

Amígdala. Amígdala ali mandljasto jedro je pama struktura mandljaste oblike v možganih. Predstavlja središče čustvenega delovanja. Ima pomembno vlogo pri čustveni dejavnosti, prepoznavi in izražanju počutja ter pri občutenju strahu, besa in razdraženosti.

Akson ali nevrít. Dolg izrastek iz živčne celice, po katerem se prevaja akcijski potencial od telesa nevrona proti obrobju celice. Aksoni so primarni prevodniki živčnega sistema.

Združujejo se v živce. Aksoni, ki so oviti z mielinsko ovojnico, prevajajo akcijske potenciale zelo hitro.

Funkcionalno magnetnoresonančno slikanje (fMRI).

Metoda fMRI omogoča magnetnoresonančno slikanje možganov med njihovo aktivnostjo. Temelji na merjenju razlike magnetnih lastnosti oksigeniranega in deoksigeniranega hemoglobina v krvi. Povečana nevrnska aktivnost povzroči premike ionov med notranjostjo in zunanostjo celic, zato se aktivirajo ionske črpalke, ki porabljajo energijo. To zaznamo kot povečano presnovno aktivnost in ob tem povečano porabo kisika. To zaznamo kot upad magnetnega signala. Zaradi lokalnega upada koncentracije kisika pa se poveča krvni pretok, ki precej preseže predhodno porabo kisika, kar zaznamo kot porast magnetnega signala.

Hipokampus. Pama struktura v obliki morskega konjička, ki je ključnega pomena za učenje in spomin.

Sindrom ADHD (angleško attention deficit hyperactivity disorder). Primanjkljaj pozornosti in motnja hiperaktivnosti. Sodi v skupino vedenjskih in čustvenih motenj. Pojavi se

ponavadi v otroštvu in mladosti. Na izraznost motnje vpliva tako genetika kot okolje.

Siva in bela možganovina. Možganovino – tkivo osrednjega živčevja - delimo glede na videz na sivo in belo možganovino. Siva možganovina tvori zunanjo plast možganov in notranjo plast hrbtenjače ter je sestavljena predvsem iz teles živčnih celic. Bela možganovina sestavlja sredico možganov in zunanji sloj hrbtenjače ter je sestavljena predvsem iz aksonov živčnih celic. Mielinska ovojnica okoli aksonov ji daje belo barvo.

Slikanje z magnetno resonanco (MRI). Slikanje z magnetnoresonančnim tomografom je tehnika slikanja notranje zgradbe telesa z uporabo magnetov, radijskih valov in računalnika. Naprava ne uporablja rentgenskih žarkov in po vseh do sedaj znanih podatkih ni zdravju škodljiva.

Literatura:

Giedd, J. N., 2008: *The teen brain: insights from neuroimaging.* *Journal of Adolescent Health*, 42: 335-43.

Offer, D., Schonert-Reichl, K. A., 1992: *Debunking the Myths of Adolescence: Findings from Recent Research.* *Journal of the American Academy of child and adolescent psychiatry*, 31 (6): 1003-14.

Buchanan, C. M., Hughes, J. L., 2009: *Construction of Social Reality During Early Adolescence: Can Expecting Storm and Stress Increase Real or Perceived Storm and Stress?* *Journal of Research on Adolescence*, 19 (2): 261-85.

O interpretacijah kvantne mehanike (2) • Fizika

O interpretacijah kvantne mehanike (2)

Janez Strnad

Kaj nekateri fiziki menijo o interpretacijah kvantne mehanike

Drugi del zapisa navaja nekaj mnenj fizikov o interpretacijah kvantne mehanike. Na skromnem izboru se lahko bralci najbolj neposredno prepričajo o nasprotnojučih si pogledih. Po navedbah v zapisu si bralci, ki jih to zanima, lahko ogledajo članke v revijah, ki so zanimivo branje.

O osnovah kvantne mehanike so začeli razpravljati ob njenem začetku. O njih sta

razpravljala Albert Einstein in Niels Bohr posebno na Solvayevih konferencah v dvajsetih letih prejšnjega stoletja. Einstein si je izmišljal poskuse, ki naj bi razkrili nepopolnost kvantne mehanike, Bohr pa je – včasih po daljšem premisleku – pomisleke ovrgel. Podobno razpravo lahko zasledujemo v objavljenih pismih med Einsteinom in Maxom Bornom. Paul Dirac je menil, da vprašanja, ki zadevajo interpretacije, še niso dozorela in jih kaže odložiti na poznejši čas.

Physics Today

Oktobra leta 1988 sta Herman Feshbach in Victor F. Weisskopf objavila uvodnik *Postavi neumno vprašanje*. Izzvale so ju trditve, da »je kvantna mehanika na ravni atomov gotovost nadomestila z negotovostjo« in da je »narava postala igra verjetnosti«. Najprej je treba ugotoviti, katera vprašanja so smiselna in je nanje mogoče odgovoriti. V kvantni mehaniki prinese omejitve načelo nedoločnosti. Na vprašanje o energiji vodikovega atoma v danem stanju sledi jasen odgovor. Na neustrezno vrašanje, na primer na to, kdaj atom iz stanja preide v drugo stanje, pa ni takšnega odgovora. V kvantni mehaniki na ustrezno vprašanje dobimo jasen odgovor, na neustrezno vprašanje pa odgovor z verjetnostjo.

Aprila leta 1989 so objavili sedem pisem bralcev, ki so se večinoma uprli omejevanju vprašanj v kvantni mehaniki in opozorili na razne interpretacije. Pisca sta pojasnila, da ne smemo biti presenečeni, če na nekatera vprašanja dobimo odgovor z verjetnostjo.

Marca leta 2000 sta Christopher A. Fuchs in Asher Peres objavila mnenje *Kvantna teorija ne potrebuje nobene »interpretacije«*. S tem sta se odzvala na pet člankov o raznih interpretacijah, ki bi med bralci utegnili vzbuditi neutemeljeni vtis, da je kvantna mehanika v težavah. Če bi bilo tako, bi to že zdavnaj razkrili poskusi. Razne »interpretacije« vzbujajo le varljiv občutek, da teorijo bolje razumemo. Zagovarjala sta interpretacijo brez interpretacije. Razčlenila sta vlogo poskusa v fiziki. »Interpretacije« uvajajo nove pojme, ne da bi to prispevalo k boljšemu opisu poskusov. Matematično je mogoče izpeljati, kako valovno funkcijo prevedemo v statistično napoved. Vse drugo pove teorija verjetnosti. Odziv merilne naprave je makroskopska realnost, ki jo opazijo opazovalci, »mikroskopske realnosti« pa od kvantne mehanike ni mogoče pričakovati. Kvantna mehanika je uspešna na širokem območju razdalj in velja splo-

šno. Valovna funkcija vesolja, ki bi podrobno opisala vse v vesolju, tudi nas, bi pripeljala do nesprejemljivih sklepov. Valovna funkcija, ki pa zadeva samo nekaj podatkov o vesolju, na primer povprečno gostoto snovi, nima te slabosti. Kvantno mehaniko so obdolžili, da je nepopolna, ker ne more odgovoriti na nekatera vprašanja, ki so smiselna v klasični mehaniki. Valovna funkcija ni nekaj objektivnega. Njen kolaps zadeva zgolj naš opis. O osnovah kvantne mehanike je vredno razpravljati. Da bi kvantna mehanika bila uporabno vodilo do pojavov okoli nas, potrebujemo le notranje popolnoma skladno teorijo, in to imamo.

Septembra je sledilo pet pisem, v nekaterih od njih so bralci zagovarjali potrebo po interpretacijah. Ptolemajevu sliko gibanja planetov okoli Zemlje z epicikli in Kopernikovo sliko gibanja planetov okoli Sonca so razumeli kot dve interpretaciji. Omenili so, da naj bi tudi v klasični mehaniki govorili o interpretacijah. Razpravljali so še o objektivni realnosti in se vprašali, »kako lahko kvantna mehanika da tako natančne napovedi, če ni del fizikalne realnosti«. V odgovoru sta pisca pojasnila, da nimata kvantne mehanike za zadnjo besedo v opisu narave. Po vrsti pa sta ovrгла nasprotno razloge dopisnikov. Sklicevanje na razvoj je pogosto preveč poenostavljeno. Epicikli niso interpretacija. To velja tudi za razne oblike klasične mehanike, ki jih je smiselno primerjati z različnimi oblikami kvantne mehanike, Heisenbergovo, Schrödingerjevo, Feynmanovo. Treba je razločevati med naravo, ki bi jo radi razumeli, in opisom poskusov.

Novembra leta 2005 je Steven Weinberg v članku *Einsteinove napake* nasprotoval zagotovitvi kopenhavnske interpretacije, da mora za merilno napravo, s katero opazujemo kvantni sistem, veljati klasična mehanika. Za fizike in njihove naprave morajo veljati isti zakoni kvantne mehanike kot za vse drugo v vesolju.

Physics World

Avgusta leta 1990 je izšel članek Johna Bello *Proti merjenju*. Bell je postal znan po neenačbi za poskus Einsteina, Podolskega in Rosena. Neenačba ne more biti izpolnjena, če velja kvantna mehanika. Pri številnih merjenjih so ugotovili, da neenačba ne velja, in s tem podprli kvantno mehaniko. Bell je bil že od študentskih časov prepričan, da so osnove kvantne mehanike majave. Skoval je posmehljivo frazo »za vse praktične namene«, ki da jo je treba uporabiti v kvantni mehaniki. S poudarkom je zatrdil, da se besede »sistem«, »naprava«, »okolica«, »merjenje« ne bi smele pojaviti v osnovah kvantne mehanike. Razčlenil je Landau-Lifšicev učbenik, ki izraža Bohrov pogled, učbenik Kurta Gottfrieda iz leta 1966, ki se je zgledoval po Diracu in Pauliju, in članek Nica G. van Kampna *Deset izrekov o kvantno-mehaničnem merjenju* v reviji *Physica* iz leta 1988. Z obravnavo merjenja in kolapsa valovne funkcije v omenjenih besedilih ni bil zadovoljen. V tej zvezi je omenil prednost Bohmove interpretacije.

Januarja leta 1991 se je - po nepričakovani Bellovi smrti - odzval Rudolf Peierls s kratkim člankom *V obrambo merjenja*. Strinjal se je, da je kvantno mehaniko treba uvesti jasno in brez slabo definiranih pojmov. Tudi on ni bil zadovoljen z uvedbo v treh omenjenih besedilih. Vendar po njegovem mnenju kvantne mehanike ni težko dosledno uvesti. Naše znanje o sistemu se spreminja. Dodatno opazovanje znanje poveča, ne nadzorovani vplivi iz okolice pa zmanjšajo. To velja v klasični in v kvantni mehaniki. Kvantna mehanika se od klasične razlikuje po tem, da je v njej treba znanje opredeliti, ker zaradi načela nedoločenosti povečanje znanja lahko na drugi strani povzroči njegovo zmanjšanje. To vpliva tudi na valovno funkcijo, a tega ne zajame Schrödingerjeva enačba. Opazovanje je vezano na napravo, ki vpliva na opazovani sistem. Po Peierlsovem mnenju ni treba, da bi za merilno napravo veljala klasične mehanika, čeprav



John Stewart Bell (1928-1990) je bil rojen v Belfastu na Severnem Irskem. Po končanem študiju je delal v Atomski raziskovalni ustanovi v Harwellu. Nato je prešel v CERN, kjer je najprej sodeloval pri načrtovanju pospeševalnikov. Nato se je začel ukvarjati s teorijo v fiziki delcev. Najbolj znan je po svojih pripombah k osnovam kvantne mehanike. Že od študentskih časov je kritiziral njeno poučevanje. Pozneje je zagovarjal stališče, da so osnove kvantne mehanike pomanjkljive. Leta 1964 je izpeljal Bellovo neenačbo. Neenačba bi morala veljati, če bi bile uporabne tako imenovane skrite spremenljivke. Ne veljala pa bi, če teh spremenljivk ne bi bilo mogoče uporabiti in bi obveljala kvantna mehanika. S tem je omogočil, da poskus odloči o uporabnosti skritih spremenljivk. Nekaj časa je trajalo, preden so poskusi pokazali, da neenačba ne velja. Tako merjenja, ki nasprotujejo Bellovi neenačbi, podpirajo kvantno mehaniko. Nekdo je enačbo celo imenoval »najgloblje odkritje v naravoslovju«. Za svojo delo je Bell dobil nekaj visokih priznanj.

Vir: http://stwww.weiizmann.ac.il/g-junior/matmon/common_tools/scientists/bell.jpg

velja za nas in naš svet. Navadno je v merjenje vpletena veriga med seboj povezanih dogodkov. Števec je, na primer, vezan v električni krog, v katerem je tudi digitalna registrirna naprava, na kateri opazovalec prebere izid. Sistem, ki ga opisujemo, je lahko poljubno velik. Toda če postane prevelik, dobimo o njem le malo podatkov. Sistem ne more vključevati razuma opazovalca in njegovega znanja. Vesolje lahko opazujemo, ker ni treba, da sta opazovalec in dogodek sočasna. Iz sedanjih opazovanj lahko sklepa-

mo na nekdanje razmere v vesolju. Valovna funkcija vsebuje znanje vsakogar, ki kaj ve o opazovanem sistemu. Vsak opazovalec ima svojo valovno funkcijo. Napovedi po Bohmovi interpretaciji se ne razlikujejo od napovedi kvantne mehanike. O prednosti ene ali druge lahko odločimo le po okusu in Bohmova interpretacija se mu je zdela grda. Oktobra leta 1991 je izšel še Gottfriedov članek *Ali kvantna mehanika nosi kali svojega lastnega uničenja?* po predavanju na simpoziju v Bellov spomin. Za naslov je izbral eno od Bellovih trditev. Po razpravah z Bellom je dobro poznal njegovo mnenje. Bellu je bila zgled ustrezno oblikovane teorije klasična elektrodinamika. Trdil je, da bi razumen fizik iz časa pred odkritjem osnovnih zakonov elektrodinamike te zakone znal uporabiti, če bi mu jih predložili in pojasnili le glavne količine. Po njegovem mnenju pa to ne bi bilo mogoče z osnovnim zakonom kvantne mehanike. Opozorilu, da je glavna količina valovna funkcija, bi bilo treba dodati vsaj še spoznanje, da kvadrat njene absolutne vrednosti določa verjetnostno gostoto.

Po Gottfriedovem mnenju je Bell v svojih zahtevah pretiraval in na drugi strani preveč poenostavil razvoj klasične elektrodinamike. Gottfried je za razliko od Bohra in enako kot Peierls menil, da merilna naprava ni nujno makroskopska. V vseh pogledih pa se tudi ni strinjal s Peierlsom. Podrobno je razčlenil Bellove ugovore in priznal nekaj svojih manjših spodrsrlajev. Odločno pa je odklonil misel, da je kvantna mehanika v težavah.

Septembra leta 1995 je izšel članek Daniela Greenbergerja in Antona Zeilingerja *Kvantna teorija: še vedno nora po vseh teh letih* (zanimivo je, da sta avtorja v naslovu članka uporabila naslov pesmi *Still Crazy After All These Years* ameriškega pevca Paula Simona). Nekdaj so razpravljali o osnovah kvantne mehanike ob namišljenih poskusih. Zdaj je nekatere od teh poskusov mogoče izvesti v laboratoriju. Tako o pogledih, ki nimajo eksperimentalnih posledic, ne razpravljajo več samo teoretiki. Zaradi novih načinov merjenja so se za osnove kvantne mehanike začeli zanimati tudi eksperimen-



Anton Zeilinger (rojen leta 1945) je eden od najuspešnejših eksperimentatorjev v kvantni mehaniki. Deloval je na univerzi v Innsbrucku in na številnih univerzah po svetu. Zdaj je profesor fizike na dunajski univerzi ter vodi Inštitut za kvantno optiko in kvantno informacijo in skupino Kvantna optika, kvantna nanofizika, kvantna informacija Avstrijske akademije znanosti. Okoli sebe je zbral številne starejše fizike, podoktorske raziskovalce ter doktorske in dodiplomske študente. Leta 2003 je njegovi skupini uspel interferenčni poskus z molekulami s tisočšestokrat večjo maso od vodikovega atoma. Doslej še niso naredili interferenčnega poskusa z delci z večjo maso. Raziskuje tudi prepletena stanja, kvantno kriptografijo, kvantno teleportacijo. Podelili so mu veliko visokih priznanj in nagrad, utegne pa dobiti še kakšno. V slovenščini imamo njegovo knjigo Einsteinova tančica, v kateri je opisal tudi poskuse skupine, ki jo vodi. Fotografija: Jacqueline Godany.

talci. Vseeno ostaja brez odgovora še veliko vprašanj.

Foundations of Physics

Anton Zeilinger je znan po kvantnomehanskih poskusih. Njegovi raziskovalni skupini v Innsbrucku in pozneje na Dunaju so uspeli interferenčni poskusi z biološkimi molekulami. Največja molekula je imela maso več kot 1600-krat večjo od atoma vodika. Leta 1999 je objavil članek *Temeljno načelo za kvantno mehaniko*. Posebno teorijo relativnosti lahko zgradimo na načelu relativnosti, da za katerega koli nepospešenelega opazovalca veljajo enaki zakoni fizike. Poskušal je najti osnovno načelo take vrste za kvantno mehaniko. Interpretaciji je dal dva pomena. V osnovnem pomenu pove, kako je mogoče preizkusiti teorijo z merjenji. K temu je štel spoznanje, da kvadrat absolutne vrednosti valovne funkcije da verjetnostno gostoto. Na drugi ravni interpretacija zajame nasledke teorije v splošnem pogledu na svet. Menil je, da se v okviru prvega pomena vse interpretacije ujemajo. V drugem pomenu pa se interpretacije med seboj razlikujejo.

Informacijo o predmetu dobimo z opazovanjem. V okviru modela napovemo izid poskusov in s preizkušanjem sestavimo objektivno sliko predmetov. Naloga fizike je na podlagi dobljene informacije napovedati prihodnje dogodke. Poudaril je pomen elementarnega sistema, ki ima samo dve stanji, osnovno in vzbujeno. Iz takega sistema je mogoče dobiti le en bit informacije. Bit je enota informacije, ki jo vsebuje odgovor ne ali da. Elementarni sistem imenujemo *kubit*, *kvbit*, kvantni bit. Zeilingerjevo načelo se je torej glasilo: iz kubita je mogoče dobiti en bit informacije. Sklep je mogoče posplošiti: N kubitov vsebuje informacijo N bitov. O realnosti se ne moremo pogovarjati, ne da bi se zavedali, kaj o njej vemo. Ta pogled je dopolnil kopenhavnsko interpretacijo. Kot je zapisal Bohr: »Napačno je misliti, da je naloga fizike ugotoviti,

kakšna je Narava. Fiziko zanima, kar lahko povemo o Naravi.« Klasično je realnost osnovni pojem, neodvisen od opazovanja. V novem pogledu pa sta pojma realnosti in informacije enakovredna. Med seboj sta povezana in nobeden od njiju sam ne zadoštuje za razumevanje sveta.

Informacijo so v osnovo kvantne mehanike postavili tudi drugi fiziki, med njimi John Archibald Wheeler. Znanje je informacija. Bistvo kvantne mehanike je videl v informaciji o kvantnem sistemu.

Kubit, qubit, kvbit, kvantni bit je elementarni kvantni sistem z dvema lastnima funkcijama Ψ_0 in Ψ_1 . Splošno sestavljeno stanje je $\alpha_0\Psi_0 + \alpha_1\Psi_1$. Pri merjenju nalotimo na stanje Ψ_0 z verjetnostjo α_0^2 in na stanje Ψ_1 z verjetnostjo α_1^2 . Pri tem je $\alpha_0^2 + \alpha_1^2 = 1$. Taki elementarni sistemi naj bi bili gradniki kvantnega računalnika, ki si ga prizadevajo izdelati.

American Journal of Physics

N. David Mermin je v članku *Kaj nam kvantna mehanika poskuša povedati?* septembra leta 1998 razvil *itaško interpretacijo* kvantne mehanike. Ime je dobila po Ithaci, sedežu Cornellove univerze. Oprl se je na razvoj klasične elektrodinamike. Na vprašanje s konca 19. stoletja, kaj nam elektrodinamika poskuša povedati, je odgovoril: Polja v praznem prostoru so fizikalno realna, sredstvo, ki jih nosi, pa ne. Po tem je oblikoval izrek: Korelacije [povezave med izmerjenimi količinami] so fizikalno realne, tisto, kar povezujejo, pa ne. V veliki meri je gradil na Bohrovih in Heisenbergovih pogledih in odklonil nekatere druge interpretacije, na primer Bohmovo, in prizadevanja,

da bi kolaps valovne funkcije razumeli kot dinamični pojav. Fizika, kakor jo razume-
mo danes, ne more reči nič o zavesti.

Avgusta leta 2000 je Ulrich Mohrhoff v članku *Kaj nam kvantna mehanika poskuša povedati* razgrnil *pondišerijsko interpretacijo* kvantne mehanike, imenovano po Pondicherryju v Indiji, kjer je ašram Sri Aurobindo. To kaže, da še vedno predlagajo nove interpretacije. Fizik lahko hitro izgubi pregled nad njimi.

Februarja leta 2008 je Hrvoje Nikolić objavil članek z nenavadnim naslovom *Ali bi bil Bohr rojen, če bi bil Bohm rojen pred Bornom?* Naslov vsebuje besedno igro (rojen ... born). V njem je razpredel misel, da bi bila danes Bohmova interpretacija bolj razširjena kot kopenhavska, če bi se pojavila pred njo.

Na odziv ni bilo treba dolgo čakati. Novembra leta 2008 je Nico G. van Kampen objavil pismo uredništvu *Škandal kvantne mehanike*. Še osemdeset let po njenem nastanku se pojavljajo v literaturi razprave o »interpretacijah«. Kvantna mehanika ponuja popoln in ustrezen opis pojavov v svetu atomov. Kaj naj bi si še želeli? Pisci ne zmorejo svojega načina razmišljanja in govorjenja prilagoditi dejstvu, da so pojavi v svetu atomov drugačni kot pojavi z velikimi telesi. Interferenčnega poskusa z elektroni na dveh režah ni mogoče pojasniti, če elektron razumemo kot delec v klasični mehaniki. Dotaknil se je tudi merjenja. Po njegovem mnenju je merilna naprava iz sveta velikih teles. Za tako telo tudi velja kvantna mehanika. Ker pa ima telo veliko sestavnih delov, njegovo stanje sestavlja množica kvantnih stanj. Zaradi tega ne more priti do interference med stanji, s katerimi opišemo velika telesa. Škandalozno se mu je zdelo, da še vedno izhajajo besedila, ki se zavzemajo za različne »interpretacije«. Številni fiziki se še niso naučili, da morajo svoje zamisli prilagoditi opazovanjem, še vedno poskušajo opazovanja prilagoditi svojim zamislim.

Aprila leta 2009 je Art Hobson, enako kot van Kampen prepričan, da kvantna meha-

nika ne potrebuje interpretacij, iskal odgovor v kvantni teoriji polja. Razprava se je nadaljevala oktobra leta 2009. Richard C. Henry je menil, da nimajo smisla ne valovi ne delci in ne kvantna polja. Po njegovem tudi opazovanja niso realna, vse to je le v našem razumu. V odzivu se je Hobsov vprašal, ali so tudi veliki predmeti zgolj v našem razumu. Vztrajal je pri mnenju, da vesolje sestavljajo kvantna polja. Zares kaže, da nas kvantna teorija polja reši nekaterih od omenjenih zadreg. Kot zgled smo navedli kvantno teorijo elektromagnetnega polja – kvantno elektrodinamiko. Polja pa so kvantizirana, tako da na maso, energijo in nekatere druge količine naletimo vselej v kvantih.

»Snovne delce lahko obravnavamo kot kvante različnih polj na tak način, kot je foton kvant elektromagnetnega polja.«

»V zreli obliki je zamisel kvantne teorije polja, da so kvantna polja osnovne sestavine vesolja in so delci le svežnji energije in gibalne količine polj.«

Steven Weinberg, 1983, 1999.

Položaj poskusimo pojasniti z mislijo, da enačbe kvantne mehanike in izidi poskusov sodijo v *trdo jedro fizike*, interpretacije pa v *mehko okolico fizike*, v osebne poglede. V okolici so pojmi manj ostro opredeljeni kot v jedru in izjav ni mogoče neposredno preizkusiti. Težave se pojavijo, če se kdo ne zaveda, ali sodi kaka izjava v ta ali v drugi del. Zares pa ni vedno preprosto kvantne mehanike popolnoma ločiti od njene interpretacije. Na vprašanje, ali je smiselno razpravljati o interpretacijah kvantne mehanike, veliko fizikov odgovarja pritrdilno. Razprava razčisti poglede na osnove kvantne mehanike. Mogoče si je tudi zamisliti, da bi v prihodnosti katera od interpretacij pokazala pot naprej.