Šredingerove jednačine** (samo za **objekat i aparat** (O+A) kao celinu, odnosno **sistem i okruženje** (S+E) **kao celinu u Zurekovoj kvantnoj teoriji dekoherencije**).

Ipak, treba istaći da *ni fon Nojmanova teorija merenja ni Zurekova teorija dekoherencije ne pružaju rešenje za problem klasičnog limita* (odnosno objektivne separabilnosti objekta/sistema i aparata/okruženja, koja postoji u *klasičnoj fizici!*), jer je podsistemska matrica gustine “mešavina druge vrste”, a morala bi se “načiniti” objektivnim stanjem tj. “mešavinom prve vrste” (što je predmet teorija merenja tipa *objektivne redukcije talasnog paketa*)!

**Penrouzova gravitaciono-indukovana objektivna redukcija talasnog paketa** sugeriše da je *gravitaciono polje aparature* uključeno u superpoziciju korespondentnih mogućih probabilističkih stanja merne aparature, što implicira superpoziciju različitih prostorno-vremenskih geometrija, pa kada geometrije postanu dovoljno različite (na Plank-Vilerovojoj skali  $\sim 10^{-35}$  m) to implicira prestanak standardne probabilističke superpozicije stanja kvantni sistem/merna aparatura (kvantno nedefinisane u striktno razdvojenim prostorno-vremenskim geometrijama) pa Priroda mora izabrati jedno od njih čime izaziva *objektivnu redukciju (OR) talasnog paketa*:

$$|\Phi\rangle_S |\Psi\rangle_E \rightarrow \sum_i c_i |\Phi_i\rangle_S |\Psi_i\rangle_E \xrightarrow{p_j = |c_j|^2 \approx 1} |\Phi_j\rangle_S |\Psi_j\rangle_E$$

Konzistentnu fizičku sliku ovakvih procesa treba tražiti u budućoj *Kvantnoj teoriji gravitacije* (gde umesto onoga što je nekada bilo prostor-vreme ostaje Vilerova probabilistička *kvantna pena*, od koje su i načinjeni prostorno-vremenski singulariteti, ali i svaki sićušni delić prostor-vremena oko nas).

[**Kvantno-holografski / kvantno-gravitacioni teorijski okvir svesti i psihosomatike** (Raković, 1995) sugerije da su **transpersonalni fenomeni** (sa osvežavanjem makrokvantne spleteneosti transpersonalnim interakcijama!) **kvantno-gravitatione prirode** (*u prostorno-vremenski transcendirajućim visoko-neinercijalnim prelaznim stanjima svesti* (iz visoko-dielektričnih telesnih u nisko-dielektrična van-telesna stanja!), ekvivalentnim-snažnoj-gravitaciji (prema **Ajnštajnovom Principu ekvivalencije!**), baziranim na lokalno generisanim “wormhole” prostorno-vremenskim tunelima stabilizovanim tzv. **egzotičnom materijom** (vakumske fluktuacije u snažno zakriviljenom prostor-vremenu “wormhole” tunela) sa **anti-gravitacionim** efektima – uočenim i u **transpersonalnim psihokinetičkim manifestacijama** vitalne energije!]

[Taj teorijski okvir sugerije i fizičku osnovu za **fon Nojmanov projekcioni postulat na mikrokvantnoj skali**, da bi se zasnovala **objektivna kvantno-mehanička redukcija talasnog paketa** (preko “wormhole” tunela, **lokalno kvantno-gravitaciono-indukovanih** u ekvivalentnim-snažnoj-gravitaciji (prema veoma opštem Principu ekvivalencije inercijalnih i gravitacionih ubrzanja!) **visoko-neinercijalnim-situacijama sličnim-kvantnom-merenju!**); na pitanje kako je moguće da takvi visoko-neinercijalni mikročestični procesi sa nužnim otvaranjem minijaturnih wormhole-tunela nisu bili uzeti u obzir unutar kvantne mehanike koja je uprkos tome ekstremno tačna teorija(!!?) – može se reći da jesu(!) ali **implicitno u okviru fon Nojmanovog projekcionog postulata** (čija je objektivna priroda **na dubljem kvantno-gravitacionom nivou!**)]

# Kvantna teorija dekoherencije. Stacionarna i nestacionarna kvantna stanja

---

**Kvantna dekoherencija** je fizički proces ‘indukovan’ okruženjem  $E_k$  k-tog kvantno-mehaničkog sistema, koji kroz neizbežnu interakciju okruženja i kvantnog sistema vodi efektivnom, približno **klasično-fizičkom ponašanju kvantnog sistema**  $S_k$ .

Kompozitni sistem  $S_k + E_k$ , kao zatvoreni kvantni sistem, podvrgava se Šredingerovoj jednačini, sa Hamiltonijanom  $\hat{H} = \hat{H}_{S_k} + \hat{H}_{E_k} + \hat{H}_{\text{int}}$  koji figuriše u unitarnom operatoru vremenske evolucije kompozitnog sistema:

$$\hat{U}(t) = \exp(-2\pi i \hat{H}t / \hbar) \cong \exp(-2\pi i \hat{H}_{\text{int}}t / \hbar)$$

Stanje otvorenog sistema  $S_k$ , tzv. “redukovani statistički operator”  $\hat{\rho}_{S_k}$  je:

$$\hat{\rho}_{S_k}(t) = \text{tr}_E(\hat{U}(t)\hat{\rho}_{S_k+E_k}(t=0)\hat{U}^*(t))$$

Pod skupom specijalnih uslova, može se uočiti ***pojava efekta dekoherenčije*** definisanog uprošćeno na sledeći način:

(i) u reprezentaciji “bazisa brojača” dobija se ***iščezavanje vandijagonalnih elemenata*** redukovanih statističkih operatora:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \rho_{S_k mm'}(t) = 0, \quad m \neq m'$$

(ii) uz ispunjen zahtev ***stabilnosti (“robustnosti”)*** elemenata bazisa brojača:

$$\hat{H}_{\text{int}} \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k} \left| \varphi \right\rangle_{E_k} = \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k} \left| \varphi_{k_i} \right\rangle_{E_k}$$

ili ekvivalentno:

$$\hat{U}(t) \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k} \left| \varphi \right\rangle_{E_k} = \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k} \left| \varphi_{k_i}(t) \right\rangle_{E_k}$$

Ako je početno stanje sistema  $S_k$  koherentna superpozicija,

$$\left| \phi^k \right\rangle_{S_k} = \sum_i c_{k_i} \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k}$$

onda se proces dekoherencije (inače veoma brz, utoliko brži ukoliko je sistem veći!) može predstaviti kao:

$$\left| \phi^k \right\rangle_{S_k} = \sum_i c_{k_i} \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k} \xrightarrow{\tau_D} \hat{\rho}_{S_k}^k = \sum_i |c_{k_i}|^2 \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k S_k} \langle \phi^{k_i} \right|$$

Modelovanjem interakcionog Hamiltonijana, dobija se:

$$\hat{H}_{\text{int}} = C \hat{S}_k \otimes \hat{D}_{E_k}$$

gde je

$$\hat{S}_k = \sum_i k_i \left| \phi^{k_i} \right\rangle_{S_k S_k} \langle \phi^{k_i} \right|$$

odgovarajuća observabla kvantnog sistema  $S_k$ , a  $\hat{D}_{E_k}$  proizvoljna observabla okruženja  $E_k$ .

U nastavku, razmotrićemo dekoherencijski model **promene stanja biomolekula pod nestacionarnim uticajem okruženja**.

U kontekstu **egzistencije i promene konformacije biomolekula**, treba reći da operatori **Hamiltonijana & Konformacionih položaja ne komutiraju (!!), pa kvantna dekoherencija (QD) omogućava pojavu svojstvenih konformacionih stanja biomolekula** iz svojstvenog **energetskog stanja izolovanog biomolekula** – kroz **interakciju biomolekula sa bližim okruženjem**, kada se kroz QD **selektira jedno** od svojstvenih **konformacionih stanja  $K_k$**  biomolekula iz svojstvenog **energetskog stanja  $E_i$  izolovanog biomolekula** (pošto je prethodno inicialno bliže okruženje isključeno tj. jedino je **uključen samo-Hamiltonijan biomolekula**, kao dobra aproksimacija kada se interakcija sa okruženjem može uračunati preko **povezanog-sa-poljem** potencijalnog člana samo-Hamiltonijana)

Potom se QD-selektirano jedno od svojstvenih **konformacionih stanja  $K_k$**  biomolekula (**uključenjem interakcionog-Hamiltonijana sa bližim okruženjem**) može **eksitirati daljim spoljašnjim pobuđenjima** (fotonima...) u jedno od **svojstvenih eksitiranih energetskih stanja  $E_f$**  (kada je **modifikovani samo-Hamiltonijan biomolekula** ponovo dobra aproksimacija!)...

**I fluktuiranje između stanja energije i konformacije se ponavlja** (v. SI.A1 i 2)

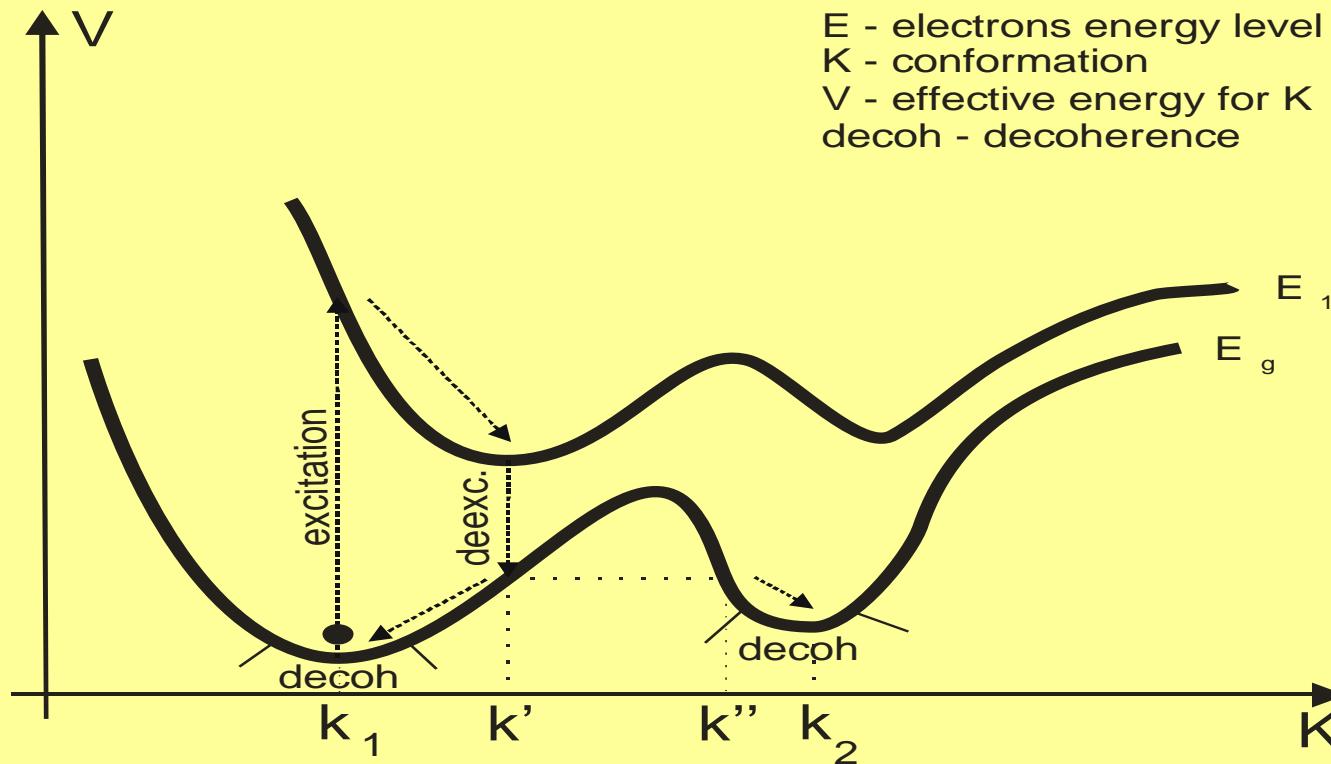
$$\begin{aligned}
 |\Phi_i\rangle_{QS}^E |\Psi_i\rangle_{QE}^E &= \sum_j c_j |\Phi_j\rangle_{QS}^K |\Psi_j\rangle_{QE}^K \xrightarrow{QD} |\Phi_k\rangle_{QS}^K |\Psi_k\rangle_{QE}^K \quad [\rightarrow \rho_{\Phi\Psi}^K] \xrightarrow{+\Delta E_{exc}} \\
 &= \sum_l c_l' |\Phi_l\rangle_{QS}^E |\Psi_l\rangle_{QE}^E \xrightarrow{-\Delta E_{deec}/QD} |\Phi_f\rangle_{QS}^E |\Psi_f\rangle_{QE}^E \quad [\rightarrow \rho_{\Phi\Psi}^E] = ...
 \end{aligned}$$

U formalnoj terminologiji, ***stacionarno stanje*** konformacionog sistema je definisano „mešanim“ stanjem  $\rho_{\Psi\Phi}^K = \sum w_i |i\rangle_K \langle i|$ ;  $\sum w_i = 1$ , gde su  $|i\rangle_K$  moguća konformaciona stanja. Ova (aproksimativno ortogonalna) stanja predstavljaju preferentna (semi)klasična stanja **“pointer bazisa”**  $|\psi_{q_i(t)p_i(t)}\rangle$  za molekularni konformacioni sistem. ***Normalizovana stanja “pointer bazisa”*** za gornji makromolekularni konformacioni sistem pokazano je da predstavljaju skoro-klasična **“koherentna stanja”** 1-D harmonijskog oscilatora. To znači da svaki makromolekul u rastvoru osciluje sa verovatnoćom  $w_i$  duž klasičnih harmonijskih trajektorija ( $q_i(t)$ ,  $p_i(t)$ ) srednjih vrednosti položaja i impulsa, gde je vremenska promena  $q_i(t)$  i  $p_i(t)$  ***klasični zakon*** za položaj i impuls harmonijskog oscilatora:

$$q_i(t) = q_{0i} \cos \omega_i t + (p_{0i} / m\omega_i) \sin \omega_i t$$

$$p_i(t) = p_{0i} \cos \omega_i t - m\omega_i q_{0i} \sin \omega_i t$$

u okolini  $i$ -tog lokalnog minimuma (koji može biti *lokalno aproksimiran* harmonijskim potencijalom, v. Sl. A2), tj. u okolini  $i$ -te konformacije. Imajući u vidu da „koherentna stanja“ ne menjaju svoj *gausijanski oblik* tokom vremena ( $\Delta\hat{K}_i = \text{const}$ ,  $\Delta\hat{P}_i = \text{const}$ ,  $\Delta\hat{K}_i \Delta\hat{P}_i = \hbar/2$ ) gornji iskaz ima (semi)klasično značenje: ***definišući konformacije kao ravnotežne položaje harmonijskog oscilatora*** (v. lokalne minime na Sl. A2) dobijaju se **(semi)klasične vibracije makromolekularnih konformacija u okolini lokalnih minimuma.**



**Slika A2.** Crna tačka predstavlja 1-D "česticu" (molekularni elektronsko-konformaciono-vibracioni sistem) pobuđenu na gornju hiperpotš (elektronsko pobuđeno stanje  $E_1$ ), i prema Erenfestovoj teoremi potom se spušta niz strminu prema lokalnom minimumu pobuđenog stanja, konformaciji  $k'$ . Potom, "čestica" deeksitira do niže hiperpotrši (elektronsko osnovno stanje  $E_g$ ), kada je prema Erenfestovoj teoremi uspostavljena superpozicija dva moguća stanja "čestice" označena sa  $k'$  i  $k''$ , sa potonjim koherentnim spuštanjem "čestice" niz nagib obe strane barijere (što se može zamisliti kao interferencija dve putanje niz zidove barijere), uz konačnu dekoherenciju u lokalne minimume osnovnih stanja  $k_1$  i  $k_2$  (sa prepostavkom da uticaj okruženja dominira dinamikom u okolini lokalnih minimuma, koji odgovaraju dobijenim konformacijama  $k_1$  i  $k_2$  – sa izmenjenim odgovarajućim statističkim težinama, kao neto efekat).

# Kvantna kubitna informatika (Kvantna teleportacija, kriptografija, računanje)

---

Jedna značajna **primena kvantne spletenosti** (entanglement) jeste **kvantna teleportacija** (i ponekad sa njom povezana (Ekert-protokolom) **kvantna kriptografija**), a druga je **kvantno računanje** (o čemu će biti reči u nastavku).

**KVANTNA TELEPORTACIJA** prenosi (**nepoznato**) **kvantno stanje** iz jedne u drugu (**udaljenu**) tačku. U proceduri teleportacije učestvuju dve osobe: A (Alice) i B (Bob). Pretpostavimo da **A poseduje kvantno stanje**:

$$|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$$

koje **želi da teleportuje osobi B**, tako da B može da dođe u njegov posed u svom fotonskom modu.

**Superpozicija** dva stanja  $|0\rangle$  i  $|1\rangle$  predstavlja tzv. **kubit** (qubit - kvantni bit informacije), a bazisna stanja  $|0\rangle$  i  $|1\rangle$  jesu stanja bilo kog “dvo-nivoskog” sistema.

Pretpostavimo i da ***neki izvor*** svetlosti može proizvesti ***spleteno stanje u zajedničkom posedu A i B:***

$$|\Psi_{AB}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle_A |0\rangle_B + |1\rangle_A |1\rangle_B)$$

***Ukupno stanje za A i B:***

$$|\Phi_{AB}\rangle = |\psi\rangle |\Psi_{AB}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (c_0 |0\rangle + c_1 |1\rangle) (|0\rangle_A |0\rangle_B + |1\rangle_A |1\rangle_B)$$

može se razviti i pregrupisati u obliku:

$$\begin{aligned} |\Phi_{AB}\rangle &= |\Phi^+\rangle (c_0 |0\rangle_B + c_1 |1\rangle_B) + |\Phi^-\rangle (c_0 |0\rangle_B - c_1 |1\rangle_B) \\ &\quad + |\Psi^+\rangle (c_0 |1\rangle_B + c_1 |0\rangle_B) + |\Psi^-\rangle (c_0 |1\rangle_B - c_1 |0\rangle_B) \end{aligned}$$

gde su uvedena tzv. ***Belova stanja***:

$$|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle|0\rangle_A + |1\rangle|1\rangle_A)$$

$$|\Phi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle|0\rangle_A - |1\rangle|1\rangle_A)$$

$$|\Psi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle|1\rangle_A + |1\rangle|0\rangle_A)$$

$$|\Psi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle|1\rangle_A - |1\rangle|0\rangle_A)$$

Belova stanja konstruisana su od bazisnih stanja nepoznatog stanja spremnog za teleportaciju i Alisinog dela spletenog stanja. Svako od Belovih stanja je korelisano sa različitom superpozicijom Bobovog dela spletenog stanja.

Za sada verovatno ***treba istaći*** da se ništa fizički još uvek nije odigralo: samo je ***prepisano*** početno spleteno stanje u obliku koji sadrži Belova stanja!

Sledeći korak u **protokolu teleportacije** je da Alisa izvrši ‘projektivna kvantna merenja na Belov bazis’, i da saopšti Bobu preko klasičnog kanala svoje dobijeno stanje, posle čega Bob vrši odgovarajuću transformaciju:

- (1) Ako je Alisa dobila stanje  $|\Phi^+\rangle$   
tada je Bobov fotonski sistem projektovan na željeno stanje  $c_0|0\rangle_B + c_1|1\rangle_B$
- (2) Ako je Alisa dobila stanje  $|\Phi^-\rangle$   
tada je Bobov fotonski sistem projektovan na stanje  $c_0|0\rangle_B - c_1|1\rangle_B$   
i Bob mora izvršiti transformaciju  $|0\rangle_B \rightarrow |0\rangle_B, |1\rangle_B \rightarrow -|1\rangle_B$  za željeno stanje
- (3) Ako je Alisa dobila stanje  $|\Psi^+\rangle$   
tada je Bobov fotonski sistem projektovan na stanje  $c_0|1\rangle_B + c_1|0\rangle_B$   
i Bob mora izvršiti transformaciju  $|1\rangle_B \rightarrow |0\rangle_B, |0\rangle_B \rightarrow |1\rangle_B$  za željeno stanje
- (4) Ako je Alisa dobila stanje  $|\Psi^-\rangle$   
tada je Bobov fotonski sistem projektovan na stanje  $c_0|1\rangle_B - c_1|0\rangle_B$   
i Bob mora izvršiti transformaciju  $|1\rangle_B \rightarrow |0\rangle_B, |0\rangle_B \rightarrow -|1\rangle_B$  za željeno stanje

Uočiti još jedanput da ni Alisa ni Bob ne znaju ni u jednom trenutku *originalno teleportovano stanje*  $|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$ , kao i da se u procesu projektivnih kvantnih merenja na Belov bazis *originalno stanje uništiva!*

**Kvantna teleportacija biće osnova budućih kvantnih komunikacija!!!**

**KVANTNA KRIPTOGRAFIJA** može kvantno preneti šifrovanu informaciju od Alise do Boba sa ***apsolutnom zaštitom!*** Korišćenjem protokola podeljenog kvantnog ključa (quantum key distribution (QKD)), omogućen je mehanizam stvaranja zajedničkog ključa Alise i Boba u tzv. javnim kanalima.

[Tzv. ***javni kripto-sistemi***, u kojima Bob javno šalje ključ od dva jako velika prosta broja ( $e$ ,  $p \cdot q(N)$ ), gde se  $p$  i  $q$  biraju nasumično (random) iz kruga velikih prostih brojeva ( $> 10^{1000}$ ),  $N = p \cdot q > 10^{2000}$ ,  $p \cdot q(N) \equiv (p-1)(q-1)$ , a  $e < N$  se bira tako da  $e$  i  $p \cdot q(N)$  nemaju zajedničkih sadržilaca osim 1. Alisa potom kodira tekst poruku koristeći od Boba javni ključ i potom šalje kodiranu poruku Bobu, koju Bob potom dekodira. Šta čini ovaj kanal sigurnim: to je ***veličina broja  $N$  kojeg treba faktorisati*** ( $N = p \cdot q$ ) a za to je potrebno ***klasičnom*** superkompjuteru mnogo godina - ali ***nije kvantnom(!)*** - kojeg bi mogla tako (u bliskoj budućnosti) da koristi "presretač" Eva i da ugrozi sigurnost kriptovane poruke. Ali tu onda ulazi u trku ***kvantna kriptografija!***].

**QKD omogućava da Alisa i Bob razmene tajni ključ bez fizičkog susreta (direktnog ili posrednog (kurir)). Sigurnost QKD je omogućena principima kvantne mehanike. Centralna QKD-ideja je da je nemoguće da "presretač" dobije celu informaciju po prenetom kvantnom stanju iz jednog merenja (tzv. no-cloning teorema).** Naime, kvantno stanje  $|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$  koje se prenosi (i "presreće") ima nepoznato  $c_0$  i  $c_1$ , koji se ne mogu odrediti jednim merenjem (oni su mogu odrediti tek nizom merenja izvršenim nad iznova prepariranim stanjem  $|\psi\rangle$ ). Međutim, ***u QKD-protokolima se nikad ponovo ne koristi isto***  $|\psi\rangle$ , niti se ono uzima u formi ortogonalnih stanja ( $|0\rangle, |1\rangle$ ), već se uvek koriste neortogonalna stanja ( $|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$ ). Postoji više QKD protokola ***komercijalno realizovanih*** u SAD/Evropi!

**KVANTNO KUBIT-RAČUNANJE** je "zadatak" koji se obavlja **po ugledu na klasično računanje**, tj. sva dobra iskustva i osnove klasičnog računanja usvajaju se i u kvantnom računanju!

**Kubit** (qubit, tj. kvantni bit), predstavlja bilo koji **dvo-dimenzionalni Hilbertov prostor stanja** sa **bazisom izračunavanja**  $\{|0\rangle, |1\rangle\}$ , koji **u kvantnoj mehanici** omogućava **koherentne superpozicije stanja**:

$$|\psi\rangle_n = c_0|0\rangle_n + c_1|1\rangle_n$$

Nizu **bitova** iz klasičnog računanja:

000101001

**odgovara** niz stanja iz **bazisa izračunavanja**:

$$|\psi_i\rangle = |0\rangle_1 |0\rangle_2 |0\rangle_3 |1\rangle_4 |0\rangle_5 |1\rangle_6 |0\rangle_7 |0\rangle_8 |1\rangle_9 \equiv |000101001\rangle$$

**U opštem slučaju kubita u formi koherentne superpozicije, kvantni registri** predstavljaju tenzorski proizvod  $N$  kubita (tretiranih kao nezavisnih sistema!):

$$|\psi_i\rangle = |\psi\rangle_1 \otimes |\psi\rangle_2 \otimes \cdots \otimes |\psi\rangle_N , \quad i = 1, 2, \dots, 2^N$$

U  $2^N$ -dimenzionom Hilbertovom prostoru normalizovano  **$N$ -kubitno stanje** ima oblik **superpozicije stanja**:

$$|\psi\rangle = \sum_{i=1}^{2^N} c_i |\psi_i\rangle , \quad \left( \sum_{i=1}^{2^N} |c_i|^2 \right) = 1$$

Ako je **kvantno računanje** neka **linearna operacija**, tada je računanje na  $N$ -kubitnom stanju dato izrazom:

$$\hat{U}|\psi\rangle = \sum_{i=1}^{2^N} c_i \hat{U}|\psi_i\rangle$$

što je poenta **kvantnog računanja**, koje predstavlja **paralelno procesiranje na svim registrima**,  $i = 1, 2, \dots, 2^N$  - koje **nema analogona u klasičnom računanju** (gde ima niz vremenski razdvojenih (nesimultanih) izračunavanja:  $\{\hat{U}|\psi_i\rangle, i = 1, 2, \dots\}$ )!

Ova mogućnost paralelnog procesiranja u kvantnom računanju naziva se **kvantnim paralelizmom!**

**Kvantno računanje** je algoritam koji se sastoji od **dva glavna tipa postupaka**:

- (a) **Primene unitarnih transformacija** na sistemu od  $N$  kubita,
- (b) **Obavljanja podesnih kvantnih merenja** na tom sistemu, ili određenom podsistemu.

U kontekstu postupka (a) **postoji univerzalno kvantno računanje** (tj. može se izvršiti **proizvoljna unitarna transformacija** stanja  $N$ -kubitnog sistema **sa proizvoljno malom greškom**)!

Naime, pokazuje se da **postoji skup jedno- i dvo-kubitnih transformacija** koje čine **univerzalni skup kvantnih logičkih kapija** (gates) (tj. unitarnih transformacija na jednom ili paru kubita, kojima se može ostvariti proizvoljna unitarna transformacija na skupu od  $N$  kubita). Naravno, da bi se tako ostvarile transformacije na svih  $N$  kubita, neophodno je u algoritamski uređenom redosledu (pored jedno-kubitnih) primenjivati i dvo-kubitne transformacije - npr. na paru 1-2, zatim 2-3, potom 3-4 itd.

**Jedan skup “univerzalnih logičkih kapija” čini Adamarova (Hadamard) 1-kubitna transformacija:**

$$\hat{U}_H |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle), \quad \hat{U}_H |1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)$$

i “**Isključivo ILI**” 2-kubitna transformacija:

$$\hat{U}_{CNOT} |0\rangle_1 |i\rangle_2 = |0\rangle_1 |i\rangle_2, \quad \hat{U}_{CNOT} |1\rangle_1 |i\rangle_2 = |1\rangle_1 |\perp i\rangle_2$$

U opštem slučaju CNOT **uvodi kvantnu spletenost u stanja složenog sistema 1+2**.

**Posebne operacije su kvantni orakli (crne kutije) kao zadata kvantna preslikavanja.**

**Kvantno računanje, kroz (kvantne reverzibilne) unitarne transformacije kubita**, unosi dva važna koncepta u **teorijsku informatiku**: (1) **reverzibilno računanje**; (2) **fizička osnova računanja** (Landauer, 1963: *informacija je fizička*).

**Kvantni računari** mogu rešavati izvesne zadatke praktično nerešive klasičnim računarima (ipak, ono što u principu ne mogu klasični, ne mogu ni kvantni).

- **Kvantni algoritmi** u odnosu na klasične daju značajna ubrzanja, koja se mogu podeliti u dve grupe:

- (a) **ne-eksponencijalna ubrzanja** (Grover, 1997: *pretraživanje baze podataka*),
- (b) **eksponencijalna ubrzanja** (Šor, 1994: *faktorizacija velikih brojeva*).

- Tipični **kvantni algoritmi** predstavljaju **kombinaciju** sledećih postupaka:

- (1) preparacija stanja polaznih kubita (registara kubita);
- (2) Adamarova transformacija;
- (3) kvantna Furijeova transformacija;
- (4) primena kvantnog orakla;
- (5) pogodno kvantno merenje.

[Prvi metodski kvantni algoritam Dojča (Deutch, 1985) bio je 2 puta brži od klasičnog (1 umesto 2 korišćenja orakla) - kao **principijelna demonstracija!**]

- **Metode korekcije grešaka** ('quantum error correction') jedno su od važnih praktičnih pitanja u kvantnom računanju:
  - (a) usled **neidealnosti unitarnih transformacija (logičkih kapija) i kvantnih merenja** (što je praktično zanemarljivo);
  - (b) usled **dekoherencije na kubitima (registrima kubita), koja svodi kvantno računanje na klasično** (što je praktičan problem):

$$|\psi\rangle = \sum_{i=1}^{2^N} c_i |\psi_i\rangle \rightarrow \hat{\rho} = \sum_{i=1}^{2^N} |c_i|^2 |\psi_i\rangle\langle\psi_i|$$

U "borbi" protiv dekoherencije postoji nekoliko pristupa:

- ECC (Error Correcting Codes – za korekciju grešaka nastalih dekoherencijom);
- EAC (Error Avoiding Codes – za definisanje potprostora stanja registra invarijantnih na interakciju registra i okruženja);
- DISD (Decoherence-Induced Suppress of Decoherence – za potiskivanje dekoherencije na registrima, izazivanjem dekoherencije „kupatila“ njegovim okruženjem).

## **Otvorena pitanja kvantnih algoritama:**

- Novi algoritmi za klasično teške (pre svih NP-kompletne) računske probleme;
- Univerzalna vs. parcijalna prednost kvantnih računara (samo neki zadaci?);
- Da li korišćenje ‘spletenih’ stanja podrazumeva komunikaciju bržu od svetlosti?
- Fizičko ostvarivanje ‘spletenih’ sistema za više-komponentne sisteme (ne samo dvo-komponentne) kao što je sistem identičnih fermiona ili bozona;
- Da li je ‘spletenost’ stanja neophodan činilac kvantnih algoritama (ili služi samo za pogodne destruktivne interferencije i pripremu stanja za pogodno kvantno merenje).

## ***Problem ‘large scale’ implementacije na velikom broju kubita, sa istraživačkim programima u začetku, na različitim hardverima:***

- Optički hardver (Polarizacija fotona/kubit i optičke logičke kapije – većina istraživača polaže nade u ovaj hardver);
- Ridbergova stanja atoma (Ru ili Cs u dvonivoskim stanjima/kubit, pod uticajem lasera);
- Nuklearna magnetna rezonanca (NMR sa nuklearnim spinom/kubit);
- Kvantne tačke (Elektroni u kvantnim tačkama osećaju spoljašnje polje čije  $U$  ima 2 lokalna minimuma iste dubine/kubit – FKS);
- Stanja EM šupljine (QEC, sa kontrolom broja fotona u polju, 0 ili 1/kubit u formalizmu druge kvantizacije);
- Alternativni modeli kvantnog računanja (adijabatski, kroz adijabatske transformacije hamiltonijana; klasterni, kroz sukcesivna merenja visoko-kvantnospletenih stanja).

***Praktični zahtevi za kvantne računare su veliki, sa malo tolerancije ( $\sim 0,1\%$ ), što će zahtevati rad na vrlo niskim temperaturama ( $\geq 0 \text{ K} (\mu\text{K})$ ) da se eliminiše termalni šum, kao i visok stepen izolovanosti od okruženja da se smanji dekoherencija. Zbog svog načina rada, ‘kvantno-holografске Hopfieldove neuronske mreže’ znatno su robusnije i otpornije na gornje zahteve – uz mogući rad i na sobnim temperaturama (kao biološki sistem akupunktura/svest)!***

# Kvantna neuralna informatika

## (Hopfieldove neuronske mreže i kvantna holografija)

Hopfieldove klasične **neuronske mreže** intezivno su proučavane i modelirane i za potrebe **kognitivnih neuronauka**. U modelu **Hopfieldove klasične neuronske mreže**, kolektivno izračunavanje je regulisano minimizacijom Hamiltonove energetske funkcije (v. Sl. A3):

$$H = -\frac{1}{2} \sum_{l=1}^N \sum_{j=1}^N J_{lj} q_l q_j = -\frac{1}{2} \sum_{l=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^P q_l^{k_i} q_j^{k_i} q_l q_j$$

U modelu Hopfieldove klasične neuronske mreže, Hebova dinamička jednačina za **neuronske aktivnosti**:

$$q_l^k(t_2 = t_1 + \delta t) = \sum_{j=1}^{N_k} J_{lj}^k q_j^k(t_1) \quad ili \quad q_{out}^k(t_2) = J^k q_{in}^k(t_1)$$

i dinamička jednačina za **sinaptičke veze** (težine):

$$J_{lj}^k = \sum_{i=1}^{P_k} q_l^{k_i} q_j^{k_i} \quad ili \quad J^k = \sum_{i=1}^{P_k} q^{k_i} q^{k_i T}$$

čine povezani **klasični paralelno-distribuirani informacioni procesirajući sistem**. Ovo je jedan od najjednostavnijih algoritama korišćenih za teorijsko modeliranje moždanih funkcija

Hebove dinamičke jednačine mogu se prepisati u ***kontinualnoj formi***, inkorporiranjem prostorno-vremenskog opisa neuronskih i sinaptičkih aktivnosti:

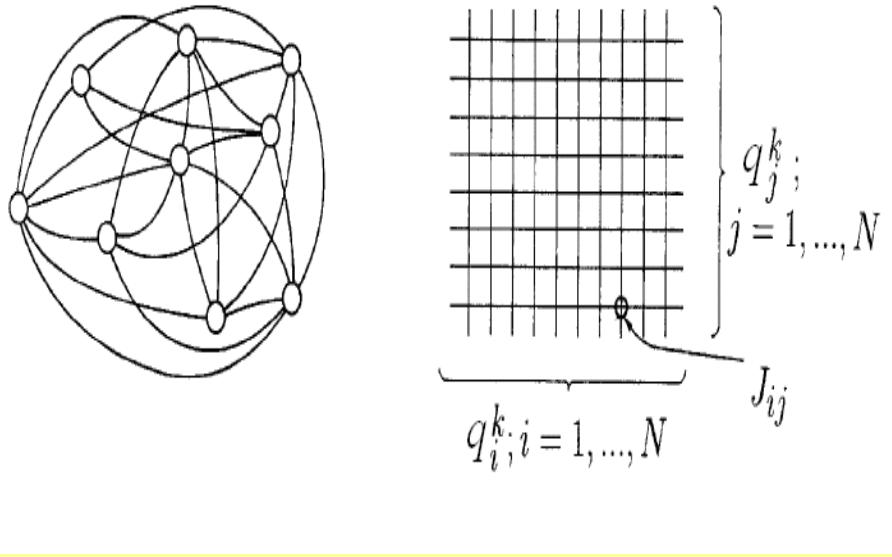
$$q_{out}^k(r_2, t_2) = \iint J^k(r_2, t_2, r_1, t_1) q_{in}^k(r_1, t_1) dr_1 dt_1$$

$$J^k(r_2, t_2, r_1, t_1) = \sum_{i=1}^{P_k} q^{k_i}(r_2, t_2) q^{k_i T}(r_1, t_1) \text{ ili } J^k(r_2, r_1) = \sum_{i=1}^{P_k} q^{k_i}(r_2) q^{k_i T}(r_1)$$

***Memorijsko prepoznavanje*** u Hopfieldovoj klasičnoj neuronskoj mreži vrši se ulazno-izlaznom transformacijom  $q_{out}^k = J^k q_{in}^k$  ili u razvijenoj formi

$$q_{out}^k(r_2, t_2 = t_1 + \delta t) = \int J^k(r_2, r_1) q_{in}^k(r_1, t_1) dr_1 = \int [\sum_{i=1}^{P_k} q^{k_i}(r_2) q^{k_i T}(r_1)] q_{in}^k(r_1, t_1) dr_1$$

Iz navedenog izraza vidi se da ako je ulazni vektor  $q_{in}^k$  najsličniji nekom prethodno memorisanom (naučenom) vektoru stanja, recimo  $q^{k_i}$ , tada izlazni vektor konvergira memorijском atraktoru vektora stanja  $q_{out}^k$ , odnosno Hopfieldova klasična neuronska mreža  $S_k$ , ***asocijativno prepoznaje*** vektor  $q^{k_i}$

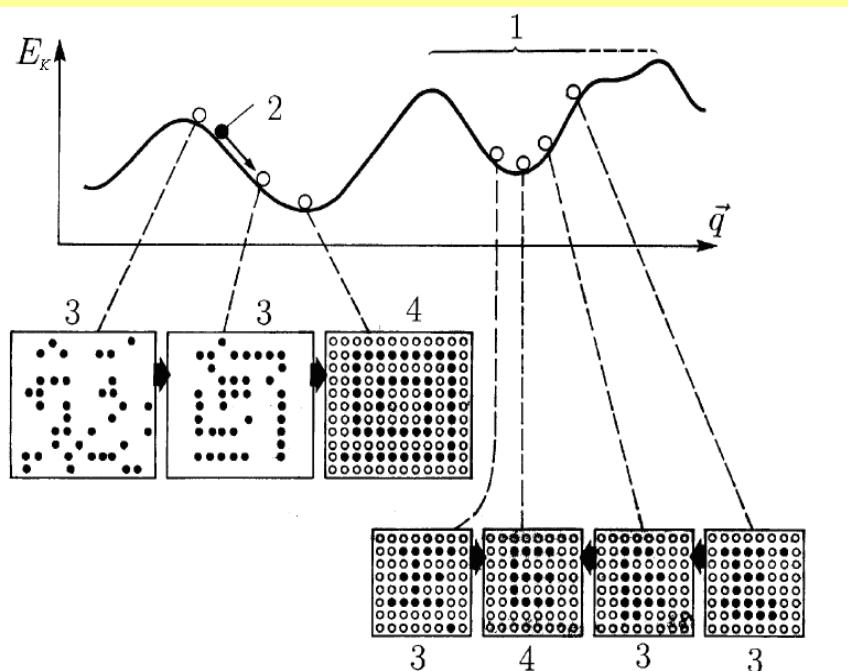


**Slika A3(a)** Dijagram neuronske mreže na osnovu Hopfieldovog modela (levo) i dijagram memoriske matrice  $J$  (desno).

$$J_{ij} = \sum_{l=1}^P q_i^{k_l} q_j^{k_l}$$

$$q_i = \sum_{j=1}^N J_{ij} q_j$$

$$E_K = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N J_{ij} q_i q_j$$



**Slika A3(b)** Konfiguraciono-energetski prostor Hopfieldove asocijativne mreže:  
 1 - Jama privlačenja / atrakcije;  
 2 - Trenutno stanje sistema;  
 3 - Nestabilna konfiguracija;  
 4 - Atraktorski oblik, tj. stabilna konfiguracija.

**Klasične & Kvantne analogije:**

$$q \Leftrightarrow \phi, \quad q^{k_l} \Leftrightarrow \phi^{k_l}, \quad J \Leftrightarrow G$$

Haken je pokazao da uvođenje biološki plauzibilnijih ***neuronskih oscilatornih aktivnosti*** daje bogatiju dinamiku neuronske mreže, pri čemu Hopfieldove klasične neuronske varijable umesto realnih postaju ***kompleksne veličine***. Korak dalje učinjen je sa ***kvantnom generalizacijom*** Hopfieldove neuronske mreže, Saterlendovom ***holografском neuronskom mrežom*** i njoj ekvivalentnim Perušovim modelom ***Hopfieldove kvantne neuronske mreže***.

***Perušov model*** baziran je na direktnoj matematičkoj korespondenciji između klasičnih neuronskih i kvantnih varijabli i odgovarajućih Hopfieldovih klasičnih i kvantnih jednačina (v. Sl. A3):

$$q^k \Leftrightarrow \psi^k, q^{k_i} \Leftrightarrow \psi^{k_i}, J^k \Leftrightarrow G^k;$$

tako, u Perušovom modelu ***Hopfieldove kvantne neuronske mreže***, dinamička jednačina za ***talasnu funkciju stanja k-tog kvantnog sistema***  $S_k$

$$\psi_{out}^k(r_2, t_2) = \iint G^k(r_2, t_2, r_1, t_1) \psi_{in}^k(r_1, t_1) dr_1 dt_1 \text{ ili } \psi_{out}^k(t_2) = G^k \psi_{in}^k(t_1)$$

i dinamička jednačina za ***propagator kvantnog sistema***  $S_k$

$$G^k(r_2, t_2, r_1, t_1) = \sum_{i=1}^{P_k} \psi^{k_i}(r_2, t_2) \psi^{k_i}(r_1, t_1)^* \text{ ili } G^k(r_2, r_1) = \sum_{i=1}^{P_k} \psi^{k_i}(r_2) \psi^{k_i}(r_1)^*$$

čine povezani ***kvantni paralelno-distribuirani informacioni procesirajući sistem***.

**Memorijsko prepoznavanje** u Hopfieldovoj kvantnoj neuronskoj mreži vrši se ulazno-izlaznom transformacijom  $\psi_{out}^k = G^k \psi_{in}^k$ , ili u razvijenoj formi:

$$\psi_{out}^k(r_2, t_2 = t_1 + \delta t) = \int G^k(r_2, r_1) \psi_{in}^k(r_1, t_1) dr_1 = \int \left[ \sum_{i=1}^{P_k} \psi^{k_i}(r_2) \psi^{k_i}(r_1)^* \right] \psi_{in}^k(r_1, t_1) dr_1$$

odnosno u drugom obliku:

$$\psi_{out}^k(r, t) = \sum_{i=1}^{P_k} c_{k_i}(t) \psi^{k_i}(r) = \sum_{i=1}^{P_k} \int [\psi^{k_i}(r)^* \psi_{in}^k(r, t) dr] \psi^{k_i}(r)$$

Iz ovih izraza vidi se da ako je ulazna talasna funkcija  $\psi_{in}^k$  najsličnija nekoj prethodno memorisanoj (naučenoj) svojstvenoj talasnoj funkciji, recimo  $\psi^{k_i}$ , tada izlazna talasna funkcija  $\psi_{out}^k$  konvergira ka memorijskom atraktoru svojstvene talasne funkcije  $\psi^{k_i}$ , odnosno Hopfieldova kvantna neuronska mreža **asocijativno prepoznaje** svojstvenu talasnu funkciju  $\psi^{k_i}$ .

Hopfieldove kvantne neuronske mreže imaju prednost u odnosu na klasične zbog kvantrih faznih razlika koje poboljšavaju klasično Hebovo amplitudno kodiranje. Naime, zamenom svojstvenih talasnih funkcija  $\psi^{k_i}$  u formi modulisanih ravanskih talasa ili vejkvleta,

$$\psi^{k_i}(r, t) = A_{k_i}(r, t) e^{\frac{i}{\hbar} \alpha_{k_i}(r, t)}$$

propagator kvantnog sistema  $S_k$  dobija oblik

$$G^k(r_2, t_2, r_1, t_1) = \sum_{i=1}^{p_k} A_{k_i}(r_2, t_2) A_{k_i}(r_1, t_1) e^{\frac{i}{\hbar} (\alpha_{k_i}(r_2, t_2) - \alpha_{k_i}(r_1, t_1))}$$

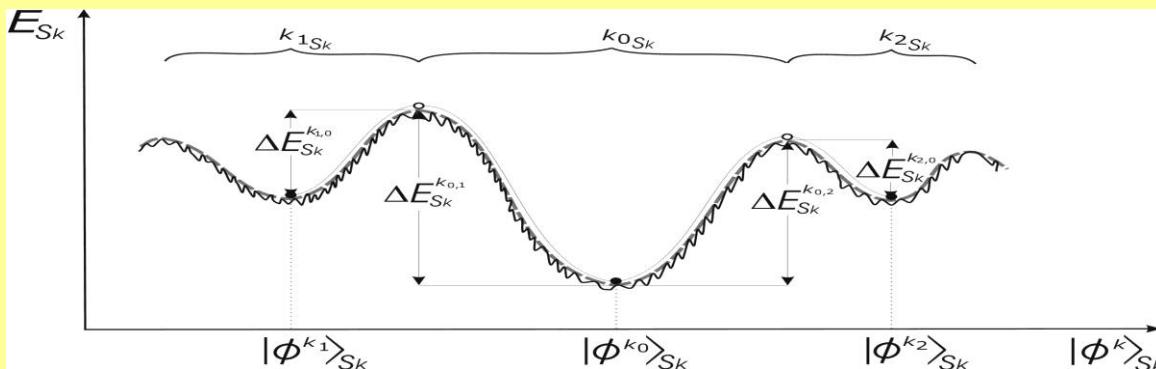
koji opisuje dvojako memorijsko kodiranje kvantnog sistema  $S_k$ : kroz amplitudne korelacije, slično Hebovom pravilu kod klasičnih asocijativnih neuronskih mreža,

$$\sum_{i=1}^{p_k} A_{k_i}(r_2, t_2) A_{k_i}(r_1, t_1)$$

i kroz fazne razlike, slično holografiji,

$$\delta\alpha_{k_i} = \alpha_{k_i}(r_2, t_2) - \alpha_{k_i}(r_1, t_1)$$

Na Sl. A4 prikazan je dekoherencijski model ***promene stanja različitih hijerarhijskih bioloških nivoa pod nestacionarnim uticajem okruženja.***



**Slika A4.** Šematska prezentacija memorijskih atraktora u prostoru energija-stanje **kvantno-holografske memorije/propagatora makroskopskog otvorenog kvantnog akupunktturnog sistema/svesti  $S_k$** :

$$G^{(k)}(\mathbf{r}_2, t_2, \mathbf{r}_1, t_1) = \sum_i \phi^{(k_i)}(\mathbf{r}_2, t_2) \phi^{(k_i)*}(\mathbf{r}_1, t_1) = \sum_i A_{k_i}(\mathbf{r}_2, t_2) A_{k_i}(\mathbf{r}_1, t_1) e^{\frac{i}{\hbar}(\alpha_{k_i}(\mathbf{r}_2, t_2) - \alpha_{k_i}(\mathbf{r}_1, t_1))},$$

uz ostvareno prepoznavanje  $\phi^{(k)}_{\text{out}}(\mathbf{r}_2, t_2) = \iint G^{(k)}(\mathbf{r}_2, t_2, \mathbf{r}_1, t_1) \phi^{(k)}_{\text{in}}(\mathbf{r}_1, t_1) d\mathbf{r}_1 dt_1$ . Treba istaći da **kvantna dekoherencija** verovatno igra **fundamentalnu ulogu** u biološkim kvantno-holografskim neuronskim mrežama, kroz **adaptaciju oblika prikazane energetske hiperpovrši** ekvivalentnu **neprekidnom rešavanju** Fejnmanske propagatorske verzije Šredingerove jednačine od strane otvorenog makroskopskog kvantnog sistema  $S_k$  izloženog **neprekidnoj promeni** graničnih uslova (za razliku od nisko-temperaturskih veštačkih qubitnih kvantnih računara gde se mora po svaku cenu izbegavati do krajnjeg akta očitavanja kvantnog računanja!). Na primer, to nagoveštava da je Priroda izabrala elegantno **sobno-temperatursko rešenje za biološko kvantno-holografsko procesiranje informacija, fluktuirajuće između kvantno-koherentnog stanja**  $|\phi^k(t)\rangle_{S_k} = \sum_i c_{k_i}(t) |\phi^{k_i}\rangle_{S_k}$  i

**klasično-redukovaniog stanja**  $\hat{\rho}_{S_k}^k(t) = \sum_i |c_{k_i}(t)|^2 |\phi^{k_i}\rangle_{S_k} \langle \phi^{k_i}|$  **akupunktturnog sistema/svesti  $S_k$** , kroz **nestacionarne (biorezonantne) interakcije** sa vantelesnim daljim okruženjem i kroz **dekoherenciju** telesnim bližim okruženjem. Isto bi se moglo odnositi i na **niži kvantno-holografski enzimsko-genomski nivo ćelije**, čija bi kvantno-holografska sprega sa akupunktturnim sistemom/svešću mogla biti značajan element holističke bioinformatike. Slično se odnosi i na **viši kvantno-holografski nivo kolektivne svesti**, sa religijsko/društvenim implikacijama o neophodnosti transpersonalnog spiritualnog kvantno-holografskog brisanja svih nepoželjnih bočnih memorijskih atraktora (koji će nereprogramirani molitvom inače vremenom dovesti do razvoja psihosomatskih bolesti ili međuljudskih sukoba u ovoj i/ili narednim generacijama kojima se transpersonalno i nesvesno prenose ova memorijска opterećenja na nivou kolektivne svesti).