Univerzitet "KIRIL I METODIJ"

Filozofski fakultet

SKOPJE

XIII 159

Inv. br. 13024

KVANTNA MEHANIKA
I
FILOZOFIJA MARKSIZMA

(doktorska disertacija)

mentor: prof. dr FERID MUHIĆ autor: mr JOSIP SLIŠKO

SKOPJE, decembar 1988.

PREDGOVOR

Ovaj rad prestavlja zaokruženje mog desetogodišnjeg bavljenja spoznajnim problemima kvantne fizike. Na početku sam kao i većina prihvatao standardno ("kopenhagensko") tumačenje, ali je proširenje znanja dovelo do uvjerenja da ta interpretacija, u suštini, predstavlja gledište, koje ostavlja niz pitanja bez odgovora, posebno pitanje transformacije objekta "bez svojstava" u objekt sa "mjerenim svojstvom". Svi oni koji nisu spremni da prihvate podjelu na "svijet mogućnosti" i "svijet faktualnosti" ili njihovo "dijalektičko jedinstvo", bez jasnog mehanizma procesa prelaza, ne mogu biti zadovoljni ontološkim i epistemološkim implikacijama standardnog tumačenja. Taj osjećaj pojačava napredak fizike elementarnih čestica i kosmologije, gdje je evidentan povratak ideji autonomije fundamentalnih procesa.

Varijacije standardnog tumačenja u kojima se naše znanje ili neznanje smatra za determinirajući faktor ponašanja kvantnih sistema, kao i niz idealističkih zloupotreba dilema kvantne fizike, bile su alarm, koji je amplificirao moj interes za realistička i materijalistička tumačenja. Očekivao sam da ću takve odgovore najlakše naći kod onih autora koji nastoje artikulirati epistemološke i ontološke odgovore na kvantna pitanja u okviru marksističke filozofije. Nisam bio u pravu. I među marksistički orijentiranim autorima dominira standardno tumačenje, uz nešto izmjenjenu terminologiju.

Pored toga je u oficijelnim marksističkim krugovima, tu prvenstveno mislim na sovjetski filozofski prostor i na sredine koje prožima njegov idejni uticaj, tumačenje kvantne mehanike izgubilo kontakt sa napretkom koji se desio u posljednjih dvadesetak godina, te su afirmaciji materijalističkog gledanja na fiziku mikrosvijeta više doprinosili i doprinose pojedinci iz drugih sredina, od kojih se mnogi ne bi deklarirali kao privrženici marksističke filozofije iz jednostavnog razloga što u njoj ne vide korisnog sugovornika u znanstvenom istraživanju. Po njihovom mišljenju, postoji raskol između znanstvenog materijalizma i marksističke filozofije, koja preferira problematiku vezanu za čovjeka i transformaciju društva. Nakon ovoga istraživanja i ja se priklanjam tom zaključku.

Takav zaključak implicira opredjeljenje da marksistička filozofija, ako želi imati autoritet u znanstvenoj zajednici, mora voditi stalni dijalog sa naukom, u kojem se ne smije ponašati kao da raspolaže vječnim istinama o svim aspektima svijeta. Marksistički dijalog mora biti dijalog principijelno provjerljivih ideja i činjenica, a ne ispovjedanje vjere u autoritete i diskvalificiranje kritičkog mišljenja.

Svako istraživanje podrazumijeva i pomoć drugih, i ona je u ovom slučaju bila veoma značajna. Zahvalan sam SIZ nauke Bosne i Hercegovine, za finansiranje projekta "Kvantna mehanika i realnost", koji je bio polazna osnova za izradu ovog rada, i Građevinskom fakultetu u Mostaru za materijalnu podršku, bez koje bi završna realizacija bila otežana. Zahvalnost dugujem i Filozofskom fakultetu Univerziteta "Kiril i Metodije" u Skopju, koji je ovo interdisciplinarno istraživanje prihvatio kao temu doktorske disertacije.

Mnogo je ljudi koji su mi kroz diskusije i korespondenciju pomogli da steknem potpuniju sliku o konceptualnim problemima kvantne fizike i strujama u marksizmu. Poklanjajući mi dio svoga znanja i dragocjenog vremena, zadužili su me: akademik Ljubomir Berberović, prof. dr Dimitrije Čajkovski, prof. dr Svjetlana Fajfer, prof. dr Nihad Hasić, prof. dr Fedor Herbut, prof. dr Srđan Lelas, akademik Krunoslav Ljolje, akademik Zvonko Marić, prof. dr Vjekoslav Mikecin, prof. dr Luis de la Peña, akademik Jordan Pop - Jordanov, prof. dr Ulrich Röseberg, prof. dr Franco Selleri, akademik Ivan Supek, doc. dr Kenan Suruliz i prof. dr Jean-Pierre Vigier.

Posebna zahvalnost pripada prof. dr Feridu Muhiću, mentoru ovoga rada, koji mi je, ne sputavajući moju autorsku slobodu, pomogao da riješim neke dileme, neizbježne u razmišljanju o interakciji dvije tako kontroverzne oblasti, kakve su kvantna mehanika i marksistička filozofija.

U rad su bez citiranja, uz potrebne preinake, uključeni djelimično ili potpuno moji tekstovi:

1) KVANTNA MEHANIKA: RAZVOJ I INTERPRETACIJE, Radio Sarajevo - III program 32 (1981) 23 - 45

2) EINSTEIN, PODOLSKY I ROSEN PARADOKS I STATISTIČKA INTERPRETACIJA KVANTNE MEHANIKE, Zbornik radova Građevinskog fakulteta, Mostar, 1983., 157 - 161.

3) BOHMOVA KRITIKA KOPENHAGENSKE INTERPRETACIJE KVANTNE MEHANIKE, Zbornik radova Pedagoške akademije, Mostar, 1984., 135 - 154.

4) FIZIKALNA TEORIJA I FIZIKALNA REALNOST, Radio Sarajevo - III program 51 (1986) 151 - 163.

5) EVOLUCIJA FIZIKALNE SLIKE SVIJETA, Radio Sarajevo - III program 53 - 54 (1986) 249 - 287.

6) KVANTNI VALOVI I ONTOLOGIJA, Odjek, godina XL, broj 15 - 16, (avgust 1987.) 5 - 6.

7) IDEALISM IN QUANTUM PHYSICS AND ITS PUBLIC IMAGE, u L.Kostro, A.Posiewnik, J.Pykacz, M.Żukowski, eds., Problems in Quantum Physics. Recent and Future Experiments and Interpretations, World Scientific, Singapore, 1988., 269 - 293. Italijanski prevod ovog rada (L'IDEALISMO NELLA FISICA QUANTISTICA E LA SUA PUBBLICIZZAZIONE) je prihvaćen za objavljivanje u časopisu "Nuova Civilta delle Macchine" (broj 4 za 1988.godinu).

8) O PROBLEMU INTERPRETACIJE KVANTNE MEHANIKE, Radovi prirodnih i matematičkih nauka LXXXII, knjiga 25, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 1988., 201 - 214.

9) BOHR I INTERPRETACIJA KVANTNE MEHANIKE, Zbornik radova Građevinskog fakulteta, Mostar, 1988., 205 - 212.

Zahvaljujući pozivu prof. Sellerija, koji je pokazao značajan interes za ovo istraživanje, dobio sam priliku da glavne ideje rada izložim na dvije međunarodne konferencije:

"Scientific Models of Physical Reality" (Rome - Bari, May 11 - 14, 1989) i "In Search of Quantum Reality: Conceptual Foundations of Quantum Theory", (New Delhi, December 28, 1989 - January 2, 1990).

Mostar, 9..decembar 1988. mr Josip Sliško

SADRŽAJ

1. uvod (1)

1.1. PROBLEM TUMAČENJA KVANTNE MEHANIKE (1)

1.2. TUMAČENJE KVANTNE MEHANIKE I MARKSIZAM (1)

1.3. OSNOVNE IDEJE RADA (5)

1.4. SADRŽAJ RADA (9)
napomene (11)

2. glavni pravci marksizma i filozofija fizike (15)

2.1. DVIJE VERZIJE MARKSIZMA (16)
2.1.1. praksa kao ontologija i gnoseologija (17)
2.1.2. pucanje daske kao dijalektika (21)
napomene (28)

2.2. ULOGA FILOZOFIJE U FIZIKALNOJ SPOZNAJI (32)
2.2.1. sudbina filozofskih anticipacija u fizici (34)
napomene (38)

2.3. FILOZOFSKI ASPEKTI STRUKTURE I EVOLUCIJE FIZIKALNIH TEORIJA (39)
2.3.1. fizikalna teorija kao model realnosti (39)
2.3.2. formiranje fizikalne teorije (40)
2.3.3. struktura fizikalne teorije (41)
2.3.4. kriterijumi provjere fizikalne teorije (42)
2.3.5. evolucija fizikalnih teorija (45)
2.3.6. teorija i realnost (46)
2.3.7. različiti kriterijumi za realnost (47)
napomene (48)

2.4. NASTANAK KVANTNE MEHANIKE I PROBLEM INTERPTRETACIJE (50)
2.4.1. osnovne filozofske pretpostavke klasične fizike (50)
2.4.2. emisija toplotnog zračenja i svjetlosti (53)
2.4.3. model atoma (55)
2.4.4. valna priroda elektrona (58)
2.4.5. matrična i valna mehanika (59)
2.4.6. zašto se javlja problem tumačenja? (62)
napomene (64)

3. kopenhagenska interpretacija, neke posljedice i kritike (66)

3.1. DA LI POSTOJI "KOPENHAGENSKA INTERPRETACIJA"? (66)
napomene (70)

3.2. BOHR I INTERPRETACIJA KVANTNE MEHANIKE (72)
3.2.1. kvantni postulat, cjelovitost i komplementarnost (72)
3.2.2. ponašanje mikroobjekata i promatranje (76)
3.2.3. o kauzalnosti, statističnosti i nelokalnosti (78)
3.2.4. smisao matematičkog formalizma (81)
3.2.5. bohrov jezik (82)
napomene (83)

3.3. HEISENBERGOVA INTERPRETACIJA KVANTNE MEHANIKE (86)
3.3.1. slaganja sa bohrom (86)
3.3.2. razilaženja sa bohrom (91)
3.3.3. osnovne teze kopenhagenskog tumačenja (100)
napomene (101)

3.4. IDEALIZAM U KVANTNOJ FIZICI:
UZROCI I MANIFESTACIJE (104)
3.4.1. kvantna mehanika i ideologija (104)
3.4.2. uloga kopenhagenskog tumačenja (106)
3.4.3. uređivačka politika (108)
3.4.4. filozofija kvantne mehanike za laike (110)
3.4.5. religija i kvantna mehanika (112)
napomene (114)

3.5. KRITIKA KOPENHAGENSKOG TUMAČENJA (117)
3.5.1. filozofske primjedbe (117)
3.5.2. specifične primjedbe (119)
3.5.3. einstein - podolsky - rosen paradoks (123)
napomene (127)

4. pregled marksističkih
i materijalističkih tumačenja
kvantne mehanike (132)

4.1. DISKUSIJE O KVANTNOJ MEHANICI: 1927 - 1957 (134)
napomene (143)

4.2. DISKUSIJE O KVANTNOJ MEHANICI: 1957 - 1988 (146)
4.2.1. fokova tumačenja i povratak bohru (146)
4.2.2. neke varijacije fokovog tumačenja (149)
4.2.3. epistemološki aspekti fokovog tumačenja (151)
4.2.4. ontologija kvantne mehanike i problem nelokalnosti (153)
napomene (158)

5. kvantna teorija:
epistemologija
ili ontologija? (164)

5.1. FOKOVO TUMAČENJE KVANTNE MEHANIKE (164)
5.1.1. odnos prema kopenhagenskom tumačenju (165)
5.1.2. relativnost u odnosu na sredstva promatranja (167)
5.1.3. vjerovatnosni opis interakcije objekta i pribora (169)
5.1.4. ontologija potencijalnih mogućnosti (170)
5.1.7. ocjena teorija sa skrivenim varijablama (172)
napomene (173)

5.2. KVANTNA TEORIJA KAO EPISTEMOLOGIJA (176)
5.2.1. makroskopska slika mikrosvijeta (176)
5.2.2. fizika spoznajne situacije (180)
5.2.3. jedinstvo subjekta i objekta (187)
napomene (191)

5.3. KRITIKE MARKSISTIČKE VARIJANTE
KOPENHAGENSKOG TUMAČENJA (195)
5.3.1. pahomovljeva kritika (196)
5.3.2. tjapkinova kritika (201)
5.3.3. bungeova kritika (204)
napomene (209)

5.4. KVANTNA MEHANIKA KAO ONTOLOŠKA TEORIJA (213)
5.4.1. problem uvođenja supkvatnog nivoa (213)
5.4.2. kauzalni model kvantnih fenomena (216)
5.4.3. reinterpretacija schrödingerove jednadžbe (217)
5.4.4. ponašanje mikrosistema izvan mjernih naprava (219)
5.4.5. bellov komentar von neumannovog dokaza i bohmom zaokret (221)
5.4.6. sadašnje stanje bohmove teorije (223)
napomene (225)

6. zaključna razmatranja (228)

1. UVOD

1.1. problem tumačenja kvantne mehanike

Kvantna mehanika je najznačajnija naučna teorija XX stoljeća. Ona je temeljno uzdrmala mnoga shvatanja, ne samo pojma fizikalnog objekta i njegovog kretanja, nego i načina spoznaje fizikalnih pojava. Oko efikasnosti njenog formalizma postoji slaganje naučne zajednice, ali se oko njenih filozofskih implikacija i dan - danas lome koplja[1].

Sve je jasnije da se problem tumačenja matematičke sheme kvantne mehanike ne može više smatrati samo filozofskim problemom nego i pitanjem na koje se može i mora dati i naučni odgovor. Zbog toga se stalno povećava broj članaka u naučnim časopisima koji su posvećeni aspektima interpretacije kvantne mehanike. To je svakako znak da njeni tvorci nisu mogli sagledati sve njene aspekte. Takvoj situaciji veoma doprinosti i veliki napredak tehnologije, koji je omogućio da se mnogi gedanken - eksperimenti ostvare u laboratorijama.

Schrödingerova jednadžba, osnovna jednadžba kvantne mehanike, opisuje vremensku evoluciju "valova" koji omogućavaju proračun statističkog ponašanja elektrona, tj. rezultata mjerenja koja je moguće napraviti kad se elektron nalazi u određenom kvantno - mehaničkom stanju. Heisenberg je pomoću "relacija neodređenosti" pokušao dokazati neizbježnost statističkog opisa ponašanja elektrona. Pošto u mjerenjima, zbog remećenja koje proces mjerenja unosi u izučavanu pojavu, ne možemo dobiti sve podatke, koji su potrebni za deterministički opis, onda nam ostaje jedino mogućnost da predviđanja budućeg ponašanja iskazujemo jezikom vjerovatnoće.

Ako bismo bili u stanju da istovremeno tačno izmjerimo i položaj i impuls elektrona onda bi njegovo naknadno ponašanje bilo unaprijed poznato, tj. imali bismo potpunost opisa u klasičnom smislu, ali tada bi bile izgubljene sve njegove kvantne osobenosti. Klasična fizika nije bila u stanju da opiše ponašanje elektrona u atomu.

Prve diskusije su se bavile baš problemom statusa koncepta uzročnosti i ontološkim i epistemološkim značenjem relacija neodređenosti, kao i njihovim konsekvencama na spoznajne mogućnosti čovjeka. Da li je ponašanje mikroobjekata u suštini indeterminističko ili njime upravljaju neki skriveni deterministički mehanizmi? Da li relacije neodređenosti predstavljaju trajnu granicu spoznajnom prodoru u dubinu materije? Da li sam čin spoznaje, preko instrumentalne manipulacije mikroobjektima, nužno sprječava dobijanje tačnih podataka o svim aspektima njihove egzistencije? Ovo su samo neka od beskrajno raspravljanih pitanja, koja ni do danas nisu dobila definitivne naučne odgovore.

1.2. tumačenje kvantne mehanike i marksizam

S obzirom da je marksistička filozofija, barem u nekim izvornim djelima, imala pretenziju integralnog tumačenja svijeta, pojava kvantne mehanike nije mogla proći bez interakcije sa marksizmom, ne u smislu da kvantna mehanika može pomoći boljem

razumijevanju socijalne strukture i dinamike, mada ima i takvih gledišta, nego u smislu testiranja fundamentalne konceptualne vizije nežive prirode i njene spoznaje. Naime, dijalektički materijalizam je nastao kao sinteza razvoja prirodnih znanosti na kraju prošlog stoljeća i veoma je važno razumjeti filozofske poruke kvantne mehanike, koje mogu i moraju značajno utjecati na oblikovanje modernog materijalizma. Takav materijalizam bi, prirodno, predstavljao filozofsku osnovu savremenog marksizma, naravno u onim verzijama, koje svojim svojim važnim zadatkom smatraju filozofsko osmišljavanje prirodoznastvene vizije svijeta.

Do kulminacija međudjelovanja između kvantne mehanike i marksističke filozofije dolazi u najcrnjoj epizodi marksizma, u poslijeratnom razdoblju "kulta ličnosti". Markov je 1947. godine eksplicitno pokušao da poveže tumačenje kvantne mehanike sa Marxovim tezama o Feuerbachu[2]. To se desilo u jednoj krajnje ideologiziranoj atmosferi. Naime, nakon čuvenog govora Ždanova[3] situacija nije bila povoljna za otvaranje diskusije o temeljnim pitanjima, posebno što je Ždanov en passant dao i par oštrih ocjena o idealističkom sadržaju kvantne fizike i kosmologije. Počela je neviđena ideološka ofanziva protiv "buržoaske nauke", u kojoj su se na udaru našle i veličine poput Bohra i Heisenberga. Taj period je u najjasnijoj formi pokazao opasnosti koje vrebaju kada se naučni i filozofski argumenti zamijene ideološkim.

Može se reći da postojeća, nevelika[4] literatura o odnosu kvantne mehanika i marksizma isključivo tretira baš "slučaj Markova" i događaje povezane sa promjenom stava prema Bohrovoj filozofiji, u kojima je ključnu ulogu odigrao Fok.

Radi se uglavnom o radovima koji konflikt između sovjetskog marksizma i kvantne mehanike, uz sličnu sudbinu genetike, specijalne teorije relativnosti, kosmologije i kibernetike, koriste kao argument za kvalifikaciju o neadekvatnosti dijalektičkog materijalizma (ili preciznije, njegove diamat - verzije!) za filozofko promišljanje modernih naučnih teorija. Nije nevažno napomenuti da su autori, uglavnom, protivnici marksizma i da je zbog toga i slika koju nude ponekad iskrivljena. Nije mi poznat niti jedan rad u kome je analizirana situacija nakon sovjetskog zaokreta ka Bohru, a posebno nakon pojave Bellovog rada o Einstein - Podolsky - Rosen paradoksu[5], od kada su problemi u vezi sa tumačenjem postali dostupni eksperimentalnom testiranju.

Taj period najnovijeg razvoja nije dovoljno istražen, iako su se u njemu vidljive tendencije koje nisu ništa manje zanimljive od onih koje su bile dominantne od 1947 do 1957, kada se u Sovjetskom savezu (ali ne samo u toj zemlji!), vehementno raspravljano o filozofskom sadržaju kvantne mehanike. Međutim, pošto sada diskusije nemaju više izrazito ideološku intonaciju, mada su daleko od toga da su neovisne o ideološkoj orijentaciji, ne pobuđuju raniji interes, naročito onih autora kojima je u prikazu ranije situacije bio glavni cilj kompromitacija marksističke filozofije i socijalitičkog društva.

U posljednjih trideset godina se pojavio niz radova, među kojima je najvažniji već spomenuti Bellov rad, koji su probleme u tumačenju kvantne mehanike iz filozofski orijentiranih časopisa

prebacili u laboratorije, što svakako zaslužuje veći prostor u marksističkoj literaturi, barem u onoj u kojoj se naglašava da je marksizam naučni pogled na svijet. To sigurno znači da marksističko tumačenje kvantne mehanike ne smije biti izolirano od onoga što se dešava u naučnom rasvjetljavanju problema interpretacije. Pored toga takva situacija dovodi u sumnju ispravnost nekih ocjena.

Tako je, na primjer, Graham[6] ocijenio da period staljinizma nije negativno uticao na sudbinu kvantne fizike u Sovjetskom Savezu kao što je to bio slučaj u genetici. Iz današnje perspektive, u odnosu na njene interpretativne aspekte, mogli bi se izvući i drugačiji zaključci.

Naime, zbog neke vrste griže savjesti, koju su sovjetski fizičari i filozofi morali imati u vezi sa nevjerovatnim optužbama na račun Bohra i Heisenberga, izgubljena je neophodna kritička distanca prema njihovim gledištima. Od jedne vrste totalnog obezvrjeđivanja prešlo se na nekritičko prevođenje na jezik dijalektičkog materijalizma.

Princip komplementarnosti je postao zakon prirode[7], i sve one primjene principa komplemenataрnosti, koje su ranije optuživane sada se razmatraju kao pravilno tumačenje psiholoških[8] i bioloških[9] pojava. To je stvorilo nepovoljnu atmosferu za recepciju radova zastupnika teorija sa skrivenim varijablama, koji su ranije omogućivali kontakt sa aktuelnom situacijom u domenu tumačenja kvantne mehanike.

Filozofi su bili zauzeti "dokazivanjem" da je Fokova varijanta kopenhagenske interpretacije razriješila sve probleme u poimanju kvantnih zakonitosti. Fokov negativni stav prema pokušajima da se pomoću skrivenih varijabli razjasne paradoksalni aspekti ponašanja mikrosistema, iako je bio baziran samo na diskutabilnim filozofskim argumentima, biva prihvaćen kao istinita ocjena njihove naučne i filozofske vrijednosti.

Na Zapadu se razvoj odigrao baš rasvjetljavanjem paradoksalne situacije da je Bohm[10] uspio konstruirati teoriju sa skrivenim varijablama, iako je postojao von Neumannov matematički (a ne filozofski!) "dokaz"[11] da je to nemoguće bez konflikta sa kvantnom mehanikom.

Bell[12] je pokazao da von Neumannove pretpostavke o karakteristikama skrivenih varijabli nisu dovoljno općenite i da se ne odnose na Bohmov teoriju. Svojim drugim radom[13], koji je igrom slučaja objavljen prije prvog, Bell je ustanovio da postoji razlika između predviđanja teorija sa lokalnim skrivenim varijablama i predviđanja kvantne mehanike. Time je otpočela nova etapa u diskusijama o filozofskim problemima kvantne mehanike, u kojoj filozofski argumenti bivaju testirani standardnim naučnim tehnikama. Pošto su u SSSR-u diskusije i dalje ostale na nivou filozofskog diskursa, moglo se desiti da Bellov ključni doprinos u značajnom dijelu marksističkog idejnog prostora prođe gotovo nezapaženo.

Na taj problem ukazali su Selleri i Garuccio u radu "Dijalektički materijalizam i kvantna mehanika"[14]. Rad je

predstavljao prikaz knjige "Materijalističko tumačenje kvantne mehanike. Fizika i filozofija u SSSR-u"[15], u kojoj su sakupljeni članci sovjetskih fizičara i filozofa posvećeni filozofskim problemima fizike mikrosvijeta. Njima su odgovorili Baženov i Potkov[16], tvrdeći da je ocjena o nepoznavanju Bellovog rada u SSSR-u netačna. Kao primjer su naveli rad Aršinova "Koncepcija cjelovitosti i hipoteza skrivenih parametara" iz knjige "Filozofija i fizika", koja je objavljena 1974. godine u Voroneżu.

Dakle, deset godina nakon pronalaska inkompatibilnosti između kvantne mehanike i teorija sa lokalnim skrivenim varijablama, publiciran je u SSSR-u samo jedan jedini rad u kojem se spominje taj problem. Za to vrijeme je na Zapadu objavljeno oko pedeset radova u kojima su se autori pozivali na Belove nejednakosti. U periodu 1976 - 1986 Bellov rad je citiralo skoro 300 autora[17], dok je u zadnje vrijeme broj citiranja preko 30 godišnje. Prvi opširan pregledni rad o Bellovim nejednakostima i njihovom eksperimentalnom testiranju objavljen je u SSSR-u tek 1984. godine[18]. Iz njega je vidljivo da se spomenuti napredak u razjašnjavanju konceptualnih problema odigrao bez učešća sovjetske fizike.

Da Bellovi doprinosi nisu dovoljno poznati u SSSR-u, čak ni svima onima koji se upuštaju u razmatranje filozofskih reperkusija fizike mikrosvijeta, pokazuje i članak "Kvantna mehanika"[19] u "Fizičkom enciklopedijskom rječniku". U njemu Berestecki kao argument protiv teorija sa skrivenim varijablama uzima von Neumannov dokaz, za koga je, kako je već rečeno, Bell pokazao da se bazira na pretpostavkama, koje ne moraju vrijediti za skrivene varijable.

Složenost tumačenja kvantne mehanike je povećana time što nekada mislioci, koji po vlastitom određenju zastupaju različite filozofske pozicije, dolaze do istih zaključaka, a da, sa druge strane, mislioci, koji "de iure" pripadaju istoj filozofskoj orijentaciji, nude "de facto" interpretacije koje se isključuju.

Eklatantan primjer za to je situacija u sovjetskoj filozofiji nauke, gdje postoji nekoliko verzija tumačenja kvantne mehanike. Dovoljno je spomenuti ideje koje su predložili Fok, Blohincev, Lomsadze, Pahomov, Tjapkin i Cehmistro. Svako od njih smatra da je njegova koncepcija ono pravo "marksističko" tumačenje matematičkog formalizma kvantne mehanike.

Spektar različitih viđenja kvantne mehanike sa pozicija materijalističke filozofije proširuju i fizičari i filozofi iz drugih zemalja. Spomenimo samo neke: Mueller u Mađarskoj, Polikarov u Bugarskoj, Röseberg, Fuchs, Kaschlun i Böhm u DDR-u, Vigier u Francuskoj, de la Peña i Brody u Meksicu, Bitsakis u Grčkoj, Selleri, Baruccio, Cini, Cufaro - Petroni u Italiji, Marshall u Engleskoj, Robinson u Venezueli, Supek i Lelas kod nas.

Ovakva situacija upućuje na potrebu kritičke studije različitih "marksističkih" tumačenja kvantne mehanike. Takva analiza može dati najširu konceptualnu osnovu za jednu istinsku marksističku interpretaciju kvantnog univerzuma. Ona podrazumijeva i nepristrasnu valorizaciju i dostignuća onih fizičara i filozofa koji sebe ne smatraju zastupnicima ni marksizma ni

materijalističke filozofije. Samo ideološki neopterećen dijalog može dovesti do vrijednih rezultata i zbog toga je od posebne važnosti mogućnost naučnog testiranja pojedinih aspekata interpretacije kvantne mehanike.

Najnoviji razvoj filozofije kvantne mehanike upućuje na to da je blizu trenutak kada će se morati formulirati i materijalističko gledište na fenomen kvantne nelokalnosti i njene reperkusije na shvatanje mikroobjekta, njegovog stanja i njegovih svojstava.

Kvantna nelokalnost se pojavljuje u teorijskim razmatranjima rezultata eksperimenata u kojima se provjerava da li lokalne teorije sa skrivenim varijablama daju tačna predviđanja u vezi sa distantnim kvantnim korelacijama[20]. Taj problem i inicira krizu dosadašnjeg shvatanja prirode mikroobjekta. Čini se da insistiranje na "dijalektičkom jedinstvu valnih i čestičnih svojstava" nije pravi dokaz dijalektičnosti prirode i da objektivno zaustavlja zbiljski napredak spoznaje kvantnih svojstava mikroobjekta i fizikalne realnosti.

Brzopleto proglašavanje nejasnih stvari za potvrde marksističke filozofije je veoma opasno i samo nepotrebno kompromitira marksizam. Primjer sa "bootstrapom" to idealno demonstrira. Jedan konceptualni čorsokak je u sovjetskoj literaturi tretiran kao potvrda "dijalektičkog" gledanja na strukturu materije. Zbog toga je skeptički primano pravilno gledište, koje je hadrone modeliralo kao kvarkovske strukture.

1.3. osnovne ideje rada

Cilj ovog rada je formiranje potpunije slike o stvarnom odnosu marksističke filozofije prema problemu tumačenja kvantne mehanike, a samim tim i prema onom kompleksu pitanja koja karakteriziraju njenu interakciju sa posebnim naukama. U radu se razmatraju najvažniji aspekti odnosa kvantne mehanike i marksističke filozofije.

Kakva je situacija stvorena u marksističkoj filozofiji u odnosu na problem tumačenja kvantne mehanike? Da li je trend popularnosti različitih idealističkih interpretacija znak da još uvijek ne postoji uvjerljiva materijalistička interpretacija kvantne mehanike?

Nema jednostavnih odgovora na ova pitanja, prvenstveno zbog toga što je u problemu tumačenja kvantne mehanike prisutan spektar svih mogućih stavova i što samo određenje marksističke filozofije ili marksizma varira od autora do autora, od jedne zemlje do druge, a od tog određenja u bitnoj mjeri i zavisi odnos prema filozofskim problemima posebnih nauka, u ovom slučaju filozofskim problemima fizike.

U radu sam prvenstveno obratio pažnju na problem predmeta kvantne mehanike, jer on predstavlja polazište u tumačenju kvantne mehanike. Kritički je istražena teza da je kvantna mehanika teorija makroskopskih efekata izazvanih mikroobjektima u mjernim uređajima, koja uživa popularnost i u mnogim marksističkim tumačenjima kvantne mehanike. Pored toga su razmatrana i pitanja koja u današnje vrijeme dozvoljavaju tretiranje normalnom

procedurom znanstvene metodologije. To su pitanja o nelokalnim aspektima kvantnih procesa i suštini valno - čestičnog dualizma, tj. pitanja o mogućnosti konceptualnog modeliranja mikroobjekta.

Pored problema shvatanja mikroobjekta ili u širem smislu problema fizikalne realnosti u kvantnoj mehanici, u radu se paralelno razmatraju i primjeri iz kvantne fizike važni za marksističku teoriju spoznaje. Iako postoje oni koji negiraju potrebu za marksističkom gnoseologijom jasno je da je to važno područje filozofije marksizma. Fenomen spoznaje je bitna odlika čovjeka i njegovog odnosa prema svijetu i ne može biti zaobiđen ni u jednoj ozbiljnoj filozofiji.

Sistematizirao sam i kritički analizirao najvažnija marksistička, materijalistička i realistička gledanja na kvantnu mehaniku i probleme koje je ova fizikalna teorija izazvala u shvaćanju fizikalne realnosti i mogućnosti njene spoznaje.

Nije bilo moguće detaljnjije razmotriti široki spektar različitih definicija marksizma, koje se mogu naći u obimnoj literaturi o najznačajnijoj filozofiji XX stoljeća, te sam za polazne pretpostavke, neophodne za bilo kakvo istraživanje na temu "da li postoji marksistička interpretacija kvantne mehanike i koje su joj osnovne teze ?", uzeo najšire shvaćene stavove o važnosti ontološke i epistemološke komponente u bilo kojem filozofskom osmišljavanju čovjekovog svijeta.

Iako je praktičan odnos prema svijetu način čovjekove egzistencije, ipak je moguće, barem metodološki (po mom mišljenju, i nužno!) razlikovati svijet, sa imanentnim zakonitostima, i čovjeka koji ih spoznajno prisvaja u cilju humaniziranja tog istog svijeta kroz proces svog razotuđivanja. Ti zakoni nisu brana čovjekovoj slobodi nego samo podloga čovječijeg nadilaženja prirodne i povijesne datosti.

Tačno je da je podjelom rada, a kasnije i strogom specijalizacijom u znanosti, koja nije samo fenomen u kapitalizmu nego i u socijalizmu, izgubljena cjelovitost prvobitnog čovjekovog odnosa prema svijetu. Problem upotrebe znanosti prepušten je političkim grupama, čime toliko bitna aksiološka komponenta znanja dobija ideološki naboj i ne dovodi do pomaka u pravcu oslobađanja čovjeka, nego do njegovog većeg otuđivanja, bez obzira kakvim propagandnim parolama je opravdana. Antiznanstveni pokreti vide samo posljedice manipuliranja naukom i direktno ih vežu za znanost samu, ne primjećujući skrivenu ruku političkih struktura, koja vuče odlučujuće poteze.

U ovom radu problemi aksioloških aspekata znastvenog istraživanja nisu razmatrani, ali to ne znači da ih ne smatram bitnim. Naprotiv, znanost i ima za čovječanstvo puni smisao tek u jedinstvu svih svojih aspekata. Pretjerano isticanje ontološko - spoznajnog ili aksiološkog dovodi do razaranja njenog bića i opasnog usporavanja projekta čovjekovog napredovanja prema carstvu slobode.

Ako se aksiološki aspekti uslovno ostave po strani, onda su najgeneralniji stavovi o svijetu, sa stanovišta fizike i njene spoznajne strategije, sljedeći:

- pretpostavka o autonomnoj egzistenciji fizikalne realnosti, koju čine fizikalni sistemi u kretanju i međusobnoj interakciji (stav o ontološkoj osnovi pojava);

- pretpostavka o translaboratorijskom karakteru fizikalnih zakona kao osnovi jedinstvene fizikalne slike svijeta (stav o objektivnosti znanja);

- pretpostavka o nepostojanju epistemoloških barijera, tj. nepostojanje objektivnih granica razumijevanju ponašanja i svojstava mikrosistema (stav o mogućnosti napretka znanja).

U vezi sa mogućim prigovorima o izvjesnim metafizičkim aspektima ovih stavova, oni se mogu tumačiti kao najbolje hipoteze o strukturi i dinamici svijeta i karakteristikama njegove spoznaje kroz naučnu praksu. Što se tiče rezonancije se "naivnim realizmom" treba napomenuti da istraživanje mikrosvijeta predstavlja takav eksperimentalno - teorijski poduhvat u kojem je nemoguće govoriti da naše čulno iskustvo daje neku sliku mikroobjekata, a još manje reprezentaciju mikroobjekata identičnu njihovoj stvarnoj prirodi. Međutim, jasno je da su tragovi u aparaturi povezani sa prirodom mikroobjekata, koji se ne mogu tretirati samo kao pomoćnu konstrukti za organizaciju eksperimentalnog iskustva nego im se mora priznati ontološka autonomija i primarnost.

Nema sumnje da na oblik tragova utiče i aparatura, ali u materijalističkoj slici taj uticaj se mora prikazati kao posljedica fizikalne, a ne neke misteriozne interakcije, koja ne dozvoljava ni konceptualnu, ni matematičku, ni eksperimentalnu analizu.

Stav o autonomnosti ponašanja ima namjeru da istakne vjerovanje o tome da sve fenomene treba objasniti koristeći model mikroobjekta i njegovog kretanja, uz eventualne uticaje koji dolaze od eksperimentalnih uređaja. Njime se posebno naglašava nezavisnost tog ponašanja o našoj svijesti.

Drugi stav potencira činjenicu da se iz ponašanja mikroobjekata u laboratorijskim uređajima mogu dobiti informacije i o njihovim inherentnim svojstvima, koja čine osnovu za teorijsko opisivanje procesa koji se odvijaju izvan mjernih naprava (na primjer, daleko u Kosmosu).

Treći stav, kojim je izražen svojevrsni epistemološki optimizam, slijedi iz cjelokupne prošle i sadašnje naučne prakse i predstavlja spiritus movens i modus vivendi znanosti, kao izuzetno značajnog područja čovjekovog stvaralačkog rada.

Kao glavni kriterijum za uspješnost pojedine interpretacije uzimana je njena sposobnost da bude uobličena u formu koja dozvoljava naučno testiranje. Dijalog filozofije i nauke postiže svoj puni smisao tek ako uzrokuje dalji napredak naučne spoznaje. U tome smislu treba napomenuti da i negativan odgovor na naučno pitanje predstavlja korak naprijed, jer iako ne znamo kakva priroda jeste, znamo barem kakva sigurno nije.

Po ovom kriterijumu von Neumannova teorija mjerenja je značajnija od tumačenja mjerenja u opusu Rohra ili Heisenberga, ili je koncepcija kvantnih valova bolje uobličena u verziji Sellerija nego Tjapkina. Einsteinova kritika ima po ovom

kriterijumu izuzetan značaj. Naime, elaboracija njegovih ideja iz rada sa Podolskym i Rosenom dovela je do identifikacije najparadoksalnijeg aspekta kvantne mehanike - nelokalnosti.

Pored objektivne složenosti samog problema u njegovoj fizikalnoj ravni, pojavljuju se dodatne teškoće uzrokovane ideološkim faktorima. Može se slobodne reći da tumačenje kvantne mehanike predstavlja i interesantan problem za sociologiju znanosti, koji još nije svestrano istražen. Ovdje je on tretiran samo fragmentarno, tj. u onoj mjeri koja je nužna za ovo istraživanje. To znači da će u tom aspektu naglasak biti na uočavanju tendencija i činjenica, a ne na njihovom detaljnom i faktografskom socio - psihološkom objašnjavanju.

Materijal na kojem sam proveo istraživanje, mada ne pretendira na kompletnosti, pružio je mogućnost da se popuni značajna praznina u literaturi o raznim pravcima u marksističkom tumačenju kvantne mehanike. Ovo je prvi rad u kojem je pokušano da se taj problem razmotri integralno, tj. da se prevaziđu granice koje su stvorene nakon sovjetskog preokreta u gledanju na filozofske aspekte fizike mikrosvijeta u kasnim pedesetim, od kada kritika kopenhagenskog tumačenja dolazi uglavnom sa Zapada.

Naglašeno prisustvo sovjetske produkcije u radu, ne treba shvatiti kao pokušaj da se marksistističko gledanje na tumačenje kvantne mehanike poistovjeti sa sovjetskim. Radi se o tome da se u SSSR-u tom problemu posvećuje velika pažnja i da rješenja, koja se predlažu, zbog raznih razloga, oblikuju stavove u značjnom dijelu marksističkog filozofskog prostora.

Dok kod sovjetskih autora i autora iz zemalja u kojima sovjetska filozofija ima značajan uticaj nema razlike u smislu deklariranja filozofske orijentacije (mada ima značajnih razlika u odnosu na suštinu filozoskih problema u kvantnoj mehanici!), dotle kod autora iz zapadnih zemalja postoji problem filozofskih stajališta. Neki se javno izjašnjavaju kao marksisti, neki prihvataju marksizam kao pogled na svijet i osnovu za društveno i političko djelovanje, uz rezerve prema "skolastičkom markizmu" koji pokušava da sve istine svijeta pronađe u djelima Marxa, Engelsa i Lenjina, neki sebe ne smatraju marksistima (ali se ne ljute ako ih neko drugi smatra), neki su bili marksisti ali više ne dijele to mišljenje i ne dozvoljavaju takvo određenje...

Da bih izbjegao te probleme nije mi kriterijum za izbor bio nedvosmislena privrženost marksističkoj filozofiji, jer je teško i definirati sam taj pojam, nego prije način rješavanja konceptualnih problema u kvantnoj mehanici.

Moguće je čitavu problematiku oko tumačenja kvantne mehanike vidjeti i kao odraz polarizacije, koja se javila unutar marksizma u vezi sa određivanjem suštine materijalizma: Da li je to Marxov materijalizam iz Teza o Feuerbachu ili Engelsov iz Dijalektike prirode i AntiDüringa?

U takvoj optici bi se mogla uspostaviti veza između Marxa i Bohra, te Engelsa i Einsteina. Međutim, tada bi smo u Sovjetskom Savezu imali neobičnu situaciju. Mnogi interpretatori su skloni da sovjetski marksizam predstave kao elaboraciju Engelsova i

Lenjinovog opusa i udaljavanje od Marxa. To znači da bi u skladu sa tom ocjenom Einsteinova kritika kopenhagenskog tumačenja trebalo da uživa popularnost u toj sredini.

Situacije je drugačija. Bohrovo gledište na filozofske probleme kvantne mehanike djeli većina onih koji se zanimaju epistemološkim aspektima fizike mikrosvijeta. Na taj način se u odnosu na problem spoznaje može uočiti da filozofi koji su u kontaktu sa problemima kvantne mehanike imaju stavove koji veoma dobro pristaju uz postulate praksističke kritike teorije odraza, naravno, ako se zanemari nekoliko parola o postojanju objektivnog svijeta "izvan i nezavisno od naše svijesti", koje služe za zadovoljenje duhovnih cenzora. Dakle, dok u zvaničnim verzijama dijalektičko - materijalističke filozofije još uvijek dominira teorija odraza, dotle se u knjigama, koje su posvećene problemu tumačenja kvantne mehanike, susreću gledišta koja bi u drugačijem kontekstu bila podvrgnuta kritici kao praksistička.

Naravno, takva analiza polazi od Marxovog određenja da priroda ima smisla samo kao podloga čovjekove prakse[21] i u tom smislu je i uspostavljena rezonancija Marxa i Bohra, koji je smatrao da o mikrosvijetu može govoriti, tek kroz njegovu projekciju na eksperimentalnu situaciju opisanu običnim jezikom.

Međutim, ako se uzme u obzir Marxovo vjerovanje u napredak znanosti koji će znanost o prirodi i znanost o čovjeku spojiti u jednu znanost[22], onda je Marx bliži Einsteinu, koji je također zastupao slično gledište o spoznajnoj transparentnosti svijeta. Bohrov princip komplementarnosti, koji je stavio veto na postavljanja nekih pitanja kao preduslov mogućnosti komplementarnog opisa kvantnih fenomena, se ne uklapa u ovaj epistemološki optimizam.

Pored toga po Marxovom shvatanju posao nauke je "da spoljašnje, čisto pojavno kretanje svede na unutrašnje stvarno kretanje"[23]. Takav koncept znanosti nije u skladu sa filozofijom komplementarnosti i Marx bi Bohrov dramatičan napor da formulira konzistentno tumačenje kvantnih fenomena, ostajući u okvirima klasičnog jezika, proglasio kao posljedicu odustajanja od uvida u "unutrašnje stvarno kretanje".

Dakle, Marxov opus, koji je, ako se izostave aksiološka pitanja, potpuno irelevantan za tumačenje kvantne mehanike, može se navoditi kao "argument" i za "marksističku" varijantu kopenhagenskog tumačenja i kao argument protiv nje i protiv kopehagenskog tumačenja samog. Odatle slijedi zaključak da se za materijalističko tumačenje kvantne mehanike, umjesto citatima Marxa, Engelsa i Lenjina treba boriti argumentima koji dozvoljavaju provjeru normalnom znanstvenom metodologijom.

1.4. sadržaj rada

U drugom dijelu je ukratko analizirana relacija obje glavne struje u marksizmu prema filozofskim problemima fizike. Iz dva razloga je posebna pažnja posvećena nekim primjerima iz jugoslavenske filozofije. Prvi razlog je utisak da se nehomogenost marksističkog filozofskog prostora veoma jasno reflektira kroz jugoslavensku filozofsku produkciju, a drugi je da

se kod nas može bez velikog truda otkriti kako socijalni ambijent i situacija u filozofskoj zajednici, mogu dovesti do potpuno oprečnih gledanja na fenomen nauke i filozofskog razmatranja osnova fizike. To pokazuje da problem tumačenja kvantne mehanike u marksističkoj filozofiji predstavlja samo specijalni aspekt mnogo šireg problema - odnosa nauke i filozofije. Razuđivanje marksizma je ovoj relaciji dodalo nove detalje, koji samo posredno manifestiraju u gledanjima na filozofske poruke teorijskog i eksperimentalnog istraživanja mikrosvijeta.

Analizirana je i uloga filozofije u razvoju fizikalnog znanja, sa posebnim osvrtom na sudbinu filozofskih anticipacija u fizici. U tu svrhu su razmotreni filozofski aspekti strukture i evolucije fizikalnih teorija. Kao ilustricija ukratko je prikazan nastanak kvantne mehanike.

Treći dio je posvećen kontroverznoj "kopenhagenskoj interpretaciji" kvantne mehanike. Nakon prikaza gotovo nevjerovatnih razilaženja oko njenog određenja, normalno je da su gledišta Bohra i Heisenberga razmotrena odvojeno. Na taj način je jedan od rezultata ovoga rada i kritička analiza tog kontroverznog pojma i pokušaj definiranja njegove "minimalne verzije".

Opširno kritičko razmatranje kopenhagenskog tumačenja predstavlja uvod u kritičko razmatranje dominantne struje u marksističkoj filozofiji fizike, koja je nekritičko preuzela tu interpetaciju kao "marksističku". Dvostruka kritika tog antiontologijskog i instrumentalističkog, a u pojedinim segmentima i subjektivističkog gledišta, u originalnim i "marksističkim" verzijama, omogućava zaključak da se u ovim drugim radi samo o terminološkim preinakama, bez rješavanja problema, čije postojanje priznaju i mnogi zastupnici originalnih verzija.

Također je prezentiran materijal koji pokazuje razmah raznih idealističkih, religioznih, parapsiholoških i mističnih tumačenja kvantne mehanike. Potrebno je istaknuti da su pojedina gledišta Bohra, Heisenberga, a posebno von Neumanna, Londona i Bauera predstavljala sjeme iz kojeg je nikla džungla takvih zloupotreba kvantnomehaničkih spoznaja. To je moguće samo u socijalnom ambijentu koji preko odgovarajućeg izlaganja filozofskih problema kvantne mehanike nastoji da autoritetom nauke reklamira i određenu aksiološku i svjetonazornu matricu.

S obzirom da postoje "marksističke verzije" von Neumannovog tumačenje postaje urgentan problem definiranja generalnog programa materijalističkog tumačenja kvantne mehanike i njegovog suprotstavljanja spomenutim zloupotrebama konceptualnih problema fizike mikrosvijeta. Osnova takvog programa moraju biti već spomenuti stavovi ontološkoj autonomnosti mikroobjekata i njihovoj spoznatljivosti (epistemološki optimizam za razliku od epistemološkog pesimizma, koji se u vidu principa komplementarnosti uvukao u pojedine "materijalističke" interpretacije).

Kao kritičari kopenagenskog tumačenja navedeni su Einstein, Schrödinger i de Broglie. Opisani su i njihovi paradoksi. Pažnja je posevećena i epistemološkim aspektima diskusije Bohra i Einsteina, jer njihova diskusija u neobično jasnom svijetlu pokazuje suštinu dvaju shvaćanja svijeta i našeg znanja o njemu.

Smatram da se najgrublja podjela shvaćanja u marksističkoj filozofiji u odnosu na ontološke i epistemološke aspekte kvantne mehanike može napraviti baš u pogledu stava prema toj diskusiji, odnosno prema opredjeljenju za jednu ili drugu stranu. Naime, oni koji su na strani Bohra, ostali su u domenu epistemoloških problema, zanemarujući ili odbacujući mogućnost diskusije ontoloških referenata kvantne mehanike. Oni koji djele Einsteinove stavove o fizikalnoj realnosti, su naročito aktivni u izgradnji modela mikroobjekata, koji pretendiraju na konceptualnom i fizikalnom razjašnjenju valno - čestičnog dualizma.

U četvrtom dijelu dat je panoramski povijesni pregled problema tumačenja, od događaja oko "slučaja Markova" i okretanja prema Bohru do sadašnjih dilema materijalističkog tumačenja u vezi sa problemom valno - čestičnog dualizma i kvantne nelokalnost, gdje su prikazana gledišta Vigiera i Sellerija.

Peti dio je posvećen kritičkom izlaganju gledišta dominantne struje u marksističkom tumačnju kvante mehanike. Poseban detaljno su analizirani radovi Foka, jer su oni odredili stavove prema tumačenju kvantne mehanike ne samo u Sovjetskom Savezu, nego i u svim onim zemljama u kojima sovjetska filozofija ima značajan utiçaj. Pokazano je da je njegovo gledište eklektičkog karaktera, tj. da, osim nekih terminoloških nijansi, ne donosi ništa što nije sadržano u radovima Bohra, Heisenberga i Borna. Epistemološki aspekti tumačenja su predstavljeni kroz analizu radova Markova i Dišlevija. Demonstrirana je njihova rezonancija sa Supekovim gledištem. Kao kritičari marksističkog "čitanja" kopenhagenskog tumačenja razmatrani su Tjapkin i Pahomov.

Što se tiče radova autora izvan Sovjetskog Saveza najšire je razmotren Bohmov doprinos, koji je i bio povod da se problemi u razumijevanju kvantne mehanike počnu tretirati naučnom metodologijom. Prezentirana su i Bungeova gledišta, posebno njegova razmatranja o važnosti fizikalnog čitanja kvantnomehaničkog formalizma.

U šestom dijelu su data zaključna razmatranja o odnosu marksističke filozofije i kvantne mehanike.

* * *

NAPOMENE

1) Literatura u vezi sa problemom tumačenja kvantne mehanike je ogromna. Navodim samo najvažnije bibliografske i pregledne radove iz kojih se može steći slika o glavnim oblastima istraživanja i relevantnim dostignućima:

B.S.Dewitt & R.N.Graham, Resource Letter IQM-1 on the Interpretation of Quantum Mechanics, American Journal of Physics 39 (1971) 724 - 738; D.R.Nilson, Bibliography on the Hystory and Philosophy of Quantum Mechanics, u P.Suppes (ed.), Logic and Probability in Quantum Mechanics, Reidel, Dordrecht, 1976, 457 - 520; J.F.Clauser & A.Shimony, Bell's theorem: Experimental Test and Implications, Rep. Prog. Phys. 41 (1978) 1881 - 1927; F.Selleri & G.Tarozzi, Quantum Mechanics Reality and Separability, Riv. Nuovo Cimento 4 (2) (1981) 1 - 53; J.A. Wheeler & W.H.Zurek, Guide to Some Further Literature, u J.A.Wheeler & W.H.Zurek (eds.), Quantum Theory and Measurement, Princeton University Press, Princeton, 1983, 769 - 811; L.E.Ballentine, Resource Letter IQM-2: Foundation of Quantum Mechanics Since the Bell inequalities, American Journal of Physics 55 (9) (1987) 785 - 792.

Najnoviji eksperimentalni aspekti interpretacije se raspravljaju u zbornicima:

S.Kamefuchi (ed.), Foundations of Quantum Mechanics in the Light of New Technology, Physical Society of Japan, Tokyo, 1984, i D.M.Greenberger (ed.), New Techniques and Ideas in Quantum Measurement Theory, Annals New York Academy of Science 480 (1986).

2) M.A. Markov, O prirode fizičeskogo znanija, Voprosi filosofii 2 (1947) 140 - 176, (nešto izmjenjena verzija je M.A. Markov, O prirode fizičeskogo znanija, u zborniku "Leninskoe filosofskoe nasledie i sovremennaja fizika", Nauka, 1981).

U vezi prioriteta u uspostavljaju veze između Marxovih teza o Feurebachu i problema tumačenja kvantne mehanike zanimljiva je ova Supekova napomena:

"Problematiziranje pojma materije izazvalo je... jaku protivbu zastupnika dijalektičkog materijalizma, osobito u Sovjetskom Savezu. Dok je prvobitna Planckova hipoteza o kvantnim skokovima izgledala u skladu s dijalektičkom zakonitošću, Kopenahegenska interpretacija je odmah navukla sumnju. Zacijelo, odstupanje od determinizma i uvođenje kompleksa mogućnosti umjesto stanovite strukture materije protivila su se teoriji odraza i rušila osnovnu tezu o neovisnom postajanju materije o čovjeku. (Tek će malo marksista, kao u prijeratnom Zagrebu, izvući Marxove Teze o Feuerbachu koje polaze od jedinstva subjekta i objekta, danog u ljudskom činu.) Objektivistički materijalizam prevladao je od Engelsa i Lenjina u sovjetskoj ideologiji, i nije stoga čudo da su Heisenberg i Bohr bili žigosani kao krajnje reakcionarni idealisti ili pozitivisti." (I.Supek, Heisenbergov obrat u shvaćanju svijeta, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1986, 45 - 46.)

Iz razgovora sa Supekom sam saznao da je u napomeni prvenstveno mislio na Ivonimira Richtmanna. Nisu mi bili dostupni Richtmanovi tekstovi da bih provjerio ovaj interesantan istorijski detalj, ali Babić u svom opširnom radu o predratnim marksističkim raspravama (I.Babić, Odnos filozofije i znanosti u radovima jugoslavenskih marksista 1931 - 1941, Putovi revolucije, godina III, broj 5 (1965) 9 - 115) ne govori o tom važnom aspektu. Gotovo je nevjerovatno da bi on propustio da zapazi tako značajnu anticipaciju okretanja ka Marxu, kao elementu borbe protiv dogmatizma. Moguće je da Supek misli na ideje koje je Richtmann izlagao u usmenim diskusijama i koje nije uspio da objavi.

Sam Supek u svojoj knjizi "Od antičke filozofije do moderne nauke o atomima" koja se pojavila 1946. godine, ne spominje "jedinstvo subjekta i objekta, dano u ljudskom činu", koje čini osnovu njegovih kasnijih gledanja na filozofsku poruku kvantne mehanike. Čini mi se da su na njegovo gledište u većoj mjeri uticali Heisenbergovi napisi iz pedesetih nego Marxove teze o Feuerbachu.

3) A.A.Ždanov, Riječ u diskusiji o knjizi G.F.Aleksandrova "Istorija zapadnoevropske filozofije" (24 juna 1947), Kultura, Beograd, 1947.

4) U najvećoj kompjuterskoj datoteci iz oblasti filozofije "Dialog" o ovom problemu postoji osam radova. Pri pretrazi su kao ključne riječi korištene: Marxism, Dialectical Materialism, Soviet Philosophy i Quantum Mechanics. Bolja situacija nije ni u radu Nilsona "Bibliografija o istoriji i filozofiji kvantne mehanike" (vidi napomenu 1)), gdje je u dijelu "Marksizam i tumačenje kvantne mehanike" navedeno samo devet referenci. Za usporedbu treba napomenuti da ovaj pregled literature o kvantnoj mehanici sadrži skoro hiljadu naslova.

Na taj način je ostvarena paradoksalna situacija. U Sovjetskom Savezu postoji ogromna produkcija napisa o filozofskim aspektima kvantne mehanike, a njen odjek na Zapadu je gotovo jednak nuli. Sigurno je da postoji problem jezika i da ideološka barijera predstavlja veliku zapreku. Međutim, ako se zna da na Zapadu postoji interes za dostignuća sovjetske nauke (prevodi se niz sovjetskih naučnih časopisa iz fizike zbog njihove naučne vrijednosti), onda se mogu javiti sumnje u kvalitet tih napisa i njihovu aktuelnost.

Pored toga se sada većina diskusija na Zapadu vodi na stranicama časopisa za fiziku, a ne za filozofiju. Ta promjena se nije desila u SSSR-u i radovi se publiciraju u filozofskim časopisima "Voprosy filosofii" i "Filosofskie nauki", kao i u mnogobrojnim zbornicima. I dok sovjetski fizičari imaju veliku reputaciju u fizici elementarnih čestica i kosmologiji, u domenu fundamentalnih problema kvantne mehanike mi nije poznat nijedan rad koji se češće citira.

5) J.S.Bell, On the Einstein Podolsky Rosen Paradox, Physics 1 (1964) 195 - 200.

6) L.R.Graham, Science and Philosophy in Soviet Union, Knopf, New York, 1972.

7) V.A.Fok, Kvantovaja fizika i filosofskie problemy, Voprosy filosofii 3 (1971) 46 - 48.

8) I.M.Fejgenberg: Princip dopolnitel'nosti v opisanii psihičeskih javlenij, Priroda 2 (1985) 94 - 101

9) A.P.Polikarov, On the formulation of complementarity, Dokl. Bolg. AN 39 (8) (1986) 5 - 8.

10) D.Bohm, A Suggested Intepretation of the Quantum Theory in Terms of Hidden Variables, Physical Review 85 (1952) 166

11) J.von Neumann, Mathematical Foundations of Quantum Mechanics, Princeton University Press, Princeton, 1995. Njemački original je objavljen 1932. godine.

12) J.S.Bell, On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics, Review of Modern Physics 38 (1966) 447.

13) vidi napomenu 5).

14) F.Selleri & A.Garuccio, Materialismo dialettico e meccanica quantistica, Critica marxista 11 (3-4) (1973) 303 - 318.

15) M.E.Omeljanovskij, V.A. Fock e altri, L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica. Fisica e filosofia in URSS, Feltrinelli Editore, Milano, 1972.

16) L.V.Baženov i L.L.Potkov, Ital'janskie učenye o sovetskih issledovanijah po filosofskim voprosam fiziki, Voprosy filosofii 4 (1975) 150 - 153.

17) Podatke je, prema Science Citation Indexu, iznio Ballentine u bibliografskom radu iz napomene 1).

18) A.A.Grib, Neravenstva Bella i eksperimental'naja proverka kvantovih korreljacij na makroskopičeskim rasstojanijah, Uspehi fizičeskih nauk 142 (4) (1984) 619 - 634. U istom broju časopisa je objavljen i rad posvećen filozofskoj analizi nelokalnosti u kvantnoj fizici. Vidi B.I.Spasskij i A.V.Moskovskij, O nelokal'nosti v kvantovoj fizike, Uspehi fizičeskih nauk 142 (4) (1984) 599 - 617.

Prije Gribovog preglednog rada Pančenko je u svojoj knjizi "Logičko - gnoseološki problemi kvantne mehanike" prikazao Bellove nejednakosti, ali ih svrstao među paradokse kvantne mehanike. Vidi A.I.Pančenko, Logiko - gnoseologičeskie problemy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1981.

19) V.B.Berestetckij, Kvantovaja mehanika, u Fizičeskij enciklopedičeskij slovar', Sovetskaja enciklopedija, Moskva, 1983. Ovakav zaključak potkrepljuje i Holevo, koji u svojoj modernoj knjizi o kvantnoj teoriji, koja je okrenuta matematičkom aspektu problema, ne raspravlja o von Neumannovom dokazu i Bellovim nejednakostima, mada su oni u temeljima statističkog poimanja kvantnih zakonitosti. Vidi A.S. Holevo, Verojatnostnye i statističeskie aspekty kvantovoj teorii, Nauka, Moskva, 1980.

20) A.Aspect, Experimental Tests of Bell's Inequalities, u S.Diner et al. (eds.), The Wave - Particle Dualism, Reidel, Dordrecht, 1984, 377 - 390.

21) "Priroda, apstraktno uzevši, za sebe, fiksirana u odvojenosti od čovjeka, nije za čovjeka ništa." (K.Marx i F.Engels, Rani radovi, Naprijed, Zagreb, 1967, str. 334.). Šire o Marxovom materijalizmu vidi A.Šmit, Pojam prirode u Marksovom učenju, Vuk Karadžić, Beograd, 1981.

22) "Prirodna nauka će kasnije isto tako podrediti sebi nauku o čovjeku, kao što će nauka o čovjeku podrediti sebi prirodnu nauku: to će biti jedna nauka." (K.Marx i F.Engels, Rani radovi, Naprijed, Zagreb, 1967, str. 284.)

Ovaj Marxov credo potvrđuje i njegovo bavljenje matematikom, ne u smislu hobija nego kao istraživanje mogućnosti preciznog iskazivanja zakona ekonomskih procesa. Tu je posebno zanimljiv Marxov neuspio pokušaj formaliziranja dijalektičkih tipova zaključivanja i argumentacije. Vidi K.Marx, Matematički rukopisi, Stvarnost, Zagreb, bez godine izdanja, (predgovor, uvod i komentari: W.Endemann).

Potpuno je nemoguće pretendirati na razumijevanje Marxovog metoda i djela ako se ne obrati pažnja na "dualizam" prirodno - znanstvenog i humanističkog u shvatanju svijeta i čovjeka. Osnova buduće planetarne kulture može biti jedino sinteza najboljih elemenata tih parcijalnih pristupa, koju je po prvi put skicirao Marx. O tom važnom aspektu Marxovog opusa vidi F.Muhić, Odnos motivacije i kauzaliteta u Marxovom metodu tumačenja istorijskih događaja, Gledišta, Godina XVII, broj 4, april 1976., 283 - 302. i M.Cini, Znanstvenik Karl Marx, u R.Kalanj, ed., Marx nakon sto godina, Globus, Zagreb, 1984.

23) K.Marx, Kapital, Prosveta i BIGZ, Beograd, 1979, str. 1395.

2. GLAVNI PRAVCI MARKSIZMA I FILOZOFIJA FIZIKE

Engels i Lenjin su, u skladu sa političkim potrebama, svoju pažnju i stvaralački potencijal usmjerili i prema filozofskim problemima fizike. Filozofskoj i naučnoj valorizaciji njihovog "izleta" u fundamentalnu nauku o prirodi posvećeno je mnogo knjiga, od onih koje ga glorificiraju i proglašavaju za nezaobilazno polazište svake teorijske refleksije o fizici do onih koje ne štede na kritičkim zamjerkama i osporavanjima[1].

Razloge za različite stavove prema tom dijelu njihovog filozofskog opusa treba tražiti u promjenama koje su se desile u okviru same marksističke misli. Te promjene u bitnom i određuju interakciju između filozofije marksizma i prirodnih nauka, među kojima značajno mjesto zauzima fizika.

Nakon kratkog prikaza karakteristika dva glavna pravca u modernom marksizmu, koji, kao i tumačenje kvantne mehanike, karakterizira policentričnost, razmotrena je situacija u jugoslavenskoj filozofiji. O filozofskim problemima fizike su kompetentnije raspravljali i pisali sami fizičari nego filozofi. Takva situacija, možda, i nije čudna, ako se zna da rasprava o filozofskim temeljima fizike pretpostavlja poznavanje i matematičkog i konceptualnog aparata, koje nedostaje većini naših filozofa. Međutim, ako se uzme u obzir da je kvantna mehanika uzdrmala temeljne pretpostavke kartezijansko - newtonovske slike svijeta, onda poznavanje tih problema, bar na generalnom nivou, predstavlja skoro nužan preduslov za filozofiranje na kraju XX stoljeća.

Jugoslavenski idejni prostor je propuštena šansa marksizma da se u odnosu na filozofske probleme nauke nađe sintetski put, koji će prevladati nedostatke i apstraktnog humanizma i ontologiziranog istorijskog determinizma. Umjesto uzajamnog približavanja izabrano je udaljavanje, što je dovelo do tematske inkompatibilnosti. Taj proces je dodatno pojačan društvenim interesom za filozofskim osmišljavanjem socijalističkog samoupravljanja, čime se usmjerava najznačajniji dio starih i novih snaga na probleme praktične filozofije. Tako se u odnosu na filozofske probleme nauke stvara intelektualni vakuum, koji popunjavaju autori sa nedovoljnim naučnim i filozofskim potencijalom. Na taj način princip negativne selekcije ovom području dodatno smanjuje ugled, i u zajednici naučnika i u zajednici filozofa.

Ovo je ujedno ilustracija kako se problem interakcije kvantne mehanike i markizma teško može odvojiti od socijalnog okruženja, koje neposredno ili posredno određuje i generalnu valorizaciju njegove teorijske interesantnosti i teorijsku osnovu za njegovo rješavanje. Pozitivan aspekt "humanizacije marksizma", koji je imao izrazite antidogmatske crte, radikalizaran je do negiranja

"znanosti kao istinitog znanja o svijetu", umjesto da je pokušana sinteza najvrijednijih strana znanosti i humanizma u Marxovoj artikulaciji. Uostalom, zar nije i sam Marx u "Ranim radovima" pisao o tome da će znanost o prirodi i znanost o čovjeku konvergirati prema jednoj znanosti?

Podcjenjivanjem tog sintetičkog ideala se fundira filozofski neovoluntarizam, koji do komunizma može dovesti samo metodom "historijskog ruleta". Da li je to imalo humanije od političkog voluntarizma, koji komunizam propagira kao finalnu poziciju nužnog kretanja "kosmičkog časovnika"?

2.1. dvije verzije marksizma

Nije potrebno dokazivati da je marksizam jedan od najvažnijih struja savremene filozofije. Slavljen kao pogled na svijet radničke klase ili napadan kao najveće zlo svijeta, proglašavan za nadu ili zabludu čovječanstva, marksizam nije mogao niti će moći biti definiran na način koji je prihvatljiv za sve. Različita shvatanja marksizma se protežu od definicije marksizma kao političko - ekonomske doktrine do njegovog proglašavanja za teoriju socijalističkih revolucija ili filozofsku antropologiju[2].

U takvoj situaciji je normalno da oko tekstova "klasika marksizma" postoje neslaganja, ne samo u interpretaciji nego i u samom izboru relevatne lektire. Suprostavljaju se Marx i Engels, Marx i Lenjin, te "mladi" i "stari" Marx. Maliciozni zlurado primjećuju da se broj različitih verzija marksizma opasno približava broju marksista.

Dobro je poznato da su u marksističkoj filozofiji prisutne dvije glavne struje. Prva je inicirana djelima Lukacza i Korscha i okrenuta je problemu čovjeka i njegovog oslobođenja kroz usmjeravanje povijesti prema svijetu dostojnom čovjeka - stvaraoca. Druga je smjestila čovjeka u prirodni i socijalni ambijent, podčinjen neumitnom "progresivnom" hodu prema komunizmu. Prva nalazi svoja izvorišta u Marxovom humanizmu, dok je drugoj polazište Engelsov prirodno - naučni materijalizam.

Savremene varijante ove polarizacije se mogu shvatiti i kao reakcija na fenomen "kulta ličnosti", i kao filozofsko fundiranje mogućnosti različitih putova izgradnje socijalizma, i kao svojevrsni čin teorijske borbe za pravo na čovjekovu ključnu ulogu u stvaranju slobodnog svijeta, tj. svijeta koji će biti ljudsko djelo, a neće nastati kao rezultat determinističkog razvoja prirode i društva, kanoniziranog u partijskim programima.

Ovi pristupi, imaju i različita gledanja na klasične filozofske probleme, kao što su ontološki i epistemološki. Ne predstavlja predmet ovoga rada detaljnije razmatranje ovih zanimljivih pitanja, ali se može generalno reći da antropološka orijentacija vrši svojevrsno rastvaranje ontologije i epistemologije u ljudskoj praksi, proglašavajući čovjekovo revolucionarno mijenjanje svijeta jedinom stvarnom ljudskom aktivnošću.

Vranicki ovako vidi ulogu marksističkih filozofa:

"Za jednog marksističkog filozofa nije danas bitno da li se upušta u analize dijalektike prirode ili da li je uopće poznaje. Bitno je koliko je on kreativan i koliko doprinosi svojim teorijskim djelom samospoznaji današnjeg revolucionarnog subjekta historije."[3]

Time se naglasak stavlja na teorijske probleme društva i čovjeka i iz fokusa filozofske pažnje ispada područje prirodnih znanosti. Iz te perspektive filozofski problemi fizike ne predstavljaju dovoljno interesantnu temu. Fizika se vidi kao osnova tehnike i nešto što doprinosi očuvanju datih društvenih odnosa, tj. predstavlja prepreku ostvarivanju novoga. Dakle, fizika, a i znanost općenito, imaju fundamentalni antihumanistički naboj, koji vladajuće snage potenciraju da bi konzervirale postojeću socijalnu strukturu.

Pored toga fizika, otkrivanjem zakona koji predstavljaju nužni okvir za ljudsko postojanje, stalno ukazuje na minornu ulogu čovjeka u kosmičkim razmjerima. Kosmološka perspektiva čovjekove egzistencije ne predstavlja inspiraciju za one mislioce koji apsolutiziraju svojevrsnu antropološku dimenziju stvarnosti.

Međutim, sama činjenica da se ljudi, u okviru kosmologije, bave istraživanjem svijeta prije i poslije čovjeka pokazuje da se ovi problemi ne mogu proglasiti za nestvarne i nevažne. To utoliko prije što su baš ti problemi dugo vremena bili eminentno filozofski i ne nužno u okviru religijske vizije svijeta. Filozofija totalnog humanizma ne bi smjela zanemarivati bilo koji čovjekov poriv za osmišljavanjem svih aspekata svoga postojanja, pa i onih u vezi sa početkom i krajem svijeta, koji nastoji humanizirati i sa kojim želi uspostaviti egzistencijalno i stvaralačko jedinstvo.

Druga orijentacija u marksističkoj filozofiji postupa, na prvi pogled, potpuno suprotno. Mnogo pažnje se posvećuje filozofskim problemima prirodnih nauka. To je tradicija koju je započeo Engels, a Lenjin ostavio kao jedan od zadataka svojim nasljednicima. Međutim, težnja za idealnom sistematizacijom, naglasak na "bezkonfliktnoj dijalektici socijalističkog društva", dovodi do toga da se iz prirodnih znanosti uzimaju samo parcijalni elementi, koji treba da posluže za dekoraciju sistema i da mu budu pokriće za "naučnost" ideoloških projekcija budućnosti.

Dok u prvoj orijentaciji ili ne postoji interes za filozofske probleme prirodnih nauka ili se one tretiraju kao antihumanističke, ovdje dolazi do toga da se one stavljaju u Prokrustovu postelju okoštale ideološke sheme, a u pojedinim momentima je dolazilo i do direktnog miješanja u mišljenje naučnika koji su pokušavali da artikuliraju filozofski sadržaj novih prirodoznanstvenih teorija (kvantna mehanika, genetika, kosmologija,...). Takve epizode, naravno, ne pogoduju razvijanju atmosfere u kojoj je moguć produktivan dijalog između marksizma i prirodnih znanosti, kao inspiracija za eventualnu reformulaciju ili modernizaciju pojedinih dogmatičnih pogleda.

2.1.1. PRAKSA KAO ONTOLOGIJA I GNOSEOLOGIJA

Spomenute tendencije su prisutne i kod nas. Do posebno žestokog obračuna između ove dvije koncepcije dolazi u diskusijama

oko teorije odraza na poznatom Bledskom savjetovanju[4]. Teorija odraza je bila formalni povod za kritiku dijalektičkog materijalizma i njegove teorije spoznaje. Razlozi su sigurno dublji. U pogledu na čovjeka i njegove uloge u društvu u ortodoksnom historijskom materijalizmu bilo je malo mjesta za slobodu i ljudsko oblikovanje svijeta i takvo stajalište je zaslužilo svaku kritiku. Isto se može reći i za pojedine aspekte teorije odraza. Spoznaja je par excellence ljudsko stvaralačko djelo. Njeno teorijsko svođenje na fiziološki odraz aktivne materije u pasivnom subjektu i ne priznavanje odlučujeće stvaralačke uloge čovjeka u spoznaji svijeta, zaista nije primjereno marksizmu.

Glavni prigovori su se odnosili na problem adekvacije, tj. na zahtjev za podudaranjem znanja i predmeta spoznaje kao kriteriju istinitosti znanja.

Kritika je sljedeća: Ako je znanje izomorfno svom predmetu, gdje se nalazi mogućnost novoga? Jedino u evoluciji prirode same, a to se teško može prihvatiti za istorijski novum jer priroda bez čovjeka nema stvarnu povijesnu dimenziju. Ako se insistira na podudaranju znanja i stvarnosti čovjek se podređuje prirodi i, umjesto da priroda bude medij njegove samoizgradnje i oslobođenja, on postaje sredstvo samospoznaje prirode. Istina adekvatna stvarnosti sužava horizont revolucije i vodi samo do reprodukcije ili nevažnog poboljšavanja datog.

Veljak je u svojoj studiji "Marksizam i teorija odraza"[5] do krajnjih konsekvenci radikalizirao praksističko gledište na problem spoznaje. Problem znastvene spoznaje i njegova navodna imkompatibinost sa marksizmom nisu detaljno razmatrani, tako da čitalac teško može shvatiti u čemu je ta epohalna prednost zbiljske ili povijesne istine u odnosu na "ograničenu" znastvenu istinu. Može sa samo naslućivati da je to zbog toga što bilo koja ljudska aktivnost ima smisla samo u kontekstu revolucionarnog mijenja svijeta. Na to upućuje Veljakovo određenje suštine marksizma:

"Marksizam ima biti mišljenje revolucije!"[6]

Šta je smisao mišljenja revolucije?

"Smisao je mišljenja revolucije u tome da osvijetli ovo povijesno zbivanje naše suvremenosti i da utemelji revolucionarno mišljenje, znači metodologiju nastupanja u odnosu na građanski svijet prevratničke klase."[7]

Kako je moguće mišljenje revolucije?

"Mišljenje revolucije je moguće na temelju razotkrivanja fakticiteta, na temelju misaone destrukcije građanskog svijeta."[8]

Šta omogućava misaonu destrukciju?

"Razlikujući pojavu od biti, gradeći na toj razlici svoju metodu i dopirući tako do biti, Marx omogućava misaonu destrukciju i rekonstrukciju građanskog svijeta, pronalazeći u temeljima pojavnosti elemente praktične preobrazbe u smislu prevladavanja opstojećeg oblika reprodukcije života, čime se negira privid istine građanskog svijeta."[9]

Kako se razlikuje zbiljnost istine od njenog privida?

"Zbiljnost nije za Marxa naprosto identična s fakticitetom, nego je, posredovanjem razlike pojava - bit, povijesno tematizirana sferom mogućnosti... Svijest o tome što zbiljski jest (koja ujedno implicira i svijest o tomu što je prividno, lažno, neistinito i nezbiljsko), usko je vezana uz mijenjanje fakticiteta... Mišljenje i zbiljnost ontologijski su jedinstveno utemeljeni u ljudskoj praktično - preobražavačkoj djelatnosti, a taj temelj radikalno onemogućuje gnoseologijsku subjekt - objekt relaciju, pa prema tomu i teoriju adekvacije kakva se javlja od antičke od novovjekovne filozofije."[10]

Kako Marx razlikuje pojavu od biti?

"Pojava i bit nisu za Marxa identični, kao što je to slučaj s Hegelovim određenjem pojave kao očitovane biti. Kod Marxa imamo posla s tzv. posredovanošću biti: raciepljenost biti i pojave predstavlja tu rascijepljenost pojedinih područja života. Zadaća je spoznaje (ili, Marxovom terminologijom, znanosti) otkrivanje bitnog s onu stranu pojavnosti, pojmovno izkazivanje posredovanosti između pojave i biti te pojave. "Svaka bi znanost - piše Marx - bila izlišna kad bi se pojavni oblik i bit neposredno podurali." Ne smije se zadržavati na površini stvari, na pojavnosti, nego ići do onoga na što teorijski zahvaćena pojavnost upućuje."[11]

Veljak ne iznosi Marxovo određenje znanosti i time mišljenje revolucije ostaje bez čvrstih temelja. Da li je to još uvijek znanost u smislu tradicionalne prirodne znanosti, koja ima dobro definiranu strategiju dobijanja teorijskih znanja o svijetu, koja omogućavaju mijenjanje fizionomije čovjekovog života? Ili je to nešto više, nešto što traži povijesni bitak, kroz koji progovara ljudskija budućnost? Da li je za poniranje u bit pojave i otkriće sfere mogućnosti potrebna neka posebna vrsta intuicije, neka specifičnija relacija čovjeka i svijeta nego što je to slučaj u procesu znanstvene spoznaje?

Ova pitanja bi spadala u sferu metodičkog i Veljak priznaje da se takav problem javlja Marxu kao "pitanje odnosa između teorijskog i zbiljskog, između mišljenja i realnog povijesnog kretanja. Taj problem ne prerasta u poticaj za izgradnju jedne teorijske metodologije, a posebno ne za utemeljenje spoznajne teorije u disciplinarnom obliku".[12]

"Dublji filozofijski razlozi" za odsutnost spoznajne teorije u Marxovom djelu su, po Veljakovom mišljenju, sljedeći:

"Povijest je za Marxa praksa, povijesno kretanje rezultat ljudske djelatnosti; mišljenje, teorijska djelatnost, transmetafizička "ukidajuća" filozofija, kritika političke ekonomije, kritika svega opstojećeg, itd., mogući su tek povijeću, kao što je prijelaz povijesti iz prethistorije u zbiljsku povijest moguć tek misaonim osvještivanjem praktične djelatnosti. Stoga se tzv. teorijska djelatnost ne može izložiti prije ili izvan nje same, nego tek u vlastitom predmetu, koji je poput nje povijesno strukturiran."[13]

Dakle, nemogućnost spoznajne teorije je povezana sa time da je nemoguće teorijsku djelatnost odvojiti od njenog predmeta. Veljak ne speicificira na koji predmet misli. Može se samo nagađati da misli prije na teorijski model fakticiteta u kome je evidentna njegova bit i mogućnost povijesnog nadilaženja kroz praksu, nego na sam fakticitet neobuhvaćen teorijskom djelatnošću. Ako se i dopusti da model fakticiteta nije moguće razlikovati od same teorijske djelatnosti ipak ga je moguće odvojiti od fakticiteta samog. Teorijsko mišljenje nadilazi fakticitet tek kada mu suprostavi model sa povijesnom dimenzijom iz kojeg on slijedi kao konkretna neistorijska aproksimacija. To znači da ima

smisla pitati za puteve nastanka teorijskih modela i njihovu vezu sa fakticitetom, a to je klasičan spoznajni problem. Ako se i tu ospori mogućnost racionalnog uvida, onda teorijska djelatnost postaje stvar "povijesne intuicije", koja kao i sve ostale vrste intuicije pripada samo pojedincima.

Korisno je na ovom mjestu sjetiti se situacije u fizici, kada je Bohr uveo pojmove "stacionarnih stanja" i "kvantnih skokova" koji su za klasičnu fiziku jednako paradoksalni, kao što je za domarksovsku ekonomsku znanost bilo Marxovo otkriće da je kapital odnos, a ne stvar. Bohr je napravio tek prvi i odlučujući korak, ali je njegov intuitivni uvid počeo koristiti fizici tek kada je izgrađena kvantna mehanika u kojoj su novi pojmovi bili kvantitativno opisani konzistentnim matematskim jezikom. Svako ko uloži potreban trud zna kako se u određenoj fizikalnoj situaciji primjenjuje formalizam. Dakle, nije potrebno posjedovati posebnu intuiciju da bi se došlo do ispravnog predviđanja rezultata budućih eksperimenta. Nepotrebno je napomenuti da, kada se predviđanja počnu razlikovati od onoga što se dobija u laboratorijskoj praksi, formalizam podliježe reviziji.

Da li je moguće isto reći i za Marxov metod proučavanja i objašnjavanja ekonomske strukture i dinamike društva? Ko je pozvan da nam kaže kako se to može raditi danas, kada je kapitalizam izmjenio svoj lik u odnosu na vrijeme kada je bio predmet Marxove teorijske analize? Zar neuspjesi socijalističkih ekonomija nisu nimalo uzrokovani neadekvatnom optikom kojom je promatran društveni realitet? Na koji način bi filozofi praxisa, ako bi bili u poziciji da odlučujuće utiču na mijenjanje svijeta, izbjegli situacije da se nehumano koristi čitava populacija neke države za testiranje ispravnosti pojedine vizije puta u "ljudskiju budućnost"?

Za uspješnost socijalnih revolucija i poboljšanje čovjekovog svijeta bitno je, osim humanističke vizije budućeg, i pouzdano znanje o mogućnostima izmjene segmenta svijeta koji je predmet čovjekove revolucionarne prakse. Dakle, ono što je Petrović nazvao "spoznaja granica slobode"[14], a to znači da barem u tom aspektu naša spoznaja mora biti adekvatna prirodnom i socijalnom realitetu. Time što se priznaje da postoji određeni zakoniti svijet suprostavljen čovjeku ne znači da čovjekov svijet treba biti shvaćen kao rezultat njegove evolucije.

Čovjekov svijet je ljudsko djelo u najljepšem smislu te riječi. Nastao je kao realizacija izbora koje je pravio čovjek između mogućnosti koje je opet dizajnirao čovjek. Istinske ljudske potrebe nisu prirodne potrebe i za njihovo zadovoljenje čovjek stvara ljudske predmete. Ti predmeti su skoro uvijek potpuno neprirodni i teško mogu nastati slučajnom interferencijom fizikalnih zakona. Čak i onda kada koristi prirodne predmete čovjek nadilazi njihovu datost time što ih uklapa u svijet svojih potreba, dajući im kretanje koje ne bi bilo realizirano bez čovjekove ideje i manipulacije.

Isto je tako jasno da ljudski svijet ne bi nastao, barem ne u svom tehnološkom obliku, da čovjek nije spoznavao prirodu onakvu kakva ona u biti jeste. Tek to mu je dalo osnovu da na nju projektira svoje želje i da je očovječi. Problem je jedino u tome što je čovjek uspješniji u očovječenju prirode, nego u humanizaciji društvenih odnosa.

Oni koji se plaše znanstvenog pristupa društvenom realitetu, neka se sjete da i u slučaju neorganskog svijeta pronalazak zakonitosti ("spoznaja granica slobode") nije umanjio ljudsku slobodu, nego je, naprotiv, povećao njen prostor. Ikar ne bi životom platio svoj let da je znao da će mu sunce istopiti vosak u krilima. Da socijalizam ne bi bio Ikarov let čovječanstva prema komunizmu treba manje profetskog, a više znastvenog uvida u strukturu i dinamiku svijeta. Bez toga nema totalne humanizacije i čovjekov najviši stupanj "prakse" je bliži avanturizmu nego očovječenju svijeta.

Dominacija praksističke struje i ostalih pravaca praktične filozofije potiskuje spoznajne probleme nauka u drugi plan. To se najbolje ogleda u politici prevođenja značajnih djela iz svjetske produkcije. Da nije bilo "Nolitovih" prevoda Kuhna, Poppera, i Nagela, bili bismo definitivno intelektualna provincija kada su u pitanju problemi strukture i nastanka naučnih teorija i svega onoga što se naziva filozofija nauke[15]. U takvoj situaciji nije čudo da specifični filozofski problemi fizike, a posebno kvantne mehanike, bivaju zanemarivani i prepušteni predstavnicima dijalektičko - materijalističke orijentacije.

2.1.2. PUCANJE DASKE KAO DIJALEKTIKA

U decembru 1965. godine održan je drugi naučni skup "Marks i savremenost", posvećen filozofskim problemima savremenih matematičkih, prirodnih i tehničkih nauka. Skup je zamišljen kao tribina na kojoj će doći do plodotvornog kontakta filozofa i naučnika u cilju zajedničkog promišljanja osnovnih problema koje nameće razvoj naučnog znanja. Kroz referate i diskusije je, međutim, izbila na vidjelo sva heterogenost onog dijela jugoslavenske filozofije koji je trebao biti barijera dominaciji antropološke interpretacije marksizma.

Dijalektičko - materijalistička linija nije bila spremna da se postavi kao ravnopravan partner nastupajućem valu "povratka marksizma Marxu". Za tako nešto je bio nužan moderniji konceptualni i jezički aparat, onaj dijamatovske provenijencije je bio očigledno teorijski izlizan i neefikasan u ambijentu u kojem se paralelno odigravalo i filozofsko osmišljavanje političkog razilaženja sa idejom o jednom jedinom putu u socijalizam i svojevrsna destrukcija marksizma kroz njegovo distanciranje od znanosti. Iako je među pristalicama dijalektičkog materijalizma bilo i onih sa širim pogledima, njihov uticaj na dalji razvoj nije bio odlučujući.

U čemu se sastojala spomenuta heterogenost?

Radilo se o skoro svim tendencijama koje se danas javljaju u marksizmu u vezi sa filozofskim problemima nauke (pored njih su i neke specifično naše i o njima će kasnije biti više govora): Od nekritičkog veličanja Engelsovog doprinosa fizici[16] do osporavanja dijalektike[17], od striktnog izlaganja fizikalnih činjenica bez ikakvog koketiranja sa vokabularom dijalektičkog

materijalizma[18] do zdravorazumske varijante "dijalektičkog" filozofiranja[19].

Filozofskim problemima kvantne mehanike su se bavila samo dva autora.

Šešić je u svom radu "Problem aksiomatizacije fizike i dijalektika"[20] izložio svoje viđenje osnova kvantne fizike, koje se skoro u cjelini poklapa sa stanovištem kopenhagenske škole. Šešić naglašava da su principi još uvijek predmet rasprava, ali ne eksplicira u čemu se sastoje glavni problemi. Posebno negativno ocjenjuje stajalište Einsteina, Bohma i de Brogliea, karakterizirajući ga kao uzaludan "pokušaj vraćanja aksiomima i principima klasične fizike, klasičnog, apsolutnog determinizma i metafizičkog realizma". Šešić ne raspravlja o mogućem dijalektičko - materijalističkom tumačenju ovih problema (iako se u naslovu rada pojavljuje pojam "dijalektika"!).

To će ostati karakteristika i njegovih kasnijih opširnijih djela "Savremene teorije o fizičkoj realnosti"[21] i "Filosofske osnove fizike"[22]. Ona predstavljaju realizaaciju Šešićevog naglašenog zanimanja za filozofske probleme fizike i usamljeni pokušaj da se našoj intelektualnoj javnosti ukaže na njihov značaj. Šešić je uložio ogroman trud da predstavi na jednom mjestu najveći dio spektra pitanja filozofske arome koja je aktuelizirao razvoj moderne fizike. Posebno je interesantno što njegovu pažnju više privlače gledišta zapadnih nego sovjetskih autora. Iako većini od njih upućuje kritičke primjedbe već sama činjenica da ne uzima kao neprikosnovene autoritete sovjetske autore, govori o značajnom širenju horizonta i namjeri za kritičkim gledanjem na razne prijedloge rješenja[23].

Pop-Jordanov je u svom radu "O prirodi mikročestice"[24] analizirao valno - čestični dualizam u kvantnoj mehanici, pravilno naglašavajući da bi rješenjem zagonetke valno - čestičnih svojstava kvantnih sistema bilo bačeno svjetlo na mnoge filozofske problem savremene fizike. On je ukazao i na neke od mogućnosti dubljeg shvaćanja ili prevazilaženja dvojne prirode kvantnomehaničkih objekata. Posebno su aktuelne ove riječi:

"Mnogi fizičari i filozofi marksisti su stav o korpuskularno - talasnoj prirodi čestice oberučke prihvatili kao primer dijalektičke sinteze i jedinstva suprotnosti... Ako postoji stav o jedinstvu suprotnosti, onda filozofi dijalektičari insistiraju na otkrivanju veza, prelaza, uzajamnog prožimanja. I upravo kada se postavi pitanje povezanosti između talasa i čestice, vidi se da se neki stavovi kvantne fizike moraju još proveravati."[25]

Dakle, u referatima Šešića i Pop-Jordanova je bilo dosta elemenata za jedan moderniji pristup problemima tumačenja kvantne mehanike: od uvažavanja svjetskih iskustava u naučnom i filozofskom ispitivanju kontrovezi kvantnog univerzuma do nužnog kritičkog stava prema brzopletom proglašavanju nejasnih stvari za dokaze dijalektičnosti fizikalne stvarnosti. Međutim, u okruženju koje je tematski okrenuto drugim problemima, odbacujući time implicitno dijalektički materijalizam kao filozofsku osnovu marksizma, nije bilo pogodno da se ti elementi dalje razvijaju.

Za vitalnost jednog filozofskog pravca je bitno stalno sučeljavanje sa ostalim školama mišljenja. Bez toga se filozofiranje pretvara u razgovor istomišljenika što nužno vodi do

dekadencije. Proces je pojačan ako je reduciran priliv novih autora, a posebno ako je taj priliv u skladu sa principom negativne selekcije. Bez obzira na uzroke, činjenice pokazuju da "dijalektičko - materijalističko" pisanje o fizici predstavlja najniži pad jugoslavenske pisane riječi o filozofskim aspektima fizike. Primjeri koji slijede demonstriraju da se radi i o padu ispod dijamatovskog nivoa.

Za početak evo kulminacije, koja je odredila naslov ovog poglavlja i koja mora biti citirana integralno. Dimić i Polzović ovako vide "prožimanje" fizike i "dijalektičkog materijalizma":

"U fizici se izučavaju razni oblici uzajamnih dejstava tela kao što je: gravitaciono, električno, magnetno itd. Bilo je govora o tome da se pri kretanju tela javlja trenje, usled čega se tela zagriju i zrače energiju. Zračenje može izazvati hemijske reakcije, a one biološke promene u nekoj ćeliji, organizmu itd. Ovi i slični primeri ukazuje na prvi zakon dijalektike koji glasi:

- sve pojave i tela su međusobno povezani i deluju jedni na druge.

Zamislimo neku baricu pokraj puta posle letnjeg pljuska. Sunce obasjalo baricu, voda se isparava, barica nestaje. Ovaj primer je ilustracija drugog zakona dijalektike koji glasi:

- sve nastaje, razvija se i nestaje, a ostaje materija u svoj kretanju.

Telu se zagrevanjem postepeno povećava zapremina. U ovom procesu, supstancija iz koje je ono izgađeno odjednom prelazi iz čvrstog u tečno agregatno stanje a kasnije iz tečnog u gasovito agregatno stanje i, najzad, u stanje plazme. Ovaj primer ukazuje na treći zakon dijalektike koji glasi:

- razvoj čine promene postepene i skokovite.

Ako se stane na dasku, ništa se ne događa sve dok je težina tela u ravnoteži sa otporom daske. Ovaj primer ilustruje četvrti zakon dijalektike koji glasi:

- uzrok razvoja su unutrašnje suprotnosti.

Ako je težina tela na daski veća od njenog mogućeg otpora, daska će pući. Na osnovu ovoga se dolazi do formulacije petog zakona dijalektike koji glasi:

- viši oblici razvoja nastaju prevazilaženjem unutrašnjih ograničenosti.

Svako telo koje se nalazi u gravitacionom polju Zemlje pada ako nije obešeno ili poduprto. Međutim, u ovom slučaju, znatno se razlikuje padanje kamena i lista hartije. Dakle,

- opšte pojave u pojedinačnim slučajevima dešavaju se na specifičan način.

Ovo je šesti zakon dijalektike.

Ovi primeri ukazuju kako se ispoljavaju zakoni dijalektike prirode u oblasti fizike... Prema tome, prihvatanjem i razumevanjem zakona fizike usvaja se dijalektičko - materijalistički pogled na svet."[26]

Dimić i Polzović se nisu posebno bavili filozofskim problemima fizike i njihovo "dijalektičko materijalističko" apsolviranje fizike na jednoj stranici je jednostavno uklapanje u stvoreno stanje. U dijelu nastavnih planova i programa kojim se definiraju zadaci nastave fizike, se pojavljuje zahtjev da se kroz nastavu fizike razvija marksistički ili dijalektičko - materijalistički pogled na svijet. Rascjepom u jugoslavenskoj filozofiji je to pitanje prepušteno birokratskom umu, koji nije sposoban da procjenjuje naučne i filozofske vrijednosti radova na

tu temu i jedino ga zanima da se nešto pod tim imenom pojavi u udžbeniku. Dimić i Polzović su ponudili ono što im je prvo došlo pod ruku.

Za razliku od njih Raspopović je bio veoma aktivan na području "filozofskog osmišljavanja ' fizike" i njegovom popularizaciranju. Od 1974. godine do danas je objavio niz članaka i knjiga u kojima daje "dijalektičko - materijalističko" tumačenje interesantnih metodoloških pitanja iz fizike[27-32].

U njegovim napisima postoji mnogo nepreciznih tvrdnji koje mogu izazvati zabunu kod nastavnika sa nedovoljnim filozofskim obrazovanjem. To je utoliko čudnije ukoliko baš Raspopović insistira na važnosti filozofske analize i generalizacije fizikalnih činjenica i teorije, a posebno njihovog korištenja kao ilustrativnog naučnog materijala, koji treba da uvjerljivo demonstrira superiornost dijalektičkog materijalizma kao naučne filozofije.

U više napisa Raspopović tretira energiju kao pojavni oblik materije, koji je, u ontološkom smislu, ekvivalantan sa česticama ili poljem. Poznato je da energija ne postoji kao samostalni entitet nego je dinamički parametar koji karakterizira stanje kretanja različitih materijalnih sistema (čestica, polje, vakuum,...). Nesmotrenim izražavanjem se time, umjesto dijalektičkog materijalizma, propagira energetizam.

Raspopović ne pravi preciznu distinkciju između filozofskog i prirodno - naučnog pojma materije. Da bi se takve greške izbjegle termin "materija" treba upotrebljavati za fundamentalnu filozofsku kategoriju, koja označava sve ono što postoji neovisno o našoj svijesti. Materijalni sistemi, koje proučava fizika, su samo konkretne pojavne forme materije i nije ispravno njihova svojstva pripisivati materiji u filozofskom smislu. Tada ne bi nastale ovakve tvrdnje:

"Materija poseduje istovremeno i čestična i talasna svojstva."[33]

"Čestična i talasna svojstva predstavljaju dijalektičko jedinstvo materije"[34]

"Teorija statistike izražava verovatnost prelaza materije iz datog početnog stanja u bilo koje moguće stanje."[35]

U pisanju Raspopovića se može uočiti nekoliko nivoa "originalnosti". Prvi je direktno prepisivanje bez navođenja izvora[36]. Drugi predstavlja "aplikaciju" ideja klasika na probleme savremene fizike. Evo primjera sa Engelsovom idejom o hijerarhiji kretanja.

"Telo koje pliva po vodi, odnosno kroz vodu, izaziva deformaciju okolnog prostora koja se manifestuje u obliku talasa. Slično tome i elementarne čestice deformišući fizičko polje - materiju višeg oblika, stvaraju talase višeg reda."[37]

Preskočimo proizvoljnost i problematičnost tumačenja da talasi predstavljaju, umjesto poremećaja elastične sredine, "deformaciju prostora". Obratimo pažnju na misli da je fizičko polje "materija višeg oblika" i da elementarne čestice u fizičkom polju stvaraju "talase višeg reda".

Što se tiče hijerarhijskog odnosa pojedinih materijalnih objekata može se reći da je atom sistem, koji je, u strukturnom smislu, složeniji od elektrona i protona da predstavlja viši stupanj u evoluciji neživе prirode. Po kojim je argumentim fizičko polje "viši oblik materije" nije jasno, posebno kada se uzme u obzir da je relativističko kvantno polje fundamentalni koncept savremene fizike. Fizički svijet je složena međuigra kvantno - relativističkih polja pa bi onda polja, u tom smislu, bila najniži oblik fizikalne materije. Time postaje besmislena i konstrukcija "talas višeg reda" kao talasanje "materije višeg oblika".

Najviši nivo "originalnosti" su ona razmatranja u kojima Raspopović nudi sopstveni kriterijum za objektivnost ili sopstvene poglede na problem strukture prostora i vremena.

Evo kako Raspopović uvodi ad hoc krajnje problematičan kriterijum za objektivnu realnost:

"Strogo deliti prirodu na talase i čestice nema nikakve osnove. Može se govoriti samo o tome da objekti prirode poseduju uzajamno povezane tipove svojstava, u ovom slučaju čestično i talasno svojstvo. Ukoliko se ova dva svojstva više prožimaju kod nekog objekta, utoliko je taj objekat bliži objektivnoj realnosti."[38]

Za fizičara su i elementarne čestice i planete podjednako realni fizikalni objekti. Po Raspopoviću bi, međutim, elektroni bili "bliže objektivnoj realnosti" od, recimo, Mjeseca, jer se kod izučavanja kvantnog kretanja elektrona moramo služiti valnom funkcijom, koja nam daje mogućnost statističkog opisa njegovog ponašanja, dok je u slučaju kretanja Mjeseca dovoljno dobar mehanički pojam čestičnog kretanja po trajektoriji.

Na taj način se dolazi do paradoksalne situacije da su dijelovi (elektroni) bliži objektivnoj realnosti od cjeline (Mjesec). To je samo druga varijanta isto tako ekstravagantne ontologije, po kojoj se realna makroskopska tijela sastoje od nerealnih mikroskopskih djelića.

Problem diskretnosti prostora je problem koji je, izgleda, više od ostalih zanimao Raspopovića, jer je u vezi s njim nastojao da proširi svoje tekstove novim eksplikacijam, što nije bio slučaj kod gledanja na elementarne čestice, o kome će kasnije biti više govora.

1974. godine "diskretnost prostora" je opisana na sljedeći način:

"U okviru atoma ... postoji diskretnost prostora... Ta diskretnost prostora ne potiče sama od sebe, već je uslovljena prisustvom određenog oblika materije - atoma."[39]

1985. godine problem je detaljnije razmotren:

"Prema Borovom modelu atoma, elektronu je "zabranjeno" zadržavanje u prostoru među elektronskim orbitama. Zbog čega? Da li zbog toga što tu postoji apsolutno prazan, nematerijalizovan prostor koji elektron treba da "preskoči" ili zbog nečeg drugog? U tom međuorbitalnom prostoru, takođe, postoji materija, ali s kvalitativno različitim karakteristikama od one materije koja ispunjava orbitalni prostor. Ta okolnost uslovljava diskretna stanja elektrona u atomu, a samim tim i subatomskog prostora, odnosno materije na tom nivou."[40]

Dakle, " orbitalni" prostor ispunjava "orbitalna" materija, a "međuorbitalni" prostor "međuorbitalna" materija, koja se kvalitativno razlikuje od "orbitalne" materije. Eto, to je "dijalektičko - materijalističko" tumačenje diskretne strukture prostora unutar atoma! Ova metafizika neodoljivo podsjeća na Aristotelovo razlikovanje elemenata i etera, koje korišteno kao osnova za suprostavljanje zemaljske i nebeske fizike.

Pogrešno je kvantno ponašanje elektrona u atomu povezivati na bilo koji način sa diskretnom strukturom prostora i vremena u atomskim dimenzijama, tim prije, što se u vjerovatnoći pojavljivanja elektrona ne može pridružiti element diskontinuiteta. Ako se elektron može pojaviti u bilo kojoj tački, a pojam diskretne strukture prostora pretpostavlja realnost samo pojedinih prostornih tačaka, onda je jasno da u domenu atoma diskretnost prostora ne dolazi do izražaja. Većina autora smatra da kvantna struktura prostora i vremena može eventualno doći do izražaja tek u eksperimentima pri energijama, koje su uporedive sa energijom superujedinjenja fundamentalnih interakcija (deset triliona GeV).

S obzirom da Raspopović očigledno pridaje "orbitalnom prostoru" više stvarnosti nego što je to uobičajeno, dobro je pogledati šta bi o tome trebali saznati učenici iz udžbenika fizike, među čijim autorima se nalazi i sam Raspopović(!!!):

"Kakvo ... značenje ima izraz - orbita elektrona u atomu? Kvantna fizika na ovo pitanje pruža sledeći odgovor: geometrijska mesta tačaka, za koje postoji najveća verovatnoća da se elektron nađe u njima, predstavljaju orbite elektrona u atomu (elektron može, inače, da se nalazi i u drugim tačkama prostora oko jezgra, ali su za njih verovatnoće manje). U navedenom značenju možemo da koristimo reč "orbita" elektrona u atomu."[41]

U ovom konkretnom slučaju Raspopovićevo pogrešno gledište nije našlo mjesta u udžbeniku, ali su zato njegova gledišta o elementarnim česticama frapantno prisutna i ogledaju se u odricanju smisla pitanju "Od čega se sastoji proton?"[42], bez obzira što je već dugo vremena naučna činjenica da se u "statičkom" smislu sastoji od tri kvarka, koji mu određuju naboj, spin i barionski broj. U dinamičkom smislu slika je složenija: tri "valentna kvarka" su uronjena u "more" gluona i virtuelnih parova kvark - antikvark. Dakle, daleko od toga da je pitanje besmisleno!

Raspopovićeve simpatije su na strani ideje "bootstrap" filozofije, koja je prije kvarkovske hipoteze smatrana za pravilan pristup razumijevanju hadrona, elementarnih čestica koje učestvuju u jakom međudjelovanju. Po toj filozofiji, se smatralo da se svaka hadronska čestica sastoji, na neki način, od svih ostalih, tj. da su sve hadronske čestice ravnopravne, podjednako složene i podjednako elementarne. Ta ideja je u sovjetskoj filozofiji fizike dobila svoju "dijalektičko - materijalističku" glazuru i ta verzija "nuklearne demokratije" predstavlja siže Raspopovićevih gledanja na elementarne čestice:

"Može se reći da se elementarna čestica "sastoji" iz same sebe, svojih antičestica i svih drugih elementarnih čestica."[43]

"U izvesnom smislu može se reći da se bilo koja elementarna čestica "sastoji" iz same sebe, svoje antičestice i svih drugih elementarnih čestica."[44]

"Pojam "elementarnosti" gubi svoj prvobitni smisao isto kao i pojmovi "celo" i "deo". Svi mikroobjekti u ravnomernoj meri su i elementarni i neelementarni, oni su i prosti i složeni, i sastavni delovi i samostalne celine."[45]

Na današnjem stupnju razvoja fizike kvarkovi i leptoni se smatraju elementarnim česticama, a barioni i mezoni za specifične kvarkovske strukture. Prema tome, hijerarhija je jasna. Kvarkovi su fundamentalni od hadrona u čiji sastav ulaze. Ne može se reći da hadroni na neki način ulaze u strukturu kvarkova niti se to može reći za leptone. O strukturi kvarkova i leptona se može govoriti samo u smislu hipoteze o postojanja nekih fundamentalnijih entiteta. To je, međutim, suprotno ideji da se struktura elemetarnih čestica shvaća na način "nuklearne demokratije" kao skup svih poznatih čestica u virtualnim stanjima.

S obzirom da je za Raspopovića "nuklearna demokratija" vrhunac razvoja fizike elementarnih čestica, on se nije potrudio da stekne više znanja o kvarkovskom modelu hadrona, koji predstavlja današnju osnovu za razumijevanje strukuture i dinamike jakodjelujućih čestica. Zbog toga njegov osnovni prigovor kvarkovskoj hipotezi glasi da je njena slabost u tome što ona ne vrijedi za leptone![46] Pošto je kvarkovska hipoteza predložena da bi se razumio hadronski svijet ona se per definitionem i ne može odnositi na strukturu leptona. Jedino u "dijalektičkom materijalizmu" a la Raspopović to može biti njena slabost!

Nije li ovoliko bavljenje stavovima jednog čovjeka, posebno kada oni u mnogim detaljima ne odgovaraju paradigmi koju prihvaća naučna zajednica, čisti gubitak vremena i bez ikakvog teorijskog značaja? To bi bio ispravana prigovor ako bi se oni mogli svesti u granice privatnog prava na sopstveno (pa i pogrešno!) mišljenje o bilo čemu. Međutim, kada ti stavovi dođu u literaturu, koja je namijenjena nastavnicima kao pomoć prezentiranju filozofskih problema fizike, ili u direktno u udžbenike, onda je čitava situacija ipak ozbiljnija. Posebno ako je sličan trend prisutan i u biologiji.[47]

Ako smo se odrekli dijalektičkog materijalizma, kako se on u obrazovanju javio u svojoj najprimitivnijoj verziji? Ako nam je potreban dijalektički materijalizam, zašto se on "reklamira" kroz dijamatovsku verziju Dimića i Polzovića ili Raspopovićevu verziju, koja je često u kontradikciji sa pozitivnim naučnim činjenicama? Sasvim je sigurno da bi slično proizvoljno tumačenje povijesti, jezika ili samoupravljanja izazvalo žestoke kritičke reakcije i beskrajne rasprave praćene velikom medijskom podrškom.

Takavo ponašanje jasno upućuje na to da je kratkovida neman politike svojim sljepilom zarazila i obrazovni sistem, koji svugdje predstavlja pretpostavku svih oblasti duhovne proizvodnje. Kako se mogu njegovati univerzalne vrijednosti, ako su senzori politbirokratske pažnje osjetljivi samo na ono što može imati dnevnopolitičku aplikabilnost? Situacija u kojoj su jezik i povijest važniji od fizike i biologije, pokazuje sramotnu provincijalizaciju kulture i civilizacijsko udaljavanje od svijeta.

* * *

NAPOMENE

1) Apologetska atmosfera veličanja značaja Engelsa, a naročito Lenjina, za razumijevanje moderne fizike je prisutna u napisima sovjetskih filozofa i fizičara, dok Veljak, na primjer, smatra da "s Engelsom započinje opadanje razine marksističke misli" (L.Veljak, Marksizam i teorija odraza, Naprije, Zagreb, 1979, s.98). Svoju argumentaciju nalazi u Engelsovom "flertu" sa prirodoznastvenim shvaćanjima materije i spoznaje. Moje je mišljenje da su Engelsov i Lenjinov opus upotrebljiviji kao istorijski primjer važnosti filozofske analize krize prirodnoznastvenih koncepcija nego uputstvo, u kojem je moguće pronaći pravilna rješenja problema u temeljima kvantne mehanike.

2) Korisne kratke skice različitih gledanja na marksističku filozofiju su sljedeći tekstovi: P.Vranicki, Glavni pravci marksističke filozofije u XX stoljeću, u zborniku "Marksistička filozofija XX veka", Nolit, Beograd, 1980; V.Mikecin, Problemi marksističke misli danas, u V.Mikecin, Marxisti i Marx, Globus, Zagreb, 1982; V.Mikecin, Jedanaest teza o marksizmu, Ibid. R.Tubić, Savremene interpretacije marksizma, u zborniku "Savremenu marksizam", Marksistički studijski centar Centralnog komiteta SKBiH "Veljko Vlahović", Sarajevo, 1985;

Stogodišnjica Marxove smrti je bila povod za ponovne valorizacije Marxa i marksizma i one su u posebno jasnom vidu ukazale na aktuelnu interpretativnu raznolikost današnjeg marksizma. Vidi zbornik "Marx nakon sto godina", Globus, Zagreb, 1984, (Priredio i predgovor napisao R.Kalanj).

Autoritativna studija nastanka i evolucije marksizma do današnjih dana je "Historija marksizma" Predraga Vranickog (najnovije izdanje, Cekade, Zagreb, 1987). "Glavni tokovi marksizma I - III" Leszeka Kolakowskog (BIGZ,Beograd, 1980 - 1985), iako natopljeni razočarenjem u "realni socijalizam" koje poprima i formu ekstremnog antikomunizma, predstavljaju djelo koje je vrijedno čitanja.

Sovjetsko viđenje osnovnih etapa, problematike i tendencija razvoja marksizma u evropskim socijalističkim zemljama i nekim kapitalističkim, prikazano je u zborniku "Savremena marksističko - lenjinistička filozofija u inostranstvu" (A.G. Myslivčenko (red.), Sovremennaja marksistsko-leninskaja filosofija v zarubežnyh stranah, Nauka, Moskva, 1984.).

3) P.Vranicki, Glavni pravci marksističke filozofije u XX stoljeću, u zborniku "Marksistička filozofija XX veka", Nolit, Beograd, 1980., s.27. Ovaj citat je u disonanciji sa zaključnim razmatranjima u "Historiji marksizma". Tamo Vranicki, vidjeći samo u integralnosti i kreativnosti marksizma šansu za superiornost u dijalogu sa savremenom građanskom misli, kaže:

"S obzirom na filozofske fundamente ta integranost znači: ne ostajati jednostrano na objektivnoj dijalektici i dovoditi je do ontologizma, zaboravljajući čovjeka i cjelokupnu problematiku s njim u vezi, ni jednostrano ostajati na dijalektici historije, koja postaje sinonim za dijalektiku uopće. Iako je potcrtavanje tih pitanja za čovjeka danas odsudnije, ono mora završiti u jednostranom antropologizmu, kome nedostaje realna, opća dijalektička osnova stvarnosti kao jedna od pretpostavaka i dijalektike historije. Jednostranom ontologizmu, naročito staljinskog perioda, koji je u svom pozitivizmu zaboravio čovjeka i historiju, suprostavlja se jednostrani antropologizam, koji zaboravlja prirodu." (P.Vranicki, Historija marksizma, III knjiga, Liber - Naprijed, Zagreb, 1978, s. 323 - 324. Vidi i P.Vranicki, Historija marksizma, II knjiga, Cekade, Zagreb, 1987, s. 412 - 413.)

4) Neki problemi teorije odraza, Referati i diskusija na IV stručnom sastanku udruženja, Bled, 10 - 11 novembra 1960. Izdanje Jugoslovenskog udruženja za filozofiju (redakcija V.Pavičević, B.Šešić i S.Knjazeva)

5) L.Veljak, Marksizam i teorija odraza, Naprijed, Zagreb, 1979.

6) Ibid., s. 216.

7) Ibid., s 216 - 217.

8) Ibid., s. 32.

9) Ibid., s. 41.

10) Ibid., s. 42 - 43.

11) Ibid., s. 40.

12) Ibid., s. 41.

13) Ibid., s. 41.

14) G.Petrović, Čovjek i sloboda, u knjizi "Filozofija i marksizam", Naprijed, Zagreb, 1976, s. 117.

15) Takva situacije nije ostala bez posljedica. Pogrešne definicije ulaze u udžbenike i enciklopedije. Abeceda naučnog metoda ostaje nejasna. Poznato je da je naučna teorija najviša forma naučnog znanja, tj. struktura koja je mnogo bogatija od pojma naučne hipoteze ili naučnog zakona. Evo nekoliko primjera u kojima se, pogrešno, stvari vide drugačije:

"Hipoteza je teorija kojoj smo privremeno uskratili podršku da bismo je bez predrasuda razmatrali i provjeravali; teorija je hipoteza koju smo privremeno prihvatili i spremni smo da je tvrdimo." (G. Petrović: Logika, Školska knjiga, Zagreb, 1977, 228.);

"Svaka naučna hipoteza ukoliko se potvrdi novim empirijskim činjenicama što ih je ona predvidjela, postaje teorija." (Enciklopedija leksikografskog zavoda, tom VI, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1969., 365.);

"Hipoteza, koja se u daljnjem istraživanju na osnovu novih opažanja i eksperimenata dovoljno potvrdila (verificirala) postaje teorija." (Filozofijski rječnik, redaktor V.Filipović, Nakladni zavod Matice hrvatske, Zagreb, 1984., 129.);

"Eksperimentalnim dokazima teorije prelaze u zakone." (G.L.Dimić i D.M.Radivojević, Fizika za I razred zajedničkog srednjeg vaspitanja i obrazovanja, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1981, s. 7).

16) D.Ivanović, Engels i fizika, u zborniku "Marks i Savremenost 3", Institut za izučavanje radničkog pokreta i Institut društvenih nauka, Beograd, 1966.

17) A.Kron, Dijalektika kao metafizika, Ibid.

18) Z.Marić i A.Milojević, O zakonima održanja u fizici; B.Mušicki, Aksiomatska metoda u fizici, Ibid.

19) M.Janković, O nivoima i stepenu integracije u živim sistemima, Ibid.

20) B.Šešić, Problem aksiomatizacije fizike i dijalektika, Ibid.

21) B.V.Šešić, Savremene teorije o fizičkoj realnosti, Radnički univerzitet Novi Beograd, Beograd, 1972.

22) B.V.Šešić, Filosofske osnove fizike, Društvo za istoriju i filozofiju matematičkih, prirodnih i tehničkih nauka, Beograd, 1973.

23) Šešić je u svojoj diskusiji na Bledu u vezi teorije odraza, spominjući Carnapa, Schlicka i Tarskog pokušao da ukaže da se svakom problemu treba prilaziti na maksimalno širok način, uzimanjem pozitivnih dostignuća i onih linija mišljenja sa kojima se u cjelini ne slažemo. Vidi B.Šešić, diskusija u zborniku "Neki problemi teorije odraza", Jugoslavesnko udruženje za filozofiju, Beograd, 1960.

24) J.Pop-Jordanov, O prirodi mikročestice, Ibid. u zborniku "Marks i Savremenost 3", Institut za izučavanje radničkog pokreta i Institut društvenih nauka, Beograd, 1966.

25) Ibid.

26) G.L.Dimić i A.M.Polzović: Fizika za II razred zajedničkog srednjeg vaspitanja i obrazovanja, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1981, s. 93.

27) M.O.Raspopović: Fizika i dijalektika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974.

28) M.Raspopović: Osnovni zakoni dijalektike na primerima u nastavi fizike, Putevi i dostignuća XIII (1) (1977) 61 - 73.

29) M.Raspopović: Supstancija i polje kao konkretne forme materije, Putevi i dostignuća, godina XV broj 3, Sarajevo, 1978.(87 -97).

30) M.Raspopović: Naučni pogled u sistemu obrazovanja i vaspitanja, Putevi i dostignuća XVI (3) (1979) 26 -32.

31) M.O.Raspopović: Fizika - dijalektika na delu, Biblioteka "Savremeno obrazovanje", Prosvetni pregled, Beograd, 1981.

32) M.O.Raspopović, Determinizam u nauci i filozofiji, Stručna knjiga, Beograd, 1985.

33) M.O.Raspopović: Fizika i dijalektika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974,s. 37.

34) Ibid., 39.

35) Ibid., s. 50.

36) Uporediti pasus Raspopovića:

"Ideja dinamičkog kompleksa kulminira u shvatanju da je "svaka individualna čestica sastavljena od svih ostalih", što izražava maksimalnu složenost svake čestice i svakog fizičkog objekta." (M.O.Raspopović: Fizika i dijalektika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974, s. 35.);

sa ovim pasusom Šešića:

"Sam pojam fizičkog dinamičkog kompleksa kulminira u ideji po kojoj je "svaka individualna čestica sastavljena od svih ostalih", što izražava maksimalnu složenost svake čestice i svakog fizičkog objekta." (B.V.Šešić, Filosofske osnove fizike, Društvo za istoriju i filozofiju matematičkih, prirodnih i tehničkih nauka, Beograd, 1973, s. 389.).

Još beskrupuloznije korištenje tuđeg truda je "prisvajanje" teksta "Dijalektičko - materijalistički pojam materije i savremena fizika" L.B.Ažđenova, koji je Raspopović skoro doslovno prepisao bez spominjanja pravog autora. (Uporedi L.B.Ažđenov, Dialektiko - materialisticeskoe ponjatie materii i sovremennaja fizika, Fizika v škole 1 (1973) 16 - 21. i M.O.Raspopović, Fizika i dijalektika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974, dio "Savremena struktura elementarnih čestica", s. 58 - 63.)

37) M.O.Raspopović: Fizika i dijalektika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974, s. 34 - 35.

38) Ibid., s. 40.

39) Ibid., s. 53.

40) M.O.Raspopović, Determinizam u nauci i filozofiji, Stručna knjiga, Beograd, 1985., s. 56.

41) I.V.Aničin, S.E.Božin, E.S.Danilović, S.I.Žegarac, D.M.Ivanović, D.K.Krpić, B.B.Markov, M.O.Raspopović i V.V.Urošević, Fizika za II razred zajedničke osnove srednjeg usmerenog obrazovanja, Naučna knjiga, Beograd, 1979, s. 122.

42) "Tvrđenje da se (proton, J.S.) sastoji od elementarnijih (fundamentalnijih) čestica nema mnogo smisla." (I.V.Aničin, S.E.Božin, E.S.Danilović, S.I.Žegarac, D.M.Ivanović, D.K.Krpić, B.B.Markov, M.O.Raspopović i V.V.Urošević, Fizika za II razred zajedničke osnove srednjeg usmerenog obrazovanja, Naučna knjiga, Beograd, 1979, s. 152.)

Gledište nije modificirano ni u najnovijem izdanju. Vidi I.Aničin, S.Bošin, E.Danilović, S.Žegarac, D.Ivanović, D.Krpić, B.Markov, M.Raspopović i V.Urošević, Fizika za II razred zajedničke osnove srednjeg usmerenog obrazovanja, Naučna knjiga, Beograd, 1986, s. 122.

43) M.O.Raspopović: Fizika i dijalektika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974, s. 61.

44) M.O.Raspopović, Determinizam u nauci i filozofiji, Stručna knjiga, Beograd, 1985, s. 183.

45) M.O.Raspopović: Fizika - dijalektika na delu, Biblioteka "Savremeno obrazovanje", Prosvetni pregled, Beograd, 1981, s. 8.

46) "Teorija kvarkova...vrlo primitivno i grubo (što važi i za ostale teorije i modele) pokušava da prikaže objektivnu realnost mikrosveta. Njena slabost posebno dolazi da izražaja kod mi-mezona, elektrona i neutrina. Ove čestice se ne mogu predstaviti kao stanja kvarkova. Usled toga ovoj teoriji leptoni i fotoni izgledaju kao neki strani objekti." (M.O.Raspopović: Fizika i dijalektika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974, s. 63.)

"Slabost hipoteze o postojanju kvarkova ogleda se i u tome što se ona ne odnosi na leptone: ni mi-mezon, ni elektron, ni neutrino, ne mogu se predstavti kao objekti koji se "sastoje" od kvarkova." (M.Raspopović: Supstancija i polje kao konkretne forme materije, Putevi i dostignuća, godina XV broj 3, Sarajevo, 1978, 87 - 97.)

"Slabost hipoteze o postojanju kvarkova vidi se i u tome što se ona ne može odnositi na na leptone: ni mi-mezon, ni elektron, ni neutrino ne mogu biti predstavljeni kao objekti koji se "sastoje" iz kvarkova." (M.O.Raspopović, Determinizam u nauci i filozofiji, Stručna knjiga, Beograd, 1985, 190.)

47) Vidi J.Danon, Idejnost u biologiji i srodnim disciplinama, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1974; J.Danon, Filozofski problemi biologije, Rad, Beograd, 1976. U "dijalektičkoj ekologiji", kojom Lakušić daje "dijelektičko - ekološko" shvaćanje, materije postoje, također, veliki naučni i filozofski promašaji. Vidi J.Sliško, Lažni sjaj "dijalektičke ekologije", Lica, godina XV, 4 - 6 (1985) 97 -112.

2.2. uloga filozofije u fizikalnoj spoznaji

Fizikalna slika svijeta predstavlja svojevrsnu filozofsku interpetaciju (sintezu) dosegnutog stupnja razvoja fizikalnog znanja, tj. njegovih fundamentalnih kategorija: "materija", "kretanje", "prostor", "vrijeme", "međudjelovanje" i "uzročnost". Do revolucije u fizici dolazi kada se mijenja shvatanje barem jedne od njih, tako da su se kroz povijest fizike izdifencirale "mehanička", "elektromagnetna", i "kvantno - relativistička" slika svijeta.

U formiranju fizikalne slike svijeta filozofija ima bar dvije važne funkcije:

- filozofija pruža metodički, logički i semantički instrumentarij za kritičku analizu fizikalnih pojmova i teorija;

- filozofska valorizacija slike fizikalne svijeta predstavlja najširu osnovu za formulaciju globalnih programa istraživanja.

Značaj filozofije i njenog dijaloga sa fizikom postaje posebno važan kada je potrebno krčiti nove putove, tj. kada dalji napredak nije moguć "zanatskim" proširivanjem znanja u pojedinim detaljima. Svi veliki teorijski podvizi su, u suštini, bazirani na vjerovanju u neki princip ili ideju sa izrazitom filozofskom aromom.

Sadašnji trend razvoja fizike elementarnih čestica, koja predstavlja osnovu moderne fizikalne slike svijeta, to najbolje ilustrira. Uvjerenje da je moguće opisati osnovne strukturne elemente materije i njihove interakcije u okviru jedne jedinstvene teorije prije slijedi iz filozofskog stava o materijalnom jedinstvu svijeta nego iz eksperimentalnih činjenica.

Značaj filozofske analize i interpretacije osnovnih fizikalnih kategorija je utoliko važniji jer je buran razvoj fizike u XX stoljeću uzdrmao mnoga tradicionalna gledišta. To je bio povod za pravu poplavu nakaradnih tumačenja i zloupotreba spektakularnih naučnih dostignuća.

Ovaj trend je najprisutniji u prezentiranju konceptualnih osnova kvantne mehanike. U posljednje vrijeme se o tome pišu knjige i za širu publiku i baš u tim prezentacijama se, gotovo po pravilu, stavlja naglasak na ona tumačenja matematičkog formalizma koja direktno ili indirektno ističu navodno "nezaobilaznu" ulogu ljudske svijesti u razumijevanju osnova kvantne mehanike, tj. koja insistiraju na tome da je ljudska svijest, zbog njene nefizičnosti, onaj metateorijski element, koji je nužan za razumijevanje kvantne mehanike. Ima i interpretacija koje i elektronima pridružuju "svijest". Takva izlaganja se potkrepljuju istrgnutim citatima iz djela eminentnih fizičara, što kod neupućenih može izazvati pogrešan dojam da je idealističko tumačenje kvatne mehanike shvatanje većine fizičara.

Pored interpetacija koje su eksplicitno idealističke susreću se i članci u kojima se očituje krajnje odbojan stav prema materijalizmu. Pri tome se ne daje tačna definicija materijalizma iz koje bi bilo vidljivo zašto je materijalizam kao filozofija u kontradikciji sa kvantnom mehanikom.

Ako se prihvati definicija da je materija sve ono što postoji neovisno o našoj svijesti onda takvo shavaćanje materijalnih objekata predstavlja dovoljno široku koncepciju koja je aplikabilna od kosmičkih objekata do elementarnih čestica.

Drugo pitanje predstavlja naš način opisivanja svojstava i ponašanje mikročestica. Ako se on ne može usaglasiti sa klasičnim svojstvima fizikalne realnosti to još ne znači da je to znak da trebamo napustiti pojam materijalnog objekta koji postoji neovisno i u našim uređajima ostavlja tragove na osnovu kojih se i gradi kvantna mehanika. Malo je naučnika koji će te tragove tumačiti kao nešto što nije nastalo kao materijalno međudjelovanje realnih mikročsistema i makroskopskih uređaja, koji se napravljeni sa namjerom da pomoću njih otkrijemo neka objektivna svojstva čestica koje postoje i koje su postojale neovisno o našoj egzistenciji.

Na koji način bi onda bilo moguće raspravljati o najranijoj istoriji Kosmosa, ako bi svojstva mikročestica zavisila od naših uređaja i naše svijesti? Bez obzira na kontradiktorna svojstva ponašanja mikročestica sa stanovišta zdravog razuma i apstraknost kvantno – mehaničkog opisa toga ponašanje kvantna mehanika ne dovodi do diskreditiranja materijalizma kao jedine ispravne filozofske osnove fizike i ostalih prirodnih nauka.

Averzija prema materijalizmu kod zapadnih autora je uvjetovana više ideološkim nego naučnim razlozima. Tome treba dodati i nedostatak tekstova materijalističke orijentacije, koji bi svojim filozofskim nivoom uspješno parirali napisima koji propagiraju idealizam.

Rijetki filozofski eseji sovjetskih autora koji su objavljeni na Zapadu pate od fatalnog nedostka da ne tretiraju najaktuelaniju problematiku u filozofiji kvantne mehanike. Tako je najšira čitalačka publika na Zapadu bolje informirana o aktuelnim problemima osnova kvantne mehanike neko neki sovjetski naučnici i filozofi, koji se tom oblašću profesionalno bave! (Vidi u Uvodu o recepciji Bellovih nejednakosti).

Sovjetski filozofi i fizičari su se orijentirali na domaći teren i "uljuljkani" zabludom da su pronašli "jedino ispravno tumačenje" kvantne mehanike, oslobođeno svih "promašaja" idealizma, nisu pokazivali zanimanje za bitan teorijski i eksperimentalni napredak koji se u međuvremenu desio. Pored toga su njihovi tekstovi nepotrebno opterećeni nizom Lenjinovih citata koji se odnose na najopćenitije probleme.

Iluzorno je očekivati da se dijalog o fundamentalnim ontološkim i epistemološkim pitanjima kvantne mehanike može riješiti u korist materijalizma pomoću djela čovjeka koji nije ni mógao napisati bilo šta o kvantnoj mehanici, iz jednostavnog razloga što je kvantna mehanika uobličena tek nakon njegove smrti. Pored toga njegovo "najfilozofskije" djelo su komentari o Hegelovoj filozofiji, koja je izgubila dosta od svog ugleda u sudaru sa "tvrdoglavim naučnim činjenicama". I značajan dio Engelsove dijalektike pati od sličnog nedostatka, tj. dijalektika se natura prirodi kao okvir koji prirodne nauke treba da ispune konkretnim primjerima.

Ideja razvoja i istorije se može i mora primjeniti i na neživi svijet, ali pojmovi "pozitivno" i "negativno", "progresivno" i "regresivno" u tom kontekstu izgledaju, najblaže rečeno, čudno ("zakon negacije negacije"!). Materijalno jedinstvo fizikalnog svijeta ne dozvoljava fundamentalnu promjenu njegovog karaktera, tj. on svojom evolucijom ne može postati ni "bolji" ni "gori", za razliku od ljudskog društva koje može postati pravednije ili od živog organizma, koje može postati prilagođenije okolini. Vjerovati da je fizičkom univerzumu inherentna ideja o "progresivnoj" evoluciji, koja u sebi implicira ostvarenje slobodnog ljudskog društva, ne spada u domen nauke nego religije. Naravno, ovim se ni u najmanju sumnju ne dovode Engelsove i Lenjinove uspješne filozofske analize stanja fizike u prošlom i na početku ovog stoljeća.

Metod argumentacije, baziran na autoritativnosti, karakterističan za pristalice peripatetičke filozofije, koji su za rasprave o svim problemima koristili Aristotelove misli, je izbačen iz znanosti Galilejevim metodološkim fundiranjem modernog naučnog metoda za sticanje istinitog znanja. Može se reći da od vremena Galileja značaj poznavanja činjenica postaje glavni atribut znanstvenog odnosa prema svijetu. Pitanje "kako se nešto dešava?" sè prećutno smatra važnijim od aristotelijanskog "zašto se nešto dešava?", što će u ekstremnom vidu biti osnova pozitivizma, koji će potpuno odbaciti potrebu za razumijevanjem prirode.

Važnost filozofske analize fizike je i u tome da ukaže na nužnost stalnog dijaloga pitanja "kako?" i "zašto?", naglašavanjem njihovih spoznajnih vrijednosti i ukazivanjem na njihove nedostatke kada se prenaglase (pozitivistička i naturfilozofska devijacija metodologije znanosti). Situacija u tumačenju kvantne mehanike može služiti kao eklatantan primjer za dominaciju pitanja "kako?", jer se mogućnost postavljanja pitanja "zašto?" odbija ili se "radoznalost", koja je iskonski atribut mudrosti, označava kao besmislena, čak i u marksističkim krugovima. Zaboravlja se da će nauka postojati sve dok bude moguće postaviti barem jedno pitanje "zašto?".

2.2.1. SUDBINA FILOZOFSKIH ANTICIPACIJA U FIZICI

Povijest znanosti i filozofije pruža dosta poučnih primjera o sudbini filozofskih anticipacija, koje u nauci djeluju na duži rok. Nije rijedak slučaj da između filozofske artikulacije ideje i njene afirmacije u znanstvenoj praksi prođu stoljeća.

Nekoliko klasičnih primjera je dovoljno rječito. Prošlo je više od dvije hiljade godina od Demokritovog koncepta atoma do njegove verifikacije kroz Daltonov rad na razumijevanju hemijskih zakonitosti. Nakon toga se znanja o atomima povećavaju neslućenom brzinom i sve je jasnije da je samo osnovna ideja atomizma ispravna, a da se do detalja u atomskoj strukturi materije može doći jedino kroz naučnu praksu.

Drugi primjer je Boškovićeva ideja o jedinstvenom zakonu sila.[1] Tek u ovom stoljeću je taj problem došao na dnevni red fizike. Najprije se njime pozabavio Einstein, pokušavajući da ujedini elektromagnetnu i gravitacionu interakciju. Otkriće novih tipova međudjelovanja u atomskom jezgru (jako i slabo nuklearno međududjelovanje) pokazuje da je njegov pokušaj bio preuranjen. Fizičari još nisu rapolagali konceptualnim i matematičkim aparatom koji dozvoljava da se u realizaciji Boškovićevog programa postignu početni uspjesi. Tek krajem šezdesetih godina Weinberg i Salam uspijevaju izgraditi teoriju u kojoj se elektromagnetno i slabo međudjelovanje pokazuju kao dvije različite manifestacije jedne fundamentalnije interakcije.

Ni Einstein, ni Weinberg i Salam, ne spominju Boškovića kao svog konceptualnog prethodnika. Dva su glavna uzroka tom fenomenu. Jedan je taj što Bošković i njegov opus nisu ni dovoljno poznati ni adekvatno predstavljeni. U dosadašnjim valorizacijama ideja jedinstvenog zakona sila (unica lex virium) biva u sjenci koncepcije dinamičkog atomizma. Drugi uzrok je što moderni naučnik nema vremena da proučava filozofske i naučne tekstove koji mu ne mogu pomoći u rješavanju konkretnih problema. Bošković je zbog svog nepoznavanja integralnog i diferencijalnog računa bio prisiljen da koristi geometrijske metode u kvantitativnom uobličavanju svojih ideja. I već tada to smanjuje komunikativnost njegovog opusa, a danas predstavlja gotovo nesavladivu prepreku za pristup njegovom razmišljanju o unifikaciji sila.

Bošković je prvi formulirao program ujedinjavanja sila i ponudio svoju verziju rješenja za tada poznate sile. Današnja rješenja se korijenito razlikuju, već zbog činjenice da danas poznajemo četiri osnovne interakcije. Da li to znači da nema smisla proučavati Boškovića? Ima smisla, ako se želi napraviti komparacije ideja i metoda u cilju analize konkretnog primjera velike filozofske anticipacije jednog od najvažnijih naučnih programa savremene fizike. Dakle, to je posao za one koje zanima formuliranje i evolucija fundamentalnih naučnih ideja. Oni koji se zanimaju konkretnom realizacijom programa ujedinjena sila, bilo kao teoretičari ili eksperimetatori, nemaju potrebe ulagati veliki trud koji je nužan da bi se današnji čitalac "prebacio" u Boškovićev pojmovni i metodološki svijet.

U doba kada se nauka eksplozivno razvija postaje očigledno da se veoma brzo mijenja i konceptualni i matematički pristup problemima. Zbog toga je za ocjenu vitalnosti naučnih ideja uvijek potrebna dovoljna vremenska distanca na kojoj je moguće "odvojiti žito od kukolja". Istovremeno prisustvo i pravilnih i pogrešnih ideja, te starih i novih teorijskih koncepcija osobito je dramatično u doba kada se u etabliranoj paradigmi uočavaju nedostaci i kada je nužno vršiti određene korekcije. Odavde je lako zaključiti da je nezahvalno biti prorok u nauci i određivat program njenog generalnog razvoja. Slučajna otkrića, poput otkrića miona ili kvazara, koja se nikako nisu uklapala u postojeće paradigme, su eklatantan argument za tvrdnju da u nauci nikada ne znamo "šta nas čeka iza ugla".

Kada se nauka promatra u povijesnoj perspektivi jasno se uočava da mali broj pojmova i metodoloških postupaka ima

univerzalnu važnost. Zbog toga naučne knjige i udžbenici iz prošlih razdoblja više zanimaju istoričare nauke nego same naučnike. U tome se znanost suštinski razlikuje od umjetnosti u kojoj je izučavanje povijesti umjetnosti jedan od temeljnih segmenata u akademskom obrazovanju umjetnika. Grčka umjetnost i Shakespeareove drame su ostali integralni dio kulture i danas, a naučna znanja tog doba su prekrivena prašinom zaborava ili su u modernu znanost ugrađena u vidu koji ne dozvoljava jednostavnu komparaciju sa originalnom formulacijom.

Pri takvom stanju stvari svi oni koji tvrde da su u djelima začetnika marksizma sadržane konačne istine o svijetu pokazuju svoju intelektualnu limitiranost i marksizam pretvaraju u njegovu suprotnost, u atrofirani skup dogmatskih shema koji je sve dalji i od uskovitlanih znanstvenih tokova i od života samog. Engelsova "Dijalektika prirode" će više doprinositi marksizmu ako se tretira kao primjer pokušaja širenja pojmovnog horizonta i filozofskog generaliziranja prirodoznanstvenih spoznaja nego ako postane Prokrustova postelja modernom naučnom znanju.

U tome svjetlu treba gledati i na zakone dijelektike. Oni su samo pokušaj filozofske artikulacije općih zakona razvoja ukupne materijalne i duhovne stvarnosti. Ako vjerujemo u jedinstvenost svijeta i ako smatramo da ona svoju formu ispoljava kroz suštinsko jedinstvo svih poznatih fenomena, onda zakoni dijalektike predstavljaju značajan napredak u čovjekovom spoznajnom osvjetljavanju sopstvene egzistencije. Međutim, veoma je dug put od filozofske anticipacije do konkretnog naučnog oblika i upotrebe neke ideje ili vizije.

Za dalju sudbinu marksističke misli u domenu prirodnih nauka od presudne važnosti je revalorizacija filozofskog nasljeđa. Nesumnjivo je da je velikim dijelom Engelsov opus, a slično se može reći i za Lenjinove radove, ostao u okvirima nauke svog doba. Ona mjesta na kojime je Engels napravio ključne konceptualne prodore (konceptualno uobličavanje ideje evolucije nežive prirode i kategorije slučaja) treba jasno odvojiti od lutanja i pogrešnih vizija.

Dakle, oni koji nastoje da cjelokupni razvoj nauke prikazuju kao stalno potvrđivanje vječnih zakona dijalektike u Hegel – Engelsovoj formulaciji liče na nekoga ko bi pokušao da kvantnu mehaniku interpetira konceptualnom aparaturom Demokrita i Epikura, ili ko bi Boškovićev opus pretpostavio modernim verzijama teorija ujedinjena interakcija.

Do kakvih rezultata može dovesti takva valorizacija najbolje pokazuje jedan rad Kedrova[2] u kojem on problem klasifikacije elementarnih čestica promatra kroz prizmu klasifikacije elemenata, koju je izvršio Mendeljejev u svom periodnom sistemu.

Danas se već javljaju uspješni pokušaji jedinstvenog modeliranja ponašanja različitih sistema (obrazovanje zvijezda i galaksija, laserska emisija, periodične hemijske reakcije, procesi biološkog razvoja). Uzroci istorijskog razvoja realnih sistema se povezuju sa njihovim neravnotežnim stanjem, koje se mijenja zbog nestabilnosti. Procesi kooperativnog ponašanja neravnotežnih otvorenih sistema i procesi samoorganizacije u njima, koji imaju

karakter faznog prelaza, se izučavaju u fizici disipativnih sistema[3] ili u sinergertici[4]. Osnovna ideja sinergetike je nastanak reda iz haosa.

Na taj način nauka kuca na vrata onih problema koji je Engels pokušao riješti "materijaliziranjem" Hegelove vizije svijeta i njegove evolucije. Materijalno jedinstvo svijeta postaje filozofska osnova integrativnih procesa u znanosti. O tome rječito govori optimizam Vol'kenštejna:

"U osnovi buduće teorijske biologije mora biti fizika. Fizika u širokom smislu riječi, uključujući kako atomsko - molekularno razmatranje, tako i teoriju integralnih otvorenih sistema, dalekih od ravnoteže. Nema i ne predvidaju se nikakve granice za fizičko istraživanje žive prirode."[5]

Istim metrom konkretne naučne aplikabilnosti, bilo u domenu rješavanja specifičnih naučnih problema ili na nivou globalnih istraživačkih programa, se moraju mjeriti i zakone dijalektike. Za sada su oni samo filozofski preludij za naučni pristup problemu univerzalnih zakona teorije sistema, koji će pored deskriptivne imati i prediktivnu moć.

Ako filozof ima pretenzije da bude rado viđen i slušan gost naučne zajednice, onda je posebno važna mogućnost naučnog oblikovanja filozofskih ideja, bez čega filozofsko promišljanje gubi na svom značaju, barem u očima naučnika. U tom smislu postoji velika razlika u načinu kritike kopehagenskog tumačenja od strane Einsteina, Schrödingera, de Brogliea i predstavnika sovjetske filozofije i fizike u pedesetim godinama.

Einstein, Schrödinger i de Broglie su svoju kritiku artikulirali na naučnom jeziku, koji, u principu, dozvoljava i verifikaciju i falsifikaciju. Za razliku od njih sovjetska i sa njom rezonantna filozofska kritika su se odnosile na generalna stvari, koje se ne mogu riješiti eksperimentalnim ili teorijskim istraživanjem. Iako su i takva razmatranja važna, ona ne doprinose neposredno razrješavanju stvarnih problema. Da svaki teorijski sistem dopušta niz filozofskih tumačenja postaje očigledno baš u slučaju kvantne mehanike. Šta više, kopenhagensko tumačenje koje je napadano kao idealističko je kasnije, uz male terminološke korekture, prezentirano kao jedina ispravna dijalektičko - materijalistička interpretacija. Takvi obrati, kod većine naučnika izazivaju osnovanu sumnju u važnost filozofskog diskursa za dalji progres nauke.

Bilo kako da se shvati marksistička filozofija nije moguće zaobići pitanja koja se tiču osnovnih svojstava svijeta i načina njegove spoznaje. Svako ambcioznije razmišljanje o svijetu mora imati neke "ontološke" i "epistemološke" polove, između kojih je, barem metodološki, smještena ljudska praksa. I samo odbacivanje tih pitanja kao nebitnih ili besmislenih već predstavlja određenu verziju marksizma i određeni stav prema filozofskim problemima fizike, a samim tim i kvantne mehanike. Za detaljnije razmatranja zažnosti filozofije za fiziku korisno je razmotriti njenu ulogu u formiranju i evoluciji fizikalnih teorija.

* * *

NAPOMENE

1) J.Sliško, Unica lex virium, Odjek, godina XL, broj 6 (15 - 31. mart 1987.), 6 J.Sliško, Boškovič: Vrijeme za novi pogled, Međunarodni znanstveni skup povodom dvijestote obljetnice smrti Rudera Boškovića, Dubrovnik, 5. - 7. 10. 1987.

2) B.M.Kedrov, K voprosu ob otkrytii i sistematike elementarnyh častic, predgovor knjizi A.N.Vjal'cev, Otktytie elementarnyh častic, Nauka, 1981.

3) I.Prigožin, Ot suščestvujuščego k voznikajuščemu, Nauka, Moskva, 1985. I.Prigožin i I.Stengers, Porjadok iz haosa, Progres, Moskva, 1986.

4) G.Haken, Sinergetika, Mir, Moskva, 1985.

5) M.V.Vol'kenštejn, Dopolnitel'nost, fizika i biologija, Uspehi fizičeskih nauk 154 (2) (1988) 278 - 297.

2.3. filozofski aspekti strukture i evolucije fizikalnih teorija

Razvojem fizike odnos teorije i realnosti postaje sve složeniji ili, iskazano riječima Einsteina, "polazne hipoteze.. bivaju sve apstraktinije, sve dalje od iskustva."[1] Pojava kvantne mehanike je taj odnos uzdigla do ranga samostalnog polja istraživanja u kojem diskusije o epistemološkim pitanjima fizike mikrosvijeta traju već pola stoljeća, bez široko prihvaćenih rješenja. Dužina polemike i eminentnost protagonista konfrontiranih stanovišta veoma sugestivno ukazuje na izuzetnu složenost problema.

2.3.1. FIZIKALNA TEORIJA KAO MODEL REALNOSTI

Fizikalna teorija je hipotetičko - deduktivni model fizikalne realnosti. Fizikalna realnost je segment objektivne realnosti, suštinski određen svojstvima i ponašanjem fizikalnih sistema (elektroni, protoni, fotoni,..). Do spoznajnog kontakta sa fizikalnom realnošću dolazimo kroz eksperimentalno i teorijsko istraživanje. Fizikalna teorija predstavlja racionalno uređenje spoznaja do kojih je došla fizika o određenom domenu fizikalne realnosti.

S obzirom na sve složenije instrumente, koji se koriste u laboratorijama, i sve apstrakniji matematički jezik, koji služi teoretičarima da bi precizno iskazali i povezali eksperimetalne podatke, može se samo uslovno reći da fizikalna teorija predstavlja "odraz" fizikalne realnosti. Pri tome se teorija ne smije shvatiti kao slika fizikalne realnosti u našem čulnom iskustvu, nego prije kao model te realnosti, čiji je ključni dio izgrađen od matematičkih objekata (funkcija, operator,...) povezanih određenim relacijama.

Regularnost ponašanja fizikalnih sistema postaje evidentna kroz eksperimentalni tretman fizikalne realnosti, što znači da eksperiment predstavlja ključni moment u odnosu teorije i realnosti. Kroz eksperimentalnu ravan se odvija dvosmjerna komunikacija između teorije i realnosti. To znači da realnost nije nikada direktno prisutna u ljudskom čulnom iskustvu, nego uvijek manifestira onaj oblik, koji "odgovara" trenutnoj optici konceptualnog aparata teorije i dosegnutog stupnja sposobnosti "postavljanja pitanja". Insistiranje na čulnim utiscima, kao jedinoj "evidentnoj" realnosti, je posljedica ove specifične veze realnosti, eksperimenta i teorije. Čulni utisci imaju smisao koji zavisi od stupnja kulturne evolucije socijalnog ambijenta u kojem obrazovan i vaspitan njihov primalac. Većina naših čulnih utisaka i njihova racionalna klasifikacija i interpretacija predstavlja proces u kojem je sublimirano ogromno ljudsko iskustvo, da se ne spominje evolutivni karakter bioloških struktura, koje čine fiziološku osnovu čojvečijeg senzualnog aparata.

Ako se ostane u domenu čulnih impresija, onda su porušeni svi mostovi prema naučnom shvatanju realnosti i fizikalni sistemi nužno "postaju" samo korisne pomoćne tvorevine za ekonomično organiziranje eksperimentalnih rezultata ili senzualnih doživljaja eksperimentatora.

Prelaz od vizuelnih ka matematičkim modelima i uvodi u filozofiju fizike problem fizikalne realnosti.

Epistemološka struja u marksističkom tumačenju kvantne mehanike definira fizikalnu realnosti kao "laboratorijsku verziju" objektivne realnosti, uključujući u nju ljudsku praktičnu djelatnost.(Vidi komentar radova Markova i Dyślevyja u petom dijelu). Time u teorijskom modelu ostaju nerazdvojno povezani subjektivni i objektivni aspekti mikrorealnosti. Iako se i u takvom pristupu priznaje autonomna egzistencija mikroobjekata, niz njihovih svojstva postaje relativan u odnosu na mjerne uređaje (čestični ili valni aspekt) i postaje neprimjenljiv izvan precizno definiranih eksperimentalnih uslova[2].

Predstavnici ontološke struje insistiraju ne samo na egzistenciji fizikalnih sistema izvan situacije promatranja i mjerenja nego smatraju da i valni aspekt kvantnog ponašanja predstavlja refleksiju nekog materijalnog procesa, koji nije karakterističan samo za interakciju sa mjernim uređajem i predstavlja objektivno svojstvo kvantnih sistema. Po njima uvijek iza eksperimentalne ravni postoji samostalna realnost, koju eksperiment otkriva (i pri tome je modificira!) ali je ne stvara. Po posljednjima je postojanje te transeksperimentalne stvarnosti i predmet modeliranja fizikalnih teorija i osnova prirodnih nauka.

Složenost odnosa teorije i realnosti najjasnije se manifestira pri razmatranju formiranja, strukture i evolucije fizikalnih modela.

2.3.2. FORMIRANJE FIZIKALNE TEORIJE

Po induktivnoj shemi nastanka teorija, proces formiranja teorije je u potpunosti odreden eksperimentalnim materijalom. U tom slučaju zadatak teoritičara je da pronalazi veze između različitih rezultata, bez ulaženja u suštinu izučavanih procesa. Ta shema je prilagođena fenomenološkim teorijama, kakva je, na primjer, termodinamika.

U okviru fenomenloških teorija niz pitanja ostaje bez odgovora. Time je teorija svedena na čistu deskripciju fizikalnih procesa, bez svoje najznačajnihe funkcije - funkcije objašnjavanja odredene korelacije fizikalnih veličina, tj. eksperimentalno ustanovljenih zakona.

U suprotnom modelu formiranja teorija, koji je Einstein sugestivno izložio i demonstrirao u sopstvenoj naučnoj aktivnosti, insistira se na intelektualnom uvidu u bit pojava uz pomoć hipotetičkih veličina i zakona. Zadatak teorijskog fizičara je "da traži one najopštije elementarne zakone iz kojih se čistom dedukcijom može da dobije slika svijeta. Do ovih elementarnih zakona ne vodi nikakav logičan put, nego samo intuicija, koja se oslanja na uživljavanje u iskustvo."[3]

/"Razum daje izgradnju sistema; empirijski sadržaji i njihovi uzajamni odnosi imaju da budu predstavljeni zaključnim stavovima teorije. Samo u mogućnosti jednog takvog predstavljanja leži vrijednost i opravdanje cijelog sistema i, ponaosob, osnovnih mu pojmova i osnovnih zakona. Uostalom, ovi posljednji su slobodni izmalasci ljudskog duha, koji se ne daju niti prirodom ljudskog duha niti inače na bilo koji način a priori opravdati."[4]

Iz ovih Einsteinovih stavova slijedi da je zadaća teoretičara da racionalno konstruira najjednostavniju konceptualnu i aksiomatsku bazu iz koje je, onda, moguće logički izvesti (i razumjeti) opažene eksperimentalne zakonitosti. Međutim, iako osnovne teorijske zakone smatra "slobodnim izmišljotinama ljudskog duha" i logički neizvodivim iz iskustva, Einsteina ne možemo svrstati među čiste racionaliste zbog toga jer on, ipak, osjeća važnost eksperimentalnog iskustva ("uživljavanje u iskustvo"). To ilustriraju ove njegove riječi:

"Svijet opažanja praktički jasno određuje teoretski sistem, uprkos što od opažanja do principa teorije ne vodi nikakav logičan put."[5]

Margenau je na sljedeći način okarakterizirao Einsteinovo stanovište:

"Einsteinova pozicija se ne može svrstati ni u jedan uobičajeni filozofski pristup; ona sadrži i crte racionalizma i crte ekstremnog empirizma, ali ne u logičkoj izolaciji."[6]

Einstein se složio sa ocjenom Margenaua i šire objasnio svoje gledište na formiranje teorijskih modela stvarnosti:

"Neki logički konceptualni sistem se može smatrati fizikom ukoliko se njegovi pojmovi i tvrdnje nužno dovode u relaciju sa svijetom iskustva. Svako ko želi da izgradi takav sistem, nailazi na opasnu prepreku, koja se ogleda u proizvoljnosti izbora (embarras de richesse). Zbog toga on traži da poveže svoje pojmove, što je moguće direktnije i nužnije, sa svijetom iskustva. U tom slučaju njegov pristup je empirički. Taj put je često plodan, ali je uvijek podložan sumnji jer specifičan pojam ili pojedini dokaz mogu, uostalom, utvrditi nešto što se može uporediti sa empirijski datim samo u vezi sa čitavim sistemom. On tada postaje svjestan da ne postoji logičan put od emprijski datog do pojmovnog svijeta. Njegov odnos postaje tada bliži racionalnom, jer uvida logičku nezavisnost sistema. Opasnost u tom pristupu leži u činjenici da u traganju za sistemom može biti izgubljen svaki kontakt sa svijetom iskustva. Kolebanje između ova dva ekstrema čini mi se neizbježnim."[7]

Ove Einsteinove misli veoma precizno karakteriziraju svu složenost i suptilnost formiranja fizikalne teorije, što, svakako, ima velikog uticaja na jasnoću odnosa između realnosti i njenog teorijskog modela. Što je predmet spoznaje dalje od našeg svakodnevnog iskustva i što za njegovu transformaciju u čulno iskustvo treba koristiti složeniji laboratorijski hardwear, model realnosti gubi na svojoj zornosti, tj. u njemu sve dominatniji ulogu igraju oblasti matematike, koje koriste sve apstraktnije matematičke objekte i operacije. Često, kao u slučaju valne i matrične mehanike, isti skup eksperimentalnih rezultata možemo konceptualno modelirati na više ekvivalentnih načina. To znači da tada ostaje otvoren problem adekvatnog modela mikrosistema i njegovog kvantnog ponašanja.

2.3.3. STRUKTURA FIZIKALNE TEORIJE

U okviru formirane fizikalne teorije se, najčešće, uočavaju sljedeći strukturni elementi:

(i) osnovni pojmovi i zakoni;

(ii) matematički formalizam;

(iii) pravila korespondencije.

Za ovo razmatranje veću važnost ima metateorijski dio, koji čine slika svijeta i filozofske osnove teorije. Naime, u tom dijelu je jedino moguće upotrebljavati intuitivni kompas koji nam pokazuje put ka suštini fizikalne realnosti.

Ako teoriju analiziramo kao jezički sistem onda nam osnovni pojmovi i zakoni predstavljaju njen "rječnik", matematički formalizam ima ulogu "pravila sintakse", a pravila korespondencije vrše semantičku funkciju. Matematički formalizam obezbjeđuje logičku upotrebu teorijskog vokabulara pri stvaranju teorijskih iskaza ("formiranje rečenica"). Da li određena "rečenica" ima smisla, odnosno, kakav je njen semantički sadržaj, moguće je utvrditi u uporedbi sa eksperimentalnim jezikom, koja se vrši pomoću pravila korespondencije.

Potpuno vladanje teorijskim vokabularom i vještina "prevođenja" na jezik eksperimenta još uvijek ne znači da smo došli do adekvatnog modela fizikalne realnosti. Suština modelirane stvarnosti korespondira suština teorijskog sistema, koja je skrivena u njegovom metateorijskom dijelu. Zbog toga do značajnih spoznajnih napredaka u istraživanju fizikalnog svijeta dolazi kada se mijenja metateorijski horizont teorije. Nažalost, ne postoji recept za izmjenu i do nje dolazi samo posredstvom "slobodnih iznalazaka ljudskog duha". U tim trenucima teorijski fizičar je sličan pjesniku, koji svojim metaforama otkriva čudesne aspekte stvarnosti, koje ostali ljudi ne primjećuju, iako fiziološki imaju isto čulno iskustvo i , u principu, na raspolaganju su im isti vokabular i pravila za njegovu upotrebu.

Metateorijski prtljag, koji je nosila klasična fizika, detaljnije je pregledan tek nakon formiranja kvantne mehanike i to se često zaboravlja u diskusijama oko suštine realnosti, koju opisuje kvantna mehanika. Istu pouku možemo dobiti i iz odnosa klasične i relativističke mehanike. Za razumijevanje koje pretendira na potpunost uvijek je potreban širi metateorijski horizont.

Detaljan popis filozofskih pretpostavki, na kojima je bazirana klasična fizika, dao je Hooker[9]. Posebnu važnost ima pretpostavka o mogućnosti permanentnog pridruživanja određenih atributa fizikalnim sistemima. Radikalna kritika te teze, kroz određena čitanja matematičkog formalizma kvantne mehanike, dovodi do modela fizikalnog objekta "bez dinamičkih svojstava", koji poprima određene "klasične" karakteristike (položaj, impuls,...) samo kada ga na to "natjera" mjerni uređaj. Takav pristup je veoma blizak stanovištu koje zauzeto u kopenhagenskom tumačenju i njegova kritička analiza će biti izložena kasnije.

2.3.4. KRITERIJUMI PROVJERE FIZIKALNE TEORIJE

Eksperimentalna verifikacija je jedini konačni sudac ispravnosti teorije i adekvatnosti impliciranog modela realnosti. Može se zauzeti i skeptičniji stav koji zastupa Popper, po kojem eksperimenti jedino mogu opovrgnuti teoriju, a nikada je ne mogu potvrditi. Fizikalna teorija je otvoren sistem, na koji

podjednako aktivno djeluju i fizikalna realnost i ljudska imaginacija i zbog toga trenutno slaganje sa eksperimentalnim podacima ne garantira njenu integralnu ispravnost. Pored složenosti same realnosti tom vječnom "stand -by" stupnju provjerenosti, doprinos daje suštinski hipotetičan karakter teorije kao ljudske kreacije, posebno u dijelu u kojem su sadržane "očigledne" filozofske pretpostavke.

Danas je epistemološka razdaljina između konceptualno - matematičke aparature i eksperimentalnih rezultata veća nego ikada ranije. To, međutim, ne znači da se suštinski izmijenio odnos teorije i eksperimenta. Zato Cini griješi kada razmišlja na sljedeći način:

"Ranije bi fizičar svojim rukama, uz pomoć najviše jednog tehničara, pravio instrumente koje je zamislio kako bi izdvojio neko posebno zanimljiv fenomen, tj. on je prilagođavao sredstva istraživanja svom spoznajnom cilju."[9]

Danas, po Cinijevom mišljenju, "odnos između čovjeka i mašine biva preokrenut"[10], "mašina određuje prostor istraživanja"[11], tj. "mašina je ta koja određuje kakvom ćemo se fizikom baviti"[12].

Odavde slijedi zaključak da "otkriće nije više odgovor na jedno brižljivo pripremano pitanje upućeno prirodi."[13]

Nije potrebno detaljnije polemizirati sa Cinijem, dovoljno je navesti okriće intermedijarnih vektorskih bozona, koje predstavlja "odgovor na jedno brižljivo pripremano pitanje upućeno prirodi". Pri tome su teorijska razmatranja odredila i nužna svojstva eksperimentalnog uređaja i karakteristike procesa, koji su trebali biti signal o postojanju vikona. Bez toga bi otkriće vikona bilo slučajno otkriće i ne bi bilo spektakularna potvrda ujedinjene teorije elekromagnetnih i slabih interakcija. Naravno, kada se govori o "potvrdi" teorije uvijek se misli da ona nije i ozbiljnoj kontradikciji sa dostupnim eksperimentalnim podacima. U slučaju ujedinjene teorije elektromagnetnog i slabog međudjelovanja naredna "potvrdu" (ili opovrgavanje!) dat će traganje za Higgsovim bozonima.

Potraga za raspadom protona je još jedno pitanje koje eksperimentatori postavljaju prirodi. Ukoliko dobijemo očekivani odgovor, znat ćemo da smo na pravom putu prema razjašnjenju misterije kvark - leptonske simetrije. To znači da je naša strategija istraživanja, bazirana na teorijsko - eksperimentalnoj kolaboraciji, ispravna i da se nije suštinski promijenila u odnosu na klasičnu fiziku. Drugi je problem što su sada teorije vrtoglavo apstraktne i što mašine za eksperimentalno istraživanje mikrosvijeta predstavljaju izvanredne tehnološke i građevinske poduhvate. Sa te strane Cini je u pravu. Vrijeme hand - made aparatura je prošlo.

Slaganje sa eksperimentom je od presudne važnosti za sudbinu teorijskog sistema. Međutim, ono samo po sebi nije dovoljno jer jedno te isto eksperimentalno iskustvo možemo modelirati (konceptualno i matematički) pomoću različitih teorijskih shema. Zbog toga je potrebno razraditi kriterijume koji će se primjenjivati za metateorijsku ocjenu valjanosti pojedine teorijske konstrukcije.

Bunge[14], pored empirijske navodi sljedeće kriterijume za testiranje fizikalne teorije:

(i) metateorijski;

(ii) interteorijski;

(iii) filozofski.

U okviru metateorijskog testiranja teorije je najvažnija logička konzistenost[15] i svaka prihvatljiva teorija mora posjedovati to svojstvo. Aristotelova teorija kretanja je, u suštini, bila logički nekonzistentna, što je svojevrsna ironija, jer se Aristotel opravdano smatra tvorcem logike u modernom smislu riječi. Rutherfordov prigovor Bohrovoj teoriji atoma vodika je bio iste prirode. Dakle, i bez konflikta sa eksperimentalnim iskustvom, moguće je sagledati ograničenost i neadekvatnost određenog teorijskog modela.

Nužnost interteorijskog povezivanja, ili u terminologiji koju koristi Tisza[16] "logičke integracije deduktivnih sistema", slijedi "iz metodološkog postulata da različiti deduktivni sistemi trebaju da izraze različite aspekte i s t e realnosti. Dioba pojava na "mehaničke", "termodinamičke", itd., od kojih je svaka opisana pomoću nekoliko deduktivnih sisteme, je apstrakcija. Realne pojave manifestiraju odjedanput sve ove aspekte. To znači da različiti deduktivni sistemi moraju biti primjenljivi zajedno jedan sa drugim i stoga moraju biti kompatibilni."[17]

Interteorijska kompatibilnost je odigrala značajnu ulogu u izgradnji mnogih teorija. Pri tome su određene teorije bile značajno modificirane i u aplikativnom smislu preciznije definirane. Paradigmatičan primjer je svođenje mehanike i elektrodinamike na isti zakon koordinatne transformacije, koji ostavlja invarijantnim fizikalne zakone. Drugi primjeri su relativistička teorija gravitacije[18], relativistička termodinamika, relativistička kvantna mehanika...

U svim ovim primjerima zahtijev za interteorijskom kompatibilnošću uzrokovao je izmjenu teorijske sheme i pojmovne baze inkorporirane teorije. Kasnije slaganje sa eksperimentalnim rezultatima je bilo dokaz da je teorijsko mišljenje uspjelo da formulira sopstvene kriterijume za ispravnost i adekvantost modela stvarnosti. Time se, naravno, ne tvrdi da interteorijska kompatibilnost nema, u krajnjem slučaju, vezu sa eksperimentalno potvrđenim svojstvima fizikalne realnosti, ali se ističe da ta veza nije direktno izvediva iz eksperimetalnog iskustva nego predstavlja njegov mnogostruko destiliran supstrat, pretočen u odgovarajući matematički zahtijev. Današnja Arijadnina nit u labirintu fizike elementarnih čestica je princip lokalne baždarske simetrije, uz podložnost proceduri renormalizacije i spontanog lomljenja simetrije.

Filozofski kriterijum za testiranje ispravnosti neke teorije ili njene interpretacije - to je, u suštini, slučaj u problemu kvantnomehaničke realnosti - je odraz izabranog stava prema svijetu. Fizičar koji zastupa naučni pogled na svijet ne može

prihvatiti fizikalnu teoriju koja bi insistirala na neophodnosti uvođenja nematerijalnih interakcija, supraluminarnih signala, akauzalnosti, psihokineze, itd., a ni filozofiju koja zagovara ograničenost ljudske spoznaje. Dok god postoje pitanja koja se mogu teorijski i eksperimentalno istražiti, ne može se reći da smo u nekoj oblasti došli do "epistemološkog zida".

Filozofski kriterijum nije podložan direktnoj eksperimentalnoj provjeri nego može biti testiran na osnovu adekvatnosti modela fizikalne realnosti koji se na osnovu njega da izgraditi. Dakle, ovaj kriterijum je više poticajni faktor za pokušaje alternativnih pristupa konceptualnoj osnovi neke standardne teorije.

Filozofski kriterijum igra važnu ulogu u tumačenju kvantne mehanike jer je evidentno da je svaki, pa i najbizarniji filozofski pravac nastojao da izvuče profit iz konceptualnih teškoća fizike mikrosvijeta. U tome smislu je zanimljivo da se i u marksističkoj filozofiji pojavilo shvaćanje fizikalne realnosti, koje ima instrumentalističke i pozitivističke akcente.

Radi se o struji koja nastoji da u pojam fizikalne realnosti ugradi i ljudsku praktičnu djelatnost. Po tom mišljenju fizikalna realnost je onaj aspekt objektivne realnosti koji je uhvaćen u naše eskperimentalne uređaje. Odatle bi slijedilo da kvantna mehanika ne predstavlja teoriju autonomnh mikroprocesa nego teriju mogućih interakcija mikroobjekata sa makroskopskim uređajima.

Međutim, ako se uvaži kriterujum interteorijske kompatibilnosti (jedinstvo fizikalne slike svijeta!) onda se vidi da takva definicija fizikalne realnosti i predmeta kvantne mehanike nije zadovoljavajuća. Ona nije u stanju objasniti primjenu nauke na procese (bilo kosmološke, geološke ili biološke) koji su se odvijali prije nastanka čovjeka ili na one koji se i sada odvijaju izvan eksperimentalnih uređaja. Konkretanije kritičke primjedbe će biti izložene kasnije.

2.3.5. EVOLUCIJA FIZIKALNIH TEORIJA

Izloženi kriterijumi za ispravnost teorijskih sistema formiraju dovoljno široku bazu za sveobuhvatnu analizu procesa razvoja teorija. U njoj ćemo zanemariti uticaj socio - kulturnog okruženja i psihološke aspekte naučnog stvaralaštva.

Nije potrebno naglašavati da neslaganje sa eksperimentalnih rezultatima dovodi do modifikacije teorijske sheme. Nekada ta modifikacija ima karakter male popravke u detalju teorijske aparature, a nekada je potrebno napraviti generalnu rekonstrukciju teorije. U kuhnovskom modelu razvoja naučnog znanja ovo je i jedini način evolucije. Međutim, razvoj teorije, koji nije uzrokovan konfliktom sa eksperimentom, ostaje u tom modelu nejasan. Dobar primjer je Diracova teorija relativističkog elektrona i predviđanje postojanja pozitrona.

Neempirijski kriterijumi su regulatori samorazvoja teorijskih modela. Oni uzrokuju sva ona dotjerivanja teorije, koja nisu zahtijevana eksperimentalnim podacima, ali su nužna da bi teorija

bila dovedna u stanje koje odgovara kriterijumima logičke, matematičke ili filozofske koherentnosti. Različite formulacije mehanike, izvođenje zakona održanja iz prostorno - vremenskih simetrija, dobijanje fotonskog polja kao posljedice invarijantnosti u odnosu na lokalno bažđarenje faze valne funkcije elektrona su primjeri čisto teorijskih razmatranja, koja su imala značaj za dalji razvoj teorijske misli u fizici.

Pokušaji konstrukcija teorija sa skrivenim variablama, kao alternativa standardnoj kvantnoj mehanici, su poticani filozofskim razlozima i sigurno značajno doprinose rasvjetljavanju problema poimanja struktura i dinamike koji leže u osnovi fizikalne stvarnosti u kvantnom domenu.

2.3.6. TEORIJA I REALNOST

Ova kratka skica formiranja, strukture i evolucije teorijskih modela ukazuje da teorija ne predstavlja "fotografiju" fizikalne realnosti nego apstraktni uvid u njenu suštinu na određenom stupnju razvoja fizike. Taj uvid je rezultat ogromnog intelektualnog i stvaralačkog rada niza generacija istaživača.

To znači da je neophodna pažljiva intepretacija pojedinih elemenata, a i modela u cjelini, da bismo mogli govoriti o karakteru fizikalnih sistema, koji su referenti fizikalne teorije i konstituenti fizikalne realnosti.

Najambicioznije djelo u literaturi koja se odnosi na fizikalnu realnpst objavio je Margenau[19], prije više od tri decenije. To djelo je neprevaziđeno u svojoj sistematičnosti, kao i po elokvenciji i nadahnuću autora. Međutim, mora se naglasiti da u njemu nije riješen problem odnosa teorije i realnosti, tj. u njemu je taj odnos promatran iz jedne neprihvatljive perspektive.

Geneza konstrukata, racionalnih elemenata koji korespondiraju činjeničnom iskustvu i koji su elementi teorije, je analizira dosta uvjerljivo. To se može reći i za dinamiku u C - ravni (ravan konstrukata). Ta ravan predstavlja uprošten model funkcioniranja teorijskog mišljenja. Međutim, insistitiranje na realnosti kao skupu "validnih konstrukata ili... verifikata"[20] zaslužuje kritiku. Naime, Margenau poistovjećuje konstrukt "elektron" i objekt "elektron", koji je odnosu sa konstruktom kao "modelirano" sa "modelom". Apsurdnost to poistvjećivanja se vidi iz primjera sa konstruktom "neutron". Margeanu zahtijeva realnost konstrukta i u ono vrijeme kad nije bio prisutan u ljudskom teorijskom iskustvu:

"Nakon što je konstrukt potvrđen, moramo reći da je bio realan i prije nego što je bio formiran".[21]

Margenau pod prirodom podrazumijeva klasu svih percepcija i iza te P - ravni (ravan percepcija) ne dozvoljava egzistenciju "primarne realnosti", odnosno tvrdi da "primarna realnost" ne "definira fizikalnu realnost".[22].

Na taj način je Margenau, u suštini, poistovjetio fizikalnu realnost sa njenim modelom (fizikalnom teorijom), što je nužna posljedica njegovog metodološkog načela: "u okviru teorije se nalazi ključ za fizikalnu realnost".[23]

Bunge[24] u svim svojim analizama ističe samostalnu egzistenciju fizikalnih objekata modeliranih u fizikalnoj teoriji. Odnos modela i fizikalnog sistema je bilateralan o podrazumijeva reprezentaciju i referenciju. Nedostatak Bungeove koncepcije je nedovoljno elaboriranje eksperimentalne ravni u kojoj se vrši komunikacija između teorije i realnosti.

Adekvatniju koncepciju odnosa teorije i realnosti dao je Stepin, koji uvodi "empirijsku" i "ontološku" projekciju teorije[25]. Projekcija na empririjski materijal daje operacioni smisao (empirička interpetacija), a projekcija na sliku svijeta - ontološki smisao (semantička interpretacija). Tek sinteza ove dvije interpetacije - empirićke i semantičke - daje pravilno shvatanje odnosa teorije i realnosti.

2.3.7. RAZLIČITI KRITERIJUMI ZA REALNOST

Nakon što su se u fiziku počeli uvoditi objekti, koji nisu podložni direktnoj čulnoj percepciji (elektromagnetno polje, atomi, elektroni,...) veoma važni postaju kriterijumi za realnost, pomoću kojih se može ocijeniti ontološki status pojedinih fizikalnih sistema i njihovih atributa.

Bridgman, rodonačelnik operacionalizma, je smatrao da je fizikalni pojam "sinoniman sa odgovarajućim skupom operacija"[26] ili "svojstvena definicija nekog pojma se ne dobija pomoću njegovih svojstava nego pomoću istinskih operacija".[27]

U vezi sa stvarima koje nisu date direktno u iskustvu zastupao je sljedeći kriterijum realnosti:

"Suštinski se naši konstrukti dijele na dvije klase: oni kojima ne korespondira niti jedan operacija osim operacije koja je u definiciji konstrukta; i oni koji dopuštaju druge operacije ili oni koji bi mogli biti definirani na nekoliko alternativnih načina pomoću fizikalno različitih operacija."[28]

Po Bridgemenovom mišljenju su samo ovi drugi konstrukti reprezentanti realnih stvari.[29]

Margenau je u svojoj teoriji fizikalne realnosti razradio proceduru izbora verifikata. Ona predstavlja skup metafizičkih zahtijeva koje mora zadovoljavati validan konstrukt.[30] Međutim, ti kriterijumi, u suštini, spadaju u neempirijske i nisu pogodni za otkrivanje fizikalne realnosti. To nije čudno jer Margenau, za razliku od Bridgemana, problem realnosti rješava u okviru teorije. Za njega ne postoji nikakva realnost iza eksperimentalne ravni.

Born je predložio najinteresantniju varijantu kriterijuma za realnost. On je smatrao da "ono što ostaje invarijantno opisuje stvari"[31] ili "ideja invarijanta je nit do racionalnog koncepta realnosti".[32]

Šira eksplikacija je iskazana sljedećim Bornovim riječima:

"Konačni rezultat komplementarnih eksperimenata je skup invarijanata, karakteristika ispitivanog entiteta. Glavni invarijanti se nazivaju naboj, masa (tačnije: masa mirovanja), spin itd.; u svakom slučaju, kad smo u stanju da determiniramo ove veličine, zaključujemo da imamo posla sa određenom česticom. Podržavam mišljenje da smo u pravu kad smatramo ove čestice realnim u smislu koji nije esencijalno različit od normalnog značenje riječi."[33]

Bornov kriterijum za realnost je dovoljno široko determiniran da se može efikasno upotrijebit kao metodološka osnova i za rješenje problema koji se javljaju u razumijevanju kvantnomehaničkog domena stvarnosti, prije svega ontološkog statusa referenata kvantno mehaničkog formalizma, koji su njegovi konstituenti.

Prije tih razmatranja tih problema korisno je ukratko prikazati evoluciju Plankove kvantne hipoteze o kvantima energije, od stranog elementa u slici svijeta klasične fizike, do univerzalne teorijske procedure koja je kulminirala u formulaciji kvantne mehanike.

* * *

NAPOMENE

1) A.Einstein, Moja slika svijeta, Narodna prosvjeta, Sarajevo, 1955, s. 141.

2) U strogom čitanju bitnih definicija "fizikalne realnosti" se uočava problem autonomnog postojanja vanjskog svijeta, jer se njegovi fundamentalni objekti pojavlju samo kao "nosioci" tendencija koje se realiziraju u makroskopskim uredajima i kataloqiziraju u teoriji. To je, naravno, direktna posljedica apsolutiziranja ljudske spoznajne prakse.

3) A.Einstein, op. cit., s. 109.

4) Ibid., s. 117.

5) Ibid., s. 109.

6) H.Margenau, Einstein's Conception of Reality, u knjizi P.A.Shilp, ed., Albert Einstein, Philosopher - Scientist, Library of Living Philosophers, Evanston, Illinois, 1949, s. 247.

7) A.Einstein, Reply to Criticism, u knjizi P.A.Shilp, ed., Albert Einstein, Philosopher - Scientist, Library of Living Philosophers, Evanston, Illinois, 1949, s. 680.

8) C.A.Hooker, The Nature of Quantum Mechanical Reality: Einstein versus Bohr, u knjizi R.G.Colodny, ed., Paradigms and Paradoxes (The Philophical Challenge of the Quantum Domain), University of Pittsburg Press, Pittsburg, 1972.

9) M.Cini, Društvena struktura i evolucija naučnih jezika, Opredjeljenja 10 (1981) 53 - 63.

10) Ibid.

11) Ibid.

12) Ibid.

13) Ibid.

14) M.Bunge, Teoria y realidad, Ariel, Barcelona, 1975.

15) Pored logičke konzistentnosti u metateorijske kriterijume se ubraja i "jednostavnost" (Occamov brijač).

16) L.Tisza, Rev. Mod. Phys. 35 (1963) 151

17) Ibid.

18) O istoriji formiranja relativističke teorije gravitacije vidjeti V.P.Vizgin, Relativistička teorija gravitacije, Nauka, Moskva, 1981. U knjizi se argumentirano osporava stajalište "popularne istorije nauke", po kojoj je Einstein tu teoriju jednostavno "izmislio", bez ikakvog konsultiranja teorijske i eksperimentalne tradicije.

19) H.Margenau, The Nature of Physical Reality (A Philosophy of Modern Physics), Mc Graw - Hill, New York, 1950.

20) Ibid., 292.

21) Ibid., 294.

22) Ibid., 460.

23) Ibid., 29.

24) M.Bunge, op. cit.

25) V.S.Stepin, Stvaranje naučne teorije, BGU, Minsk, 1976, s. 97.

26) P.W.Bridgman, The Logic of Modern Physics, The MacMillan Company, New York, 1946, s. 5.

27) Ibid. s. 6.

28) Ibid., s. 59 - 60.

29) Pomoću svog kriterijuma Bridgman je došao do apsurdnog zaključka da električno polje ne postoji realno.

30) To su zahtijevi koji pretpostavljaju: (a) logičku manipulativnost; (b) višestruku povezanost (formalne i epistemičke veze); (c) permanentnost i stabilnost; (d) ekstenzibilnost; (e) kauzalnost; (f) jednostavnost i eleganciju.

31) M.Born, op. cit., s. 51.

32) Ibid., s. 158.

33) Ibid., s. 160.

2.4. nastanak kvantne mehanike i problem interpretacije

2.4.1. OSNOVNE FILOZOFSKE PRETPOSTAVKE KLASIČNE FIZIKE

Korisno je, prije izlaganja povijesnog razvoja i tumačenja temeljnih pojmova i stavova kvantne mehanike, eksplicirati osnovne filozofske pretpostavke na kojima se bazirao klasično - fizikalni tretman svijeta. Korisno je zbog toga što osebujnost kvantne mehanika postaje shvatljiva tek u protivstavu prema klasičnoj fizici. Pored toga kvantno - mehaničko "relativiziranje" fundamentalnih pojmova i predodžbi, neopravdano "apsolutiziranih" klasičnom fizikom, sugerira da je nužno voditi računa i povijesnosti samih kvantnomehaničkih konceptualnih rješenja. To može, u diskusiji nekih bitnih pitanja, predstavljati vrijedan metodološki stav. Dogmatiziranje nikada nije bilo na strani napretka, posebno u takvoj ljudskoj djelatnosti kao što je fundamentalna nauka, u kojoj uzletu stvaralačke maštе ne treba graditi nikakve vještačke prepreke.

Osnovne filozofske pretpostavke klasične fizike se grubo mogu podijeliti na dvije grupe:

(i) ontološke i

(ii) epistemološke.

Osnovni ontološki entiteti klasične fizike su čestica i polje. Po klasičnoj fizici svijet je složena kombinacija čestica i polja. Ta dva tipa objekata iskazuju svojevrsni dualizam jer predstavljaju diskretnu i kontinuiranu pojavnu formu fizikalne materije i jer su sa njima povezana dva tipa kretanja. Jedan je povezan sa pojmom trajektorije i karakterističan je za kretanje čestica, a drugi je karakterističan za ponašanje valova. U slučaju valnog kretanja pojam trajektorije je neprimjenljiv. Val može zaobilaziti lokaliziranu prepreku sa obje strane dijeleći se na dijelove. Dva vala, kada se nađu u istoj oblasti interferiraju, tj. na nekim mjestima dolazi do pojačavanja valova a na nekim mjestima do njihovog slabljenja ili potpunog poništavanja.

U mehanici je valno kretanje slučaj kolektivnog kretanja sistema čestica koje međudjeluju elastičnim silama. Ako se jedna čestica izvede iz ravnotežnog položaja, ona počinje da oscilira i taj poremećaj ravnoteže se prostire kroz sredinu u svim pravcima. Čestice ostaju u ravnotežnim položajima sve dok poremećaj ne stigne do njih. S obzirom da ih val pokreće znači da val prenosi energiju kroz sredinu. Za mehanički model vala je bitna sredina koja prenosi valove. Mehanički valovi se ne mogu prostirati bez mehaničke sredina čijim deformisanjem oni nastaju. Svima je poznato da se zvučni valovi ne šire kroz bezvazdušni prostor.

U slučaju istovremenog prostiranja dva vala kroz istu sredinu čestice te sredine izvode svoja oscilatorna kretanja pod djelovanjem oba poremećaja. Na mjestima gdje se od čestice "traže" pomaci u istom smjeru, dolazi do pojačavanja, a kad se "traže" pomaci u suprotnim smjerovima, do slabljenja valova. Poseban slučaj slabljenja je potpuno poništenje valova. To se dešava tamo gdje bi čestica trebala da napravi iste pomake u suprotnim smjerovima. Jedini način da zadovolji ta dva "zahtjeva" je da ostane u svom ravnotežnom položaju.

Otkriće elekromagnetskih valova je dovelo do ozbiljnih problema u mehaničkom modeliranju valnog kretanja. Pošto se elektromagnetski valovi prostiru i kroz vakuum bilo je neophodno postulirati postojanje elektromagnetskog etera, sredine čija naponska stanja su tumačena kao elektromagnetno polje i kroz koju se šire elektromagnetnih valovi. Medutim, mehanička svojstva elektromagnetnog etera su bila paradoksalna: njegov modul elastičnosti je morao biti mnogo veći nego modul elastičnosti čelika, a, istovremeno, taj eter nije pružao nikakav otpor kretanju nebeskih tijela.

Pored toga u eksperimentima nije bilo moguće otkriti prisustvo takve univerzalne sredine, koja je ekvivalentna Newtonovom apsolutnom prostoru. Problem je riješen na taj način što je elektromagnetnom polju priznat status materijalnog objekta za čije kretanje nije potrebna nikakva mehanička sredina. Elektromagnetni valovi predstavljaju širenje elektromagnetnog polja kroz vakuum ili neku drugu materijalnu stredinu

Brzina elektromagnetskih valova je jednak brzini svjetlosti, i ta se činjenica u Maxwellovoj teoriji elektromagentog polja tumači jednostavno. Svjetlost čine elektromagentni valovi odredenih valnih dužina. Time je završena je važna etapa u u gledanju na suštinu svjetlosnih pojava. O prirodi svjetlosti su, naime, vodene duge diskusije, koje podsjećaju na rasprave o osnovama kvantne mehanike.

Newton je zastupao gledište da svjetlost kreće kao struja čestica, a Huygens da je kretanje svjetlosti slično prostiranju valova na vodi. Newtonova teorija je predvidala da će se svjetlost u vodi prostirati brže nego u zraku, dok je valna teorija tvrdila suprotno.

Mjerenje brzine svjetlosti u vodi, mada je potvdilo predviđanja valnog modela, nije bilo experiment crucius, jer su druga eksperimetalna istraživanja, posebno pokusi Fresnela i Younga u vezi sa interferencijom svjetlosti, već uvjerili naučnu zajednicu u prednosti Huygenosove linije razmišljanja o prirodi svjetlosti. Fenomen interferenecije svjetlosti, čija je suština u tome da svjetlosti, nakon prolaska kroz dva otvora, formira na ekranu karakterističnu interferentu "mustru", sastavljenu od svjetlih i tamnih pruga, nije imao objašnjenje u korpuskularnoj slici.

Pretpostavimo da struja klasičnih čestica prolazi kroz jedan otvor dok je drugi zatvoren. Na ekranu imamo odredenu distribuciju udara čestica. Intuitivno očekujemo da se otvaranjem drugog otvora broj čestica koje dolaze na odredeno mjesto ekrana može samo povećati, a nikako smanjivati. Medutim, svjetlost se ponaša drugačije. Otvranjem drugog otvora na ekranu se pojavljuju mjesta na koja svjetlost ne dolazi, mada su ona bila osvjetljena kad je otvoren samo jedan otvor.

Na jeziku valova objašnjenje jednostavno. Na tamnim mjestima valovi dolaze u kontrafazama, tj. električne i magnetne komponente valova su istog pravca i intenziteta, ali suprotnog smjera, i zbog toga se poništavaju.

Na taj način u klasičnoj fizici postoje dva tipa objekta (čestica i polje) i dva načina kretanja (kretanje čestice po trajektoriji i valno kretanje). Hamilton je otkrio matematičku izmofrmonost zakona kretanja čestica u mehanici i kretanja svjetlosti, ali je optičko - mehanička analogija smatrana slučajnim formalnim podudaranjem bez dubljeg sadražaja. Pravi domašaji Hamiltonovog otkrića postaju evidentni jedno stoljeće kasnije, kada je ono iskorišteno od strane Schrödingerga kao putokaz ka formuliranju valne mehanike.

Sa pojmom kretanja su nerazdvojno povezane pretpostavke o prostoru i vremenu. U klasičnoj fizici su prostor i vrijeme apsolutna, prazna, kontinuirana i međusobno neovisna bića. Struktura prostora je određena euklidskom geometrijom. Vrijeme je čista procesualnost i ima homogenu strukturu. Prostorne i vremenske relacije su neovisne o bilo kakvim fizikalnim procesima i neosjetljive na prisustvo ili odsustvo materije.

Temeljnu kritiku "apsolutnog prostora" i "apsolutnog vremena" dao je Einstein u svojim radovima o specijalnoj (1905) i općoj teoriji relativnosti (1915). Kvantna teorija nije tim kritikama dodala ništa novo, te će prostorno - vremenska problematika biti ispuštena u daljem izlaganju.

Osnovne karakteristike klasično - fizičkih procesa su njihova neprekidnost i determiniranost. Sve promjene fizičkih varijabli su neprekidne ("natura non facit saltus") i strogo određene, u smislu da poznavanje fizikalne situacije u nekom trenutku omogućava, u principu, proračun bilo kojeg budućeg ili prošlog stanja (Laplaceov determinizam).

U osnove klasične fizike su ugrađene i određene epistemološke pretpostavke. Smatra se da su fizički procesi potpuno spoznatljivi, tj. priroda je "uređena po principima razuma, dakle razumu dohvatljiva"[1]. Pored toga se smatra da su fizički procesi potpuno objektivni, tj. da je priroda "neosjetljiva na činjenicu da je razmum spoznaje"[2]. Ova prepostavka bitno određuje status pokusa u klasičnoj fizici kao postupka "kojim se motritelj dovodi u povoljniji položaj spram motrene pojave, kao izazivanje pojave pod onim okolnostima koje motritelju omogućuju neposredan uvid u njenu racionalnu bit. Pokus je ... samo mjerenje".[3]

Što se tiče njene logičke osnove, klasična fizika je cjelosti u skladu sa Aristotelovom dvovalentnom logikom ("tertium non datur") u koju je kao fundamentalana pojam ugrađen pojam prostog identiteta.

Ovaj pojmovni okvir nije u svim detaljima kompatibilan sa statističkom fizikom ali se, uz izvjesne dodatne prepostavke, problemi mogu riješiti na zadovoljavajući način.

Za sumiranje spomenutih pretpostavki može poslužiti Bohmova ocjena osnova klasične fizikalne slike svijeta:

"1) Svijet je moguće razložiti na odijeljen elemente;

2) Stanje svakog elementa je moguće opisati pomoću dinamičkih promjeljivih, koje opredjeljujemo sa proizvoljnim stupnje tačnosti;

3) Uzajamni odnos među dijelovima sistema je moguće opisati pomoću tačnih dinamičkih zakona, koji - opredjeluju izmjenu spomenutih dinamičkih varijabli tokom vremena, pomoću njihovog početnog značenja. Ponašanje sistema u cjelini je moguće razmatrati kao rezultat međudjelovanja svih njegovih dijelova."[4]

Ovom kratkom skicom su obuhvaćene sve bitnije filozofske pretpostavke klasične fizike. Njihova kritička analiza, kroz povijesni razvoj kvantne mehanike, je pokazala da ih nije moguće jednostavno ekstrapolirati u svijet mikroprocesa. Nekompatibilnost tih pretpostavki sa mikroskopskom zbiljom dovela je toga da fizika, koja izučava kvantne fenomene, upotrebljava "elastičniji" pojmovni sustav, koji nema jasnu ontološku referenciju nego je okrenut ka eksperimentalnoj fenomenologiji i matematičkom modeliranju. Mikroobjekti, na taj način, postaju korisni stenogramski znaci za jednostavnije organiziranju rezultata mjerenja.

Neadekvatnost konceptualne osnove klasične fizike za teorijsku deskripciju fenomena u mikrosvijetu dramatično se manifestirala u potpunoj nemogućnosti nalaženja klasičnih modela za objašnjenje:

(1) spektra zračenje crnog tijela;

(2) fotoelektričnog efekta i

(3) strukture atomskih spektara.

Teorijski modeli koji su funkcionirali nedvosmislenosu su zahtijevali temeljitu korekciju i reformulaciju većine, do tada uspješno primjenljivanjih predodžbi o fizikalnim procesima.

2.4.2. EMISIJA TOPLOTNOG ZRAČENJA I SVJETLOSTI

Krajem prošlog stoljeća problem nalaženja teorijske slike zračenja crnog tijela se činio fizičarima poput svakog drugog. Potrebno je samo pronaći pravi način primjene klasičnih procedura na proces interakcije između elektromagnetnog zračenja i harmonijskih oscilatora, pomoću kojih su modelirani zidovi šupljine, koja igra ulogu crnog tijela. Malu nervozu je unosila činjenica da spektralna funkcija, koju je uveo Kirchhoff (1859), tako dugo predstavlja tvdi orah na kojem teoretičari lome zube. Problem ravnotežnog zračenja apsolutno crnog tijele je tako ušao u povijest fizike. Najprije kao jedan od "oblačaka" u Kelvinovoj "meteorološkoj" ocjeni stanja u klasičnoj fizici (drugi "oblačak" je bio negativan rezultat Michaelson - Morleyjevog eksperimenta), a zatim i kao problem čijim je rješenjem rođena kvantna teorija.

Planck, koji je 1900. godine našao tačnu formulu za raspodjelu energije po valnim duljinama, pokušava da joj da klasično - fizički smisao, izvođenjem iz osnovnih premisa kinetičke teorije supstance i termodinamike. Ta formula je za njega "u značenju sretno pogođene interpolacione formule, ipak imala samo ograničenu vrednost".[5]

Međutim, kao conditio sine non qua toga izvođenja nametnula se pretpostavka o diskontinuitetu zračene energije, jer je pretpostavka o neograničeno djeljivoj veličini dovodila do

apsurdnoga zaključka da je "raspodjela moguća na beskrajno mnogo načina".[6] Energija elementa energije (Energieelement) proporcionalna učestalosti zračenja, a koeficijent srazmjernosti je "univerzalna konstanta zračenja", koju je Planck označio kao "elementarni kvant djelovanja".

"Formalno uzvši, Planckova pretpostavka je bila posve jasna i jednostavna, ali je u biti protivurječila čitavom dotadašnjem iskustvu fizike i godinama njegovanoj intuiciji."[7]

Ta konfliktna epistemološka situacija našla je svoje mjesto i u Planckovom govoru povodom Nobelove nagrade za fiziku:

"Neuspeh svih pokušaja da se premosti nastala provalija nije ostavio više nikakvu sumnju: ili je kvant delovanja bio samo fiktivna veličina, tada je cela dedukcija zakona zračenja bila pricipijelno iluzorna i predstavljala je samo praznu igru formulama bez sadržaja, ili je izvod zakona zračenja imao za osnovu stvarnu fizičku misao, tada je kvant delovanja morao igrati u fizici osnovnu ulogu, tada se sa njim javljalo nešto sasvim novo, do tada nečuveno, što izgleda da poziva da se naše fizičko mišljenje, koje se od osnivanja infinitezimalnog računa od Lajbnica i Njutna izgrađuje na pretpostavci o neprekidnosti svih uzročnih veza, iz osnova preustroji."[8]

To fundamentalno prestrojavanje tražilo je napuštanje logičkog prostora prostog identiteta i pridruživanje kategorija diskontinuitata i kontinuiteta jednom te istom fizikalnom objektu. Želeći, međutim, da sačuva nedirnutim raskošno zdanje valne optike, Planck nalazi "kompromisno" rješenje: kategoriju diskontinuiteta veže za emisiju, a kategoriju kontinuiteta za prostiranje elektromagnetnog zračenja.

Neodrživost takvog "bježanja od činjenica" pokazao je Einstein (1905). On je upotrijebio Plankovu hipotezu o kvantiziranju energije za objašnjenje fotoelektričnog efekta, pojave u kojoj pri interakcije svjetlosti i metala dolazi emisije elektrona.

Energija izbijenih elektrona ne zavisi od jakosti izvora svjetlosti nego njezine učestalosti. Ispod određene frekvencije, koja zavisi od vrste metala, bez obzira na jačinu svjetlosnog izvora ne dolazi do emisije elektrona. Od jakosti izvora zavisi samo broj izbijenih elektrona.

Valni model svjetlosti zastaje pred ovim činjenicama kao pred neshvatljivim čudom ili, kako Einstein kaže, "teorija svjetlosti koja operira kontinuiranim prostornim funkcijama vodi ka protivurječju sa iskustvom kad se primjeni na fenomene emisije i apsorpcije svjetlosti".[9]

Međutim, slaganje sa iskustvom postaje trivijalno ako se pretpostavi da je "energija svjetlosti raspoređena diskontinuirano u prostoru"[10], odnosno, da se svjetlost "sastoji iz konačnog broja kvanata energije (Energiequanten) lokaliziranih u tačkama prostora, koji se kreću bez da se dijele i mogu biti samo kao cjelina apsorbirani i emitirani."[11]

Određujući energiju fotona (kvanta svjetlosti ili elekromagnetnog polja) Planckovom jednadžbom i povezujuću broj fotona sa jakošću izvora, uz pretpostavku da je izbijanje jednog elektrona uzrokovano interakcijom sa jednim fotonom, Einstein je

riješio probleme u vezi sa fotolektričnim efektom. Međutim, istovremeno je prisilio fizičare da okuse logičku gorčinu pitanja: šta je, u stvari, svjetlost - roj čestica ili val?

Odstupanja nije moglo biti, pošto su fizičari navikli da eksperimenti predstavljaju nepodmitljive sudije u istraživanju zakonitosti svijeta. Ovoga puta su dobili kontradiktoran odgovor. Fenomeni interferencije, difrakcije i polarizacije su sugerirali valni model, dok su procesi emisije i apsopcije davali podršku čestičnom modelu svjetlosti. Einstein je problem riješio na taj način što je pretpostavio da amplituda elektromagnetnog vala određuje vjerovatnoću pojavljivanja fotona.

Nemogućnost nalaženja jedinstvenog modela za sve svjetlosne fenomene postepeno ublažuje logičku napetost iskaza "svjetlost je ili čestične ili valne prirode" i prevodi ga u iskaz "svjetlost je i čestične i valne prirode". Fizičari su se polako navikavali da u različitim fizikalnim situacijama svjetlost može jače manifestirati jedan ili drugi aspekt svoje dvostruke prirode.

Sam Einstein nije bio zadovoljan tim dualističkim rješenjem. S obzirom da su fotoni, nosioci energije i impulsa, ispadalo je da valovi nemaju nikakve mjerljive fizikalne atribute. Njihova uloga je bila da na misteriozan način upravljaju kretanjem fotona. Zbog toga ih Einstein nazvao "fantomskim poljima" (Gespensterfelder).

Međutim, tada nije bilo vremena za detaljno promišljanje Einsteinove dileme. Fizika je bila u periodu burnog razvoja pa su i koncepti čije osnove nisu do kraja shvaćene bili veoma korisni za dalji napredak. Valno-čestični dualizam je bio upravo jedna od ključnih ideja koja je omogućila oblikovanje konceptualne osnove i matematičkog formalizma kvantne teorije.

Pitanja filozofske arome (šta znače kvantni valovi?) su ostavljana za neka druga vremena. Po sve učestalijim prijedlozima sofisticiranih eksperimenata u kojima bi se na ovo pitanje mogao dati eksperimentalni odgovor, izgleda da ta vremena već kucaju na vrata. (Vidi dio o kvantnim valovima u dijelu IV.)

Rješavanjem problema zračenja crnog tijela i fotoelektričnog efekta, istraživači prirode su počeli shvaćati, za njih tada neočekivanju činjenicu, da priroda ne govori u svim domenima jezikom klasične fizike. Da bi se razumijeli fenomeni mikrosvijeta bilo je potrebno pažljivo učiti i riječi i sintaksu (a kasnije i semantiku!) "kvantne konverzacije". Apsolvirani vokabular, iako je bio krajnje siromašan, pokazivao je zapanjujuću efikasnost u svim problemima, u kojim je zakazivo klasični jezik. Najspektakularniju primjenu je doživio u izgranji teorije spektralne emisije vodikovog atoma. Toj teoriji je, kako je primjetio Plank, "bilo suđeno da u kvantu delovanja otkrije dugo traženi ključ od ulaznih vrata u zemlju čuda spektroskopije koja su od otkrića spektralne analize tvrdoglavo prkosila svim pokušajima otvaranja."[12]

2.4.3. MODEL ATOMA

Otkriće radiaktivnosti i otkriće elektrona su jasno istakli da se riječ "atom" ne može više upotrebljavati u svom izvornom,

Demokritovom značenju. Problem nalaženja strukturnog portreta atoma počinje zaokupljati pažnju fizičara. Interes je pojačala naslućena važnost strukture atoma za teorijsko razumijevanje prirode atomskih spektara, oblasti fizikalnog znanja, gdje se godinama napredak ostvarivao samo u klasifikaciji empirijskih podataka.

Spektri koje emitiraju slobodni atomi nisu kontinuirani nego se sastoje od niza spektralnih linija. Pošto svakom atomu odgovara karakteristična kombinacija spektralnih linija, spektar predstavlja njegovu "ličnu kartu" i sigurno obezbjeđuje informaciju o njegovim fundamentalnim svojstvima, tj. informaciju o njegovoj unutrašnjoj strukturi i dinamici.

Jasno je da teorijski model unutrašnjosti atoma mora predvidati emisiju spektra u kojem su zastupljene samo pojedine linije (frekvencije) jer je to eksperimentalno provjerena činjenica.

Thomsonov statički model (1904) nije bio u stanju da konzistentno teorijski modelira diskontinuirani karakter spektara. Dok je Thomsonov model izgrađen više kao intelektualna igra, Rutherfordov dinamički model (1911) je nastao kao rezultat analize pomno izvedenih pokusa, u kojima su promatrani prolaze alfa - čestica kroz tanke listiće zlata. Zaključeno je da ponašanje raspšenih alfa - čestica ukazuje da je pozitivni naboj atoma skupljen u malenom dijelu zapremine atoma. Taj dio je nazvan jezgo i oko njega se kreću negativni elektroni.

Ni Rutherfordov model nije bio u stanju da reproducira značajne strukturne karakteristike zračenja svjetlosti. Pored toga, dinamički model, po zakonima mehanike i elektrodinamike, ne bi ni mogao postojati kao stabilna struktura.

Izlaz iz teškoća nalazi Niels Bohr (1913), čudesno kombinirajuću klasično - fizičke predodžbe i kvantnu hipotezu, na način koji je Einstein kasnije označio kao "najviši stupanj muzikalnosti u sferi mišljenja". Njegova teorija vodikovog atoma, koja je bila u fascinantnoj suglasnoti sa eksperimentalnim podacimo o spektralnim linijama, imala je kao osnovu dvije ključne pretpostavke:

"1) Dinamička ravnoteža sistema u stacionarnom stanju može biti opisana uz pomoć uobičajene dinamike, dok prelaz iz jednog u drugo stacionarno stanje ne može biti razmatran na toj osnovi.

2) Spomenuti prelaz prati emisija homogenog zračenja za koje je odnos između učestalosti i emitirane vrijednosti energije dat preko "Planckove teorije"."[13]

Stacionarna stanja su, u slučaju kružnih putanja, izabrana jednostavnim uvjetom da je "moment impulsa elektrona u odnosu na jezgro, u stacionarnom stanju sistema, cjelobrojni višekratnik jedne univerzalne vrijednosti neovisne o naboju jezgre."[14]

Pokusi Francka i Hertza (1913) su neposredno demonstrirali ispravnost i pretpostavke o stacionarnim stanjima i pretpostavke o vrijednosti učestalosti elektromagnetnog zračenja.

Dalji razvoj teorije se kretao u smjeru traženja općenitijeg uvjeta kvantiziranja. Sommerfeld (1915) je generalizirao postupak kvantiziranja, što je omogućilo razmatranje strukture zračenja atoma vodika u električnom i magnetnom polju, kao i fine strukture vodikovog spektra uzrokovane relativističkim efektima.

Još u svom prvom radu o strukturi atoma i molekula, Bohr je, raspravljujući o pitanju slaganja između opaženih i proračunatih vrijednosti konstanti koje ulaze u izraz za Balmerovu seriju vodikovog spektra, istakao da je za potpuno suglasje potrebno pretpostaviti "da se učestalost emitiranog zračenja prilikom prelaza sistema između dva susjedna stacionarna stanja u području sporih oscilacija, slaže sa kružnom učestalošću elektrona".[15]

Ova Bohrova pretpostavka, nazvana kasnije, kada je generalizirana, - princip korespondencije, bila je "fizikalne kompas", koji mu je omogućio snalaženje u izgradnji teorije dinamičkog modela atoma, pomoću neprikladnih pojmova mehanike i elektrodinamike. U takvoj situaciji bi tvrdnja o potpunoj neprikladnosti tih pojmova bila isto tako nekorisna kao i tvrdnja o njihovoj univerzalnoj primjenljivosti.

Bohr je, dakle, bio prisiljen da o strukturi atoma i procesima u njemu govori jezikom koji im nije imanentan. Zbog toga je "slika" atoma, nastala upotrebom neimanentnog jezika, više metafora i nagovještaj nego stvarni uvid u njegovu strukturu. Jezik fizike i jezik poezije postaju, pokušavajući izreći neizrecivo, neočekivano bliži i problem tumačenja se nameće kao nizbježan.

U tom svjetlu igra princip korespondencije i ulogu hermeneutičkog posrednika jer "razjašnjava fizički smisao novih nevidljivih procesa. Time što kvantne veličine shavaćamo kao klasične asimptotete osvjetljujemo njihovo značenje. Nevidljivi mikrokozmos ostao bi nam tuđi kad ga ne bismo umijeli prenijeti u naš poznati svijet".[16]

Svoju punu efikasnost u rješavanju praktičnih problema kvantne teorije princip korespondencije je demonstrirao u problemima proračuna inteziteta spektralnih linija i njihove polarizacije.

Princip korespondencije je naglasio važnost klasičnog limita, kao instrukcije za konstrukciju kvantnih analogona klasičnim fizikalnim veličinama. Međutim, to pozivanje na klasičnu fiziku kasnije će poprimiti specifičnu ulogu i postaće jezgro filozofskog tumačenja kvantne mehanike. Klasična fizika će, iako nemoćna da fizikalno opiše procese u mikro svijetu, biti proglašena za neophodan okvir tumačenja kvantno mehaničkog formalizma.

Nakon što je Pauli (1925) izrekao princip zabrane, teorija je bila u stanju da na zadovoljavajući način organizira veliku količinu empirijskih znanja (spektralna analiza, kemijske i fizičke osobine elemenata, pravilnosti u periodnom sistemu elemenata). Međutim, javili su se simptomi (problem spektra atoma helija, veliki broj principa) koji su ukazivali da problemima strukture atoma i procesa u njemu nužno prići na novi, sveobuhvatniji i konceptualno homogen način.

Time Bohrove ideje nisu izgubile svoju važnost, nego su naprotiv, iskazane na prikladniji način, ponovo demonstrirale svoju izuzetnost. Bohrove jednostavne predodžbe, koje unatoč svojoj jednostavnosti dosta vjerno odražavaju osnovna svojstva atoma, danas su izašle iz okvira znanosti i predstavljaju "prijek potreban element kulture, a to je najviše što jedna teorija može postići".[17]

2.4.4. VALNA PRIRODA ELEKTRONA

Uvodeći pojam diskretnih stacionarnih stanja Bohr je omogućio racionalno shvaćanje i Planckove emisije i Einsteinove apsorpcije svjetlosti. Međutim, sam kriterijum izbora stacionarnih stanja ostaje je nerazjašnjen. Mora se reći da je Bohrova intuicija radila savršeno ("najviši stupanj muzikalnosti u sferi mišljenja"). On je stacionarna stanja izabrao razmatrajući na jedan poseban način osobenosti elektrona i njegovog ponašanja u atomu. U stacionarnom stanju elektron ne zrači i to je znak da se elektron ne ponaša kao klasična čestica. Prema tome, postojanje stacionarnih stanja je na neki način manifestacija neklasičnosti elektrona. Veličina Bohrovog otkrića je tome što tu neklasičnost obuhvatio kvantiziranje momenta impulsa.

Louis de Broglie je 1924. godine pronašao način na koji je moguće razumijeti osnovu misterioznog pravila kvantiziranja. Neklasičnost ponašanja elektrona u stacionarnom stanju de Broglie tumači kao znak njegovog novoga svojstva - valnosti. Do toga zaključka je došao vjerujući da je priroda jedinstvena i da se njeni fundametalni objekti ponašaju na isti način. Naime, ako svjetlost, koja je ranije smatrana za tipično valni fenomen ispoljava čestična svojstva, onda i elektroni, koji su do tada modelirani kao čestice, moraju imati i neke valne karakteristike, tj. sa njima mora biti asociran neki valni proces.

Po de Broglieu je valna dužina "elektronskih valova" obrnuto proporcionalna impulsu elektrona. Konstanta propocionalnosti je Plankova konstanta, fundamentalna konstanta kvante fizike. U de Broglievoj slici stacionarna stanja odgovaraju onim orbitama čiji je obim jednak cijelom broju valnih dužina elektronskih valova.

Slika atoma u kojoj se elektroni kreću po orbitama zamijenjena je slikom atoma koji je ispunjen stojećim elektronskim valovima. Na taj način valno - čestični dualizam, koji je Einstein elaborirao kod svjetlosti, postaje univerzalno svojstvo kvantnih sistema.

Time je o izboru diskretnih energetskih stanja elektrona u atomu bilo rečeno sve što se moglo reći klasičnim jezikom, uz napomenu da je sada valno - čestični dualizam obuhvatio i svjetlost i elektrone. Doduše, valna priroda elektrona je poptuno misteriozna, ali je nezaboravna zasluga de Brogliea da je ona otkrivena i da se više nije mogla zanemarivati. Bilo je očigledno da "valnost" igra ključnu ulogu u kvantnim procesima, i da se ne može smatrati samo teorijskim konstruktom. Međutim, još jedan put fizičari nisu imali vremena da se pozabave fizikalnim smislom kvantnih valova.

Dalji napredak je nastavljen na jeziku matematike, jer je jarka svjetlost zornih klasičnih modela, u izvjesnom stupnju "zatamnjena" kvantnom hipotezom i valno - čestičnim dualizmom, onemogućavala dublje sagledavanje suštine atomskih fenomena. Bilo je potrebno generalizirati i konzistentno formulirati svojstva objekata i procesa u mikrosvijetu, svojstva koja su Bohr i de Broglie skicirali na hibridnom klasično - kvantnom jeziku.

I Bohrov pojam "stacionarnog stanja" i de Broglievi "elektronski valovi" su bili sve što se o procesima u atomu vodika moglo reći jezikom klasične fizike. To su bile metafore i bili su potrebni novi stvaralački doprinosi da bi te ideje prešle u uspješne teoriju, koja moraju imati i konzistentnu logičku osnovu i efikasan matematički formalizam. Kontinent " Kvantna mehanika" je otkriven gotovo istovremeno, iskrcavanjem na "čestičnu" i "valnu" obalu. Ulogu Kristifora Kolumba su odigrali Werner Heisenberg i Erwin Schrödinger.

2.4.5. MATRIČNA I VALNA MEHANIKA

Prvu konzistentnu matematičku formulaciju teorije atomskih procesa dugujemo Wernеru Heisenbergu (1925). On je pošao od metodološkog principa da je teoriju "zgodno" uključiti samo veličine koje moguće promatrati (mjeriti). Kod atoma su to učestalosti i intenziteti spektralnih linija. Ako se taj princip dosljedno primijeni onda koordinata i brzina elektrona u atomu nemaju mjesto u tako zamišljenoj teoriji. Međutim, po principu korespondencije, svaka klasična veličina mora imati svoj kvantni analogon (obrnuto ne važi, mnoge kvantne veličine nemaju svoj klasični limit).

Heisenberg ih izgrađuje od izraza u kojima figuriraju samo učestalosti i intenziteti spektralnih linija. Pokazalo se da se te veličine ponašaju kao matrice i da zadovoljavaju relacije, koje formalno liče na relacije kojima su podrvgnuti njihovi klasični analogoni. Ulogu Bohr - Sommerfeldovog uvjeta kvantiziranja igrala je relacija koja je pokazivala da "matrica koordinate" i "matrica impulsa" ne komutiraju.

Pošto Heisenberg nije nigdje govorio o gibanju elektrona, pitanje stabilnosti atoma bila riješeno na elegantan način. Matrična mehanika je formalni sustav u kojem se Bohrovim kvantnim skokovima (prelazi između stacionarnih stanja različitih energija) govori neobičnim, ali zato neprotuslovnim jezikom matrica.

Kod Heisenberga su "kvantni skokovi" (diskontinuirane promjene fiziklanih veličina) bili ugrađeni u temelje teorije. Erwin Schrödinger nije bio naklonjen "kvantnim skokovim". Oni su bili najmutnije mjesto u Bohrovoj slici vodikovog atoma, jer o njima nije bilo moguće ništa reći. Koliko traje "kvantni skok"? Kako elektron prelazi sa jedne orbite na drugu ako ne smije biti na rastojanjima između orbita? Pošto je energija fotona određena razlikom energija stacionarnih stanja, na koji način elektron "zna" na koju stacionarnu orbitu će "skočiti"?

Jasno je da ovi problemi nisu bili po ukusu tradicionalno obrazovanih fizičara. Schrödinger je smatrao da koncept

elektronskih valova omogućava povratak na fiziku bez kvantnih skokova, fiziku u kojoj će biti moguću zadržati kontinuitet promjene fizikalnih veličina, koji je bio blizak klasičnom poimanju fizikalnih procesa.

Da bi izbjegao potrebu govora o kvantnim skokovima Schrödinger je generalizirao ideju debroglievskih valova. Polazeći od Hamiltonove optičko - mehaničke analogije, Schrödinger pronašao diferencijalnu jednadžbu koja opisuje ponašanje elektronskih valova u potencijalnom polju sile. Kvantiziranje dinamičkih veličina se pojavljuje prirodno kao matematička posljedica nametanja određenim graničnih uvjeta. Schrödingerova jednadžba ima za kvantnu fiziku značaj ekvivalentan značaju Newtonovih i Maxwellovih jednadžbi za klasičnu fiziku.

Valna funkcija, koja opisuje elektronske valove, se posredstvom Schrödingerove jednadžbe mijenja kontinuirano i to je davalo nadu da će biti moguće izbjeći kvantne skokove. Situacija je postala čudna kada je sam Schrödinger (1926) pokazao da su matrična i valna mehanika matematički (a to znači i fizikalno!) ekvivalentne.

Schrödinger je smatrao da treba pokušati izbjeći sam pojam elektrona kao čestice i da unutar atoma realnost imaju samo "elektronski valovi". Negativni električni naboj elektrona je "razmazan" po cijeloj zapremini atoma i kvadrat valne funkcije predstavlja njegovu gustoću (u jedinicama naboja elektrona).

Schrödinger je pokušao da elektron predstavi kao "valni paket", tj. kao prostorno ograničenu strukturu koja nastaje superponiranjem velikog broja valova raznih amplituda i frekvencija. Međutim, takvom modelu činjenice nisu bile naklonjene. Valni paket koji dolazi na potencijalnu barijeru konačne debljine djelimično prolazi, a djelimično se odbija, što bi impliciralo djeljivost elektrona. Pored toga, i bez potencijalne barijere dolazi do rasplinjavanja valnog paketa tokom vremena što je u suprotnosti sa činjenicom da se elektronu u uređajima uvijek javljaju kao strogo lokalizirani objekti. Razvoj detektorske tehnike omogućio je "brojanje" elektrona. To je značilo da se ne može smatrati da je elektron "razmazan" po cijelom prostoru atoma.

Max Born, koji je odigrao značajnu ulogu u formuliranju "matrične verzije" kvantne mehanike, je uočio upotrebnu prednost Schrödingerove jednadžbe, ali se odlučno suprostavio ekskluzivno valnoj slici i predložio drugačije tumačenje valne funkcije. Ona ne opisuje prostornu "razmazanost" elektrona nego njen kvadrat predstavlja gustoću vjerovatnoće pojavljivanja tačkastog elektrona. Na taj način "elektronski valovi" postaju "valovi vjerovatnoće". Ova instrumentalna interpretacija valne funkcije je danas opće prihvaćena i na njoj se bazira upotreba kvantne mehanike i u fundamentalnim istraživanjima i u inžinjerskoj praksi.

Kontinuirane promjene koje opisuje Schrödingerova jednadžba su protumačene promjene koje se odnose na val vjerovatnoće. Na taj način valna jednadžba opisuje statističko ponašanje elektrona i koncept vjerovatnoće je most između matrične i valne mehanike,

koje su imale različita konceptualna polazišta (elektron kao čestica i elektron kao val, kvantni skokovi i kontinuirana promjena elektronskih valova).

Takvo stanje stvari je moguće razumijeti samo ako smatramo da kvantna čestica nije klasična čestica i da kvantni val nije klasični val. Valno - čestični dualizam je u takvom smislu i postao sastavni dio moderne fizike . Čitanje njegovih ontoloških i epistemoloških poruka zavisi, u prvom redu, od gledanja na filozofsko značenje stohastičkih zakonitosti.

Koncept vjerovatnoće ima važno mjesto u modernoj nauci i bez pretjerivanje se može reći da je jedan od integrativnih faktora u specijalistički raslojenoj znanstvenoj zajednici. Rijetki su koncepti koji prožimaju i istraživanja u društvenim i prirodnim naukama. U većini nauka probabilistička deskripcija je odraz metodološke nemogućnosti detaljne analize složenih sistema, čije ponašanje zavisi od niza uzroka koje nije moguće podrgnuti kontroli i teorijski uzeti u obzir.

Međutim, u kvantnoj mehanici, s obzirom na njen fundamentalni karakter, statistički opis imlicira pitanja na koja moramo znati odgovor, ukoliko ne želimo fiziku svesti na proizvodnju matematičkih algoritama pomoću kojih možemo povezati rezultate raznih mjerenja. Da li je stohastičnost kvantnog ponašanja nereducibilno svojstvo mikrosistema ili je odraz našeg nepoznavanja dubljeg sloja realnosti koji ga uzrokuje? Kakav je ontološki karakter "valova vjerovatnoće"?

S obzirom da ni sam koncept vjerovatnoće nije do kraja razjašnjen[18], nije čudo da su dileme, koje su povezane sa tim pojmom, prešle i u tumačenje kvantne mehanike.

Subjektivističko tumačenje povezuje vjerovantnoću sa našim očekivanjem da se neki događaj desi, tj. vjerovatnoća je povezana sa našim neznanjem. Po tom shvaćanju vjerovatnosni opis je posljedica naše nemogućnosti da detaljno opišemo ponašanje nekog sistema i zbog toga smo prisiljeni da se o njegovoj budućnosti izražavamo na jeziku vjerovatnoće. U slučaju kada bi naše znanje bilo kompletno očekivanje bi bilo zamijenjeno sigurnim znanjem.

Objektivistička interpretacija tumači vjerovatnoću kao objektivno svojstvo procesa. Svojstvo gasa da izlazi iz boce ne zavisi od toga da li mi poznajemo položaje i brzine svih njegovih molekula. Povećanje entropije je zakon prirode i fizikalni sistemi prepušteni sami sebi će se uvijek tako ponašati, bez obzira kakvo je naše poznavanje situacije.

Međutim, i bez dilema koje su povezane sa različitim poimanjem vjerovatnoće, Bohr i Heisenberg su osjetili da je potrebno riješiti niz epistemoloških problema u vezi nove teorije mikroprocesa. U svojoj intelektulanoj autobiografiji, sjećajući se dugih diskusija sa Bohrom u vezi razumijevanja procesa u mikrosvijetu, Heisenberg piše:

"Obojici nam nije bilo jasno kako bi se tako jednostavna pojava kao što je , na primjer, putanja elektrona u maglenoj komori uskladila sa matematičkim formalizmom kvantne ili talasne mehanike. U kvantnoj mehanici se pojam putanje uopšte ne pojavljuje, a u talasnoj mehanici je, doduše, mogao postojati neki uzak usmeren zrak materije, ali se on postepeno morao širiti na prostore čija veličina daleko premaša prečnik elektrona. Eksperimentalna situacija je svakako izgledala drugačija."[19]

Njihovo promišljanje osnovnih problema leži u temeljima kontroverznog pojma "kopenhagenska interpretacija kvantne mehanike".

2.4.6. ZAŠTO SE JAVLJA PROBLEM TUMAČENJA?

Pragmatički gledano kvantna mehanika je "interpretirana" jer postoje jednoznačna pravila koja povezuju matematički formalizam sa rezultatima eksperimenta. Ako se ostaje na nivou instrumentalne funkcije teorije onda sve diskusije oko osnova kvantne mehanike izgledaju bespredmentne. Međutim, fizikalna teorija nije samo sređena zbirka recepata za koreliranje eksperimentalnih podataka, ona predstavlja i rezultat spoznajnog napora čovjeka da razumije svijet u kojem živi, te stoga njeni fundametalni pojmovi oblikuju fizikalnu sliku svijeta, tvorevinu kojoj je važnije šta svijet jeste sam po sebi, a ne kakvim se javlja u laboratoriji.

Fizikalna slika svijeta je intelektulni izazov koji nadilazi puku praktičnu upotrebu fizikalne teorije u razvojnim i primjenjenim istraživanjima. Teorije o nastanku svijeta su ovaploćenje one antipraktične ljubavi prema mudrosti i znanju, kojom je počeo blistavi uspon naše evropske civilizacije. Teško je, čak i u science - fiction formi, zamisliti neku tehnošku aplikaciju spoznaje da je opservabilni Kosmos nastao kao posljedica procesa u kvantnom vakuumu prije dvadesetak milijardi godina.

U toj kosmičkoj perspektivi čovjekova egzistencija ili laboratorijska fenomenologija gube važnost koju imaju kada se stvari promatraju antropocentrično ili tehnološki. Samo u ravnoteži tih triju projekcija čovjek može ostvariti onaj duhovni mir koji je preduslov za ostvarenje njegovog najvećeg poduhvata - jedinstva humane prirode i prirodnog čovjeka.

S obzirom da pitanje vrijednosti spoznajnih rezultata fizikalne teorije spada u svojevrsni unutrašnji aksiološki sistem svakog naučnika (krajnji podjela se vrši oko toga da li je zadatak fizike da pronađe "kako se nešto odvija?" ili "zašto se nešto odvija?") nužno je moralo doći do polarizacije među utemeljivačima kvantne mehanike.

Pored toga,značajnu ulogu igrala je i psihološka činjenica da otkrivač neke nove teorije teško napušta svoje vizije, koje su ga dovele do otkrića. Tako se Heisenberg naljutio na Borna kada je prihvatio Schrödingerovu formulaciju kvantne mehanike. Kod Schrödingera je zaljubljenost u kvantne valove i antipatija prema kvantnim skokovima su uzrokovali svojevrsni spoznajni daltonizam, koji mu je smetao da vidi i čestičnu "boju" kvantnih kameleona . Do kraja života je zastupao gledište da su čestični aspekti mikrosistema samo privid i da su valovi jedina realnost. Doduše, kasnije je dopustio mogućnost govora o česticama, ali im je oduzeo svojstvo individualnosti, što je svakako pomak prema kontinuiranom shvaćanu fizikalne realnosti.

To, međutim, nije samo karakteristika Schrödingera nego i svih onih koju su, kroz spoznajne i emocionalne krize, došli do važnih otkrića, koja su omogućila formulaciju kvantne mehanike. Svi protagonisti ovog najvećeg intelektuktualnog poduhvata našeg stoljeća su imali svoju viziju kvantno - mehaničke realnosti. Zbog toga su i diskusije među njima nisu mogle dovesti do interpretacije koja bi bila prihvatljiva za sve. "Bliski susreti" sa magičnim kvantnim svijetom u trenucima veličanstvnih otkrića su stvorili rašomonsku situaciju: svako je beskompromisno branio svoju "kvantnu istinu".

Nauka je ljudska aktivnost i zbog toga su ove stvari prirodne. Druga je stvar što se dugo vremena stvarala lažna slika o nauci, kao nečem čime bave samo ljudi čija je hladna racionalna strana razvijena na račun emocija, strasti i svega što je ljudsko. Krajnji proizvod takvog stava je averzija prema nauci i tehnologiji, kao uzrocima dehumanizacije ljudskog svijeta.

U nauci pitanje srca nije nevažno. Samo naučnici koji su zaljubljeni u svoje ideje su u stanju da ih strasno brane i razvijaju. Međutim, ono što ostaje u riznici nauke mora proći neumoljivo testiranje u laboratorijama i tu emocionalni argumenti ne vrijede. Rasprave o temeljima kvantne paradigme su ušle u tu fazu.

Danas je već teško i nabrojati sva pitanja i sve odgovore o suštini kvantne mehanike[20], ali se može reći da je najvažnije pitanje o modelu kvantnog objekta, tj. pitanje "Šta je predmet kvantnomehaničkog opisa?"

To je problem u kojem su na neki način sublimirane sve dileme koja su se javile pojavom kvantne teorije o mikroprocesima:

Da li postoji realno stanje mikroobjekta?

Da li postoji mogućnost jedinstvenog konceptualnog modeliranja mikroobjekta?

Da li je moguća kauzalna teorija ponašanja mikroobjekata?

Da li su svojstva mikroobjekta relativna u odnosu na mjerni uređaj ili su stanja mjernog uređaja relativna u odnosu na svojstva mikroobjekta?

Diskusije su počele raspravama o kauzalnosti i njenoj primjenljivosti ili neprimjenljivosti na ponašanje kvantnih objekata. Ta diskusija je, retrospektivno gledano, dala pečat kasnijim raspravama. Naime, Heisenberg, koji do formulacije matrične mehanike došao tražeći mogućnost da "ustanovi osnovu za teorijsku kvantnu mehaniku baziranu isključivo na relacijama veličina koje su u principu opservabilne"[21], na sljedeći način vidi razloge za napuštanje koncepta uzročnosti u mikrosvijetu:

> "... Ono što je pogrešno u jasnoj formulaciji zakona kauzalnosti, "kada znamo precizno sadašnjost, možemo predvidjeti budućnost", nije zaključak nego pretpostavka. Čak ni u principu ne možemo znati sadašnjojst u svakom detalju. Zbog tog razloga sve što je opaženo je izbor iz mnoštva mogućnosti i ograničenje onoga što je moguće u budućnosti. Kako je statistički karakter kvantne teorije tako čvrsto povezan sa nepreciznošću svih percepcija, neko bi mogao biti doveden do pretpostavke da se iza percipiranog statističkog svijeta krije još jedan "realni" svijet u kojem važi kauzalnost. Ali takve spekulacije nam izgledaju, da kažemo eksplicitno, neplodne i besmislene. Fizika treba da opiše samo korelaciju opservacija."[22]

Odavde je vidljivo da je Heisenberg, u skladu sa svojim pozitivističkim shvatanjem zadataka fizike, čitav problem razumijevanja kvantne mehanike povezao sa prihvatanjem činjenice da akt mjerenja, kao osnova spoznaje, ne može dati precizne informacije o stanju mikroobjekta, odakle slijedi nužnost napuštanja uzročne uređenosti fizikalnih fenomena. Time je akt mjerenja dobio centralno mjesto u filozofskim diskusijama o značenju kvantne mehanike.

Prividna efikasnost Heisenbergove metodologije po kojoj fizikalnu teoriju treba izgraditi samo od opservabilnih veličina, koju kasniji razvoj kvantne fizike nije potvrdio, je mnoge autore navela da kvantnu mehaniku tumače kao teoriju makroskopskih mjerenja (Bohr, a za njim, nakon Fokove "reinterpretacije" komplementarnosti i značajan dio marksističkih autora) ili da pokušaju izgraditi kvantnomehaničku teoriju mjerenju (von Neumann).

Einstein, čiji se "naučni instikt" opirao ireducibilno statističkom opisivanju prirode, smatrao je kvantnu mehaniku tek uspješnim stadijem u traganju za kompletnijom teorijom mikroprocesa. On je idejni otac teorija sa "skrivenim varijablama", u kojima se statističnost kvantnomehaničkog javlja kao posljedica nepotpunog poznavanja dublje sloja realnosti koji kauzalno determinira ponašanje mikroobjekata.

Pored toga u traženju dokaza o nepotpunosti kvantnomehaničke deskripcije fizikalne realnosti Einstein je došao do zaključka da on implicira izrazite crte "nelokalnosti", tj. postoje takva stanja mikroobjekata u kojima nije moguće statističko ponašanja sistema prikazati kao posljedicu nezavisnog statističkog ponašanja njegovih podsistema. Eksperimentalna manipulacija jednim podsistemom ima trenutne posljedice na rezultate mjerenja kojima može biti podvrgnut drugi podsistem, bez obzira na udaljenost. To svojstvo "nelokalnosti" je za Einsteina i bio krucijalni dokaz o nepotpunosti kvantnomehaničkog opisa fizikalne realnosti.

* * *

NAPOMENE

1) S.Lelas, Filozofija pojmovnih temelja elementarne kvantne mehanike, Poseban otisak iz 374. knjige Rada Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1977, s. 95.

2) Ibid., s. 95.

3) Ibid., s. 96

4) D.Bohm, Kvantovaja mehanika, Nauka, Moskva, 1965, s. 174.

5) M.Planck, Postanak i dosadašnji razvoj teorije kvanta, u zborniku S. Marić, Na izvorima fizike, Kulturni centar, Novi Sad, 1971, s. 257.

6) M.Planck, Verh. Dtsch. phys. Ges. Berlin 2 (1900) 237.

7) L.Ponomarjov, S onu stranu kvanta, Školska knjiga, Zagreb, 1973, s. 28.

8) M.Planck, op. cit., 259.

9) A.Einstein, Ann. Phys. 17 (1905) 132

10) Ibid.

11) Ibid.

12) M.Planck, op. cit., s. 262.

13) N.Bohr, Philos. Mag. 26 (1913) 1.

14) Ibid.

15) Ibid.

16) I.Supek, Spoznaja, Mladost, Zagreb, 1971, 129.

17) L.Ponomarjov, op. cit., s. 101.

18) Za koncizni opis i filozofsku valorizaciju raznih pristupa problemu vjerovatnoće konsultirati članak "Dva lica i tri maske vjerovatnoće", koji je nedavno objavio Bunge. Vidi M.Bunge, Two Faces and Three Masks of Probability, u E.Agazzi, Probability in the Sciences, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1988, 27 - 49.

19) W.Heisenberg, Fizika i metafizika, Nolit, Beograd, 1972, s. 130.

20) Najpotpuniji pregled filozofskih problema kvantne mehanike dat je u Jammerovoj knjizi "Filozofija kvantne mehanike. Interpretacije kvantne mehanike u povijesnoj perspektivi." Evo nekoliko velikih tema u diskusijama o značenju teorije mikropojava: relacije neodređenosti, princip komplementarnosti, debata Bohra i Einsteina, problem potpunosti i skrivene varijable, kvantna logika, teorija mjerenja,... Vidi M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspective, John Wiley & Sons, New York, 1974.

Koristan može biti i Bungeov rad "Pregled tumačenja kvantne mehanike" u kojem su razmotrena sljedeća pitanja: (I) Šta je značenje dinamičkih varijabli i njihovih svojstvenih vrijednosti? (II) Šta je značenje valne funkcije? (III) Šta je priroda i izvor relacija neodređenosti? (IV) Kakva je priroda sistema na koje se odnosti valna mehanika? Vidi M.Bunge, Survey of the Interpretations of Quantum Mechanics, American Journal of Physics 24 (1956) 272 - 286.

21) W.Heisenberg, über quantentheoretischen Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen, Zeitschrift für Physik 33 (1925) 879 - 893. Citirano prema engleskom prevodu W.Heisenberg, Quantum - Theoretical Re - Interpretation of Kinematic and Mechanical Relations, u B.L. van der Waerden, ed., Sources of Quantum Mechanics, Dover, New York, 1968, 261 - 276.

22) W.Heisenberg, über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik, Zeitschrift für Physik 43 (1927) 172 - 198. Citirano prema engleskom prevodu W.Heisenberg, The Physical Content of Quantum Kinematics and Mechanics, u J.A.Wheeler & W.H.Zurek, eds., Quantum Theory and Measurement, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1983, 62 - 84.

3. KOPENHAGENSKA INTERPRETACIJA, NEKE POSLJEDICE I KRITIKE

U nizu rasprava o filozofskim problemima kvantne mehanike se termin "kopenhagenska interpetacija kvantne mehanike" upotrebljava bez dodatnog objašnjenja, kao da se radi o nečemu što je dobro definirano i što ne može izazvati zabunu kod čitaoca. To je vjerovatno ostatak iz vremena kada se doista mislilo da su Bohr i Heisenberg svojim filozofskim promišljanjem značenja formalizma kvantne mehanike došli do rješenja svih interpretativnih problema. Radilo se o čuvenim relacijama neodređenosti i principu komplementarnosti.

Heisenbergove relacije neodređenosti, koje iskazuju nemogućnosti preciznog određenja klasično - fizičkog stanja mikročestice, su protumačene kao uzrok nu'nosti statističkog opisa ponašanja mikro - čestice i odustajanja od trajektornog opisivanja kretanja.

Bohr je principom komplementarnosti nastojao da maksimalno zadrži klasičan opis, kao osnovu nedvosmislene komunikacije. To je bilo moguće ako se modeli čestice i vala upotrebljavaju samo u dobro definiranim eksperimentalnim uslovima. Konzistentnost je postignuta time što se uređaji za detekciju jasno iskazanih valnih ili čestičnih karakteristika međusobno isključuju. Relacije neodređenosti pokazuju granicu do koje možemo upotrebljavati klasične pojmove bez kontradikcije.

Relacije neodređenosti, princip komplementarnosti i statističko tumačenje valne funkcije su na čuvenom Solvey kongresu 1927. godine prikazani kao definitivno tumačenje kvantno - mehaničkog formalizma. Izgleda da su učesnici bili hipnotizirani matematičkom efikasnosti kvantne mehanike, pa su uz nju prihvatili i filozofski dodatak koji je kasnije označen kao "kopenhagensko tumačenje". Nije ih pokolebala činjenica da su Planck, de Broglie, Schrödinger i Einstein, gorostasi fizike poput Bohra i Heisenberga, imali niz kritičkih primjedbi, ne protiv kvantne mehanike kao fizikalne teorije nego protiv filozofskih zaključaka koji su iz nje izvučeni.

Tada je stvorena konfrontacija koja traje još i danas. Ta činjenica sigurno pokazuje da svi problemi ipak nisu bili riješeni u Kopenhagenu. Kroz mnogobrojne diskusije dolazilo je do modifikacije gledišta Bohra, Heisenberga, Borna, Paulija, Diraca i ostalih koji su na Solvay kongresu zastupali "jedinstveno" gledište. U tom procesu su divergentni trendovi bili jači od konvergentnih, posebno kada se u igru uključila "druga generacija" fizičara, poput Bohma. To je dovelo do toga da se danas javljaju znatne razlike u mišljenjima šta je to "kopenhagenska interpretacija". Po tome aspektu je tumačenje kvantne mehanike u istoj situaciji kao marksizam, gdje se interpetatori razilaze u tome čija i koja gledišta treba uzeti kao autentični izraz njegove suštine.

3.1. da li postoji "kopenhagenska interpretacija"?

Po Rosenfeldovom[1] i Peirelsovom[2] mišljenju ne postoji nikakvo kopenhagensko tumačenje kvantne mehanike. Oni tvrde da su

taj termini uveli oni koji tim uvođenjem žele istaknuti da postoji više mogućih viđenja filozofskog sadržaja kvantne mehanike. Rosenfeld i Peirels smatraju da postoji samo jedno jedino tumačenje matematičkog formalizma kvantne mehanike. Činjenica je da Bohr, za razliku od Heisenberga, nije upotrebljavao taj termin.

D'Espagnat[3] vidi kopenhagensko tumačenje kao kolektivno djelo, u kojem je posebno važan doprinos Bohra i Heisenberga. Međutim, d'Espagnat se ipak opredjeljuje i ističe da su Bohrove ideje ono što podrazumijeva pod kopenhagenskom interpretacijom. Po njegovom mišljenju Heisenberg je u svom kasnijem razvoju došao do zaključaka koji su samo njegovi. Zbog toga je vjerovatno d'Espagnat u knjizi "U potrazi za realnim"[4], u dijelu koji je naslovljen "Kopenhagneska interpretacija", prezentirao samo gledište Bohra.

I kod Jammera je izračen slična evolucija prema Bohrovim gledištima, kao osnovi kopenhagenske interpretacije. U knjizi "Konceptualni razvoj kvantne mehanike"[5] sedma glava je nazvana "Kopenhagenska interpretacija", ali Jammer ne daje određenje tog pojma, nego u okviru njega razmatra odvojeno relacije neodređenosti i komplementarnost. Time data implicitna definicija po kojoj je se kopenhagensko tumačenja bazira na tim doprinosima Heisenberga i Bohra.

U "Filozofiji kvantne mehanike"[6] Jammer je određeniji. I dalje razmatra posebno relacije neodređenosti, ali se umjesto naslova "Komplementarnost" pojavljuje naslov "Rane verzije komplementarne interpretacije". U tekstu kaže da je "komplementarna interpretacija" drugo ime za kopenhagensku interpretaciju. To ujedno objašnjava zašto se kopenhagenska interpretacija ne pojavljuje u naslovu, kao u prethodnoj knjizi.

Dewitt i Graham[7], također, smatraju da Bohrov princip komplementarnosti čini jezgro kopenhagenskog tumačenja kvantne mehanike, ali mu ipak pridružuju gledišta Heisenberga i Borna.

Interesantno je napomenuti da su gledišta Borna prikazana površno, bez ijedne riječi o njegovoj "teoriji invarijanata". Dewitt i Graham nisu "nježni" premu Bornu jer napominju da je on imao više uspjeha u objašnjavanju stvari ako se služio jednadžbama nego riječima. Možda su oni smatrali da je Bornova teorija invarijanata baš to slabo baratanje riječima.

Slično Dewittu i Grahamu postupa Röseberg[8-9], ali bez akcentiranja Bohrovog doprinosa. Po njegovom mišljenju osnovu kopenhagenskog tumačenja čine Bornovo statističko tumačenje valne funkcije, Heisenbergove relacije neodređenosti i Bohrov princip komplementarnosti.

Weingarten[10] razmatra "različite forme" kopenhagenskog tumačenja. Svaka od od njih pretpostavlja postojanje "opservera" i "fizikalnog sistema". Esencijalne razlike između različitih formi su povezane sa iskazima koji identificiraju opservera i fizikalni sistem sa materijom u Univerzumu. Prvu verziju Weingarten vezuje za Bohra i naziva je "permanentna interpretacija". Opserver je neki "automatski laboratorijski aparat" i fizikalni sistem je "dio materije na kojem opserver izvodi pripremu i opažanje".

Druga verzija je dobila naziv "pokretna interpretacija" i u njoj se pretpostavlja pomična granica između opservera i objekta. Čudno je da Weingarten tu ne spominje Heisenberga koji je prvi počeo da specifičnost kvantno - mehaničke vizije mikrosvijeta povezuje sa nemogućnošću preciznog reza u relaciji subjekt - objekt. Time je Weingarten, doduše u skrivenoj formi, suprostavio gledišta Bohra i Heisenberga.

Isti stav ekslicitno iskazuje Bub[11]. On govori o Bohrovoj verziji ("cjelovitost" instrumenta i mjerenog objekta, nezaobilaznost klasičnih pojmova) i Heisenbergovoj verziji (ireducibilnost i nepodložnost kontroli mjernih disturbacija) kopenhagenskog tumačenja i smatra da se one radikalno razlikuju. Za demonstraciju te tvrdnje Bub će Bohrova gledišta proglasiti za kantovska, a Heisenbergova za realistička.

Ross-Bonney[12] kao protagoniste kopenhagenskog tumačenja navodi Bohra, Diraca, Wignera i von Neumanna, ali izostavlja Heisenberga! Za razliku od njega Hooker[13] kopenhagensku interpretaciju veže upravo za Heisenbergovo gledište i kao njegovu podvarijantu uzima liniju mišljenja von Neumanna i Wignera. Za Hookera je Bohrovo tumačenja poseban slučaj.

Dok se ovaj spektar gledanja na kopenhagensko tumačenje (Da li postoji ili ne? Ko mu je dao odlučujući doprinos?) nekako i može razumijeti kod različitih autora ili kod istih autora u različitim vremenima, teško je shvatljivo da se tako nešto susreće kod jednog te istog autora u radovima objavljenim u jednoj te istoj godini. Upravo to je slučaj sa Hansonom.

U radu "Kopenhagensko tumačenje kvantne teorije"[14] Hanson ne daju eksplicitnu definiciju pojma, ali se može naslućivati da je on povezan sa rješenje valno - čestičnog dualizma, što upućuje na princip komplementarnosti. Do istog zaključka se dolazi kada Hanson razmatra Feyerabendov prigovor da je Bohrova interpetacija samo metafizički dodatak. Hanson je mišljenje da je Bohrova metafizika ispravna kao što je bila metafizika u Newtonovim Principima, uprkos napadima Hookea i Bentona.

S obzirom da su o to vrijeme bile aktualne diskusije o statusu Bohmovog prijedloga sa skrivenim varijablama, Hanson, u skladu sa manirom svih pristalica "kopenhagenskog tumačenja", zauzima prema njemu krajnje negativan stav. Smatra da alternativne metafizike imaju pravo na postojanje samo kada se pronađe alternativni formalizam sa konkretnim eksperimentalnim sugestijama.

Treba napomenuti da nova metafizika, tj. pokušaj fizikalnog objašnjenja paradoksalnog ponašanja kvantnih sistema, može imati konkretne eksperimentalne sugestije i bez alternativnog formalizma, kao što je sada slučaj u potrazi za kvantnim valovima.

Hanson je smatrao da "alternativne interpretacije" nisu stvarne interpretacije, jer, iako su "bogate provokativnom prozom", ne nude ni malo algebre koja bi mogla organizirati praktično razmišljanje fizičara. Zato je njegova poruka pristalicama skrivenih varijabli: "Dok ne formirate novu

interpretaciju koja radi u svakoj partikularnosti tako dobro kao stara, nazovite svoje pokušaje njihovim odgovarajućim imenom - "spekulacije""

Vidi se, dakle, da se efikasnost kvantno - mehaničkog formalizma uzima kao krucijalni dokaz kopenhagenskog tumačenja kvantne mehanike. Hanson navodi da mu je Dirac rekao da je u njegovim radovima kopenhagenska interpretacija figurirala esencijalno, ne kao neko filozofsko promišljanje dodato njegovoj algebri, nego kao nešto bazično svakoj operaciji sa notacijom.

Hanson, kao i mnogi drugi, poistovjećuje pojmove "efikasnost matematičkog formalizma" i "tumačenje matematičkog formalizma". Sudbina von Neumannovog dokaza o nemogućnosti uvođenja skrivenih varijabli je eklatantan primjer neosnovanosti takvog pristupa.

Jedino mjesto u radu koje se može povezati sa Heisenbergovim idejama je razmatranje mogućnosti spoznaje mikroobjekta tj. propozicija "da bismo saznali nešto o čestici moramo sa njom međudjelovati". Po Hansonovom mišljenju ona ima istu logičku snagu kao tvrdnja "ništa se ne može kretati brže od svjetlosti".

Međutim, u razradi tog problema Hanson dolazi do diskutabilnog pojma "kvant informacije":

"Interakcija je informativni koncept u kvatnoj fizici. Ako je osnovna jedinica interakcije h... tada cjelokupna informativna mustra kojom opisujemo svijet mora biti također kvantizirana u jedinicama h, nametnim detektorom."

Informacije dobijamo o mikroobjektima nisu kvantizirane nego međusobno isključujuće. Ako želimo pripremiti mikročestice sa poznatim impulsom, moramo se odreći mogućnosti kontrole i poznavanja položaja. Proizvod srednjih statističkih rasipanja položaja i impulsa mora biti veći od Planckove konstante, ali odatle ne slijedi da je informacija o položaju ili impulsu kvantizirana. Pored toga otvoreno je pitanje fizikalne suštine relacija neodređenosti. Sve manje fizičara ih vezuje za interakciju sa mjernim uređajem.

U radu "Pet upozorenja kritičarima kopenhagenskog tumačenja"[15] Hanson razlikuje Bohrovu interpretaciju (stvorenu u Kopenhagenu) i kopenhagensku interpretaciju (koja počinje u Leipzigu i vlada u Göttingenu, Muenchenu, Cambridgu, Princetone i bilo gdje drugo)! Time je Hanson kopenhagenskim tumačenjem nazvao ono što je zajedničko u shvaćanjima većine fizičara. To fundamentalno slaganje je, po njegovom mišljenju, u sljedećem: sve emprijski provjerljive tvrdnje u kvantnoj teoriji su na kraju krajeva o "pojavama" (probna čestica plus aparat za detekciju, bez kojeg nijedna elementarna čestica ne može biti shvaćena) (the - specimen - particle - plus - the - detecting - apparatus - without - the - mutual - interaction - of - which - no - elementary - particle - can - even - be - aprehended).

Hanson posredno priznaje da je jezgro značenja njegovog određenja kopenhagenskog tumačenja (to bi odgovaralo Feyerabendovoj ideji o minimalnoj interpretaciji) uže nego "excatedra izričaji melanholičnog Danca". Pored toga Hanson ističe scince - fiction pretjerivanje Bohrove proze!

Po njegovom mišljenju najbolja formulacija kopenhagenskog tumačenja je Heisenbergov članak[16], posvećen Bohrovom 70-tom rođendanu, jer je perfektno plauzibilna, jer nije osjetljiva na teškoće koje Bohr susreće i jer obezbjeđuje dobre argumente protiv specifičnih kontra - interpretacija, koje su ponudili Bohm, Bopp, Fenyes, Feyerabend i drugi.

Disonancija o suštini kopenhagenskog tumačenja bi se mogla dodatno argumentirati i detaljima iz radova drugih autora[17-21]. Međutim, niko od njih nije tako radikalan kao Laurikainen[22]. On je, očigledno preuveličavajući prividno semanatičko Bohrovo približavanje filozofiji realizma, do kojeg je došlo nakon diskusija sa Fokom, kao jedinog dosljednog i autentičnog zastupnika kopenhagenskog viđenja označio Paulija!

Zbog ovakve situacije u radu se posebno razmatraju gledišta Bohra i Heisenberga i tek nakon toga se pokušava pronaći neka zajednička osnova koja bi se mogla smatrati za "kopenhagensku interpretaciju". Takav pristup je pogodan i zbog toga da bi se eksplicitno vidjelo odakle potiču pojedini stavovi u raznim marksističkim tumačenjima kvantne mehanike.

* * *

NAPOMENE

1) H.P.Stapp, The Copenhagen Interpretation, American Journal of Physics 40 (8) (1972) 1098 - 1116.

2) R.E.Peierls, Scientific American 216 (1967) 137; R.Peierls, Suprises in Theoretical Physics, Princeton University Press, Princeton, 1979, s. 26. Peierls smatra da su Born, Heisenberg i Bohr dali ključni doprinos razumijevanju kvantne mehanike, formulacijom konzistentnih principa. Vidi Ibid., s. 24.

3) B.d'Espagnat, Conceptual Foundation of Quantum Mechanics, W.A.Benjamin, Massachusetts, 1976.

4)B.d'Espagnat, In Search of Reality, Springer-Verlag, New York, 1983.

5) M.Jammer, The Conceptual Development of Quantum Mechanics, McGraw-Hill, New York, 1966.

6) M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspective, John Wiley & Sons, New York, 1974.

7) B.S.Dewitt & R.N.Graham, Resource Letter IQM-1 on the Interpretation of Quantum Mechanics, American Journal of Physics 39 (7) (1971) 724 - 738.

8) U.Röseberg, Szenarium einer Revolution. Nichtrelativistische Quanten mechanik und philosophische Widerspruchproblematik, Akademie - Verlag, Berlin, 1984., dio "Kopenhagener Deutung", 195 -197.

9) U.Rösenberg, Quantenmechanik und Philosphie. Standpunkte des dialektischen Materialismus, Vieweg, Braunschweig, 1978., dio "Kopenhagener Deutung", 109 - 119.

10) D.Weingarten, Two Interpretation of QM, Il Nuovo Cimento 22B (1974) 293 - 327.

11) J.Bub, On the Completeness of Quantum Mechanics, u C.A.Hooker (ed.), Contemporary Research in the Foundations and Philosophy of Quantum Theory, Reidel, Dordrecht, 1973, 1 - 63.

12) A.A.Ross-Bonney, Does God Play Dice? A Discussion of Some Interpretations of Quantum Mechanics, Il Nuovo Cimento 30B (1) (1975) 55 - 79.

13) C.A.Hooker, The Nature of Quantum Mechanical Reality: Einstein Versus Bohr, u R.G.Colodny (ed.), Paradigms and Paradoxes. The Philosophical Challenge of the Quantum Domain, University of Pittsburg Press, Pittsburg, 1972.

14) N.R.Hanson, Copenhagen Interpretation of Quatum Theory, American Journal of Physics 27 (1) (1959) 1 - 15.

15) N.R.Hanson, Five Cautions for the Copehagen Interpretation's Critics, Philosophy of Science 26 (1959) 325 - 337

16) W.Heisenberg, The Development of the Interpretation of the Quantum Theory, u W.Pauli (ed.), Niels Bohr and the Development of Physics, Pergamon Press, London, 1955, 12 - 29.

17) H.P.Stapp, The Copenhagen Interpretation, American Journal of Physics 40 (8) (1972) 1098 - 1116. Vidi Ballentineov komentar i Stappovu repliku: L.E.Ballentine, Comments on Stap's "Copenhagen Interpretation" and the Significance of Bell's Theorem, American Journal of Physics 42 (1); (1974) 81 - 83. H.P.Stapp, Reply to Ballentine's Comment, American Journal of Physics 42 (1) (1974) 83 - 85.

18) C.F.Weizsaecker, The Copenhagen Interpretation, u T.Bastin (ed.), Quantum Theory and Beyond, Cambridge University Press, Cambridge, 1971.

19) R.J.Hall, Philosophical Basis of Bohr's Interpretation of Quantum Mechanics, American Journal of Physics 33 (1965) 624 - 627.

20) R.Shlegel, Statistical Explanation in Physics: The Copenhagen Interpretation, Synthese 21 (1970) 65 - 82.

21) M.Audi, The Interpretation of Quantum Mechanics, The University of Chicago Press, Chicago, 1973, (poglavlja "The Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics" i "Objections to the Copenhagen Interpretation").

22) K.V.Laurikainen, Wolfgang and the Copenhagen Philosophy, u P.Lahti & P.Mittelstaedt (eds.), Symposium on the Foundations of Modern Physics. 50 Years of the Einstein - Podolsky - Rosen Gedankenexperiment, World Scientific, Singapore, 1985. Da Laurikainen prenaglava važnost Paulija može se zaključiti iz njegove tvrdnje da je "Pauli bio kompetentniji u filozofskim pitanjima u vezi osnova kvantne fizike nego bilo koji drugi naučnik XX stoljeća".

3.2. Bohr i interpretacija kvantne mehanike

3.2.1. KVANTNI POSTULAT, CJELOVITOST I KOMPLEMENTARNOST

Bohr je svojom teorijom atoma vodika, otključao vrata koja vode u mikrosvijet i prvi se suočio sa njegovom paradoksalnošžu. Uzbudljivost tog "bliskog susreta" sa novim slojem realnosti bila je toliko jaka da je Bohr često ponavljao da oni koji nisu bili zaprepašćeni kvantnim zakonitostima nisu ni shvatili kvantnu mehaniku.

Kvantno - mehaničko ponašanje mikroobjekata je doista misteriozno ako se promatra očima klasične fizike i utoliko je čudnije što je Bohr pri formulaciji spoznajne pouke teorijskih zaključaka kvantne mehanike toliko insistirao baš na klasinoj fizici i običnom jeziku. Time je stvorena "neobična sitauacija" da su klasični pojmovi i neprikladni i nužni za tumačenje atomskih fenomena ili rječima Bohra:

"Kvantna teorija je karakterizirana priznanjem fundamentalne limitiranosti klasičnih fizikalnih ideja kada se primjenjuju na atomske fenomene. Tako stvorena situacija je neobične prirode jer se naše tumačenje eksperimentalnog materijala bitno oslanja na klasične pojmove."[1]

Na koji način dolazi Bohr do te neubičajene spoznajne strategije? Ona je u potpunom skladu sa njegovim temeljnim shvaćanjem fizike:

"... Fizika mora biti shvaćena ne kao izučavanje nečega a priori datog, nego nego radije kao razvoj metoda za uređivanje i prikaz ljudskog iskustva. S obzirom na to naš zadatak mora biti da prikažemo iskustvo na način koji je nezavisan o individualnom subjektivnom prosuđivanju i zbog toga objektivan u smislu da može biti nedvosmisleno saopćen u običnom ljudskom govoru."[2]

Dakle, fizika ne izučava nešto što je apriori dato nego je treba razmatrati kao razvoj metoda za uređenje i prikaz ljudskog iskustva. Pri tome se može primjetiti da je u takvoj definiciji zanemarana spoznajna fukcija, koja se ne može svesti na "uređenje i prikaz ljudskg iskustva". Razumijevanje pojave podrazumijeva poznavanje uzroka koji do nje dovode. Sve dok ne znamo uzroke nekoj pojavi ne možemo reći da smo razumijeli. Odricanje mogućnosti racionalnog uvida u ono što se dešava iza eksperimentalne ravni, slijedi, dakle, iz samog Bohrovog shvatanja funkcije fizike u stavu čovjeka prema svijetu.

To je samo potencirano Bohrovim određenjem objektivnosti kao mogućnosti nedvosmislene komunikacije u običnom ljudskom jeziku[3], Naime, pošto atomski svijet nije direktno prisutan u našem čulnom iskustvu jedino što je sigurno su njegovi makroskpopski efekti. Ako želimo ostati u domenu činjenica, onda su to "položaji kazaljki" raznih mjernih uređaja. Ne želeći napustiti to sigurno tlo Bohr je svoju interpretaciju izgradio na već spomenutoj dvojnoj prirodi klasične fizike.

Time "stari" Bohr na svojevrsan način upućuje kritiku "mladom" Bohru, koji je se u teoriji atoma vodika trudio da osporavanjem jednih, a prihvatanjem drugih stavova klasične fizike, izgradi model koji je u skladu sa strukturom vodikovog spektra.

Uvodeći pojmove "stacionarno stanje" i "kvantni skok" kao primarne i nepodložne dataljnijoj konceptualizaciji, Bohr postupao u skladu sa tradicijom po kojoj strukturna dinamika atoma, ~ma koliko bila čudna sa stanovišta klasične fizike, u bitnom određuje svojstva emitirane svjetlosti. Nema potrebe da se raspravlja o mjernom instrumentu jer je njegova funkcija samo registratorska, tj. mjerni instrument bilježi na odgovarajući način ono što se desilo u atomu, nemajući na to dešavanje nikakav uticaj.

U tumačenju kvantne mehanike Bohr u novom svjetlu vidi Planckov kvantni postulat, koji je novi element u fizikalnoj slici svijeta sugeriranom razvojem atomske fizike. Dok je u teoriji atoma vodika uveo vještački kvant akcije u dinamičku shemu klasične fizike, Bohr sada radikalizira svoju poziciju. Kvantna mehanika je takva generalizacija klasične fizike u kojoj je stvoreno mjesto za "iracionalni" kvant akcije. "Iracionalnost" ovdje označava nepodložnost racionalnoj analizi. Bohr zadržava "iracionalnost" elementarnih kvantnih procesa (prijelaz iz jednog u drugo kvantno stanje) ali je proširuje i na sam proces mjerenja. Time definira dvije vrste "cjelovitosti".

Prva je "cjelovitost" elementarnih kvantnih procesa:

"Kvantni postulat... pridružuje svakom kvantnom procesu esencijalnu diskontinualnost, ili radije cjelovitost, potpuno stranu klasičnim teorijama i simboliziranu Planckovim kvantom akcije."[4]

"Poenta u pouci koju nam je dao razvoj atomske fizike je... spoznaja celovitosti u atomskim procesima, koja se ispoljila kroz otkriće kvanta dejstva."[5]

Druga je cjelovitost na nivou kvantnog fenomena (rezultat interakcije kvantnog objekta i mjernog uređaja):

"Svojstvo celovitosti... ne dopušta razlikovanje posmatrane pojave od nezavisnog ponašanja objekta, koje je karakteristično za mehaničku koncepciju prirode."[6]

"Zahtev neograničene deljivosti na kome se zasniva opis klasične fizike je... nesaglasan sa onim svojstvom celovitosti u tipičnim kvantnim fenomenima zbog koga dalja podela nameće promenu eksperimentalnog uređaja koja dovodi do novih pojedinačnih efekata."[7]

Na taj način Bohr postojanje kvanta djejstva vidi kao prirodnu prepreku mogućnosti uvida u elementarne kvantne procese i u sam proces mjerenja. Interakcija između kvantnog sistema i mjernog uređaja se ne može biti proizvoljno malena i bitno utiče i na ponašanje kvantnog sistema i mjernog uređaja. Oni su sjedinjeni aktom međudjelovanja i nepodložni daljoj konceptualnoj analizi. Kvantni objekti gube svoju autonomiju i fizika može govoriti samo o efektima njihove interakcije sa mjernim uređajem. To je Bohrov zaključak, o kojem će kasnije biti više reči, jer predstavlja jedan fundamentalnih stavova koji je karakterističan za ono što se u ovom radu uslovno označava kao "kopenhagenska interpretacija".

Ako se postulira nemogućnost uvida u elementarne kvantne procese i kvantne fenomene, onda je jasno da istraživaču ostaju dostupni samo njihovi makroskopski efekti. Kako se oni mogu konzistentno izložiti?

Na to pitanje odgovara Bohr svojim principom komplementarnosti. Iako predstavlja centralni koncept Bohrove filozofije, nikada nije precizno definiran i čak je i Einstein priznao da ga nije uspio do kraja shvatiti. Zbog toga ću navesti in extenso nekoliko Bohrovih određenja komplementarnosti.

"Uslovi za jasan prikaz iskustva... su okarakterisani pojmom komplementarnosti."[8]

"Daleko od toga da ograničava naše nastojanje da postavljamo pitanja prirodi u formi eksperimenata, pojam komplementarnost jednostavno karakterizira odgovore koje možemo dobiti takvim istraživanjem, kadgod interakcija između mjernog uređaja i objekata čini integralni dio fenomena."[9]

"Pojam koplementarnosti služi da simbolizuje jedno bitno ograničenje koje se sreće u atomskoj fizici a tiče se objektivnog postojanja fenomena nezavisnog o načina njihovog posmatranja."[10]

Odavde slijedi da komplementarnost predstavlja uslov za jasan prikaz iskustva, tj. rezultatata eksperimenata kada interakcija između atomskog objekta i mjernog uređaja čini integralni dio fenomena (ili kada se mora govoriti o bitnom ograničenju objektivnog postojanja fenomena nezavisnog o načinu njihovog promatranja).

Zašto Bohr, kada se već ograničio na makroskopske tragove elementarnih kvantnih procesa, insistira na uslovima za jasan prikaz iskustva? Zbog toga što se različiti modeli objekta, kao što su val i čestica, koji se u klasičnoj fizici fizici međusobno isključuju, sada moraju pridružiti jednom te istom objektu. Evo kako to Bohr kaže:

"Pojam komplementarnosti je tražen da obezbijedi dovoljno širok okvir da obuhvati prikaz fundamentalnih regularnosti prirode koje ne mogu biti shvaćene unutar jedne slike. Ustvari, rezultati dobijeni u dobro definiranim eksperimentalnim uslovima - i izraženi adekvatnom upotrebom elementarnih fizikalnih pojmova - iscrpljuju u svojoj ukupnosti sve podatke o atomskim objektima koji mogu biti saopćeni običnim govorom."[11]

"Rezultati, koji su dobijeni u različitim uslovima i koji odbacuju razumijevanje unutar jedinstvene slike, moraju biti smatrani, uprkos očiglednoj oprečnosti, za komplementarne u smislu da zajedno iscrpljuju sve dobro definirane podatke o atomskom objektu..."[12]

"Interakcija između istraživanih objekata i naših sprava za opažanje, koja u običnom iskustvu može biti zanemarena ili uzeta u obzir posebno, čini, u domenu kvantne fizike, nerazdvojni dio fenomena. Ustvari, u takvim uslovima iskustvo ne može biti kombinirano na uobičajen način, nego fenomeni moraju biti razmatrani kao komplementarni jedan drugom u smislu da zajedno iscrpljuju sve podatke o atomskim objektima koji mogu biti nedvojbeno izraženi."[13]

"Podaci dobiveni pomoću različitih eksperimentalnih uređaja ne mogu se razumeti na uobičajen način, a neophodnost da se uzmu u obzir uslovi pod kojima su podaci dobiveni neposredno zahteva komplementarni način opisivanja."[14]

Dakle, princip komplementarnosti pozitivistički iskazuje činjenicu da za kvantni objekt moramo koristiti, ma koliko je to paradoksalno sa stanovišta klasične fizike, u jednoj eksperimentalnoj situaciji model vala, a u drugoj model čestice. Komplementarnost valnog i čestičnog modela, iako se oni upotrebljavaju u različitim eksperimentalnim situacijama, je u tome što oni tek zajedno iscrpljuju sve podatke koji se mogu dobiti u dobro definiranim eksperimentalnim okolnostima.

Insistiranje na sveukupnosti podataka je pozitivan aspekt principa komplementarnosti jer ukazuje na fundamentalnu važnost valno - čestičnog dualizma. Modeli po kojima je kvantni sisšem samo čestica ili samo val ne mogu objasniti njegovo kvantno ponašanje, odnosno njegove tragove u mjernim uređajima. Međutim, na neki način Bohr ipak ostaje u oblasti klasične dileme "ili čestica ili val?", jer će mikroobjekt biti ili čestica (u jednoj eksperimentalnoj situacija) ili val (u drugoj eksperimentalnoj situaciji). Dakle, komplementarnost predstavlja metod nedvosmislene upotrebe fundamentalnih koncepata na čijoj nerestringiranoj kombinaciji počiva klasična descripcija. Konzistentnost je postignuta time što se ti različiti aspekti kvantnih sistema manifestiraju u međusobno isključivim mjernim aparatima.

Osim na modele vala i čestice, komplementarna relacija s odnosi i na pojmove "položaj" i "impuls", "energija" i "vrijeme", te na prostorno - vremenski i kauzalni opis fenomena.

Da bi se obezbjedilo prisustvo atomske čestice u ograničenom prostorno - vremenskom domenu nužan je eksperiemntalni uređaj koji uključuje transfer momenta i energije između čestice i tijela (fiksirani lenjiri i sinhronizirani satovi), koji ne može bit uključen u opis njihovog funkcioniranja, ukoliko ta tijela trebaju da ispune svoju ulogu definiranja sistema referencije. Obrnuto, bilo koja striktna primjena zakona očuvanja impulsa i energije na atomske proces implicira, u principu, odricanje od detaljne prostorno - vremenske koordinacije čestica.

Da bi smo govorili o poziciji moramo imati uređaj koji je nedvosmisleno definira, a taj uređaj ne može registrirati izmjenu impulsa između mikroobjekta i uređaja (nije podložna kontroli izmjena impulsa jer uređaj mora biti fiksiran u odnosu na ostala tijela da smo bili sigurni u poziciju mikročestice). Uređaj koji bi bio osjetljiv na izmjenu impulsa, po definiciji, ne može biti fiksiran.

Ovoliko Bohrovo bavljenje mjernim uređajima je posljedica negativnog aspekta principa komplementarnosti, koji zabranjuje, u skladu sa postulatom o cjelovitosti kvantnih fenomena i elementarnih procesa, bilo kakav pokušaj da se shvati zašto se mikroobjekt u jednoj situaciji ponaša kao val, a u drugoj kao čestica.

Međutim, upravo je to ključno pitanje tumačenja kvantnih procesa. Možda će budućnost pokazati da naš konceptualni aparat baziran na makroskopskom iskustvu predstavlja i spoznajno ograničenje, ali za sada nema razloga da se odustane od pokušaja da se mikroobjekt modelira jedinstvenim modelom, koji će dati fizikalni uvid u njegovo kvantno ponašanje i u mjernom instrumentu i izvan njega.

Ne može se reći da je to neka egzotična želja zastupnika naivnog realizma jer upotreba različitih modela za jedan te isti fizikalni objekat predstavlja simptom nedovršenosti znanstvenog uvida u njegovu bit. U teoriji atomskog jezgra je bilo u upotrebi nekoliko modela (model kaplje, model ljuski, optički model,...) koji su fenomenološki opisivali pojedina nuklearna svojstva ili procese. Međutim, progres se dešavao tako što se težilo jedinstvenom modelu, iz kojeg će pojedini modeli proizilaziti kao aproksimacije.

Naravno, može se reći da je matematički formalizam kvantne mehanike već taj jedinstveni model, ali koji jednostavno ne može imati konceptualnu artikulaciju. Time bismo u kvantnoj mehanici bili osuđeni na apstraktna pravila izračunavanja, bez mogućnosti uvida u ono što se dešava u kvantnim procesima. Fizika se ne može svesti samo na pronalazak matematičkog algoritma koji izbacuje rezultate u skladu sa opažanjima, nego je uvijek do sada pokazivala da se njene uspješne jednadžbe odnose na realne fizikalne objekte i procese. Newtonova jednadžbe se odnose na kretanje materijalne tačke, a Maxwellove jednadžbe na kretanje elektromagnetskog polja. Da li se Schrödingerova jednadžba zaista odnosi samo na izmjenu apstraktne funkcije pomoću koje je moguće izračunati gustinu vjerovatnoće pojednih poloćaja elektrona ili se odnosi na kretanje nekog kompleksnije objekta, koji se u interakciji sa makroskopskim uređajima jedan put pojavljuje kao val, a drugi put kao čestica?

Bohrova argumentacija je okrenuta dokazivanju neadekvatnosti klasičnih modela i pokušajima da se oni, kroz komplementarnu relaciju, iskoriste za prikaz eksperimentalnih rezultata. Međutim, ona ne dokazuje nemogućnost i drugačijeg pristupa, koji takođe odustaje od klasičnih modela, ali insistira na tome da se kvantno ponašanje prikaže jedinstvenim modelom, koji dozvoljava konceptualizaciju matematičkog formalizma kvantne mehanike.

3.2.2. PONAŠANJE MIKROOBJEKATA I PROMATRANJE

Iz postojanja kvantna akcije i cjelovitosti akta interakcije između mikroobjekta i mjernog uređaja Bohr izvlači zaključak o nemogućnost razdvajanja ponašanja mikroobjekta od njegove interakcije sa mjernim uređajem i teškoćama u pridručivanja svojstava mikroobjektu izvan situacije promatranja. To je problem u kojem je Bohr bio eksplicitniji i jasniji nego kada je u pitanju komplementarnost.

U svojim prvim formulacijama Bohr postojanje kvanta akcije vidio kao ograničenje realnosti i kvantnih fenomena i instrumenata:

> "Kvantni postulat implicira da će bilo kakva opservacija atomskog fenomena uključiti interakciju sa sredstvima opseviranja koja se ne može zanemariti. U skladi s time, nezavisna realnost u običnom smislu ne može biti pripisana ni fenomenu ni sredstvima opserviranja."[15]

Kasnije se ograničio samo na kvantne objekte i ublažio je tvrdnje, govoreći o "ponašanju" umjesto o "realnosti":

> "Razjašnjenje paradoksa u atomskoj fizici je donela činjenica da neizbežna interakcija između objekta i mernih instrumenata postavlja apsolutnu granicu na mogućnost da se govori o ponašanju objekta koje je nezavisno od načina posmatranja."[16]

> "Ma koliko da fenomen izlazi iz okvira klasičnog fizičkog objašnjenja, prikaz podataka mora biti dat preko klasičnih pojmova. Razlog leži u tome što rečju "eksperiment" označavamo situaciju u kojoj drugima možemo reći šta smo uradili i šta smo naučili i da, stoga, objašnjenje eksperimentalnog uređaja i rezultata posmatranja mora biti izraženo nedvosmislenim jezikom sa pogodnom upotrebom terminologije klasične fizike.
>
> Ova bitna misao... ima kao posljedicu nemogućnosti oštrog razdvajanja ponašanja atomskih objekata od interakcije sa mernim instrumentima koji služe da se definišu uslovi pod kojima se fenomen odvija."[17]

Mogućnost razdvajanja ponašanja objekta od načina njegovog promatranja je, po Bohrovom, mišljenju karakteristika klasične fizike:

"Cela konceptualna struktura klasične fizike... počiva na pretpostavci... da je moguće napraviti razliku između ponašanja materijalnih objekata i problema njihovog posmatranja."[18]

"U klasičnoj fizici su "svi opisi posmatranja sadržali pretpostavku, već svojstvenu uobičajenim jezičkim konvecijama, da je moguće napaviti oštru razliku između ponašanja objekta i načina posmatranja".[19]

Iz nemogućosti razdvajanja ponašanja mikroobjekta od procesa njegovog ponašanja slijedi zaključak da je teško govoriti o svojstvima mikroobjekta izvan situacije promatranja:

"Slom uobičajenih fizičkih pogleda... na uzbudljiv je način izražen u teškoćama da se govori o svojstvima atomskih objekata nezavisno od uslova posmatranja."[20]

"... Nijedan rezultat eksperimenta o fenomenima koji u pricipu leže van domena klasične fizike ne može se interpretirati kao da daje osobine objekta samog za sebe..."[21]

Doduše Bohr uviđa da neka svojstva ipak moramo pridružiti mikroobjektima, poput mase i električnog naboja:

"Elektronom se može nazvati naelektrisana materijalna čestica, pošto merenja njegove inercijalne mase uvek daje isti rezultat, i svaki prenos elektriciteta između atomskih sistema se uvek svodi na određen broj takzvanih elementarnih naelektrisanja."[22]

Isti zaključak slijedi i za karakteristike kvantnih procesa:

"Svaki element poseduje karakterističan spektar oštrih linija, koji je u tolikoj meri nezavisan od spoljašnih uslova da je moguće identifikovanje sastava najudaljenijih zvezda na osnovu spektroskopskih posmatranja."[23]

Odavde je vidljivo da Bohr ne smatra da proces registracije zračenja utiče na proces koji generira karakteristike spektra. Mjerni uređaj bi imao uticaj na tok procesa tek kada bismo željeli klasičan opis, tj. kada bismo željeli pratiti kretanje elektrona unutar atoma:

"... Zakonitosti energetskih stanja atoma i molekula, koja određuju karakteristike spektara elemenata i valencije u hemijskim jedinjima, javljaju se samo u okolnostima kada je kontrola položaja elektrona u atomu i u molekulu isključena."[24]

Vidi se da Bohr svoje zaključke bazira na teškoćama da se ponašanje mikroobjekata shvati na osnovu klasičnih modela i umjesta da zagovara traganje za složenijim modelom koji bi to ponašanje konceptualizirao on insistira na komplementarnosti parcijalnih i kontradiktornih rezultata interakcije mikroobjekta sa klasično opisanom aparaturom.

Izvan svake sumnje je da se kvantni procesi odvijaju i izvan naših mjernih naprava. To znači da se mikroobjekti ipak moraju ponašati na neki način, koji je definitivno neklasičan. Gotovo je sigurno da kvantni objekt ne posjeduje svojstva na uobičajen način, tj. ono što se opaža u mjernom uređaju ne pripada mikroobjektu per se. Ali tada je zadatak fizike da objasni kako nastaje ono opažamo u mjernim uređajima. To je nemoguće ako se ne

pretpostavi da mikroobjekt posjeduje neka svojstva i da ona zajedno sa svojstvima mjernog uređaja u procesu interakcije daju ono što se opaža. Pomoću tih svojstava mikroobjekata po sebi moguće je objasniti svojstva mikrooprocesa koji se odvijaju izvan mjernih uređaja.

Ako se kroz spoznajni aktivnost ne bi saznalo ništa što se odnosi na kvantne procese "po sebi" onda bi njeni rezultati imali mali značaj za čovjeka. Svijet nije ogromna laboratorija u kojoj procesi protiču u eksperimentalnim uslovima nego skup autonomnih fizikalnih dešavanja. U totalitetu svijeta su dijelovi, koji su direktnoj interakciji sa čovjekovim instrumentima, bez obzira na njihovu veliku važnost u egzistencijalnom i spoznajnom smislu, praktički zanemarljivi.

Ako bismo naše znanje o kvantnim procesima proglasili relativnim u odnosu na eksperimentalnu situaciju, onda ne bismo imali pravo da ga primjenjujemo izvan tog okvira. Međutim, znanstvena praksa je potpuno drugačija. Kvantna kosmologija je primjer koji uvjerljivo demantira validnost vezivanja zakonitosti kvantne mehanike za konkretnu eksperimentalnu situaciju, u kojoj kvantni objekt i mjerni uređaj stupaju u interakciju i proizvode fenomen, koji nije podložan daljoj konceptualnoj analizi.

Teorijsko opisivanje rane vasione je nemoguće bez upotrebe kvantnih zakonitosti jer su u njoj upravo dominatni kvantni procesi interakcije i transformacije elementarnih čestica. Ljudi sa svojim eksperimentalnim napravama stižu nakon dvadesetak milijardi godina. U međuvremenu se, naravno, desilo još mnogo kvantnih procesa koji su ostavili tragove u strukturi i dinamici Kosmosa. Registracija tih tragova, na primjer pozadinskog zračenja, potvrđuje ispravnost teorijskih vizija o evoluciji Kosmosa. Tačno je da slika koju imamo nije detaljna u smislu klasične fizike ali je bitno da se odnosi na sitauciju izvan mjernih uređaja, što pokazuje da filozofija koja kvantnu mehaniku tumači kao teoriju naših mjernih uređaja nije u skladu sa standardnom naučnom praksom.

3.2.3. O KAUZALNOSTI, STATISTICNOSTI I NELOKALNOSTI

Bohr shvaća kauzalnost na laplaceovski način kao mogućnost jednoznačne vremenske korelacije stanja sistema. Ukoliko, nije moguće jednoznačno definirati stanje onda i sam pojam kauzalnosti gubi smisao. To Bohr iskazuje na sljedeći način:

"Definicija stanja fizikalnog sistem, kako se normalno razumije, zahtijeva eliminaciju svih eksternih poremećaja. Ali u tom slučaju, u skladu sa kvantnim postulatom, bilo kakvo opažanje bi bilo nemoguće i, prije svega, pojmovi prostora i vremena gube svoj neposredni smisao. Sa druge strane, ako da bismo učinili opažanje mogućim dozvolimo izvjesna međudjelovanja sa pogodnim mjernim uređajima, koji ne pripadaju sistemu, nedvosmislena definicija stanja sistema prirodno nije više moguća, i ne može biti govora o kauzalnosti u običnom smislu riječi."[25]

Ili nešto preciznije:

"Konačna interakcija između objekta i mernih instrumenata čiji uzrok je postojanje kvanta dejstva povlači za sobom - zbog nemogućnosti da se kontroliše reakcija objekta na merne instrumente, ako oni treba da služe svojoj svrsi - neophodnost da se definitivno odustane od klasičnog ideala kauzaliteta..."[26]

Odricanje od kauzalnosti i prihvatanje statističkog opisa je povezana je sa interakcijom sistema i uređaja za mjerenje, odnosno sa nemogućnošću da se kontrolira reakcija na proces mjerenja. Ta interakcija se ne može proizvoljno smanjiti zbog postajanja kvanta akcije. Uređaj ometa sistem koji se zbog toga u mjernom uređaju ponaša u kontradikciji sa klasičnom fizikom. Na taj način argumenti protiv kauzaliteta su u skladu sa Heisenbergovim pogledima da je uticaj procesa mjerenja odgovoran za akauzalnu prirodu kvantnog ponašanja. Međutim, Bohrova razmatranja nužnosti statističkog opisa daju mogućnost i za drugačije zaključke.

Na nekoliko mjesta Bohr statističnost uvodi na pragmatičan način iz činjenice da u jednoj te istoj (dobro definiranoj) eksperimentalnoj situaciji dobijamo razne ishode. S obzirom da se odrekao mogućnosti da uzroke takvog ponašanja traži u samoj prirodi mikroobjekta i njegovoj interakciji sa mjernim uređajem, jedino što ostaje je statistička deskripcija rezultata.

Evo nekoliko Bohrovih izjava sa takvom stavom, koji Bohr ne podupire argumentacijom:

"Sama činjenica da se pomoću jednog te istog eksperimentalnog uređaja mogu vršiti posmatranja koja odgovaraju različitim kvantnim pojedinačnim procesima nameće principijelno ograničenje na deterministički način opisa."[27]

"Pošto će općenito u jednom te istom aranžmanu biti opaženo nekoliko različitih individualnih efekata, pribjegavanje statistici u kvantnoj fizici je prema tome u principu neizbježno."[28]

"Činjenica da jednom te istom dobro definiranom eksperimentalnom aranžmanu, u općem slučaju, dobijamo snimke različitih individualnih procesa čini nužnim pribjegavanje statističkom prikazu kvantnih fenomena."[29]

Tek na nekim mjestima Bohr šire zahvata stvari:

"Sama činjenica da repeticija istog eksperimenta... općenito daje različite rezultate koji se odnose na objekt, neposredno implicira da sveobuhvatni prikaz iskustva u tom domenu mora biti izražen statističkim zakonima... U slučaju kvantnih fenomena, neograničena djeljivost događaja... je, u principu, isključena zahtijevom da se specificiraju eksperimentalni uslovi. Ustvari, svojstvo cjelovitosti tipično za prave kvantne fenomene nalazi svoj logički izraz u okolnosti da bi bilo koji pokušaj dobro definirane dalje podjele zahtijevao promjenu u eksperimentalnom aranžmanu, inkopatibilnu sa fenomenima koji se ispituju."[30]

Ovdje se vidi da je za Bohra statističnost povezana sa nemogućnošću neograničene djeljivosti, koja je isključena zahtjevom da se specificiraju eksperimentalni uslovi. Svojstvo cjelovitosti garantira da svaki pokušaj djeljenja fenomena zahtijeva izmjenu u eksperimentalnom aražmanu koja je inkopatibina sa defiicijom fenomena koji se istražuje. Bohr dakle posredno povezuje statističnost i cjelovitost. Fenomen je cjelovit i zato je opis nužno statistički. Ako bismo ga mogli secirati onda bismo mogli postići dovoljno informacija za klasičan opis i kvantne zakonitosti bi bile izgubljene. S obzirom da je Bohr povezao cjelovitost sa postojanjem kvanta akcije, znači da nalaženje prostora za kvant akcije klasični deterministički algoritam modificira u kvantni statistički formalizam. Pošto je postojanje kvanta akcije prirodni zakon, a ne posljedica miješanja uređaja u tok prirodnih pojava, onda se ovdje može uočiti izvjesna dvojnost u statističkom opisu.

Kod kvantnih fenomena cjelovitost je postignuta interakcijom kvantnog objekta i mjernog uređaja i statističnost je posljedica miješanja mjernog uređaja u ponašanje kvantnog objekta. Time interakcija između mikroobjekta i mjernog uređaja doista dobija fundamentalno značenje.

Međutim, Bohr govori i o cjelovitosti u slučaju elementarnih kvantnih procesa i nju također povezuje sa kvantnom akcije. Stabilnost atoma je direktna posljedica postojanja kvantna akcije. Međutim, i opis elementarnih kvantnih procesa je statističkog karaktera, ali kod njih ne možemo reći da je to posljedica miješanja akta mjerenja u tok procesa. Dakle, dolazi se do problema suštine kvantnih zakonitosti. Da li one odražavaju svojstvo prirode ili svojstvo prirode podvrgnute našem ispitivanju?

Mnogi su skloni da misle da je Bohr konceptom "cjelovitosti" intuitivno odredio nelokalnost kvantno - mehaničke realnosti. Zbog toga je važno istaknuti da je Bohr upravo nastojao da izbjegne takav zaključak u vezi sa ponašanjem mikrosistema. Takav stav je ekspliciran u članku koji je posvećen epistemološkim diskusijama sa Einsteinom:

"Okolnost da imamo mogućnost da biramo između odredivanja putanje čestice i opserviranja interferencionog efekta (je) jedina koja nam omogućuju da izbegnemo paradoksalnu situaciji da moramo zaključiti da ponašanje elektrona ili fotona treba da zavisi od prisustva razreza na dijafragmi kroz koji bi se moglo pokazati da nije prošao."[31]

Ovdje Bohr pokazuje da je protiv priznavanja nelokalnih efekata i smatra da je najbezbolniji način rješenja problema instistiranje na nekompatibilnosti ova dva tipa eksperimenta. Time se izbjegava suaočavanje sa mogućnošću da kvantna mehanika ipak implicira neka svojstva nelokalnosti, kao što je pokazao Bohm svojom teorijom skrivenih varijabli.

Bohrovo insistiranje na cjelovitosti kvantnog fenomena i cjelini eksperimetalne situcije postavlja vještačku barijeru daljem izučavanju prirode kvantnih objekata. Naime, alternativini pristupi pokazuju da je moguć konceptualni model u kojem se oba eksperimenta interpretiraju sa jedne tačke gledišta. Ostaje naravno da se ispita opravdanost koncepta "kvantnih valova", ali ne na osnovu predrasuda, koje su toliko prisutne u raspravama o filozofskom sadržaju kvantne mehanike, nego na osnovu eksperimenata u laboratoriji.

Iz Bohrove spoznajne (defanzivne) strategije nužno slijedi razlikovanje kvantnog objekta i mjernog uređaja. Mjerni uređaj je makroskopskih dimenzija i opisuje se jezikom klasične fizike, koji se ne može primijeniti na kvantni objekt. Bohr to kaže ovako:

"Esencijalno nova karakteristika u analizi kvantnog fenomena je... uvođenje fundamentalne distinkcije između mjernog aparata i objekta koji se istražuje. To je direktna posljedica nužnosti prikaza funkcija mjernog uređaja potpuno klasičnim terminima, isključujući u principu bilo kakav osvrt na kvant akcije. Sa druge strane, kvantne karakteristike fenomena se pokazuju u informaciji o atomskim objektima, izvedenoj iz opažanja."[32]

Međutim, stiče se utisak da je Bohr, braneći filozofiju komplementarnosti, i na mjerne uređaje primjenjivao relacije neodređenosti. To je posebno došlo do izražaja u članku u kojem opisuje svoje čuvene diskusije sa Einsteinom:

"Uočimo uzgred da za ilustraciju prethodnih razmatranja nije bitno što su eksperimenti u kojima se zahteva tačno merenje predatog momenta i energije između atomskih čestica i teških tela, kao što su dijafragme i poklopci teški za izvođenje, ako su uopšte i izvodljivi. Bitno je samo da u ovim slučajevima, za razliku od mernih instrumenata u uskom smislu reči, ova tela zajedno sa česticama čine sistem na koji se mora primeniti formalizam kvantne mehanike."[33]

Bohr, dakle, primjenjuje formalizam kvantne mehanike na teška tijela, iako bi ona, po njegovom sopstvenom određenju, trebala biti opisana klasičnim jezikom. Prema tome, da bi pokazao ispravnost relacija neodređenosti Bohr ih prenosi u makrosvijet. Ispalo bi da relacije neodređenosti izražavaju svojstva nekompatibilnosti raznih makroskopskih mjernih uređaja ili njihove interakcije se mikroobjektima, a ne svojstva mikroobjekata.

3.2.4. SMISAO MATEMATIČKOG FORMALIZMA

Bohrov stav prema kvantnoj mehanici je određen priznavanjem dvostruke uloge klasičnih pojmova, koji su istovremeno i neprimjenljivi i nezaobilazni za razumijevanje mikrosvijeta. Princip komplementarnosti razdvaja klasično kompatibilne pojmove (kauzalni i prostorno - vremeski opis), a približava klasično nekompatibilne pojmove (čestični i valni model). Analiza konceptualne strane problema je, za Bohra, bitnije od analize značenja matematičkog formalizma i problema koji su se tu javili, kakvi su, na primjer, kolaps valne funkcije i sa njim povezan problem mjerenja.

Za Bohra matematički formalizam ima samo samo predikcijsku ili kalkulativnu funkciju:

"Odgovarajuća fizička intepretacija simboličkog kvantno - mehaničkog formalizma se svodi samo na predviđanja, determinističkog ili statističkog karaktera, koja se odnose na individualne fenomene nastale pod uslovima definisanim pomoću klasičnih fizičkih pojmova."[34]

"Strogo uzevši, matematički formalizam kvantne mehanike... jedino nudi pravila proračuna za izvođenje očekivanja u vezi opažanja dobijenih u dobro definiranim uslovima specificiranim klasičnim fizikalnim pojmovima."[35]

Bohr je posebno naglašavo ulogu nepovratnih procesa u procesu opažanja. Time preciznije određuje ono na šta se odnosi, po njegovom mišljenju, formalizam kvantne mehanike:

"Svaka atomska pojava (je) zatvorena u smislu da je njeno posmatranje zasnovano na beleženju ostvarenom pomoću pogodnih pojačivačkih uređaja koji rade pomoću nepovratnih procesa, kao što su, na primer, trajne mrlje na fotografskoj ploči izazvane prodiranjem elektrona u emulziju. Stoga je važno shvatiti da kvantno - mehanički formalizam dozvoljava dobro definisane primene samo u odnosu na takve zatvorene fenomene."[36]

Neosporno je da tek makroskopski efekti atomskih pojava daju pouzdan dokaz da su se te pojave uopće desile. Međutim, Bohr previše naglašava taj makroskopski aspekt kvantnih procesa smatrajući da samo na "zatvorene fenomena" može biti biti primjenjen matematički formalizam kvantne mehanike. Time se na prikriven način odriče važnost fundamentalnih procesa i naglasak se stavlja na proceduru njihove registracije, čime kvantna mehanika postaje "teorija" naših mjernih i opservacionih uređaja,

mada proces transformacije mikroskopske neodređenosti u makroskopsku određenost nije sadržan u formalizmu kvantne mehanike. Iz Bohrovog koncepta "cjelovitosti" mjernog akta slijedilo bi da pravu teoriju nije moguše izgraditi pošto se kvantni fenomen ne može rastaviti na dijelove.

Interesantno je vidjeti Bohrov stav u vezi sa diskusijama o načinu na koji treba govoriti o fenomenima za koje su moguća samo predviđanja statističkog karaktera. Problem su bili pojedinačni efekti, dakle ono što se generalni naziva "kolaps valne funkcije". Dirac je predlagao terminologiju po kojoj izbor pravi "priroda", a Heisenberg je u igru uveo "posmatrača", koji konstruiše mjerne instrumente i čita njihove zapise. Bohrov komentar je sljedeći:

"Svaka ovakva terminologija izgleda sumnjiva, jer, s jedne strane, teško da je razumno pripisati prirodi volju u običnom smislu, dok, s druge strane, sigurno da nije moguće da posmatrač utiče na događaje koji mogu desiti pod uslovima koje je pripremio. Po mom mišljenju nema drugog izlaza nego da se prihvati da se u ovoj oblasti istraživanja bavimo posebnim fenomenima i da naše mogućnosti upotrebe mernih instrumenata jedino dopuštaju da napravimo izbor među različitim komplementarnim tipovima fenomena koje želimo da studiramo."[37]

Bohr je bio protiv uvođenja "posmatrača" kao ključnog faktora za razumijevanje problema kolapsa valne funkcije, jer je smatrao da je on rješen u okviru komplementarnog opisa. Za njega nije bilo uznemirujuće što su u nekom mjerenju javlja jedan a ne drugi rezultat. Prihvatio je to kao fundamentalnu činjenicu po sljedećoj logici:

Klasična fizika nije prikladna kao teorija mikroprocesa.Njene pojmove možemo nedvosmisleno primjenjivati u međusobno isključujućim situacijama, što onemogućava konceptualno ujedinjenje korištenih klasičnih slika (npr. val i čestica). Ta situacije je uzrokovana postajanjem kvanta dejstva, što ima za posljedicu nužan uticaj eksperimentalnog uređaja na posmtrani objek. U takvoj situaciji ostaje jedino moguć vjerovatnosni most između pojedinih eksperimentalnih situacija i odgovarajućih klasičnih pojmova. Cjelovitost fenomena onemogućava detaljniji uvid u ono što se dešava u instrumentu i zbog toga nema smisla raspravljati zašto je pojedino mjerenje imalo jedan, a ne drugi ishod.

Komplementarnost bazirana na cjelovitosti fenomena je osnova za Bohrov stav da je kvantna mehanika daje potpun opis realnosti:

"Kvatno - mehanički formalizam, čiji jedini cilj je da obuhvati podatke posmatranja dobivene pod eksperimentalnim uslovima opisanim pomodu prostih fizičkih pojmova, daje ... iscrpan komplementaran prikaz veoma širokog domena iskustva."[38]

3.2.5. BOHROV JEZIK

Bohr je sa dosta entuzijazma prilazio pisanju radova, koji se odnose na filozofske probleme atomske fizike. Formulacije su pažljivo odmjeravane, kao da je Bohr tražio neki magični hologramski jezik u kojem postoji mogućnost da se sadržaj i smisao čitavog teksta kodira, ako ne u svakoj riječi, onda, barem, u svakoj rečenici. Zbog toga su Bohrove rečenice višeslojne konstrukcije, u kojima je glavni tok misli dopunjen nizom komentara koji treba da čitaocu skrenu pažnju na detalje, koji zajedno uzeti čine Bohrovu filozofiju.

Evo jednog pasusa koji demonstrira tu osobinu Bohrovog pisanja. Rečenice su rastavljene na pojedine segmente da bi se istakla Bohrova težnja za što iscrpnijim prikazom svojih misli o suštini epistemološke poruke koju nam je dalo izučavanje mikrosvijeta:

"Element cjelovitosti,
simboliziran kvantom akcije
i kompletno stran klasičnim fizikalnim principima,
ima... posljedicu da u izučavanju kvantnih procesa
bilo koje eksperimentalno istraživanje implicira
interakciju između atomskog objekta i mjernog uređaja,
koja,
iako esencijalna za karakteriziranje fenomena,
izmiče posebnom prikazu,
ako eksperiment mora služiti svojoj svrsi
davanja jasnog odgovora na naša pitanja.

Priznavanje ove situacije
je zaista ono što čini pribjegavanje statističkom načinu opisa
prijeko potrebnim
u slučaju očekivanja zbivanja individualnih kvantnih efekata
u jednom te istom eksperimentalnom aranžmanu
i što uklanja bilo koju očiglednu kontradikciju
između fenomena opaženih u raznim,
međusobno isključujućim,
eksperimentalnim uslovima.

Bilo kako oprečnim se mogu takvi fenomeni u prvi mah činiti,
mora se spoznati da su oni komplementarni
u smislu da,
uzeti zajedno,
iscrpljuju sve podatke o objektu
koji mogu biti izraženi običnim jezikom
bez dvosmislenosti."[3]

Ovo je ujedno i sižе Bohrovog poimanja kvantne mehanike.

* * *

NAPOMENE

1) N.Bohr, The quantum postulate and the recent development of atomic theory (1927), u N.Bohr, Atomic theory and the description of nature, Cambridge University Press, Cambridge, 1961, 53.

2) N.Bohr, The unity of human knowledge (1960) u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 10.

3) "Svaki naučnik je... stalno suočen sa problemom objektivnog opisa iskustva, što za nas ne znači ništa drugo nego komunikacije bez nesporazuma. Naše osnovno sredstvo je, naravno, uobičajeni jezik koji služi potrebama praktičnog života i društvenog opštenja." (N.Bohr, Jedinstvo znanja (1954), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 125.)

4) N.Bohr, The quantum postulate and the recent development of atomic theory (1927), u N.Bohr, Atomic theory and the description of nature, Cambridge University Press, Cambridge, 1961, 53.

5) N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 21.

6) N.Bohr, Fizika i problem života (1957), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 172.

7) Ibid. s. 174.

8) Ibid. s. 19.

9) N.Bohr, Quantum physics and philosophy - causality and complementarity (1958) u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 4.

10) N.Bohr, Biologija i atomska fizika (1937), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 31.

11) N.Bohr, The unity of human knowledge (1960) u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 12.

12) N.Bohr, The Rutherford memorial lecture 1958 (reminiscenses of the founder of nuclear science and of some developments based on his work) (1961), u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 92.

13) N.Bohr, The connection between the sciences (1960), u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 18 - 19.

14) N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 22 - 23.

15) N.Bohr, The quantum postulate and the recent development of atomic theory (1927), u N.Bohr, Atomic theory and the description of nature, Cambridge University Press, Cambridge, 1961, 54.

16) N.Bohr, Prirodna filozofija i ljudske kulture (1938), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 58.

17) N.Bohr, Diskusija sa Einsteinom o epistemološkim problemima u atomskoj fizici (1949), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 82.

18) N.Bohr, Biologija i atomska fizika (1937), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 50.

19) N.Bohr, Prirodna filozofija i ljudske kulture (1938), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 58 - 59.

20) N.Bohr, Fizika i problem života (1957), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 173.

21) N.Bohr, Prirodna filozofija i ljudske kulture (1938), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 59.

22) N.Bohr, Fizika i problem života (1957), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 173.

23) N.Bohr, Biologija i atomska fizika (1937), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 46.

24) N.Bohr, Fizika i problem života (1957), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 175.

25) N.Bohr, The quantum postulate and the recent development of atomic theory (1927), u N.Bohr, Atomic theory and the description of nature, Cambridge University Press, Cambridge, 1961, 54.

26) N.Bohr, Diskusija sa Einsteinom o epistemološkim problemima u atomskoj fizici (1949), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 113.

27) N.Bohr, Fizika i problem života (1957), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 174.

28) N.Bohr, The Rutherford memorial lecture 1958 (reminiscenses of the founder of nuclear science and of some developments based on his work) (1961), u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 92.

29) N.Bohr, The connection between the sciences (1960), u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 25.

30) N.Bohr, Quantum physics and philosophy - causality and complementarity (1958) u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 4.

31) N.Bohr, Diskusija sa Einsteinom o epistemološkim problemima u atomskoj fizici (1949), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 92 - 93.

32) N.Bohr, Quantum physics and philosophy - causality and complementarity (1958) u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 3 -4.

33) N.Bohr, Diskusija sa Einsteinom o epistemološkim problemima u atomskoj fizici (1949), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 98. Isti utisak se stiče i u sljedećoj tvrdnji:

"... položaj centra inercije tijela i njegov ukupni impuls mogu biti definirani unutar granica recipročne tačnosti..." (N.Bohr, The quantum postulate and the recent development of atomic theory (1927), u N.Bohr, Atomic theory and the description of nature, Cambridge University Press, Cambridge, 1961, 67.).

34) N.Bohr, Diskusija sa Einsteinom o epistemološkim problemima u atomskoj fizici (1949), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 120.

35) N.Bohr, The Rutherford memorial lecture 1958 (reminiscenses of the founder of nuclear science and of some developments based on his work) (1961), u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 60.

36) N.Bohr, Jedinstvo znanja (1954), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 134 - 135.

37) N.Bohr, Diskusija sa Einsteinom o epistemološkim problemima u atomskoj fizici (1949), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 100.

38) N.Bohr, Atomi i ljudsko znanje (1955), u N.Bohr, Atomska fizika i ljudsko znanje, Nolit, Beograd, 1985, 160.

39) N.Bohr, The Rutherford memorial lecture 1958 (reminiscenses of the founder of nuclear science and of some developments based on his work) (1961), u N.Bohr, Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knowledge, Interscience Publishers, London, 1963, 60.

3.3. Heisenbergova interpretacija kvantne mehanike

Heisenberg je svojom matričnom mehanikom dao prvi konzistentni matematički opis kvantnog ponašanja mikrosistema. Također je pomoću relacija neodređenosti najdirektnije pokazao da klasični pojmovi imaju ograničenu upotrebnu vrijednost u mikrosvijetu. Put do tih velikih doprinosa je vodio i preko filozofskog promišljanja mnogih metodoloških pitanja nauke. Poznato je da je matrična mehanika u velikoj mjeri posljedica stava da u teoriju treba uključiti samo mjerljive veličine. Relacije neodređenosti su otkrivene kada je Heisenberg istažio sličan stav da tek teorija odlučuje o onome što može biti mjereno.

Za razliku od Bohra, koji je u velikom naporu da izrazi svoju filozofiju komplementarnosti pisao stilom koji nije jednostavan za razumijevanje, Heisenbergovi napisi su direktniji. To je omogućava da se otkriju i razlike između Bohra i Heisenberga u odnosu na probleme tumačenja kvantne mehanike. Iako postoji niz zajedničkih gledanja, koja se mogu protumačiti kao posljedica obostranog uticaja kroz prve diskusije o problemima, ipak ima i različitog tretiranja istih pitanja i različitog izbora pitanja kojima se mora pokloniti pažnja.

Heisenberg je uticao na Bohra, u prvom periodu, svojom teorijom smetanja u mislenom eksperimentu sa mikroskopom, a Bohr na Heisenberga naglašavanjem nužnosti klasičnog opisa aparature i rezultata i principom komplementarnosti. Kasnije je i Heisenberg ušao u probleme jezika, tj. u problem nedvosmislenog komuniciranja koji je bio stalna Bohrova preokupacija, tolika da je čitav problem objektivnosti sveo na problem nedvosmislenog opisa eksperimentalne situacije i rezultata koji se dobijaju (objektivnost kao intersubjektivnost).

Suptilnija razlika između Bohra i Heisenberga je i u tome što Bohr ne raspravlja o matematičkom formalizmu, osim kada želi ukazati na konzistentnost kopenhaškog tumačenje. Kod Bohra su primarni koncepti, a matematika je u spoznajnom smislu sekundarna. Kod Heisenberga je obrnuto: matematika je neophodan spoznajni instrument, a koncepti su potrebni da se spoznajni rezultati iskažu običnim jezikom.

S obzirom da je cilj ovog posebnog razmatranja stavova rodonačelnika kopenhagenskog tumačenja nalaženje zajedničkih gledišta, koja bi odgovorala tom često neodređenom pojmu. Heisenbergovi stavovi su svrstani u dvije grupe. U jednu spadaju oni stavovi koji su isti ili kompatibilni sa Bohrovim, a u drugu oni koji se od njih razlikuju.

3.3.1. SLAGANJA SA BOHROM

Heisenberg prihvata dvojnu prirodu klasičnih pojmova, kao nužnih i ograničenih, i to naziva paradoksom, koji je na početku "kopenhagenskog tumačenja":

> "Kopenhagensko tumačenje kvantne teorije počinje jednim paradoksom. Bilo koji eksperiment u fizici... mora biti opisan pomoću klasične fizike... Međutim primjenljivost tih pojmova je ograničena relacijama neodređenosti. Moramo imati na umu taj ograničen doseg primjenljivosti klasičnih pojmova dok ih koristimo, ali ne možemo i ne trebamo se truditi da ih poboljšamo."[1]

"Kopenhagensko tumačenje kvantne mehanike .... počinje od činjenice da naše eksperimente opisujemo pomoću klasične fizike i istovremeno od znanja da ti pojmovi ne odgovaraju precizno prirodi. Tenzija između te dvije polazne tačke je korijen statističkog karaktera kvantne teorije."[2]

Naravno, relacije neodređenosti pokazuju granicu primjenljivosti tako ograničenih pojmova, što je nužno da se ne zapadne u teškoće:

"... Donja granica tačnosti kojom mogu biti istovremeno poznate određene varijable može biti postulirana kao zakon prirode (u obliku tako zvanih relacija neodređenosti)... Te relacije neodređenosti nam daju mjeru slobode od ograničenja klasičnih pojmova koja je nužna za jednu konzistentnu deskripciju atomskih procesa."[3]

Ovdje je zanimljivo da Heisenberg dozvoljava mogućnost da su relacije neodređenosti zakon prirode. To se unekoliko razlikuje od njegovih ostalih razmatranja u kojima on relacije neodređenosti povezuje sa uticajem mjernog instrumenta na svojstva mikroobjekta, ili generalnije sa problemom odnosa subjekta i objekta.

Naime, ako su relacije neodređenosti zakon prirode onda bismo imali pravo koristiti relacije neodređenosti i u razmatranju svojstava kvantnih procesa i u situacijama kada oni protiču izvan mjerne aparature, tj. kada proces mjerenja ili opažanja ne disturbira proces.

Šta to znači, na primjer, za impuls i koordinatu? Impuls i koordinata nemaju simultano precizno određene vrijednosti. Mjerni instrumenti su tu nevažni u ontološkom smislu, ali ako pomoću njih pokušavamo objekat natjerati u klasično fizikalni okvir onda se te relacije jasno manifestiraju. Da ne bi bilo zagonetno to što su makroskopski instrumenti, pomoću kojih je moguće precizno definirati pojedine koncepte (npr. položaj ili izmjenu impulsa), međusobno isključivi, odnosno kompatibilni samo u domenu važenja relacija neodređenosti, mora se izgraditi takav model objekta iz kojeg to slijedi kao rezultat fizikalne interakcije kvantnog objekta i mjernog uređaja.

Heisenbergov misleni eksperiment za određivanje položaja i impulsa elektrona, koji je on dao kao ilustraciju relacijama neodređenosti, pokazuje kako, u slučaju kada se želi mikroobjektu pridružiti nedvosmisleno neka klasična veličina, dolazi do miješanja u njegovo ponašanje. To je svakako razlog zašto je Heisenberg, zajedno sa Bohrom, koji je prihvatio to gledište kao fundamentalnu karakteristiku znanja o mikroobjektima (mada se kasnije pokušao osloboditi grube verzije "teorije smetanja"!), smatrao da se ponašanje mikroobjekta ne može odvojiti od procesa interakcije sa mjernim uređajem:

"Ako želimo stvoriti sliku o prirodi elementarnih čestica, ne možemo više načelno zanemariti fizikalne procese pomoću kojih dobivamo o njima obavještenja. Ako promatramo predmete našeg svakodnevnog iskustva, fizikalni proces koji omogućuju promatranje ima samo podređenu ulogu. Ali kod najmanjih građevnih čestica materije izaziva svaki proces promatranja grubu smetnju; ne može se uopće govoriti o vladanju čestica odvojeno od procesa promatranja. Konačna je posljedica toga da se u prirodnim zakonima, koje matematski formuliramo u kvantnoj teoriji, ne radi više o elementarnim česticama po sebi nego o našem poznavanju elementarnih čestica. Pitanje postoje li te čestice "po sebi" u prostoru i vremenu ne može se više postaviti u toj formi, jer možemo govoriti samo o procesima koji se odigravaju kad treba otkriti vladanje čestice pomoću uzajamnog djelovanja te elementarne čestice sa nekim drugim fizikalnim sistemom, npr. mjernim aparatima."[4]

To je i osnova za naglašavanje da fičari ne mogu govoriti o mikroobjektima "po sebi" nego samo o svom poznavanju njihovog ponašanja u eksperimentalnoj situaciji:

"U modernoj prirodnoj nauci... je... ustanovljeno da građevne čestice materije, koje smo prvobitno smatrali kao posljednju objektivnu realnost, uopće ne možemo više promatrati "po sebi", da izmiču svakom objektivnom utvrđivanju u vremenu i prostoru i da u osnovi uvijek samo naše poznavanje tih čestica možemo učiniti predmetom nauke. Cilj istraživanja nije dakle spoznaja atoma i njihovog kretanja "po sebi", tj. odvojeno od našeg eksperimentalnog ispitivanja..."[5]

"U prirodnoj nauci predmet istraživanja nije više priroda po sebi nego priroda podvrgnuta ljudskom ispitivanju."[6]

"Predodžba o objektivnoj realnosti elementarne čestice gubi se ... na čudnovat način, ne u magli neke nove nejasne ili još nerazumljive predodžbe stvarnosti nego u providnoj jasnoći matematike koja ne prikazuje više vladanje elementarne čestice već naše poznavanje toga vladanja."[7]

Ako se pažljivo analiziraju gledišta Heisenberga na matematički formalizam kvantne mehanike, o čemu će kasnije biti više riječi, vidi se da on smatra da se formalizam odnosi na mikroobjekte izvan situacije promatranja, kada o mikroobjektu ne možemo imati pouzdano znanje jer nije u kontaktu su mjernim uređajem. Matematičkom formalizmu trebaju dodatne pretpostavke za objašnjenje kako se od niza mogućih vrijednosti u pojedinom mjerenju registrira samo jedna.

Dakle, iako zvuči veoma logično, stav da se naše znanje odnosi samo na ponašanje mikroobjekta u eksperimentalnim uslovima nije bez teškoća. Ustvari, sam akt registracije jednog iz mnoštva vjerovatnih rezultata (kolaps valne funkcije) je najslabije shvaćeni dio u kvantnoj mehanici, ako se već insistira da su makroskopski efekti kvantnih procesa ono na šta se odnosi matematički formalizam kvantne mehanike. Da je to ključno za razumijevanje smisla kvantne mehanike i za njenu primjenu u konkretnim proračunima onda bi se o tome govorilo mnogo i u udžbenicima. Situacija je suprotna, u šta se može uvjeriti svako ko prelista mnoštvo knjiga namijenjenih sticanju znanja iz ove važne oblasti teorijske fizike.

Matematički formalizam kvantne mehanike se odnosi na procese međusobne interakcije elementarnih čestica u stacionarnim ili nestacionarnim stanjima i njegova striktna primjena traži precizno definiranje svih faktora koji mogu uticati na tok procesa. Sam akt registracije (makroskopski efekat ishoda interakcije kvantnih objekata i mjernog uređaja) nije uključen u Schrödingerovu jednadžbu. To znači da se naše znanje i matematički proračun odnose na mikroprocese prije akta registracije njihovih efekata. Iako je važan kao potvrda ispravnosti naših predodžbi o autonomnim kvantnim procesima i njihovim posljedicama, sam akt registracije nema mjesta u teorijskim proračunima. To govori da kvantna teorija nije teorija mjernih uređaja i procesa u njima, nego teorija kvantnih procesa koji se odvijaju u mikrosvijetu nevisno o mjernim uređajima, koji služe samo za registraciju onoga što se već desilo.

Rečeno ne isključuje shvaćanje da se opaženi efekat pridružuje i kvantnom objektu i mjernom uređaju zajedno, tj. da

mjerni uređaj "stvara" neka svojstva kvantnog objekta (na primjer, pravac spina) o kojima nema smisla govoriti izvan mjernog uređaja. Samo tu treba reći da kao zadatak teorije ostaje fizikalno objašnjenje tog procesa. Za ostvarenje toga nužno je prikazati prelaz iz stanja sa neodređenim pravcem spina u stanje sa određenim stanjem spina kao rezultat fizikalne interakcije kvantnog objekta i mjernog uređaja.

Gledišta Heisenberga i Bohra se poklapaju i u gledanju na pojam kauzalnosti. Heisenberg pod kauzalnošću smatra laplaceovsko shvatanje da su zbivanja u prirodi jednoznačno određena; tačno poznavanje prirode ili njenog određenog isječka je, bar u principu, dovoljno da se unaprijed odredi budućnost. Heisenberg i determinizam povezuje sa usko shvaćenom kauzalnošću: Postoje čvrsti prirodni zakoni, koji buduće stanje nekog sistema nedvosmisleno utvrđuju na osnovu sadašnjeg[8]. S obzirom da stepen poznavanja stanja mikroobjekta, koji je moguć u kvantnoj mehanici, nije dovoljan za jednoznačno predviđanje budućeg ponašanja mikroobjekta, Heisenberg odriče kauzalnosti valjanost u kvantnom domenu. Bohr je kauzalnost "komplementarno" suprostavio prostorno - vremenskoj deskripciji. Niko od njih nije smatrao da je moguće iza ravni eksperimenta zamisliti neko kauzalno ponašanje mikrosistema. Dakle, i Bohr i Heisenberg su protiv mogućnosti "komplementiranja" kvantne mehanike nekom teorijom "skrivenih varijabli".

U odnosu na "obrazloženje" konflikta laplaceovske kauzalnosti i kvantne mehanike javljaju se razlike između Bohra i Heisenberga. Bohr je nevažnje kauzalnosti opravdao "cjelovitošću" eksperimentalne situacije, odnosno nerazložívom vezom mjernog uređaja i kvantnog objekta, koje je uzrokovano kvantnom akcije. Heisenberg u problem uvodi spoznajni subjekt i njegovu vezu sa objektom.

Po njegovom mišljenju jasna formulacija "zakona kauzaliteta" traži mogućnost jasnog razdvajanja na subjekt i objekt[9]. Zbog toga je normalno da Heisenberg smatra da je posebnu važnost u epistemološkoj diskusiji u kvantnoj mehanici ima "interakcija između opservera i objekta"[10].

Mada na nekim mjestima Heisenberg kaže da subjekat ne mora biti ljudsko biće nego to može biti i foto - ploča, ipak iz cjeline njegovog opusa slijedi da nije u pitanju samo terminološka razlika. O tome će biti više riječi u vezi sa problemom redukcije valnog paketa i problemom mjerenja.

Bohr je pojmom "cjelovitost" izbjegao niz pitanja koja se javljaju ako se odustaje od kauzalne determinacije ponašanja mikroobjekata. Heisenberg je razmatrao i ono o čemu je Bohr mudro šutio. Međutim, u razmatranje statističnosti je, u skladu dominantnim gledanjem, suviše isticao ljudsko znanje:

"Vjerovatnoća u matematici ili u statističkoj mehanici znači izjavu o stupnju našeg znanja o aktuelnoj situaciji."[11]

"Statističke zakonitosti znače u pravilu da je određeni fizikalni sistem samo nepotpuno poznat."[12]

Subjektivističko shvatanje vjerovatnoće je najjasnije iskazano u sljedećoj izjavi:

"Kad bi na primjer kretanje i smještaj svih molekula u nekom plinu bili poznati, onda više ne bi imalo smisla govoriti o temperaturi tog plina. Pojam temperature se može primjeniti samo kad je sistem nepotpuno poznat, i kad se iz tog nepotpunog poznavanja žele izvući statistički zaključci."[13]

Može se reći da bi pojam temperature bio nepotreban ako bismo potpuno poznavali sve parametre za mehanički opis kretanja molekula gasa. Međutim, taj opis ne može reproducirati ključnu termodinamičku zakonitost - zakon porasta entropije. Treba napomenuti da su zakoni mehanike reverzibilni, tj. da čisti mehanički procesi mogu teći i unazad, uz pogodnu izmjenu parametara. Ako snimimo neki mehanički proces na filmsku traku nećemo primjetiti ništa neobično pri projekciji "unatrag". Međutim, molekularni procesi na makronivou su ireverzibilni, tj. mogu se odvijati samo u jednom smjeru. Ako dovedemo dva tijela u toplotni kontakt, toplije će se hladiti, a hladnije zagrijavati dok im se temperature ne izjednače. Ta "usmjerenost" nema nikakve veze sa činjenicom da li mi znamo ili ne znamo sve detalje potrebne za mehaničku deskripciju. Zakon povećanja entropije nije moguće izvesti iz mehaničkih zakona bez dodatnih hipoteza, koje se ne mogu povezivati sa našim neznanjem.

Heisenberg kao i Bohr poistovjećuje formalizam sa interpretacijom:

"Kopenhagensko tumačenje je jedino adekvatno ako se eksperimentalni rezultati svugdje slažu sa predviđanjima ovog tumačenja."[14]

Iako je to prosta stvar treba istaknuti da rezultate, na kojima je baziran autoritet kvantne mehanike kao znanstvene teorije, daje matematički formalizam, a ne kopenhagensko tumačenje. Ono se odnosi na filozofske aspekte kvantne mehanike, koji se, naravno, mogu i drugačiji interpretirati.

Insistiranje na dvojnoj prirodi klasičnih koncepata ima za cilj maksimalno oslanjanje na rezultate dobro definiranih mjernih operacija. To ostajanje u eksperimentalnoj ravni i odbijanje da se govori o onome šta se dešava sa mikrosistemima izvan eksperimentalne situacije, u suštini, stavlja ograničenja na dalje razumijevanje mikroprocesa. Može se, naravno, prihvatiti i takva filozofija, ali ona nema nikakvu logičku ili eksperimentalnu prednost u odnosu na filozofiju, koja zagovara mogućnost daljeg napretka spoznaje, tj. težnju da se razriješi zagonetka valno - čestičnog dualizma, ne u smislu da se mikroobjekt prikaže kao klasična čestica ili klasični val, nego da se izgradi takav model koji daje mogućnost objašnjenja zašto je u jednoj situaciji adekvantniji model čestice, a u drugoj model vala.

Heisenberg se slagao sa Bohrom i u gledanju na primjenu relacija neodređenosti na mjerni uređaj. To je eksplicitno izrazio u diskusiji svog mislenog eksperimenta u kojem se pomoću gama - mikroskopa određuje položaj elektrona.

Heisenberg smatra da je moguće njegovom tumačenju mislenog eksperimenta uputiti sljedeći prigovor:

Neodređenost odskoka elektrona potiče od neodređenosti putanje svjetlosnog kvanta unutar snopa zraka i bilo bi moguće odrediti putanju na taj način da se mikroskop učini pokretnim, mjereći njegov odskok usljed udara svjetlosnog kvanta.

Međutim, po Heisenbergovom mišljenju na taj način nije moguće zaobići relacije neodređenosti jer se time neposredno postavlja pitanje položaja mikroskopa. Zbog toga Heisenberg smatra da su i položaj i impuls mikroskopa također podvrgnuti relacijama neodređenosti.[15]

Ova diskusija je suviše hipotetička jer gama - fotoni ne mogu pokrenuti normalan mikroskop. To bi vrijedilo ako bi mikroskop bio toliko malen da bi ga udar fotona odbacio u nekom pravcu, ali tada sigurno ne bi mogao služiti kao mikroskop. Postoji makroskopski nivo i na njemu je moguće funkcioniranje određenih instrumenata. Nema smisla primjenjivati na njih relacije neodređenosti, pogotovu u tumačenju, koje polazi od toga da kod makroskopskih instrumenata možemo slobodno, bez straha od kontradikcija, primjenjivati klasičnu fiziku.

Ako i na makroskopske mjerne uređaje moramo primjenjivati relacije neodređenosti onda nije jasno gdje je razlika između kvantne i klasične fizike. Zar ne bismo došli u tešku situaciju i u klasičnoj fizici ako ne bismo bili u stanje tačno odrediti početne uslove? Međutim, kvantnu mehaniku ne možemo dobiti iz klasične mehanike, odričući se poznavanja početnih uslova. To znači da se takvim pristupom ne pogađa suština problema tumačenja kvantne mehanike.

3.3.2. RAZILAŽENJA SA BOHROM

Bohrovo gledanje na problem tumačenja kvantne mehanike se može najkraće označiti kao antiontologijsko. Bohr smatra da se sva pitanja moraju riješiti pažljivom upotrebom klasičnih pojmova, tj. u epistemološkoj ravni. U skladu sa tim Bohr uvodi pojmove koje nije dozvoljeno dalje analizirati, kao što je, na primjer, "cjelovitost" kvantnog fenomena. Njime Bohr eliminira potrebu da govori o problemu "kolapsa valne funkcije", tj. o problemu mjerenja. Ireverzibilni akt pojačanja "zatvara" kvantni fenomen, koji predstavlja ono na šta se odnose matematički formalizam kvantne mehanike. Već je rečeno da je matematički formalizam za Bohra samo kalkulativni i predikcijski instrument. Zbog toga Bohr nije ni razmatrao njegove eventualne ontološke strane.

Heisenberg je, međutim, napravio nekoliko koraka i u tom pravcu. To je vidljivo iz njegovog određenja "vjerovatnosne funkcije":

"... Vjerovatnosna funkcija po sebi ne predstavlja razvoj događaja tokom vremena. Ona predstavlja tendenciju događanja i naše znanje o događajima."[16]

"Vjerovatnosna funkcija kombinira objektivne i subjektivne elemente. Ona sadrži izjave o mogućnostima ili bolje tendencijama ("potencija" u Aristotelovoj filozofiji), i te izjave su potpuno objektivne, one ne zavise od bilo kojeg opservera; ona sadrži i izjave o našem znanju o sistemu, koje je naravno subjektivno utoliko ukoliko može biti različito za različite opservere..."[17]

Vidi se da Heisenberg uvodi novi način egzistencije, koji je između apstraktnog matematičkog i činjeničkog makroskopskog

postojanja. Matematički formalizam kvantne mehanike se odnosi baš na taj kvaziontologijski aspekt svijeta, na svijet mogućnosti i tendencija ispod svijeta činjenica. Ovdje je potrebno istaknuti da je teško prihvatiti ideju po kojoj makroskopske stvari, u čiju "direktnu aktualnost" smo apsolutno sigurni, grade entiteti čija je ontologijska priroda sporna.

Sa ontologijskim aspektom vjerovatnosne funkcije Heisenberg miješa i epistemološki, tj. naše poznavanje tendencija i činjenica. U tome smislu i treba shvatiti njegovo ukazivanje na objektivne i subjektive elemente vjerovatnosne funkcije. Ono što se odnosi na tendencije je objektivno, a ono što se odnosi naše poznavanje tendencija i činjenica je subjektivno. U uobičajenoj terminologiji objektivno bi se odnosilo na stanje opisano valnom funkcijom, a subjektivno na stanje opisano matricom gustoće. Potrebno je napomenuti da je moguće, ako se vjerovatnoća ne povezuje sa neznanjem, kao što to radi Heisenberg, i opis pomoću matrica gustoće tretirati kao objektivan.

Podjela svijeta na svijet tendencija (mikrosvijet) i svijet činjenica (makrosvijet) nužno traži i razjašnjenje njihovog odnosa, tj. prelaza iz "mogućeg" u "aktualno". Po Heisenbergovom mišljenju taj prelaz se dešava u aktu opaćanja. Time akt mjerenja poprima centralno mjesto, mada Heisenberg ne objašnjava kako se "aktueliziraju" kvantni procesi koji se odvijaju izvan mjernih uređaja. Svijet, ipak, nije moguće razmatrati kao posljedicu procesa mjerenja, ma koliko on bio važan u čovjekovoj spoznaji.

U analizi tog procesa Heiseneberg stalno oscilira između ontološkog (objektivnog) i epistemološkog (subjektivnog) aspekta. Tome značajno doprinosi i činjenica da Heisenberg ireverzibilne procese, koji su u Bohrovom tumačenju važni za objektivno zatvaranje kvantnog fenomena, a time i za nedvosmislenu komunikaciju, povezuje sa našim neznanjem, tj. pridaje im subjektivan karakter.

U mislenom eksperimentu sa gama - mikroskopom mogla se Heisenbergova pozicija shvatiti u smislu da elektron posjeduje dobro definiran položaj i impuls, a da interakcija fotona i elektrona ne dozvoljava da ih precizno odredimo. Kasnije Heisenberg problemu pristupa na drugačiji način. Ono što je precizno poznato su samo tendencije u ponašanju elektrona u eksperimentalnoj situaciji, iskazane zakonima vjerovatnoće. Mikroobjektu su na rapolaganju razne mogućnosti i tek interakcija sa mjernim uređajem dovodi do realizacije jedne od njih. Taj proces Heisenberg smatra i objektivnim (neovisan o promatraču) i subjektivnim (nekompletno znanje o detaljima atomskih procesa koji dovode do njega):

"Prelaz iz "mogućeg" u "aktualno" se dešava za vrijeme akta opažanja... Možemo reći da se prelaz iz "mogućeg" u "aktualno" dešava istovremeno kad počinje interakcija objekta sa mjernim uređajem i time sa ostatkom svijeta; on nije povezan sa aktom registracije rezultata u svijesti opservera."[18]

"Taj uticaj (interakcija sa mjernim uređajem, J.S.) uvodi novi element neodredenosti, jer je mjerni uređaj nužno opisan terminima klasične fizike; takav opis sadrži sve neodredenosti u vezi mikroskopske strukture uređaja koje znamo iz termodinamike i, pošto je uređaj povezan sa ostatkom svijeta, on sadrži, u stvari, neodredenosti mikroskopske strukture čitavog svijeta. Te neodredenosti mogu biti nazvane objektivnim utoliko ukoliko su jednostavno posljedica opisa terminima klasične fizike i ne ovise o bilo kojem opserveru. One mogu biti nazvane subjektivnim utoliko ukoliko se odnose na naše nekompletno znanje o svijetu.

Nakon što se odigrala spomenuta interakcije, vjerovatnosna funkcija sadrži objektivni element tendencije i subjektivni element nekompletnog znanja, čak i kada je bila "čisti slučaj" (potpuno objektivna, J.S.) ranije..."[19]

Već je rečeno da Heisenberg ireverzibilne procese povezuje sa neznanjem i zbog toga koristi termin "subjektivno" iako oni nisu nimalo subjektivni. Rad maglene ili mjehuraste komore ne bi bio nimalo drugačiji, ako bismo poput Lapleceovog nadbića poznavali do najsitnijih detalja kretanje i međudjelovanje čestica u radnom dijelu komore. Jedino ostaje problem kako bismo u reverzibilnu detaljnu sliku konceptualno "uklopili" irevezibilni proces, koji je karakterističan za rad tih naprava.

Međutim, u vezi vjerovatnosne funkcije Heisenberg ima i ideje koje se doista moraju tretirati kao korak u pravcu subjektivizma. Radi se o tome da je za njega "redukcija valnog paketa" (kolaps valne funkcije) povezan sa registracijom rezultata u svijesti promatrača, tj. sa promjenom znanja o mikroobjektu:

"Matematička reprezentacija fizikalnog procesa mijenja se diskontinuirano svakim novim mjerenjem; opažanje izdvaja iz velikog broja mogućnosti jednu koja se desila... Kako se naše znanje o sistemu stvarno mijenja diskontinuirano u svakom opažanju njegova matematička reprezentacija se mora također mijenjati diskontinuirano..."[20]

"Opažanje... raskida determinirani kontinuitet vjerovatnosne funkcije mijenjajući naše znanje o sistemu."[21]

"Diskontinuirana promjena vjerovatnosne funkcije, međutim, se dešava sa aktom registracije, jer je diskontinuirana promjena našeg znanja u momentu registracije ono što ima svoj odraz u diskontinuiranoj promjeni vjerovatnosne funkcije."[22]

"Samo opažanje mijenja vjerovatnosnu funkciju diskontinuirano; ono izabira od svih mogućih događaja onaj aktuelni koji se desio. Pošto se kroz opažanje naše znanje o sistemu promijenilo diskontinuirano, njegov matematički reprezent je također pretrpio diskontinuiranu promjenu i mi govorimo o "kvantnom skoku". Kada se koristi stara izreka "Natura non facit saltus" kao osnova za kritiku kvantne teorije, možemo odgovoriti da se sigurno naše znanje može naglo promijeniti i da ta činjenica opravdava upotrebu termina "kvantni skok"."[23]

Treba napomenuti da kada je Bohr govorio o kvantnim skokovima nije mislio na iznenadnu promjenu našeg znanja nego na promjenu energetskog stanja elektrona u atomu, koje ima za posljedicu potpuno realnu posljedicu, emisiju ili apsorpciju kvanta elektromagnetnog polja - fotona. Ti procesi se dešavaju "po sebi" kada se atomi nalaze u slobodnom stanju i kada mjerni akt ne utiče na njih, tj. kada su nam nedostupni detalji procesa (u skladu sa klasičnim nazorima). Zbog toga ih Bohr i smatra "cjelovitim" i nepodložnim racionalnoj analizi i eksperimentalnom razlaganju. Prema tome, nema nikakve osnove realnost kvantnih skokova braniti argumentom o realnosti "skokova znanja".

Vidi se da Heisenberg analizi procesa mjerenja miješa dva pokušaja rješenja.

Jedan je fizikalni i polazi od interakcije između mikrobjekta i mjernog uređaja. Heisenberg dobro zna da akt mjerenja (kolaps valne funkcije) nije u skladu sa schrödingerovskom evolucijom

valne funkcije. Ako se funkcija odnosi pojedinačni mikroobjekt onda ona opisuje tendencije u njegovom ponašanju, a njihov prelaz u aktuelni učinak u mjernom uređaju nije u stanju da objasni.

Ovaj problem se ne javlja ako se formalizam smatra, kao što je preferirao Bohr, za recept koji uspostavlja statističku kvantnitativnu vezu između raznih procedura mjerenja. U takvom pristupu nema smisla ni postavljati pitanje "zašto se u pojedinačnom mjerenju dobija ovaj a ne onaj rezultat?". Međutim, fizičari ipak ne pristaju da fiziku svedu na puko baratanje matematičkim algoritmima i zbog toga se o osnovama kvantne mehanike i dalje raspravlja, iako je operacionalna efikasnost formalizma van svake sumnje.

Ako se u Schrödingerovu jednadžbu uvedu mjerni uređaj i interakcija između mikroobjekta i mjernog uređaja dobija se opet samo vjerovatnosni opis mogućih položaja, a ne aktuelni položaj "kazaljke" na uređaju. Ono što je poseban problem je mogućnost "interferencije" različitih mogućih položaja "kazaljke". Da bi utvrdio njen stvarni položaj potrebno je mikroobjekt i mjerni uređaj podrgnuti novom mjerenju. Ako se i dalje radi pomoću Schrödingerove jednadžbe, opet se problem ponavlja. Dakle, potreban je neki novi element u slici, koji će dovesti uništenja "interferentnih" efekata, tj. koji će čisto stanje prevesti u miješano stanje.

Von Neumann[24] je rješenje problema vidio u registraciji rezultata u svijesti eksperimentatora. Svijest ne treba nikakav vanjski registrator svog stanja. Dakle, svijest eksperimentatora vrši finalni kolaps valne funkcije.

Iako je svojim "čikaškim predavanjima" dao inspiraciju von Neumannu za njegovu teoriju mjerenja Heisenberg smatra da primjena kvantne mehanike na mjerni uređaj ne rješava problem tumačenja kvantne mehanike:

"Mi uvijek počinjemo podjelom svijeta na objekt, koji ćemo izučavati, i ostatak svijeta, i... ta podjela je donekle proizvoljna. Stvarno ne bi se ništa promijenilo u konačnom rezultatu da, na primjer, dodamo neki dio mjernog uređaja ili čitav uređaj objektu i primijenimo zakone kvantne teorije na taj složeniji objekt. Može se pokazati da takva promjena teorijskog tretmana ne bi promijenila predviđanja koja se odnose na dati eksperiment. To slijedi matematički iz činjenice da su zakoni kvantne teorije za pojave u kojima Plankova konstanta može biti razmatrana kao veoma mala veličina, približno identični klasičnim zakonima. Ali bila bi greška vjerovati da ta primjena kvantno - teorijskih zakona na mjerni uređaj može pomoći da se izbjegne fundamentalni paradoks kvantne teorije."[25]

Dakle, Heisenberg implicitno kritikuje von Neumannovu teoriju mjerenja, koja je pokazala gdje vodi Heisenbergova filozofija ako se dovede do krajnjih logičkih konsekvenci.

Heisenberg prihvata da znanje subjekta istraživanje i akt njegove promjene može imati važnost u u epistemološkoj ravni, što se jasno vidi iz njegovog određenja "redukcije valnog paketa". Međutim, taj proces je samo refleksija onoga što se dešava u ontološkoj ravni. Rješenje u toj ravni je, po Heisenbergovom mišljenju, u kontaktu mjernog uređaja sa "ostatkom svijeta":

"Ako je interakcija systema sa mjernim uređajem tretirana kao cjelina u skladu sa kvantnom mehanikom i ako su oba razmatrani kao odsječeni od ostatka svijeta, tada formalizam kvantne mehanike, po pravilu, ne vodi

određenom rezultatu; neće dovesti, na primjer, to zacrnjenja fotografske ploče na datom mjestu. Ako neko pokuša da spasi ... "objektivni efekat" govoreći da je "u stvarnosti" ploča zacrnjena na datom mjestu nakon interakcije, replika je da se kvantno - mehanički tretman zatvorenog sistema koji se sastoji od elektrona, mjernog uređaja i ploče više ne primjenjuje."[26]

"Mora se primjetiti da je sistem, koji je tretiran metodama kvantne mehanike, u stvari dio mnogo većeg sistema (eventualno čitavog svijeta); on međudjeluje sa tim većim sistemom; mora se dodati da su mikroskopska svojstva većeg sistema (barem u velikoj mjeri) nepoznata... Pošto taj sistem ne bi mogao biti objekt mjerenja i teorijskog istraživanja, on ne bi ustvari pripadao svijetu pojava da nije imao interakcije sa takvim većim sistemom čiji dio je i opserver. Međudjelovanje sa većim sistemom sa njegovim neodređenim mikroskopskim svojstvima tada uvodi novi statistički element u opis - i kvantno - teorijski i klasični - sistema koji se razmatra. U graničnom slučaju velikih dimenzija taj statistički element uništava efekte "interferencije vjerovatnoća" na takav način da se sada kvantno - mehanička shema približava klasičnoj u graničnom slučaju. Zbog toga je u toj tački korelacija između matematičkih simbola kvantne teorije i pojmova običnog jezika nedvosmislena i ta korelacija dostaje za tumačenje eksperimenata."[27]

Istu stvar Heisenberg jasno ističe govoreći o najvažnijem svojstvu mjernog uređaja:

"Mjerni uređaj zaslužuje svoje ime samo ako je u tijesnom kontaktu sa ostatkom svijeta, ukoliko postoji međudjelovanje između uređaja i opservera...Ako bi mjerni uređaj bio izoliran od ostatka svijeta ne bi uopće bio niti mjerni uređaj niti bi bio opisan terminima klasične fizike."[28]

"Dobro je poznato da se "redukcija valnog paketa" u kopenhagenskom tumačenju uvijek pojavljuje kada je završen prelaz iz mogućeg u realno. Vjerovatnosna funkcija, koja je pokrivala širok opseg mogućnosti, je iznenada reducirana na mnogo uži opseg činjenicom da je eksperiment doveo do određenog rezultata, da se aktualno određeni događaj desio. U formalizmu ta redukcija zahtijeva da je tako zvana interferencija vjerovatnoća, koja je najkarakterističniji fenomen kvantne teorije, uništena djelimično neodređenom i nepovratnom interakcijom sistema sa mjernim aparatom i ostatkom svijeta."[29]

Ovdje se odmah nameće niz pitanja, koje Heisenberg ostavlja bez odgovora:

Zašto instrument mora biti u tijesnom kontaktu sa ostatkom svijeta? U čemu se sastoji interakcija između uređaja i observera? Da li je to stalno međudjelovanje, ili samo očitavanje, ili rukovanje ili konstrukcija? Zašto kontakt sa ostatkom svijeta za mjerni uređaj znači opis klasičnom fizikom, a za mikroobjekt moramo primjenjivati kvantnu mehaniku? Na koji način je u radu mjernog uređaja prisutna "neodređenost" ostatka svijeta? Kako je moguće izolirati mjerni uređaja od ostatka svijeta? Kako je moguće izolirati mikroobjekt od uticaja ostatka svijeta? Na koji način mikroobjekt razlikuje interakciju sa mjernim uređajem od interakcije sa ostatkom svijeta?

Ako su stanja dva kvantna sistema korelirana zajedničkom valnom funkcijom, onda mjerenje na jednom podsistemu istovremeno implicira i redukciju neodređenog stanja drugog podsistema u neko određeno stanje. Na koji način u toj sistuaciji, u kojoj podsistemi mogu biti proizvoljno daleko, funkcionira Heisenbergova ideja o uticaju ostatka svijeta, koji se ostvaruje preko kontakta sa mjernim uređajem? Naime, kada se sistemi dovoljno udalje, onda nije jasno, na koji način je podešeno da "ostatak svijeta" djeluje na drugi podsistem u skladu sa kontaktom koji je ostvaren sa prvim podsistemom preko mjernog uređaja. Može se, naravno, reći da ta dva sistema predstavljaju jedan jedini objekt, povezan nelokalnom interakcijom, na način da bilo kakva manipulacija jednim dijelom sistema istovremeno mijenja cijeli sistem. Prirodno je postaviti pitanje: kakvu ulogu u toj nelokalnoj interakciji igra "ostatak svijeta"?

Heisenberg je skloniji da redukciju valne funkcije poveže sa izmjenom znanja jer time izbjegava ovaj nelokalni aspekt mikroobjekata čija su stanja korelirana zajedničkom nefaktorizabilnom valnom funkcijom. Međutim, time je problem samo djelimično riješen jer "promjena znanja" odražava stvarnu promjenu izazvanu interakcijom sa instrumentom, tako da je nelokalnost i dalje prisutna. Toj nelokalnosti koja je izražena zajedničkom nefaktorizabilnom valnom funkcijom Heisenberg dodaje još jednu nelokalnost na nivou Kosmosa, preko uslova da mjerni instrument mora biti u tijesnom kontaktu sa "ostatkom svijeta".

Dakle, neodredljiva interakcija mjernog uređaja sa ostatkom svijeta je onaj element koji Heisenberg dodaje matematičkom formalizmu da bi sačuvao konzistentnost svog tumačenja. Treba napomenuti da je ranije tu ulogu igrala interakcija mikroobjekta sa mjernim uređajem, koja se tretira "na drugačiji način od međusobnog djelovanja različitih dijelova sistema jednog na drugi".[30]

Već je rečeno da Heisenberg smatra da Schrödingerova jednadžba opisuje sistem izoliran od ostakta svijeta. Pri tome je u Heisenbergovoj poziciji implicitno pretpostavljeno da je moguće jednostavno isključivati i uključivati uticaj "ostatka svijeta". Naime, kada pripremamo početnu valnu funkciju onda je sistem u kontaktu sa aparaturom i "ostatkom svijeta". Na koji način se tada isključju "ostatak svijeta" i aparatura da bi stanje sistema evoluiralo slobodno u skladu sa Schrödingerovom jednadžbom i da bi se stvorile različite mogućnosti za ponovni kontakt sa mjernom napravom i "ostatkom svijeta", koji omogućava prelaz u neko aktualno stanje? To pokazuje da je čitavo pozivanje na cjelinu svijeta samo zamagljivanje problema. Može se uporediti sa Machovim tumačenjem mase kao posljedice gravitacionog djelovanje sa čitavim Kosmosom, tj. otporu protiv ubrzanja u odnosu na ukupnost tijela u svemiru.

Iako pomična granica između mikroobjekta i mjernog uređaja, u smislu da je moguće i mjerni uređaj priključiti mikroobjektu, ne rješava problem mjerenja i tumačenja kvantne mehanike, Heisenberg joj je ostao privržen. Time još jednom dolazi do suptilnog razilaženja sa Bohrom:

> "Bohr je naglašavao da je realističnije da se navede da podjela na objekt i ostatak svijeta nije proizvoljna... Dio supstance ili zračenja koji učestvuje u pojavi je prirodni "objekt" u teorijskom tretmanu i treba ga u tom smislu odvojiti od sprava upotrebljenih za izučavanje pojave. To opet naglašava subjektivni element u opisu atomskih događaja jer je opserver konstruirao mjerni uređaj i mi se moramo uvijek sjetiti da ono što opažamo nije sama priroda nego priroda izložena našem metodu postavljanja pitanja. Naš naučni rad u fizici se sastoji u postavljanju pitanja o prirodi na jeziku koji posjedujemo i pokušavanju da dobijemo odgovor iz eksperimenta sredstvima koja su nam na raspolaganju... Razumljivo je da u našoj naučnoj relaciji sa prirodom naša vlastita aktivnost postaje veoma važna kada moramo imati posla sa dijelovima prirode u koje možemo prodrijeti samo koristeći najsavršenije sprave."[31]

Ovdje je vidljivo još jedno Heisenbergovo određenje subjektivnosti: konstrukcija instrumenta i uključivanje prirode u našu naučnu aktivnost. Treba napomenuti da i u Kosmos možemo samo prodrijeti pomoću supersloženih sredstava, ali se u kosmologiji ne pojavljuje diskusije ovoga tipa. Tačno je da je slika Kosmosa subjektivna po svojoj formi, jer koristimo specifičan konceptualni aparat, ali je sadržaj objektivan i nema problema mjerenja, mada neki, poput Wheelera i tu pokušavaju da uvedu ideju da je postojanje opservera ključni uslov da bi kosmički procesi postali realni."[32]

Heisenberg drugačije od Bohra gleda i na ireverzibilni karakter amplifikatorskih procesa koji omogućuju da se kvantni fenomeni "zatvore". Dok kod Bohra oni omogućavaju nedvosmisleno komuniciranje, Heisenberg ih povezuje sa neznanjem opservera:

> "Činjenički" karakter događaja opisiv pomoću pojmova svakodnevnog života je ono što nije bez dodatnog komentara sadržano u matematičkom formalizmu kvantne teorije i što se pojavljuje u kopenhagenskom tumačenju uvođenjem opservera. Naravno uvođenje opservera ne smije biti pogrešno shvaćeno u smislu da implicira da su neke subjektivne karakteristike moraju biti unesene u opis prirode. Opserver ima, radije, samo funkciju odlučivanja o registriranju, tj. procesa u prostoru i vremenu, i nije važno da li je opserver aparat ili ljudsko biće; ali registracija, tj. prelaz iz "mogućeg" u "aktualno" je apsolutno nužan ovdje i ne može biti izostavljen iz tumačenja kvantne teorije. U ovoj tački je kvantna teorija istinski povezana sa termodinamikom pošto je svaki akt opažanja u svojoj pravoj prirodi jedan nepovratni proces; samo kroz takav nepovratni proces formalizam kvantne teorije može biti konzistentno povezan sa aktualnim događajima u prostoru i vremenu. Ponovo, nepovratnost je - kada se projektuje na matematičko predstavljanje pojava - posljedica opserverovog nekompletnog znanja sistema i utoliko nije kompletno "objektivna"".[33]

Ovdje Heisenberg prividno dozvoljava da umjesto opservera može biti i neki aparat, ali kada određuje aparat onda naglašava da on ne može biti mjerni uređaj ako nije u kontaktu sa opserverom. Prelaz iz mogućeg u aktuelno se dešava u aktu registracije, ali ako tome prelazu odgovara i kolaps valne funkcije, onda taj akt registracije sadržu i ulazak informacije u svijest opsevera i pa je opet potreban opserver. Naravno, može se reći da ta dva procesa ne moraju biti vremenski korelirani, tj. kada se desi ireverzibilni proces (kad se zatamni određena tačka na foto-ploči) prelaz je završen, a do kolapsa valne funkcije može doći i mnogo kasnije, kad opserver pogleda na ploču. Vidi se uvođenje opservera stvara više problema nego što ih rješava.

Problematična je ideja da su ireverzibilni procesi povezani sa našim neznanjem i da zbog toga nisu kompletno objektivni. Usmjerenost toplotnih procesa se u statističkoj mehanici doista tretira kao prelaz iz manje vjerovantnih u više vjerovatna stanja, ali to ne znači da naše znanje ili neznanje detalja kretanja čestica, bez direktnog miješanja, može bilo kako uticati na tok procesa. Ako otvorimo bočicu parfema miris će brzo osjeti po cijeloj prostoriji, a obrnuti proces vraćanja parfema u bočicu, na veliku radost vlasnika fabrika mirišljavih tečnosti, dosad nije zabilježen. Teško je pretpostaviti da se to dešava samo zato jer nam nisu poznati detalji kretanja molekula parfema.

To znači da subjektivna teorija vjerovatnoće, koja probabilističke zakonitosti povezuje sa stupnjem našeg neznanja, pretpostavljajući da ispod svega postoji jedna deterministička regularnost, nije uvjerljiva osnova za tumačenje prirodnih procesa.

Heisenbergova pozicija je između pozicija von Neumanna i Bohra. Po njemu se prelaz iz mogućeg u aktualno dešava kada intererenciju vjerovatnoća uništi djelimično neodredljiva i irevezibilna interakcija sistema s mjernim uređajem i ostatkom svijeta. Kako je već rečeno "ostatak svijeta" samo zamagljuje situaciju jer je u njemu ipak sadržan opserver. Međutim, Heisenberg nije dosljedan jer dopušta mogućnost da, ako se objekt i aparat, smatraju izoliranim od svijeta, primjenjujući formalizam kvantne mehanike, dođemo u situaciju da slijedimo lanac von

Neumanna. Matematički opis, po mišljenju Heisenberga, tretira naše znanje i zbog toga prije nego što saznamo rezultat mjerenja moramo smatrati da se objekt i mjerni uređaj nalaze u nedefinisanom stanju, iako se prelaz iz mogućeg već odigrao.

Heisenberg je i veliki protivnik materijalističke filozofije, koju smatra zastarjelom i neadekvantnom za razumijevanje kvantne mehanike:

"Kopenhagensko tumačenje kvantne teorije je odvelo fizičare daleko od jednostavnih materijalistički gledišta koji su prevladivali u nauci o prirodi devetnaestog stoljeća."[34]

"Ontologija materijalizma je počivala na iluziji da vrsta postojanja, direktna "aktualnost" svijeta oko nas, može biti ekstrapolirana u atomski domen. Nedutim, ta ekstrapolacija je nemoguća."[35]

Evo kako Heisenberg određuje suštinu materijalističkog shvatanje svijeta:

"Atomi, kao ono što stvarno i neprimjenljivo postoji, kreću su u prostoru i vremenu i međusobnim rasporedom i kretanjem izazivaju raznolike pojave našeg osjetilnog svijeta."[36]

Kvantna mehanika ne nudi nijedan razlog da se odustane od ove slike. Tačno je da matematički formalizam kvantne mehanike daje samo statistički opis ponašanja mikroobjekata, ali iz njega ne slijedi da su ti mikroobjekti u nekom specijalnom načinu egzistencije kada su izvan mjernih uređaja. Jedina mogućnost naučnog razumijevanja kvantnih paradoksa je da se detaljnije eksperimentalno izuči ponašanje pojedinačnih mikroobjekata i njihove interakcije sa mjernim uređajima. Svaki program tumačenja kvantne mehanike koji uvodi u igru elemente koji se ne mogu iskazati pomoću kretanja i međudjelovanja mikroobjekata izlazi iz okvira nauke. Materijalistička filozofija je prirodna osnova naučnog metoda i njeno napuštanje jedino može odvesti u pogrešnom pravcu, bilo da se fizika svede na slijepo manipuliranje formalizmom ili da se kao ključni pojmovi uvedu "svijest eksperimentatora" ili "ostatak svijeta", čiji ulogu nije moguće iskazati naučnim jezikom.

Heisenberg se ne bi složio sa tvrdnjom da je materijalizam prirodna osnova naučnog metoda. To je posebno vidljivo iz ove izjave:

"Bilo bi lakše adaptirati nekoga na kvantno - teorijski koncept realnosti ako nije prošao kroz naivno materijalistički način mišljenja koji prevladivao u Evropi još u prvim decenijama ovog stoljeća."[37]

Ovdje Heisenberg pokazuje da je po njegovom mišljenju naivni materijalistički pogled na svijet, po kojem atomi postoje objektivno, glavna prepreka za razumijevanje kvantne mehanike i njeno inkorporiranje u modernu sliku svijeta. Istina je možda suprotna. Upravo je taj "naivni materijalistički način mišljenja" doveo do boljeg uočavanja suštinskih teškoća u razumijevanju ponašanja mikroobjekata.

Dok se ne razjasne "kvantna nelokalnost" i "valno - čestični dualizam" pomoću fizikalnih procesa, u kojima učestvuju mikroobjekti, problem tumačenja kvantne mehanike će biti aktuelan. Riješenja koja su ponuđena (npr. princip komplementarnosti) koriste metode religije, tj. uvode zabranu postavljanja pitanja

koja se tiču i fizikalnih procesa izvan eksperimentalnih uređaja i onoga šta se dešava prilikom interakcije mikroobjekta i mjernog uređaja. Time se nerazumijevanje magičnim štapićem komplementarnosti pretvara "razumijevanje". Glavni metod u takvoj epistemologiji je restrikcija ne samo klasičnih pojmova nego i klasičnog načina razumijevanja fizikalnih procesa i zakonitosti.

U drugim oblastima fizike fizičari se ponašaju suprotno. Zašto je proton oko dvije hiljade puta teži od elektrona? Zašto leptoni imaju cjelobrojni, a kvarkovi necjelobrojni električni naboj? Zašto do sada kvarkovi nisu opačeni izvan hadrona? Ovo su samo neka od pitanja koja bi se mogla proglasiti nenaučnim, "komplementarnim" argumentom da je priroda jednostavno takva kakva jeste. Međutim, upravo ona, sa još mnogo sličnih pitanja, predstavljaju inspiraciju za traženje koherentne slike svijeta u kojoj će broj "besmislenih pitanja" biti minimalan.

Po čemu je onda nenaučno pokušati razumijeti ponašanje elektrona ili fotona u eksperimentu sa dva otvora? Nije li kontradiktorno reći da kada se vrši kontrola mikroobjekt prolazi ili kroz jedan ili kroz drugi otvor, a kada o njegovom kretanju nemamo čvrste eksperimentalne informacije onda on prolazi i kroz jedan i kroz drugi otvor? Na koji način otvaranje i zatvaranje otvora utiče na kretanje elektrona? Kako na ponašanje elektrona utiče fizikalna situacija sa kojom će se tek susresti, odnosno, kako elektron "zna" da prilagodi svoje ponašanje prema tome da li ćemo ili ne utvrditi kroz koji otvor je prošao?

I supravodljivost se činila paradoksalnom, ali niko nije proglasio takvo stanje eksperimentalnom činjenicom koja ne dozvoljava teorijsku analizu. Rješenje je nađeno preko fizikalnih procesa u kojima se zbog specifičnog međudjelovanja elektroni vezuju parove. Time se od fermionskog ponašanja prelazi u bozonsko, koje dozvoljava nesmetano usmjereno kretanje sparenih elektrona. U doba kada primjena fizikalnih metode spoznaje doživljava zvjezdane trenutke u biologiji (suprotno Bohrovim shvaćanjima o komplementarnosti fizikalnog i biološkog, iz kojeg slijedi da živi sistemu posjeduju "nešto" (vis vitalis?) što će uvijek izmicati metodama fizike) izgleda čudno da ih se ona mora odreći pri razjašnjenju osnova kvantnog ponašanje i rješenja tražiti u epistemološkoj ravni, kojoj je biologija najšire shvaćeni preduslov.

Heisenberg, kao i Born, nije propuštao da kroz diskusije o tumačenju kvantne mehanike daje i ideološke komentare:

> "Teško možemo očekivati da su oni mislioci koji su stoljeće ranije uveli dijalektički materijalizam predvidjeli razvoj kvantne teorije. Njihovi pojmovi materije i realnosti vjerovatno ne mogu biti adaptirani prema rezultatima rafiniranih eksperimentalnih tehnika naših dana."[38]

Nije se teško složiti sa ovom kritikom pozivanja na Marxa i Engelsa. Međutim, Heisenberg na takvu kritiku ima najmanje pravo jer se on poziva na Aristotela i Platona, koji su živjeli 25 stoljeća ranije. Tim prije, što bi se sigurno iznenadio da je znao da njegove misli o prirodi kao segmentu čovjekove prakse, koje je na mnogo mjesta ponovio, predstavljaju reprizu onoga što je govorio Marx, a donekle i Engels.

Međutim, činjenica da je Marx, na neki način, "predvidio" Heisenbergova razmatranja, po kojima je jedan od važnih aspekata kvantne revolucije promjena perspektive, takva da eksperimentalna manipulacija materijalnim svijetom postaje objekt teorije, a da se klasična ontologija i epistemologija sjedine u naučnoj praksi, pokazuje da je neopravdano, kako je to prisutno u dominantnoj struju u marksizmu, filozofsku poruku kvantne mehanike svesti na specifičnost epistemološke situacije u kojoj se nalazi čovjek istražujući nevidljivi i neopipljivi kvantni svijet.

3.3.3. OSNOVNE TEZE KOPENHAGENSKOG TUMAČENJA

Iz ove analize gledišta Bohra i Heisenberga je vidljivo da su tokom godina njihovi stavovi sve više divergirali, što i objašnjava spomenuta razilaženja u određenju kopenhagenskog tumačenja kvantne mehanike. S obzirom da se taj termin i dalje često koristi potrebno je odrediti njegov minimali sadržaj. Po mom mišljenju njega čine četiri osnovne osnovne teze:

(1) Zadatak fizike je korelacija rezultata mjerenja;

(2) Opis mjernih instrumenata i mjernih rezultat se vrši jezikom klasične fizike, koja čini nezamjenljivu osnovu našeg iskustva i komunukacije. S obzirom da konceptualni aparat klasične fizike ne funkcionira u mikrosvijetu, konzistentnost se postiže njegovom ograničavanejm, tj. zahtjevom za komplementarnim odnosom dinamičkih veličina, čija statistička veza je iskazana relacijama neodređenosti.

(3) Ponašanje mikrosistema je neodvojivo od njihove interakcije sa mjernim uređajem, tj. dinamička svojstva mikrosistema imaju smisla samo u odnosu na proceduru mjerenja.

(4) Statistički zakoni kvantne fizike su ireducibilni.

Vidi se da se ove teze, u suštini, restriktivne u odnosu na eventualnu ontološku eksplikaciju. To znači da je kopenhagensko tumačenje kvantne mehanike antiontologijsko, što je jasno istaknuto u prvoj tezi, koja u prvi plan stavlja akt mjerenja.

Taj aspekt kopenhagenskog tumačenja formalno je razradio von Neumann, koji je pokazao da se "rez" između objekta, mjernog uređaja i subjekta može proizvoljno pomicati sve do svijesti opservera. Time je von Neumann u svojoj verziji "kopenhagenskog tumačenja" jasno istakao skriveno prisustvo subjekta u aktu mjerenja. Doduše von Neumann je ostavljao subjekt izvan matematičkih jednadžbi, ali je vidljivo da je "redukciju valnog vektora" povezao sa aktom svjesne registracije mjernog akta.

U širem razmatranju moguće je pokazati da se sva tumačenja koja kvantnu mehaniku vežu sa aktom mjerenja moraju suočiti sa činjenicom da se time u igru uvlači subjekt, i to ne kao spoznajni subjekt klasične fizike, nego kao aktivni sudionik u kvantnom fenomenu. Ako se kvantna mehanika odnosi samo na mjerene fenomene, onda je jasno da se oni ne dešavaju bez sudjelovanja subjekta kao graditelja mjernih uređaja.

Von Neumann je "zaokružio" kopenhagensko tumačenje i svojim dokazom o nemogućnosti "kompletiranja" kvantne mehanike nekom teorijom skrivenih varijabli (četvrta teza). Von Neumann je tvrdio da bi se kvantna mehanika "trebala pokazati pogrešnom da bi bio moguć neki drugi opis elementarnih procesa, različit od statističkog".[39] Drugim riječima, nije moguće dobiti sve rezultate kvantne mehanike usrednjavanjem po bezdisperzivnim stanjima hipotetičkih skrivenih parametara jer, po von Neumannovom mišljenju, "ansambli bez disperzija ne postoje"[40].

Zastupnici "kopenhagenskog tumačenja" su u naučnim krugovima mogli koristiti autoritet von Neumannove matematičke genijalnosti kao argument u korist "ispravnosti" ireducibilne statističke interpretacije kvantne mehanike. Međutim, s obzirom da je znanost društveni fenomen, koji je daleko od idilične slike istini odanih ljudi u potrazi za tajnama prirode, to institiranje na "antiontologijskom" i, u suštini, i na antimaterijalističkom karakteru filozofske poruke kvantne mehanike, nije bilo poticano samo "znanstvenim" razlozima. Naprotiv, ti impulsi su dolazili od strane socijalnog ambijenta, koji preko filozofskog tumačenja nauke uvijek nastoji da propagira i određeni svjetonazor. To je posebno evidentno danas, kada se traje velika medijska ofanziva svakojakih antimaterijalističkih zloupotreba slabih tačaka kopenhagenskog tumačenja.

* * *

NAPOMENE

1) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, s. 44.

2) Ibid., s. 56.

3) W. Heisenberg, The Physical Principles of the Quantum Theory, Dover, New York, 1949, s. 3.

4) W. Heisenberg, Slika svijeta suvremene fizike, Epoha, Zagreb, 1961, s. 12.

5) Ibid., s. 17.

6) Ibid.

7) Ibid., s. 12.

8) W. Heisenberg, Slika svijeta suvremene fizike, Epoha, Zagreb, 1961, s. 24.

9) "Teorija relativnosti... ispunjava tradicionalne zahtjeve nauke pošto dozvoljava podjelu svijeta na subjek i objekt (opserver i opservirano) i zbog toga jasnu formulaciju zakona kauzaliteta." (W. Heisenberg, The Physical Principles of the Quantum Theory, Dover, New York, 1949, s. 2.)

10) Ibid., s. 3.

11) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, 40.

12) W. Heisenberg, Slika svijeta suvremene fizike, Epoha, Zagreb, 1961, 25.

13) Ibid., s. 26.

14) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, s. 129.

U skladu sa gledištem da kvantna teorija dozvoljava samo kopenhagensko tumačenje Heisenberg o kritici Einsteina ne govori u smislu osporavanja kopehaškog tumačenja nego kao o traženju mogućih nekonzistentnosti u teoriji. (Ibid., s. 43)

15) W. Heisenberg, The Physical Principles of the Quantum Theory, Dover, New York, 1949, s. 18.

16) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, 46.

17) Ibid., s. 53 - 54.

18) Ibid., s. 54 - 55.

19) Ibid., s. 53 - 54.

20) W. Heisenberg, The Physical Principles of the Quantum Theory, Dover, New York, 1949, 36.

21) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, 50.

22) Ibid., s. 54 - 55.

23) Ibidi., s. 53 - 54.

24) J.von Neumann, Mathematical Foundations of Quantum Mechanics, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1955.

25) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, s. 56 - 57.

26) Ibid., s. 137 - 138.

27) Ibid., s. 178.

28) Ibid., s. 57.

29) Ibid., s. 142.

30) "Statistička relacija pomodu vjerovatnosnih koeficijenata je odredena ometanjem sistema izazvanog mjernim uredajem. Sve dok to ometanje nije izazvano, nema smisla koji može biti dodjeljen terminima "vrijednost" ili "vjerovatna vrijednost" varijable... Tako se zapada u kontradikciju ukoliko se govori o vjerovatnom položaju elektron bez razmatranja eksperimenta koji se koristi da se on odredi... Takode treba naglasiti da statistički karakter relacija zavisi od činjenice da se uticaj mjernog uredaja tretira na drugačiji način od medusobnog djelovanja različitih dijelova sistema jednog na drugi. To posljednje djelovanje takode izaziva promjene pravca vektora koji predstavlja sistem u Hilbertovom prostoru, ali su one potpuno determinirane. Ukoliko bi se mjerni uredaj tretirao kao dio sistema - to bi nužno tražilo proširenje Hilbertovog prostora - tada bi se promjene koju su ranije razmatrane kao neodredene pojavile kao odredene. Ali, nikakva korist se ne bi mogla napraviti od te odredenosti sve dok naše opažanje mjernog uredaja ne bi bilo bilo slobodno od neodredenosti. Medutim, za ta opažanja vrijede ista razmatranja kao što su ranije data i mi bismo bili prisiljeni, na primjer, da uključimo naše sopstvene oči kao dio sistema i tako dalje. Lanac uzroka i posljedice bi mogao biti kvantitativno verificiran samo ako bi čitav univerzum bio razmotren kao jedan sistem - ali tada je fizika izčezla i ostaje samo matematička shema. Podjela svijeta na opservirajući i opserviran sistem onemogućava oštru formulaciju zakona uzroka i posljedice. (Opservirajući sistem ne mora uvijek biti ljudsko biće; to može biti i neživi aparat, takav kakav je fotografska ploča.)" W. Heisenberg, The Physical Principles of the Quantum Theory, Dover, New York, 1949, 57 - 58.

Odavde se vide polazišta dva "rješenja" problema mjerenja. Jedan je već spomenuti von Neumannova lanac, koji vodi do svijesti opservera. Drugi je primjena kvantne mehanike na čitav Kosmos, koja je u osnovi Everettove ideje, po kojoj se sve mogućnosti koje su sadržane u valnoj funkciji realiziraju, ali u različitim "granama" svijeta, do čijeg "grananja" dolazi svakim aktom mjerenja ili opažanja. O tome vidi šire u B. S. DeWitt & N.Graham (eds.), The Many - Worlds Interpretation of Quantum Mechanics, Princeton University Press, Princeton, 1973. Heisenberg je ostao samo na jednom svijetu, koji na misteriozan način, svojom nepoznatom mikroskopskom strukturom preko mjernog uređaja izaziva prelaz mikroobjekta iz "mogućeg" u "aktuelno". Posmatrač je "uklopljen" u "neobjektni" dio svijeta, ali je njegova uloga značajna za funkcioniranje mjernih uređaja.

31) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, s. 58.

32) Wheeler smatra da tek opserver svojim opažanjem prevodi Kosmos iz kvantne neodređenosti, tj. iz svijeta tendencija i mogućnosti, u aktuelno stanje. To je posebno vidljivo iz njegove primjene "deleyed choice experiment" - a na fotone koji dolaze iz udaljenih zvijezda. Vidi o tome Wheelerov tekst "Law Without Law" u J.A.Wheeler & W.H.Zurek (eds.), Quantum Theory and Measurement, Princeton University Press, Princeton, 1983, kao i interrview sa Wheelerom u P.C.W.Davies & J.R.Brown (eds.), The Ghost in the Atom, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

33) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, s. 137 - 138.

34) Ibid., s. 128.

35) Ibid. s. 145.

36) W. Heisenberg, Slika svijeta suvremene fizike, Epoha, Zagreb, 1961, 10.

37) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, 202.

38) Ibid. s. 139.

39) J. von Neumann, Matematičke osnove kvantne mehanike, Nauka, Moskva, 1964. Dokaz se razmatra u okviru glave "Deduktivna izgradnja teorije", s. 221 - 244.

40) Ibid., s 240. Stanja bez disperzije su ona stanja u kojima za svaku veličinu vrijedi da je očekivana vrijednost kvadrata date veličine jednaka kvadratu njene očekivane vrijednosti. Vidi s. 229.

3.4. idealizam u kvantnoj fizici: uzroci i manifestacije

3.4.1. KVANTNA MEHANIKA I IDEOLOGIJA

U razmatranju filozofskih aspekata fizikalnih teorija ukazano je na složenu prirodu procesa znanstvene spoznaje. Za cjelovitost slike neophodno je istaknuti i uticaj socijalnog ambijenta i njegove ideološke strukture na formiranje fundamentalnog aksiološkog okvira, u kojem se vrši komunikacija između znanstvene zajednice i ostatka društva. Taj uticaj se obično previđa u romantičnim prikazima naučnog istraživanja kao procesa koji se odvija u tišini kabineta i laboratorija, neosjetljivoj na ono što se dešava okolo.

Ako se i nastanak kvantne mehanike i problem njene interptretacije promatraju u društvenom okruženju, a i u odnosu na strukturne promjene koje su se dešavale u samoj znanosti, onda biva jasniji današnji trend idealističke zloupotrebe fizike mikrosvijeta. Pokazuje se da je apsurdna teza o ideološkoj neutralnosti nauke i da kopenhagensko tumačenje nosi u sebi i eksplicitno i implicitno tragove filozofske i kulturne situacije u sredinama u kojima je nastalo. Onda ne treba biti čudno što je ideološki faktor igrao i igra značajnu ulogu u raspravama o ontološkom i epistemološkom sadržaju moderne fizike[1].

O vezi socijalnog ambijenta i tumačenja kvantne mehanike najdetaljnije je pisao Forman[2]. U svom radu "Weimarska kultura, uzročnost i kvantna teorija", analizirao je uticaj duhovne atmosfere u Njemačkoj na prihvatanje elemenata akauzalnosti i iracionalizma u filozofskoj artikulaciji matematičkog formalizma kvantne mehanike.

Raspravljajući o Bohrovom doprinosu epistemologiji Rosenfeld[3] napominje da je u doba Bohrovog intelektulanog sazrijevanja "antimaterijalistička reakcija bila na svom vrhuncu". Uticaj filozofija Hoeffdinga i Kierkegaarda na genezu principa komplementarnosti istakli su Tagliagambe[4] i Holton[5].

Iako Bohr i Heisenberg ne prihvataju ocjene da su njihova filozofska razmatranja kvantne mehanike pozitivistička, ipak treba uzeti u obzir da se i nastanak i interpretacije matematičkog formalizma fizike mikrosvijeta dešava u filozofskom okruženju u kojem dominiraju ideje pozitivizma[6]. Nije bez značaja da su Bohrovo i Heisenbergovo bavljenje problemom jezika u rezonanciji sa sljedećim stavom Reichenbacha:

"Umjesto da govorimo o strukturi fizikalnog svijeta, možemo razmatrati strukturu jezika kojim je svijet moguće opisati; takva analiza izražava strukturu svijeta indirektno, ali na precizniji način."[7]

Kvantna teorija je nastala u vrijeme kada proizvodnja naučnog znanja od zanata prerasta u industriju, što rezultira u parcelizaciji zadataka i hijerarhizaciji pozicija. Razdvajanje računanja i razumijevanja dovodi do dihotomije formalizma i interpretacije. Studenti uče matematička pravila, a razmatranje na konceptualnom nivou se prepušta izabranima. Time organizacija znanstvenog istraživanja počinje da liči na ustrojstvo religijskih zajednica, u kojima je samo nekolicini dozvoljeno da raspravljaju o filozofskim aspektima dogme.

U medijskom predstavljanju sukoba oko značenja filozofske poruke kvantne teorije vidi se jasno da svi učesnici u diskusiji nemaju isti tretman. Podršku imaju oni koji svojom vizijom podupiru aksiološku strukturu društva. Zato i nije čudo da je dozvoljeno ismijavati Einsteina, ali nije preporučljivo praviti šale na račun Bohra.[8]

Stroga podjela poslova je imala neposrednu posljedicu da mnogi članovi znanstvene zajednice svoju naučnu aktivnost svode na baratanje formulama i aparaturom i nisu zainteresirani za njenu povijest i filozofiju, smatrajući da proučavanje takvih pitanja predstavlja gubljenje vremena jer im ne može pomoći u njihovom svakodnevnom radu. Tada nije iznenađenje da oni ne brinu o idealističkoj reklami koja prati medijsko predstavljanje njihove nauke.

Postoji rašireno mišljenje da takvo predstavljanje ne može uticati na samu znanost. Međutim, ako danas u Americi teorija evolucije mora biti branjena na Federalnom sudu onda je situacija alarmantna. Naime, javili su se zahtijevi u nekim američkim državama da se zajedno sa Darwinovom teorijom predaje ravnopravno i biblijski mit o nastanku čovjeka, te da učenici na osnovu argumenata koji im se ponude naprave izbor.

Jasno je da se time praktično zagovara nepovjerenje standardnoj znanstvenoj metodologiji, što može imati katastrofalne posljedice na budućnost same nauke, jer će današnji učenici sutra postati naučnici. Manipuliranje idealističkim tumačenjima kvantne mehanike može dovesti do toga da se pojave zahtijevi da se i takva gledišta pojave u školskim programima, tim prije jer su ona, za razliku od biblijskog gledanja na problem antropogeneze, u raznim varijantama prisutna i u znanstvenim časopisima.

Deklarativna privrženost kopenhagenskom tumačenju velikog dijela fizičara, uprkos kritici od strane Einsteina, Schrödingera, de Brogliea i Bohma, postao je interesantan problem i za sociologe znanosti. Naime, može se uočiti da ugrožavanje autoriteta kopenhagenskog tumačenja istovremeno znači i implicitnu kritiku kvalifikovanosti ljudi koji zauzimaju značajna mjesta u znanstvenom establishmentu. Taj aspekt kvantne kontroverze je Pinch opisao na sljedeći način:

> "Napad na Bohma od strane kvantne elite može biti razmatran kao dio ... konzervacijske strategije koju je slijedila elita da osigura stalni povrat njihovih investicija. Bohm, zastupajući heterodoksnu interpretaciju, izazvao je autoritet elite postavljanjem pitanja o legitimnosti njihovih ranijih ulaganja u interpretaciju kvantne teorije. Artikulacija von Neumannovog dokaza na način oficijelne istorije može biti shvaćena kao pokušaj da se podrži partikularna struktura autoritativnosti."[9]

> "Takav sudar interesa je skoro određen da proizvede tip ljutnje koji normalno povezujemo sa otvorenim socijalnim konfliktima, ali koji je generalno skriven u znanosti. Značaj takvih sudara u nauci je da oni pokazuju da je naučno znanje, proizvod ljudi, i ipso facto prožeto socijalnim uticajima."[10]

I Jauch u uvodu svoje knjige "Da li su kvanti realni?" ukazuje na to da su rasprave o interpretaciji fizike mikrosvijeta de facto poprimile formu koja jasno govori o tome da se i u

znanosti neka pitanja rješavaju na osnovu autoriteta i simpatija prema određenoj filozofiji, a ne na osnovu argumenata formula i eksperimentalnih rezultata, kako prilići nauci:

"Diskusije, koje okružuju traženje skrivenih varijabli u kvantnoj mehanici, na obje strane tabora, su često vođene u duhu agresivnosti koja podsjeća više na odbranu ortodoksije neke ideologije nego na duh znanstvene objektivnosti."[11]

Kao ilustracija te atmosfere, koja pokazuje da problem tumačenja kvantne mehanike nije obična diskusija oko tehničkih detalja nego sukob idelogija i svjetonazora, može poslužiti Rosenfeldov vokabular u ocjeni teoretičara koji su se opredijelili za skrivene varijable:

"Da takvi iracionalni dogmatici mogu podići optužbu za iracionalnost i dogmatizam protiv branioca zdravog razuma, nekompromitiranog stanovišta drugih naučnika, je krunski paradoks koji daje primjesu komedije jednoj kontroverzi, koja je tako žalosno besmislena i neprikladna."[12]

3.4.2. ULOGA KOPENHAGENSKOG TUMAČENJA

Ukoliko se pogledaju reference i citati u člancima i knjigama koje reklamiraju idealizam vidi se jasno da se elementi kopenhagenskog tumačenja koriste kao polazište za dalekosežne zaključke. Već je rečeno da su glavni arhitekti tog gledišta Bohr i Heisenberg, ali da ga je von Neumann "domislio" do kraja. Von Neumann je pokušao da riješi paradoksalni status akta mjerenja, koji, iako je dominantan u filozofskoj panorami koju su ponudili Bohr i Heisenberg, nije imao svoje mjesto u matematičkom formalizmu kvantne mehanike.

S obzirom da primjena formalizma na mjerni uređaj ne rješava problem "redukcije" vektora stanja, von Neumann je zaključio da tek ljudska svijest, kao registrator određenog rezultata, predstavlja onaj element koji vrši "konačni izbor". Dok informacija ne stigne do svijesti, paradoksalno ponašanje mikrosistema se prenosi i na makroobjekte, pa i na samog promatrača.

Time je von Neumann otvorio Pandorinu kutiju i idealistička magla je obavila kopenhagensko tumačenje, barem u vonneumannovskoj verziji. Međutim, von Neumannova gledišta su bila "upakovana" u apstraktnu matematiku hermitskih operatora u Hilbertovim prostorima, te zbog toga nisu imala značajan uticaj na naučnu zajednicu. Bilo je malo onih koji su imali interesa da se bave izučavanjem matematičkih osnova kvantne mehanike i njene konceptualne zaokruženosti jer je u to vrijeme, za akademsko i profesionalno napredovanje, bilo jednostavnije aplicirati njene jednadžbe.

Prezentirajući jednostavniju verziju von Neumannove teorije mjerenja, London i Bauer[13] su, u veoma jasnoj formi, izložili njen idealistički sadržaj. Jammer, koji rijetko iskazuje svoje lično gledište, nije mogao odoljeti da ne kaže:

"Von Neumannovo, Londonovo i Bauerovo pribjegavanje ljudskoj svijesti u njihovoj potrazi za rješenjem problema, koji je njihova fizikalna teorija nije uspijela da razriješi može biti upoređeno sa prizivanjem boljeg sensoriuma od strane Isaaca Newtona u njegovom traženju fundamentalnog inercijalnog referentnog sistema, koji njegove jednadžbe nisu uspjele da stvore."[14]

Ovdje se može dodati da je takvo "rješenje" dovelo do atmosfere u kojoj je gotove normalno da se govori i o kvantnoj mehanici kao ilustraciji božanske prirode svijeta.

Wigner[15] je u šezdesetim godinama dao novi impuls ideji da je ljudska svijest lijek za konceptualne probleme kvantne mehanike. Po njegovom mišljenju kvantna fizika za svoje konzistentno tumačenje mora priznati postojanje svijesti, kao entiteta koji nije podvrgnut kvantnom formalizmu i koji predstavlja uporište za rješenje problema mjerenja.

Interesantno je napomenuti da Jammer, koji je poznat kao veoma pažljiv istraživač evolucije filozofskih problema kvantne mehanike, ne spominje uloge Bohrovih i Heisenbergovih ideja u pripremi von Neumannove teorije kvantnih mjerenja.

Von Neumann, u svojoj formulaciji problema, ističe da je Bohr "prvi istakao da je dualna deskripcija, koja je zahtjevana formalizmom kvantnomehaničkog opisa prirode, potpuno opravdana fizikalnom prirodom stvari, tako da može biti povezana sa principom psiho - fizikalnog paralelizma".[16]

Kao polazište von Neumann koristi i Heisenbergove ideje iz čikaških predavanja[17] u proljeće 1929, koja su imala za svrhu da doprinesu difuziji "kopenhagenskog duha kvantne teorije" ("Kopenhagener Geist der Quantentheorie").

Kasniji razvoj je, kako se to jasno vidi u gledištima Bohra i Heisenberga, potencirao procese preciziranja terminologije, što je znatno povećalo disperziju problema i rješenja. Bohr je, nakon mnogo diskusija sa Einsteinom, i pod uticajem snažne kritike iz SSSR-a, počeo naglašavati objektivnost kvantno - mehaničkog opisa. U eseju "Kvantna fizika i filozofija - Kauzalnost i komplementarnost" je napisao:

"Deskripcija atomskih fenomena ima... potpuno objektivan karakter, u smislu da se ne čini nikakvo eksplicitno pozivanje na bilo kojeg pojedinačnog opservera..."[18]

I Heisenberg je, videći do čega može dovesti koketiranje sa idealističkom filozofijom, istakao:

"Izvjesno je da kvantna teorija ne sadrži prave subjektivne crte, ona ne predstavlja svijest fizičara kao dio atomskog događaja."[19]

Ako se imaju u vidu ove eksplikacije, bilo bi nepravedno reći da su Bohr i Heisenberg bili zastupnici ekstremnog idealizma, kako bi se moglo zaključiti iz raznih popularnih prikaza filozofskih problema kvantne mehanike, u kojima se često citiraju ili reinterpretiraju njihova gledišta. Međutim, za ljubav istine, mora se reći da su oni u dramatičnoj borbi da predstave novu teoriju prirode i da je zaštite od restauracije starog konceptualnog okvira, ipak artikulirali ideje koje su mogle biti iskorištene kao argumenti u korist idealizma. Izgleda da su se oni, odbacujući "tvrdi" materijalizam XIX stoljeća, priklonili "mekom" idealizmu, koji je poslužio kao sjeme iz kojeg je nikla ova džungla različitih zloupotreba kvantne mehanike, kao naučne teorije koja "pobija" materijalizam, a "podržava" idealizam, misticizam i parapsihologiju.

S obzirom na njihov veliki uticaj u znastvenom establishmentu važno je naglasiti da su nalazili za potrebno da se javno suprotstave gledištima kojima se zagovarala mogućnost realističke interpretacije kvantne mehanike, a da nisu podizali svoj glas protiv ekstravagantnih ideja, kojima se nije tražio povratak na "ontologiju materijalizma". Posljedice takvog pristupa su evidentne u kriterijumima za publiciranje, koji su manje u skladu sa principima naučnog istraživanje, a više u skladu sa ideološkom strukturom društvenog okruženja.

3.4.3. UREĐIVAČKA POLITIKA

U svom preprintu "Mjerenje u kvantnoj mehanici" Klein[20] je pretpostavio da su svijest, memorija i sloboda (u okviru kvatnog indeterminizma) fundamentalna svojstva elementarnih čestica. U njegovoj "teoriji" opserveri mogu biti uvedeni na "prirodan" način u kvantnu mehaniku jer više ne postoji bazična razlika između opservera i objekta. Kada neko razmišlja na takav način onda nije čudo da je u Kleinovom pristupu moguće "objasniti" paranormalne fenomene (telepatija i psihokinetički efekti).

Čitajući ovakve i slične spekulacije o kvantnoj realnosti u preprint formi, ili slušajući čak i još fantastičnije diskusije u kafeima fizikalnih instituta, normalan naučnik, koji vjeruje u bazni postulat fizike (ontološka autonomija fundamentalnih materijalnih struktura) će izraziti svoje negodovanje, ali će sve to tretirati kao privatno pravo na sopstvenu sliku svijeta.

Međutim, konvertirajući to pravo u kriterijum za objavljivanje, urednici nekih fizikalnih časopisa su omogućili da takav stil razmišljanja nađe svoje mjesto i u "znanstvenoj" literaturi. To čudno miješanje nauke i politike, koje je jedna od manifestacija ideologije liberalizma, je učinilo da se sada ne vidi jasna granica između znanosti i područja otkačenih privatnih ideja, koje svako može imati u vezi nekog područja.

Znanstvena sloboda, koja graniči sa epistemološkim makijavelizmom, u traženju osnove koja dozvoljava konzistentno tumačenje kvantne mehanike, najjasnija je u "many - worlds" interpretaciji koju su predložili Everett i Wheeler[21]. Iako hipoteza o stalnom cjepanju svijeta na verzije u kojima se pojedinačno realiziraju sve kvantne mogućnosti, u principu ne dozvoljava eksperimentalnu verifikaciju, ona je jedno vrijeme sa simpatijama raspravljana u naučnim krugovima. Na takvu naklonost znanstvene zajednice nisu mogla računati teorije sa skrivenim varijablama, što rječito govori da su u igri i ekstranaučni faktori.

Kao ilustracija takvog trenda u uređivačkoj politici može poslužiti i Zweifelov rad "Mjerenje u kvantnoj mehanici i EPR paradoks"[22].

Zweifel je pokušao da koristi Wignerovo gledište kao sredstvo za rješenje EPR - paradoksa i u tu svrhu je uveo pojam "Wignerov potencijal", kojim "fizikalizira" interakciju mikrosistema i

svijesti opservera. Taj potencijal, po njegovom mišljenju, izaziva kolaps vektora stanja. Objašnjenje EPR - paradoksa je sljedeće:

"Nakon što je izveden eksperiment sa podsistemom A, opserver mora još uvijek biti u poziciji da izvede drugi eksperiment. To znači da podsistem B mora biti blizu njegovog uređaja, na poznatom mjestu. Ako je opserver "izgubio trag" tog podsistema, na primjer, ako je on napustio laboratorio i intergrerao se sa ostatkom svijeta, on ne može izvesti eksperiment. To znači da opserver, za cijelo vrijeme dok izvodi ekpseriment sa A mora biti svjestan trajektorije B. Na taj način, A i B doista međudjeluju jedan sa drugim, pošto svaki međudjeluje, preko Wignerovog potencijala, sa svješću opservera. Ta interakcija uzrokuje korelaciju za koju se eksperimentalno zna da postoji."[23]

Dakle, do kvantnih korelacija dolazi zbog toga što je opserver svjestan trajektorija podsistema! Ni Zweifel ni recenzenti se nisu zapitali šta se dešava kada se, kako se danas normalno i radi, čitav eksperiment automatizira, i kada prisustvo opservera i njegova "svjesnost o trajektorijama" nisu potrebni?

Sličnu ideju iskazao je Sarfati, "objašnjavajući" stohastičko ponašanje mikrosistema. On koristi termin "participator" umjesto termina "opserver":

"Determinirajući faktor za individualni kvantni skok je povezan sa voljom participatora. U općem slučaju, kolektivna volja participatora je nefokusirana i nekoherentna, dajući prividni stohastički karakter kvantne vjerovatnoće...

Svijest participatora determinira kretanje čestica. Slučajni karakter brownoskog kretanja je određen pretpostavkom da je kolektivna volja participatora u općem slučaju nefokusirana... Čestica je gurana okolo u stohastičkom brownovskom kretanju, stvorenom podsvesnim mentalnim funkcioniranjem svih participatora...

Svi svjesni sistemi, neovisno o njihovoj prostorno - vremenskoj lokaciji u odnosu na eksperimentalnu aparaturu, daju nekoherentan doprinos totalnom nelokalnom kvantnom potencijalu, koji osjećaju pojedinačni fotoni i elektroni."[24]

Costa de Boregard[25] se slaže sa von Neumannom, Londonom i Bauerom i za njega je kolaps vektora stanje u individualnom prelazu izazvan aktivnom intervencijom psihe. On čak ide i dalje i uvodi pojmove "avansiranih" i "retardiranih" valova, koji odgovaraju statističkoj retrodikciji i predikciji. Fenomenologija avansiranih valova i statistička retrodikcija, po njegovom mišljenju, može biti povezana sa parapsihološkim pojmovima "prekognicije" i "psihokineze". Costa de Boregard tvrdi da svijest ima dva simetrična lica (spoznaju i volju) i da se oba trebaju pokazati u procesu kvantnog mjerenja.

Schmidt[26] je predložio dvoparametarski model za redukciju vektora stanja. Jedan parametar, koji "mjeri brzinu procesa redukcije", se naziva "parametar opreza" (alertness parameter), zbog "intuitivnog osjećaja da bi posebno oprezan opserver mogao proizvesti brži kolaps vektora stanja nego neki pospani". Drugi parametar, nazvan "PK koeficijent", ima ulogu da mjeri "jačinu asociranog psihokinetičkog efekta". Za datog opservera ovi parametri "mjenjaju se tokom vremena i ovise, na veoma suptilan način, od njegovog trenutnog mentalnog stanja".

Završimo ovaj kratki prikaz idejama sa početka. Ovoga puta one nisu u formi preprinta nego se pojavljuju na stranicama znanstvenog časopisa. U svom radu "Veze između kvantne fizike i

biologije"[27] Cohran spekulira o mogućoj pravoj prirodi kvantnih sistema i njihovog ponašanja na sljedeći način:

"Atomi i osnovne čestice imaju rudimentarni stupanj svijesti, volje ili samoaktivnosti; kvantnomehanička valna svojstva materije su u stvari svjesna svojstva materije."[28]

"Svijest elektrona je periodično pulsiranje sa karakterističnom frekvencijom, određenom energijom elektrona i ne sadrži nikakav rašireni val."[29]

"Kvantna mehanika je matematički opis svijesti materije."[30]

Otvorena vrata naučnih časopisa za citirane idealističke spekulacije o fizikalnoj realnosti jasno pokazuju da znanost trpi veliki pritisak socijalnog ambijenta da se, u oblasti filozofskih analiza, kreće u pravcu koji je u neslaganju sa naučnim duhom.

Lako je vidjeti da ovakve ideje, poput ideja metafizičke dijalektike, nisu pogodne za formuliranje istraživačkih programa, te u strogom znanstvenom smislu nisu produktivne. Niko neće dati novac za laboratorijsko istraživanje "svijesti elektrona", ali će mnogi blagonaklono gledati na "naučno" reklamiranje takve koncepcije jer predstavlja mogućnost da se fundamentalna struktura svijeta prikaže u skladu sa dominantnom aksiološkom shemom. Iako nephodan u praktičnim znanstvenim aktivnostima, materijalizam još uvijek u mnogim zemljama Zapada nosi srednjovjekovni biljeg "diabolističke" filozofije.

Kada se radovi sa idealističkom vizijom svijeta mogu čitati na mjestima gdje se očekuju samo napisi koji su prošli rigorozno recenziranje, onda je zamagljena granica između znanosti i privatne intelektualne zabave ili ljubavi prema paranormalnom. Tada, naravno, nije iznenađenje katastrofalna situacija na pijaci knjiga na kojoj vlada, umjesto traganja za naučnom istinom, mnogo prozaičnija snaga - novac.

3.4.4. FILOZOFIJA KVANTNE MEHANIKE ZA LAIKE

Medijski lik znanosti u velikoj mjeri dizajniraju dva povezana faktora:

(i) karakter dominantne filozofije u znanstvenoj zajednici, i

(ii) ideološko okruženje, koje zahtijeva da znanost "podupire" osnovne socijalne vrijednosti.

Ova feed - back relacija na kraju dovodi do slike znanosti, u kojoj se kao u zrcalu, ogleda društvo samo.

Glavna karakteristika većine pokušaja da se "obavijesti" društvo o konceptualnoj krizi u teorijskom opisu kvantnog svijeta je da se u njima naglašava paradoksalno ili daje podrška nematerijalističkim pogledima na svijet (idealizam, religija, misticizam, parapsihologija). Taj trend je očigledan, čak i pri najpovršnijem uvidu u opsežnu produkciju[31]. Nije potrebno čitati cijele tekstove, jer riječi kao što su "misticizam", "bog", "duh", koje se sreću u naslovima, ili prvostranične rečenice "Ništa nije realno" ili "Stvarnost je san Boga", govore dovoljno o filozofskom sadržaju i poruci.

Knjige koje govore o mogućnosti realističke interpretacije vantne mehanike su rijetke[32], a zastupnici takvih gledišta maju otvoren pristup medijima, čak i kada bi to bilo nužno radi bjektivnijeg obavještavanja generalne publike o stvarnoj tuaciji u znanstvenoj zajednici u vezi sa konceptualnom krizom u mel jima fizike mikrosvijeta[33].

Ovdje je nepotrebna detaljnija analiza literatura te vrste. voljno je nekoliko karakterističnih primjera. Davies opisuje lozofski sadržaj kvantne mehanike na sljedeći način:

"Fizičari počinju da shvaćaju da su njihova otkrića zahtijevala radikalnu reformulaciju najfundamentalnijih aspekata realnosti. Oni su naučili da pristupaju njihovom područuju na totalno neočekivane i nove načine, koji izgleda okreću zdravi razum na glavu i nalaze se u tješnjem slaganju sa misticizmom nego sa materijalizmom."[34]

"Kvantna teorija... obezbjeđuje najuvjerljiviji naučni dokaz do sada da svijest igra esencijalnu ulogu u prirodi fizikalne realnosti... Potpuno značenje kvantne revolucije mora biti uzeto u obzir u potrazi za razumijevanjem Boga i postojanja."[35]

I Wolf nudi sličnan svjetonazor:

"Nova fizika je otkrila bizaran i magičan podsvijet. Ona je pokazala fizičarima novo značenje riječi "red". Taj novi red, koji je osnova za novu fiziku, nije nađen u česticama materije nego u razumu fizičara."[36]

Stohastička priroda kvantnog kretanja ili valno - čestični alizam se opisuju metaforičkim jezikom koji će prije zbuniti taoca nego što će mu pomoći da ih razumije. Riječ ima ponovo vies:

"Umjesto da zamišljaju elektron, koji udara u metu, kao stvarno postojeći prije njegovog dolaska i povezan sa izvorom preciznom trajektorijom, fizičari smatraju da je elektron koji napušta izvor u nekom neodređenom stanju, a njegovo je prisustvo predstavljeno samo kohortom duhova. Svaki duh istražuje svoj sopstveni put do ekrana, iako se samo jedan elektron aktuelno pojavljuje na ekranu... Da bi se vidjelo koji duh je postao realna čestica mora se sačekati određeno mjerenje ili promatranje."[37]

"Valno - čestični dualizam je još jedna software - hardware dihotomija. Čestični aspekt je hardware lice atoma - malih kugli koje zveckaju. Valni aspekt korespondira software ili razumu ili informaciji, jer kvantni val nije poput bilo koje vrste valova na koje se do sada naišlo. To nije val neke supstance ili fizikalnog materijala, nego val znanja ili informacije. To je val koji nam kaže šta može biti znano o atomu, a ne val atoma samog. Niko ne sugerira da se atom sam ikad može širiti okolo kao undulacija. Međutim, ono što se može širiti je ono što opserver može znati o atomu."[38]

Dok su Davies i Wolf profesionalci, kojima se ne može igovoriti tehničko nepoznavanje kvantne mehanike, Talbot je ater, u šta se može uvjeriti svako ko pročita njegov glossary. dutim, situacija na tržištu je takva da i amateri dobijaju iliku da tumače filozofske implikacije nove fizike. Evo kako lbot eksplicira suštinu "konceptualne revolucije" koju je icirala fizika mikrosvijeta:

"Nova fizika sugerira da sama svijest ulazi u funkcioniranje fizikalnog svijeta i utiče na njega... U novoj fizici se nalazi da je svijest, možda, jedini fenomen koji doista egzistira..."[39]

"Implikacije nove fizike su da svijest aktuelno može djelovati kroz regione izvan prostora - vremena da bi uzrokovala fenomene, koji se normalno smatraju nemogućim... Upravo kao što "reality - structuring" dijelovi svijesti mogu djelovati na materiju i prostor, oni mogu, također, djelovati na vrijeme... Cjelokupna matrica materija - prostor - vrijeme fizikalnog univerzuma duguje svoje postojanje svijesti."[40]

Ovakvi napisi su simptomi kanceroznog procesa na tijelu znanosti i njenog medijskog predstavljanja, koji na duže staze može biti opasniji od dierektne političke zloupotrebe nauke, od atomske i hidrogenske bombe do genetskog inžinjeringa, jer podriva temelje samog znanstvenog pristupa problemu spoznaje svijeta. Očigledno je da se protagonisti ovog izvlačenja ideološkog i materijalnog profita iz konceptualnog raskola u kvantnoj fizici ne brinu zbog idejnog zagađenja, koje, koristeći autoritet "naučnih činjenica", ugrožava intelektualne standarde široke publike.

Da li ima smisla kroz ekološki pokrete reklamirati očuvanje prirode i naših tijela, a licemjerno skrivati urgentnu potrebu da se zaštiti i razum, kao osnova kulturne evolucije čovječanstva? Tim prije jer je razum, a ne tijelo, u osnovi uspona homo sapiensa, razum koji nastojao da otkrije stvarne zakone prirode kroz radnu i znanstvenu praksu, a ne kroz idealističke spekulacije.

3.4.5. RELIGIJA I KVANTNA MEHANIKA

Eddingtono određenje kvantne teorije kao osnove za pomirenje religijskog i znanstvenog pokazalo se kao ispravno proročanstvo, iako u momentu izricanja još nisu ni otvorena sva pitanja, koja su mogla biti tumačena na taj način. Uvođenje ljudske svijesti kao "reduktora" valne funkcije, automatski stvara mogućnost, ako se takvo rješenje prihvati, da se u odsustvu čovjeka, takva uloga pripiše univerzalnoj svijesti, tj. bogu. U znanstvenoj zajednici još uvijek postoji otpor da se takve ideje objavljuju u časopisima, ali one ipak cirkuliraju u zvaničnim akademskim publikacijama. Kao primjer mogu poslužiti neki napisi Laurikainena:

"Religija i misticizam nisu više isključeni iz naučnog pogleda na svijet... U statističkoj kauzalnosti se takođe može vidjeti izraz kršćanske koncepcije Boga, jedan red i zakonitost, koji ne isključuju ideju njegove providnosti i njegove kreativne volje."[41]

Statistička kauzalnosti, na način kako je tumači Laurikainen, znači da potpuni i iscrpan skup "uzroka" ne može biti nađen za pojedinačne događaje. Neizračunljiv "uzrok", šansa, mora uvijek biti dodan "uzrocima", koji mogu nađeni pomoću znanstvenih metoda. Ona implicira "iracionalni element u realnosti".

Ako se prihvati ireducibilnost statističkih zakona jednostavno je imati "znanstveni" dokaz za postojanje boga. Laurikainen ističe upravo takve argumente:

"Prema novoj fizici, fundamentalni zakoni koji upravljaju promjenama su statistički... To rezultira jednim otvorenim pogledom na svijet, u kojem je prisutno nešto "iracionalno" u svakom pojedinačnom događaju. To čini mogućim da se vidi božije prisustvo u događanjima u svijetu, kao faktor, koji - bez ikakve kontradikcije sa znanstvenim zakonima prirode - daje smisao i smjer svemu što se događa. On nije samo Stvaralac svijeta i izvor njegovog reda i zakonitosti, nego možemo misliti da je sve što se dešava u rukama jednog imanetno prisutnog Boga. To je ideja creatio continua, ideja o Bogu kao Stvaraocu svijeta koji se stalno mijenja."[42]

Ovo gledište ustanovljava "Boga neznanja". Ako danas veoma slabo razumijemo valna svojstva pojedinačnih kvantnih sistem, imajući na raspolaganju samo statistički opis njihovog kvantnog ponašanja, to ne znači da će takva epistemološka situacija trajati vječno. Priznati to znači biti protiv prave prirode znanosti. Uspjesi kosmologije uvjerljivo pokazuju kako se znastvenom metodologijom rješavaju pitanja u vezi sa nastankom svijeta, pitanja koja su donedavno smatrana ekskluzivnim područjem religije.

Laurikainen je napisao citirane riječi uglavnom za ljude koje imaju izvjesno predznanje o kvantnoj mehanici. Međutim, slična razmatranja se mogu naći i u knjigam za prosječnog čitaoca. Za njega je potrebno objasniti, bez korištenja matematičke mašinerije, značenje "valne funkcije" i "kolapsa valne funkcije".

Wolf je čak, za takvu svrhu, izmislio i novu riječ! Kvantna valna funkcija se naziva "qwiff". Opservacija qwiffa je dobila ime "pop". Čitalac treba da zamisli sljedeću metaforičku sliku:

"Qwiffovi "teku" i "prašću'. Qwiffovi teku kao pokretni, talasasti valovi vode. Qwiffovi prašću kao mjehuri u riječnoj struji... Prasak qwiffa je uništenje qwiffovog toka. Drugim riječima, kada prasne qwiff i sam nestaje."[43]

Nakon toga sve je spremno za Wolfovu religioznu viziju kvantne mehanike:

"Bog stvara sve qwiffove, a vi stvarate praske qwiffova."[44]

"Osjećam da je dole ležeći red qwiffova, kvantna mehanika univerzuma, vršenje božije volje. Ipak se nama taj red pojavljuje kao stohastičan i bez ikakvog smisla."[45]

"Možemo reći da se božija volja izvršava u svijetu qwiffova, kvantnih valnih funkcija. To je kauzalni svijet egzaktne matematičke preciznosti, ali tamo materija nije prisutna. To je pardoksalni svijet i potpuna konfuzija za ljudsku ograničenu inteligenciju jer je to svijet gdje stvar zauzima jedno mjesto u određenom trentuku i istovremeno zauzima neograničeni broj mjesta...

Mi, koji postojimo u svijetu materije, možemo samo razbiti perfekciju paradoksa pokušavajući da opserviramo način na koji se stvari dešavaju... Ne možemo dovesti u totalni red naše opservacije... To razbijanje božijeg reda pojavljuje nam se kao Princip neodređenosti."[46]

Ovakva "popularizacija" znanosti je pomogla Wolfu da 1982. godine osvoji "American Book Award for a Science Paperback"! To je još jedan kamenčić u mozaiku, koji pokazuje kako problem tumačenja kvantne mehanike ima daleko dublje i šire uzroke i implikacije, nego što se obično pretpostavlja.

Pored kršćanstva i istočne religije nastoje da svoje dogme potkrijepe kvantnom fizikom[47]. Važno je napomenuti da su u tome korištene analogije sa koncepcijom "nuklearne demokratije", po kojoj su svi hadroni u istoj mjeri i elementarni i složeni. Razvoj fizike elementarnih čestica je odbacio tu viziju hadronskog svijeta, prikazujući barione i mezone kao složene kvark - gluonske strukture.

Lako ovome dodati cijeli niz primjera,koji govore da religija može imati svoje carstvo samo u području nepoznatog. Religijsko "znanje" o aspektima realnosti netaknutim rukom znanosti se a

posteriori uvijek pokazivalo kao pogrešno. Jedini način, na koji religija može koristiti nauku kao argument u svoju korist, jeste da je krivotvori tvrdnjama da nerješeni problemi imaju jedino idealističke odgovore. Primjeri koji su navedeni odnose se na takvu aktivnost u kvantnoj fizici, ali je sličan trend očigledan i u biologiji[49].

* * *

NAPOMENE

1) P.Mariens, Die Ideologie der modernen Physik, Physikalische Blätter 15 (11) (1959) 481 - 486; Ibid. 15 (12) (1959) 559 - 562; J.R.Ravetz, Scientific Knowledge and its Social Problems, Oxford University Press, Oxford, 1971; F.Selleri, Ideologija u modernoj fizici, u Marksizam i prirodne znanosti, Školska knjiga, Zagreb, 1974; J.M.Levy-Leblond, L'ideologie de-dans la physique contemporaine, Temps moderne 337-338 (1974) 2614 - 2664; H.Rose, S.Rose, eds., The Radicalization of Science, Macmillan, London, 1976; E.Mendelson et al., eds., The Social Production of Scientific Knowledge. Sociology of Sciences, vol. 1, Reidel, Dordrecht, 1977.

2) P.Forman, Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918 - 1927: Adaption by German Physicists and Mathematicans to a Hostile Intelectual Enviroment, Historical Studies in the Physical Sciences, vol. 3, 1971., University of Pensylvania Press.

Jammer smatra da bi trebalo na isti način istražiti stvarnu ulogu rastućeg interesa za maksisističku ideologiju na Zapadu kao jednog od faktora koji su učinili popularnim neortodoksna gledišta na kvantne fenomene. Vidi M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics - The Interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspecitive, Wiley - Interscience, New York, 1974, s. 250 - 251.

3) L.Rosenfeld, Niels Bohr's contribution to epistemology, Physics Today 16 (10) (1963) 47 - 54.

4) S.Tagliagambe, Il concetto di realtá fisica e il principio di complementaritá u knjizi "L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica", Feltrinelli Editore, Milano, 1972, 53 - 135;

5) G.Holton, The roots of complementarity, Deadalus 99 (1970) 1015 - 1055, preštampano i u G.Holton, Thematic Origins of Scientific Thought, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1973.

6) Castellanos misli da pozitivistička filozofija i ideologija liberalizma čine osnovne uzroke zbog kojih većina naučnika prihvata ortodoksno tumačenje. Vidi A.M.Castellanos, Sobre las razones que facilitan la aceptacion de la interpretacion ortodoxa de la teoria cuantica, Rev. mex. fis. 32 (4) (1986) 695 - 724.

7) H.Reichenbach, Philosophic Foundations of Quantum Mechanics, University of California Press, Los Angeles, 1965, s. 177.

Još oštrije je tu ideju iskazao Frank: "Ontologija nije ništa drugo nego upotreba svakodnevnog jezika u domenu u kome on gubi svoje značenje" (P.Frank, Foundations of Physics, The Univesity of Chicago Press, Chicago, 1969, s. 56.

8) J.Maddox, Licence to slang Copenhagen?, Nature 332 (1988) 581

9) T.J.Pinch, What Does a Proof Do If It Does Not Prove?, in E. Mendelson et al., (eds.), The Social Production of Scientific Knowledge. Sociology of Sciences, vol. 1, Reidel, Dordrecht, 1977., 171 - 215

10) T.J.Pinch, The Hidden - Variables Controversy in Quantum Physics, Physics Eduacation 14 (1979) 48 - 52

11) J.M.Jauch, Are Quanta Real?, Indiana University Press, London, 1973.

12) L.Rosenfeld, Physics and Metaphysics, Nature 181 (1958) 658

13) F.London and E.Bauer, La Theorie de l'Observation en Mecanique Quantique, Actualites Scientifiques et Industirelles, Herman, Paris, 1939.

14) M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics - The Interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspecitive, Wiley - Interscience, New York, 1974, s. 484.

15) E.Wigner, Remarks on the Mind - Body Question, in I.J. Good, ed. The Scientist Speculates, Heinemann, London, 1961.

16) J. von Neumann, Mathematical Foundations of Quantum Mechanics, Princeton University Press, Princeton, 1955, s. 420.

17) W.Heisenberg, The Physical Principles of the Quantum Theory, Dover, New York.

18) N.Bohr, Quantum Physics and Philosophy - Causality and Complementarity in Philosophy in the Mid - Sentury, ed. by R. Klibansky, La Nuova Italia Editrice, Firenze, 1958., reprinted in his Essays 1958 - 1962 on Atomic Physics and Human Knoledge, Interscience, New York, 1963, s. 3.

19) W. Heisenberg, Physics & Philosophy - The Revolution in Modern Science, Harper & Row, New York, 1962, s. 55.

20) G.Klein, La mesure en mecanique quantique, Centre de recherches nucleaires, Strasbourg, 1980, preprint

21) B. De Witt and N.Graham, eds., The Many - Worlds Interpretation of Quantum Mechanics, Princeton University Press, Princeton, 1973.

22) P.F.Zweifel, International Journal of Theoretical Physics 10 (1974) 67 - 72

23) Ibid.

24) J.Sarfatti, Implications of Meta - Physics for Psychoenergetic Systems, in Psychoenergeting Systems, vol. 1, Gordon and Breach, London, 1974.

25) O.Costa de Beauregard, Found. Phys. 6 (1976) 539 - 559; O.Costa de Beauregard, Phys. Lett. 67A (1978)171 - 174. Costa de Boregard koristi ideje von Weizsäckera, koji je, razmatrajući probleme neseparabilnosti subjekta i objekta (die untrennbare Kette zwischen Objekt and Subjekt), uveo u igru mentalni akt spoznaje (Wissen) i volje (Wollen), tvrdeći da te dvije fundamentalne funkcije svijesti predstavljaju osnovu svake izjave u fizici. Vidi C.F.von Weizsäcker, Zur Deutung der Quantenmechanik, Zeitschrift für Physik 118 (1941) 489 - 509.

26) H.Schmidt, Collapse of the State Vector and the Psychokinetic Effect, Foundation of Physics 12 (6) (1982) 565 - 581

27) A.A.Cochran, Found. Phys. 1 (1971) 235

28) Ibid.

29) Ibid.

30) Ibid.

31) B.Hiley, Ghostly Interactions in Physics, New Scientis, March 6 (1980) 746; A.Wolf, Taking the Quantum Leap - The New Physics for Nonscientists, Harper & Row, San Francisco, 1981; M.Talbot, Mysticism and the New Physics, Routledge & Kegan Paul, London, 1981; N.D.Mermin, Quantum Mysteries for Everyone, Journal of Philosophy 78 (1981) 397; xxx, Physicists Redefine Reality, London Economist , September 26 (1981) 95; H.R.Pagels, The Cosmic Code (Quantum Physics as the Language of Nature), Michael Joseph, London, 1982; P.C.Davies, Other Worlds - Space, Superspace and the Quantum Universe, Abacus, London, 1982; M.Gardner, Quantum Weirdness, Discover 3 (10) (1982) 69; A.L.Robinson, Quantum Mechanics Passes Another Test, Science 217 (1982) 435; A.L.Robinson, Loophole Closed in Quantum Mechanical Test, Science 219 (1983) 40; F.Rohrlich, Facing Quantum Mechanical Reality, Science 221 (1993) 1251; P.C.Davies, God and the new physics, Penguin Books, Harmondsworth, 1984; J.C.Polkinghorne, The Quantum World, Longman, London, 1984; N.Herbert, Quantum Reality - Beyond the New Physics, Rider, London, 1985; N.D.Mermin, Is the Moon there when nobody looks?, Physics Today, April 1985, 38; E.Squires, The Mystery of the Quantum World,Adam Hilger, Bristol, 1986; A.I.M.Rae, Quantum Physics: Illusion or Reality, Cambridge University

Press ,Cambridge, 1986; J.Gribbin, In Search of Schroedinger's Cat - Quantum Physics and Reality, Corgi Books, London, 1986; F.Laloe, Les surprenantes prédictions de la mécanique quantique, La Recherche 17 (No. 182), Novembre 1986, 1358 - 1368.

32) F.Selleri, Paradossi e realta, La Terza, Bari, 1987. F.Selleri, La Causalita' Impossibile. L'interpretazione realistica della fisica dei quanti, Jaca Book, Milano, 1988.

33) P.C.W.Davies and J.R.Brown, eds. The Ghost in the Atom, Cambridge University Press, Cambridge, 1986. Ova knjiga je bazirana na seriji radio - interviewa u kojima su sagovornici Daviesa poznati naučnici, koji se bave problemom tumačenja kvantne mehanike: Aspect, Bell, Wheeler, Peierls, Deutsch, Taylor, Bohm and Hiley.

Medu ekspertima nema nikoga ko zastupa "lokalnu mikrorealnost", opciju koja je značajno prisutna na stranicama naučnih časopisa, davajuci stalno nove impulse da se problem interpretacije, umjesto ideološkim i filozofskim simpatijama, rješava znanstvenom metodologijom. Ona je sigurno značajnija od hipoteza "paralelnih svjetova", koju više ne zastupaju ni njeni prvi advokati (Wheeler na primjer! Vidi interview sa Wheelerom u P.C.W.Davies and J.R.Brown, eds., The Ghost in the Atom, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.).

34) P.Davies, God and the new physics, Penguin Books, Harmondsworth, 1984, vii.

35) Ibid., s. 100 - 101.

36) F.A.Wolf, Taking the Quantum Leap - The New Physics for Nonscientists, Harper & Row, San Francisco, 1981, s. 1.

37) P.Davies, God and the new physics, Penguin Books, Harmondsworth, 1984, s 104.

38) Ibid., s. 107.

39) M.Talbot, Mysticism and the New Physics, Routledge & Kegan Paul, London, 1981, s.14.

40) Ibid., s. 15.

41) K.V.Laurikainen, The Conception of Reality in Quantum Mechanics, u zborniku njegovih eseja "Quantum Theory and the Openess of the Scientific World View", Report Series in Physics, HU - P - 188, University of Helsinki, 1980.

42) K.V.Laurikainen, Remarks on the Philosophical Implications of Quantum Mechanics, in his collection "Quantum Theory and the Openess of the Scientific World View", Report Series in Physics, HU - P - 188, University of Helsinki, 1980.

43) F.A.Wolf, Taking the Quantum Leap - The New Physics for Nonscientists, Harper & Row, San Francisco, 1981, s. 170.

44) Ibid., 1981, s. 175.

45) Ibid., s. 249.

46) Ibid., s. 249 - 250.

47) F.Capra, The Tao of Physics, Shambhala Publications, Berkeley, 1975; G.Zukav: The Dancing Wu Li Masters, Morrow, New York, 1979; D.Harrison, Teching the Tao of Physics, American Journal of Physics 47 (9) (1979) 779 - 783

48) J.Durant (ed.), Darwinism and Divinity: Essays on Evolution and Religious Belif, Basil Blackwell, Oxford, 1985. (Vidi i Marsdenov prikaz "Religion and biology beyond conflict", Nature 317 (1985) 121); A.Peacock, God and the New Biology, Dent, London, 1986. (vidi i Patonov prikaz "Is the reductionist beyond belief?", Nature 324 (1986) 522).

3.5. kritika kopenhagenskog tumačenja

3.5.1. FILOZOFSKE PRIMJEDBE

Glavni protivnici kopenhagenskog tumačenja su bili Einstein, Schrödinger i de Broglie. Niko od njih nije vjerovao u završenost kvantne mehanike i nemogućnost dalje spoznaje mikrofenomena. Zbog toga su uložili dosta truda da identificiraju slabe tačke kopenhagenske interpretacije i paradoksalne aspekte takvog izlaza iz kvantnog labirinta. Nije nikakvo iznanađenje da su se svi oni "zakačili" za problem mjerenja (redukcija valne funkcije), kada se radilo o tehničkim zamjerkama, o kojima će biti kasnije više govora.

Što se tiče filozofskih primjedbi one se odnose na iracionalan karakter slike prirode izvan mjernih uređaja u kopenhagenskom tumačenju, bilo da se wittgensteinovski "natura libre" obavije velom šutnje, bilo da se ona prikazuje kao svijet tendencija ili svijet objekata bez svojstava. Einstein, Schrödinger i de Broglie su smatrali da je prvenstveni zadatak fizike upravo opis fizikalne realnosti same po sebi i to konceptualnom aparaturom koja dozvoljava racionalnu i fizikalnu analizu. Dakle, bili su protiv epistemoloških barijera, tj. pojmova kojima se postavljaju granice ljudskoj spoznaji. Takav stil fizikalnog mišljenja je vidljiv i iz njihovog doprinosa razvoju kvantne teorije.

Dok su Bohr i Heisenber nastojali da pronađu najkraći put od eksperimentalnih činjenica do matematičke sheme, pri čemu je procedura "zabrane konceptualnog uvida" bila veoma naglašena, Einstein, Schrödinger i de Broglie su tražili pojmovni okvir koji omogućava razumijevanje "postuliranog". Einstein je izveo Planckov zakon na novi način, de Broglie je idejom o "elektronskim valovima" omogućio izvođenje Bohrovog postulata o kvantiziranju momenta impulsa. Schrödinger je dao novu formulaciju kvantnih zakona ne polazeći od Heisenbergove ideje da u teoriju treba ugraditi samo veličine koje se direktno mjere. Kvantiziranje veličina je matematička posljedica razumnih graničnih uvjeta, a ne iracionalni element koji se u teoriju "stavlja rukom".

Evo tih svjetonazornih stavova Einsteina, Schrödingera i de Brogliea. Einstein smatra kvantnu mehaniku nekompletnim opisom realnosti:

> "Po mom vjerovanju, ona (kvantna mehanika,J.S.) je nekompletna reprezentacija realnih stvari... Nekompletnost reprezenatacije je posljedica (outcome) statističke prirode (nekompletnosti) zakona."[1)]

> "Čvrsto sam ubjeđen da esencijalno statistički karakter savremene kvantne teorije treba pripisati činjenici da ta teorija ima posla sa nekompletnim opisom fizikalnih sistema."[2)]

Po Einsteinovom mišljenju cilj fizike mora biti kompletan opis fizikalne realnosti nezavisno od toga da li je ona, kao dio eksperimentalne situacije, uključena u našu spoznajnu praksu ili ne:

"Da li stvarno postoji neki fizičar koji vjeruje da nikad nećemo steći uvid (inside view) u važne promjene pojedinačnih sistema, u njihovu strukturu i kauzalne veze... Vjerovanje u to je logički moguće bez kontradikcije, ali je to toliko suprotno mom naučnom instiktu da ne mogu ostaviti traganje za kompletnijom koncepcijom."[3]

"Ono što me ne zadovoljava u toj teoriji, sa stanovišta principa, je njen pristup onome što mi se čini programskim ciljem cjelokupne fizike: kompletan opis bilo koje (individualne) realne situacije (koja po pretpostavci postoji bez obzira na akt opservacije ili potvrde)."[4]

Schrödingerov generalni prigovor se odnosi na odustanje od "objektivne slike stvarnosti" i svođenja fizike na "zbrku formula":

"Fizika se nalazi u teškoj krizi ideja. Uprkos toj krizi mnogi smatraju da nije moguća objektivna slika stvarnosti. Međutim, optimisti među nama (među koje uvrštavam i sebe) gledaju na to stanovište kao filozofsku ekstravaganciju rođenu iz očaja. Nadamo se da su sadašnje fluktoacije u mišljenju samo indikacije jednog preokreta starih vjerovanja, koji će na kraju dovesti do nečeg boljeg od zbrke formula koja danas okružuje naše područje."[5]

De Broglie se zalaže za "temeljito i istinski uvjerljivo objašnjenje" i "razumljivu reprezentaciju" kvantnog svijeta:

"Došao sam do uvjerenja da uobičajeni formalizam... ne obezbjeđuje temeljito i istinski uvjerljivo objašnjenje fizikalne realnosti na supmikroskopskoj skali."[6]

"...Argumenti na kojima je bazirana trenutno prihvaćena interpretacija fizike nisu konačni kao što se čini, nego, naprotiv, sadrže mnoge značajne "rupe" (loopholes). Imam rastuću impresiju da je većina fizičara, koji su pristali na te pretjerano apstraktne tendencije, previše lako odustala od formiranja jedne razumljive reprezentacije fenomena kvantne fizike."[7]

Sažeti prikaz kritike Einsteina, sa kojom su u rezonanciji i gledišta Schrödingera i de Brogliea, je dao Heisenberg. Ona je, po njegovom mišljenju, povezana sa pitanjem:

"Da li kopenhagensko tumačenje dozvoljava jedinstven i objektivan opis fizikalnih činjenica?"[8]

Einsteinove argumente Heisenberg formulira na sljedeći način:

"Izgleda da je matematička shema kvantne teorije perfektno adekvatan opis statistike atomskih fenomena. Ali, iako su njene tvrdnje o vjerovatnoći atomskih događaja potpuno korektne, ovo tumačenje ne opisuje ono što se aktualno dešava nezavisno od ili između opažanja. Ali nešto se mora dešavati i u to ne možemo sumnjati; to nešto ne mora biti opisano pomoću elektrona ili valova ili svjetlosnih kvanata, ali dok nije bilo kako opisano zadatak fizike nije završen. Ne može biti dozvoljeno da se on odnosi samo na akt opažanja. Fizičar mora postulirati svojoj nauci da izučava svijet koji nije stvorio i koji će biti prisutan, esencijalno neizmjenjen, i kada on ne bio tamo. Zbog toga, kopenhagensko tumačenje ne nudi stvarno razumijevanje atomskih pojava."[9]

"Lako je vidljivo da je ono što ova kritika zahtijeva ponovo stara materijalistička ontologija."[10]

Već je rečeno da Heisenberg nije ponudio uvjerljive argumente protiv "stare materijalističke ontologije". Na ovom mjestu je dobro ukazati na Heisenbergovo shvaćanje relacija neodređenosti, koje nije široko poznato, ali koje rječito pokazuje kako se kopenhagensko tumačenje striktno drži eksperimentalne situacije, pa čak i veličinama čiju vrijednost možemo retrospektivno proračunati nije spremno priznati fizikalnu realnost:

"Relacije neodređenosti se ne odnose na prošlost. Ako je poznata brzina elektrona i ako se tada njegov položaj tačno odredi, položaj za vremenske trenutke koje prethode mjerenju može biti izračunat. Za njih je proizvod neodređenosti položaja i impulsa manji od granične vrijednosti."[11]

Po mišljenju Heisenberga to poznavanje prošlosti je čisto spekulativnog karaktera jer ne može nikada (zbog nepoznate promjene impulsa izazvane mjerenjem položaja) biti korišteno kao početni uslov za proračun budućeg kretanja elektrona i tako ne može biti podvrgnuto eksperimentalnoj verifikaciji. Heisenberg je smatrao da je stvar ličnog vjerovanja da li se tom proračunu prošlosti elektrona može pridružiti neka fizikaln realnost ili ne.

Ovdje se jasno vidi pozitivistički pristup Heisenberga, po kojem ono što se ne može direktno eksperimentalno verificirati ima sumnjiv smisao. U skladu sa takvom filozofijom kosmologija je besmislena aktivnost. U kojem smislu imamo pravo reći da je Kosmos bio drugačiji prije 15 milijardi godina? Kako možemo govoriti o njegovoj evoluciji, o procesima koji su bili karakteristični u pojedinim fazama? Tim prije što se u mnogim proračunima koristi kvantna mehanika.

Strogo pozitivistički gledano mi ne možemo vratiti točak istorije Kosmosa nazad i eksperimentalno, direktnim opažanjem, provjeriti našu viziju kosmičke evolucije. Međutim, možemo u laboratoriji producirati uslove koji su po teoriji vladali u nekim epohama i tu, u malenim oazama kosmičkog vremeplova, doći do dragocjenih podataka o svojstvima čestica i interakcija, koji u suštini određuju dinamiku kosmosa. Taj poduhvat je u spoznajnom smislu sličan revoluciji koju je napravila spektrometrija u astrofizici. Pokazalo se da, suprotno tvrđenju Comtea, ipak možemo saznati od čega se sastoje zvijezde.

Einstein, Schrödinger i de Broglie su smatrali da fizika može i mora dati razumljivu sliku fizikalne realnosti izvan eksperimentalne aktivnosti fizičara (koja će predstavljati osnovu i za shvaćanje onoga šta se dešava u mjernim instrumentima!). Iako ne možemo eksperimentalno istraživati kvantnu realnost samu po sebi, kao što ne možemo ni direktno dotaći zvijezde, fizika ne odustaje od programa po kojem je njen cilj spoznaja fundamentalnih svojstava i procesa u prirodi. Teško je prihvatiti stanovište da su ta svojstva i procesi esencijalno determinirani funkcioniranjem mjernih aparata i iskazivi jedino u odnosu na eksperimentalnu situaciju izabranu našom mentalnom odlukom, tj. da izvan eksperimentalnog i mentalnog konteksta nemaju nikakav smisao.

3.5.2. SPECIFIČNE PRIMJEDBE

Schrödinger je radu "Smisao valne mehanike"[12], objavljenom u zborniku posvećenom 60-tom rođendanu Louisa de Brogliea, izrekao niz kritičkih zamjerki uobičajenoj interpretaciji kvantne mehanike. On primjećuje da je transcendentalno i skoro psihičko tumačenje valnog fenomena postalo ortodoksno vjerovanje (orthodox creed). Tu Schrödinger ima u vidu neprihvatljivo povezivanje valne funkcije sa znanjem opservera. Kritikuje i dvojni karakater promjene valne funkcije, posebno skokovitu promjenu u mjerenju, koja uključuje actio in distans.

Schrödinger napominje da ako neko ne razumije kvantne prelaze nego jedino "stacionarna stanja" u kojima se "ništa ne dešava", onda se ne može reći da je postignut zadovoljavajući fizikalni uvid u kvantni svijet. Dakle, statistički opis rezultata kvantnih skokova, koji su nepodložni daljoj konceptualnoj, matematičkoj i eksperimentalnoj analizi, predstavlja nezadovoljavajuću epistemološku situaciju.

Najslabija tačka ortodoksne probabilističke sheme, kojoj Schrödinger priznaje "admirable logical consistency", je u nemogućnosti da jedna apstraktna matematička teorija ukaže na pravila asociranja operatora i mjernih uređaja. Mjerni uređaji imaju, u uobičajenoj interpretaciji, važnu ulogu da "natjeraju" objekt u sopstvena stanja asociranog operatora. Međutim, opis aparature je opširan zadatak za eksperimentatora i ne postoji jasna veza između svojstava aparata i rezultata koje predstavljaju sopstvene vrijednosti pridruženog operatora.

Što se tiče dalje izgradnje teorije, koja bi poboljšala i njeno razumijevanje, Schrödinger predlaže rješenje preko sofisticirane valne teorije sa drugom kvantizacijom i neindividualnošću "čestica".

Međutim, najozbiljniji Schrödingerov prigovor kopenhagenskom tumačenju je čuveni "paradoks mačke"[13], u kojem je ukazano na problematičnost kvantne teorije mjerenja, koju je formulirao von Neumann da bi dokazao fundamentalni karakter kvantne mehanike i riješio teškoće koje implicira "mjerni akt".

Neka je u neku kutiju zatvorena mačka sa uređajem, koji je može usmrtiti ako se raspadne jezgro,čije nas stanje zanima,i neka je vjerovatnoća raspada u toku jedne minute jednaka 0,5. Tada je, po zakonima kvantne mehanike, stanje atoma nakon tog vremena opisano valnom funkcijom koja je superpozicija valnih funkcija koje opisuju "raspadnuto jezgro" i "neraspadnuto jezgro". Po von Neumannu ovo neklasično stanje mikrosistema se prenosi i na makrosisteme sa kojima oni međudjeluju. To gledište, znači, dovodi do paradoksalnog zaključka da bi mačka bila u nekom čudnom stanju "ni živa - ni mrtva".

Kada bi neki promatrač otvorio kutiju situacija bi postala još složenija. Promatrač bi prešao u superpoziciju stanja, od kojih u jednom njegove oči vide živu, a u drugom mrtvu mačku. Ovo šizofrenično širenje kvantne neodređenosti prestaje tek kada svijest posmatrača izvši konačni izbor sudbine mačke. Jasno je da većina fizičara ne prihvata vonneumannovski recept za razrješenje problema mjerenja u kvantnoj mehanici. Međutim, oni koji ga prihvataju (ili žele da pomoću njega zarade novac!) su toliko prisutni u masovnim medijima da se stiče pogrešan utisak da moderna fizika implicira idealistički svjetonazor.

Ako se smatra, kao što je to smatrao Einstein, da kvantna mehanike nije teorija individualnih događaja nego teorija koja daje statistička predviđanja za veliki broj mikroprocesa, onda ovdje nema nikakvog paradoksa. Kada eksperiment ponovimo mnogo puta u pola slučajeva će mačka ostati živa, a u pola slučajeva će životom platiti svoje učešće u "kvantnom ruletu".

Medutim, ovakav pristup nužno otvara pitanje uzroka različitog ishoda mikroprocesa u istim makroskopskim uslovima, tj. pitanje: da li postoje parametri, nad kojima nemamo ni teorijsku ni eksperimentalnu kontrolu, a koji determiniraju rezultate pojedinačnih mjerenja ili kvantnih procesa?

Striktno statističko tumačenje kvantne mehanike, bez pitanja o mogućnosti razumijevanja stohastičnosti kvantnih procesa, ima prednost što stavlja na stranu najteži problem kopenhagenskog gledišta - problem mjerenja (redukcija valne funkcije)[14]. Takvo tumačenje omogućava instrumentalnu funkciju teorije, ali se u spoznajnom smislu ne doprinosi mnogo, osim za one, koji pod spoznajom podrazumijevaju baratanje formulama i njihovo uporedivanje sa eksperimentalnim rezultatima. Einstein, Schrödinger i de Broglie nisu tako zamišljali spoznajnu funkciju teorije.

U istom radu, u kojem je eksplicirao problematičnost primjene kvantne mehanike na makroskopske sisteme, Schrödinger je ukazao na još jedan paradoksalan aspekt kvantnomehaničkog formalizma - nelokalnost ili neseparabilnost. Radilo se o Schrödingerovoj elaboraciji situacije koju su prvi razmatrali Einstein, Podolsky i Rosen i o kojoj će ubrzo biti više govora.

To je situacija koja se odnosi na kvantno mehanički opis dva mikrosistema, koja su na početku bila u poznatim stanjima, i u kojoj nakon interakcije kvantna mehanika dozvoljava kompletan opis samo za sistem kao cjelinu, dok opis podsistema zavisi od "eksperimentalnog izbora" veličine koja će se mjeriti. ("Najbolje moguće znanje cjeline ne uključuje nužno isto za njene dijelove.", "Cjelina je u određenom stanju, djelovi uzeti pojedinačno nisu.")

Detaljniju matematičku analizu tog problema Schrödinger je prezentirao u dva rada objavljena u časopisu "Proceedings of the Cambridge Philosophical Society"[15], izlažući veoma jasno suštinu EPR-situacije, kada je stanje dva kvantna sistema opisano nefaktorizabilnom valnom funkcijom.

Ono što je Schrödingera posebno uznemiravalo je mogućnost da bi eksperimentator bio sposoban da, vršeći eksperimente na jednom podsistemu, kontrolira buduće stanje podsistema sa kojim nema direktnog kontakta ("izbjegavajući dotican je sistema samog"):

"Veoma je uznemirujuće da bi teorija trebala dozvoljavati da sistem bude upravljen ili pilotiran u jedan ili drugi tip stanja po milosti eksperimentatora iako on nema pristupa do njega."[16]

Time je Schrödinger ukazao na problem nelokalnosti u kvantnim korelacijama razdvojenih sistema. Po njegovom mišljenju taj "defekt" kvantne mehanike je uzrokovan primjenom nerelativističke kvantne mehanike izvan njenog legitimnog domena. Schrödinger je smatrao da proces separacije može dovesti do toga da se i za cijeli sistem mora upotrijebiti nemaksimalni opis (mješano umjesto čistog stanja). Tada bi statistička korelacija ostala, ali bi bila eliminirana mogućnost da eksperimentator utiče na stanje sistema sa kojim nije u kontaktu.

De Broglie je bio posebno zainteresiran za razjašnjenje problema valno - čestičnog dualizma. On je smatrao, da se u

standardnom tumačenju taj problem ili izbjegava ili se uvodi "misteriozna sveprisutnost" čestice:

"Ako kažemo da čestica može biti prisutna u svakoj tački vala, da li to implicira da je ona u partikularnoj ali nepoznatoj tački unutar vala u svakom trenutku, ili, da li to implicira da je čestica misteriozno sveprisutna (omnipresent) unutar čitavog valnog paketa? Izgleda da je drugo tumačenje ono koje su prihvatili oni koji podržavaju uobičajenu interpretaciju, iako neki od njih mudro šute o tom problemu."[17]

U III dijelu svoje knjige "Tekuća interpretacija valne mehanike: kritička studija"[18], koji je naslovljen "Teškoće u sadašnjoj teoriji koje su izazvane hipotezom da čestica nije konstantno lokalizirana u prostoru", de Broglie izlaže primjedbe Einsteina i Schrödingera, koje se odnose na "magične" efekte prilikom lokalizacije čestice, tj. na poznati problem "redukcije valnog paketa", i dodaje im "paradoks kutije"[19]:

Uzmimo zatvorenu kutiju u kojoj se nalazi čestica. Po standardnom tumačenju kvantne mehanike gustoća vjerovatnoće nalaženja čestice u okolini neke tačke unutar kutije, određena je kvadratom vrijednosti valne funkcije u toj tački. Podijelimo kutiju nekom pregradom na dva dijela. Sada je gustoća vjerovatnoće određena kvadratima dvaju valnih funkcija, koje se odnose na pojedine dijelove, tj. i dalje je, po standardnom tumačenju, čestica "potencijalno" prisutna u oba dijela, iako intuitivno osjećamo da bi se ona nakon diobe kutije morala naći samo u jednom dijelu.

Da bi pojačao paradoksalnost de Broglie predlaže da dijelove odvojimo i jedan dio odnesimo u Pariz, a drugi u Tokio. Ako otvorimo kutiju u Parizu i ustanovimo da je čestica u tom dijelu, vjerovatnoća njenog nalaženja u Tokiju je trenutno postala jednaka nuli. Kako je moguće da mjerni akt u Parizu tako drastično mijenja vjerovatnoću rezultat mjerenja u Tokiju?

Lako je vidjeti da je suština paradoksa povezana sa spoznajnim zahtijevom da se dobije jasan fizikalni uvid (prostorno - vremenski opis) u bit kvantnih procesa. Svako treba da se odluči za jedno od dva rješenja:

1) Pojam "položaj čestice" ima smisao samo u aktu mjerenja položaja. Valna funkcija opisuje naše znanje. Trenutna promjena valne funkcije je promjena znanja i nije fizikalni proces (Heisenbergovo tumačenje).

2) Čestica uvijek ima određen, ali nepoznat položaj, i u procesu mjerenja se taj položaj otkriva, a ne stvara. Valna funkcija ne daje potpuni nego statistički opis i stoga se odnosi na ansambl čestica u identičnim uslovima. Konkretni rezultati odgovaraju pojedinim podansamblima (gledište de Brogliea i Einsteina).

De Broglie je bio protiv Bohrovog insistiranja na eksperimenalnoj isključivosti i teorijskoj komplementarnosti valnog i čestičnog modela . Po njegovom mišljenu mikroobjekt je uvijek praćen valom, čiji oblik zavisi od ekperimentalne situacije i čija je uloga da "vodi" mikrosistem do mjesta koje predvida formalizam kvantne mehanike.[20] Zbog toga se debroglievski valovi

nazivaju "pilotskim valovima". U eksperimentu sa dva otvora elektron uvijek prolazi kroz jedan otvor, ali "pilotski val" prolazi kroz oba otvora i to je razlog zašto na ekranu zapažamo karakterističke pruge interferencije.

Ono što nazivamo kvantnom česticom je za de Brogliea samo singularitet u valnom polju, tj. mikroobjekt je složena struktura koja ima i čestični i valni aspekt. Nedavno su predloženi eksperimenti (Selleri, Vigier, Popper, Garrucio, Croca; vidi IV dio)) u kojima bi se eventualno mogao direktno opaziti valni aspekt mikrosistema. Naime, do sada se valnost uvijek manifestirala posredno, kroz odstupanja dinamike kvantnih čestica od klasičnog čestičnog kretanja po trajektoriji.

3.5.3. EINSTEIN - PODOLSKY - ROSEN PARADOKS

Einstein[21] je smatrao da se kvantna mehanika može primjenjivati samo na statističke ansamble mikrosistema, a ne na ponašanje pojedinačnih kvantnih objekata. Takva situacija je za Einsteina znak da kvantnomehanički opis fizikalne realnosti nije potpun[22], jer nema odgovora na pitanje "zašto se u pojedinačnom mjerenju dobio jedan, a ne drugi rezultat?" ili "zašto se konkretno radioaktivno jezgro raspalo danas, a ne juče ili sutra?". Kompletnija teorija, po Einsteinovom mišljenju, bi se morala odnositi na opis mikrorealnosti same po sebi, a ne na vjerovatnoću njenog pojavljivanju u eksperimentalnim uređajima.

Da bi uvjerio znanstvenu zajednicu u neophodnost takvog programa istraživanja, Einstein joj je morao ponuditi dokaz o nepotpunosti kvantnomehaničke deskripcije fizikalne stvarnosti. Nakon neuspjelog pokušaja da diskvalificira relacije neodređenosti u diskusijama sa Bohrom, Einstein je nekoliko godina "smišljao" situaciju koja bi mogla da posluži u tu svrhu.[23]

1935. godine Einstein, Podolsky i Rosen (u dalje tekstu EPR) objavljuju najviše citirani rad u čitavoj filozofiji kvantne mehanike, sa provokativnim naslovom: "Da li se kvantnomehanički opis fizikalne stvarnosti može smatrati potpunim?"[24]

Argumentacija autora ima dva povezana nivoa. Prvi je filozofski, a drugi tehnički, u kojem se kombinacijom ideja o fizikalnoj realnosti i potpunosti fizikalne teorije sa matematičkim opisom jedne hipotetičke situacije pokušalo dokazati da je kvantnomehanički opis nepotpun.

Pogledajmo najprije filozofske pretpostavke. EPR na sljedeći način definiraju kriterijume za realnost i potpunost fizikalne teorije:

Kriterijum realnosti

"Ako možemo, da na bilo koji način ne smetamo sistem, predvidjeti sa sigurnošću (tj. s vjerovatnoćom jednakom jedan) vrijednost neke fizičke veličine, tada postoji neki element fizikalne realnosti ("element of physical reality"), koji odgovara toj fizikalnoj veličini".[25]

Kriterijum potpunosti:

Fizikalna teorija je kompletna samo ako "svaki element fizikalne realnosti ima odgovarajući model (counterpart) u fizikalnoj teoriji".[26]

Važnu ulogu u "dokazu" ima i pretpostavka o lokalnosti, koja glasi:

Ako "u trenutku mjerenja... dva sistema više ne međudjeluju, nikakva stvarna promjena drugog sistema se ne može desiti kao konsekvenca bilo čega što može biti urađeno na prvom sistemu".[27]

Vidi se da se EPR - kriterijum realnosti bazira na "predvidljivosti" i zbog toga nije pogodan kao univerzalni kriterijum za fizikalnu realnosti. Matematičari bi rekli da je dovoljan, ali da nije nužan. Ako bi se on proglasio nužnim onda bi bile realne samo one veličine čiju vrijednost možemo bez greške predvidjeti, što ne bi bilo nimalo inspirativno za niz znanstvenih teorija. Međutim, zaista bi bilo teško osporavati realnost neke fizikalne veličine, ukoliko smo u stanju da predvidimo njenu vrijednost, bez eksperimentalnog smetanja fizikalnog sistema kojem ona pripada.

Može se, naravno, otići i u drugu krajnost i za realno smatrati samo ono što je aktuelno izmjereno u eksperimentu, tj. govoriti o realnosti fizikalnih veličina samo u odnosu na mjernu proceduru. Time stanje kvantnih sistema postaje relativno i pojam realnosti gubi svoj intuitivni smisao. Mikroobjekti nemaju dinamička svojstva per se, nego samo u eksperimentalnom kontekstu. Nije teško uvidjeti da takva definicija svojstava kvantnog sistema ima aromu filozofije pozitivizma i operacionalizma.

Bohrov pristup problemu upravo artikulira spomenutu argumentaciju, smatrajući da se u definiranju realnosti mora uvažiti fundametalna važnost procedure mjerenja:

"Procedura mjerenja ima esencijalni uticaj na uslove na kojima počiva definicija fizikalnih veličina... Ti uslovi moraju biti shvaćeni kao inherentni element svakog fenomena na koji može biti jasno primjenjen termin "fizikalna realnost"."[28]

Bohr je smatrao da fraza "a da na bilo koji način smetamo sistem"[29] sadrži ključnu nejasnoću. Po njegovom mišljenju ne radi se o nekom fizikalnom smetanju[30] drugog sistema, već o činjenici da eksperimentalni uslovi mjerenja jedne ili druge kanonske varijable, koji su osnova za kvantnomehaničko predviđanje stanja tog sistema, čine inherentni element deskripcije fenomena kojima se pridružuje termin "fizikalna realnost".

Na taj način Bohr Einsteinovom intuitivnom pojmu realnosti stanja mikroobjekta, kao nečem što ne može bitno zavisiti od mjernog postupka, posebno kada njemu nije podvrgnut, suprostavlja sopstvenu viziju, u kojoj cjelina eksperimentalne situacije, nefizikalnim utjecajem, determinira "stanje" kvantnog sistema, čineći ga zavisnim od procedure mjerenja koje može biti izvršeno na sistemu.

Pogledajmo kako ova dva filozofska stava prema realnosti funkcioniraju u situaciji koju su predložili EPR.

Razmotren je slučaj dva kvantna sistema I i II, koji se nalaze u poznatim stanjima u početnom momentu. Oni međudjeluju u nekom kratkom intervalu, nakon čega se razilaze na rastojanje na kojem ne postoji nikakva interakcija. Schrödingerova jednadžba dozvoljava proračun stanja ukupnog sistema (I + II), mada nije moguće reći u kojem stanju se nalaze sistem I ili sistem II.

EPR su za stanje sistema (I + II) ad hoc izabrali specijalnu valnu funkciju, koja predstavlja stanje u kojem su korelirani i položaji i impulsi sistema I i II. Time je stvorena mogućnost za sljedeće razmišljanje.

Ako izmjerimo položaj sistema I, možemo, a da ne smetamo siste II (sistemi su na rastajanju na kojem ne međudjeluju) predvidjeti, njegov položaj. To prema kriterijumu realnosti znači da je položaj sistema II predstavlja element fizikalne realnosti.

Ako, međutim, izmjerimo impuls sistema I, tada je moguće, koristeći korelaciju impulsa, bez smetanja sistema II predvidjeti njegov impuls. Sada, prema kriterijumu realnosti, impuls sistema II predstavlja element fizikalne realnosti.

Pošto je odluka o tome da li će mjeriti položaj ili impuls sistema I proizvoljna i pošto su EPR pretpostavili da su sistemi dovoljno udaljeni da među njima nema interakcije, tj. da mjerenje nad sistemom I ne utiče na stanje sistema II, oni zaključuju da je kvantno mehanički opis stanja sistema II nepotpun.

Naime, po njihovom mišljenju sistem II, nakon prestanka međudjelovanja sa sistemom I, ostaje u stanju u kojem su precizno određeni i položaj i impuls, jer inače ne bi bilo moguće predvidjeti i koordinatu i impuls. Pošto kvantnomehanički opis dozvoljava samo stanja u kojem su ili koordinata ili impuls precizno poznati, slijedi zaključak da je kvantno mehanička deskripcija stanja sistema II nekompletna. Taj zaključak je moguće izbjeći ako se dozvoli da mjerenje na I sistemu mijenja stanje II sistema, bez obzira što među sistemima više nema fizikalne interakcije. U skladu sa pretpostavkom o lokalnosti EPR su odbili takvu viziju realnosti i izabrali "nepotpunost" kvantne mehanike kao izlaz iz paradoksalne situacije.

Bohr je, insistirajući ne definiciji realnosti koja u sebe uključuje i opis kompletne mjerne situacije, eksplicirao gledišta da dinamičke veličine sistema (I + II) imaju smisla samo kada se definira eksperimentalni aranžman koji omogućuje njihovo mjerenje.

Po njegovom mišljenju valna funkcija, koja je korištena u EPR situaciji, predstavlja zajedničku vlastitu funkciju operatora relativnog položaja i ukupnog impulsa. Ona predstavlja rezultat mjerenja tih veličina za slučaj sistema od dvije čestice, koje prolaze kroz tešku dijafragmu sa dva uzana otvora.

Pošto mjerenje položaja čestice I zahtijeva fiksiranje siste-em ma referencije, a mjerenje impulsa čestice I primjenu zakona održanja, Bohr pokazuje da zaključivanje o stanju druge čestice, odnosno precizno predviđanje njenog položaja ili impulsa,

zahtijeva različite i međusobno imkompatibilne eksperimentalne aranžmane. Zahtijevajući da se ta činjenica uzme u obzir Bohr je mogao smatrati prigovor EPR o nepotpunosti kvantnomehaničkog opisa neosnovanim.

U nedavno objavljenom radu Jammer[31] je pokazao da Einstein nije bio zadovoljan finalnom verzijom rada, koju je napisao Podolsky. Također se saznaje da je Rosen smislio oblik valne funkcije, odakle slijedi da je Einsteinov udio samo u generalnoj ideji da je kvantnomehanički opis nepotpun, jer jednoj te istoj realnosti (stanje sistema II nakon prestanka insterakcije sa sistemom I) pridružuje dvije različite valne funkcije, zavisno od mjerenja koje se vrši na prvom sistemu. Izlaganje te ideje preko kvantnomehaničkog formalizma nije najsretnije uobličeno i zaslužuje nekoliko kritičkih primjedbi.

Valna funkcija je izabrana kao delta - funkcija, koja opisuje stanje dvije čestice na nekom određenom rastojanju, pri čemu je ukupni impuls jednak nuli. Pošto se u radu tvrdi da je to stanje rezultat interakcije sistema, u poznatim početnim stanjima, prirodno je postaviti pitanja:

Koje početno stanje združenog sistema i koji hamiltonijan interakcije treba koristiti u Schrödingerovoj jednadžbi da bi se kao rezulatat kvantne evolucije kao konačno stanje dobila delta - funkcija?

Kako je moguće pomoću kvantno - mehaničkog formalizma predvidjeti rastojanje između individualnih sistema sa potpunom sigurnošću, ako nije moguće predvidjeti položaj individualnih sistema?

Potrebno je istaći, da nije, u općem slučaju, moguće na osnovu jednog mjerenja izvršenog na sistemu I predvijeti sa sigurnošću rezultat odgovarajućeg mjerenja na sistemu II. Formalizam za određeni rezultat mjerenja na sistemu I daje samo raspodjelu vjerovatnoće rezultata ponovljenih pojedinačnim mjerenjima na sistemu II.

Situacija se mijenja samo ako u združenom sistemu vrijedi neki zakon održanja. U tom specijalnom slučaju, kako je to eksplicitno pokazao Blohincev[32], moguće je na osnovu poznavanja početne vrijednosti održavane veličine i njenog mjerenja na sistemu I, predvidjeti, bez potrebe direktnog mjerenja, vrijednost te veličine za sistem II. U slučaju EPR - stanja ukupni impuls je jednak nuli.

I Bohrovi argumenti dozvoljavaju kritiku. Ako se insistira na finesama, onda treba reći da EPR govore o delta - funkciji kao rezultatu nesmetane kvantne evolucije izolovanog sistema (I + II), dok Bohr o njoj govori kao rezultatu mjerenja. EPR koriste delta - funkciju da opišu stanje sistema (I + II) nakon prestanka međudjelovanje. Ako je ona rezultat prolaska čestica kroz dijafragmu sa dva otvora, onda se ne radi o istoj situaciji, jer čestice "međudjeluju" posredstvom dijafragme.

Pored toga, za EPR nepostojanje međudjelovanja podrazumijeva veliko (u principu i astronomsko!) rastojanje između sistema I i

II. To bi u Bohrovoj demonstraciji znatno povećalo dimenzije dijafragme sa dva otvora, a time i teškoće mjerenja promjene njenog impulsa, radi informacije o impulsu mikročestica. Ostaje nejasno kako je moguće da čestice, nakon prolaza kroz otvore na dijafragmi imaju ukupan impuls jednak nuli i kako je moguće eliminirati efekte difrakcije na beskonačno uskim otvorima.

S obzirom da u matematičkom formalizmu kvantne mehanike komutiraju operatori položaja centra inercije i relativnog impulsa, interesantno je pitanje kako bi trebalo da izgleda uređaj kojim se istovremeno mjere te veličine u sistemu (I + II).

Situaciju, analognu onoj koju su predložili EPR, ali u kojoj je izbjegnuta problematična "korelacija položaja", predložio je Bohm[33]. U njoj se radi o sistemu čiji je ukupni moment impulsa jednak nuli, i koji se raspada na dva podsistema I i II, uz očuvanje ukupnog momenta impulsa. Mjerenje komponente spina sistema I u nekom pravcu omogućava predviđanje komponente spina II u istom pravcu. S obzirom da to vrijedi za bilo koji pravac, rezoniranjem a la EPR moguće je zaključiti da sistem ima dobro definirane sve tri komponente spina, dok kvantna mehanike dozvoljava preciznu vrijednost samo za jednu komponentu. Naravno, uz pretpostavku da mjerenje komponente spina na sistemu I ne utiče na stanje sistema II.

Konsekvence pretpostavke o lokalnosti teorijski je ispitao Bell[34]. On je pokazao da teorije skrivenih varijabli koje je eksplicitno koriste daju statistička predviđanja (Bellove nejednakosti), koja su u kontradikciji sa predviđanjima kvantne mehanike. Time je Bell omogućio osnovu za eksperimentalno testiranje pogleda Bohra i Einsteina u vezi sa fundamentalnim svojstvima fizikalne realnosti.

Dosadašnji eksperimenti, od kojih su najuvjerljiviji oni koje je izvela Aspectova grupa u Parizu[35], sugeriraju postojanje "kvantne nelokalnosti", tj. izgleda da Einsteinova ideja o lokalnosti ne funkcionira za mikrosisteme. Doduše, postoje autori[36] koji smatraju da takvi zaključci nisu konkluzivni. Po njihovom mišljenju, u izvedenim eksperimentima se ne testiraju originalne Bellove nejednakosti, koje slijedi samo iz uslova lokalnosti, nego nejednakosti izvedene uz dodatne pretpostavke, koje za sada nisu eksperimentalno provjerene. Da bi imkopatibilnost lokalnosti i kvantnog svijeta postala znanstveni činjenica mora se teorijski i u laboratorijama ispitati osnovanost ovakvih prigovora.

* * *

NAPOMENE

1) A.Einstein, Physics and Reality, Journal of Franklin Institute 221 (1936) 349 - 382.

2) A.Einstein, Reply to Criticism, u P.A.Schilpp, Albert Einstein: Philosopher - Scientist, Library of the Living Philosophers, Evanston, 1949.

3) A.Einstein, Physics and Reality, Journal of Franklin Institute 221 (1936) 349 - 382.

4) A.Einstein, Reply to Criticism, u P.A.Schilpp, Albert Einstein: Philosopher - Scientist, Library of the Living Philosophers, Evanston, 1949.

5) E.Schrödinger, What is Matter?, Reprinted from Scientific American, Septembar 1953.

6) L. de Broglie, The Current Interpretation of Wave Mechanics: A critical Study, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1964, vii.

7) L. de Broglie, The Current Interpretation of Wave Mechanics: A critical Study, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1964, viii.

8) W.Heisenberg, Physics & philosophy. The revolution in modern science, Harper & Row, New York, 1962, 143.

9) Ibid., s. 143 - 144.

10) Ibid., s. 144.

11) W.Heisenberg, The Physical Principles of Quantum Theory, Dover, New York, 1949. s. 30.

12) E.Schrödinger, The Meaning of Wave Mechanics, u A.George (ed.), Louis de Broglie, Physicien et Penseur, Michel, Paris, 1953., 16 - 32. Preštampanu i u M.Božić, ed., Ervin Šredinger i nauka našeg veka, Zbornik predavanja Simpozijuma povodom stogodišnjice rođenja Schrödingera, Beograd, 21 - 22. decembar 1987.

O Schrödingerovom shvaćanju kvantne mehanike vidi Z.Marić, Erwin Schrödinger, u M.Božić, ed., Ervin Šredinger i nauka našeg veka, Zbornik predavanja Simpozijuma povodom stogodišnjice rođenja Schrödingera, Beograd, 21 - 22. decembar 1987, 25 - 53; F.Herbut, Šredingerovo kritičko viđenje kvantne mehanike, Ibid., 55 - 68; I.B.Ivanović, Ima li kvantnih skokova?, Ibid., 71 - 78; M.Božić, Aktuelnost Šredingerove interpretacije talasne funkcije i njena savremena eksperimentalna prover, Ibid., 81 - 107; F.Rohrlich, Schrödinger's criticism of quantum mechanics - fifty years later, Symp. Found. Mod. Phys.: 50 Years Einstein -Podolsky - Rosen Gedankenexp., Joensuu 16 - 20 June, 1985., World Scientific, 1986, Singapore, 555 - 572; C.W.Kilmister, Schrödinger Centenary, Cambridge University Press, Cambridge, 1987; H.J.Treder, H.H. von Borzeszkowski, Interference and interaction in Schrödinger's wave mechanics, Foundation of Physics 18 (1) (1988) 77 - 93

13) E.Schrödinger, Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik, Naturwissenschaften 23 (1935) 807 - 812; 823 - 828; 844 - 949. Engleski prevod E.Schrödinger, The Present Situation in Quantum Mechanics, u J.A.Wheeler & W.H.Zurek, Quantum Theory and Measurement, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1983, 152 - 167.

O najnovijoj situaciji u vezi sa "paradoksom mačke" i mogućnostima njegovog eksperimentalnog razrješenja vidi A.J.Leggett, Schrödinger's Cat and her Laboratory Cousins, Contemporary Physics 25 (6) (1984) 583 - 598; P.J.Bussey, The fate of Schrödinger's cat, Phys. Lett. A 120 (2) (1987) 51 - 53; xxx, Particles decide the fate of Schrödinger's cat, New Scientist 115 (1567) (1987) 34; A.Peres, Schrödinger's immortal cat, Foundation of Physics 18 (1) (1988) 57 - 76.

Peres vidi suštinu paradoksa u dvostrukoj prirodi "posmatrača", koji s jedne strane, ne može biti opisan Schrödingerovom jednadžbom, a, s druge strane, bi joj morao biti potčinjen, ako se kvantna teorija smatra univerzalnom teorijom. Taj paradoks, po mišljenju Peresa, može biti razriješen uzimanjem u obzir nepovratnosti u kvantnim mjerenjima,koja svoj uzrok ima u nemogućnosti potpune izolacije mjernog uređaja od okoline. Slično gledište zastupa i Leggett.

Bussey smatra da paradoks mačke nema ubjedljivog objašnjenja u okviru ortodoksne kvantne mehanike. Osnovno pitanje je: Kada dolazi do kolapsa valne funkcije? Bussey vidi dvije mogućnosti za mikroskopski kolaps valne funkcije u procesima raspada: neposredno u procesu raspada ili u međudjelovanju čestica u procesu opažanja, čime se u oba slučaja eliminira paradoks mačke. Bussey je predložio eksperiment koji bi mogao pomoći da se izabere jedna od tih mogućnosti.

14) L.E.Ballentine, The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics, Reviews of Modern Physics 42 (1970) 358 - 381; M.Audi, The Interpretation of Quantum Mechanics, The University of Chicago Press,

Chicago, 1973. Vidi i H.R.Tschudi, On the statistical intepretation of quantum mechanics, Helvetica Physica Acta 60 (3) (1987) 363 - 383. Tschudi, također, smatra da nema problema mjerenja u striktnoj statističkoj interpetaciji. Problemi nastaju iz pogrešne dogme da je valna funkcija svojstvo fizičkog objekta, predstvaljeno konkretno, individualno. Problemi nestaju ako se fizički objekti (sistemi) razmatraju kao komponente statističkih kvantnih ansambala.

15) E.Schrödinger, Discussion of Probability Relations Between Separated Systems, Proceedings of the Cambridge Philosophical Society 31 (1935) 555 - 563; E.Schrödinger, Probability Relations Between Separated Systems, Proceedings of the Cambridge Philosophical Society 32 (1936) 446 - 452.

16) Ibid.

17) L. de Broglie, The Current Interpretation of Wave Mechanics: A critical Study, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1964, s. 21.

18) L. de Broglie, op. cit.

19) Vidi i Sellerijevu diskusiju "paradoksa kutije" u F.Selleri, La causalita imposible, Jaca Book, Milano, 1988, 53 - 55.

20) S obzirom da će kasnije biti detaljno razmatrana Bohmova interpretacija, koja je u konceptualnoj rezonanciji sa idejama de Brogliea, ovdje su one samo kvalitativno skicirane. Kao koncizan prikaz de Broglievog shvaćanja "valne mehanike" mogu poslužiti radovi L. de Broglie, Intepretation of quantum mechanics by the double solution theory, Ann. Fond. Louis de Broglie 12 (4) (1987) 399 - 421; Lui de Broji', Interpretacija volnovoj mehaniki, Voprosy filosofii 6 (1956) 80 - 90.

21) O Einsteinovim pogledima na znanost i problem interpretacije kvantne mehanike vidi M.Griffin, Einstein's philosophy of science, Scientia 1-2 (1971) 25 - 37; L.E.Ballentine, Einstein's Interpretation of Quantum Mechanics, American Journal of Physics 40 (1972) 1763 - 1771; E.Santos, Einstein and the Conceptual Problems of Quantum Mechanics, Anales de Fisica de le Real Sociedad Espanola de Fisica y Quimica 74 (4) (1979) 165 - 171; G.Tarozzi, Realisme d'Einstein et Mechanique Quantique, Rev. Synthese 101 - 102 (1981) 125 - 139; R.A.Aronov, B.M.Bolotovskij, N.V.Mickevič, Elementy materializma i dialektike v formirovanii filosofskih vzgljadov A.Ejnštejna, Voprosy filosofii 11 (1979) 56 - 66; F.Kašljun, Ejnštein i tolkovanie kvantovoj teorii, u Problemi fiziki: klassika i sovremennost, Mir, Moskva, 1982; S.V.Illarionov, The Einstein - Bohr Contoversy, u zborniku "Einstein and the philosophical problems of 20th - century physics, Progress Publishers, Moscow 1983; J.P.Vigier, Einstein's materialism and modern tests of quantum mechanics, Annalen der Physik 45 (1) (1988) 61 - 80, kao i zbornik radova posvećenih stogodišnjici rođenja Einsteina - H.Nelkowski et al., eds., Einstein Symposion, Springer, Berlin, 1979.

Interesantno je da Santos smatra da statistička interpretacija, koju je zastupao Einstein, nije stvarna alternativa kopehagenskom tumačenju. Njegov zaključak je baziran na analizi eksperimenta sa dva otvora. Kvantni objekti se na ekranu detektiraju lokalno, a pri prolazu kroz otvore bi se morala dozvoliti njihova nelokalnost. Pošto u jednadžbama ne postoji prelaz iz delokaliziranog u lokalizirano stanje, Santos zaključuje da statistička interpretacija nije kompatibilna sa kompletnim skupom kvantnih postulata, uključujući i postulat mjerenja. Izgleda da Santos previda da upravo kopenhagensko tumačenje, ako se razmotri cum grano salis, ima teškoću da objasni prelaz iz delokaliziranog u lokalizirano stanje (redukcija valne funkcije).

Ako se smatra da je čestični aspekt elektrona singularitet u valnom polju, kako su to smatrali Einstein i de Broglie, teškoće nestaju. Kretanje tako shvaćenog elektrona ne stvara konceptualne teškoće pri prolazu kroz dva otvora. Čestični aspekt prolazi uvijek samo kroz jedan otvor i pri registraciji je strogo lokaliziran. Valni aspekt elektrona prolazi kroz oba otvora što dovodi do efekata interferencije. Prema tome u toj intepretaciji nema misterioznog prelaza i nelokaliziranog u lokalizirano stanje.

22) Taj zaključak je bio i ostao filozofsko opravdanje za pokušaje konstrukcije teorija sa skrivenim parametrima. Bohm je, na primjer, svojom interpretacijom iskazao načelno slaganje sa tim zaključkom, ne prihvatajući mogućnost da je "fizikalno stanje nekog individualnog sistema kompletno specificirano pomoću valne funkcije, koja određuje samo vjerovatnoću aktualnih rezultata, koji mogu biti dobiveni u statističkom ansamblu sličnih eksperimenata". Vidi D.Bohm, A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden Variables", Physical Review 85 (1952) 166 - 179, 180 - 193.

23) Detaljno izlaganje povijesnih i konceptualnih detalja u vezi sa evolucijom Einsteinovih ideja i argumenata, kao i prikaz reakcija naučnika na njih, dato je u M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpetation of Quantum Mechanics in Historical Perspective, John Wiley & Sons, New York, 1974.

24) A.Einstein, B.Podolsky, N.Rosen, Can Quantum - Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?, Physical Review 47 (1935) 777 - 780.

25) Ibid.

26) Ibid.

27) Ibid.

Einstein nije vjerovao u mogućnost da manipulacija jednim sistemom utiče na svojstva drugog sistema koji može biti, u principu, proizvoljno daleko. Njegov stav je razumljiv kada se zna da je on autor specijalne teorije relativnosti u kojoj dva događaja mogu biti kauzalno povezana samo ako je među njima moguće uspostaviti vezu "signalima" čija brzina ne prelazi brzinu svjetlosti.

Interesantno je napomenuti da je samo Schrödinger u tim godinama ozbiljno shvatio implikaciju o nelokalnosti koja slijedi iz matematičkog formalizma i kopehagenskog shvatanja realnosti kao "mjerene realnosti". Bohr je, kako je rečeno, izbjegavao da izvuče takav zaključak insistirajući na komplementarnosti različitih eksperimentalnih aranžmana.

28) N.Bohr, Can Quantum - Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?, Physical Review 48 (1935) 696 - 702.

29) Lelasu je ta sintagma u EPR kriterijumu osnova za zaključak o "dualnom statusu mjerenja" u postupku odredivanja elemenata fizikalne realnosti:

"Stvarna podloga korespondencije stvari i pojmova, medij koji uspostavlja zbiljsko odgovaranje elemenata teorije elementima realnosti jest mjerenje. Ali, taj most, iako premoštava dvije obale, pa bi se na obje morao i naslanjati, čini se prije kao da lebdi u zraku. Da bi se osigurala jednoznačnost korespondencije, neophodno je da sam nije element teorije. Moramo ga tretirati kao i svaki drugi fizički proces. S druge strane, fraza "a da ni na koji način ne remetimo sustav" koja je također neophodna da bi korespondencija bila jednoznačna, zahtijeva da ga izuzmemo iz fizičke realnosti koju izučavamo. On bi trebao biti kao neka nefizička razmjena informacija između realnosti i teorije, kao razgovor u kojem realnost i teorija jedno drugom odgovaraju" (S.Lelas, Filozofija pojmovnih temelja elementarne kvantne mehanike, Poseban otisak iz 374. knjige Rada Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1977, s. 115 - 117).

Lelas je dobro uočio problematičan status mjerenja u kvantnoj mehanici, što je i bio povod za von Neumannov pokušaj da proces mjerenja opiše kvantno - mehaničkim formalizmom. S obzirom da se taj problem rijetko pojavljuje u udžbenicima kvantne mehanike, u kojima se daje pregled problema koje kvantna mehanika uspješno rješava može se zaključiti da on nije važan za njenju primjenu. Međutim, njegova važnost ne može biti zanemarena u filozofskoj ravni, posebno u interpretacijama u kojima se zagovara podjela svijeta na "moguće" i "stvarno". Ako se u procesu mjerenja dešava transformacija mogućeg u stvarno, onda njegovo razumijevanje, kroz opis tog procesa fizikalnim pojmovima, predstavlja prvorazredan zadatak.

30) Bohr koristi termini "mechanical disturbance".

31) M.Jammer, The EPR problem in its historical development, Symp. Found. Mod. Phys.: 50 Years Einstein -Podolsky - Rosen Gedankenexp., Joensuu 16 - 20 June, 1985., World Scientific, 1986, Singapore, 129 - 149.

32) D.I.Blohincev, Principijelni problemi kvantne mehanike, Nauka, Moskva, 1966, s. 127 - 132. I Lelas tvrdi isto: "Korelacija koja se zahtijeva... može biti rezultat nekog zakona održanja." Vidi S.Lelas, op. cit., s. 233.

33) D.Bohm, Quantum Theory, Prentice - Hall, New York, 1951; D.Bom, Kvantovaja teorija, Nauka, Moskva, 1961.

34) J.S.Bell, On the Einstein Podolsky Rosen Paradox, Physics 1 (1964) 195 - 200.

35) A.Aspect, Experimental Tests of Bell's Inequalities, u S.Diner et al. (eds.), The Wave - Particle Dualism, Reidel, Dordrecht, 1984, 377 - 390.

36) Up to date pregled situacije u vezi sa EPR - paradoksom dat je u knjizi F.Selleri, ed., Quantum Mechanics Versus Local Realism. The Einstein - Podolsky - Rosen Paradox, Plenum, New York, 1988. Posebno vidi dio "Lokalne opcije" sa radovima Santosa, Pascazia, Marshalla, Baruta i Ferrera.

4. PREGLED MARKSISTIČKIH I MATERIJALISTIČKIH TUMAČENJA KVANTNE MEHANIKE

Već je rečeno da u marksizmu postoje neslaganja u odnosu na problem određenja materijalističkog karaktera marksističke filozofije. Ta polarizacija je i uzrok da se može pojaviti razlika između atributa "marksističko" i "materijalističko". Spektar mogućih stajališta, koji je smješten između antropocentričnosti, na jednom, i mehaničkog ontologizma, na drugom kraju, nužno je reflektiran i u gledanjima na tumačenje kvantne mehanike, pri čemu dolazi do dodatnog nijansiranja zbog izuzetne znanstvene složenosti problema.

Za sada generalno slaganje postoji samo na nivou priznavanja objektivne egzistencije materijalnog svijeta. Međutim, taj osnovni materijalistički stav je toliko općenit da, ukoliko se ne dopuni specifičnijim određenjima, ne predstavlja neku interpretativnu prednost u odnosu na stav u kojem se negira objektivna egzistencija materijalnog svijeta. Smatram da takva situacija zahtijeva nužno odvojenu analizu gledišta najvažnijih autora marksističke i materijalističke orijentacije, slično kao što su odvojeno razmatrana gledišta Bohra i Heisenberga. To će biti urađeno nakon panoramskog povijesnog pregleda diskusija o kvantnoj mehanici sa marksističkog i materijalističkog stanovišta.

Nakon toga su kritički ispitane dvije teze koje dominiraju u nizu marksističkih pristupa problemu interpretacije:

(i) predmet kvantne mehanike su makroskopski fenomeni u mjernim uređajima; i

(ii) razrješenje problema interpretacije leži u epistemološkoj ravni.

Dakle, pokušano je preciznije određenje ontološke i epistemološke panorame problema interpetacije. Po mome mišljenju to je bitan preduslov za jedno istinsko marksističko tumačenje kvantne mehanike. Bez podcjenjivanja epistemološke lekcije, koja je pokazala u najjasnijem svijetlu neodrživost ortodoksne teorije odraza, smatram da je napredak u razumijevanju kvantnih fenomena moguć jedino u fizikalnom, dakle ontološkom, objašnjenju "klasičnih" paradoksalnih situacija[1].

Sasvim je jasno da je moguće sva nerazumijevanja i kontroverze u kvantnoj mehanici proglasiti posljedicom nesvjesnosti o specifičnoj epistemolоćkoj poziciji makroskopskog subjekta u istrživanju mikrosvijeta, limitiranosti konceptualnog aparata, koja dovodi do postavljanja besmislenih pitanja ili nedovoljno razvijene navike "dijalektičkog" mišljenja. To je, svakako, jedno od logički dozvoljenih rješenja. Međutim, ono nije u rezonanciji sa naučnom praksom, koja je do sada stalno ispoljavala tvrdoglavu privrženost redukcionističkom rješavanju problema razumijevanja. Svaki zagonetni fenomen je, na kraju krajeva, svoje naučno objašnjenje dobio tek razjašnjenjem fizikalnog mehanizma koji dovodi do njega, a ne izgradnjom epistemoloških barijera, koje njegovu zagonetnost prikazuju kao posljedicu pogrešne konceptualne artikulacije.

Kao primjeri, mogu dobro poslužiti problemi u vezi sa strukturom i dinamikom hadrona, kao i niz problema iz kosmologije. Može se reći da je fascinantan teorijski napredak u kvantnoj kosmologiji direktna posljedica pokušaja da se odgovori na pitanja, koja bi se, do prije desetak godina, većini naučnika činila besmislenim ili, najblaže rečeno, takvim da ne dozvoljavaju znanstveni tretman. Taj pretenciozni program je najsažetije izkazao Wheeler:

"Danas zahtijevamo od fizike razumijevanje i samog pojma postojanja."[2]

Da li je taj cilj moguće ostvariti ako ne razumijemo zagonetku valno - čestične prirode mikročestica ili ako ne znamo objasniti zašto elektroni ne padnu na jezgro atoma? Smatram da odgovor mora biti negativan, a to znači da u kvantnoj mehanici treba skinuti hipoteku epistemološke cenzure bohrovske komplementarne interpretacije kvantne mehanike i odbaciti strategiju objašnjavanja preko "dijalektičkog jedinstva" kontinuiteta i diskontinuiteta, mogućnosti i stvarnosti, nužnosti i slučajnosti, jednog i mnoštva.

Teško je ne složiti se sa Marićem, da je takvim tumačenjima "imanentna potreba da dokžu kako je to konkretan primer jedne hegelijanske sinteze dvaju pojmovnih antipoda... Ono što takvim uverenjima nedostaje je suptratum sinteze, njeno ovaploćenje u procesu. Način na koji se to uverenje izlaže čini ga čistom konstatacijom, pa prema tome i misaono neplodotvornim".[3]

Ta misaona neplodotvornost se najbolje manifestira u činjenici da "dijalektičke sinteze" nisu ni najmanje pomogle u artikulaciji istraživačkih programa, kao u domenu teorije tako i u domenu eksperimenta. Svi perspektivni programi su bazirani na fizikalnom razjašnjavanju problema interpretacije, bilo da se radi o problemu mjerenja, o problemu nelokalnosti ili valno - čestičnom dualizmu.

Ako u značajnom dijelu marksističke literature o tumačenju kvantne mehanike dominira mišljenje da je problem riješen u epistemološkoj ravni prelazom sa naivno - realističkog na "dijalektički" način razmišljanja, onda je jasnija situacija u medijskom predstavljanju kvantne mehanike na Zapadu kao teorije, koja daje "znanstvene" argumente u korist idealizma, religije, misticizma i parapsihologije[4]. Naime, "dijalektička" rješenja, u kojima se za osnovu nerazumijevanja kvantne mehanike proglašava "nedijalektičnost" konceptualne aparature ne samo prosječnog čovjeka nego i takvih naučnika kao što je Einstein, nemaju šanse u borbi sa izrazitim nenaučnim argumentima. I jedni i drugi ostaju izvan znanosti, ali ovi drugi imaju zavodljivu aromu "shvatljivosti". Njihova popularnost ne može biti objašnjena samo aksiološkom preferencijom zapadnog socijalnog ambijenta nego joj doprinosi direktno i činjenica da se čak i u krugu marksistički orijentiranih autora odbacuju kao "regresivni" pokušaji da se specifičnost kvantnog svijeta shvati racionalno i materijalistički.

Ako je suština "marksističkog" razumijevanja kvantne mehanike u prizivanju "dijalektičkih sinteza", koje ne dozvoljavaju konceptualno modeliranje mikroobjekta i njegovog ponašanje ni u mjernim uređajima ni izvan njih, onda se marksizam ne razlikuje mnogo od religijskih filozofija, koje koriste mehanizam spoznajne cenzure potpuno stran duhu znanosti. Po čemu se razlikuju izjave "kvantno ponašanje elektrona ne možemo do kraja spoznati jer se kroz njega ispoljava nespoznatljiva božanska priroda" i "kvantno ponašanje elektrona je posljedica dijalektičkog jedinstva njegovih valnih i čestičnih svojstava", ako "dijalektičko jedinstvo" valnosti i čestičnosti nije podložno fizikalnoj i logičkoj analizi?

Prije detaljnijeg izlaganja i kritičke analize gledišta najvažnijih autora marksističke i materijalističke orijentacije, korisno je skicirati glavne istorijske faze interakcije kvantne mehanike i filozofije marksizma.

4.1. diskusije o kvantnoj mehanici 1927 — 1957

U marksističkim sredinama diskusije o filozofskim problemima kvantne mehanike počinju odmah nakon njenog nastanka. To nije čudno jer je pojava ove teorije izazvala neslaganje i među fizičarima koji su je stvorili. Na jednoj strani su se našli Bohr, Heisenberg, Born i Pauli, a na drugoj Planck, Einstein, de Broglie i Schrödinger. Na Solvayskom kongresu koji je održan 1927. godine Born i Heisenberg eksplicitno ističu da je kvantna mehanika matematički zaokružena teorija i da je njen vjerovatnosni karakter definitivan. De Brogliev prijedlog nove formulacije teorije i Einsteinovi prigovori protiv mističnog karaktera kolapsa valne funkcije nisu našli pristalice i "kopenhagenska škola" je dobila podršku većine.

Bohrov princip komplementarnosti, kojim se postulira ovisnost svojstava mikroobjekta u odnosu na tip mjernih uređaja, Heisenbergove relacije neodređnosti koje određeju granicu tačnosti do koje možemo istovremeno precizno definirati konjugirane dinamičke veličine (na primjer, položaj i impuls) i Bornovo statističko tumačenje valne funkcije, predstavljali su osnovu novoga viđenja fizikalne stvarnosti, koje se drastično razlikovalo od predodžbi klasične fizike. Nije trebalo dugo čekati da se pojave različite idealističke interpretacije tih stavova. Odricanje važenja principa uzročnosti, fundamentalna uloga posmatrača u kreiranju uslova u kojima se manifestiraju kvantna svojstva, pricipijelna nemogućnost spoznaje mikrosvijeta su bili direktan izazov svima koji su imali materijalistički pogled na svijet.

Forman[5] je u svom radu "Weimarska kultura, uzročnost i kvantna teorija" pokazao da je kvantna mehanika sa svojim filozofskim konsekvencama bila kao "božiji dar" naučnicima koji su nastojali da prevladaju antinaučno raspoloženje u poslijeratnoj Njemačkoj, gdje se tražilo nešto što će ostvaljati prostor za iracionalno i nepodčinjeno strogim mehaničkim zakonima. To je bila reakcija na sliku svijeta u vidu ogromnog časovnika, koji neumitno upravlja kretanjem svojih djelića ne ostvaljajući nimalo

slobode ljudima, nimalo mogućnosti da se pobjegne od sudbine, koja obično nije onakva kakvu bismo željeli, bilo kao pojedinci ili kao narodi. U takvoj atmosferi, a slična je bila i Danskoj, gdje je intelektualno sazrijevao Niels Bohr[6], skica nove, kvantne slike svijete dočekana je kao olakšanje, kao konačan spas od terora determinizma i mogućnost za "naučno" opravdanje iracionalnih aspekata čovjekove ličnosti.

Kvantna mehanika ulazi na scenu praćena velikom reklamom idealističke filozofije. Eddington[7] je čak i prije formuliranja "kopenhagenskog tumačenja" i njegovih idealističkih varijanti "objavio" da je pojava kvantne mehanike važan moment u povijesti čovječanstva jer omogućava i znanstveniku religijsko shvaćanje svijeta.

Takav image će i odrediti prve reakcije marksističkih krugova. Prikaz recepcije kvantne mehanike i diskusija koje su vođene u SSSR-u dao je Delokarov[8] u monografiji "Metodološki problemi kvantne mehanike u sovjetskoj filozofskoj nauci". Istorijska analiza obuhvaća nastanak dijalektičko - materijalističkog shvatanja ideja i principa kvantne mehanike u sovjetskoj filozofiji u dvadesetim i tridesetim godinama. Komentirani su najvažniji radovi onih koji su podržavali kvantnu mehaniku (i "kopenhagensko tumačenje") i njihovih oponenata.

Čitav prikaz je promatran kroz prizmu sadašnjih sovjetskih gledišta i sigurno bi drugačije izgledao da je pisan u pedesetim godinama. To se posebno odnosi na ocjenu pozicije Nikol'skog koji je u poznatom sporu Bohra i Einstein stao na stranu tvorca specijalne teorije relativnosti.

Po mišljenju Nikol'skog materijalizam je takva filozofska doktrina, koja smatra naučnim samo one tvrdnje, koje se odnose na objekt sam po sebi, a ne na međudjelovanje objekta i subjekta. Nikol'ski je tvrdio da kvantna mehanika u formi, u kojoj je formulirao Heisenberg, od početka ima principijelni nedostatak, što si kao svoj cilj postavlja ne opis objekta samog po sebi, nego se zanima izučavanjem međudjelovanja objekta sa makroskopskim promatračem. To je i razlog da Nikol'skij istakne:

"Za materijalistički opis bilo koje pojave je karakteristično, što je ona - pojava - objektivirana u prostoru i vremenu savršeno nezavisno od bilo kakvog opažanja te pojave... Svaka materijalistička fizička teorija mora zadovoljavati taj uslov."[9]

U skladu sa dominantnim gledanjima u sovjetskoj filozofiji fizike, Delokarov zaključuje da spornost takvog shvatanja materijalizma ne treba široka objašnjenja.

U Jugoslaviji se u tridesetim godinama u okviru poznatog sukoba na ljevici također diskutiralo o filozofskim aspektima kvantne mehanike i to uglavnom o problemu kauzalnosti[10]. Na jednoj strani su bili Podhorski i Richtmann a na drugoj Prica. Diskusija se vodila uglavnom tako što su se navodili stavovi drugih autora iz dostupne literature. Iako se tu ne mogu pronaći neki originalni pristupi ipak diskusija ima istorijsku važnost jer je pokazala da naši marksistički krugovi nisu na periferiji evropske kulture, nego da, iako skromno, učestvuju u

intelektualnim sučeljavanjima, koja su karakteristična za to dramatično vrijeme. Međutim, epilog čitave diskusije više je odraz potrebe za monolitnošću Partije pred ratnu buru nego znak da je Frica bio autentičniji tumač marksističke filozofije.

Glavni događaji u ovom periodu počinju nakon drugog svjetskog rata. Saveznici u ratu postaju protivnici u miru. Počinje ideološko nadmetanje na međunarodnom planu i pojačana homogenizacija aksiološke matrice unutar granica. U SSSR-u to je značilo, prije svega, borbu za "proletersku kulturu", koja treba da zamijeni istorijski poraženu "buržoasku kulturu".

1947. godine u prvom broju novog časopisa "Voprosy filosofii" (ustanovljen između ostalog kao mogući forum na kojem će se raspravljati o filozofskim problemima prirodnih nauka) objavljene su stenografske bilješke rasprava o Aleksandrovljevoj knjizi "Povijest zapadne filozofije". Ždanov je u svojoj diskusiji[11], nakon žestoke kritike stanja u sovjetskoj filozofiji dao instrukcije o tome kako treba da izgleda i "marksistička" povijest filozofije. Nije propustio da istakne da je ne može pisati pojedinac nego da takva kapitalna djela moraju biti rezultat kolektivnog rada. Za našu temu je bitno da en passant spominje i stanje u "buržoaskoj" nauci, eksplicirajući kosmologiju i kvantnu mehaniku:

"Savremena buržoaska nauka snabdeva popovštinu, fideizam novom argumentacijom, koju treba nemilosrdno razgolićavati. Uzmimo na primer učenje engleskog astronoma Edingtona o fizičkim konstantama sve, koje vodi pravo pitagorejskoj mistici brojeva... Ne shvatajući dijalektički tok saznanja, odnos između apsolutne i relativne istine, mnogi sledbenici Ajnštajnovi, prenoseći rezultate ispitivanja zakona kretanja konačne, ograničene oblasti vasione na svu beskonačnu vasionu, dolaze do zaključka o konačnosti sveta, o njegovoj ograničenosti u vremenu i prostoru, a astronom Miln je čak "izračunao" da je svet stvoren pre 2 milijarde godina...

Isto tako kantijanske akrobacije savremenih buržoaskih atomskih fizičara dovode ove do zaključaka o "slobodi volje" kod elektrona, do pokušaja da se materija prikaže samo kao izvestan zbir talasa i do ostalih trikova."[11]

Kao prvorazredan zadatak sovjetskih fizičara i filozofa Ždanov označava urgentnost njenog čišćenja od elemenata idelizma.

Međutim, već u drugom broju istog časopisa se pojavljuje tekst "O prirodi fizikalnog znanja"[12], koji je napisao Markov i u kojem je uz neophodnu terminološku dekoraciju izloženo gledište kopenhagenske škole. Markov je na početku citirirao prvu Marksovu tezu o Feurbachu i jedan diskutabilan Engelsov stav, koji je u verziji iz 1981. godine izbačen[13].

Markovljev tekst je dolio ulje na vatru i njega se sručila kritika, koja ga je stavila na optuženičku klupu zajedno sa onima koji su doista koristili kvantnu mehaniku i za religiozna i za antimaterilistička razglabanja, kao što je to bilo u napisima Eddingtona, Jeansa i Jordana.

Najglasniji je bio Maksimov, koji započinje napad na Markova u književnom časopisu[14], sasvim neubičajenom mjestu za takvu vrstu polemike. Maksimov je bio, i prije rata poznat kao autor koji nastoji da nove fizikalne teorije interpretira sa

mehanističkog stanovišta, pokazujući pri tome i ozbiljne propuste, koji spadaju u elementarno nepoznavanje fizike. (Po tome je karakterističan njegov sukob sa Fokom oko tumačenja specijalne teorije relativnosti). Međutim, podrška koju je imao od izvannaučnih faktora je bila dovoljna jaka i Markov, teorijski fizičar zavidne erudicije i poznavanja kvantne mehanike, doživljava poraz od protivnika koji mu u naučnom smislu nije nikako dorastao. Uostalom to i nije bila naučna diskusija, to je bila vježba iz praktične politike. Zajedno sa njim konsekvence je povukao i odgovorni urednik Kedrov. Časopis će kasnije dugo vremena voditi Mitin sa kojim je Maksimov radio u ranijem filozofskom forumu "Pod znamenjem marksizma".

Sovjetski fizičari i filozofi su se podijelili u dva tabora. Jedni su igrali ulogu čuvara sistema i branili su ga na taj način što su pronalazili, čak i u djelima onih fizičara, kojima nije bilo ni na kraj pameti da se bave filozofijom a još manje da propagiraju idealizam, mjesta koja nisu u skladu sa ideološkim stavovima. Takav je bio slučaj sa udžbenikom kvantne mehanike Landau i Lifšica, koji je Terleckij optužio za skriveno reklamiranje principa komplementarnosti[15].

Terleckij napada "teoriju komplementarnosti" i njene javne i skrivene zastupnike (Fok i Landau). Izlaže njenu negativnu ulogu u odnosu na razvoj kvantne teorije. Vjerovatnosno tumačenje je idealističko (kvantna teorija je teorija pojedinih kvantnih sistema), dok je teorija ansambala saglasna sa materijalizmom (tu spominje Blohinceva i Nikol'skog kao glavne protagoniste, ne spominje Einsteina, vjerovatno zato jer je u to vrijeme i teorija relativnosti bila meta napada). Zanimljivo je da ni Blohincev kasnije nije ubrajao Einsteina u svoje prethodnike, nego je pored Nikol'skog i Mandel'stama naveo i von Neumanna, koji je u bitnim stvarima bio suprotan Einsteinu.

Princip komplementarnosti je prikazivan kao najveće zlo kvantne mehanike, što demonstrira ocjena koju je izrekao Omeljanovskij, uz Maksimova jedan od onih koji su provodili partijsku liniju u diskusiji:

> "Poznato je da se savremena reakcionarna, idealistička filozofija služi principom komplementarnosti kao novom argumentacijom "nauke" u svojoj borbi protiv marksizma - lenjinizma. Princip komplementarnosti dovodi do idealističkih tvrdnji, kao što je "sloboda volje" kod elektrona, do zloglasne alternative: ili opis u prostoru bez kauzalnosti, ili kauzalnost izvan prostora i vremena, itd. Na tom principu uzdignuta je čitava "filozofija komplementarnosti" sa zaključcima "biološkog" i "socijalnog" poretka, koja pokušava da idejno zasnuje odvratne zločine imperijalizma protiv mira, socijalizma i demokratije."[16]

Omeljanovskij je i definirao filozofsku osnovu na kojoj bi trebalo tražiti "dijalektičko - materijalističku" interpretaciju fizike mikro - svijeta[16]:

(a) mikropojave postoje objektivno;

(b) makroskopski i mikroskopski objekti se međusobno razlikuju;

(c) između mikropojava i makropojava ne postoji metafizički zid;

(d) sva svojstva mikroobjekta se ovako ili onako manifestiraju u oblasti makropojava;

(e) nema nikakvih granica spoznaji mikropojava.

Teze (a), (d) i (e) su razumne i mogu se prihvatiti kao filozofska osnova za materijalističko tumačenje kvantne mehanike. Međutim, teze (b) i (c) predstavljaju nešto što treba biti dokazano, a ne postulirano kao ontološki aksiom. Ustvari, odnos između mikroobjekata i makroobjekata još i danas pobuđuje teorijsku pažnju i u njemu se i reflektira sva složenost problema tumačenja kvantne mehanike. Koliko mikroobjekata treba uzeti da bi smo ih mogli tretirati kao makroobjekat? Kako iz mikroskopske vremenske neusmjerenosti dobiti usmjerenost makroskopske strijele vremena? Kako se mikroskopska neodređenost pretvara u makroskopsku određenost? Danas je posebno aktuelno pitanje: Kako se mikroskopska nelokalnost transformira u makroskopsku lokalnost?

Sva ova pitanja, koja čine pojedine aspekte problema mjerenja u kvantnoj mehanici ukazuju teze (b) i (c) ne mogu biti uzete kao nešto a priori osnova za materijalističku interpretaciju fizike mikrosvijeta. Koliko su ti problemi podcjenjeni pokazuje i način tretiranja problema kvantno - mehaničkog mjerenja u sovjetskoj filozofiji fizike.

Omeljanovskij, Gutner i drugi autori nisu došli ni do von Neumannovog pionirskog tretmana mjerenja, u kojem se kvantna mehanika primjenjuje i na makroskopski mjerni uređaj (makroobjekte). Naravno, može se reći da je ta procedura nepravilna, ali tada se mora odrediti granica primjenljivosti kvantne mehanike, tj. granica koja razdvaja mikroskopske od makroskopskih objekata, kvantnu od klasične fizike. Ako se kvantna mehanika prihvati kao fundamentalna teorija mikroskopskih fenomena, i ako se smatra da su oni osnova našeg makrosvijeta, onda taj problem ima prvorazredno značenje.

Ovaj primjer pokazuje da je glavna slabost "dijalektičkog filozofiranja" nepoznavanje naučnih aspekata problema, tj. nedovoljno konsultiranje naučne literature. To dovodi do toga da se neke stvari previde i proglase jednostavnim, kao u ovom slučaju problem odnosa mikro i makronivoa stvarnosti, ili da se rješenje problema traži u dijalektičkoj "sintezi" (mikroobjekti i makroobjekti se razlikuju, ali među njima nema metafizičkog zida!).

U SSSR-u se glavna diskusija vodila u vezi sa smislom valne funkcije i pitanjem njenog referenta. Fok, koji je u tim teškim vremenima najuporniје branio tumačenje kopehageske škole (naravno, uz određenu kritičku distancu koju je nametao ideološki ambijent, a koja se sastojala pretežno u naglašavanju realnosti mikroobjekta i njegovih stanja), zastupao je mišljenje po kojem se valna funkcija odnosi na pojedinačni mikroobjekt. Time bi se vjerovatnosni sadržaj kvantne mehanike odnosio na statistiku jednog mikroobjekta. Kvantno mehaničko stanje, opisano valnom funkcijom, označava skup mogućih ponašanja mikroobjekta u određenim uslovima. Sa popuštanjem ideološkog pritiska ovo mišljenje je evoluiralo prema formulaciji koja je identična sa

formulacijama Bohra i Heisenberga: Kvantno mehaničko stanje opisuje skup potencijalnih mogućnosti mikroobjekta u odnosu na različita međudjelovanja sa mjernim uređajem.

Blohincev je smatrao da se paradoksi kvantne mehanike poput redukcije valne funkcije u aktu mjerenja kada se od svih mogućnosti relizira samo jedna mogu zaobići ako se smatra da se valna funkcija odnosi na ansambl čestica. Tada je, naime, moguće proces mjerenja razmatrati kao prelaz od jednog ka drugom ansamblu, tj. kao svojevrsni proces "filtracije" u kojem se od početnog ansambla odabiraju sistemi sa određenim svojstvima.

Već je rečeno da je začetnik ovog tumačenja kvantne mehanike bio Einstein, koji je njime želio potencirati nedovršenost kvantne mehanike. Ako ta teorija nije u stanju da jednoznačno predvidi ponašanje pojedinačnog mikrosistema onda je ona nepotpuna. On nije bio sklon da prihvati objektivnu statističnost svijeta u smislu da ishod pojedinačnog mjerenja zavisi od toga na kojem broju će se zaustaviti kuglica na božanskom ruletu.

U operacionom smislu spor između Foka i Blohinceva nije bitan. Ansambl je teorijski koncept koji pretpostavlja beskonačan skup nezav isnih i makroskopski istovjetnih situacija u kojima izučavamo ponašanje mikrosistema. On se može praktično realizirati tako što se jedan eksperiment ponovi na isti način dovoljan broj puta tako da se mogu provjeriti statistički zaključci sadržani u valnoj funkciji koja opisuje izučavano kvantno stanje. Međutim i u Fokovom stanovištu se potencijalne mogućnosti mikroobjekta u određenom kvantnom stanju mogu istražiti samo ako eksperiment ponovimo dovoljan broj puta čime mikroobjektu dajemo mogućnosti da realizira sve "objektivno" prisutne mogućnosti.

Razlika se javlja na mnogo suptilnijem filozofskom nivou. Da li postoji ili ne objektivna vjerovatnoća tj. da li je moguće vjerovatnosnom ponašanju pripisati neki uzrok, koji je za sada nepoznat, ili je stohastičnost kvantnih procesa ontološke prirode? Predstavnici kopenhagenske škole su smatrali, i to je jedna od nekoliko stvari u kojima su bili jedinstveni, da je vjerovatnosni karakter fundamentalan i nesvodiv na uzročni mehanizam koji djeluje na nekom dubljem' nivou. To vjerovanje je dobilo konkretan matematički oblik u čuvenom von Neumannovom dokazu[17] o nemogućnosti kompletiranja kvantne mehanike nekom teorijom skrivenih varijabli. Fok je bez sumnje bio pristalica kompletnosti kvantne mehanike, dok je Blohincev dozvoljavao mogućnost uvođenja skrivenih varijabli u teoriju.

Može se reći da je takva polarizicija, iako je isforsirana ideološkim poticajima koje je nametala atmosfera, koja je imala malo zajedničkog sa naučnim diskusijama, predstavljala značajno kritičko testiranje sadržaja kopehangenske interpretacije i mogućnosti prevazilaženje nekih problema. Kao odjek te atmosfere 1952.godine pojavljuje se u Americi Bohmova teorija skrivenih varijabli, kao direktan izazov kopehagenskom tumačenju. Nije nevažno napomenuti da je Bohm bio žrtva Mc Carthyjeve hajke na "vještice komunizma", što nije moglo ostati bez zauzimanja stava prema ideološkim aspektima nauke.

Bohm se razlikovao od sovjetskih kritičara kopehagenskog tumačenja u najmanje dvije stvari:

- Izvrsno je poznavao radove Bohra i Heiseberga i prije zaokreta je u svom udžbeniku kvantne mehanike[18] izložio jednu od najjasnijih verzija te filozofije.

- Znao je da kritika ima smisla samo ako je moguće ponuditi alternativu, koja jasno govori da ortodoksno videnje kvantne mehanike nije jedino moguće.

Insprisan razgovorima sa Einsteinom, i radom neidentificiranog sovjetskog fizičara[19], Bohm je uobličio teoriju, koja je mogla reproducirati sve rezultate kvantne mehanike uz zadržavanje trajektorije mikroobjekta. Cijena koju je trebalo platiti bila je visoka: uveden je u igru kvantni potencijal koji se brine da se mikroobjekt kreće po trajektori (što je u ortodoksnoj intepretaciji nemoguće) i da ishod tog kretanja bude u skladu sa onim što se opaža u eksperimentima. Osobine kvantnog potencijala su zbog toga krajnje neobične jer zavisi od cjeline eksperimentalne situacije. Preko njega dvije čestice mogu usklađivati svoje kvatno ponašanje iako se nalaze proizvoljno daleko. Nelokalnost kvantne mehanike, koja je zbunjivala Einsteina i koja je do danas ostala njen kontroverzni aspekt, pomalja svoje paradoksalno lice.

Bohmu se uskoro pridružuje Vigier, francuski fizičar marksističke orijentacije, što u tim vremenima nije bilo bez značaja. Njih dvojica su, pretpostavljući postojanje stohastičkog supkvantnog medijuma sa kojim mikrosistem permanetno međudjeluje, uspijeli pokazati da te interakcije dovode do kvantnomehaničke raspodjele[20]. U sličnom pravcu su išli i radovi Fenyesa[21], koji je također dao konkretan matematički oblik svojoj dijalektičko - materijalističkoj kritici ortodoksnog tumačenja.

Time se stvorila jedna čudna situacija. U SSSR-u gdje je kritička atmosfera prema kopenhagenskoj interpretaciji bila najsnažnija ostalo se uglavnom u ravni ideologije i filozofije. Jedan od rijetkih primjera konkretnog pokušaja objašnjenja kvantnog ponašanja mikrosistema je rad Sokolova[22] u kojem se ono prikazuje kao rezultat interakcije sa kvantnim fluktuacijama vakuuma. Svi ostali bitni doprinosi, djelo su fizičara iz drugih zemalja.

Ovaj problem pokazuje da filozofija može biti koristan vodič u naučnom istraživanju samo onda ako se može artikulirati normalnim naučnim jezikom koji dozvoljava matematiziranje ideja i njihovu eksperimentalnu verifikaciju. Bez toga filozofske rasprave mogu prerasti u skolastička nadmudrivanja tipa "koliko anđela može plesati na vrhu igle?".

Sredinom pedesetih godina situacija u marksističkoj literaturi u vezi problema tumačenja kvantne mehanike je sljedeća:

Fok i Rosenfeld[23] nastoje pomiriti Bohrovu filozofiju sa dijalektičkim materijalizmom.

Terleckij i Blohincev osporavaju kopehagenski stav da se kvantna mehanika odnosi na ponašanje pojedinačnih mikroobjekata i zastupaju tumačenje preko pojma kvantnog ansambla, koje otvara mogućnostkompletiranja kvantne mehanike.

Bohm, Vigier, Fenyes i Sokolov pokušavaju objasniti statistički karakter ponašanja pojedinačnih mikroobjekata postuliranjem njegove interakcije se dubljim nivoom realnosti.

Niz kritičara ostaje samo na nivou političkog pamfleta u kojem se više citira Lenjin nego što se teži da se doista ostvari intelektualni uvid u suštinu problema. Izuzetak predstavlja Bungeova[24] kritika Rosenfelda i Bohra, koja ima sve elemente filozofske rasprave.

Ono što je bitno je da se još uvijek može govoriti o jedinstvenoj borbi protiv raznih konkretnih idealističkih rješenja (poput onih Eddingtona, Jeansa i Jordana) ili mogućih idealističkih tumačenja pojedinih stavova kopenhagenske škole. Stranice sovjetskih časopisa su otvorene za radove fizičara materijalističke orijentacije iz drugih zemalja, a i sovjetski fizičari i filozofi imaju priliku da njihovi stavovi produ kroz "gvozdenu zavjesu" i da savladaju značajnu jezičku barijeru. U tom smislu su važni francuski časopisi "La penseé", "La nouvelle critique" i "Recherches internationales à la lumière du marxisme". To je bitan moment za one koji su željeni da se iz prve ruke upoznaju sa razmišljanjima sovjetskih fizičara.

Naime, kritika kopehagenskog tumačenja se odvija u klimaksu fenomena "kulta ličnosti" i u nizu napisa[25] taj sukob je prikazan kao jedan od dokaza da dijalektički materijalizma pokazuje fundamentalno nepoznavanje nauke, ratujući protiv svih modernih naučnih teorija: specijalne i opće teorije relativnosti, kvantne mehanike, genetike i kibernetike. Takvi napisi, čija optika nije bez idologijskih aberacija, sigurno ne mogu objektivno prikazati ni filozofiju marksizma ni mnogobrojne aspekte sukoba koji se javio. Oni ni ne pokušavaju objasniti zašto sukob te žestine nije izbio prije drugog svjetskog rata nego se javlja baš u doba pojačane ideološke propagande na Zapadu.

Taj period je još uvijek tabu tema i za sovjetske istoričare filozofskih problema fizike i za one autore iz drugih zemalja u kojima se res pektuje sovjetskih stav o pojedinom problemu. Na primjer, Alekseev[26] tvrdi da je rad Markova o prirodi fizikalnog znanja jedan od najboljih na tu temu i odbacuje kritike koje su mu upućivan e, ne nalazi za shodno da objasni njihovu pozadinu, tj. da su bile dirigirane iz partijskog vrha. Röseberg[27] u prikazivanju istorije dijalektičko - materijalističkog tumačenja kvantne mehanike ni ne spominje taj rad Markova ni čitavu situaciju od 1947. do 1957. godine.

Na taj način ta bitna epizoda iz istorije marksizma, koja se tiče njegovog odnosa prema posebnim naukama ostaje parcijalno prezentirana, čak i onda ako se ne uzme u obzir najbrojnija grupa autora čija aksiološka aparatura ima niz ideoloških predrasuda.

Naime, i kod nekih dobronamjernih i objektivnih autora moguće je uočiti, pored nekompetenosti u kvantnoj mehanici i nasumičnog izbora literature, i loše poznavanje fakrografije. Za ilustraciju se može navesti, da je Tagliagambeov[28] prikaz te situacije u zborniku "Materijalističko tumačenje kvantne mehanike" (u kojem su predstavljeni za italijanske čitaoce radovi sovjetskih fizičara i filozofa o kvantnoj mehanici) istorijski netačan, iako je Tagliagambe bio u kontaktu sa nizom sovjetskih autora, među kojima je najvažniji Omeljanovskij.

Tu je potpuno previđena važnost ždanovljevog govora i preskočen je slučaj Markova. Po Tagliagambeu ideološka ofanziva počinje tek u januaru 1953. (člankom jednog drugog ždanova!). Propuste će popraviti tek 1976. godine kada će za sedmi tom Geymontovog gigantskog poduhvata "Povijest filozofske i naučne misli", ponovo prikazati spomenute diskusije[29]. To je nesumnjivo rezultat lektire Grahamove knjige "Nauka i filozofija u SSSR-u"[29], koja se pojavila 1972. godine.

Na prvi pogled može izgledati da Tagliagambe nije ni mogao konsultirati to djelo. Zbog toga treba napomenuti da je Graham boravio u SSSR-u (što znači da su ljudi koji bave tim problemima bili upoznati sa njegovim istraživanjem) i da je dio njegovog rada, koji se odnosi na kvantnu mehaniku bio objavljen još 1966. godine[30]. Uz taj rad su objavljeni komentari Feyerabenda i Foka, i gotovo je nevjerovatno da to nije pobudilo pažnju u SSSR - u, tim prije što je sve objavljeno u časopisu "Slavic Review". Veoma je čudno da niko nije skrenuo pažnju Tagliagambeu na tu referencu, ako već informacije o tim godinama nije mogao dobiti od direktnih učesnika, kakav je bio Omeljanovskij.

Graham je situaciju korektno prikazao izbjegavajući, po priznanju Foka[31], one autore koji su svojim radovima pokazivali loše aspekte diskusija vođenih sa jedinim ciljem da se protivnik prikaže kao protivnik ili nepoznavalac marksističke filozofije i čije je jedino znanje bilo pronalaženje formulacija koje su u neskladu sa mislima "klasika marksizma". Može se slobodno reći da je to do danas najbolja knjiga o tom problemu.

Po Grahamovom mišljenju glavni učesnici u debati su bili Fok, Blohincev i Omeljanovskij i zbog toga su jedino njihovi stavovi detaljnjije prikazani. Time je zanemarena uloga zastupnika skrivenih varijabli, koji su čitavoj diskusiji davali internacionalni karakter i koji pomažu da se čitav problem poveže sa sadašnjom situacijom.

Kod Grahama se može primjetiti neverziranost u tehničkom poznavanju kvantne mehanike što uveliko svodi tekst na prepričavanje tuđih radova, bez dubljeg ulaženja u suštinu problema. Pored toga pogrešna je njegova ocjena da taj period nije ostavio posljedice na kasniji razvoj. Posljedice su značajnije nego u genetici jer je "zaokret ka Bohru", o kojem će biti govora u sljedećem dijelu, i napuštanje kritičkog stava prema kopenhagenskoj školi, zamijenjen kritičkim stavom prema programu "skrivenih varijabli". Međutim, sve ono značajno što se desilo u posljednje tri decenije je povezano upravo sa tim problemima.

* * *

NAPOMENE

1) Peres kao "klasične" paradokse kvantne teorije navodi "sudbinu" Schrödingerove mačke, egzistenciju fizikalnih veličina, paradigmu Einsteina, Podolskog i Rosena, i kvantnomehanički Zenonov paradoks. Vidi A.Peres, The Classic Paradoxes of Quantum Theory, Foundations of Physics 14 (11) (1984) 1131 - 1145. Naravno, njihov broj se bez problema može povećati.

2)J.A.Wheeler, Law without Law, u J.A.Wheeler & W.H.Zurek, Quantum Theory and Measurement, Princeton University Press, Princeton, New Yersey, 1983, 210. Stimulativna funkcija "filozofskih" pitanja u razvoju fizike kosmosa veoma uvjerljivo je prikazana u Howkingovoj biografiji Kosmosa. I on, slično Wheeleru, tvrdi: "Naš krajnji cilj je potpuno razumevanje pojava koje nas okružuju, kao i našeg vlastitog postojanja." Vidi S.Hoking, Kratka povest vremena, Otokar Keršovani, Opatija, 1988, s. 205.

3) Z.Marić, Da li je kvantna mehanika završen sistem?, u zborniku predavanja "75 godina kvantne fizike. 50 godina kvantne mehanike", Kolarčev narodni univerzitet, Beograd, 1977. U ovom radu Marić uvjerljivo pokazuje krajnje konsekvence izdvajanja akta mjerenja u proces, koji ima specijalnu ulogu u prirodi. S jedne strane, se negira svojstvo autonomne egzistencije objekta, a s druge strane teorija saznanja ne može izbjeći prisustvo psihologizma. Naravno, važna je i konstatacija da Bellova teorema daje mogućnost osvjetljavanja nelokalnog karaktera teorije i da se time stvaraju mogućnosti za "prelaz sa diskusija obojenih ideološkom indoktrinacijom na teren eksperimentalne verifikacije".

4) E.Bitsakis, Microfisica: Determinismo o neo - misticismo?, Paradigmi, Anno IV, n. 10 (1986) 37 - 47; F.Selleri, La causalita' impossibile. L'interpretazione realistica della fisica dei quanti, Jaca Book, Milano, 1988. Posebno dio "Fisici nel'irrazionalismo". J.Sliško, Idealism in Quantum Physics and Its Public Image,u L.Kostro et al., eds., Problems in Quantum Physics. Recent and Future Experiments and Interpretations, World Scientific, Singapore, 1988;

Čudno je da nema sovjetskih tekstova o zloupotrebama kvantne mehanike i kosmologije u sadašnjem trenutku, kada je taj fenomen toliko prisutan da nužno zahtijeva reakciju naučne zajednice. Sada bi bili korisni tekstovi koji su ranije pisani o Edingtonu, Jeansu, Jordanu i drugima. Naravno, vokabular bi morao biti moderniji i ne bi se moglo baratati samo autoritetom citata Marxa, Engelsa i Lenjina nego i argumentima.

U literaturi kojom raspolažem "najsvježiji" kritički rad o problemu stalnog falsificiranja kvantne mehanike od strane religioznih krugova objavljen je 1960! Vjerovatno pisan po inerciji iz onoga perioda kada je glavna zadaća bila borba protiv fizičkog idealizma. Vidi M.V.Zelnov, Neotomistskaja fal'sifikacija kvantovoj mehaniki, Filosofskie nauki 3 (1960) 150 - 160

5) P.Forman, Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918 - 1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicans to a Hostile Intelectual Environment, Hystorical Studies in the Physical Sciences 3 (1971) 1 - 115, University of Pensylvania Press

6) L.Rosenfeld, Niels Bohr's contribution to epistemology, Physics Today 16 (October 1963) 47 - 54.; G. Holton, The roots of complementarity, Deadalus 99 (1970) 1015 - 1055, preštampano u G. Holton, Thematic Origins of Scientific Thought, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1973.

7) A.Eddington, The Nature of the Physical World, Ann Arbor Paperbacks, University of Michigan Press, Michigan, 1978.

8) K.M.Delokarov, Metodologičeskie problemi kvantovoj mehaniki v sovetskoj filosofskoj nauke. Istoričeskij analiz, Nauka, Moskva, 1982. Vidi i I.S.Alekseev, Koncepcija dopolnitel'nosti. Istoriko - metodologičeskij analiz, Nauka, Moskva, 1978, glava V.

9) K.M.Delokarov, Metodologičeskie problemi kvantovoj mehaniki v sovetskoj filosofskoj nauke. Istoričeskij analiz, Nauka, Moskva, 1982, s. 323.

10) I.Babić, Odnos filozofije i znanosti u radovima jugoslavenskih marksista 1931 - 1941, Putovi revolucije, godina III, broj 5 (1965) 9 - 115

11) A.A.Ždanov, Riječ u diskusiji o knjizi G.F.Aleksandrova "Istorija zapadnoevropske filozofije" (24 juna 1947), Kultura, Beograd, 1947.

12) M.A. Markov, O prirode fizičeskoog znanija, Voprosi filosofii 2 (1947) 140 - 176

13) M.A. Markov, O prirode fizikčeskogo znanija, u zborniku "Leninskoe filosofskoe nasledie i sovremennaja fizika", Nauka, 1981. savremeno prirodoznanstvo", Moskva, 1981. Radilo se o Engelsovom mišljenju da je fizika koju poznajemo "geocentrična" tj. da vrijedi samo za uslove na zemlji i da je zbog ima relativnu valjanost. Engels je na istom mjestu istakao da bi zahtijev za "necentričnom" naukom bio prepreka rastu naučnog znanja. To mišljenje nije u potpunosti saglasno sa njegovim stavom o materijalnom jedinstvu svijeta, koji prije svega znači jedinstvenost fundamentalnih zakona za cjelokupnu materijalnu stvarnost. Veličina Newtonog otkrića zakona gravitacije nije u njegovoj matematičkoj formulaciji nego u vjerovanju da se radi o univerzalnom zakonu, koji vrijedi i pri padanju jabuke na Zemlju i pri kruženju Mjeseca oko Zemlje. Time je ukinuta aristotelovska podjela na "zemaljsku" i "nebesku" fiziku. Danas spektakularnije nego ikada ranije postaje očigledna "necentričnost" fizikalnih zakona, jer znanje koje o elemenentarnih česticama i njihovim interakcijama dobijamo u laboratorijama, postaje ključno za razumijevanje nastanka i evolucije Kosmosa.

14) A.A.Maksimov, Ob jednoi filosofikom kentavre, Literaturnaja gazeta 29 (1948) 3

15) J.P.Terleckij, Problemy razvitija kvantovoj teorii, Voprosy filosofii 5 (1951) 51 - 61

16) M.E.Omeljanovskij, Protiv idealizma i idealističkih šatanija u sovremenoj fiziki, Voprosi filosofii 4 (1951) 151 - 166.

17) J. von Neumann, Matematische Grundlagen der Quantenmechanik, Springer, Berlin, 1932.; Mathematical Foundations of Quantum Mechanics, Princeton University Press, Princeton, 1955.

18) D.Bohm, Quantum Theory, Prentice - Hall, New York, 1951; D.Bom, Kvantovaja teorija, Nauka, Moskva, 1961.

19) M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics - The Interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspecitive, Wiley - Interscience, New York, 1974, 279. Radi se vjerovatno o nekom "samizdat" prevodu rada Blohinceva ili Terleckija.

20) D.Bohm, J.P.Vigier, Model od the Causal Interpretation of Quantum Theory in Terms of a Fluid with Irregular Fluctuations, Physical Review 96 (1954) 208 - 216; D.Bohm, J.P.Vigier, Relativistic Hydrodynamics of Rotating Fluid Masses, Physical Review 109 (1958) 1881 - 1889.

21) I.Fenyes, Eine warhscheinlichkeitstheoretische Begrüdung und Interpretation der Quantenmechanik, Zeitschrift für Physik 132 (1966) 81 - 106.

22) A.A.Sokolov and V. S. Tumanov, JETP 30 (1956) 802 - 803.

23)L.Rosenfeld, Strife about complementarity, Science Progress vol. 41, No. 163 (1953) 393 - 410.

24) M.Bunge, Strife about Complementarity, British Journal for the Philosophy of Science 6 (1955) 1, 141; M.Bunge, Über philosophische Fragen der modernen Physik, Deutsche Zeitschrift für Philosophie 4 (4) (1956) 467 - 496 (francuski prevod M.Bunge, Complementarite et materialisme dialectique, u zborniku Physique. Quelques problemes philosophiques, Recherches internationales a la lumier du marxisme 4 (1957) 71 - 106).

25) P.Epstein, Dialektischer Materialismus und die modernen Physikalischen Theorien, Physikalische Blätter 9 (2) (1953) 49 - 55; G.Wetter, Ideology and Science in the Soviet Union: Recent Development, Daedalus 89 (1960) 581 - 603; L.Kolakowski, Main currents of marxism: Its rise, growth and dissolution, Oxford University Press, Oxford, 1978. vol III; L.Kolakovski, Glavni tokovi marksizma, tom III, dio "Marksizam-lenjinizam u fizici i kosmologiji" BIGZ, Beograd, 1985.,149-155.

26) I.S.Alekseev, Koncepcija dopolnitel'nosti. Istoriko - metodologičeskij analiz, Nauka, Moskva, 1978.

27) U.Röseberg, Quantenmechanik und Philosophie (Standpunkte des dialektischen Materialismus), Vieweg, Braunschweig, 1978.

28) S.Tagliagambe, Il concetto di realta fisica e il princio di complementarita, u zborniku M.E.Omeljanovskij et al., L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica, Feltrinelli, Milano, 1972. S.Tagliagambe, L'interpretazione della meccanica quantistica in URSS all luce del materialismo dialettico, u L. Geymonat, Storia del pensiero filosofico e scientifico, Volume sesto: Il Novecento, Garzanti, Milano, 1972.; S.Tagliagambe, I rapporti tra scienza e filosofia in URSS, u L. Geymonat, Storia del pensiero filosofico e scientifico, Volume settimo: Il Novecento (2), Garzanti, Milano, 1976.

29) L.R.Graham, Science and Philosophy in the Soviet Union, Knopf, New York, 1972.

30) L.R.Graham, Quantum Mechanics and Dialectical Materialism, Slavic Review XXV (1966) 381 - 410.

31) V.A.Fock, komentar na Grahamov tekst "Kvantna mehanika i dijalektički materijalizam, Slavic Review XXV (1966) 411 - 413.

4.2. diskusije o kvantnoj mehanici: 1957 — 1988

4.2.1. FOKOVO TUMAČENJE I POVRATAK BOHRU

Početkom 1957. godine Fok boravi u Kopenhagenu, gdje sa Bohrom raspravlja o problemima tumačenja kvantne mehanike. Posebno su razmotreni oni aspekti kopenhagenskog tumačenja koju su bili predmet kritike u SSSR-u. Kroz razgovore je došlo do usaglašavanja mišljenja. Fok je priznao da su Bohrovi stavovi bliži materijalizmu nego što se moglo zaključiti iz njegovih tekstova. Negativan stav prema kauzalitetu shvaćen je kao izraz nekompatiblinosti principa komplementarnosti i laplaceovoskog determinizma. Svođenjem suštine neslaganja na problem nepodobne terminologije trasiran je put prema pomirenju.

Fok svojim radom "O tumačenju kvantne mehanike"[1] zaključuje raniju fazu kritike Bohra i otvara novu stranicu u istoriji marksističke interpretacije fizike mikrosvijeta, barem kada se tiče situacije u SSSR-u. Naravno, važnost te situacije uvijek prevazilazi okvire te zemlje i značajno utiče i na ono što se dešava u ostalim zemljama. Na prvoj saveznoj konferenciji o filozofskim problemima prirodnih nauka, koja je održana 1958. godine, Fok je bio jedini koji je imao referat o kvantnoj mehanici[2]. Mnogi su to protumačili kao definitivan izbor "zvanične" interpretacije.

Glavne karakteristike Fokove pozicije su krajnje negativan stav prema programu "skrivenih varijabli" i terminološko približavanje kopehagenskoj školi. U filozofskom smislu, po Fokovom mišljenju, "determinističke" teorije predstavljaju pokušaj svođena novog na staro, tj. pokušaj determinističke redukcije vjerovatnosnih kvantnih zakona u ime odbrane materijalizma, čime mu čine lošu uslugu. Što se tiče tehničkih primjedbi one se uglavnom podudaraju sa Heisenbergovom[3] ocjenom teorija "skrivenih varijabli" u radu koji je napisan povodom 70-tog rođendana Nielsa Bohra 1955. godine. Pored toga Fok ove teorije proglašava vještačkim i prigovara im da se bave prevođenjem starih rezultata standardne kvantne mehanike na novi jezik, ne pokušavajući da riješe neki novi problem.

Dok je u slučaju Bohra Fok nalazio interes da iza nepodesne terminologije otkrije pravi sadržaj Bohrovih gledišta u slučaju "skrivenih varijabli" ne primjenjuje takvu metodologiju. Držeći se termina "determinizam", koji je u ovoj školi korišten kao reakcija na često isticanje fundamentalnog "indetermizma" kvantnih procesa u raznim varijantama idealističkih reinterpretacija stavova kopenagenske škole, Fok previđa činjenicu da ovi autori ne nastoje dobiti determinističku sliku procesa u mikrosvijetu u smislu klasične mehanike, nego nastoje objaniti statističko ponašanje mikroobjekata kao posljedicu djelovanja dubljeg nivoa stvarnosti na njih. I oni priznaju postojanje statističnosti i nužnosti, ali na različitim nivoima. Oni su prije svoje gledište označavali kao kauzalno nego kao determinističko. O tome rječito govore radovi Bohma[4] i Vigiera[5], kao i "teorija nivoa" u Bohmovoj knjizi "Uzročnost i slučajnost u savremenoj fizici"[6].

U izlaganju svoje vizije epistemoloških značenja kvantne mehanike Fok ističe da su za formuliranje kvalitativno novih svojstava mikroobjekta potrebni novi metodi opisivanja, i da je prije svega neophodno uvesti u njihovu deskripciju novi elememement relativnosti - "relativnost u odnosu na sredstva promatranja". Tu "relativnost u odnosu na sredstva promatranja" Fok shvaća u bohrovskom smislu, tj. da se svojstva mikroobjekata uvijek ispoljavaju kroz njihovo međudjelovanje sa sredstvima promatranja (priborima).

Govoreći o međudjelovanju mikroobjekta i pribora Fok razlikuje dvije strane odnosa:

- međudjelovanje kao fizički proces (pri čemu se riječ "međudjelovanje" upotrebljava doslovno), i

- međudjelovanje kao veza(spoj) između dijela sistema, koji se opisuje kvantno - mehanički (mikrobjekt) i dijela, koji se opisuje na klasičan način (ovdje se riječ "međudjelovanje" upotrebljava uslovno).

Fokazanima, uglavnom, ovaj drugi aspekt odnosa i, po njegovom mišljenju, se sam pojam kvantno - mehaničkog opisa mora zasnivati na analizi međudjelovanja u tom širem smislu. Vidi se, dakle, da najbitniji problem Fok ostavlja nedovoljno definiran jer će koristiti termin "međudjelovanje" na način koji nije podložan analizi pomoću fizikalnih pojmova. Time se osobenosti kvantno - mehaničkog ponašanja samo više zamagljuju, a ne dobija se ništa ne njegovom razjašnjavanju.

U traženju karakteristika međudjelovanja atomskog objekta i klasičnog pribora Fok ističe sljedeće:

I vanjski uslovi, u kojima se nalazi objekt, i rezultati njegovog međudjelovanja sa priborom moraju se opisati na jeziku klasične fizike. Iz tih klasičnih podataka se i mora zaključivati o kvantnim karakteristikama atomskog objekta.

I kada se atomski objekt nalazi u fiksiranim vanjskim uslovima, rezultat njegovog međudjelovanja sa priborom, u općem slučaju, nije jednoznačan i ne može biti predskazan na osnovu prethodnih mjerenja, bez obzira na njihovu tačnost. Moguće je odrediti samo vjerovatnoće pojedinih rezultata.

Činjenicu da, u općem slučaju, nikakvo povećavanje preciznosti prethodnih mjerenja ne dovodi do jednoznačnog predskazivanja rezultata mjerenja, Fok tumači kao manifestaciju nekog zakona prirode, koji se odnosi na svojstva mikro - objekta, posebno na njegov valno - čestični dualizam. Time je, po Fokovom mišljenju, nužno odricanje od klasičnog determinizma i traženje novih formi za iskazivanje principa uzročnosti.

Fok je izvršio maksimalno moguće približavanje filozofskim gledištima kopenhagenske škole, uz naglašavanje realnosti mikroobjekta. Taj akcenat je nužan kao odbrana od mogućih prigovora da se mikroobjekat "rastvara" u mjernom uređaju i da

nema smisla govoriti o njegovom samostalnoj egzistenciji. Međutim, takva razmišljanja su bila već odavno prisutna u Bornovoj "teoriji invarijanata"[7]. Naime, Born je prvi nastojao da nađe osnovu za mogućnost govora o mikroobjktu "po sebi" koristeći kao polazište pojam "invarijanti" iz teorije relativnosti. U kvantnoj fizici o elektronu možemo govoriti kao samostalnom objektu zbog toga što je niz njegovih karakteristika "invarijantan" u odnosu na različite eksperimentalne situacije. To su, na primjer, masa mirovanje, naboj, spin... Takvo rješenje koristi i Fok. Ova Bornova gledišta su u tim godinama približavanja kopehagenskoj filozofiji označena kao napredak u odnosu na različite pozitivističke i idealističke reinterpretacije stavova Bohra i Heisenberga[8].

"Pomirenje" sa Bohrom zahtijevalo je revalorizaciju njegovog djela i novu ocjenu radova ostalih predstavnika kopenhagenske škole. Bilo je nužno opravdati krajnje kritički stav i neprimjeren vokabular. Jedina mogućnost je bila da se sve prikaže kao terminološki nesporazum i posljedica mijenjanja Bohra, Heisenberga i Borna. Objašnjenje je jednostavno. Bili smo u pravu, a sada su se oni promijenili i odustali od loše terminologije, pa i mi mijenjamo svoj odnos prema njima. Najviše će se insistirati na Bohrovom odustajanju od termina "međudjelovanje nepodložno kontroli"[9]. Zaista je neuvjerljivo da se tako bitan zaokret mogao desiti samo nakon neznatno promijenjene terminologije.

Međutim, postoje i autori, kao što je Alekseev[10], koji pokazuju da se bitna promjena ipak odigrala kod sovjetskih autora i da je Bohr i nakon prelomnog rada "Kvantna fizika i filozofija", koji se pojavio 1958. godine, u memorijalnom predavanju posvećenom Rutherfordu opet upotrijebio taj termin. Pored toga Tamm[11] i Ginzburg[12] navode da je Bohr, kada su ga o tome pitali u Moskvi, odgovorio da nije bitno mijenjao svoje stavove od tridesetih godina. Međutim, obadvojica napominju da je po pitanju biologije došlo do promjene u njegovim gledištima.

Istina je vjerovatno negdje u sredini. Bohr je nakon diskusija sa Einsteinom odustao od Heisenbergove ideje po kojoj mjerni uređaj stohastički mijenja stanje mikroobjekta u procesu mjerenja. Naime, kako je pokazano u EPR - situaciji moguće je dobiti znanje o dinamičkom stanju mikroobjekta bez direktnog mjerenja, pomoću tzv. distantnih mjerenja.

O toj promjeni Bohr govori već 1949. godine u svom radu koji je posvećen epistemološkim raspravama sa Einsteinom u vezi atomske fizike13) i svoju filozofiju artikulira manje očiglednom terminologijom, govoreći o "cjelovitosti" kvatnog fenomena, čime se instrument i mikroobjekt povezuju u cjelinu koju nije moguće pojmovno analizirati. Naime, svako detaljnije znanje o kvatnom fenomenu zahtijeva izmjenu aparature koja utiče na fenomen na takav način da ga bitno mijenja. Djelovanje mjernog uređaja na mikroobjekt je osnova te promjene samo što se sada eksplicitno ne spominje.

Fok je taj aspekt problema izrazio tako što je insistirao da je u kvantnoj mehanici bitno "međujelovanje u širem smislu", tj.

ne međudjelovanje kao fizički proces. Dakle, odustajanje od termina "međudjelovanje nepodložno kontroli" dovodi do prihvatanja "međudjelovanja u širem smislu", tj. međudjelovanja koje se ne može opisati na fizikalni način, a samim time se ne može ni pojmovno analizirati.

Koliko god je moguće shvatiti kampanju protiv kopenhagenskog tumačenja kvantne mehanike (ali ne i opravdati metode te borbe i nepoštivanje osnovnih principa intelektualnog dijaloga), tako je teško shvatiti preokret i prevlast Fokovog tumačenja, tim prije što ono ostaje opterećeno istim problemima kao i ranija osporavana filozofija Bohra i Heisenberga. Izgleda da su i ovaj put ekstranaučni faktori igrali bitnu ulogu.

Graham smatra da je ključni preokret napravio Omeljanovskij, koji je prešao na Fokovu stranu. Time se pretjerano ističe uloga jednog čovjeka, mada je uticaj koji je imao Omeljanovskih, bio veoma značajan. Da li je ta promjena uzrok ili posljedica moći će se znati tek kada se pojavi i dodatni istorijski materijal. Nije moguće isključiti i neku vrstu kolektivnog kajanja zbog načina na koji su tretirani predstavnici kopehagenske škole, a posebno Bohr i Heisenberg. To je posebno došlo do izražaja prilikom Bohrove posjete Moskvi 1961. godine, kada je učinjeno sve da se prevaziđu sjećanja na raniju situaciju.

4.2.2. NEKE VARIJACIJE FOKOVOG TUMAČENJA

Nakon preokreta koji se desio Fokovo gledište je dominantno ali nije jedino koje se susreće u sovjetskoj literaturi.

Još se uvijek spominje mogućnost tumačenja preko "kvantnih ansambala", koje u bilo "zvanično" u pedesetim godinama. Međutim, to je češće u istorijskom kontekstu nego u vidu novih doprinosa tom pravcu. Pored toga, u nekoliko značajnih kolektivnih publikacija ono nije bilo zastupljeno. Na drugoj konferenciji posvećenoj filozofskim problemima prirodoznanstva održanoj 1970. godine, čiji materijali su objavljeni u zborniku "Fizička nauka i filozofija"[14], i u knjizi "Materijalističko tumačenje kvantne mehanike"[15], gdje je za italijanske čitaoce predstavljeno sovjetsko gledište na filozofske probleme fizike mikrosvijeta, Blohincev je zastupljenradom o fizici elementarnih čestica!

Odatle ne treba zaključiti da je Blohincev izgubio interes za probleme interpetacije kvantne mehanike, o čemu najbolje govori njegova knjižica "Kvantna mehanike"[16] u kojoj je izloženo tumačenje kvantne mehanike sa stanovišta kvantnih ansambala. U njoj se nude i neke nove ideje o vezi klasične i kvantne fizike, koje nisu bile prisutne u ranijoj knjizi "Principijelni problemi kvantne mehanike"[17] iz 1965. godine. To rječito govori da su Blohincevu fundamentalna pitanja kvantne mehanike ostala zanimljiva do kraja života.

Alternativna gledišta se predstavaju kao dalje razrade "relativnosti u odnosu na sredstva promatranja", mada se u nekim detaljima radi i o različitim filozofskim viđenjima.

Pahomov[19] vrši pomak u pravcu zaobilaženja "mjernog uređaja". Po njemu se mora govoriti o "relativnosti u odnosu na tip međudjelovanja". Međutim, njegov pristup ostaje nedorečen i može se smatrati prije kao metodološka kritika Foka nego kao razvijena koncepcija. Naime, Pahomov ne vrši analizu mjernih uređaja i procesa mjerenja u smislu da dokaže da se bitne stvari u aktu mjerenja dešavaju na nivou fizikalnih međudjelovanja. Tako nešto je pokušao mađarski filozof Müler[19], uvodeći četiri tipa međudjelovanja, koja se ne poklapaju sa četiri fundamentalne interakcije iz fizike elementarnih čestica, ali je i on ostao samo na kvalitativnom nivou.

Lomsadze i njegova saradnici[20] zagovaraju "relativnost u odnosu na informaciono stanje" promatrača, pokušavajući da daju dijalektičko - materijalističku reinterpretaciju von Neumanna. Po njihovom mišljenju kvantna mehanika predstavlja specijalan slučaj teorije inforamacija, tj. kvantna mehanika se odnosi na znanje promatrača o kvantnim procesima, a ne na kvantne procese "po sebi".

Oni smatraju da se valna funkcija pojedinačnog elektrona ne može tretirati prosto kao "zapis objektivnih karakteristika pojedinačnóg elektrona" jer bi se svaki proces mijenjanja tih objektivnih karakteristika, a naročito procesa "redukcije" morao podčinjavati dinamičkim zakonima kvantne teorije. Znači, valna funkcija se mora zapravo tretirati kao zapis naših znanja, naših informacija o tim objektivnim karakterističkama .

Takav pristup tumačenju valne funkcije bitno mijenja predmet kvantne teorije. Po njihovom mišljenju kvantna teorija je, po svojoj suštini, specijalan slučaj kretanja informacija - zapravo, teorija kretanja informacija o mikroobjektima ili, kako je još moguće reći, nauka o mijenjaju znanja o mikroobjektima.

Ovakvo opredjeljenje kvantne teorije, po mišljenju Lomsadzea i njegovih saradnika, ne protivurječi duhu dijalektičkog materijalizma jer se radi o zapisu objektivnih (istinitih, a ne lažnih) znanja o elektronu, koji postoji objektivno i nezavisno od nas. Oni tvrde da bi bilo besmisleno osporavati istinu da cilj nauke može biti ne samo izučavanje realnosti, koja postoji objektivno izvan nas, nego i izučavanje te realnosti posredstvom izučavanja znanja o njoj.

Sličan pokušaj rehabilitacije von Neumannovog gledanja na tumačenje kvantne mehanike zastupa i Böhm[21] iz DDR-a. Po njegovom mišljenju je nužno uvođenje subjekta u problem interpretacije jer se u njemu radi o dijalektici subjekt - objekt relacije.

Zanimljivo je napomenuti da je Langevin, čija su gledišta u sovjetskom časopisu "Pod znamenjem marksizma" predstavljana kao dosljedno materijalistička, objavio rad Londona i Bauera[22], u kojem je konsekventno razrađeno stanovište da je redukcija valne funkcije povezana sa aktom spoznaje. U svom predgovoru Langevin je iskazao nekoliko ideja, koje su u osnovi barem dva "marksistička" tumačenje kvantne mehanike. Radi se o "dualnosti između subjekta i objekta" ili "vezi valne funkcije i informacije koju posjeduje opserver".

Dok Pahomov i Lomsadze rješenje problema vide u pravcima koji nisu u suglasnosti sa Fokom (a ni sa Bohrom, jer Pahomov naginje ka realizmu einsteinovskog tipa, a Lomsadze ka važnosti znanja promatrača), Cehmistro[23] i Mostepanenko[24] dovode fokovsku liniju do krajnjih konsekvenci.

Cehmistro nastoji da relativizira i pojmove mase mirovanja i naboja, uvodeći neke hipotetičke veličine koje ostaju neodređene u slučaju kada se vrši precizno mjerenje mase i naboja. Jedino spin ostaje nešto što je inherentno mikroobjektu. Razlog je taj što, Cehmistro polazeći od relacija neodređenosti za položaj i impuls, te za energiju i vrijeme, u kojima je proizvod neodređenosti veći od Plankove konstante, smatra da hipotetičke veličine moraju imati takve dimenzije koje kad se pomnože dimenzijama mase ili naboja daju dimenzije Plankove konstante. Pošto je dimenzija spina jednaka dimenziji Plankove konstante onda Cehmistro spinu ne pridružuje nikakvu "komplementarnu veličinu".

Mostepanenko smatra da treba relativizirati i sam pojam postojanja empirijskih objekata (sa njihovim svojstvima i relacijama prema drugim objektima). Naime, u slučaju intezivnih vanjskih polja čestice mogu nastajati iz vakuuma čime njihov broj nije stalan (ali je zadovoljen zakon očuvanja naboja, na primjer!). Međutim, procesi stvaranje i poništavanja čestica ne ovise o promatraču i njegovoj aparaturi, nego o energetskom nivou na kojem se odigravaju određene interakcije. Niz procesa koje mogu izazvati kosmičke zrake još uvijek nije moguće izučavati u laboratoriji, baš zbog energetske impotencije savremene tehnike ubrzavanja.

Fizika elementarnih čestica naglašava primarnost fundamentalnih procesa i u izvjesnom smislu u njoj je veći problem natjerati elementarne čestice da međujeluju sa mjernim uređajem nego što mjerni uređaj utiče na tok kvantnog procesa. Time se dolazi u situaciju da shvatanje da kvantna teorija opisuje međudjelovanja kvatnih objekata sa mjernim uređajima ne odgovara trendu u fizici elementarnih čestica. Na niz zanimljivih procesa, kakav je recimo raspad protona, na današnjem stupnju akceleratoske tehnike ne možemo uticati, što znači da možemo, eventualno, promatrati samo posljedice tog procesa u detektorima.

4.2.3. EPISTEMOLOŠKI ASPEKTI FOKOVOG TUMAČENJA

Iako ne predstavlja bitan korak naprijed u fizikalnom razumijevanju problema tumačenja kvantne mehanike Fokova koncepcija je potakla aktivnost na razradi epistemoloških konsekvenci kvantne mehanike, što je svakako bio i najvažniji doprinos kopenhagenskog tumačenja. Neosporno je da je u kopenhagenskom tumačenju ukazano na više važnih pitanja, koja se odnose na znanstveni jezik, funkcioniranje i evoluciju našeg konceptualnog aparata i redefinicije samog predmeta istraživanja u procesu spoznaje. Međutim, predstavnici kopenhageske škole su smatrali da tu treba stati i da su svi problemi kvantne mehanike samo epistemološke prirode. Već je spomenuto da je pokušaj

Markova da afirmira taj način razmišljanja bio neuspješan zbog nepovoljnog ideološkog okruženja. Nakon preuzimanja Fokovog tumačenja kao ispravnog gledanja na suštinske probleme kvantne mehanike takav program je bilo lakše ostvariti.

Najpoznati prestavnik te struje u sovjetskoj filozofiji fizike je Dišlevij[25], ali je značajne radove napisao i Hjut[26].

Uvođenje mjernog uređaja između klasičnih polova spoznajne relacije - subjekta i objekta, pokazuje da klasična teorija odraza nije kompatibilna sa kvantnom mehanikom. "Proces odražavanja objekta u subjektu" je ljudsko djelo, ne samo u smislu izgradnje mjernog uređaja nego i u tumačenju njegovih rezultata. Za formulaciju teorije potrebna je matematička kreativnost jednaka umjetničkoj i do nje od eksperimentalnih činjenica ne vodi nikakav jednoznačan put. Nekoliko formulacija kvantne mehanike (Heiseberg, Schrödinger, Feynman) jasno pokazuju da se do teorije može doći polazeći sa različitih pozicija. Dovoljno je uporediti "trajektorni" pristup Feynmana i Heisenbergovo polazište, po kojem pojam trajektorije nema smisla u mikrosvijetu i po kojem teoriju treba izgraditi samo na osnovu veličina koje se direktno opažaju (frekvencije i intenziteti spektralnih linija).

U takvoj situaciji teško je govoriti o teoriji kao "odrazu" stvarnosti i bolje je shvatiti kao rezultat složene međuigre iskustva i intuicije, eksperimentalnih rezultata i matematičke mašte. Time je u sovjetskoj filozofiji fizike napravljen bitan pomak od analiziranja bioloških pretpostavki "odražavanja stvarnosti" (fiziologije i psihologije procesa spoznaje) ka aktivnosti subjekta, od planiranja i izgradnje mjernih uređaja do interpretacije rezulatata i matematičkog oblikovanje teorije. Klasično suprostavljanje subjekta i objekta, karakteristično za vulgarnu teoriju odraza, prevladano je posredstvom mjernog uređaja, nužne karike u lancu odnosa čovjek - mikrosvijet, i priznavanjem aktivne uloge subjekta spoznaje u svim njenim aspektima.

Iako nije bio pod direktnim uticajem Fokovog tumačenja, Supek[27], koji je svoje viđenje kvantne mehanike formirao u Heisenbergovoj intelektualnoj okolini, izvlači slične zaključke o epistemološkim i ontološkim aspektima fizike mikrosvijeta.

U svojim refleksijama o kvantnoj mehanici Supek nije ulazio u tehničke detalje (osim veoma parcijalne diskusije EPR - situacije i problema mjerenja), nego je više insistirao na generalnim ocjenama o jedinstvu subjekta i objekta u istraživačkomo činu. To jedinstvo je, po njegovom mišljenju, uzrok statističkom karakteru predviđanja u kvantnoj mehanici. Vjerovatnost nije ni objektivna (kao što su smatrali Fok, Popper, a u nekoj mjeri i Heisenberg u svojim kasnijim radovima) ni subjektivna, kao neka mjera očekivanja subjekta, nego je posljedica istraživačevog zahvata u prirodu, dakle karakteristika eksperimentalnog pristupa fizikalnom procesu u cilju njegovog upoznavanja. Na taj način Heisenbergova "teorija smetanja" dobija još jednu reformulaciju, ovaj put na relaciji subjekt - objekt.

4.2.4. ONTOLOGIJA KVANTNE MEHANIKE I PROBLEM NELOKALNOSTI

Ontološka struja u marksističkoj filozofije nije jedinstvena. Već su spomenuti Pahomov i Müller, koji zastupaju stidljiviju varijantu, insistirajući na tome da se bitne stvari dešavaju posredstvom definiranih međudjelovanja, a ne na nivou cjelokupnog mjernog uređaja, kao što je to u interpretacijama Bohra i Foka. Taj program nije doveden do kraja, tj. do koncepta mikroobjekta koji dozvoljava fizikalno objašnjenje paradoksalnosti kvantnog univerzuma. Na kritičnim mjestima se ipak koristi Fokova vizija mikrorealnosti.

Naime, i Fok je izvršio ontologiziranje kvantne mehanike, ali ne u pravcu razrješenja problema modela mikroobjekta, nego u smislu insistiranja na ontološkom statusu kvantne statističnosti. Ono što je realno su "tendencije", a mikroobjekt je samo njihov nosilac. S obzirom da po Foku i Heisenbergu teorija opisuje tendencije objekata u odnosu na njihovu interakciju sa mjernim uređajima, , a ne objekte same, kvantni sistemi su objekti drugog reda. Pahomov svojom koncepcijom "relativnosti u odnosu na tip međudjelovanja" nije uspio da se dovoljno distancira od "ontologije tendencija".

Drugu grupu čine istraživači, kao Marshall[28] i de la Peña[29], koji artikuliraju ideje o stohastičkoj optici i stohastičkoj elektrodinamici. Marshall smatra da pretpostavka o nultom stohastičkom elektromagnetnom polju dozvoljava lokalnu teoriju svjetlosnih pojava. Radikalna novost je sumnja u postojanje fotona. Po Marshallovom mišljenju čestična optika nužno vodi do problema nelokalne interakcije između fotona.

Stohastička elektrodinamika kvantno ponašanje elektrona pokušava da razumije kao posljedicu interakcije elektrona i stohastičkog elektromagnetnog polja. Stohastička elektrodinamika u mnogim rezulatima reproducira dostignuća kvantne elektrodinamike. To znači da je taj poduhvat može konceptualno razjasniti odnos kvantne elektrodinamike i kvantne mehanike, kao i odgovarajuće postupke kvantiziranja. Iako je dobijeno dosta ohrabrujućih rezultata, ova teorija se još uvijek bori i sa konceputalnim i sa matematičkim teškoćama.

U ovom kontekstu je zanimljivo da je Sokolov bio pionir te ideje i da je u svom udžbeniku kvantne mehanike[30] upravo nju koristio kao protiv prijedlog kopenhagenskom tumačenju. Međutim, u najnovijem izdanju[31], vjerovatno pod uticajem Fokove negativne ocjene pokušaja ontološkog rješavanja konceptualnih problema fizike mikrosvijeta, izbacuje spomenuta razmatranja i ne spominje uspjehe tog programa u inostranstvu.

Glavni predstavnici ontološke struje i dalje su ostali Bohm i Vigier. Okupljajući oko sebe mlađe saradnike (Hiley, Dewdnew, Cufaro - Petroni) oni su uspjeli da svojim programima produže aktuaelnost do današnjih dana[32]. To i nije čudo jer je upravo pojava njihovih teorija bila ono dostignuće kritike kopenhagenske škole koje joj je, bez obzira na artificijelnost, u konceptualnom smislu bilo alternativa. Ustvari u posljednih trideset godine, istraživači koji se bave fundamentalnim problemima kvantne

mehanike su najveću pažnju posvetili pitanjima vezanim za kompatibilnost kvantne mehanike i teorija skrivenih varijabli.

S obzirom da je Heisenberg Bohmovu teoriju označio kao "ideološku superstrukturu" znači da joj nije mogao pronaći neke tehničke zamjerke. To je bio znak da se mora razmotriti valjanost von Neumannovog dokaza o nemogućnosti uvođenja skrivenih varijabli u kvantnu mehaniku. Taj zadatak je izvršio Bell[33] i pokazao da se von Neumannov dokaz odnosi na jednu fizikalno neinteresantu klasu teorija skrivenih varijabli. Već je rečeno da je Bell napravio korak dalje i ustanovio je mogućnost razlikovanja između predviđanja kvantne mehanike i teorija koje koriste lokalne skrivene varijable. Taj rezultat je izražen u njegovim čuvenim nejednakostima, koje za mjerenja korelacija na udaljenim kvantnim sistemima daju predviđanja suprotna kvantnomehaničkim.

Dosadašnja eksperimentalna testiranja[34] daju prednost kvantnoj mehanici u odnosu na lokalne skrivene varijable. Time se dovodi u ozbiljnu sumnju intuitivno vjerovanje da mjerenje na jednom dijelu kvantnog sistema ne može imati trenutnu posljedicu na stanje proizvoljno udaljenog drugog dijela sistema.

Bohm i Vigier su spremni da priznaju da je kvantna mehanika nelokalna i pokušavaju da to usklade sa specijalnom teorijom relativnosti. Bohm preferira hipotezu po kojoj je Lorentz invarijantnost statistički efekat[35], a Vigier[36] i Cufaro - Petroni[37] prave zaokret ka superdeterminizmu.

Po njihovom mišljenju to je jedini način da se nelokalnost kvantne mehanike usaglasi sa kauzalnošću u smislu specijalne teorije relativnosti. U kompletno determiniranom svijetu nema kauzalnih anomalija, čak i kada se koriste nelokalni potencijali ili "action at a distance", jer se ne mogu ostvariti supraluminarni signali.

Pošto "signal" pretpostavlja postojanje slobodnog izbora eksperimentatora da poremeti prirodan red stvari, u svijetu koji je superdeterminiran nije moguća nikakva modifikacija, koja nije već ranije predeterminirana. Čestice u ljudskom mozgu su u fizikalnom svijetu i ponašaju se kao druge čestice. Zbog toga ne postoje nikakvi "signali".

Ideja kauzalnosti je svijest o determinizmu kombinirana sa iluzijom o izazivanju događaja, do koje dolazi zbog nedostatka kompletnog uvida u funkcioniranje svijeta. Time se za rješenje konceptualnih problema kvantne fizike varira Spinozino gledište da ljudi griješe smatrajući sebe slobodnim. Ta ideja počiva na činjenici da su ljudi sv jesni svojih akcija, a nesvjesni uzroka koji ih determiniraju.

Da je superdeterminizam jedan od logički mogućih izlaza iz konceptualnog labirinta kvantne mehanike smatra i Bell[38], mada on lično izražava uvjerenje da bi budući razvoj mogao voditi do revizije konceptulanih osnova teorije relativnosti.

Ako se zna da je kvantna mehanika često isticana kao "fizikalni argument" u korist čovjekove slobode, onda

superdeterminizam nije filozofski poželjan izbor u usaglašavanju kvantne mehanike i relativističke kauzalnosti. Zbog toga se problemu kompatibilnosti kvantne mehanike i specijalne teorije prilazi na sve moguće načine: od njegovog negiranja[39] do priznavanja konceptualne "napetosti" tj. imkompatibilnosti[40].

Gledište koje uklanja problem poricanjem kvantne nelokalnosti zastupa Selleri[41]. On je najuporniji borac za lokalnu realnost u smislu Einsteina jer smatra da materijalizam nužno podrazumijeva pretpostavku o separabilnoj fizikalnoj realnosti. Jasno je zbog toga Selleri veoma kritičan prema tumačenjima koja Aspectove eksperimente shvaćaju kao definitivne dokaze nelokalnih korelacija.

On je pokazao[42] da su originalne Bellove nejednakosti su izvedene samo iz pretpostavke o lokalnom realizmu i one su mnogo slabije od tzv. jakih nejednakosti, koje su izvedene uz pomoć dodatnih i proizvoljnih (ma koliko se činile plauzibilne!) pretpostavki. Rezultati izvedenih eksperimenata sa atomskim fotonskim parovima narušavaju "jake nejednakosti", ali su kompatibilne sa originalnim Bellovim nejednakostima. Odatle Selleri zaključuje da ne postoji dokaz da je lokalni realizam u sukobu sa prirodom.

Dodatne pretpostavke se uvode da bi se mogle eksperimentalno ispitati Bellove nejednakosti koje su izvedene za idealnu situaciju, tj. za idealne polarizatore i detektore. One se odnose na prirodu procesa transmisije i detekcije i eksplicitno glase:

"Neka je dat par fotona koji se pojavljuju iz dijela prostora gdje mogu biti lociran dva polarizatora. Tada je vjerovatnoća njihovog zajedničkog detektiranja pomoću dva fotomultiplikatora nezavisna od prisustva i orijentacije polarizatora." (CHSH - pretpostavka)

"Za svaki foton... vjerovatnoća detekcije sa polarizatorom na njegovom putu je manja ili jednaka vjerovatnoći detekcije kada je polarizator uklonjen." (CH - pretpostavka)

Selleri pokazuje da baš ovakve "razumne" pretpostvake dovode do konflikta lokalnog realizma sa dosadašnjim eksperimentima. Pored toga Selleri smatra da Clauser i Horne daju suviše restriktivnu definiciju lokalnog realizma, pretpostavljajući da funkcija gustoće koja se odnosi na skrivene varijable ne ovisi o parametrima koji definiraju varijable koje se mjere. Takva zavisnost je moguća bez impliciranja kraha lokalnosti.

Zbog toga Selleri tvrdi da je razumnije odustati od tih dodatnih pretpostavki dok se ne dobije uvjerljiva eksperimentalna potvrda njihove valjanosti, nego tvrditi da sadašnji eksperimenti izbacuju iz fizike princip lokalnosti. Po Sellerijevom mišljenju kvantna mehanika je dobra teorija i ako ikada dođe do njenog razilaženja sa eksperimentim to će biti samo kada bude direktno kolidirala sa lokalnim realizmom.

U zajedničkom radu se Zeilingerom[43], Selleri je generalizirao Wignerov deterministički model EPR - eksperimenta u koju su uključene varijable koje određuju da li će foton biti detektiran ili ne. Dobijeni model zadovoljava originalne Bellove

nejednakosti. Međutim, mogući su i takvi podansambli u modelu koji su u saglasnosti sa kvantno - mehaničkim predviđanjima i koji stoga narušavaju neke verzije Bellovih nejednakosti koje se sada koriste u tumačenju eksperimenata.

Skrivene varijable određuju da li će foton proći polarizator ili ne, da li će biti detektiran ili ne ako je prošao polarizator, da li će biti detektiran ili ne ako mu na putu nije bio polarizator. Dakle, skrivene varijable određuju sudbinu fotona na cijelom putu od izvora do detektora. Ovaj pristup koji je fenomenološki dovodi do čudne zavisnosti fotona o detektorima i polarizatorima. U stvari, zašto se ne bi smjelo postaviti pitanje o razlozima da jedan foton prođe polarizator a drugi ne? Kakav je mehanizam interakcije fotona i polarizatora? To su pitanja na koje kvantna mehanika ne daje odgovor. Da li je naučno smatrati da će takva situacija ostati zauvjek?

Sellerijev argument je sljedeći: eksperimentalni uslovi su takvi da je nemoguće detektirati sve fotonske parove koje emitira izvor. Da bi se tumačili postojeći eksperimenti pomoću Bellovih nejednakosti, potrebno je pretpostaviti da su detektirani fotonski parovi reprezentativan podskup svih emitiranih parova.

Tu prepostavku su prvi izrazili Clauser i Horne[44], kao hipotezu o nepojačavanju (no - enhancement hypothesis). Oni su pretpostavili da u lokalnoj teoriji skrivenih varijabli čiji je cilj da objasni eksperimentalne rezultate ni za jedan podskup fotona emitiranih izvorom vjerovatnost detekcije sa polarizatorima na fotonskom putu nije veća od vjerovatnoće detekcije bez prisustva polarizatora.

Eksperimenti pokazuju da u prosjeku nema pojačavanja, tj. ako se uzimaju srednje vrijednosti vjerovatnoća da se registrira foton se ne povećava umetanjem polarizatora na fotonski put. Međutim, pretpostavka da možda postoji pojačanje za pojedine fotone je logički moguća ako se istovremeno pretpostavi da se za neke druge fotone vjerovatnoća detekcije smanjuje. Dakle, sve dok skrivene varijable nisu eksperimentalno dostupne ispravnost hipoteze o nepojačavanju se ne može direktno dokazati.

Clauser i Horne su pokazali da se predviđanja teorija skrivenih varijabli, koje koriste hipotezu o pojačavanju, razlikuju o kvantno - mehaničkih ako su efikasnosti polarizatora i detektora bliske jedinici. Izvedeni eksperimenti su za sa sada još daleko od tih idealnih uslova i zbog toga je logički dopustiva mogućnost zadržavanja lokalnog realizma. Selleri[45] je, zajedno sa Santosom i Marshallom, demonstrirao da je moguće Aspectov eksperiment objasniti lokalnim modelom.

Iako dva najznačajnija zastupnika materijalističkog tumačenja kvantne mehanike, Selleri i Vigier, zastupaju suprotne strane u dilemi "lokalnost ili nelokalnost", obojica se slažu da treba eksperimentalno razjasniti problem valno - čestičnog dualizma.

Početne konceptualne korake u tom pravcu napravio je Selleri još 1971. godine, razmišljući kako je moguće detektirati objekt bez impulsa i energije[46]. Problem opažanja Selleri r ješava

pretpostavkom da je, osim energije, impulsa, naboja i drugih veličina koje su pridružene česticama, moguće mjeriti i vjerovatnoće prelaza. Realni ("prazni") val bi mogao biti eksperimentalno opažen indirektno ako može uticati na promjenu vjerovatnoće prelaza sistema sa kojim međudjeluje.

Do pojačanja aktivnost u vezi sa dizajniranjem eksperimenata u kojima bi se mogli detektirati "prazni valovi" ("kvantni valovi" ili "debroglievski valovi") nakon 1980. godine. U njoj osim Sellerija učestvuju Vigier, Popper, Garuccio, Tarozzi i Croca[47]. Predložen je niz eksperimenata, od kojih su neki već u domenu aktuelne tehnologije. To znači da su sada na potezu eksperimentatori. U njihovim je rukama dokaz o postojanju ili nepostojanju kvantnih valova. Međutim, i bez eksperimentalne evidencije hipoteza kvantnih valova manifestira zanimljivu sposobnost aplikacije, ne samo za "zorno" objašnjenje paradoksalnog ponašanja mikroobjekata (na primjer u eksperimentu sa dva otvora) nego i ne neke konkretne probleme usaglašavanja standardne kvantne teorije i eksperimenta.

Selleri[48] je pokazao da postojeća neslaganja pojedinih eksperimentalnih rezultata i proračuna standardne teorije laserskog zračenja mogu biti objašnjenjana ako se pretpostavi da je mehanizam emisije koherentnih fotona u suštini određen kvantnim valovima, a ne čestičnim karakterom pobuđujućeg zračenja. Reuzultati koje za neke situacije predviđa Sellerijev model razlikuju se od predviđanja standarnog modela do 30%, tako da buduća eksperimentalna istraživanja mogu dati odgovor i na ova važna pitanja.

* * * * *

Iz ove kratke skice gledišta koja su prisutna u okviru pokušaja artikulacije materijalističkog rješenja problema tumačenja kvantne mehanike je očigledno da je i u marksističkoj filozofiji prije prisutno raznoglasje nego jedinstvenost, bilo u okviru sredina, koje se obično zamišljaju kao idejno homogene (na primjer, SSSR), bilo na širem planu. Izrazito se izdvajaju dvije struje, mada će analiza koja slijedi pokazati da postoji i niz međuvarijanti.

Prva i uticajnija (unutar filozofskih krugova!) struja je epistemološka i njeni predstavnici čitav problem promatraju kroz relaciju subjekt - objekt, pri čemu se insistira na nužnosti aktivnosti subjekta, te na makroskopskim granicama čovjekovog konceptualnog aparata. Time "princip komplementarnosti" praktično postaje ograničavajući faktor za dalju konceptualnu analizu paradoksalnih karakteristika ponašanja mikroobjekata.

Druga struja je ontološka i njeni zastupnici smatraju da je moguće razum jeti zagonetku valno - čestičnog dualizma i da "dijalektičko jedinstvo valnih i čestičnih svojstava" predstavlja epistemološku barijeru, koja je suprotna materijalističkoj teoriji spoznaje, a posebno njenoj mogućnosti stalnog progresa. Važno je napomenuti da ova struja veoma aktivno učestvuje u naučnom razrješavanju problema tumačenja kvantne mehanike.

Ovu disperziju gledišta je moguće povećati ako bi se prikazali i ostali zanimljivi problemi, kakav je, na primjer, problem mjerenja[49]. Međutim, i izloženo je dovoljno da se zaključi da je dominirajuća struja "dijalektičkih" rješenja, koja "dijalektičkim skokom" pretvaraju objektivno nerazumijevanje u "dijalektičko" razumijevanje. Koristeći terminologiju Straussa[50], može se reći da je u marksističkoj filozofiji fizike, sada potrebnija kritika "metafizičke dijalektike" nego "metafizičkog materijalizma". Upravo to će i biti predmet detaljnije analize stavova predstavnika "kvantne epistemologije".

* * *

NAPOMENE

1) V.Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 464; V.A.Fock, On the Interpretation of Quantum Mechanics, Czechoslovak Journal of Physics 7 (1957) 643 - 656.

Internacionalnu objavu pomirenja sa Bohrom Fok je prezentirao na međunarodnom skupu fizičara posvećenom stogodišnjici Planckovog rođenja. Vidi W.Fock, Über die Deutung der Quantenmechanik, u Max Planck Festschrift, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1958, 177 - 195.

2) V. A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, sbornik "Filosofskie problemi sovremennogo estestvoznanija", Moskva, 1959.

3) W.Heisenberg, The Development of the Interpreation of the Quantum Theory, u W.Pauli, ed., Niels Bohr and the Development of Physics, Pergamon Press, London, 1955. Taj tekst je nešto izmjenjenom obliku ušao u njegovu knjigu "Fizika i filozofija", baziranu na Giffordovim predavanjima, koja je Heisenberg držao u zimskom semestru 1955/56 godine. Vidi W.Heisenberg, Physics and Philosophy (The Revolution in Modern Scince), Harper & Row, New York, 1962.,

4) D.Bohm, A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. I Physical Review 85 (2) (1952) 166 - 179; D.Bohm, A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. II Physical Review 85 (2) (1952) 180 - 193.

5) I.P.Viž'e, K voprosu o teorii povedenija individual'nyh mikroob'ektov, Voprosy filosofii 6 (1956) 91 - 106 (francuski prevod J.P. Vigier, A propos de la theorie du comportment des micro-object individuels, u zborniku Physique. Quelques problemes philosophiques, Recherches internationales a la lumier du marxisme 4 (1957) 130 - 160).

6) D.Bohm, Causality and Chance in Modern Physics, Routledge & Kegan Paul, London, 1957 (naš prevod D.Bom, Uzročnost i slučajnost u savremenoj fizici, Nolit,Beograd, 1972).

7) M. Born, Physics in My Generation, Pergamon Press, London, 1956.

8) S.G.Suvorov, Problema "fizičeskoj real'nosti" v kopenhagenskoj škole, Uspehi fizičeskih nauk 62 (2) (1957) 141 - 158. O Bornovoj reakciji na gledište Suvorova vidi M.Born, The Concept of Reality in Physics, Bull. Atom. Sci. 14 (1958) 313 - 321 (preštampano i u M.Born, Physics and Politics Oliver and Boyd, Edinburgh, 1962.).

9) M.E.Omeljanovski, Dialektika v sovremennoj fizike, Nauka, Moskva, 1973.; M.E. Omeljanovski, Filosofskaja evol'ucija kopenhagesnkoj školi fizikov, Vestnik AN SSSR 9 (1962)

10) I.S.Alekseev, Koncepcija dopolnitel'nosti. Istoriko - metodologičeskij analiz, Nauka, Moskva, 1978.

11) I.E.Tamm, Sobranye naučnih trudov, Nauka, Moskva, 1975. Radi se o tekstu "Nil's Bor i sovremennaja fizika", tom II, 428 - 437.

12) V.L.Ginzburg, Pamjati Nil'sa Bora, u zborniku "Nil's Bor: Žizn' i tvorčestvo", Nauka, Moskva, 1967. Isti članak je preštampan i u V.L. Ginzburg, O fizike i astrofizike, Nauka, Moskva, 1985.

13) N.Bohr u P.Schilpp (ed.), Albert Einstein: Philosopher - Scientist, The Library of Living Philosophers, Evanston, Illinois, 1949; N.Bohr, Diskusija sa Einsteinom o epistmološkim problemima u atomskoj fizici, u knjizi "Atomska fizika i ljudsko znanje", Nolit, Beograd, 1985.

14) Fizičeskaja nauka i filosofija, Nauka, Moskva, 1973.

15) V.Fock, M.E.Omelyanovskiy e altri, Interpretazione materialistica della mecchanica quantistica (Fisica e filosofia in URSS) , Feltrinelli, Milano, 1972.

16)D.I.Blohincev, Kvantovaja mehanike. Lekcii po izabranim voprosam, Atomizdat, Moskva, 1981.

17) D.I.Blohincev, Prinicipial'nye voprosy kvantovoj mehaniki, Nauka, Moskva, 1966. Vidi potpuno suprotne recenzije Foka i Tjapkina u časopisu Voprosy filosofii 1 (1969) 163 - 167.

18) B.J.Pahomov: Kvantovaja mehanika i poznavaemost objektivnoj realnosti, u zborniku "Filosofkie voprosi kvantovoj fiziki", Moskva, 1970; B.J.Pahomov: Otnositeljnost k vidu vzaimodejstija i objektivnaja interpretacija kvantovoj mehaniki, v kn. "Filosofija i fizika", Voronež, 1972; B.J.Pahomov, O principu otnositeljnosti k vidu vzaimodejstivija, u knjizi Filosofskie voprosi sovremenoj fiziki, Moskva, 1969; B.J.Pahomov, O kriterijah vibora među različnimi interpretacijami kvantnovoj mehaniki, u knjizi Filosofija i fizika, Voronež, 1974.

19) A.Müller, Ob odnoj vozmožnoj klassifikacii fizičeskih vzaimodejstvij, u zborniku "Fizičeskaja nauka i filosofija", Nauka, Moskva, 1973, 175 - 180; A.Müller, Quantum Mechanics : A Physical World Picture, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974.

20) J.N.Lomsadze i S.G.Kaliberda, "Neke osobenosti spoznaje mikrosvijeta", u zborniku "Fizička nauka i filozofija", Nauka, Moskva, 1973.; M.J.Lomsadze, A.E.Kovaljčuk i I.J.Krivskij, O indirektnim mjerenjima u kvantnoj teoriji, u knjizi "Metodološki problemi teorije mjerenja", Naukova dumka, Kijev, 1966.; M.J. M.J.Lomsadze, A.E.Kovaljčuk i I.J.Krivskij, "O problemu razumijevanja procesa mjerenja u kvantnoj teoriji" u knjizi "Metodološki problemi teorije mjerenja", Naukova dumka, Kijev, 1966.

U svojim radovima o EPR - paradoksu Molčanov indirektno podržava ovu koncepciju, govoreći o "informacionom skoku" koji se dešava u znanju eksperimentora. Vidi J.B.Molčanov: Paradoks Einsteina - Podolskoga - Rozena i princip uzročnosti, Voprosi filosofii 3 (1983) 30 - 39; J.B.Molčanov: Paradoks Einsteina - Podolskoga - Rozena i princip uzročnosti, u J.V.Sačkov (red.), Metodi naučne spoznaje i fizika, Nauka, Moskva, 1985., 317 - 333.

Slično postupa i Grib u razmatranju von neumannovskog tumačenja kvantne mehanike. Vidi A.A.Grib, Fon - neumannovska interpretacija kvantne mehanike i problem spoznaje, u A.N.Mostepanenko (red.), Filozofija i razvoj prirodno - naučne slike svijeta, Izdanje Lenjingradskog univerziteta, Lenjingrad, 1981.

21) H.P.Böhm, On the Reduction of the State Vector: A Late Justification of J.v.Neumann, u L.Kostro et al., eds., Problems in Quantum Physics. Recent and Future Experiments and Interpretation, World Scientific, Singapore, 1988, 422 - 434; H.P.Böhm, Der Quantenmechanische Messprozess - Philosophische Dimensionen eines offenen Problems der quantenmechanischen Grundlagendiskussion, Dissertation A, Humbolt - Universität, Berlin, 1986.

22) F.London & E.Bauer, La theorie de l'observation en mecanique quantique, Herman, Paris, 1939. Engleski prevod F.London & E.Bauer, The Theory of Observation in Quantum Mechanics, u J.A.Wheeler & W.H.Zurek, Quantum Theory and Measurement, Princetone University Press, Princeton, New Jersey, 1983, 217 - 259.

23) I.Z.Cehmistro, Dialektika množestvenogo i edinogo. Kvantovi svojstva mira kak nedelimogo celogo, Moskva, 1972.; I.Z.Cehmistro, Traženje kvantne koncepcije fizičkih osnova spoznaje, Izdanje Harkovsko univerziteta, Harkov, 1981; I.Z.Cehmistro, Paradoks Einsteina - Podolskoga - Rosena i koncepcija cjelovitosti, Voprosi filosofii 4 (1985); I.Z.Cehmistro, O paradokse Einštejna - Podolskogo - Rozena, Filosofskie nauki 1 (1984) 46 - 54.

24) A.M.Mostepanenko, Problema sušestvovanija v fizike i kosmologii (Mirovozzrenčeskie i metodologičeskie aspekty), Izdatel'stvo leningradskogo universiteta, Leningrad, 1987. Poglavlje "Problema sušestvovanija mikroob'ektov i novye vidy fizičeskoj otnositel'nosti" (58 - 62).

25) P.S.Dišlevij, Dijalektika odnosa objekta i subjekta spoznaje u savremenoj fizici, Voprosi filosofii 6 (1969) 68 - 77 P.S.Dišlevij, Objekt, subjekt i uslovi spoznaje u fizici, u knjizi "Metodološki problemi teorije mjerenja", Naukova dumka, Kijev, 1966.; P.S.Dišlevij, Evolucija "principa opisivanja" u fizičkoj spoznaji, u knjizi "Filozofske osnove prirodnih nauka", Nauka, Moskva, 1976.

26) V.P.Hjut, Koncepcija komplementarnosti i interpretacija kvantne mehanike, u knjizi "Princip komplementarnosti i materijalistička dijalektika", Nauka, Moskva, 1976., s. 147 - 148.; V.P.Hjut: Koncepcija dopolniteljnosti i problema objektivnosti fizičeskogo znanija, Talin, 1977. V.P.Hjut, Absoljutnost i otnositeljnost v interpretacii kvantovoj mehaniki, Tartu, 1965; P.G.Kard, V.P.Hjutt, Rol' aktivnosti sub'ekta v ob'ektivizaciji fizičeskog znanija, Voprosi filosofii 6 (1974) 76 - 82

27) I.Supek, Princip kauzalnosti, Kultura, Beograd, 1960; I.Supek, Spoznaja, Mladost, Zagreb, 1971; I.Supek, Teorija spoznaje, Bibliotheca Enciclopaediae Modernae, Zagreb, 1974; I.Supek, Kvantna teorija - fizika i filozofija, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1976; I.Supek, Genealogy of Science and Theory of Knowledge in R. E. Butts and J. Hintikka (eds.), Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Scince, Reidel, Dordrecht, 1977; I.Supek, Filozofija znanosti i humanizam, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1979; I.Supek, Science and Humanism, u R.Hilpinen (ed.), Rationality in Science, Reidel, Dordrecht, 1980; I.Supek, Prelegomena for the Philosophy of Science in Epistemology and Philosophy of Science, Hölder - Pichler - Tempsky, Wien, 1983; I.Supek, Truth, Freedom and Moral Responsability in Science and Faith, Slovene Academy of Science and Arts, Ljubljana, 1984; I.Supek, Heisenbergov obrat u shvaćanju svijeta, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1986;

Specifirajući Supekovu ideju o jedinstvu subjekta i objekta Lelas je istražio problem spoznaje sa stanovišta proizvodnje materijalnih i simboličkih artefakata. Po njegovom mišljenju "kvantna mehanika opisuje ponašanje eskperimentalnog uređaja, tj. ljudskog artefakta" i stoga je "tehnološka, a ne ontološka teorija". Vidi S. Lelas, Skončavanje epistemologije božanskog znanja, Rasprave i građa za povijest znanosti - Knjiga 4, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1983., 123 - 144; Naturalizacija teorije znanosti, Ibid., 145 - 167; Humanizacija teorije znanosti, Ibid., 169 - 294; Historizacija teorije znanosti, Ibid., 205 - 238

28) T.Marshall, Foundations of Quantum Physics, Printed version of a set of lectures given at the Vrije Universiteit Brussel in February and March, 1988. Vidi i T.Marshall, E.Santos, Stochastic Optics: A Wave Theory of Light Fitting Recent Experiments, u L.Kostro, A.Posiewnik, J.Pukacz, M.Żukowski, eds., Problems in Quantum Physics. Recent and Future Experiments and Interpretations, World Scientific, Singapore, 1988, 294 - 315.

29) L. de la Peña, Stochastic electrodynamics: Its development, present situation and perspectives, u knjizi B.Gomez et al., eds., Stochastic Processes Applied to Physics and other Related Fields, World Scientific, Singapore, 1983.

30) A.A.Sokolov, J.M.Loskutov i I.M.Ternov, Kvantna mehanika, Naučna knjiga, Beograd, 1965.

31) A.A.Sokolov, I.M.Ternov i V.C.Žukovskij, Kvantovaja mehanika, Nauka, Moskva, 1979.

32) D.J.Bohm, C.Dewdney & B.H.Hiley, A quantum potential approach to the Wheeler deleyed - choice experiment, Nature 315 (1985) 294 - 295; D.Bohm, B.J.Hiley and P.N.Kaloyrou, An Ontological Basis for the Quantum Theory, Physics Reports 144 (6) (1987) 321 - 375; Žan-Pier Vižje, Doklad o paradokse Ejnštejna - Podoljskogo - Rozena, u knjizi Problemi fiziki; klassika i sovremennost, Mir, Moskva, 1982. (ruski prevod knjige Hans - Jurgen Treder (red.), Einstein - Centenarium 1979, Akademie - Verlag, Berlin; J. P. Vigier, Causal Non - Local Interpretation of Neutron Interferometry Experiments, EPR Correlations and

Quantum Statistics, in P. Lahti and P. Mittelstaedt, eds., Symposium on the Foundations of Modern Physics, World Scientific, Singapore, 1985.; N. Cufaro - Petroni, A Causal Fluidodynamical Model For the Relativistic Quantum Mechanics, in G. Tarozzi and A. van der Merwe, eds., Open Questions in Quantum Physics, Reidel Dordrecht, 1985.

l, On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics, Reviews of Modern Physics 38 (1966)

pect, J.Dalibard and G.Roger, Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time - varying , Physical Review Letters 49 (1982) 1804

hm, u P.C.W.Davies and J.R.Brown, eds., The Ghost in the Atom, Cambridge University Press, ge, 1986.

.P.Vigier, Causal Non - Local Interpretation of Neutron Interferometry Experiments, EPR Correlations antum Statistics, in P. Lahti and P. Mittelstaedt, eds., Symposium on the Foundations of Modern cs, World Scientific, Singapore, 1985.

37) N. Cufaro - Petroni, A Causal Fluidodynamical Model For the Relativistic Quantum Mechanics, in G. Tarozzi and A. van der Merwe, eds., Open Questions in Quantum Physics, Reidel Dordrecht, 1985.

I Akčurin govori o "superdeterminiranosti" intratomskih procesa, koju nije moguće obuhvatiti makroskopski. Po njegovom mišljenju, esencijalno statistički karakter mnogih predviđanja kvantne teorije je povezan sa činjenicom da je detaljno ponašanje atomskog entiteta određeno tako ogromnom količinom informacije da su makrouređaji još jednostavno nesposobni da je detektiraju u njenoj potpunosti. Vidi šire u I.A.Akchurin, The Theory of Elementary Particles and Information Theory, u zborniku Philosophical Problems of Elementary-Particle Physics, Progress Publishers, Moscow, 1968., 424 - 345

38) Vidi interview sa Bellom u P.C.W.Davies and J.R.Brown, eds., The Ghost in the Atom, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

39) Kvantne korelacije ne mogu biti nosioci signala i zbog toga ne mogu narušiti relativističku lokalnost, tj. do zaključka o "nelokalnosti" možemo doći samo a posteriori, uporedivanjem statističkih korelacija lokalnih mjerenja. Vidi H.R.Pagels, The Cosmic Code. Quantum Physics as the Language of Nature, Michael Joseph, London, 1983.

40) Z.Marić, Ogled o fizičkoj realnosti, Nolit, Beograd, 1986, s. 183. Šire o implikacijama "kvantne nelokalnosti" u domenu fundamentalnih pretpostavki teorije relativnosti pisao je Popper. Vidi o tome K.R.Popper, Quantum Theory and the Schism in Physics, Hutchinson, London, 1982.

41) F.Selleri, Die Debatte um die Quantentheorie, Vieweg & Sohn, Braunschweig,1983.; F.Selleri, El debate de la teoria cuantica, Alianza Editorial, Madrid, 1986.; F.Selleri, Le grand débat de la théorie quantique, Flammarion, Paris, 1986.; F.Selleri, Paradossi e realtà, Laterza, Roma, 1987. F.Selleri, La Causalita' Impossibile. L'interpretazione realistica della fisica dei quanti, Jaca Book, Milano, 1988.

42) F.Selleri, Is Bell's Inequality Violeted in Nature?, u L.Kostro, A.Posiewnik, J.Pukacz, M.Żukowski, eds., Problems in Quantum Physics. Recent and Future Experiments and Interpretations, World Scientific, Singapore, 1988, 256 - 268.

Vodu na Sellerijev mlin tjera i Notarrigo, koji je pokazao da dosadašnji eksperimenti u vezi sa Bellovim nejednakostima nisu pogodni za testiranje determinizma i lokalnosti zbog principijelne nemogućnosti faktorizacije inputskih signala u koincidentnim kolima. To je važno jer je hipoteza faktorizabilnosti nužan sastojak u dokazu nejednakosti i implicira potrebu idealnih aparatura, koje ne mogu biti praktično realizirane bez detaljnog determinističkog modela, koji se u principu, odbija u uobičajenoj interpretaciji kvantne mehanike.

Na nivou stvarnih eksperimenata Bellova teorema ne može zabraniti lokalnu klasičnu interpretaciju kvantne mehanike, kada se uzima u obzir uloga mjernog uredaja u kompletnijoj specifikaciji eksperimenta. Vidi S.Notarrigo, On the Physical Meaning of Bell's Inequality and the Related Experimental Tests, u L.Kostro, A.Posiewnik, J.Pukacz, M.Zukowski, eds., Problems in Quantum Physics. Recent and Future Experiments and Interpretations, World Scientific, Singapore, 1988, 693 - 701.

43) F.Selleri, A.Zeilinger, A deterministic local model for Einstein - Podolsky - Rosen experiments, Unicersity of Bari, 1988, preprint

44) J.F.Clauser, M.A.Horne, Physical Review D10 (1974) 526.

45) T.W.Marshall, E.Santos and F.Selleri, Local Realism Has Not Been Refuted By Atomic Cascade Experiments, Physics Letters 98A (1983) 5

46) F.Selleri, Realism and the Wave - Function of Quantum Mechanics, u B.D'Espagnat (ed.), Foundations of Quantum Mechanics, Academic Press, New York, 1971;

I Barašenkov je, doduše u drugačijem kontekstu, iskazao ideju da energija ne mora biti atribut svakog materijalnog sistema. Vidi V.S.Barašenkov: Razvoj fizike i zakoni očuvanja, Voprosi filosofii 6 (1967) 73 - 84

47) A.Garuccio i J.P.Vigier, Possible Experimental Test of the Causal Stochastic Interpretation of Quantum Mechanics: Physical Reality of de Broglie Waves, Foundation of Physics 10 (1980) 797; K.R.Popper, A.Garuccio i J.P.Vigier, An Experiment to Interpret EPR Action - at - a - Distance: the Possible Detection of Real de Broglie's Waves, Epist. Lett. 30 (1981) 21; A.Garuccio, K.R.Popper i J.P.Vigier, Possible Direct Physical Detection of the Broglie Waves, Phys. Lett. 86A (1981) 397; A.Garuccio, V.Rapisarda i J.P.Vigier, New Experimental Set-Up for the Detection of de Broglie Waves, Phys. Lett. 90A (1982) 17. F.Selleri, On the Direct Observability of Quantum Waves, Foundation of Physics 12 (1982) 1087 - 1112; F.Selleri, Can an Actual Existence Be Granted to Quantum Waves?, Ann. Fond. L. de Broglie 7 (1982) 45; G.Tarozzi, Two Proporsals for Testing Physical Properties of Quantum Waves, Lett. Nuovo Cimento 35 (1982) 53; F.Selleri, Gespensterfelder, u S.Diner et al., eds., The Wave - Particle Dualism, Reidel, Dordrecht, 1984; G.Tarozzi, From Ghost to Real Waves: a Proposed Solution to the Wave - Particle Dilemma, u S.Diner et al., eds., The Wave - Particle Dualism, Reidel, Dordrecht, 1984; A.Garuccio, Third Kind Measuerement and Wave - Particle Dualism, u G.Tarozzi & A. van der Merwe, eds., Open Question in Quantum Physics, Reidel, Dordrecht, 1985; G.Tarozzi, A Unified Experiment for Testing both the Interpretation and the Reduction Postulate of the Quantum Mechanical Wave Function, u G.Tarozzi & A. van der Merwe, eds., Open Question in Quantum Physics, Reidel, Dordrecht, 1985; J.R.Croca, An Experiment for Detection of Empty Waves, Universita di Bari, 1987, preprint; J.R.Croca, Some Proporsals of Experiments With Empty Waves or About the Nature of the Photon, Universita di Bari, 1987, preprint; J.R.Croca, Neutron Interferometry Can Prove (or Disprove) the Existence of de Broglie's Waves, Foundation of Physics 17 (10) (1987) 971 - 980; J.R.Croca, Some Experiments to Prove or Disprove the Existence of the Matter Waves of de Broglie, u L.Kostro, A.Posiewnik, J.Pukacz, M.Zukowski, eds., Problems in Quantum Physics. Recent and Future Experiments and Interpretations, World Scientific, Singapore, 1988, 24 - 42;

48) F.Selleri, Coherence Properties of Photon Amplifiers, Foundations of Physics 17 (8) (1987) 739 - 757; F.Selleri, Amplification of Light From an Undulatory Point of View, Physics Letters A120 (8) (1987) 371 - 376

49) Bohr nije razmatrao posebno problem mjerenja jer se po njegovom mišljenju kvantna mehanika mehanika odnosi na makrofenomene u mjernim uredajima (znači ona je već sama po sebi teorija mjerenja!). Taj stav je i odredio situaciju u marksističkom filozofskom prostoru, barem u pedesetim godinama. Tada nije bilo tekstova o tom problemu, ako se ne računaju Fokova generalna razmatranja, koja ne dotiču suštinu.

Kasnije dolazi do podjele mišljenja. Rosenfeld, koji je ranije tvrdio da je "kriza valno-čestičnog dualisma... razriješena u višoj ravni teorije spoznaje" (L.Rosenfeld, Strife About Complementarity, Science Progress vol. XLI (No. 163) (1953) s. 404), počinje da naglašava da "epistemološka analiza osnova kvantne mehanike može biti izvedena samo čistoj fizikalnoj bazi, bez ikakvog pozivanja na

nefizikalne intervencije bilo koje vrste" (L.Rosenfeld, Questions of Methods in the Consistency Problem of Quantum Mechanics, Nuclear Physics A108 (1968) s. 243). Time je kod Rosenfelda napravljen pomak prema fizikalizaciji problema tumačenja kvantne mehanike. Fizikalni opis mjerenja postaje ključni argument za konzistentnost Bohrovog tumačenja.

Rosenfeldov pomak je reakcija na von Neumannovo rješenje problema mjerenja pomoću ljudske svijesti i Bungeovu ideju o aksiomatizaciji kao lijeku koji liječi kvantnu mehaniku od interpretativnih teškoća. Rosenfeld je smatrao da su Daneri, Loinger i Prosperi definitivno "dokazali" konzistentnost Bohrovog (i marksističkog!) tumačenja kvantne mehanike (L.Rosenfeld, The measuring Process in Quantum Mechanics, Supplement of the Progress of Theoretical Physics (1965) 222 - 231). Ova promjena kod Rosenfelda nije naišla na rezonanciju kod sovjetskih autora. Jedino je Blohincev pokušavao da na sličan način fizikalizira proces mjerenja, razmatrajući detektor kao metastabilan sistem, koji usljed interakcije sa mikroobjektom prelazi u stabilno stanje. Ostali su ostali na nivou metodoloških rasprava. U posljednje vrijeme se zapaža interes za problem mjerenja i kod sovjetskih filozofa (Vidi A.I.Pančenko, Logiko - gnoseologičeskie problemy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1981.), ali samo u smislu informiranja o onome šta se radi u ostalim sredinama. Kao rijedak kreativan pokušaj rješavanja problema mjerenja od strane marksistički orijentiranog autora može se navesti Cinijeva teorija mjerenja (M.Cini, Quantum Theory of Measurement without Wave Packet Collapse, Nuovo Cimento 73B (1983) 27; M.Cini, Quantum Theory of Measurement without Wave Packet Collapse, u G.Tarozzi & A. van der Merwe, eds., Open Question in Quantum Physics, Reidel, Dordrecht, 1985).

Kritički prikaz konceptualnih teškoća kvantne mehanike, a posebno mjernog procesa, dali su Ghirardi, Rimini i Weber kao argumenaciju za uvođenje nevelike popravke u operator unitarni schrödingerovske evolucije, koji opisuje dinamiku čestice. Ta popravka opisuje efekat "spontane lokalizacije", koja na u slučaju velikog broja čestica (makrotijelo) dovodi do klasičnih efekata, a u slučaju malog broja čestica dozvoljava kvantno ponašanje (Vidi G.C.Ghirardi, A.Rimini, T.Weber, The puzzling entanglement of Schrödinger's wave function, Foundation of Physics 18 (1) (1988) 1 - 27.)

50) M.Strauss, Modern Physics and Its Philosophy, Reidel, Dordrecht, 1972. Da se mnogi ne slažu sa Straussovim stavom da sama dijalektika ne može voditi do rješenja, pokazuje i Fuchsov rad "Dijalektički materijalizam u kvantnoj teoriji" u kojem Fuchs opisuje kvantnu "sintezu" dijalektičkih suprotnosti (dio i cjelina, slučaj i nužnost, budućnost i prošlost, fizika i biologija), a "zaobilazi" vruće teme iz fizikalnih časopisa (EPR - paradoks, Bellove nejednakosti, problem mjerenja, Zenonov paradoks). Vidi K.Fuchs, Dialektischer Materialismus in der Quantentheorie, Annalen der Physik 42 (4-6) (1985) 409 - 416. Sovjetska literatura je puna sličnih razmatranja. Vidi M.E.Omeljanovskij, Dialektika v sovremennoj fizike, Nauka, Moskva, 1973.

5. KVANTNA TEORIJA: EPISTEMOLOGIJA ILI ONTOLOGIJ

U prethodnom dijelu je kroz panoramski pregled diskusija kvantnoj mehanici ukazano na heterogenost, koja je prisutna marksističkim i materijalističkim tumačenjima kvantne mehanike Sadržaj ovoga dijela je kritička analiza karakterističnih gledišt u vezi sa predmetom kvantne teorije, kao i gledišta koja se tič ontoloških projekcija spoznajne relacije subjekta i objekta.

Prvo je razmotreno Fokovo tumačenje kvantne mehanike jer j ono, sticajem povijesnih okolnosti, u značajnom dijelu marksističkog filozofskog prostora, etabliralo osnovne ideje kopenhagenskog tumačenja kao polazne elemente u filozofsko osmišljavanju fizike mikrosvijeta. Analiza pokazuje da se radi gledišu koje kombinira ideje Bohra, Heisenberga, Borna Margenaua, iako među ovim autorima ne postoji slaganje u svi detaljima. Posebna pažnja je posvećena problemu redukcije valn funkcije, problemu koji ima ključno značenje u interpretaciji kojoj se mikrosvijet prikazuje preko ontologije tendencija.

Od Marksove ideje aktivnog subjekta, kao moguće osnove z razumijevanje kvantne mehanike, krenuli su Markov, Dišlevyj Supek. Demonstrirana je rezonancija njihovih gledišta i kritič uspoređena sa znanstvenom praksom u fizici elementarnih čestica kosmologiji. Posebno je istaknuta mogućnost istraživanj mikroprocesa na koje spoznajni subjekt ne može fizikalno uticati Time se pokazuje da spoznajni proces ne implicira nužn disturbiranje objekta spoznaje.

Kritika epistemološke struje posebno je artikulirana napisima Pahomova i Tjapkina. Eksplicirana su njihova gledišta n problem objektivne istine, kao osnove za prevazilaženje koncepcij relativnosti u odnosu na sredstva opažanja i spoznajno "rješavanja" problema kvantne fizike. Zajednička karakteristik im je zahtijev za razdvajanje gnoseologidje od fizike. Slič ideje elaborirao je Bungea u svojim militantnim razmatranjim subjetivističkih aspekata kopenhagenskog tumačenja.

Na kraju je kritički prikazana Bohmova teorija skrivenih varijabli, kao konkretan primjer ontološkog fundiranja kvantn mehanike. Paradoksalnost nove informacione ontologije govori d problem konceptualiziranja kvantnog univerzuma još uvijek nem prihvatljivo rješenje.

5.1. Fokovo tumačenje kvantne mehanike

Svoja gledišta na interpretaciju kvantne mehanike i sa njo povezane filozofske probleme Fok je najdetaljnije izložio u radovima "O tumačenju kvantne mehanike"[1] i "Kvantna fizika filozofski problemi"[2]. S obzirom da je ovaj drugi rad uključen u Fokov udžbenik kvantne mehanike[3] može se zaključiti, da je Fo smatrao problem tumačenja riješenim. Analiza pokazuje da je t riješenje, u velikoj mjeri, svojevrsni rewarding kopenhagensko tumačenja vokabularom koji bolje odgovara ideološkom ambijentu, pri čemu Fok ne rješava ključnu teškoću Bohrove i Heisenbergov interpretacije - problem mjerenja.

Naime, tumačenje mikrosvijeta kao svijeta mogućih interakcija sa mjernim uređajem, jedinim sigurnim spoznajnim sredstvom makroskopskog subjekta, svoju konzistentnost ne može postići bez razjašnjenja fenomena aktualizacije mogućnosti. To jasno pokazuje Heisenbergov izbor "ostatka svijeta" za ekstrateorijski element koji svojom neodređenom mikroskopskom strukturom odlučujuće utiče na prelaz iz "mogućnosti" u "stvarnost".

Fok je svojom shematskom elaboracijom eksperimentalne procedure u kvantnoj fizici ostao na metodičkim problemima, ostavljajući tako svoju koncepciju dijalektike "potencijalnih mogućnosti" i "mjerene stvarnosti" bez ključne teorijske sinteze.

To nije bezazleni tehnički nedostak nego teškoća, koja, dovedena do krajnjih logičkih posljedica ukazuje da, ako se prizna mikroskopska struktura stvarnosti, svijet izvan mjernih uređaja ne bi mogao biti stvaran. To je problem koji ne bi smio biti zaobiđen ni u jednoj materijalističkoj koncepciji prirode. Kvantni svijet ima svojstvo samorealizacije i nije pušten na milost i nemilost eksperimentatoru da bi realizirao svoje "potencijalne mogućnosti" tek u završnoj fazi verificirajućeg eksperimenta. Kvantni procesi dovode do makroskopskih efekata i bez stimulacije mjernih uređaja.

5.1.1. ODNOS PREMA KOPENHAGENSKOM TUMAČENJU

Fok direktno preuzima glavni postulat kopenhagenske škole: Klaasična fizika nije primjenljiva za fiziku mikrosvijeta, ali je nužna da bi smo o tome svijetu nešto mogli reći. Ona je neadekvantna za teorijsku analizu ponašanja mikroobjekata, ali je neophodna za nedvosmislen prikaz mjernih uređaja i rezultata. To je stav oko kojeg postoji slaganje Bohra i Heisenberga, i koji je Heisenberg stavio na početak svog viđenja kopenhagenskog tumačenja. Evo Fokove formulacije:

"Fundametalne fizikalne činjenice... konstituiraju ubjedljiv dokaz za tvrdnju da klasičan način opisivanja fenomena ne može biti primjenjen na mikroobjekte. Istovremeno, on ne može biti jednostavno odbačen, pošto objektivan opis zahtijeva za osnovu... nešto približno nezavisno od načina na koji je opažanje učinjeno i to je upravo "apsolutni" način opisa korišten u klasičnoj fizici."[4]

Ista stvar je i sa idejom da je ponašanje mikroobjekata neodvojivo od interakcije sa mjernim uređajem:

"Aparat kvantne mehanike, koji pravilno odražava niz fundamentalnih svojstava atomskih objekata, nalazi svoje racionalno tumačenje samo na osnovu široko formuliranog problema opisa mikroobjekata, a posebno takvog, u kojem se njihovo ponašanje ne odvaja od njihovog međudjelovanja sa sredstvima promatranja."[5]

U odnosu na problem vjerovatnosnog opisa Fok kombinira ideje Bohra i Heisenberga. Iz činjenice da u istim uslovima dobijamo različite ishode slijedi da moramo koristiti statistički opis (Bohr). Distribucija vjerovatnoće je određena potencijalnostima koje postoje prije nego se desilo međudjelovanje (Heisenberg):

"Vjerovatnoća se mora smatrati esencijalnim elementom opisa a ne indikacijom nepotpunosti našeg znanja; to slijedi već iz činjenice da, za date spoljne uslove, rezultat međudjelovanja objekta sa mjernim

uređajem nije (u općem slučaju) predeterminiran, nego ima samo neku vjerovatnost. Serija međudjelovanja vodi do statistike koja odgovara određenoj distribuciji vjerovatnoće. Ta distribucija vjerovatnoće reflektira potencijalnost koja je postojala u datim uslovima prije nego što se desilo međudjelovanje."[6]

Fok samo generalno govori o faktorima koji utiču na potecijalnosti kvantnog objekta. Radi se, naravno, o unutrašnjim svojstvima samog kvantnog objekta, vanjskim uslovima u kojima se nalazi i tipu pribora sa kojim kvantni objekt međudjeluje. Nema ni pokušaja, da se ta relacija opiše fizikalnim jezikom, kada bi uloga svih faktora bila precizirana: Kako na vjerovatnoću raznih tipova ponašanja utiče pribor , a kako mikroobjekt? Kakva je uloga njihove interakcije u tome? Vidjećemo kasnije, da Fok, upravo u odustajanju od fizikalnog pristupa relacija mikroobjekta i mjernog uređaja, govoreći o njihovom međudjelovanjuu "širem smislu", vidi mogućnost ispravnog tumačenja kvantne mehanike. Time Fok, kao i Bohr, jednostavno sadašnje nepoimanje situacije proglašava za princip spoznaje, čime se filozofski blokira traženje nekog drugog rješenja.

Međutim, nema razloga da a priori odbacimo mogućnost postavljanja pitanja kojima se pokušava razumijeti paradoksalnost kvantnog ponašanja mikroobjekata, posebno sada kada je moguće, zahvaljujući napretku tehnologije, vršiti eksperimente sa pojedinačnim kvantnim sistemima. Zbog čega bi bilo zabranjeno shvatiti ponašanje fotona u Aspectovom eksperimentu ili u eksperimentalnoj provjeri Wheelerovog "deleyed choice paradoksa"?

I kod Foka se susreće dualni karakter mjernih uređaja i sredstava promatranje, koji moraju biti opisani klasično, ali uz uvažavanje relacija neodređenosti:

"Sredstva opažanja moraju biti opisana na osnovu klasičnih apstrakcija, ali sa uzimanjem u obzir Heisenbergovih i Bohrovih relacija neodređenosti."[7]

"Mjerni uređaj i fizikalni uslovi moraju biti opisani klasično, fiksiranjem vrijednosti parametara koji ih opisuju. Naravno, ti parametri mogu biti fiksirani samo preciznošću koja je konzistentna sa Heisenbergovim nejednakostima; na drugi način bismo narušili granice aktuelnih mogućnosti izgradnje mjernih instrumenata."[8]

Fok slijedi duh kopenhagenske škole i u stavu da kvantna teorija, u krajnjoj konsekvenci, dotiče pitanje odnosa objekata spoljnjeg svijeta i spoznajnog subjekta:

"Korektna interpretacija kvantne teorije kao fizikalne teorije je nemoguća sve dotle dok se ne nađu korektni odgovori na epistemološka pitanja koja proizilaze iz tog područja. Problemi koje spominjemo odnose se na fundamentalno filozofsko pitanje kao što je relacija objekata spoljnog svijeta i spoznajnog subjekta."[9]

Ako su svi problemi kvantne mehanike epistemološki, tj. problemi odnosa subjekta i objekta, onda je njihovo rješenje jednostavno. Subjekt treba priznati ograničenost klasičnih konceptulnih modela i mjernih uređaja, na koje je osuđen svojom biološkom strukturom, i prestati postavljati pitanja o mikroobjektu, koji nije u kontaktu sa laboratorijskim hardwearom. To je kopenhagensko rješenje. Dekorirano frazeologijom dijalektike i idejom o aktivnom subjektu postaje i marksistička izbor.

Postoji, naravno, i drugačiji pristup, zasnovan na uvjerenju da nema fundamentalnih epistemoloških barijera i da će problem tumačenja kvantne mehanike biti razjašnjeni tek kada bude jasna fizikalna osnova kvantnog ponašanja mikroobjekata. Uz uvažavanje fundamentalne spoznajne relacije subjekta i objekta, treba reći da su procedure reprodukcije fizikalnih procesa i mjerne konrole njihovih karakterističkih i ishoda suštinski određene fizikalnim zakonima koji o tim procedurama ne ovise. Otkriće tih zakona kroz spoznajni napor i teorije i eksperimenta predstavlja istinski cilj fizike. To je objektivni supstrat spoznajne prakse i nije relativan ni u odnosu na eksperimentalnu situaciju ni u odnosu na spoznajnog subjekta.

Ne može se stalno izbjegavati odgovor na pitanje o suštini valno - čestičnog dualizma. Svi se slažu da efekti interferencije ne mogu biti povezani sa subjektivnim očekivanjem promatrača, te prema tome "valovi vjerovatnoće" moraju imati neki materijalni referent, koji obezbjeđuje "valne" efekte i u slučaju kada se eksperimenti vrše sa pojedinačnim mikrosistemima.

Samo "dijalektičan" razum može prihvatiti rješenje u vidu principa komplementarnosti, koji, in stricto sensu, tvrdi da kvantno ponašanje mikrosistema ne možemo razumjeti, jer se naše razumijevanje odnosi samo na upotrebu klasičnih pojmova, a oni se međusobno isključuju. Time ostaje nejasno na koji način detekcija prolaska elektrona kroz jedan od otvora uništava interferentnu sliku. Komplementarni odgovor je jednostavan: druga konfiguracija eksperimentalnog aranžmana daje drugačiji fenomen. Zabranjeno je pokušati izaći iz začaranog kruga tih isključujućih projekcija mikrosvijeta, čiji iracionalni diskontinuitet princip komplementarnosti proglašava za definitni domet spoznaje. Međutim, baš princip komplementarnosti Fok izdvaja kao fundamentalno polazište za "razumijevanje" kvantne mehanike.

5.1.2. RELATIVNOST U ODNOSU NA SREDSTVA PROMATRANJA

Glavni element Fokovog tumačenja je pojam "relativnost u odnosu na sredstva promatranja". Sam Fok ga uvodi na sljedeći način:

> "Za formuliranje kvalitativno novih svojstava mikroobjekta su potrebni novi metodi opisivanja, i prije svega je neophodno uvesti u njihovu deskripciju novi elemenent relativnosti - relativnost u odnosu na sredstva promatranja."[10]

Taj pojam Fok ne razmatra šire[11] i zato je čudna reklama koja ga prati u sovjetskoj filozofiji fizike. Možda je ključna terminološka zavodljivost, koja dozvoljava "koncizno" predstavljanje revolucije u fizikalnom mišljenju XX stoljeća: teorija relativnosti - relativnost u odnosu na sistem referencija i kvantna mehanika - relativnost u odnosu na sredstva promatranja.

Ako se pažljivo analizira kontekst u kojem Fok dolazi do tog pojma vidi se da se radi samo o stilskoj figuri, koja označava ideje koje je Bohr pokušao odrediti terminom "komplementarnost":

"Slijedeći Bohra, možemo koristiti termin "komplementarnost" da specificiramo ona svojstva koja se manifestiraju (u njihovoj "oštroj" formi) samo u različitim i inkompatibilnim uslovima, dok se u dokučivim uslovima manifestiraju samo parcijalno, u "srednjoj" formi... Nema smisla razmatrati sumultanu manifestaciju komplementarnih svojstava u njihovoj oštroj formi; to je razlog zašto je pojam "valno - čestični dualizam" samokonzistentan i slobodan od kontradikcija.

Izabirajući kao osnovu nove forme opisa rezultate međudjelovanja između mikročestice i mjernog uređaja uvodimo novi, važan pojam relativnosti u odnosu na sredstva promatranja, koji predstavlja generalizaciju starog i dobro poznatog pojma relativnosti u odnosu na referentni sistem."[12]

Jednostavnije rečeno, fizika dobija informacije o fizikalnom svijetu preko mjernih uređaja. Zbog toga teorijski opis treba usmjeriti prema rezultatu interakcije mikroobjektata i mjernog uređaja. Znači ne zanima nas stvarna priroda mikroobjekta nego samo rezultat njegove interakcije sa sredstvima promatranja. "Ispravnost" tog zaključka je pojačana Bohrovim analizama, kojima se pokazuje "komplementarnost" klasično isključivih modela fizikalne deskripcije. Dakle, o svojstvima mikroobjekta ne možemo govoriti izvan situacije promatranja. Ona postaju relativna u odnosu na sredstva promatranja.

Tada se jednostavno rješava problem valno - čestičnog dualizma:

"Objekt može biti karakteriziran onim svojim svojstvima (na primjer, valnim ili čestičnim) koje se manifestiraju u spoljnim uslovima stvorenim određenim mjernim uređajem."[13]

"Za manifestaciju raznih svojstava atomskog objekta nužni su različiti vanjski uslovi. Može se pokazati da različiti tipovi vanjskih uslova nisu međusobno uskladivi."[14]

U skladu sa tom koncepcijom Fok preuveličava značaj sredstava opažanja, izjednačavajući ih sa prirodom mikroobjekata:

"Svaka fizikalna teorija - čak i tako divna kakva je Einsteinova teorija gravitacije - mora nužno imati neke određene granice primjenljivosti i ne može biti bezgranično ekstrapolirana. Na nekom stupnju razvoja postaje nužno uvesti esencijalno nove fizikalne koncepte koji bi bili adektvatni prirodi objekta koji se istražuje i odgovarajućim sredstvima opažanja; na tom stupnju ograničenja inherentna teoriji postaju evidentna i pojavljuju se nova epistemološka pitanja."[15]

Usavršavanje mjernih uređaja omogućava dublji uvid u prirodu objekata i procesa, ali je uvijek moguće i nužno odvojiti onaj sadržaj znanja koji se odnosi na sam objekat i koji je moguće primjeniti i na one procese koji se odvijaju izvan eksperimentalnih uslova. Kvantna teorija gravitacije, koja treba da dopuni opću teoriju gravitacije, u uslovima visokih energija i malih prostorno - vremenskih intervala, se teorijski izgrađuje, mada ne postoje instrumenti pomoću kojih bi se dobila mogućnost eksperimetalne provjere i detaljnijeg izučavanja odgovarajućih procesa. S obzirom da se sve češće koriste indirektni testovi teorija o fundamentalnim interakcijama, putem testiranja njihovih kosmoloških implikacija, jasno je da nije razumno prirodu mikročestica tumačiti kao relativnu u odnosu na mjerni uređaj. Ispravnije je reći da instrumenti moraju biti konstruirani u skladu sa prirodom mikročestica. Dakle, priroda mikročestice određuje dizajn mjernog uređaja, a ne obrnuto.

Treba napomenuti da indirektno testiranje nije neka nova strategija u fizici, stvorena diskrepancijom između matematičke ingenioznosti teorijskih fizičara i ograničenih energetskih mogućnosti sadašnjih akceleratora. Teoretičari često dolaze do ispravnih ideja o svojstvima fizikalnih objekata i bez instrumenata, koji su, navodno, neophodni da bi se ta svojstva pokazala. Da je to tako dovoljno je navesti primjer fotoelektričnog efekta, koji je Einstein objasnio kao manifestaciju fotonske strukture svjetlosti, mada u mjerenjima, koja su dala informaciju o toj pojavi, nije bilo moguće direktno uočiti efekte lokalizacije fotona.

Posebnu ulogu za razješenja kvantnog ponašanja pojedinačnih mikroobjekata mogu imati eksperimenti u kojima se istražuje interferencija neutrona (neutronska interferomtrija)[16]. Tu su važni Rauchovi rezultati[17], koji bi se mogli interpetirati u smislu da dozvoljavaju razlikovanje interferentnih kanala kroz koje prolazi neutron bez uništenja efekata interferencije. Time bi ozbiljno bio narušen sadržaj principa komplementarnosti po kojem čestični karakter (prolaz kroz određeni interferentni kanal) i valni karakter (efekti interferencije) ne mogu biti realizirani u jednom te istom eksperimentu. To je, svakako, i kritika ideje o relativnosti svojstava kvantnih objekata u odnosu na eksperimentalnu situaciju[18].

5.1.3. VJEROVATNOSNI OPIS INTERAKCIJE OBJEKTA I PRIBORA

U kratkoj skici Fokovog gledanja na problem intepretacije kvantne mehanike, koja data u panoramskom pregledu, je rečeno da u međudjelovanju mikroobjekta i pribora Fok razlikuje dvije strane odnosa[19]:

- međudjelovanje koje možemo modelirati potencijalnom energijom u hamiltonijanu (dakle, međudjelovanje u fizikalnom smislu)

- veza između kvantnomehanički opisanog mikroobjekta i klasično opisanog mjernog uređaja (u smislu potencijalnog suočavanja mikroobjekta sa različitim mjernim procedurama, po izboru subjekta, dakle, veza između mikroobjekta i mogućih spoznajnih situacija)

Fok, slijedeći Bohra, zasniva pojam kvantnomehaničkog mjerenja upravo na ovom neodređenom pojmu "međudjelovanja", u koji kao bitan dio ulazi i cjelina spoznajne situacije, dakle, posredno i spoznajni subjekt. Naravno, subjekt može natjerati mikroobjekt da se ponaša samo u skladu sa svojom inherentnom prirodom, ali čitava ta strategija komplementarne tomografije se unaprijed odriče mogućnosti izgradnje konzistentne slike na jeziku fizikalnih interakcija, koje su i odgovorne za tragove mikrobjekata u makroskopskim mjernim uređajima. Teško je izbjeći utisak da će, dok uticaj "cjeline" eksperimentalne situacije na ponašanje mikroobjekata ne bude transparentan u terminima materijalnih procesa, problem tumačenja kvantne mehanike biti bez znanstvenog rješenja.

Fok ističe sljedeće karakteristika međudjelovanja atomskog objekta i klasičnog pribora[20]:

I vanjski uslovi, u kojima se nalazi objekt, i rezultati njegovog međudjelovanja sa priborom moraju se opisati na jeziku klasične fizike. Iz tih klasičnih podataka se i mora zaključivati o kvantnim karakteristikama atomskog objekta.

I kada se atomski objekt nalazi u fiksiranim vanjskim uslovima, rezultat njegovog međudjelovanja sa priborom, u općem slučaju, nije jednoznačan i ne može biti predskazan na osnovu prethodnih mjerenja, bez obzira na njihovu tačnost. Moguće je odrediti samo vjerovatnoće pojedinih rezultata.

Statističko ponašanje mikroobjekta u fiksiranim vanjskim uslovima Fok vidi kao manifestaciju nekog prirodnog zakona, koji je povezan sa svojstvima objekta, posebno sa njegovim valno - čestičnim svojstvima. To je, po Fokovom mišljenju, i polazna tačka za odbacivanje klasičnog determinizma i za reformulaciju principa kauzalnosti. Rješenje koje je izabrao Fok ontologiziranje vjerovatnosti, što implicira i reviziju pojma "stanje mikroobjekta". Statistička kauzalnost, koja je rezultat te reformulacije, označava jednoznačnu vezu stanja, koja daju jedino statističke informacije o mikroobjektu. Kauzalna je, dakle, samo vremenska evolucija stanja mikroobjekta, dok se o pojedinačnim rezulatatima ima jedino statistička predikcija. Ideju statističke kauzalnosti Fok eksplicira u svojoj analizi eksperimentalne procedure.

5.1.4. ONTOLOGIJA POTENCIJALNIH MOGUĆNOSTI

U realizaciji eksperimenta sa mikroobjektima Fok razlikuje sljedeće etape[21]:

pripremni dio (pripremanje objekta, npr. pripremanje monoenergetskog snopa elektrona)

radni dio (kretanje pripremljenog objekta u fiksiranim vanjskim uslovima, npr. rasijavanje elektrona na kristalu) i

registrirajući dio (izvođenje mjerenja, npr. registiranje rasijanih elekrona na foto - ploči ili brojaču).

Ova podjela se prvi put susreće kod Margenaua, koji je 1937. godine uveo razliku između "pripreme stanja" (state preparation) i i "mjerenja" (measurement)[22]. Ova distinkcija je veoma važna jer se relacije neodređenosti odnose samo na proceduru "pripreme stanja", a ne na proces mjerenja[23].

Fok smatra da osobenosti kvantne mehanike najjasnije dolaze do izražaja ako se fiksiraju prve dvije etape, a treća se varira. Na primjer u eksperimentu u kojem se ispituje difrakcija elektrona mogu se u zaključnoj etapi eksperimenta vršiti različita mjerenja (na primjer, energije elektrona, njegove brzine ili položaja u prostoru). Svakoj od mjerenih veličina odgovara različita raspodjela vjerovatnoće pojedinih rezultata u nekoj seriji mjerenja.

Sva spomenute raspodjele vjerovatnoće mogu biti izražene "parametrički" preko jedne te iste valne funkcije, koja ne zavisi od zaključne etape eksperimenta i samim tim, po Fokovom mišljenju, predstavlja objektivnu karakteristiku stanja objekta neposredno prije zaključnog stadija opita.

To Fok specificira na sljedeći način:

"Stanje objekta opisano valnom funkcijom je objektivno u tom smislu jer predstavlja objektivnu (nezavisnu od promatrača) karakteristiku potencijalnih mogućnosti jednog ili drugog međudjelovanja atomskog objekta sa priborom. U tom smislu se se ono odnosi upravo na dani, jedinični objekt. Međutim, to objektivno stanje se još nije realno, u smislu, što se još nisu ostvarile ukazane potencijalne mogućnosti objekta u datom stanju. Prelaz od potencijalno mogućeg k realiziranom, ka stvarnom, dešava se u zaključnom stadiju eksperimenta."[24]

Vidi se da ovdje Fok razlikuje objektivno (nezavisno od posmatrača), koje se odnosi na potencijalne mogućnosti međudjelovanja i stvarno, realno, koje se odnosi na makroskopski efekt izazvan mikroobjektom (trag na foto - ploči ili zvučni signal u brojaču). Bez objašnjenja ostaje upravo fizikalno objašnjenje transformacije potencijalnih mogućnosti mikroobjekta u makroskopske efekte u "zaključnom stadiju eksperimenta", Fok nudi rješenje ovog problema u epistemološkoj ravni. Radi se o njegovom objašnjenju redukcije valnog paketa, koji će biti citiran in extenso:

"Ako pretpostavimo, da je zaključni stadij jednog eksperimenta istovremeno početni stadij drugog, tada se valna funkcija, koja daje raspodjelu vjerovatnosti rezulatata tog opita, mora zamijeniti drugom, koja odgovara faktički dobijenom rezultatu. Takva zamjena se dešava nepredvidljivo: izmjena valne funkcije se ne dešava u skladu sa Schrödingerovom jednadžbom. Može se činiti ... da se nepredvidljiva izmjena valne funkcije nalazi u protivurječnosti sa konačnom brzinom rasprostiranja djejstva. Međutim, lako je vidjeti, da sada imamo posla ne sa rasprostiranje bilo kakvog djejstva, nego sa izmjenom postavljanja pitanja o vjerovatnoćama. U izvedenom opitu realizira se jedan od potencijalno mogućih rezultata predviđenih prvobitnom valnom funkcijom. Izmjena postavljenog pitanja o vjerovatnoćama i sastoji se uračunavanju ostvarenih rezultata, tj. u uračunavanju novih podataka. Novim podacima odgovara i nova valna funkcija.

Ova razmatranja pokazuju koliko je važno, pri tumačenju kvantne mehanike, razlikovati potencijalno moguće od realiziranog. Ona pokazuju sa punom jasnošću da valna funkcija ne opisuje nikakvo realno polje i da njena nepredvidljiva izmjena ne predstavlja bilo kakav fizički proces, sličan izmjeni polja. Sa provođenjem mjerenja je stvarno povezan fizički proces, ali se on odražava na valnu funkciju ne direktno, nego na osnovu nužnosti preformuliranja zadaće o vjerovatnoćama, koja je njime izazvana."[25]

U radu "Kvantna fizika i filozofski problemi" Fok nije razmatrao problem redukcije valne funkcije što može značiti da je rješenje citirano ovdje smatrao definitivnim i uvjerljivim ili da je tokom vremena uvidio da je problem periferan. Oba razloga otpadaju. Problem je i dalje Ahilova peta kopenhagenskog tumačenja, dok Fokovo rješenje pati od niza slabosti.

Kao prvo, u kontradikciji je sa njegovim određenjem polazne i završne faze eksperimenta. Dakle, trik, kojim se uvodi još jedna pomodna procedura je očigledno pogrešan jer se procedure pripreme stanje i mjerenja temeljito razlikuju. Sam Fok kaže da se u zaključnoj fazi verificirajućeg eksperimenta dešava prelaz iz mogućnosti u stvarnost. Taj prelaz je, vidjeli smo, povezan sa

ireverzibilnom promjenom u detektoru, koja je ključni znak da se spomenuti prelaz desio (trag na foto - ploči ili zvučni signal u brojaču). Nije jasno, kako Fok misli da je moguće dalje pratiti sudbinu mikrosistema, koji je prouzrokovao spomenute promjene u detektoru. Mikroobjekt je dajući znak o realizaciji jedne od mogućnosti postao neupotrebljiv za fiziku.

Ostaje, naravno, Heisenbergov trik sa znanjem opservera, dakle, rješavanje problema u epistemološkoj ravni. To pokazuje sintagme "izmjena postavljanja pitanja o vjerovatnošama", "uračunavanje novih podataka" i "preformuliranje zadaće o vjerovatnoćama". Međutim, Fok, kao da je zaboravio da je govoreći o vjerovatnoćam isticao njihovu objektivnost, koja je odražena valnom funkcijom. Dakle, trenutna izmjena valne funkcije odgovara i trenutnoj izmjeni objektivne situacije, bez obzira šta odgovara ontologiziranom konceptu vjerovatnoće u mikrosvijetu, koji mu je bio potreban da objasni stabilnost statističkog ponašanja mikrosistema u istim makroskopskim uslovima.

Dakle, u zavisnosti od problema koji rješava, Fok oscilira između shvaćanja valne funkcije koja se odnosi na objektivne potencijalne mogućnosti nezavisne od opservera i shvaćanja da trenutna promjena odgovara "izmjeni postavljanja pitanja o vjeravantoši", koja uzrokovanja promjenom znanja opservera.

Teško je prihvatiti ideju o subjektivno karakteru valne funkcije, tj. interpretirati je kao znanje opservera, pa makar se radilo i o objektivnom znanju. Kada bi valna funkcija bila znanje promatrača onda bi bilo čudno da je moguće, "razbijanjem" valne funkcije na amplitudu i fazu, dobiti iz Schrödingerove jednadžbe Hamilton - Jacobijevu jednadžbu sa "kvantnim potencijalom", koja može dati "klasični" opis kvantnih pojava (vidi Bohmovu teoriju u ovom istom dijelu). U tom opisu je "kvantni potencijal" onaj element koji klasičnim konceptima daje mogućnost da budu primjenjeni u kvantnom domenu. Cum grano salis to znači da bi, ako se striktno provede interpretacija valne funkcije kao znanja promatrača, ponašanje mikroobjekata na fundamentalan način zavisilo od ljudskog znanja. Takav zaključak se, naravno, teško mo'e prihvatiti.

Fizika jeste naše znanje o osnovnim strukturama i interakcijama materijalnog svijeta, ali je u njemu bitan onaj sadržaj koji korespondira fizikalnoj realnosti nezavisnoj od naših mjernih operacija. Ireverzibilni makroskopski efekti u detektorima jesu bitni u našoj spoznajnoj aktivnosti kao informacija o ishodima mikroprocesa, ali je zadatak fizike spoznaja onih zakona koji se odnose na mikroprocese per se, jer samo to znanje garantira jedinstvo naše fizikalne slike svijeta, od elementarnih čestica do Kosmosa.

5.1.7. OCJENA TEORIJA SA SKRIVENIM VARIJABLAMA

Na kraju evo i Fokove generalne ocjene teorija sa skrivenim varijablama, koja se savršeno uklapa u krstaški rat kopenhagenskog reda protiv ikonoklasta, koje su predvodili Bohm i Vigier:

"Opća crta tih pokušaja je njihov krajnja izvejštačenost i potpuno odsustvo bilo kakve heurističke vrijednosti: autori tih pokušaja se i ne trude da riješi niti jedan novi problem. Suprotnom tome, njihova razmišljanja se podešavaju (i to ne ubjedljivo) prema rezultatatima koji su od ranije poznati iz kvantne mehanike. Na taj način, kriterijum prakse odlučno govori protiv tog naučnog pravca"[26]

Može se reći da su teorije sa skrivenim varijablama probudile kritički duh znanstvene zajednice i da su dale značajan impuls fudamentalnim istaživanjima u kvantnoj mehanici, što se ne bi moglo reći za ideju "relativnosti u odnosu na sredstva promatranja". One su bile inspiracija za gotovo fantastične eksperimente , kojima se testira najzagonetniji aspekt ponašanja mikrosistema - nelokalnost. Teško je bez znanstvenog sučeljavanja različitih svjetonazora širiti spoznajne horizonte osnovne fizikalne teorije. Fok je bio glavni tumač kopenhagenske dogme u sovjetskom i njemu gravitirajućem znanstvenom prostoru i ušao je u folklornu legendu naučne zajednice kao čovjek koji je spasio u SSSR-u kvantnu mehaniku od ideološke destrukcije.

Međutim, dominacija Fokovo gledišta, koju je u filozofskim krugovima uspostavio Omel'janovskij, imala je negativan generalni uticaj jer su njegove ideje o EPR - paradoksu, o skrivenim varijablama i problemu mjerenja varirane na razne načine, umjesto da se pokazalo više zanimanja i za heretička razmišljanja protivnika kopenhagenske interpretacije. Posebno je aktivna postala struja koja je kvantu mehaniku počela tretirati kao poligon za testiranje marksističke teorije spoznaje, što je zbog udaljavanja od teorije odraza bio za marksizam korak naprijed, ali je i reklamirano kao dokaz o tome da je probleme moguše riješti u epistemološkoj ravni, što je za tumačenje kvantne mehanike bilo deset koraka nazad.

* * *

NAPOMENE

1) V.A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474; V.A.Fock, On the Interpretation of Quantum Mechanics, Czechoslovak Journal of Physics 7 (1957) 643 - 656; W.Fock, Über die Deutung der Quantenmechanik, u Max Planck Festschrift, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1958, 177 - 195; V.A.Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, zbornik "Filosofskie problemi sovremennogo estestvoznanija", Moskva, 1959.

2) V.A. Fok, Kvantovaja fizika i filosofskie problemy, u zborniku "Lenin i sovremennoe estestvoznanie" ,Mysl', Moskva, 1969, 186 - 201; V.A. Fok, Kvantovaja fizika i filosofskie problemy, Voprosy filosofii 4 (1970) 55 - 65; V.Fock, Quantum Physics and Philosophical Problems, Foundations of Physics 1(4) (1971) 293 - 306; V.A. Fok, Kvantovaja fizika i filosofskie problemy, u zborniku "Fizičeskaja nauka i filosofija", Nauka, Moskva, 1973, 55 - 73; V.A.Fock, Fisica quantistica e problemi filosofici, u M.E.Omelyanovskij, V.A.Fock e altri, L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica. Fisica e filosofia in URSS, Feltrinelli Editore, Milano, 1972., 290 - 305

3) V.A.Fok, Načala kvantovoj mehaniki, Nauka, Moskva, 1976., poglavlje "Fizičeskie i teoretiko - poznavatel'nye osnovy kvantovoj mehaniki", 9 - 17; engleski prevod V.A. Fock, Fundamentals of Quantum Mechanics, Mir Publishers, Moscow, 1978., poglavlje "The physical and epistemological bases of quantum mechanics, 13 - 21.

4) V.Fock, Quantum Physics and Philosophical Problems, Foundations of Physics 1(4) (1971) 293 - 306

5) V.A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474

6) Fock, Quantum Physics and Philosophical Problems, Foundations of Physics 1(4) (1971) 293 - 306

7) Ibid.

8) Ibid.

9) Ibid.

10) V.A.Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474

11) Jedini rad koji mi je poznat je V.A.Fok, Princip otnositeljnosti k sredstvima nabljudenija v sovremenoj fizike, Vestnik AN SSSR, 4 (1971) 8 - 12. Apologetski tretman principa relativnosti u odnosu na sredstva opažanja dat je u knjigama L.N.Gutner, Metodologičeskie problemy izmerenija, Izdatel'stvo lenigradskogo universiteta, Leningrad, 1972. L.N.Gutner, Filosofskie aspekty izmerenija v sovremenoj fizike, Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta, Leningrad, 1978.

Gotova je nevjerovatno, da u ovim knjigama nema ni traga od one ogromne produkcije radova na temu problema mjerenja koja je objavljena na Zapadu. Za iscrpan pregled situacije do 1974. godine vidi M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics, John Wiley & Sons, New York, 1974. Jammer je tada napisao: "Nije pretjerivanje ako se kaže da je to sada najviše razmatran (the most discussed) problem u istraživanjima koja se tiču osnova (kvantne mehanike,J.S.)." (M.Jammer, op. cit., 519.).

Gutner nije usamljen u nepraćenju onoga što se dešava u ostalom dijelu znanstvene zajednice. Isto se može reći za i radove Q.A.Mel'nikov, O roli izmerenij v processe poznanija, Nauka, Novosibirsk, 1968, dio "Izmerenie v kvantovoj mehanike"; M.E.Omel'janovskij, Razvitie osnovanij fiziki XX veka i dialektika, Nauka, Moskva, 1964, dio "Filosofskie problemy teorije izmerenija".

12) V.Fock, Quantum Physics and Philosophical Problems, Foundations of Physics 1(4) (1971) 293 - 306

13) V.Fock, Quantum Physics and Philosophical Problems, Foundations of Physics 1(4) (1971) 293 - 306

14) V.A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474

15) V.Fock, Quantum Physics and Philosophical Problems, Foundations of Physics 1(4) (1971) 293 - 306

16) U.Bonse & H.Rauch, eds., Neutron Interferometry, Claredon Press, Oxford, 1979.

17) H.Rauch, Neutron interferometric tests of quantum mechanics, Contemporary Physics 27 (4) (1986) 345 - 360 H.Rauch, Tests of quantum mechanics by neutron interferometry, u G.Tarozzi & A. van der Merwe, eds., Open Question in Quantum Physics, Reidel, Dordrecht, 1985.

18) Kao osnova za kritiku ideje relativnosti u odnosu na sredstva opažanja može služiti i Noyesova operacionalna analiza eksperimenta sa dva otvora (H.P.Noyes, An Operational Analysis of the Double Slit Experiment, u P.Suppes, Studies in the Foundations of Quantum Mechanics, Phil. of Sci. Ass., Michigen, 1980). Vidi i F.Selleri, Paradossi e realtà, Laterza, Roma, 1987. 140 - 146.

19) V.A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474

20) Ibid.

21) Ibid.

22) Vidi H.Margenau, Critical Points in Modern Physical Theory, Philosophy of Science 4 (1937) 337 - 370; H.Margenau, Philosophical Problems Concerning the Meaning of Measurement Physics, Philosophy of Science 25 (1958) 23 - 33.

23) Vidi o tome L.E.Ballentine, The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics, Reviews of Modern Physics 42 (1970) 358 - 381.

24) V.A.Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474

S obzirom na začuđujuću podudarnost ideja i terminologije kod Foka i Heisenberga (Vidi citiranu Heisenbergovu knjigu "Fizika i filozofija") bilo bi interesantno utvrditi da li se radi o slučajnom fenomenu ili o razmjeni radova. Nije li, možda, Fok prilikom posjete Kopenhagenu došao do Heisenbergovih Gifford predavanja, koja su poslužila kao osnova za spomenutu knjigu

25) V.A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474.

Fok je upotrijebio isti argument i u kritici teorija skrivenih varijabli, u kojim se valna funkcija interpretira kao reprezent nekog polja:

"Ne samo u slučaju mnogo čestica, nego i za pojedinačne čestice valna funkcija ne postoji uvijek i ne mijenja se uvijek u skladu sa Schrödingerovom jednadžbom: u nekim uslovima ona se jednostavno precrtava i zamijenjuje drugom (redukcija valnog paketa). Očigledno je da se "trenutna izmjena" takve vrste ne može usaglasiti sa pojmom polja." (V.A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474)

26) V.A. Fok, Ob interpretacii kvantovoj mehaniki, Uspehi fizičeskih nauk 62 (4) (1957) 461 - 474

Specifiče Fokove primjedbe su sljedeće:

1) U slučaju složenog sistema, koji se sastoji od mnogo čestica, valna funkcija zavisi ne od tri koordinate nego od svih stepeni slobode sistema. Ona je funkcija tačke u višedimenzionalnom konfiguracionom prostoru, a ne u realnom fizičkom prostoru;

2) Kvantna mehanika dopušta kanonsku transformaciju valne funkcije (Fourier - transforamaciju), pri čemu sve funkcije, dobijene takvim putem, opisuju jedno te isto stanje i potpuno su ravnopravne sa prvobitnom valnom funkcijom, izraženom preko koordinata. Fizički smisao imaju ne samo kvadrat modula prvobitne funkcije nego i kvadrati modula transfromata;

3) Problem mnogih tijela (specijalno, problem mnogo jednakih čestica) ima u kvantnoj mehanici ima u kvantnoj mehanici osobenosti, koje se ne mogu svesti na problem pojedinačnih čestica niti se dade formulirati kao problem polja u običnom trodimenzionalnom prostoru. Tako, ako složeni sistem ima valnu funkciju, zajedničku za sve čestice, tada pojedinačnim česticama nije moguće pridružiti posebne valne funkcije. Pored toga, u slučaju jednakih čestica, koje se pokoravaju Paulijevom principu, postoji među česticama kvantno međudjelovanje posebne vrste, koje nije svodivo na dinamičko međudjelovanja u običnom prostoru. Međudjelovanje druge vrste, takođe nesvodivo na klasično, postoji među jednakim česticama, ako se one opisuju simetričnim valnim funkcijama. (Ibid.)

5.2. kvantna teorija kao epistemologija

5.2.1. MAKROSKOPSKA SLIKA MIKROSVIJETA

Već je rečeno da je Markov prvi u SSSR-u pokušao povezati kopenhagensko tumačenje sa Marxovima tezama o Feurbachu[1], Bilo bi nepravedno zamjerati Markovu za taj pravac razmišljanja bez pažljive analize njegovih argumenata, posebno u svjetlu najnovijeg stanja u fizici. Ne treba u sumnjati u Markovljevu materijalističku orijentaciju. Štaviše on je prvi koji je u marksitičkoj literaturi o kvantnoj mehanici primjenio Bornovu ideju o "invarijantnim svojstvima" mikroobjekata, koja su inavrijantnau odnosu na promjenu eksperimentale sitaucije i pripadaju mikroobjektima i izvan nje:

"Mnoge karakteristike elektrona nisu povezane sa jednom ili drugom klasom makroskopskih pribora: naboj elektron, na primjer, njegova masa, podčinjenost Bozeovoj, a ne Fermijevom statistici i t.d."[2]

Naravno ne nedostaju i otvorene materijalističke tvrdnje:

"Karakteristični znak svake modifikacije materijalizma je priznavanje postojanja objektivnog svijeta nezavisno od naše svijesti, priznavanje njegovog objektivnog postojanja i do našeg opita."[3]

Markov smatra da su konkretni sadržaji kvantne mehanike tijesno vezani sa problemima teorije spoznaje, te zbog toga fundamentalni problem uzajamnog odnosa subjekta i objekta stavlja na isti nivo sa problemom kauzalnosti i pojmom fizičke realnosti.

Osnovna ideja, na kojoj se bazira interpretacija Markova, je ideja "makroskopičnosti" našeg iskustva, koja predstavlja nezobilazni okvir i jezika i konceputalnog aparata. Dakle, o mikrosvijetu možemo znati samo ako neke njegove pojave transformiramo u makrosvijet. Markov priznaje da je kvantna teorija esencijalno teorija mikrosvijeta, ali odmah tu izjavu relativizira:

"Po svojoj suštini kvantna teorija je teorija mikrosvijeta, ona je nastala pri našem prodiranju u mikrosvijeta, njen predmet su objekti mikrosvijeta i njegove zakonitosti, ali su "jezik" i vanjska forma teorije makroskopski, "klasični"."[4]

Time potpuno ostaje u rezonanciji sa Bohrom i Heisenbergom u vezi sa dualnom prirodom makroskopske fizike i nezaobilaznom ulogom prirodnog jezika. To potvrđuje i ova misao:

"Kvantna teorija predstavlja upravo takvu teoriju, koja daje tumačenje, predskazivanje rezultata opažanja pojava mikrosvijeta pomoću "eksperimentalnog uređaja, opisanog čisto klasičnim načinom."[5]

Pogledajmo sada neka određenja koja traže sučeljavanje argumenata. Markov vidi kvantnu teoriju kao jednu vrstu "teorije makropribora":

"Kvantna teorija daje fizičko tumačenje onoga što se dešava u makropriboru pod djelovanjem mikropojava."[6]

Zbog toga treba istaknuti da kvantna teorija opisuje mikroprocese, a da makropribor registrira njihove posljedice, često posredovane dugim lancem transformacija. Ako se funkcioniranje pribora opisuje klasičnom fizikom onda nije dozvoljeno reći da se kvantna mehanika direktno odnosi na ono što se dešava u makropriboru. Wilson pri konstrukciji svoje čuvene komore nije ni na bilo koji način mogao koristiti kvantnu mehaniku jer ona tada nije bila ni stvorena (Njeno kopenhagensko tumačenje je predloženo iste godine kada je Wilson dobio Nobelovu nagradu za fiziku!). Pojava kvantne mehanike nije unaprijedila funkcioniranje Wilsonove komore, nego čak bilo problema da se u okviru kvantnomehaničkog formalizma objasni "trajektorno" ponašanje mikročestica pri prolazu kroz komoru.

Kritičke komentare zaslužuje ideja da je sa svakom mikropojavom u neraskidivoj vezi i makropribor:

"Savremena kvantna teorija razmatra pojave mikrosvijeta samo u neraskidivoj vezi sa međudjelujućim makropriborom."[7]

Glavna argumentacija Markova, kao Bohra i Heisenberga se vrti oko pojmova "položaj" i "impuls", koje je nemoguće istovremeno pridružiti čestici u pripremi stanja, koju mnogi, pa i Markov, poistovjećuju sa mjerenjem. Međutim, iz te diskusije se izvlače dalekosežne zaključci o tome da makropribor na bitan način utiče na odvijanje kvantnih procesa.

Tačno je da mjerenja položaja i impulsa značajno utiču na ponašanje mikroobjekta, ali isto tako tačno da mjerenje valne dužine spektralnih linija svjetlosti koja stiže sa Sunca ni na koji način ne utiče na proces emisije u atomima Sunca. Ta je činjenica bila dobro poznata, ali ipak se ostalo na tome da se iz diskusije o nemogućnosti klasičnog opisa, korištenjem mehaničkih stanja mikročestice (koordinata plus impuls), zaključci "generaliziraju" na kvantne procese, za koje kvantna mehanika ni ne pokušava dati takav opis.

Argument je sljedeći: ako bismo željeli odrediti položaj pojedinog elektrona u pojedinom atomu morali bismo ga "gađati" pojedinačnim fotonom i na osnovu raspršenja odrediti njego prošli položaj, ali bismo tada jonizirali atom. Dakle, ne možemo posmatrati pojedinačne atomske sisteme bez značajnog smetanja. To je zaključak koji niko ne želi opovrgnuti. Ali iz toga ne slijedi da su sve informacije koje dobijemo iz mikrosvijeta takve da je u njima sadržan neodstranjiv uticaj laboratorijskog ambijenta na tok kvantnog procesa.

Detekcija elektromagnetnog zračenja, čija je valna dužina 21 cm, ni na koji način ne utiče na proces nastanka tog zračenja, koji je povezan sa izmjenom orijentacije spina elektrona u atomu vodika u osnovnom stanju. Kvantna mehanika omogućava razumijevanje tog fenomena i tačan proračun njegovih efekata, ali se nigdje u proračunu ne eksplicira "neraskidiva veza sa međudjelujućim makropriborom". Bilo bi fantastično pretpostaviti tu vezu pošto radi o atomima vodika, koji se nalaze daleko u Kosmosu.

Instrumentalistička filozofija probija i iz ove izjave Markova:

"Nije moguće opisati suštinu pojave bez spominjanja pribora. Pribor ulazi u samo određenje pojave."[8]

Odmah se nameće niz pitanja:

Šta predstavlja suštinu beta - raspada? Koji pribor je bitno spomenuti? Pribor za opažanje energetskog spektra beta - elektrona? Pribor za detekciju elektronskih antineutrina? Pribor za proizvodnu i detekciju raspada vikona?

Naime, suština beta raspada je transformacije jednog d - kvarka u neutronu u u - kvark uz emisiju negatinog vikona, koji se raspada na elektron i elektronski antinetrino. Ti procesi se u prirodi dešavaju spontano bez ikakve "stimulacije" od strane pribora. Naša teorijska slika se, od momenta kada je taj proces otkriven od strane Bequerela prije skoro stotinu godina, stalna poboljšavala i često je išla mnogo dalje nego konstrukcija pribora, koji služe za njeno testiranje, što uvjerljivo pokazuje vrijeme proteklo do detekcija elektronskog antineutrina.

Danas smo u stanju da se i "aktivno" miješamo u proces stvaranja i transformacije vikona (dakle, onih procesa koji čine suštinu beta - raspada), kroz testiranje ujedinjene teorije elektroslabe interakcije. Međutim, pri tome se ne smatra da bez tih laboratorijskih manipulacija nema smisla govoriti o toj interakciji ili da su njena svojstva relativna u odnosu na naše laboratorijske uređaje, a najmanje da njenu suštinu nije moguće opisati bez spominjanja pribora. To znači, da, iako imaju ogromnu ulogu kao eksperimentalna osnova teorije i kao procedura njenog upoređivanja sa stvarnošću, mjerni uređaji ne mogu biti stavljani u samo određenje suštine fizikalnih procesa.

Još jedna misao Markova eksplicitno varira ideju o kvantnoj teoriji kao teoriji posebne vrste makroskopskih pojava:

"Kvantna mehanika je teorija posebne klase makroskopskih pojava, koje su međudjelovanjem povezane sa mikrosvijetom."[9]

Tačno je da je ljudsko iskustvo makroskopsko i da je na njemu formiran odgovarajući konceptualni arsenal. Tačno i to da mikrosvijet može poruke o svom postojanju kodirati samo u makroskopskim efektima. Teorija mikroprocesa, koja ne bi predviđala barem neko makroskopsko manifestiranje, bez obzira na dužinu lanca uzroka i posljedica, bila bi metafizika, a ne fizika. Makroskopičnost čovjekta je biološka činjenica i mora biti ugrađena u epistemološku strategiju, ali nije dozvoljeno iz toga izvlačiti i ontološke zaključke.

Dakle, ključno pitanje je: Da li je moguće na osnovu makroskopskih informacija izgraditi teoriju koja se odnosi na kvantne procese same po sebi? Odgovor je potvrdan. Pri tome se pod kvantnim procesima samim po sebi misli na kvantne procese koji nisu disturbirani spoznajnom procedurom. Prema tome, teorija se ne bi odnosila na procese, koji ne ostavljaju nikakav fizički signal o svom postojanju, nego na procese kod kojih registracija tog signala nema fizičkog uticaja na tok kvantnog procesa.

Takva teorija kvantnih procesa po sebi, ako je ispravna, mora sadržati i odgovore šta će se desiti ako se, u našoj znatiželji da je strožije testiramo, odlučimo i da se direktno miješamo u tok kvantnih procesa. Ona je čak i preduslov takvog miješanja, odnosno, preciznije, preduslov razumijevanja i predskazivanja efekata takvog miješanja, zato jer, po pretpostavci, strukturu i dinamiku tih procesa opisujemo fizičkim jezikom. Ako se pokaže da su njenja predviđanja našeg upliva pogrešna, onda se ona mora modificirati na takav način da se dobijeno razilaženje ukloni.

Priča o strukturi protona to uvjerljivo demonstrira. Najprije je uvedena kvarkovska struktura, sa poznatom pogrešnom, hipotezom da kvarkovi imaju masu nekoliko puta veću od mase protona[19], što je omogućivalo postuliranje velikog defekta mase odnose velike energije veze. Velika energija veze je potrebna da bi kvarkovi mogli biti lokalizirani unutar protona i da bi se objasnila činjenica da se u eksperimentima ne pojavljuju slobodni kvarkovi. Niko nije imao predstavu kakva je stvarna dinamika kvarkova. Teorija je bila tek u embrionalnom stadiju.

Eksperimenti rasijanja elektrona i neutrina na nukleonima su doista dokazali postojanje "tačkastih centara raspršenja" sa električnim nabojima koji odgovraju frakcionim nabojima kvarkova. Međutim, eksperimenti su ukazali i postojanje "partona" koji su neutralni u odnosu na električni i slabi naboj, a koji nose oko polovice impulsa protona. Eksperiment je direktno pokazao da je struktura protona mnogo složenija od tada vladajuće slike. Trebalo je izgraditi teoriju kvarkovskog međudjelovanja da bi se stvorio teorijski model onoga šta se "dešava" unutar protona po sebi, o čemu se može dobiti informacija pomoću brzih elektrona ili neutrina.

Izgrađena je kvantna kromodinamika, pri čemu su korištene hipoteze koje su objašnjavale probleme narušavanje Paulijevog principa u nekim hadronima, dakle, ključna ideja nije došla iz eksperimenata u kojima smo se direktno miješali u unutrašnje stvari protona, nego iz oblasti koja se odnosi na hadrone po sebi. Uvođenje kolornog naboja, osim problema za koje je "izmišljeno", riješilo je i problem polazne osnove teorije kvarkovskog međudjelovanja. Ta teorija se gradi za kvarkove po sebi, tj. pretpostavlja se da na takav način kvarkovi međudjeluju u bilo kojem protonu, pa i u onom koji je slučajno postao učesnik u našoj igri otkrivanja zakona prirode, ali i u kvark - gluonskoj plazmi, kao jednom od mogućih stanja fizičke materiju u evoluciji Kosmosa.

Program razvoja fizike elementarnih čestica svakako u sebi uključuje ambicije da se pomoću kvantne kromodinamike razumiju procesi unutar protona, kao što je kvantna elektrodinamika uspjela opisati i najfinije detalje u ponašanju elektronskog omotača atoma. Već sada je teorijski i eksperimentalno potvrđeno da se proton sastoji od tri valentna kvarka, virtuelnih gluona i "morskih" virtuelnih parova kvark - antikvark. U eksperimentima sa hadronskim mlazovima je uvjerljivo dokazana ispravnost shvatanja kvarkovske interakcije kao procesa razmjene virtuelnih gluona.

U odnosu na naš problem treba postaviti pitanje: da li se kvantna kromodinamika odnosi na procese nastajanje tragova hadronskih mlazeva u makroskopskim detektorima ili na nastanak samih mlazeva, hadronizacijom polaznih kvarkova i gluona?

Ako se striktno provede stav Markova onda smo prinuđeni da je odredimo kao teoriju makroskopskih efekata u detektorima, što bi izazvali podcjenjujući osmijeh fizičara koji se bave fizikom elementarnih čestica. Kod njih već postoji specijalizacija na one koje se bave teorijom fundamentalnih procesa, one koji se bave fenomenologijom teorije, dakle proračunom ishoda fundamentalnih procesa i oni koji pronalaze načina da ta fenomenologija postanje opservabilna i mjerljiva, dakle teorijom detektora. Sigurno je da niko od ovih posljednih za dizajniranje detektora ne koristi kvantnu kromodinamiku. Još uvijek ključnu ulogu u detekciji elementarnih čestica igraju njihova elektromagnetna svojstva.

Markov je začetnik i ideje, po kojoj se fizikalna realnost svodi na fenomenologiju makroskopskih mjernih uređaja:

"Pod fizičkom realnost se shvata ta forma realnosti, u kojoj se realnost javlja u makropriboru."[11]

"Saglasno kvantnoj teoriji, jednoznačno određenje pojma fizičke realnosti uključuje u sebe kao neophodni element ukazivanje na eksperimentalni uređaj, pomoću kojeg se dobijaju rezultati koji se odnose na datu fizičku realnost."[12]

Ako se prihvati ovakvo operacionalističko određenje fizikalne realnosti onda mikroobjekti i mikroprocesi gube svoju ontološku autonomiju i predstavljaju metafizičku dekoraciju u govoru o "položajima kazaljki" makroskopskih eksperimentalnih uređaja.

Da li je moguće pridavati realnost samo makroskopskim efektima, a smatrati nerealnim njihove mikroskopske uzroke? Da li je foton položaj kazaljke koja mjeri jačinu struje foto-elektrona? Da li je alfa - čestica akustički signal u Geigerovom brojaču? Da li je vikon trag leptonski parova u mjehurastoj komori? Da li su neutralne čestice "manjak energije i impulsa" u "relativističkom računovodstvu" koje danas vode moćni kompjuteri?

5.2.2. FIZIKA SPOZNAJNE SITUACIJE

Fokovo uvođenje relativnosti u odnosu na mjerne uređaje u osnovu tumačenja kvantne mehanike svakako je olakšalo mogućnosti reafirmacije ideja Markova. Pri tome je između klasičnih spoznajnih polova - subjekta i objekta, ubačen novi element - makrouređaj. Ako se interakcija mikroobjekta proglasi za determinirajući faktor njihovog ponašanja onda se u epistomologiji dobija nerazloživa fundamentalna tročlana shema: mikroobjekt - makrouređaj - subjekt. Predmet spoznaje nije mikroobjekt nego njegove markoskopske manifestacije u mjernom uređaju, koji je izgradio subjekt. Fizika postaje teorija spoznajne situacije, a ne teorija funkciniranje fizikalnog svijeta. U skladu sa tim bilo je nužno redefinirati i pojam "fizikalne realnosti", koja će sada označavati eksperimentalnu situaciju, i neće imati smisla izvan tog konteksta.

Jedan od predstavnika te struje u marksističkoj epistemologiji je Dišlevyj[13 - 15]. On smatra da se klasična, relativistička i kvantna fizika razlikuju po tome koliko na nivou eksperimenta raste stepen djelovanja sredstava istraživanja na ponašanje istraživanih fizičkih objekata, odnosno, koliko je neophodno ugrađivati to djelovanje u teorijske konstrukcije.

Dišlevyj[16] pogrešno razmatra relativističku fiziku kao prvu fizikalnu teoriju koja uvodi pojam objekta neklasičnog tipa, tj. takvog objekta kod kojeg se ne mogu zanemariti fizička sredstva istraživanja, i u kojoj "fizičar dobija ne samo informaciju o fizičkoj pojavi "samoj po sebi" nego, također, i o uticaju sredstava istraživanja."

U specijalnoj teoriji relativnosti se napuštaju klasične predstave o prostorno - vremenskim relacijama, ali se smatra da smo u stanju da dobijemo neophodne parametre za proračun budućeg stanje sistem (npr. koordinate i impuls čestice), naravno, u određenom inercijalnom sistemu. Fizički proces teče na različite načine u različitim inercijalnim sistemima, ali su "slike" povezane preko Lorentzovih transformacija, koje obezbjeđuju invarijantnost zakona pri prelazu iz jednog u drugi inercijalni sistem.

Pošto, u principu, nema ograničenja na broj inercijalnih promatrača (sa njihovim sredstvima istraživanja!), jasno je da bi ovisnost deskripcije fizikalnih procesa o sredstvima istraživanja dovela do toga da bi fizika kao nauka bila nemoguća. U specijalnoj teoriji relativnosti se, suprotno mišljenju Dišlevija, smatra da proces mjerenja ne utiče na tok procesa ili na svojstva izučavanog objekta.

Po Dišlevyju[17] je "polazna spoznajna relacija u metodologiji fizike XX vijeka... karakterizirana preko tri člana: fizički objekt, uslovi spoznaje i promatrač." On tvrdi da se ta tročlana shema spoznajnog odnosa ne javlja kao jedna od mogućih interpretacija postavki dijalektičko - materijalističke gnoseologije, nego da se ona neophodno realizira u novoj gnoseološkoj situaciji, kada se u teorijsku fiziku uvodi opis, ne samo objekta, nego i procesa i sredstava međudjelovanja subjekta sa njim. Dišljevyj smatra da taj momenat suštinski opredjeljuje konceptualnu strukturu savremene fizike.

Iako Dišlevyj veoma pažljivo rukuje terminom "subjekt" njegova koncepcija frapantno liči na Heisenbergova razmišljanja. Tome utisku doprinosi i njegovo citiranje Heisenberga:

"To što opažamo nije sama priroda, nego priroda koja se pojavljuje u onom vidu u kojem se ispoljava zahvaljujući našem načinu postavljanja pitanja."

"U prirodoznanstvu nas ne interesira Svemir u cjelini, koji uključuje i nas same, nego samo njegov određeni aspekt, koji smo učinili objektom našeg istraživanja."

Ove misli oblikuje Dišlevij glomaznijim kombinacijama rijeći:

"Polazeći od priznavanja postojanja vanjskog svijeta izvan i nezavisno od naše svijesti, dijalektičko - materijalistička filozofija, u skladu s tim, smatra da se osnovom spoznaje javlja materijalno - praktično međudjelovanje čovjeka, kao predstavnika društva (subjekt spoznaje), sa vanjskim svijetom, koji se

pojavljuje u vidu objekta spoznaje. U teoriji spoznaje, pod objektom spoznaje... se shvaćaju bilo kakvi fragmenti materijalnog svijeta i njihove veze... prema kojima je usmjerena praktična i teorijska djelatnost subjekta. U tom smislu... fizičke stvari i procesi ... zadobijaju svojstvo "biti objekt", - samo stupajući u međudjelovanje sa subjektom."[18]

Mora se reći da je postojanje međudjelovanja sa spoznajnim subjektom, ako se međudjelovanje shvaća u fizikalnom smislu, prejak uslov da bi se neki objekt smatrao predmetom spoznaje. Pošto je međudjelovanje uvijek bilaterarno to znači da bi predmet spoznaje bili samo objekti i procesi na koje subjekt može aktivno djelovati, što je sklad sa kopenhagenskom filozofijom da je nemoguće izdvojiti mikroobjekt iz konteksta spoznajne situacije, tj. odvojiti ga od mjernih uređaja.

Ovdje je potrebno napomenuti da nije uvijek moguća aktivna intervencija, bilo da se radi u eksperimentu u laboratoriji bilo da se teorijski modeliraju procesi, koje je nemoguće istraživati u laboratoriji. Za prvi slučaj se mogu navesti eksperimenti u kojima se traži raspad protona. Raspad protona određuju procesi takvog energetskog nivoa da je malo vjerovatno, ukoliko se ne desi neki fantastični preokret u tehnologiji, da ćemo se moći aktivno miješati u njihov tok, kao što je slučaj sa procesima unutar atoma, jezgra ili čak samog protona.

Podesno ubrzanim česticama možemo dobiti važne informacije o strukturi i procesima unutar tih mikroskopskih objekata. Takvi eksperimenti se mogu shvatiti kao "miješanje" u tok prirodnih procesa, ali treba uzeti u obzir da se pri tome ne smatra da se u te procese uvode neke subjektivne crte. To mješanje je omogušeno i odvija se u skladu sa fundamentalnim interakcijama, bez čijeg teorijskog opisa, u kojem nema nikakvog pozivanja na "spoznajnu situaciju", ne bismo ni mogli razumijeti takve eksperimente.

Na procese u ranoj evoluciji Kosmosa ni u kom slučaju ne možemo aktivno uticati, što znači da moramo prihvatiti da u njima nije ključnu ulogu igralo međudjelovanje sa mjernim uređajima, a onda ni sa subjektom. Međutim, ipak u njihovom izučavanju primjenjujemo kvantnu teoriju da bismo proračunali njihove efekte i da bismo mogli, eventualno, eksperimentalno registrirati neke njihove posljedice.

Da su ove eksplikacije neophodne pokazuje Dišlevvjeva određenja predmeta kvantne mehanike:

"Kvantna mehanika - fizička teorija, izgrađena kopenhagenskom školom fizičara na čelu sa genijalnim danskim fizičarem Nielsom Bohrom, je teorija fizičkih pojava atomskih dimenzija, koja očigledno uzima u obzir suštinski (i neodvojiv) uticaj sredstava istraživanja na izučavane fizičke pojave."[19]

Formalizam nigdje očigledno ne uzima u obzir uticaj mjernih uređaja, što je jasno svakome ko je upoznat sa Schrödingerovom jednadžbom, ili ko je čitao Heisenberga ili von Neumanna, koji eksplicitno kažu da se formalizam odnosi na mikroskopske sisteme koji su izolirani od vanjskog svijeta, a prvenstveno od mjernih uređaja. Problem mjerenja, koji još uvijek nije konzistentno riješen, se javlja kada se želi dati veza između predviđanja teorije i onoga što se zapaža u laboratoriji.

Dišlevyj se posebno zanimao pojmom "fizikalna realnost" i pokušao je da ga definira kao područje spoznajne aktivnosti subjekta, tj. da fiziku svede na opis spoznajne situacije:

"Sadržaj termina "fizička realnost" povezan je, sa jedne strane, sa kategorijom materijalnog svijet ili objektivnom realnošću, i, sa druge strane, sa kategorijama objekta i subjekta spoznaje (sa karakteristikama polaznog spoznajnog procesa)."[20]

U svojoj klasifikaciji objektata fizičke nauke Dišlevyj zaboravlja njihov fundamentalni ontološki status, svodeći ih na partnere mjernih uređaja u eksperimentalnoj fenomenologiji ili na "idealnu sliku" u teoriji:

"Pod objektima fizičke nauke podrazumijevaju se bilo kakvi fragmenti materijalnog fizičkog mira i njihove veze ili isto tako njihove idealne slike, na koje je usmjerena ili materijalno - praktična ili teorijska djelatnost istraživača. Objekti fizičke nauke razmatraju se na nivou eksperimenta (polazni gnoseološki odnos) i na nivou teorije, teorijskog znanja (izvedeni gnoseološki odnos)."[21]

Nema sumnje da fizički objekti postaju objekt spoznaje u nabrojanim situacijama, ali se rezultat spoznajne aktivnosti ipak mora povezati sa svojstvima i procesima na ontološkom nivou, tj. sa onim što objekti jesu i kada nisu predmet praktično - materijalne djelatnosti spoznajnog subjekta.

Kvantna teorija je teorija kvantnih procesa koji se odvijaju neovisno o postojanju spoznajnog subjekta. Ona je testirana u nizu konkretnih eksperimentalih situacija, ali je pri tome bilo bitno uzeti samo one aspekte eksperimentalne situacije, koje je moguće ugraditi u Schrödingerovu jednadžbu. To nikada nije cjeli mjerni uređaj nego onaj njegov dio u kojem se odigrava fundamentalni proces. U procesu rasijanja elektrona na nukleonima to je elektromagnetna i slaba interakcija elektrona i strukturnih elemenata nukleona (valentni kvarkovi i "more" kvar - antikvark parova).

Fundamentalna pretpostavka u teoriji nastanka hemijskih elemenata je da se fotojonizacija atoma vodika vrši na isti način (u skladu sa zakonima kvantne teorije!) i ranoj vasioni i u laboratorijskim uslovima. Naravno, ispitivanje tog procesa pomoću sofisticiranih eksperimentalnih uređaja je bilo nužno da se naše znanje provjeri i precizira, ali odatle ne treba izvlačiti zaključak da je to znanje relativnog karaktera u odnosu na laboratorijski hardwear.

Dyšlevyj često ponavlja tezu o autonomnoj egzistenciji vanjskog svijeta:

"Izvan i nezavisno od svijesti istraživača postoji materijalni fizički svijet"[22]

Međutim, uz nju odmah ide i njena relativizacija:

"Objekt fizičke nauke može biti samo dio, aspekt fizičkog svijeta, koji je pao u vidno polje istraživača i njime aktivno usvojen"[23]

To je i suština razdvajanja pojmova "materijalni fizički svijet" i "fizička realnost" posredstvom uvođenja aktivnosti istraživača. Fizički objekti postaju "eksperimentalni objekti", dok "teorijski objekti" služe za njihovu koordinaciju i logičku

rekonstrukciju. Pojam "materijalnog fizičkog svijeta" postaje samo make - up, koji skriva pozitivističke i instrumentalističke nedostatke koncepcije.

Opširnije istraživanje problema realnosti prisutno je knjizi "Dijalektički materijalizam i problem realnosti u savremenoj fizici"[24], koju su sa Dyšlevyjem napisali Bažan i Luk'janec, ali u njoj nema bitnog pomaka u odnosu na definiciju "fizikalne realnosti"[25] i klasifikaciju "fizikalnih objekata"[26].

Naravno, opet se podvlači suštinski uticaj mjernih uređaja na istraživani objekat:

"Stanje istraživanog fizičkog sistema na suštinski način zavisi od primjenjenih sredstava istraživanja (na primjer, suštinski uticaj na kvantne objekte mjernih uređaja - tjela makroskopskih dimenzija)."[27]

Moraju se još jednom ponoviti pitanja:

Na koji način spektrografski uređaj (sočiva, prizma i foto - ploča) utiču na proces emisije svjetlosti iz atoma vodika? Na koji način utiče mjerenje pozadinskog zračenja na proces njegovog nastanka?

Jedini mogući odgovor je: Ni na koji način, osim ako se ne pretpostavi postojanje nekog misterioznog retroaktivnog djelovanja. Međutim, takva pretpostavka izlazi iz okvira fizike i spada u misticizam.

Naravno, ako želimo da izučavamo raspodjelu elektrona unutar atoma, onda moramo razrušti atom, ali tada se ne može govoriti o procesima emisije u stacionarnom stanju. Ako se smatra da kvantna mehanika opisuje stacionarna energetska stanja, kao i vjerovatnoće prelaza između njih (te vjerovatnoće određuju intezivnost spektralnih linija!), onda teza o nedvojivosti ponašanja mikroobjekata od njihove interakcije sa mjernim uređajem ne može biti univerzalna. To posebno postaje jasno kada se i u eksperimentima u kojima se pomoću ubrzanih elektrona direktno miješamo u "unutrašnji život" atoma, ponovo pojavljuju iste vrijednosti energetskih nivoa. Odatle slijedi da mikroobjekti mogu imati određenje karakteristike dinamičke prirode (osim podataka u karti identiteta, kao što su masa mirovanja, naboj, spin,...) koje im pripadaju per se.

Iako Bažan, Dišlevyj i Luk'janec na više mjesta ističu postojanje objektivne realnosti i fizikalnu realnost smatra njenim segmentom, ipak dosljedno slijede antiontologijsku filozofiju kopenhagenskog tumačenja. Mikroobjekt po sebi se u teoriji pojavljuje ili kao "matematička struktura" ili kao nešto o čemu se ništa ne može reći, jer se i samo postojanje mikroobjekata određuje kao "potencijalno", a ne kao "aktualno":

"Pošto upravo Schrödingerova jednadžba opisuje kvantni objekt, predstavljajući ga kao supstrat onih veličina, formalno izraženih raspodjelom vjerovatnoća, onda se objekt u samoj teoriji pojavljuje u vidu matematičke strutura."[28]

"Kvantna mehanika ne utvrđuje ništa o objektu istaživanja "samom po sebi", ona jednostavno ne raspolaže takvim pojmom, i zbog toga se problem šta je kvantni objekt "sam po sebi" u nekom momentu vremena - korpuskula i val jednovremeno ili ni korpuskula ni val - u njenim okvirima ne pojavljuje i, prirodno, ne rješava."[29]

"... Objektivna realnost ne može biti unaprijed određena kao "postojanje", "posjedovanje takvih i takvih karakteristika" i t.d., nego kao mogućnost "postojanja" ("bivanja"), mogućnost "posjedovanja takvih i takvih karakteristika" i t.d."[30]

"... Kvantna mehanike nije uopće teorija "predmeta" u primitivnom, klasičnom (ili, bolje, svakodnevnom) shvatanju te riječi; to je prije "teorija stanja", o čijem supstratu kvantna mehanike prije svega predpostavlja vjerovatnoću tih stanja."[31]

Jasno je da se u ovakvoj filozofiji pojam kvantnog objekta pojavljuje ka nužno zlo, koje bi u dosljednoj varijantu trebalo izbaciti:

"Budući da je kvantna mehanika prinuđena koristiti klasične pojmove ("stanja"), ona ne može izbjeći i klasični problem "nosioca" tih stanja. Ona ga pretpostavlja pod imenom "atomski sistem", "kvantni objekt" i t.d., ali ga karakterizira samo vjerovatnoćama stanja. Zbog toga "objekt" u kvantnoj mehanici istupa kao "komplementarnost akcidenciji", a valna funkcija je matematički izraženo očekivanje tih "akcidencija" ili, u fizičkoj interpretaciji, izraz potencijalnih mogućnosti "zadanih" stanja."[32]

Pojam objekta se javlja samo kao relikt klasičnih pojmova, kao nosilac mogućnosti. Stavljanjem naglaska na mogućnosti u njihovu sjenu pada kvantni objekt i u teoriji se javlja samo zbog toga što je nemoguće govoriti o tendencijama, mogućnostima i stanjima, bez spominjanja na šta se ti pojmovi odnose. Dalje rastvaranje kvantnog objekta je insistiranje da se spomenute tendencije odnose ne njegovo međudjelovanje sa mjernim uređajem, pri čemu je dominantan uticaj mjernog uređaja na ponašanje kvantnog objekta. To je vidljivo i u najmekšim eksplikacijama te filozofije:

"... Bezuslovno je pravilna tvrdnja da mikrosvijet postoji objektivno, izvan i nezavisno od svijesti istraživača, ali bi bilo neprirodno dokazivati da su tragovi u Wilsonovoj komori (opisani atomskom fizikom) nastali nezavisno od djelovanja Wilsonove komore na elementarne čestice."[33]

Ono što se zapaža u mjernim uređajima je produkt interakcije mikroobjekta i njegovog radnog dijela. Treba li naglašavati da tu nema nikakvog misterioznog uticaja mjernog uređaja na mikročesticu? Sve što se dešava opisuje se poznatim interakcijama mikročestice i čestica koje čine mjerni uređaj. Bez toga bi bilo nemoguće konstruirati mjerni uređaj. Dakle, konstruktori specifičnih mjernih uređaja moraju imati u glavi fizikalnu osnovu za rad mjernog uređaja, a to znači da moraju, u osnovi, razmišljati na sljedeći način: "mikročestica" sa tim i tim svojstvima u uređaju izaziva te i te efekte. Na taj način je konstruisana Wilsonova komora, ali i svi današnji mjerni uređaji.

Što se tiče tragova u Wilsonovoj komori treba reći da se ne radi o djelovanju Wilsonove komore na elementarne čestice, nego o procesu jonizacije pojedinih atoma pored kojih je prošla naelektrisana čestica, te bi se moglo reći da su samo oni, kroz proces elektromagnetne interakcije djelovali na prolazeću česticu.

Bila bi bizarna stvar naglašavati da u procesu međudjelovanja visokoenergetske čestice sa pojedinim atomima Wilsonove komore dolazi do izražaja relativnost u odnosu na atome, koji su se slučajno našli u njenoj blizini. Naime, sama mogućnost njihovog elektromagnetnog međudjelovanja, a i zakon po kojem se odvija, ne

zavisi ni najmanje od činjenice da li su ti atomi u Wilsonovoj komori, koju je izgradio spoznajni subjekt, ili su negdje u intergalaktičkom prostoru.

Međutim, Bažan, Dyšlevyj i Luk'janec ne priznaju translaboratorijsku upotrebljivost eksperimentalnih podataka:

""Fizička realnost" karakterizira eksperimentalnu osnovu konkretne fizičke teorije i izvan uslova spoznaje je lišena bilo kakvog smisla."[34]

Ova izjava implicitno znači da se spoznaje o kvantnim procesima koje smo dobili u konkretnim "uslovima spoznaje" ne mogu primjenjivati i izvan njih? U konkretnim uslovima spoznaje dolaze do izražaja univerzalni kvantni zakoni i stoga kada se fizička realnost svede na "eksperimentalnu osnovu" teorije mora doći do ovakvih nepravilnih tvrdnji. Procesi koji se izučavaju u laboratorijama fizike elementarnih čestica služe za svojevrsni kosmički vremeplov u najraniju mladost Kosmosa.

Za razliku od ljudske istorije gdje se točak povijesti ne može vratiti natrag, reprize pojedinih detalja iz biografije kosmosa su moguće i predstavljaju dragocjenu informaciju o njegovoj evoluciji. Ako bi doista svojstva kvantnih procesa bila relativna u odnosu eksperimentalne uslove onda bi bilo potpuno neshvatljivo zašto je moguće koristiti informacije iz eksperimenata izvedenih na nekoj planeti jedne od mnogih zvijezda jedne od mnogih galaksija da bi se dobila eksperimentalno provjerljiva znanja o kritičnim fazama u razvoju Kosmosa.

Osnova ovog odricanja translaboratorijskog znanja je opet vjerovanje da djelovanje mjernog uređaja daje suštinsko određenje laboratorijskim rezultatima, zbog čega oni nemaju univerzalnu važnost i ne mogu se primjenjivati izvan konteksta tog djelovanja. Takva filozofija je evidentna u naivnom pitanju:

"Kako je uopće moguće istraživati fizičke pojave, ne djelujući na njih mjernim uređajima?"[35]

Pitanje je, dakle, da li bi bilo moguće izgraditi kvantnu mehaniku koristeći procese mjerenja u kojima nema bitnog uticaja mjernog uređaja na izučavani proces?

Ako se pogledaju ključni eksperimentalni rezultati, koji su doveli do izgradnje kvantne mehanike vidi se da ni u jednom nije bio bitan uticaj mjernog uređaja na tok pojave koju je trebalo teorijski shvatiti. To znači da je to insistiranje lažno filozofsko objašnjenje "suštine" kvantne mehanike.

Mjerenje energetske raspodjele u spektru zračenja crnog tijela ili jačine fotoelektrične struje ne utiče na proces emisije zračenja ili na interakciju svjetlosti i supstance. Mjerenje dužine spektralnih linija ne utiče na proces emisije svjetlosti. To su, međutim, eksperimenti čije je objašnjenje dovelo do izgradnje kvantne mehanike.

Taj povijesni detalj dovodi u sumnju stav da je nemoguće razumijeti kvantnu mehaniku, ako se ne uzme u obzir djelovanje mjernog uređaja na ponašanje mikroobjekta, ne u vidu modifikacije

hamiltonijana u Schrödingerovoj jednadžbi, nego u vidu nerazložívog uticaja spoznajne situacije na eksperimentalnu fenomenologiju u ravni interpretacije.

Naravno, neko može prigovoriti da je trebalo pobuditi crno tijelo i atome vodika na zračenje i da bez toga ne bi bilo moguće otkriti zakone zračenja i spektara. Međutim, pri tome se radi o reprodukciji pojave u laboratorijskim uslovima, a ne smetanju pojave. Da se ne sumnja u činjenicu da te pojave teku na isti način i u prirodnim uslovima, govori i primjena otkrivenih zakona u astrofizici.

Ono što je bitno je to kvantni procesi dovode do efekata koji se mogu eksperimentalno detektirati. Bez toga bi fizika mikrosvijeta bila nemoguća, a bez direktnog miješanje u tok mikroprocesa i njihove direktne realizacije u laboratoriji, ona može, a nekad i mora napredovati. To uvjerljivo demnostrira, da istaknem još jedan put, fascinatna saradnja fizike elementarnih čestica i kosmologije.

5.3. JEDINSTVO SUBJEKTA I OBJEKTA

Kritičke primjedbe koje su upućene Markovu i Dišlevyju se mogu primjeniti i na Supekovo shvaćanje kvantne mehanike. Što se tiče njenog predmeta Supek nudi sljedeće ideje:

- kvantna mehanika opisuje transformacije mikroorelanosti u mikroskopski okvir[36];

- kvantna mehanika se odnosi istraživački akt[37] ili, preciznije, na međudjelovanje istraživača i atomskih procesa[38].

Već je spomenuto da su pravi predmet kvantne teorije mikroprocesi, a da proces transformacije efekata tih mikroprocesa u makroučinke nije primarni predmet teorije. Naprotiv, problemi sa kvantnomehaničkom teorijom mjerenja pokazuju kako još nema konzistentnog objašnjenja prelaza iz svijeta mogućnosti u svijet činjenica, dakle, upravo je problematično ono što Supek označava kao predmet kvantne mehanike.

Mogućnost da se kvantna mehanika primjenjuje i na proračun efekata procesa u kojima nema međudjelovanja sa istraživačem, govori da ni drugo određenje predmeta nije bez teškoća.

I Supek, kao Markov i Dišlevyj, smatra da je spomenuto određenje predmeta kvantne mehanike nužna posljedica Marxovih teza o Feuerbachu, kojima se afirmira aktivni subjekat:

"Sjedinjujući istraživača s prirodom, kvantna teorija je humanizirala staru, objektivno orijentiranu filozofiju prirode, a da nije upala u Protagorin subjektivni relativizam ("čovjek je mjera stvari"). Između tradicionalnih opreka subjektivnog i objektivnog, determiniranog i samovoljnog, nužnog i slobodnog, udaren je novi, sintetski put. S obzirom na ideološke nesporazume valja istaći da i Marxove teze o Feuerbachu anticipiraju takav znastveni obrat kad iskazuju jedinstvo subjekta i objekta, primarnost ljudskog rada, a promašaj starog materijalizma da promatra svijet samo pod formom objekta. Zacijelo, kvantna teorija ne ostaje pri dilemama njemačke filozofije, nego razrađuje odnos istraživača i prirode s pomoću opsežnog matematičkog aparata, u prikljućku na mjerenja."[39]

Nije problem složiti se da je osnova spoznaje jedinstvo subjekta i objekta kroz materijalnu i teorijsku aktivnost u spoznajnom činu, ali to ne bi smjelo da implicira odricanje objektivnih svojstava mikroobjekata izvan procesa mjerenja:

"Nema smisla pitati kakva svojstva ima elektron prije eksperimenta. Fizika je esencijalno povezana sa mjerenjem... i teško da je smisleno govoriti o fizikalnoj realnosti izvan tog dobro ustanovljenog fizikalnog okvira."[40]

Ako smo elektronu pridružili masu, spin, električni naboj da bi smo objasnili neke rezultate mjernih operacija, zašto ih elektron ne bi mogao imati i prije mjerenja?

Upravo te veličine, po Bornovom mišljenju omogućavaju, zbog svoje invarijantnosti u odnosu na različite eksperimentalne situacije, da o realnosti elektrona govorimo na isti način kao i o realnosti predmeta koji nas okružuju. Stvarno je filozofski ekstravagantno poricati realnosti mikrosistema, a priznavati egzistenciju tijela koja su od njih načinjena. Izjava da smo sigurni u postojanje atoma nema mnogo smisla ako nismo u stanju da atomu pridružimo bar neka svojstva. Ne možemo insistirati da atome opisujemo pomoću klasične fizike, ali je također problematično tvrditi da je dozvoljeno govoriti o naboju makroskopskih tijela, a osporiti takvo svojstvo u slučaju elektrona i protona, pogotovo ako je naboj makroskopskih tijela teorijski interpretiran kao posljedica viška ili manjka elektrona u odnosu na broj protona.

Da li doista kvantni sistem u aktu mjerenja stiče sva svoja svojstva ili mu neka moramo pripisati i prije da bi smo mogli opisati njegovu interakciju sa mjernim uređajem. Poseban je problem što postoji niz situacija kada atomski sistemi nisu u kontaktu sa mjernim uređajem, kada se kvantni prelazi dešavaju neovisno o njima i kada mjernim uređajim samo registriramo makroskopske efekte procesa koji se već desio. Bilo bi teško prihvatiti da su raspadi elementarnih čestica uzrokovani mjernim uređajima. Mnogo je razumnija pretpostavka da su oni posljedica procesa unutar mikročestica (na primjer, hadrona), koji se odvijaju na isti način, bez obzira da li se mikročestica nalazi u mjernom uređaji ili negdje daleko u Kosmosu.

Pokazuje se da su sudbina i struktura Kosmosa veoma senzitivne u odnosu na vrijednosti fundamentalnih fizikalnih konstanti, među koje spadaju i mase i naboji elementarnih čestica (npr. elektrona). Bilo bi gotovo fantastično da se sve to promatra kao rezultat mjerenja koje će eventualno biti vršena na nekoj nevažnoj planeti u krajnje neizvjesnom vremenskom trenutku. Time filozofija antropskog principa postaje još apsurdnija i nevjerovatnija!

Pošto Supek odriče mikroobjektima svojstva prije mjernog akta nije čudno da odriče i realnost mikroprocesa:

"Kvantna mehanika ne kazuje o samim atomskim procesima. Atomski se procesi ne daju prikazati kao objektivno događanje u prostoru i vremenu... što je mikroproces prije tog svog učinka, besmisleno je pitanje u kvantnoj mehanici."[41]

Moguće je govoriti o mikroprocesu prije učinka u našim aparatima, jer je to nužno da bismo uopće napravili kvantnomehanički proračun. Kvantna mehanika uvodi niz pojmova koji nemaju smisla u makroskopskoj fizici ali su nužni za razumijevanje kvantnih procesa. U eksperimentalnom istraživanju doista uvijek ostajemo zatvoreni u makroskopskom okviru, ali u teorijskom osmišljavanju dajemo krila našoj naučenoj mašti.

Međutim, provjere koje slijede govore o tome koliko su "maštarije" teorijskih fizičara valjane. Konzistentna slika svijeta nije moguća ako se znanje proglasi relativnim u odnosu na naše eksperimentalne uređaje ili ako se smatra da tek mjerni akt ozbiljuje "nezbiljske mikroprocese".

Da li je izjava da je transformacija jedno d-kvarka u u-kvark unutar neutrona, uz emisiju negativnog vikona, koji se raspada na elektron i elektronski antineutrino samo mašta ili joj odgovara nešto u realnosti? Da li je, doista, ontologija samo zloupotreba svakodnevnog jezika? Da li su kvarkovi stvarni objekti ili su samo matematičke fikcije, koje se koriste da se sistematizira svijet hadrona? Oni ljudi koji zamišljaju eksperimente sigurno vjeruju u njihovu realnost.

Pogledajmo još jednu varijaciju koncepta "objekta bez svojstava", ovaj put bez prostorno - vremenske egzistencije:

"Nema smisla pitati gdje su elektroni ili fotoni prije vidljivih učinaka u nuklearnim emulzijama... Prostorno - vremenske predodžbe vezane su s našim antropomorfnim strukturama."[42]

Na koji način nastaju vidljivi učinci u emulzijama? Interakcijom elektrona i atoma emulzije, pri čemu je interakcija opisana zakonima koji zahtijevaju da čestice koje međudjeluju ne budu izvan dosega interakcije. Dakle, elektron koji je ostavio trag u emulziji, nije mogao biti, sekundu prije interkcije, u blizini Sunca, nego je morao biti u blizini emulzije. Vjerovanje da je elektron prije interakcije bilo gdje, što znači i proivoljno daleko, predstavlja ekscentričnu poziciju, koja nije u skladu sa materijalnim karakterom međudjelovanja, a ni sa znanstvenom praksom, posebno eksperimentalnom.

Moderna eksperimentalna tehnika u fizici elementarnih čestica je postigla gotovo fantastičnu kontrolu stanja mikroobjekta prije odlučujućih procesa u mjehurastoj komori ili drugim tipovima detektora. Dakle, tu pitanje "gdje se u CERN-ovom Super Protonskom Sinhotronu nalaze protoni i antiprotoni prije sudara?" ima odlučujuću značaj za uspjeh eksperimenta i nikako nije besmisleno. Proton i antiproton, da bi se sudarili moraju biti dovedeni na zapanjujuće mala rastojanja. Tačno je da se u procesu "stohastičkog hlađenja" protona i antiprotona nema kontrola nad njihovim pojedinim pozicijama i impulsima, ali je lokalizacija u konfiguracionom i impulsnom prostoru takva da osigurava dovoljno veliku vjerovatnoću i efikasnost sudara. U svakom slučaju eksperimentatori su sigurni da imaju posla sa objektima koji realno postoje i ponašaju se u skladu sa zakonima kvantne mehanike i da se sve to odvija u uslovima fascinantne prostorne i vremenske kontrole.

Insistiranje da je međudjelovanje subjekta i objekta u istraživačkom činu osnova za shvaćanje kvantne mehanike, dovodi do fundamentalnog značaja mjernih operacija:

"Tek istraživačkim zahvatom biva fizičko stanje uspostavljeno. Svojstva ili vlastite vrijednosti atomskog sistema iznuđene su mjernim činom... U činu mjerenja atomski sistem bira kakve će vrijednosti poprimiti. Stvar nije samo u izboru, nego i u uspostavljanju ili stvaranju tih svojstava u istraživačkom zahvatu."[43]

Da li je moguće govoriti da su energetska stanja elektrona u atomu vodika stvorena u istraživačkom zahvatu? Da li je beta - raspad neutrona na neki način povezan sa činjenicom da se ljudi bave ili ne bave njegovim istraživanjem? Zar nije jednostavnije da čin mjerenja samo registrira "izbor" atomskog sistema? Broj ovakvih pitanja se može povećati, što pokazuje da je izdvajanje čina mjerenja u proces koji je centralni, ne za spoznaju prirode, što je normalno, nego i za sam način egzistencije njenih fundamentalnih objekata, predstavlja filozofski dodatak, koji je u oštrom neslaganju sa naučnom praksom.

Rečeno je da je Heisenberg vidio uzrok statističnost mjernih rezultata u podjeli svijeta na objekt istraživanja i ostatak svijeta, tj. u nemogućnosti poznavanja mikroskopske strukture "ostatka svijeta", koja, sa svoje strane, utiče na statističko ponašanje mikroobjekta. Šupek govori o sjedinjavanju subjekta i objekta u aktu istraživanja, kao uzroku vjerovatnosnog opisa, ali i o relativnosti njihove relacije:

"Vjerojatnost je ... ukorijenjena u istraživački čin, u cjelinu istraživača s njegovim mjernim napravama i atomskih procesa. Vjerojatnost se, dakle, ne osniva na nekom subjektivnom iščekivanju niti je to objektivno svojstvo prirode. Statistički zakon izlazi iz ljudskog mjernog postupka."[44]

"Kvantnom teorijom, koja je usidrila statističku regularnost u interakciju između istaračivača i prirode, problem objekta i subjekta postaje relativiziran."[45]

Iz jedinstva subjekta i objekta, pored statističnosti kvantnomehaničkih zakona slijedi i odricanje postajanja ontološkog kriterijuma, koji bi bio nezavisan od ljudskog istraživanja ili egzistencije:

"U kvantnoj teoriji su sva svojstva i relacije ukorijenjene u interakciju ljudi i prirode. To je razlog da ne možemo koristiti neki ontološki kriterijum koji je nezavisan od ljudskog istraživanja ili egzistencije. Istina je utjelovljena u gusti splet naših postupaka i misli. "Istina" je ono što je prikladno, ono što pristaje uz cijelo polje istraživanja, ono što proširuje naš koncept realnosti."[46]

Per definitionem, ne možemo ništa znati o onome što nije na neki način povezano sa našim istraživanjem, kojem je naše postojanje trivijalan preduslov. Međutim, u istraživanju se možemo pitati i o svojstvima svijeta u vremenima kada nismo postojali, ni mi ni naši mjerni instrumenti, kao na primjer u kosmologiji. Istraživanja nam, dakle, mogu dati i znanja o svijetu bez nas. Naravno radi se o našim znanjima, koja moramo provjeriti pomoću instrumenata, koje smo kostruirali u skladu sa našim teorijama, ali je bitno da nauka transcendira ne samo tehnološke strukture laboratorije nego i čovjekov neposredni planetarni okoliš, i u prostoronom i u vremenskom smislu.

Ako kosmologija i astrofizika nisu intelektualna zabluda čovječanstva u smislu bavljenja lažnim problemima, onda se mora vidjeti slabost argumentacije da se nauka odnosi samo na direktnu interakciju između čovjeka i prirode, na djelatno jedinstvo subjekta i objekta. Ta izjava ima svoj puni smisao u epistemološkoj relaciji subjekta i objekta, ali je pogrešno izvlačiti odatle i ontološke konsekvence. To predstavlja površno čitanje Marxa, koji nigdje nije negirao postojanje materije koja nije obuhvaćena procesom rada. Graditi taj svijet od objekata bez svojstava, koji svoju realnost postižu tek kroz interakciju sa mjernim uređajem ili spoznajnim subjektom, predstavlja prefinjeni način njegove teorijske destrukcije. To je ujedno i krajnja konsekvenca pristupa u kojem se problemi kvantne mehanike rješavaju u epistemološkoj ravni.

* * *

NAPOMENE

1) M.A.Markov, O prirode fizičeskogo znanija, Voprosy filosofii 2 (1947) 140 - 176

2) Ibid, s. 165

3) Ibid., s. 164.

4) Ibid., 161.

5) Ibid., 161.

6) Ibid. 141.

7) Ibid., s. 141.

8) Ibid., 153.

9) Ibid., 170.

10) I Markov je prihvatao tu hipotezu. Vidi M.A.Markov, O pojmu pramaterije, u zborniku Teorija spoznaje i savremena fizika, Fizički institut AN SSSR "P.N. Lebedev", Moskva, 1972. (na omotu, a unutra 1971.), 7 - 26

11) M.A.Markov, O prirode fizičeskogo znanija, Voprosy filosofii 2 (1947) s. 163.

12) Ibid., s. 163.

13) P.S.Dišlevyj, Voprosy filosofii 6 (1969) 68 - 77.

14) P.S.Dišlevyj, "Objekt, subjekt i uslovi spoznaje u fizici" u knjizi "Metodološki problemi teorije mjerenja", Naukova dumka, Kijev, 1966.

15) P.S.Dišlevyj, "Evolucija "principa opisivanja" u fizičkoj spoznaji" u knjizi "Filozofske osnove prirodnih nauka", Nauka, Moskva, 1976.

16) P.S.Dišlevyj, Voprosy filosofii 6 (1969) 68 - 77.

17) Ibid.

18) Ibid. Insistiranje na nužnosti "međudjelovanja sa subjektom" prisutno je i u određenju razlike između kvantne i klasične mehanike, koje su dali P.I.Dišlevyj, Kravčenko i Roženko:

"Osnovna razlika kvantne mehanike od klasične se sastoji u tome što je klasična teorija mogla razmatrati objekt u principu bez odnosa na mogućnost opažanja. U kvantnoj se upravo sredstva opažanja moraju na suštinski način uzeti u obzir. U filozofskom odnosu to označava dubok i složen problem uzajamne veze objekta i subjekta spoznaje, koji je neophodno razmatrati uvažavanjem stava, poznatog u marksističkoj gnoseologiji pod nazivom "aktivnost subjekta". Aktivnost subjekta u datom slučaju označava aktivnu intervenciju u istraživanu pojavu, pomoću kako pribora, tako i teorije, na osnovu koje se razrađuju novi eksperimenti." (P.I.Dyšlevyj, A.M.Kravčenko i N.M.Roženko, Filosofija i fizika, Naukova dumka, Kiev, 1968, s. 96.)

I ovdje treba naglasiti da postoje fenomeni, kod kojih jednostavno nije moguća "aktivna intervencija u istraživanu pojavu". To, naravno, ne sputava spoznajnu aktivnost subjekta, nego, naprotiv, potiče njegovu ingenioznost za indirektnu provjeru teorije. Kosmologijska testiranja fizike elementarnih čestica su fascinatni primjer takve aktivnosti.

19) P.S.Dyšlevyj, Evoljucija ponjatija "fizičeskaja real'nost'" v sovremennoj fizike, u zborniku Filosofskie voprosy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1970, s. 50.

Ova izjava, koja graniči sa idolopoklonstvom prema Bohru i njegovom tumačenju kvantne mehanike, u najjasnije svjetlu pokazuje stupanj nekritičnosti u sovjetskoj filozofiji u procesu spiranja ljage, zadobijene isto tako nekritičkim napadima na predstavnike kopenhagenske škole.

Međutim, ti aspekti spadaju u domen socijalne psihologije, a ovdje je važnija druga stvar. U stvaranju kvantne mehanike, kao fizikalne teorije, učestvovali su, osim Bohra, Heisenberga, Paulija i Borna, koji se mogu uslovno označiti kao predstavnici kopenhagenske škole (preciznije göttingen - kopenhagenske), i Planck, Einstein, de Broglie i Schrödinger, koji joj ne pripadaju. Ono što je izgrađeno u Kopenhagenu je kopenhagenska interpetacije kvantne mehanike i ona se, kako je već nekoliko puta rečeno, ne može poistovjetiti sa njenim matematičkim formalizmom, jer se baš oko filozofskog i fizičkog značenja formalizma mišljenja spomenutih grupa fizičara drastično razlikuju.

20) P.S.Dyšlevyj, Evoljucija ponjatija "fizičeskaja real'nost'" v sovremennoj fizike, u zborniku Filosofskie voprosy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1970, s. 56 - 57.

Slutedi mogućnost prigovora o subjektivizaciji pojma fizikalne realnosti Dišlevyj želi istaknuti da redefinicijom nije dovedeno u pitanje "postojanje vanjskog fizičkog svijeta":

"Uvođenje pojma "fizička realnost" nikako ne mijenja najvažniju pretpostavku fizičkog znanja - priznavanje *postojanja vanjskog fizičkog svijeta nezavisno od svijesti istraživača; nego što više, samo određenje* tog pojma se oslanja na tu pretpostavku." (Ibid., s. 57.)

21) Ibid., s. 59.

22) Ibid., s. 60.

23) Ibid., s. 60.

24) V.V.Bažan, P.S.Dyšlevyj, V.S.Luk'janec, Dialektičeskij materializm i problema real'nosti v sovremennoj fizike, Naukova dumka, Kiev, 1974.

25) "U dijalektičko - materijalističkoj teoriji spoznaje pod objektima spoznaje podrazumijevaju se fragmenti materijalnog svijeta ili njihove veze, materijalni znaci ili njihove strukture, na koje je upravljena praktična i teorijska djelatnost subjekta." (Ibid., s. 14.)

26) "U fizici, kao teorijskoj i eksperimentalnoj nauci, je neophodno razlikovati objekte materijalno - praktične djelatnosti subjekta (ili objekte prvog reda) i objekte teorijske djelatnosti subjekta (ili objekte drugog reda). Prvi predstavljaju taj dio objektivne realnosti, koja je stupila u fizičko

djelovanje sa oruđima spoznajne djelatnosti subjekta u eksperimentu, a drugi - to su različiti nivoi teorijskog osvajanja objekata prvog reda, kao rezultat određenih načina idealizacije u najširem značenju te riječi." (Ibid., s. 15.)

27) Ibid., s. 15.

28) Ibid., s. 241.

29) Ibid., s. 241.

30) Ibid. s. 247.

31) Ibid., s. 250.

32) Ibid. s. 251.

33) Ibid., s. 261.

34) Ibid. s. 262.

35) ibid. s. 262.

36) "Kvantna mehanika ne opisuje mikrosvijet kao "stvar za sebe" već njegovu transformaciju u naše makroskopske okvire." (I.Supek, Spoznaja, Mladost, Zagreb, 1971, 141.)

"Kvantna teorija se prvenstveno koncentrira na transformaciju... doleležajuće realnosti u naš makroskopski okvir." (I.Supek, Genealogy of Science and Theory of Knowledge in R. E. Butts and J. Hintikka (eds.), Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Scince, Reidel, Dordrecht, 1977, 176.)

"Kvantna se prvenstveno odnosi na transformaciju nevidljive realnosti u naš uobičajeni makroskopski okvir." (I.Supek, Science and Humanism, u R.Hilpinen (ed.), Rationality in Science, Reidel, Dordrecht, 1980, 159.)

"Kvantna mehanika ne opisuje nam aktualni mikrosvijet već njegovu transformaciju u naše makroskopske okvire." (I.Supek, Princip kauzalnosti, Kultura, Beograd, 1960, 111.)

37) "Zakoni kvantne mehanike nisu sama priroda negu su zakoni istraživačkog akta koji prodire sve dublje u složenost struktura materije." (I.Supek, Spoznaja, Mladost, Zagreb, 1971, 135. Vidi i I.Supek, Filozofija znanosti i humanizam, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1979, 175.)

38) "Mi spoznajemo atomski ili nevidljivi svijet samo preko njegovih makroskopskih efekata. U skladu sa tom epistemološkom situacijom, zakoni kvantne mehanike se ne odnose na "čisti kosmos" nego na interakciju istraživača (sa njegovim pojmovima i aparatima) i atomskih procesa." (I.Supek, Truth, Freedom and Moral Responsability in Science and Faith, Slovene Academy of Science and Arts, Ljubljana, 1984, 247.)

39) I.Supek, Kvantna teorija - fizika i filozofija, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1976, 7.

40) I.Supek, Genealogy of Scince and Theory of Knowledge in R. E. Butts and J. Hintikka (eds.), Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Scince, Reidel, Dordrecht, 1977, 177.

Eksplicitnije to Supek kaže i ovako: "Za fizičar postoje samo mjereni atomski procesi. Ne možemo govoriti o spinu čestice, koja nije podvrgnuta eksperimentu." (I.Supek, Prelegomena for the Philosophy of Science in Epistemology and Philosophy of Science, Hölder - Pichler - Tempsky, Wien, 1983, 283.)

O spinu se može mnogo toga reći i prije mjerenja. Spin određuje fundamentalnu pripadnost čestica ili klasi bozona ili klasi fermiona. Paulijev princip govori o tome da dva fermiona ne mogu dijeliti isto kvantno stanje i to ima dalekosežne posljedice na strukturu materijalnih sistema od kvarkova u hadronima i atomskih jezgri do elektrona u atomskom omotaču. Pored toga sa spinom je povezan i spinski magnetni momenat koji je također imamentna karakeristika čestica. Postoji niz fenomena koji se objašnjavaju upravo pomoću tog svojstva, a da u njima interakcija sa mjernom napravom nije prisutna. To znači da spin ni na koji način ne možemo tumačiti kao svojstvo koje elementarna čestica stiče u experimentu. Može se doduše govoriti da projekcija spina na neku osu nije precizno definirana prije mjerenja, ali je jasno da se pojam spina ne može u cjelini tretirati kao posljedica interakcije sa mjernim uređajem.

Pojam spina pokazuje, pored mnogih drugih, neodrživost Heisenbergovog metodološkog programa da u teoriju moraju ulaziti samo mjerljive veličine. Teoriju spinskih prelaza elektrona u osnovnom stanju atoma vodika ne možemo izraziti na jeziku frekvencija i intenziteta spektralnih linija zračenja, koje se emitira pri prelazima. Naravno, teorija je u stanju da poveže prelaze iz jednog u drugo spinsko stanje sa frekvencijom i intenzitetom emitiranog zračenja, ali se spin ne može izraziti preko tih veličina. To govori da pojam spina predstavlja teorijsku konstrukciju, čiju stvarnu prirodu još uvijek ne razumijemo dovoljno, mada smo sigurni da je tim pojmom određeno jedno od stvarnih svojstava mikročestica, koje ne može biti svedeno na nešto što nastaje u interakciji sa mjernim uređajem.

Ono koji spin tretiraju kao svojstvo "mjerenog" elektrona treba da znaju da se kvantnoteorijskom opisu govori o stanjima u kojima su spinovi elektrona i protona "paralelni" ili "antiparalelni". Teško je zamisliti da se može govoriti o "paralelnosti" ili "antiparalelnosti" spinova elektrona i protona, ako taj pojam ima smisla samo u interakciji sa mjernim uređajem. Naravno, moguće je reći da se pri tome misli na eventualnu mjernu situaciju u kojoj bi se, u odnosu na bilo koji pravac magnetnog polja, pravci spinova pokazali kao "paralelni" ili "antiparalelni". Međutim, ako se atomi vodika nalaze u magnetnom polju koje "definira" pravac spina, onda dolazi do povećanja broja mogućih prelaza, tj. mijenja se struktura spektra emitiranog zračenja.

41) I.Supek, Kvantna teorija - fizika i filozofija, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1976, 38.

42) I.Supek, Teorija spoznaje, Bibliotheca Enciclopaediae Modernae, Zagreb, 1974, 125.

43) I.Supek, Filozofija znanosti i humanizam, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1979, 163.

44) I.Supek, Heisenbergov obrat u shvaćanju svijeta, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1984, 39.

Ovdje Supek flertuje sa sa Heisenergovom teorijom smetnje, kojom je Heisenberg, u svojim prvim radovima, pokušao da akauzalnost i statističnost objasni utjecajem mjernog postupka.

Ta ideja je jasnije iskazana u sljedećoj izjavi:

"Pripisivanje statističkih zakona samoj prirodi dovodi do apsurda. S druge pak strane, bilo bi pogrešno statističku metodu smatrati posve subjektivnom. Ja mogu očekivati što hoću, to neće utjecati na to hoće li pasti pismo ili glava novčića. Pojam vjerovatnoće ukorijenjen je u suštinu čovjeka i prirode. Mi tu nešto izračunavamo i iščekujemo, ali to nešto je mjereni proces pred nama. Zakoni kvantne mehanike odnose se na interakciju čovjeka i prirode, a ne na samu prirodu (ili na sam duh), pa se stoga i iskazuju statističkim zakonima." (I.Supek, Kvantna teorija - fizika i filozofija, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1976, 37.)

45) I.Supek, Prolegomena for the Philosophy of Science in Epistemology and Philosophy of Science, Hölder - Pichler - Tempsky, Wien, 1983, 284.

46) Ivan Supek, Science and Humanism, u R.Hilpinen (ed.), Rationality in Science, Reidel, Dordrecht, 1980, 153.

5.3. kritike marksističke varijante kopenhagenskog tumačenja -

Kritički prikaz ideja Markova, Dišlevvja i Supeka baziran je na primjerima iz fizike elementarnih čestica i kosmologije, čime se pokušavaju asptraktne ideje "jedinstva subjekta i objekta" i "spoznajne situacije" usporediti sa stvarnom znanstvenom praksom, na koju bi se i trebale odnositi. Smatram da to mora biti karakteristika svakog suočeljavanja različitih gledišta o filozofskim aspektima kvantne mehanike, kao što su pitanja o predmetu kvantnomehaničke deskripcije i ulozi spoznajnog subjekta i mjernih uređaja.

Izložena kritika ideje aktivnog subjekta, ne kao centralne ideje za pravilno razumijevanje procesa spoznaje uopće, a fizikalne posebno, nego kao osnove za principijelno odustajanje od mogućnosti ontološkog fundiranja kvantne mehanike, predstavlja konkretizaciju općih zamjerki najuticajnijoj marksističkoj artikulaciji kopenhagenskog tumačenja, kakve su, na primjer, one koje upućuju Pahomov i Tjapkin, o kojima uskoro biti više govora.

Time se zaokružuje prikaz kritika kopenhageske interpretacije, odnosno, preciznije, jedne od njenih filozofskih elaboracija. Naime, razmotrena kritika Einsteina, Schrödingera i de Brogliea sumirana je u fizikalnim primjerima, kojima se pokušavaju eksplicirati moguće paradoksalne posljedice kopenhagenske interpretacije. Dakle, njihovo neslaganje sa kopenhagenskim gledanjem na predmet i zadatak fizikalne spoznaje nije iniciralo sistematsku filozofsku kritiku kopenhagenskog tumačenja nego konkretne fizikalne prigovore (EPR - paradoks i paradoks mačke) i alternative (teorija dvojnog rješenja). Taj "nedostatak" je višestruko kompenziran impulsom koji je njihova kritika dala znanstvenom razrješavanju problema tumačenja kvantne mehanike.

Teško bi bilo nabrojati sve filozofske rasprave koje su vođene o značaju ideja Bohra i Heisenberga i o interpretacijama tih ideja. Lako je, međutim, ustanoviti da se u javnosti sve glasnije reklamiraju razne idealističke, mistične i religijske derivacije. Bilo bi naivno smatrati tu situaciju samo produktom aksiološkog diktata socijalnog okruženja. I u ovom radu je pokazano da neke ideje Heisenberga impliciraju moguće subjektivističko tumačenje.

Najpoznatiji kritičar takvih filozofskih implikacija kopenhagenskog tumačenja je Popper[1], čiji interes za kvantnu mehaniku traje više od pedeset godina[2]. On smatra da je danas kvantna teorija u "krizi razumijevanja" (crisis of understanding)[3]. Ta kriza je, po njegovom mišljenju, povezana sa dva "sastojka", koja daju bitnu aromu kopenhagenskom coctailu ideja. Jedan je uvođenje subjektivizma u kvantnu teoriju, a drugi shvatanje da kvantna teorija posjeduje kompletnu i finalnu istinu[4].

Dok je Popper tražio oslonac za pravilno razumijevanje kvantne mehanike u novom gledištu na pojam vjerovantnće[5], Bunge, drugi poznati kritičar kopenhagenske interpretacije, vidi izlaz iz krize u proceduri aksiomatizacije. Međutim, striktno gledajući,

Bunge je pokazao mogućnost realističkog čitanje formalizma i semantičkog čišćenja kvantnomehaničkog jezika od naslaga subjektivizma i instrumentalizma.

Bungeova kritika, koja je, kada su u pitanju originalne formulacije kopenhagenske interpetacije, bila u nekim optužbama neopravdana, postaje adekvatnija u odnosu na aktuelnu marksističku terminologiju o aktivnom subjektu, iako joj ta terminologija nije bila direktna inspiracija. To je glavni razlog što je izlažem u ovom dijelu, uz kritike Pahomova i Tjapkina, koje dolaze iz sovjetske filozofije fizike.

5.3.1. PAHOMOVLJEVA KRITIKA

Već je rečeno da je Fokovo tumačenje omogućilo prodor snažne epistemološke struje u sovjetsku filozofiju fizike, koju je predvodio Dišlevyj. Posebno aktivan autor u kritici takve orijentacije je Pahomov. U situaciji kada se oko njega u horu veliča relativnost svojstava mikroobjekta u odnosu na mjerne uređaje i spoznajnu situaciju, on pita:

"Da li je moguće u oblasti kvantnih procesa, na osnovu informacije, koju je moguće dobiti samo u procesu opažanja pomoću pribora, izgraditi teoriju, koja omogućava razmatranje ponašanja i svojstva objekata izvan svakog opažanja, bez međudjelovanja sa priborima ili makroskopskim tijelima kao analogonima pribora?"[6]

Pahomov je protiv takvih varijanti teorije spoznaje, u kojima se razmatra samo način dobijanja znanja, a da se dobijeni rezultati ne ocjenjuju sa stanovišta njihove objektivne istinitosti, tj. postojanja onog sadržaja, koji ne zavisi od ni od čovjeka, ni od čovječanstva, iako je spoznaja rezultat djelatnosti spoznajnog subjekta.

Pahomov priznaje da je istina proces, ali ističe da u tom procesu postoje relativno završeni rezultati, relativno stabilno znanje, koje nužno mora dobiti gnoseološku ocjenu, jer se inače dobija osobita varijanta "dijalektičkog agnosticizma"[7] (proces jeste, rezultata nema).

Iako se pribori stvarno javljaju kao jedinstveni izvori prbobitne informacije o mikrosvijetu, Pahomov smatra da odatle nikako ne slijedi zaključak, da fizička teorija, tobože izgrađena na osnovu tih informacija, mora biti zbog tog razloga razmatrana kao opis uzajamne veze pokazivanja pribora.

Imajući vidu pronalaženje objektivnog sadržaja u fizikalnom znanju, Pahomov, analogno Bornovoj teoriji invarijanata, koje odnosi na atributivne invarijante mikroobjekata u odnosu na različite eksperimentalne situacije, formulira "gnoseološki princip invarijantnosti":

"Međudjelovanje subjekta i objekta se može dešavati samo u saglasnosti sa prirodnim svojstvima tog objekta, a zbog toga u principu po tim istim zakonima se dešava međudjelovanje objekata u odsustvu čovjeka. Rečeno dozvoljava formulirati za gnoseologiju važan princip invarijantnosti, koji bismo mogli, za razliku od fizičkih principa invarijantnosti, nazvati principom gnoseološke invarijantnosti... Njegov

sadržaj je u tome da su svojstva objekta i zakoni njegovog međudjelovanja s drugim objektima isti, kao njegova svojstva i zakoni međudjelovanja u odnosu na subjekt, i njime primjenjenim sredstvima rada u istraživačkoj djelatnosti."[8]

Preko gnoseološkog principa invarijantnosti Pahomov dolazi do definicije objektivne interpretacije teorije, problema koji je osobito težak u slučaju kvantne mehanike:

"Objektivna interpetacija naučne teorije se i javlja kao odnos sadržaja teorije sa spoznajnim objektom, koji postoji izvan i nezavisno od svijesti spoznajnog subjekta. Pri tome se u teoriji objekt i njegova svojstva izdvajaju iz odnosa prema subjektu i sredstvima spoznaje koje primjenjuje subjekt, u znanju se eliminira zavisnost od spoznajnih sredstava koje primjenjuje subjekt. Ovo je moguće, naročito, putem primjene različitih sredstava na jedan te isti objekt i naknadnog izdvajanja invarijantnog sadržaja u dobijenim rezultatima spoznaje."[9]

Pahomov navodi primjer primjene kvantne mehanike u teorijskom izučavanju ranog Kosmosa da bi ilustrirao teškoće, koje se javljaju ako se insistira ne relativnosti znanja u odnosu na spoznajnu situaciju:

"Pošto se kvantna teorija (kao i svaka teorija) gradi da bi se primjenila (a uslovi primjene teorije su neizbježno mnogo širi od onih specijalnih uslova, u kojima je istraživač dobio prve eksperimentalne podatke), nema nikakvih razumnih osnova da se ograniči shvatanje naučne teorije, njenog sadržaja samo na situaciju promatranja. Kvantna teorija se, prirodno, nije mogla roditi u početnom periodu evolucije naše Vasione, kada čovjeka nije bilo, ali se ona primjenjuje u savremenoj nauci za opis procesa, koji su se dešavali i u tom periodu, kada nije moglo biti riječi ni o kakvim opažanjima."[10]

Pahomov opravdano ističe važnost znanstvenog rješavanja problema interpretacije[11], i nužnosti uporedivanja interpretacije sa realnom praksom primjene teorije[12], mada se on, kao ni mnogi drugi, ne pridržava tog metodološkog stava.

Iz ovoga pregleda stavova Pahomova logično slijedi kritika marksističke varijante kopenhagenskog tumačenja, koje zastupaju Dišlevyj, Hjutt i Alekseev[13]:

"Predložena interpretacija osobenosti kvantne mehanike je sačuvala pricipijelnu metodološku manu "kopehagenske interpretacije" i njenih filijalnih varijanata: umjesto toga da se filozofski fundira traženja novog sistema teorijske idealizacije, koji izražava sadržaj fizičke slike kvantnog svijeta kao objektivne realnosti, autori iznose filozofsko - gnoseološke argumente u korist toga da tako nešto ne treba činiti, da teorija opisuje mjerne aktivnosti samog subjekta, i da je to ono što je nužno kako za fiziku, tako, po njihovom mišljenju, i za gnoseologiju."[14]

Pahomov ističe da su predmet fizike su prirodni procesi i da u "djelatnoj interpretaciji" (dejatel'nostna interpretacija) nema jasnog odgovora na pitanja:

Postoje li kvantni procesi objektivno, nezavisno od promatrača?

Da li su oni spoznatljivi?

Iz "djelatne interpretacije" slijedi da je fizička slika svijeta u kvantnoj mehanici slika procesa mjerenja, tj. slika operacija subjekta samog.

Pahomov kao protuargument navodi 11. Marksovu tezu o Feurbachu o nužnosti mijenjanja svijeta, kroz ispoljavanje stvaralačke aktivnosti čovjeka (realizacija slobode kao sposobnosti korištenja zakona prirode i društva za ostvarivanje njegovih svjesnih ciljeva), koja je moguća samo ako se zna "plan Vasione" ili "način djelovanja same prirode".

Glavni doprinos Pahomova markstističkom tumačenju kvantne mehanike je "relativnost u odnosu na tip međudjelovanja":

"Relativnost u odnosu na tip međudjelovanja - to je filozofski pravilno označavanje tog specifičnog svojstva mikročestica, kojeg često nastoje prikazati kao relativnost u odnosu na pribor ili u odnosu na proces promatranja. Suština stvari nije u opažanju samom po sebi, nego u karakteru međudjelovanja - pa bilo to međudjelovanje sa česticama, koje ulaze u strukturu pribora, i takvo isto međudjelovanje sa istim česticama u prirodnim uslovima."[15]

Tačno je da se problem interpretacije kvantne mehanike mora riješiti u fizikalnoj ravni i da nije dozvoljeno uvoditi pojmove, koji nemaju konceptualnu transparenciju i nisu podložni fizikalnom modeliranju. Takva kritika se može uputiti Bohrovom pojmu "cjelovitosti", Fokovom "međudjelovanju u širem smislu" ili Heisenbergovom "ostatku svijeta", koji svojom mikroskopskom neodređenošću utiče da mikroobjekt prede iz svijeta tendencija u svijet makroskopske određenosti.

Dakle, osnovna ideja Pahomova je pravilna i iskazuje činjenicu da različito ponašanja mikroobjekta u različitim mjernim uređajima mora dobiti svoje fizikalno objašnjenje. Na primjer, treba postati jasnije zašto u jednoj situaciji koristimo valni, a u drugoj situaciji čestični model mikročestice.

Međutim, i Pahomov ostaje samo na nivou deskripcije, tj. samo je reformulirao problem, ne nudeći de facto nikakvo rješenje. Simplificirano rečeno, umjesto Bohrovog i Fokovog "objašnjenja" da mikroobjekt ispoljava "valnost" i "čestičnost" kroz interakciju sa odgovarajućim priborom, imali bismo Pahomovljevo "objašnjenje" da je to posljedica učestvovanja u "valnom" ili "čestičnom" međudjelovanju, pri čemu valno ponašanje opisuju poznate interakcije a čestično, nepoznato "priborno" međudjelovanje.

Pahomov smatra da u kvantnom svijetu postoje dva tipa procesa i međudjelovanja:

Tip 1 je skokovit i statistički i nije opisan Schrödingerovom jednadžbom.

Tip 2 je kontinurani i deterministički i opisan je Schrödingerovom jednadžbom.

"Međudjelovanje tipa 2, u okviru kojeg suštinsko značenje imaju pojave interferencije predstavljene u superpoziciji stanja, je ispoljavanje valne prirode mikročestica. Međudjelovanje tipa 1, pri čijem ostvarivanju prestaje interferencija stanja predstavljenih u superpoziciji, a fizičke veličine, koje do tada nisu imale određenu vrijednost, postaju određene, jeste ispoljavanje korpuskularne prirode mikročestica."[16]

"Različitost dva tipa međudjelovanja nije generirano miješanjem mjerenja, ali zbog ona ne manje ima principijelno važne posljedice za teoriju mjerenja i za razumijevanje kvantne teorije uopće. Procesi tipa

2 (tj. valni) principijelno su neopservabilni jer se priborima bilo kakvog ustrojstva registriraju isključivo samo procesi tipa 1, tj. ispoljavanje korpuskularnih svojstava. O procesima tipa 2 (na primjer, pojave interferencije) moguće je suditi samo posredno, na osnovu analiza rezultat procesa tipa 1..."[17]

Pahomov uviđa teškoće svog stava i zato razmatra dvije mogućnosti:

Prva je da se ne prizna realnost procesa tipa 2 jer nisu direktno opservabilni. Tada bi se radilo samo o valovima vjerovatnoće koji reguliraju vjerovatnoću rezultata mjerenja tj. procesa tipa 1. Pahomov nije sklon da prihvati ovu mogućnost jer efekti interferencije, difrakcije i rezonancije igraju veliku ulogu u ponašanju mikročestica i teško im je u potpunosti odreći fizičku realnost i "razmatrati ih samo kao interferenciju naših misli".

Po drugoj mogućnosti treba priznati fizičku realnost valnih pojava, bez obzira na njihovu principijelnu neopservabilnost, ali pri tome biti dosljedan i odustati od tvrdnje da se radi samo o apstraktnim valovima vjerovatnoće.

Zbog toga Pahomov prihvata "realno postojanje dvaju tipova međudjelovanja u mikrosvijetu i odgovarajućih dvaju tipova objektivne fizičke realnosti, od kojih je jedan principijelno neopservabilan".[18]

Ovdje je Pahomov kontradiktoran zbog neprecizne terminologije. Kako možemo priznati za fizički realno nešto je principijelno neopservabilno? Tačno je da do sada nije bilo moguće direktno opažati "valnost" mikročestica jer se u svim detektorima, kako i sam Pahomov kaže, mikroobjekti registriraju kao lokalizirani nosioci energije i impulsa.

Ono što nam daje pravo da čestičnu sliku ne smatramo potpunom je nemogućnost iskazivanja kvantnog ponašanja mikroobjekata ekskluzivnim čestičnim modelom. Odstupanja od takvog modela upućuje na to da je kvantni objekt složenija struktura od klasične čestice i da je sa njim asociran neki materijalni pratilac, čije se prisustvo posredno manifestira kroz odstupanje od klasičnih zakona kretanja čestica. Izraz "principijelno neopsrevabilan" je prejak i zbog toga što postoje prijedlozi eksperimenata o detekciji kvantnih valova, kojima se znanstvenim tehnikama počinje tretirati i taj problem.

Spomenutu dvojnost Pahomov aplicira i na valnu funkciju:

"Valna funkcija ima dvojni fizički smisao. Ona ne određuje samo statistiku ispoljavanja određenih značenja fizičkih veličina pri međudjelovanju tipa 1 (mjerenje), za što je potrebno ostvarivanje velikog broja aktova takvog međudjelovanja, nego karakterizira također objektivno realno stanje pojedinačne čestice do ostvarivanja takvog međudjelovanja dok se sa njom dešavaju procesi valnog karaktera (tipa 2), na primjer interferencija čestice sa samom sobom."[19]

Treba napomenuti da se u procesu mjerenja, tj. međudjelovanja mikroobjeta i mjernog uređaja, barem što se tiče konstrukcije aparature ne uzima u obzir nikakvo novo međudjelovanje. Fizikalni svijet, a to znači i mjerni uređaji,

funkcioniraju posredstvom četiri vrste međudjelovanja, od kojih se u teorijskom opisu mikroprocesa, za sada, izostavlja gravitaciona interakcija. Ne postoji nikakvo "priborno" djelovanje, koje prevodi mikroobjekt u stanje sa određenim značenjima fizikalnih veličina. Dakle, vidi se da Pahomov samo terminološki zaobilazi problem, tvrdeći da svojstva mikročestice nisu relativna u odnosu na određeni pribor, nego u odnosu na odgovarajuću "priborну" interakciju. Znači li to i da svakoj vrsti pribora odgovara i nova varijanta međudjelovanja tipa 1?

Po mišljenju Pahomova shvatanje valne funkcije, po kojem ona nije direktan opis nekog fizičkog polja nego kao teorijski odraz potencijalnih mogućnosti, dozvoljava mogućnost eliminacije trenutnog kolapsa polja ili preciznije, izmjene trenutne izmjene fizikalne situacije (Ovaj problem je posebno zabrinjavao Einsteina!).

Međutim, Pahomov ne primjećuje da se u argumentaciji, opasno približava stanovištu informacionog tumačenja valne funkcije, koju je svojevremeno zastupao Fok, tretirajući valnu funkciju kao "zapis u notesu opservera". Kada se jedna mogućnost mikročestice realizirala u međudjelovanju, prijašnja valna funkcija nije više podesna (opserver je križa u svom notesu!) i stvorene su druge potencijalne mogućnosti (opserver u notes upisuje novu valnu funkciju pomoću koje može izračunati njihovu vjerovatnost. Vidi Fokovu diskusiju redukcije valnog paketa!)

Jasno da, ako se prizna realnost trenutne promjene potencijalnih mogušnosti, mora biti objašnjena njena fizikalna osnova. Dok se ona teorijski i eksperimentalno ne ustanovi ne može smatrati da smo "razumijeli" glavne crte kvantnog ponašanja mikrosistema. Nekritička promocija nedovoljno shvaćenih stvari u, tobože, definitivni uvid u bit realnosti je bliže dogmatizmu ili religiji nego znanosti. Važna uloga filozofije je baš u jasnom označavanju problema i zahtijevu da se oni tretiraju normalnom naučnom procedurom.

Pahomov smatra[20] da uvođenje relativnosti u odnosu na tip međudjelovanja čini izlišnom von Neumannovu teoriju kvantnih mjerenja, kao teoriju međudjelovanja čestice i pribora, koji su opisani svojim valnim funkcijama.

Treba napomenuti, da von Neumannova teorija mjerenja nije plod dokolice ekstravagantnog matematičkog uma, nego pokušaj dokaza univerzalnosti kvantne mehanike, kao fundamentalne fizikalne teorije. Naime, ako se prizna postojanje dva tipa izmjene valne funkcije, što čini i Pahomov, onda postaje nužno objasniti tu čudnu situaciju da se jednačine odnose na slobodne sisteme, a ne vrijede u trenutku kada o njima dobijamo informacije posredstvom mjerenja. Dakle, von Neumann je napravio nužan korak ka traženju konzistentnosti kopenhagenskog tumačenja, po kojem se sve oslanja na mjerenje, a sam taj proces nije obuhvaćen matematičkim formalizmom teorije.

I tumačenje Pahomova se nalazi u sličnom konceptualnom čorsokaku:

Poznata međudjelovanja reguliraju neopažljivo ponašanje mikroobjekta, dok je ono što se opaža regulirano međudjelovanjem za koje ne postoji mjesto u matematičkom formalizmu kvantne mehanike!

Pahomovljevi stavovi dobro ilustriraju odnos značajnog dijela marksističkih filozofa prema kvantnoj mehanici. On zastupa ispravne osnovne metodološke stavove, međutim rješenje koje nudi je, ustvari, pokušaj da se izmjenom terminologije nerazumijevanje pretvori u razumijevanje. Pored toga, Pahomov na više mjesta21) ističe da je nemoguće kompletirati kvantnu mehaniku nekom teorijom koja koristi skrivene varijable. To znači da mu nije poznato da se moderni dokazi o nemogućnosti "dopunjavanja" kvantne mehanike nekom teorijom skrivenih varijabli odnose samo na lokalne (ili nekontekstualne) skrivene varijable, tj. nema zapreke da se izgradi nelokalna (ili kontekstualna) teorija skrivenih varijabli. Pahomov ne razmatra reperkusije kvantne nelokalnosti na modernu fizikalnu sliku svijeta, iako je taj problem već dugo vremena u centru pažnje ljudi koji se znanstveno bave fundamentalnim pitanjima kvantne fizike.

Zaključak se sam nameće, bez samokritičnosti i bez kontakta sa naučnim tretiranjem problema interpretacije svaka filozofija, pa i marksistička, dospijeva, u najboljem slučaju, do lažnih rješenja ili do različitih rewordinga problema, što nije poželjna perspektiva.

Jedini ispravan put je konstrukcija fizikalnog modela mikroobjekta, koji na konzistentan način objedinjuje dosadašnja fenomenologiju i predviđa novu, koja dozvoljava testiranje normalnim naučnim tehnikama. Konstrukcija modela može biti ograničena samo eksperimentalno utvrđenim činjenicama, a nikako predubjeđenjem da kvantni svijet ne dozvoljava ontološku konceptualizaciju zbog kobnog makroskopskog okvira našeg eksperimentalnog iskustva i jezika.

5.3.2. TJAPKINOVA KRITIKA

Tjapkin je, poput Pahomova, zastupnik stava o objektivnosti kvantnomehaničkog znanja (u smislu njegove primjenljivosti i u situcijama u kojima nema disturbiranja ponašanja mikroobjekta priborom) i fizikalnog rješavanje problema interpretacije. Takvo stanovište nužno traži kritički odnos, kako prema originalnim tako i prema sovjetskim varijantama kopenhagenske filozofije.

Što se tiče Bohrovog principa komplementarnosti Tjapkin smatra da on bez dokaza zabranjuje "teorijsko objedinjenje u jedinstvenu fizičku sliku podataka, dobijenih u nespojivim eksperimentima"[22], i tvrdi:

"Odricanje spoznaje kretanja mikroobjekata u zadanim makrouslovima... je direktan danak agnosticizmu."[23]

Preduslov za pravilnu interpretaciju fizikalne teorije je, po Tjapkinovom mišljenju, razdvajanje objekta i pribora:

"Pravilna analiza gnoseoloških problema fizičke teorije moguća je samo poslije toga kada je istraživana pojava odjeljena od sredstava koja se koriste za njeno proučavanje, izdvojena kao objekt."[24]

To je u direktnoj vezi sa predmetom spoznajne aktivnosti i Tjapkin smatra da je kvantna mehanika "teorija opisa kvantnih prelaza, koji se dešavaju u prirodi neovisno o postojanju subjekta".[25]

Tjapkin je protiv toga da se za predmet opisa u kvantnoj teoriji smatra sistem mikroobjekt plus pribor i da se specifičnost kvantnih zakona interpretira kao nemogućnost odvajanja svojstava mikroobjekta od sredstava opserviranja, kao relativnost svojstava mikroobjekta u odnosu na sredstva opserviranja. Tjapkin smatra da mnogi sovjetski filozofi (P.S.Dišlevij, I.S.Alekseev, V.S.Gott, J.M.Lomsadze), koji se zanimaju filozofskim problemima kvantne mehanike, nekritički prihvataju ove teze i time, ne primjećujući, dolaze u kontradikciju sa važnim stavovima dijalektičko - materijalističke gnoseologije, prije svega sa stavom o objektivnom karakteru naučnog znanja:

"Posredstvom beznačajne izmjene terminologije i dodavanja općih kritičkih napomena protiv precjenjivanja uloge pribora ti autori pokušavaju predstaviti subjektivne momente u formulaciji kvantne mehanike kao ispoljavanje objektivnih svojstava međudjelovanja mikroobjekta sa sredstvima opserviranja."[26]

Tjapkin je mišljenja da polazni moment svake materijalističke analize kvantne mehanike mora biti odstranjivanje teškoća koje susreće tumačenje da kvantna teorija određuje stanje mikrosistema u odnosu na pribore, opisane klasičnom fizikom. Teškoće se javljaju u dosljednom formuliranju iskaza koji se odnose na kvantne procese u doistorijska vremena[27].

Tjapkin kritikuje i koncepciju fizikalne realnosti, koja u sebe, osim fizičkih objekata, uključuje sredstva opservacije, koje koristi subjekt, tj. koja fizičku realnosti proširuje i na fizičke uslove opservacije mikroobjekata, što ima za posljedicu da se i fizička svojstva kvantnih sistema prikazuju kao relativna u odnosu na sredstva opažanja. Tjapkin vidi korijen ovoj orijentaciji u Bohrovom principu komplementarnosti i smatra da se ovi dalekosežni zaključci filozofskog karaktera ne baziraju fizičkom principu interpretacije kvantne mehanike, nego na određenim gnoseološkim momentima, koji su tendenciozno uključeni u formulaciju principa komplementarnosti.

Tjapkin opravdano ističe da je glavni uzrok ove orijentacije nedovoljno stroga analiza u gnoseološkom planu, pa se sredstvima promatranja mikroobjekata smatraju fizički uslovi i pribori, koji u stvarnosti služe ne za promatranje, nego samo stvaranje fizičkih uslova za realizaciju kvantnih prelaza koje opisuje kvantna mehanika.

Po Tjapkinovoj definiciji mjerni pribor je samo uređaj koji proizvodi makroskopski signal o mikrodogađajima prelaza kvantne čestice iz početnog stanja u jedno iz mogućih konačnih stanja, koji se karakterizira određenim uslovima makrookuženja. Tu prihvata ideju, koju je zastupao Blohincev[28] da detektor predstavlja makroskopski sistem koji se nalazi u nestabilnom stanju i da početni akt međudjelovanja sa mikročesticom služi kao podsticaj za prelaz makroskopskog sistema u stabilno stanje. Na

taj način detektor je samo pribor za informiranje subjekta o kvantnom procesu prelaza mikročestica, i stoga, po mišljenju Tjapkina, svojstva kvantnih pojava ne ispoljavaju nikakvu zavisnost od toga da li je on uključen ili isključen.

Nije sporno, tvrdi Tjakin, da fizičari uvijek imaju posla sa istraživanjem fizičkih pojava u maksimalno kontroliranim uslovima, koji se postižu u laboratorijama na račun korištenja specijalnih pribora i uređaja, ali dodaje da "osnovni dio tih uređaja čine ne pribori opažanja, nego pribori laboratorijske reprodukcije pojava, koje nesumnjivo postoje u prirodi i bez čovjeka".[29]

Tjapkin opravdano smatra da je obraćanja pažnje na razjašnjenje pitanja o suštini jedinstva korpuskularnih i valnih svojstava mikroobjekta nužan korak u razumijevanju kvantnih procesa. Međutim, zapaža se potpuno suprotna tendencija, na primjer u radovima Omeljanovskog[30], da se takvo pitanje proglasi rješenim.

Simpatije Tjapkina su na strani koncepcije "kvantnih valova":

"Direktno neopservabilne debroglievski valovi mogu odgovarati realnom fizičkom procesu u vakuumu, koji je povezan sa kretanjem mehaničkog mikroobjekta i koji ispoljava svoje postojanje samo po uticaju na virtuelne procese djelovanja vakuuma na taj isti mehanički sistem."[31]

Tjapkin smatra da se ovakvo tumačenje principijelno razlikuje od ideje pilotskih valova ili teorije dvojnog rješenja, koje je predložio de Broglie, po kojoj val upravlja kretanjem mikročestice u prostoru i vremenu, a ne stohastičkim procesom virtuelnog međudjelovanja sa vakuumom.

Model mikroobjekta, koji nudi Tjapkin, je ovakav: moguće konceptualno razdvajanje kvantnomehaničkog objekta na sopstvenu mikročesticu, koja ima realnu energiju i sposobnost realnog (nevirtualnog) djelovanja, koje se ispoljava u mjerenjima, i na skriveni, direktno neopservabilni valni proces u vakuumu, koji ima sposobnost stohastičkog djelovanja na česticu.

Po Tjapkinovom mišljenju takav model "predstavlja za sada jedinu mogućnost logički i fizikalno neprotivurječnog objašnjenja interferencionih efekata pojedinačnih čestica. Toj ideji jednostavno nema konkurenta, ako se ne računa sada gospodareća ideja općeg odricanja objanjenja pojave interferencije"[32].

Objašnjenje se sastoji u tome da diskretna čestica ide samo jednim iz dva moguća puta, a da neprekidni valni proces u vakuumu, prekriva oba puta i zatim ispoljava stohastičko djelovanje na mikročesticu. Tjapkin smatra da je osnovni uzrok neprihvatanja ovog objašnjenja "neubjedljivi iskaz o nenužnosti valnog procesa, koji postoji samostalno bez čestice"[33].

Uzrok statističkom ponašanju mikročestica Tjapkin vidi u interakciji sa vakuumom:

"Međudjelovanje sa vakuumom, u skrivenom vidu uzeto u obzir teorijskim mehanizmom, uslovljava osnovnu razliku kvantne mehanike od statističkog opisa dinamičkih sistema klasične fizike. Principijelna nemogućnost izolacije bilo kojeg materijalnog sistema od međudjelovanja sa fizičkim vakuumom, koji predstavlja sistem sa beskonačnim brojem stepena slobode, čini kvantne zakonitosti sveopćim i dovodi do principijelno nedeterminiranom kretanju mikročestica."[34]

Tjapkin je više puta[35] kritikovao Foka zbog toga što u pitanjima interpetacije ne uzima u obzir napredak koji se desio u naučnom pristupu problemu, što je, svakako, bio opravdan prigovor. Međutim, ni Tjapkin se ne može pohvaliti zadovoljavajućim pregledom situacije, koja je stvorena pojavom Bellovih nejednakosti. Te nejednakosti predstavljaju prelomni događaj, koji, sa jedne strane, problem tumačenja kvantne mehanike formulira kao eksperimentalno rješiv, a sa druge stran, pokreće pitanja vezana za konceptualiziranje kvantne nelokalnosti (ako se Acpectovi eksperimenti prihvate kao uvjerljiv dokaz njihovog konflikta sa kvantnom mehanikom). Tjapkin ni 1983. godine ne spominje Bellove nejednakosti, što implicira zaključak da mu one nisu poznate ili da ih smatra nebitnim za interpretaciju fizike mikrosvijeta.

5.3.3. BUNGEOVA KRITIKA

Svoje filozofsko stanovište Bunge naziva kritičkim realizmom. Njegove osnovne teze su[36]:

(1) Postoje stvari po sebi, to jest objekti čija egzistencija ne ovisi o našoj svijesti.

(2) Stvari po sebi su spoznatljive, mada parcijalno i sukcesivnim aproksimacija prije nego iscrpno i jednim mahom.

(3) Znanje o stvari po sebi se postiže zjednički teorijom i eksperimentom, ni jedno od njih ne može izreći konačni sud o bilo čemu.

(4) To znanje (faktičko znanje) je hipotetičko prije nego apodiktičko i stoga je podložno korekcijama i nije konačno (filozofske hipoteze da postoje vanjske stvari i da su one spoznatljive konstituiraju pretpostavke naučnog istraživanja i svaka naučna hipoteza o postajanju specijalne vrste objekta, njegovih svojstava ili zakona je podložna korekcijama.

(5) Znanje o stvari po sebi, daleko od toga da bude direktno i slikovito, je zaobilazno (roundabout) i simbolično.

Teze Bungeovog krtičkog realizma su dobra osnova za raspravu o kvantnoj mehanici, jer je u njima pažljivo izložena filozofija i fizikalnog istraživanja. Međutim, Bunge nije bio tako pažljiv kada je određivao kopenhagensko stanovište. Može se tvrditi da njegovi prikazi ne odgovaraju originalnim idejama Bohra i Heisenberga, nego njihovim idelističkim interpetacijama. Time ne želim braniti kopenhagensku interpretaciju, prema kojoj i sam imam kritički odnos, nego princip da u diskusijama, a posebno u kritikama, uvijek treba težiti ka autentičnoj formulaciji osporavanih stavova.

Evo Bungeovih prikaza Bohrovog koncepta kvantnog fenomena i Heisenbergove ideje o "neaktuelnoj" prirodi mikrosvijeta:

"Kopenhagenska doktrina je opskurna kao i doktrina o trojstvu, po kojoj su Otac (Aparat), Sin (Mikrosistem) i Sveti duh (Opserver) ujedinjeni u Bogu (Kvantni fenomen)."[37]

"Svaka komponenta sistema mora biti realna da bi čitav sistem bio realan. Ako bi komponente kompleksnog sistema bile mentalne prije nego fizikalne, one bi proizročile psihičku cjelinu. Ova dovodi do kontradikcije zahtjev kopenhagenskih filozofa da, iako makrosistemi (na primjer, aparat) mogu biti realni, njihovim atomskim konstituentima nedostaje autonomna egzistencija."[38]

Kvantni fenomen je, po Bohrovom određenu, nerazloživa cjelina mikrosistema i aparata, ali u nju nije uključen opserver. Naprotiv, Bohr makroskopski efekata interakcije mikrosistema i aparata smatra objektivnim, dakle, nezavisnim od opservera.

Tačno je da Heisenberg govori o posebnom stanju mikrosistema (ontologija tendencija), što može biti predmet kritike, ali ne govori o mentalnim svojstvima atomskih sistema.

Međutim, ako se skine sloj latino - američke elokvencije, dodatno pojačane idelističkom reklamom koja, kako je pokazano, prati kvantnu mehaniku, onda se mora priznati da Bunge dobro uočava slabe tačke kopenhagenske interpretacije i njenih raznih varijanti. Njegove kritičke opservacije o subjektu posebno pogađaju marksističke varijante tog tumačenja, u kojima se kvantna mehanika tumači kao "fizika spoznajne situacije")Dišlevyj)", "fizika međudjelovanja subjekta i objekta" (Supek) ili "teorija o informacijama subjekta" (Lomsadze). Na njih se odnosi ovaj Bungeov stav:

"Ako se ne želi pobrkati teorijska fizika sa psihologijom ili epistemologijom, tada subjekt mora biti odstranjen iz prve. Uloga subjekta je da gradi teorije i da ih testira, a ne da pozira kao njihov referent." [39]

Bunge[40] kopenhagenskom tumačenju i njegovim varijantama u kojima se naglašava aktivnost subjekta i važnost mjernih operacija prigovara da su semantički nekonzistentne i psihofizikalne.

Semantička nekonzistenost se sastoji u sljedećem:

Kvantne formule koje se odnose na mikrosisteme čitaju se pomoću varijabli koje nisu prisutne u formuli samoj i dodate su ad hoc. Radi se o varijablama koje karakteriziraju obično nedskriptivan (nondescript) eksperimentalni aranžman, pa i svijest opservera. Time se dolazi do hiperinterpretacije jer se, na primjer, "položaj elektrona" tumači kao procedura mjerenja, u koju je uključeno sve, od mikroobjekta i mjernog uređaja do odluke opservera, što vodi u semantičku nekonzistentnost.

Bunge napada i dualni karakter klasične fizike u kopenhagenskom tumačenju, koji je preko stava o makroskopskom karakteru iskustva prisutan i u marksističkim varijantama.

Naime, tvrdi se da se kvantna mehanika odnosi samo na aktualne ili moguće laboratorijske operacije, koje su makroskopske i stoga podložne klasičnom opisu. Istovremeno se smatra da kvantnomehanička svojstva ("opservable") nisu podložne klasičnom opisu, a još manje slikovnom zamišljaju. To Bunge sumira u samokontradiktornu izjavu: "Kvantna teorija je o klasično (= ne kvantnomehaničkim) opisivim laboratorijskim operacijama".

Što se tiče "psihofizikalnosti", Bunge, u skladu sa svojom vizijom, smatra da u kopenhagenskoj dokrini nikada nije jasno šta je fizikalno, a šta mentalno, šta je objektivno, a šta subjektivno. Opserver, opremljen intencijama, očekivanjima i nesigurnostima, je nerazmrsivo izmješan sa opserviranim objektom.

Na koji način je moguće prevazići ove nedostatke standardne interpretacije kvantne mehanike, u kojoj se doista radije govori "opservabli" nego "varijabli", radije o "mjerenom" nego o "posjedovanom" svojstvu?

Bunge vidi izlaz u aksiomatizaciji. Pri tome ne misli na aksimatizaciju u smislu nekog novog matematičkog fundiranja kvantne mehanike, nego o drugačijem čitanju standardnog formalizma. Dakle,

(a) "raspakovati" formalizam kvantne mehanike i

(b) dati mu fizikalnu interpretaciju, tj. primitivnim simbolima pridružiti fizikalno značenje (oni označavaju fizikalne entitete i njihova svojstva, a ne mentalna stanja ili akte svijesnog opažanja!).

Bunge smatra da bi bilo interesantno imati subjektivističku aksiomatizaciju kvantne mehanike. Takva subjektcentrična aksiomatizacija bi morala startovati postuliranjem karakteristika opservera i teoretičara, tj. bila bi dio psihologije. Svaki fizikalni entitet, svako svojstvo i svaka relacija bi morali biti karakterizirani psihološkim pojmovima, tj. morali bi biti definirani pomoću percepcija i misli subjekta. To, po mišljenju Bungea, nije do sada urađeno, iako se vjeruje da uobičajena formulacija kvantne mehanike operira konzistentno sa opseverom i njegovim operacijama. Bunge tvrdi da takvo subjektivističko fundiranje kvantne mehanike ne može biti ostvarene, jer su, nakon svega, opserveri (i ono što oni opažaju) načinjeni od mikrosistema, a ne obrnuto.

Izazov za subjektiviste je, dakle, sljedeći:

(a) izložiti konzistentnu formulaciju kvantne mehanike, baziranu na percepcijama i apercepcijama i

(b) dokazati da je takva interpretacija preferabilna u odnosu na realističku, ne samo sa filozofske tačke gledišta, nego i znanstveno, u smislu da olakšava naše razumijevanje prirode.

Aksiomatizacijom u smislu Bungea se ne može riješti problem tumačenja kvantne mehanike. Skidanje naslaga pozitivizma i instrmentalizma, kao i epistemologije, sa matematičkog formalizma predstavlja važan zadatak materijalističke interpretacije. Međutim, to je tek prvi korak jer, i kada se kvantna mehanika interpretira potpuno preko fizikalnih termina, ostaje niz konceptualnih problema, čije se rješenje mora tražiti preko teorijskog i eksperimentalnog istraživanja fizikalnih svojstava mikrosistema i osobina fizikalnih procesa u kojima oni učestvuju. To pokazuje i rezultat Bungeove primjene sopstvenog recepta fizikalizacije interpretacije kvantne mehanike.

Predmet kvantne mehanike Bunge definira kombinacijom pozitivnog i negativno određenja:

"Kvantna mehanika je o fizikalnim objektima, a ne o opserverima i njihovima instrumentima."[41]

"Kvantna teorija je teorija materije, a ne svijesti."[42]

Po njegovom mišljenju sve kontroverze su pošele od shvatanja da fizikalna teorija nije o realnosti (tobože metafizički izrod) nego o ljudskom iskustvu (tobože kristalno jasna stvar).

Tačno je, dakle, da je fizikalna teorija o realnosti i da se testira kroz ljudsku praksu, uspoređivanjem neke od logičkih konsekvenci teorije sa činjenicama. Shodno tome, kao referent teorije ne smije se pojaviti svijest, znanje opservera ili mjerni uređaj.

Opravdana je Bungeova primjedba da se u većini situacija, koje se opisuju pomoću kvantne mehanike, ne uzima u obzir aparat, a kada su uvede u igru tada se tretira kao fizikalni sistem, koji zadovoljava fizikalne, a ne psihološke zakone. Pri tome se aparat razlikuje i od glavnog objekta (na primjer, raspršenog snopa) i od opservera koji ga opslužuje.

Bunge smatra da je samo jedan jedini kontra-primjer - atom vodika u intergalaktičkom prostoru - dovoljan da uništi "kopenhagensku tezu" da se svaki kvantnomehanički izraz odnosi na blok objekt - aparat - opserver. Po njegovom mišljenju, broj takvih primjera je velik i oni ne predstavljaju patološki raritet nego tipičnu kvantno mehaničku situaciju.

Da bi kvantnoj mehanici pridružio autentičan predmet Bunge je smatrao da je adekvatnije umjesto termina "mikrobjekt", "kvantni objekt", "mikrosistem" ili "kvantni sistem" koristiti termin "kvanton".

Međutim, ispostavilo se[43] "kvanton" nije dovoljan i da u obzir mora biti uzeta i njegova okolina, opisana na klasičan način.

Šta je kvanton?

"...Kvanton nije niti klasični čestica niti klasično polje nego entitet sui generis koji u izvjesnim ekstremnim okolnostima izgleda kao čestica, a u drugim kao polje. Da li su te okolnosti prirodne ili kontrolirane eksperimentatorom je nevažno."[44]

Mjerni uređaji[45] su čisto fizikalni i posebno makrofizikalni sistemi, što je nužan uslov da njima manipulira opserver drugačiji od amebe. Bunge ističe da kvantoni mogu postojati bez opservera, ali kada predložimo da ih "opserviramo", onda mi ulazimo u igru i dizajniramo uređaj, koji će na čisto fizikalni način, utjelovit naše znanje i našu svrhu.

Bunge posebno ističe da uređaj nije fundamentalni sistem na koji se odnosi kvantna mehanika. Ukratko opserver - ali ne Opserver - se pojavljuje u fazi provjere, a ne prije nje. Ali

tada on pažljivo povlači liniju između fizikalnih procesa koje izučava i sebe. U "opserviranju" je partner kvantonu fizikalni sistem, a ne psihofizikalni entitet, a još manje bestjelesni duh.

Iako zastupa ideju stalne rekonstrukcije stvari po sebi na osnovu eksperimentalnih podataka i teorijskih hipoteza, Bunge nije optimista u vezi sa mogućnostima spoznaje prave prirode slobodnog kvantona:

"Empirijski rezultati sugeriraju da "čestični aspekt" i "valni aspekt" zavise od instrumenta (ne zavise od opservera i nisu subjektivni) i stoga nisu indikativni u vezi sa onim što slobodni kvanton stvarno jeste."[46]

Ako se želi koherentna slika kvantona onda se eksperimentalna fenomenolgija (čestični ili valni aspekt) mora objasniti kao rezultat inteakcije kvantona i mjernog instrumenta, pri čemu se mora znati šta dolazi od kvantona, a šta od mjernog instrumenta. Odustajanje od takvog fizikalnog objašnjenja znači prihvatanje ideje relativnosti svojstava u odnosu na mjerni uređaj, što/ u krajnjoj konsekvenci vodi do objekta bez svojstava. Ako se želi strikto fizikalna slika interakcije i njene posljedice, onda se mora objasniti kako objekt bez svojstava postaje objekt sa određenim svojstvom. Dijalektičko objašnjenje, po kojem kvantna mehanika opisuje potencijalno zadobijanje svojstava u "završnoj fazi eksperimenta" nije zadovoljavajuće jer ne objašnjava transformacije potencijalnosti svih svojstava u aktuelnost samo jednog svojstva.

Što se tiče teorije mjerenja Bunge se kreće u ravni metodologije i kritike postojećih, prvenstveno von Neumannove, verzije kvantnomehaničkog opisa mjerenja.

Njegovi prigovori su sljedeći[47]:

(i) niti jedan stvarni problem u kvantnoj teorija ne zahtijeve kvantnu teoriju mjerenja te zbog toga tako nešto ni ne postoji

(ii) stvarna teorija mjerenja bi morala zadovoljavati barem nekoliko uslova:

(a) treba biti konzistentna sa kvantnom mehanikom

(b) treba biti fizikalna, tj. ne smije sadržavati ekstrafizikalna (na primjer, psihološke) koncepte, nego se mora ticati ekskluzivno fizikalnih aspekata mjerenja

(c) treba biti specifična tj. ne može postojati generalna teorija mjerenja, kao što ne postoji univerzalni (nespecifičan) mjerni uređaj

(d) treba biti provjerljiva.

Po Bungeovom mišljenju von Neumannova teorija nije u nije u saglasnosti sa ovima uslovima. Posebna zamjerka von Neumannu je suspendiranje Schrödingerove jednadžbe u mjernom procesu (projekcioni postulat)48).

Interesantno je da napomenuti da Bunge[49] smatra da se i EPR - paradoks može riješiti izbacivanjem von Neumannovog projekcionog postulata. Tako jednostavno rješenje je vjerovatno uzrok što Bunge nije obratio pažnju na Bellove nejednakosti i problem nelokalnosti.

Na taj način, osim rezonancije u gledanju na problem interpretacije kao na projekat reafirmacija autonomnomije fizikalnog objekta i fizikalnih procesa, Bunge, Pahomov i Tjapkin pokazuju sličnost i u zaobilaženju problema nelokalnosti. Taj problem je posebno aktuelan u najpoznatijoj ontološkoj reinterpretaciji kvantne mehanike, koju zastupaju Bohm i njegovi saradnici i koja je, kako je rečeno, posredno inicirana i ideološkom kritikom kopenhagenskog tumačenja u SSSR-u krajem četrdesetih i početkom pedesetih.

* * *

NAPOMENE

1) K.R.Popper, Quantum Theory and the Schism in Physics, Hutchinson, London, 1982. Popper tvrdi da "čak ni Heisenbergov povremeni govor o objektivnim mogućnostima (pri čemu je mislio o nečemu veoma sličnom mojim propenzitivnostima) nije uklonio subjekt (opservera) iz kopenhagenske interpretacije, niti je bio zamišljen da to uradi" (s. 5).

2) Popper se u diskusije o kvantnoj mehanici uključio 1934. godine kritičkom analizom relacija neodređenost (K.Popper, Zur Kritik de Ungenauigkeitsrelationen, Die Naturwissenschaften 27 (1934) 807 - 808.)

Jammer je svom razmatranju povijesti EPR argumenta izložio hipotezu da je Poppperov pogrešan misleni eksperiment, zamišljen kao kritika relacija neodređenosti i prezentiran u prvom Popperovom radu, mogao poslužiti kao inspiracija Einsteinu i saradnicima za formulaciju njihovog prigovara o nepotpunosti kvantnomehaničkog opisa stvarnosti. (Vidi M.Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics, John Wiley & Sons, New York, 1974, s. 174 - 178.)

Popper je još uvijek aktivan u raspravama o kvantnoj mehanici, što pokazuju njegova modifikacija EPR - situacije (K.R.Popper, Realism in Quantum Mechanics and a New Version of the EPR Experiment, u G.Tarozzi & A. van der Merwe, eds., Open Question in Quantum Physics, Reidel, Dordrecht, 1985. U istoj knjizi je objavljena i diskusija Popperovog eksperimenta. Vidi i M.J.Collett & R.London, Analysis of a proposed crucial test of quantum mechanics, Nature 326 (1987) 671 - 672.) i prijedlozi eksperimenata o detekciji kvantnih valova (vidi reference o kvantnim valovima u dijelu 4.2.).

3) K.R.Popper, Quantum Theory and the Schism in Physics, Hutchinson, London, 1982, s. 1.

4) Ibid.

5) K.R.Popper, The Propensity Interpretation of the Calculus of Probability and the Quantum Theory, u S.Körner, ed., Observation and Interpetation in the Philosophy of Physics, Butterworths, London, 1957, s. 65 - 70; K.R. Popper, The Propensity Interpretation of Probability, British Journal for the Philosophy of Science 10 (1959/60) 25 - 42.

6) B.J.Pahomov, Kvantovaja mehanika i poznavaemost' ob'ektivnoj real'nosti, u zborniku Filozofskie voprosy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1970, 67

7) Ibid., s. 69.

8) Ibid., s. 72.

9) B.J.Pahomov, Otnositel'nost k vidu vzaimodejstvija i ob'ektivnaja interpretacija kvantovoj mehaniki, u zborniku Filosofija i fizika, Voronež, 1972, s. 58.

10) Ibid., s. 61 - 62.

11) "Pošto je problem interpretacije istorijski postavljen i dobio važan, principijelan svjetonazorni karakter, treba ga rješavati na naučnoj osnovi i dokazno (dokazatel'no)." (Ibid., s. 50.)

12) "Interpretacija se mora biti u saglasnosti sa realnom praksom primjene kvantne teorije."(60) (Ibid., s. 60.)

""Umjesto spekulativnih predloga, često veoma vještačkih, treba staviti u osnovu interpetacije analizu realne prakse primjene kvantne teorije."(Ibid., s. 60.)

13) "S filozofske tačke gledišta izmjena stila fizičke slike svijeta je povezano sa prelazom od mišljenja o stvarnosti "samo u formi objekta" na mišljenje o njoj "kao čovjekovoj čulnoj djelatnosti, praksi (Marks)" (I.S.Alekseev, Princip dopolnitel'nosti i problema edinstva kvantovomehničeskoj kartiny real'nosti, v zborniku, Princip dopolnite'nosti i materijalističeskaja dialektika, Nauka, Moskva, 1976,132 - 133.)

14) B.Ja.Pahomov, Stanovlenie sovremennoj fizičeskoj kartiny mira, Mysl', Moskva, 1985, s. 178.

15) B.J.Pahomov, Kvantovaja mehanika i poznavaemost' ob'ektivnoj real'nosti, u zborniku Filozofskie voprosy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1970, s. 74.

16) Ibid. s. 75.

17) Ibid., s. 75 - 76.

18) Ibid., s. 76.

19) Ibid., s. 78.

20) B.J.Pahomov, Otnositel'nost k vidu vzaimodejstvija i ob'ektivnaja interpretacija kvantovoj mehaniki, u zborniku Filosofija i fizika, Voronež, 1972, s. 63.

21) Po njegovom mišljenju to tumačenje se nalazi "u protivurječnosti sa njenim logičkim i matematičkim osnovama" jer je uvođenje "skrivenih parametara" nemoguće "bez određene izmjene samog matematičkog aparata i osnovnih jednadžbi ... teorije". (B.J.Pahomov, Otnositel'nost k vidu vzaimodejstvija i ob'ektivnaja interpretacija kvantovoj mehaniki, u zborniku Filosofija i fizika, Voronež, 1972, s. 51 - 52.)

Pahomov smatra da je dokazano i teorijski i eksperimentalno da je principijelno nemoguće dopuniti kvantnu mehaniku "skrivenim parametrima". (B.Ja.Pahomov, Stanovlenie sovremennoj fizičeskoj kartiny mira, Mysl', Moskva, 1985, s. 142.)

22) A.A.Tjapkin, K razvitiju statističeskoj interpretacii kvantovoj mehaniki na osnovu sovmestnogo koordinatno - impul'snogo predstavlenija, u zborniku Filosofskie voprosy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1970, 143.

Italijanski prevod ovoga rada je A.A.Tjapkin, Per lo sviluppo dell'interpretazione statistica della meccanica quantistica sulla base di una rappresentazione combinata a coordinata e impulso, u M.E. Omelyanovskij, V.A. Fock e altri, L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica. Fisica e filosofia in URSS, Feltrinelli Editore, Milano, 1972., 413 - 448.

23) Ibid., s. 145.

24) A.A.Tjapkin, Gnoseologičeskie aspekty problemy izmerenij v kvantovoj mehanike, u zborniku Filosofija i fizika, Voronež, 1972,s. 38.

25) A.A.Tjapkin, Koncepcija dopolnitel'nosti i problema filosofskogo statusa fizičeskoj real'nosti, u Dialektika - Mirovozzrenie i metodologija sovremennogo estestvoznanija, Nauka, Moskva, 1983., 389.

26) A.A.Tjapkin, Gnoseologičeskie aspekty problemy izmerenij v kvantovoj mehanike, u zborniku Filosofija i fizika, Voronež, 1972, 39.

27) Teškoća "djelatne interpretacije" i koncepcije "relativnosti u odnosu na sredstva opažanja" u vezi sa kvantnim procesima u doistorijska vremena je sasvim opravdano omiljeni argument Tjapkina:

"Besmislenost svođenja zakona ustanovljenih kvantnom mehanikom na zakonitosti, koje se pojavljuju samo kada ih istražuje subjekt u uređajima koji su izgrađeni na određeni način, postaje potpuno očevidna, ako smo svjesni da slična interpretacija pri njenom dosljednom provođenju ne dozvoljava govoriti o kvantnim zakonima zračenja i apsorpcije svjetlosti na zvjezdama i o svim kvantnim pojavama, koje su se dešavale u predistorijska vremena." (A.A.Tjapkin, Koncepcija dopolnitel'nosti i problema filosofskogo statusa fizičeskoj real'nosti, u Dialektika - Mirovozzrenie i metodologija sovremennogo estestvoznanija, Nauka, Moskva, 1983., 388.)

Po mišljenju Tjapkina kvantna mehanika jedinstvena među fizičkim teorijama, čija ortodoksna interpretacija ne dopušta primjenu na pojave izvan spoznajne djelatnosti čovjeka, za opisivanje, na primjer, kvantnih procesa u ranoj vasioni. Ono što čudi Tjapkina je činjenica da ni takav očigledan primjer ograničenosti općeprizmate intepretacije kvantne mehanike nije prinudio filozofe, koji istupaju u ime materijalizma da ponovo razmotre svoju poziciju. (A.A.Tjapkin, Gnoseologičeskie aspekty problemy izmerenij v kvantovoj mehanike, u zborniku Filosofija i fizika, Voronež, 1972, 38 - 47.)

28) D.I.Blokhintsev, The Philosophy of Quantum Mechanics, Reidel, Dordrecht, 1968.

29) A.A.Tjapkin, Koncepcija dopolnitel'nosti i problema filosofskogo statusa fizičeskoj real'nosti, u Dialektika - Mirovozzrenie i metodologija sovremennogo estestvoznanija, Nauka, Moskva, 1983., s. 389.

30) "Materija, tj. supstanca i polje, nije u cjelini ni čestica ni val u smislu klasične teorije, ni njihovo objedinjenje u nekom makroskopskom (klasičnom) modelu. Korpuskularna i valna svojstva su jedinstvena u svojoj suprotnosti. Drugim riječima, materija raspolaže istovremeno svojstvima čestica i valova, ali isključivo u tom smislu, što je kretanje mikroobjekata moguće samo približno razmatrati kao premještanje čestica i prostiranje valova." (M.E.Omel'janovskij, Dialektika v sovremenoj fizike, Nauka, Moskva, 1973., s. 117.)

Ovo je tipičan primjer "dijalektičkog" objašnjenja i to je razlog što u ovom radu samo fragmentarno i u negativnom kontekstu razmatrani napisi Omel'janovskog, koji ima opširnu bibliografiju, i čija gledišta preuzima veliki broj sovjetskih filozofa, pretežno onih koji više vole jednostavna rješenja "dijalektičkog" tipa nego rizik sopstvenog razmišljanja.

Omel'janovskij je imao uticaj koji je prelazio granice sovjetskog filozofskog prostora. Havemann je u svom čuvenom izlaganju u Leipzigu 1962 godine, koje je bilo posvećeno borbi protiv dominacije diamata u znanosti i filozofiji, izrekao i nekoliko oštrih primjedbi na račun knjige Omel'janovskog o filozofskim problemima kvantne mehanike, koja se pojavila u njemačkom prevodu. Smatrao je da nema smisla objavljivati knjigu koju su sovjetski fizičari loše ocjenjenili. Omel'janovskij je uputio protest preko Akademije nauka DDR, koji je pratila optužba u studentskoj reviji "Forum" da Havemann diskreditira sovjetsku znanost i da odbacuje dijalektički materijalizam. Havemannov odgovor su njegova predavanja izložena u knjizi "Dijalektika bez dogme". (R.Havemann, Dialektik ohne Dogma? Naturwissenschaft und Weltanschaung, Rowohlt, Hamburg, 1964. Vidi i Casesov predgovor u R.Havemann, Dialettica senza dogma. Marxismo e scienz naturali, Einaudi, Torino, 1965.).

31) A.A.Tjapkin, K razvitiju statističeskoj interpretacii kvantovoj mehaniki na osnovu sovmestnogo koordinatno - impul'snogo predstavlenija, u zborniku Filosofskie voprosy kvantovoj fiziki, Nauka, Moskva, 1970, s. 175.

32) Ibid., s. 177.

33) Ibid., s. 178.

34) Ibid., s. 172.

35) A.A. Tyapkin, On the Possibility of Further Developing the Joint Coordinate-Momentum Conception of Quantum Mechanics, u zborniku Philosophical Problems of Elementary-Particle Physics, Progress Publishers, Moscow, 1968., 334 - 345; A.A.Tjapkin, O mogucnosti razlicitih teorijskih opisa jednog te istog skupa eksperimentalnih podataka, u zborniku Fizicka nauka i filozofija, Nauka, Moskva, 1973, 281 - 288.

Tjapkin, na primjer, kritikuje Foka što nije uzeo u obzir Feynmanovu formulaciju, jer smatra da je Feynmanova formulacija inkompatibilna sa kopenhagenskom interpretacijom, posebno u odnosu na dio koji tvrdi da koncept trajektorije nije primjenljiv na kretanje mikročestica. Tjapkin očigledno ne vidi da se radi o duhovitoj promjeni terminologije. U kopenhagenskoj interpretaciji se kaže da se čestica ne kreće po trajektoriji, dok Feynman tvrdi da se čestica kreće po svim mogućim trajektorijama. I jedno i drugo je

paradoksalno sa stanovišta klasične fizike.

Za Tjapkina je, međutim, Feynmanova formulacije dokaz postojanja trajektorija mikročestica, tj. dokaz čestice stvarno imaju određene vrijednosti položaja i koordinate. ("Kada mjerimo, ne stvaramo određenu vrijednost, nego lociramo ili detektiramo česticu u nekom određenom intervalu vrijednosti koordinate". A.A. Tyapkin, On the Possibility...).

36) M.Bunge, Philosophy of Physics, Reidel, Dordrecht, 1973, s. 83 - 86.

37) Ibid., s. 83.

38) Ibid., s. 80.

39) Ibid., s. 90.

40) M.Bunge, Foundations of Physics, Springer-Verlag, Berlin, 1967,

41) M.Bunge, Quantum Mechanics and Measurement, International Journal of Quantum Chemistry, vol. XII, Suppl. 1 (1977) 1 - 13.

42) Ibid.

43) M.Bunge, A Ghost-Free Axiomatization of Quantum Mechanics, u M.Bunge, (ed.), Quantum Theory and Reality, Springer-Verlag,Berlin, 1967, 105 - 117.

44) M.Bunge, Philosophy of Physics, Reidel, Dordrecht, 1973, s. 99.

45) M.Bunge, Foundations of Physics, Springer-Verlag, Berlin, 1967.

46) M.Bunge, Philosophy of Physics, Reidel, Dordrecht, 1973, s. 112.

47) M.Bunge, A Philosophical Obstacle to the Rise of New Theories in Microphysics, u T.Bastin, Quantum Theory and Beyond, Cambridge University Press, Cambridge, 1971, 263 - 273.

48) M.Bunge, Foundations of Physics, Springer-Verlag, Berlin, 1967, s. 277 - 278.

49) M.Bunge, The Einstein - Bohr Debate Over Quantum Mechanics: Who Was Right About What, u H.Melkowski et al., eds., Einstein Symposion, Springer, Berlin, 1979, 205 - 219.

5.4. kvantna mehanika kao ontološka teorija

Bohmova kritika kopenhagenskog tumačenja odigrala je važnu ulogu u znanstvenom razjašnjavanju problema vezanih za interpetaciju kvantne mehanike. Postojanje Bohmove teorije očigledno je prkosilo von Neumannovom dokazu o nemogućnosti teorija sa skrivenim varijablama. To je bio motiv za Bella da kritički razmotri von Neumannov dokaz i da pokaže nedovoljnu generalnost njegovih pretpostavki. Iako se Bohmovom modelu kvantnomehaničke realnosti mogu uputiti mnogi "estetski" prigovori mora se priznati da ne postoji niti jedna fatalan tehnička primjedba.

U interpretativnom smislu Bohmova teorija je alternativa kopenhagenskom tumačenju, alternativa koja je jednako paradoksalna kao i sve varijante kopenhagenskog tumačenja u kojima se rješenje konceptualnih problema traže primjenom egzotičnih recepata, od intervencije ljudske svijesti do djelovanja "ostatka svijeta". Važan doprinos Bohmovog pristupa je jasno matematičko seciranje misterioznog Bohrovog koncepta "cjelovitosti", koje je posebno evidentno u novijim radovima. Bitan nedostatak je, međutim, u činjenici da Bohmova teorija polazi od Schrödingerove jednadžbe i da kvantnu fenomenologiju iskazuje na prividno klasičnom jeziku. Teorija koje će donijeti bolje razumijevanje kvantnog svijeta mora biti šira teorija, tj. teorija koja će Schrödingerovu jednadžbu sadržavati kao aproksimaciju i koja će odrediti područje njene legitimne upotrebe.

5.4.1. PROBLEM UVOĐENJA SUPKVATNOG NIVOA

Bohm je svojom kritikom, reinterpretirajući kvantnu teoriju pomoću skrivenih varijabli, pokazao da ni na kvantnom nivou promatranja "nije nužno da se odreknemo preciznog, racionalnog i objektivnog opisa individualnih sistema".[1] U ovoj programskoj rečenici se terminima "precizno", "racionalno" i "objektivno" dovode u sumnju osnove na kojima počiva kopehagensko tumačenje kvantne mehanike. Bohm je protiv tog tumačenja jer smatra da je sa stanovišta materijalističe filozofije neprivlačno tumačenje teorije koje "zahteva od nas da se odreknemo pojmova uzročnosti, kontinualnosti objektivne realnosti mikroobjekata u kvantno - mehaničkom domenu"[2], odnosno da nije prihvatljiva interpretacija koja nam "nudi shvatanje fizike kao nečega što je inherentno i neizbežno, ograničeno, u ovom domenu i ispod njega, isključivo na manipulaciju matematičkim simbolima primenom odgovarajućih pravila, što nam u opštem slučaju dozvoljava samo izračunavanje verovatnog ponašanja fenomena koji se mogu posmatrati u makroskopskom domenu".[3]

Bohm je smatrao da je moguće izgraditi fiziku mikrosvijeta u kojoj neće biti potrebno napustiti pojmove kauzalnosti, kontinuiteta i objektivnosti fizikalnih procesa. Po Bohmu mikrofizikalni procesi teku "sami po sebi" i utjecaj mjernog uređaja se razmatra samo kao remećenje stvarnog stanja sistema.

Za realizaciju ovog programa potrebno je postulirati postojanje supkvantnog nivoa fizikalne realnosti, koji je odgovoran za kvantno ponašanje mikroobjekata.

Opravdanost uvođenja subkvantnog nivoa i metodološke probleme koje to uvođenje implicira, Bohm je najiscrpnije razmotrio u monografiji "Uzročnost i slučajnost u savremenoj fizici".

Na početku razmatranja ističe da je cilj njegove diskusije "reljefnije isticanje krajnjih implikacija uobičajene interpretacije kvantne teorije uvođenjem suprotnih gledišta".[4]

To suprotno gledište je pretpostavka da na svom sadašnjem stupnju razvoja kvantna mehanika nije dovoljno kompletana da bi mogla detaljno opisati ponašanje individualnih sistema, te da bi za detaljnije izučavanje trebalo uzeti u obzir "neki još nepoznati dublji nivo koji prema atomskom nivou stoji u relaciji sličnoj onoj koja vezuje atomski nivo sa nivoom Braunovog kretanja".[5]

Pretpostavljajući na tom nivou specifična svojstva procesa (npr. nelinearnost jednadžbi koje bi ih opisivale), Bohm je vjerovao da je moguće racionalno razumijevanje glavnih karakteristika mikroskopske zbilje: diskretnih energertskih stanja i prelaza među njima, kao i postojanje kvanta elekromagnetne energije.

Bohm je analizirao i razloge nezainteresiranosti fizičara za traženje uzročnog modela mikrostvarnosti. Smatra da su tome značajan doprinos dali i praktični i filozofski razlozi.

Praktični razlozi su: eventualna matematička složenost teorije i nedostatak eksperimentalnih podataka. Filozoski razlozi su bazirani na Heisenbergovom principu neodređenosti i von Neumannovom dokazu o nepostojanju skrivenih parametara. Pošto ne razmatra detaljnije praktične razloge, može se zaključiti da ih Bohm akceptira. Svu oštrinu kritike usjemerava na analizu filozofskog opravdanja za nemogućnost konstrukcije uzročnog modela mikrofenomena.

Da bi opravdao mogućnost egzistencije subkvantnog nivoa, koji je neophodan za kauzalnu interpretaciju kvantne teorije, Bohm napominje "da na tom nivou ne važe osnovne pretpostavke koje su nužne za postojanje principa neodređenosti. Stoga princip neodređenosti jednostavno ne daje nikakvu informaciju o preciznosti merenja koja koristi fizičke procese na tom subkvantnom nivou".[6]

Bohm navodi sljedeće pretpostavke: kvantiziranje energije i impulsa u svim interakcijama, čestične i valne aspekte tih kvanata, te nepredvidljivost i nepodložnost kontroli izvjesnih crta individualnog kvantnog procesa. Po njegovom mišljenju, na supkvantnom nivou kvant bi se mogao podijeliti i principu predvidjeti i kontrolirati pomoću novog vida kauzalnih faktora koji postoje na tom nivou i dodaje da je zbog toga "zaključak o nepostojanju dubljeg nivoa kauzalno određenog kretanja, u stvari, primer rezonovanja ukrug, jer taj zaključak sledi samo onda ako od samog početka pretpostavimo nepostojanje takvog nivoa".[7]

Sličnim argumentima kritizira Bohm i von Neumannov dokaz o nepostojanju skrivenih parametara, jer se, po njegovom mišljenju, dokaz zasniva na implicitno pretpostavi da će se uvijek, ma kako daleko išli u izučavanju prirode, "stanje fizičkog sistema, barem delimično, definisati uz pomoć "opservabli" koje zadovoljavaju izvesna pravila današnje kvantne teorije"[8], "dok će skrivene varijable služiti samo zato da specifikaciju, koju već daju opservable, učine preciznijom".[9]

Bohm prigovara von Neumannu da ta pretpostavka "veoma ograničava formu teorija koje dolaze u obzir"[10] i da ne treba isključiti mogućnost "da će na subkvatno - mehaničkom nivou biti neadekvatna čitava šema pogodna za kvanto - mehanički nivo, te da će se ta šema morati zameniti nečim sasvim drugačijim".[11]

Jasno je da u tom slučaju, dokaz von Neumannove teoreme ne bio relevantan jer se izašlo iz okvira implicitnih pretpostavki za njeno dokazivanje.

Bohm zaključuje da neophodnos odricanja od uzročnosti, kontinuiranosti i objektivne realnosti individualnih mikroprocesa ne slijedi niti iz eksperimentalnih činjenica niti iz matematičkih jednadžbi teorije nego iz "pretpostavke (obično implicitne pre nego eksplicitne) da su izvesni aspekti današnje teorije apsolutni i konačni, tako da nikad neće biti negirani u budućim teorijama, niti će se ikad pokazati kao aproksimacije koje važi u određenom domenu".[12]

Ove dalekosežne pretpostavke su, smatra Bohm, uvjetovanje uvjerenjem tvoraca kvantne teorije da se može zamisliti i shvatiti samo ono čime se susrećemo u svakodnevnom iskustvu, a najviše u iskustvu iz domena klasične fizike. Dakle, konceptualno mišljenje je nemoguće izvan tog okvira, gdje se možemo snalaziti samo uz pomoć matematičkog formalizma. To je jedan razlog, a drugi je široko rasprostranjeno mišljenje da ne treba razmatrati entitete koji se ne mogu promatrati postojećim eksperimetalnim uređajima. Prvom uvjerenju, po kojem naši pojmovi potječu samo iz svakodnevno iskustva, Bohm prigovara da je suviše jednostavno. On podvlači "da do evolucije naših pojmova dolazi i usljed naučnog iskustva".[13]

Bohm dozvoljava da primitivni pojmovi svakodnevnog iskustva mogu poslužiti kao polazna tačka istraživanja u fizici, ali dodaje "da novi zakoni, otkriveni tokom istraživanja - kako oni koji su matemački formulisani, tako i oni čiji je izraz više kvalitativan - dovode do postepenog obogaćivanja i usavršavanja ovih pojmova, sve dok se ne razviju u nešto različito od onoga od čega se počelo".[14]

U vezi sa razmatranjem novih vidova zakona otkrivenih u kvant domenu, Bohm smatra da bi bilo prirodno "poći do klasičnih pojmova polja i čestice, te ih izmeniti i obogatiti da se omogući nova kombinacija talasnih i čestičnih svojstava kakvu implicirara kvantna teorija".[15]

Drugi razlog, koji zabranjuje postuliranje enetiteta, koji u sadašnjem trenutku nisu dostupni promtranju, predstavlja, po

Bohmovom mišljenju, ekstrafizikalno ograničenje mogućih teorija. Bohm koristi termin "ekstrafizikalno" jer smatra da se "nikako ne može izvesti - bilo iz eksperimentalnih podataka fizike, bilo na osnovu matematičke formulacije - da će nam zauvek ostati nedostupno ono što danas ne možemo posmatrati"[16].

Lako se složiti sa Bohmom da se takvo ograničenje ne može smatrati korisnom radnom hipotezom.

Kao alternativu shvatanju da se realnim smije nazvati samo ono što dana možemo promatrati, Bohm kao svoju radnu hipotezu usvaja gledište:

> "... Svet (je) objektivno realan i ... ima strukturu neograničene složenosti, ali strukturu koja se može precizno definisati i analizirati. Ta struktura se može shvati uz pomoć sve fundamentalnijih, sve opštijih i sve tačnijih pojmova, čiji niz pruža sve bolju sliku beskonačne strukture objektivne stvarnosti.
>
> Međutim, ne možemo nikad očekivati da ćemo dobiti kompletnu teoriju ove strukture, jer u njoj sigurno ima više elemenata no što ih možemo saznati na bilo kom datom stupnju naučnog razvoja. Svaki određeni element će se u principu najzad saznati, ali nikad svi odjednom. Gornje stanovište svakako implicira da nijednu teoriju ili deo neke teorije ne treba smatrati apsolutnom i konačnom".[17]

U vezi s tim dodaje da dostignuća kvantne mehanike ni u kom slučaju ne zatijevaju pretpostavljanje apsolutne važnosti relacija određenosti i principa komplementarnosti, već da bi "ona mogla biti zasnova i na mnogo skromnijoj pretpostavci - da je primjena ovih pojmova ograničena na izvjestan domen, u određenom stepenu aproksimacije. Tako se izbjegava pretpostavka a priori, koji očevidno nije moguće podvrgnuti eksperimentalnoj provjeri, a time se pak stvara mogućnmost razmatranja principijelno novih zakona u novim domenima, što se ne može učiniti ako se pretpostavi apsolutno i konačno važenje izvesnih aspekata teorija koje odgovaraju kvantno mehaničkom domenu.

Među novim vidovima zakona, koji postaju dozvoljini time što više ne pretpostavljamo apsolutno i konačno važenje principa neodređenosti, treba istaći interesantnu i sugestivnu mogućnost postojanja skrivenih varijabli na sub - kvantno - mehaničkom nivou".[18]

5.4.2. KAUZALNI MODEL KVANTNIH FENOMENA

Osnovna ideja kauzalnog modela se sastoji u tome da se pokuša tretirati kvantne fenomene "kao nešto što nastaje na osnovu objektivnog, realnog supstratuma kontinualnog kretanja koje postoji na nižem nivou i regulisano je novim zakonima iz kojih se dobijaju zakoni sadašnje kvantne teorije kao aproksimacije dobre samo u domenu koji nazivamo kvantno - mehaničkim nivoom".[19]

Bohm smatra da uspješnš ispunjenje tog programa kauzalnog tumačenja mikrofenomena u kvantnom domenu, pored velikog spoznajnog napretka (kvantni fenomeni postaju manje misteriozni), značajno doprinosi ostvarivanju dva važna cilja:

(1) daje se konkretniji vidi kritici uobičajene kvantne mehanike; i

(2) dokazuje se neistinitost široko rasprostranjenog vjerovanja da nema izbora, tj. da se uobičajena interprtacija mora usvojiti zato što bi svaka druga bila nezamisliva.

Da bi se ocijenila epistemološka vrijednost Bohmove alternative, koju je Bohm ponodio umjesto kopenhagenskog tumačenja, potrebno je detaljnije razmotriti kako izgleda interpretacija kvantne mehanike pomoću skrivenih varijabli.

5.4.3. REINTERPRETACIJA SCHRÖDINGEROVE JEDNADŽBE

Bohm polazi od Schrödingerove jednadžbe, psi funkciju zamijenjuje dvjema funkcijama R (amplituda) i S (faza), nakon čega dobija jednostavnim transformacijama modificiranu Hamilton - Jacobijevu jednadžbu. Dodatni član U Bohm interpretira kao "kvantni potencijal", smatrajući da je pomoću njega moguće racionalno i dosta zorno shvatiti su osebujnost kvantnog ponašanja mikrosistema.

Kao prvi korak u razvoju svoje interpretaicije asocira "sa svakim elektronom česticu koja ima precizno odredljive i kontinuirano promjenljive vrijednosti položaja i impulsa"[20], Moguće trajektorije čestice se nalaze integriranjem jednadžbe za brzinu.

Drugi važan korak je tretiranje "valne funkcije individualnog elektrona kao matematičke reprezentacije nekog objektivno realnog polja"[21], koje preko "kvantnog potencijala" djeluje na česticu.

Da bi se dobili svi rezultati uobičajene interpretacije, po Bohmovom mišljenju, je potrebno uvesti tri specijalne, uzajamno konzistentne pretpostavke[22]:

(1) Psi - polje zadovoljava Schrödingerovu jednadžbu;

(2) Impuls čestice je oodređen gradijentom funkcije S(x);

(3) Ne predviđa se niti kontolira precizna lokalizacija čestice, nego se ima praktično statistički ansambl sa gustoćom vjerovatnosti određenom kvadratom valne funkcije. Upotreba statistike nije, međutim, inherentna nego je više konsekvenca nepoznavanja preciznih početnih uvjeta čestice.

Pošto su ove pretpostavke nužne samo u slučaju da se žele dobiti rezultati uobičajene interpretacije, Bohm zaključuje da "predložena interpretacija obezbjeđuje mnogo širi konceptualni okvir".[23]

Širenje konceptualnog okvira se postiže odstupanjem od ograničenja koja su nametnuta potrebom slaganja sa standarnim tumačenjem. Bohm je očekivao da će njegova koncepcija mikrosvijeta doći do izražaja u oblastima karakterističnih dimenzija $10^{-15}m$, gdje su se uobičajena kvantna mehanika i njena kopehagenska interpretacija trebali pokazati skroz neadekvantim.

Bohmove nade se nisu ostvarile. Danas fizika operira i na hiljadu puta manjim dimenzijama ali još uvijek nema indikacija da je potrebno mijenjati neke bazne postavke kvantne mehanike, barem ne one koje ulaze u relativističke kvantne teorije polja koje predstavljaju standardni teorijski okvir za deskripciju procesa koji se dešavaju u tom domenu.

Druga je stvar sa interpretacijom kvantne mehanike. Tu su još mogući i neophodni dijalozi. Bilo bi pogrešno staviti znak jednakosti između formalizma i tumačenja. Uspjehe kvantnomehaničkog formalizma i njegove relativističke generalizacije ne treba pripisati ortodoksnoj interpretaciji nego formalizmu samom.

Niz primjera ukazuje da je gotovo nemoguće u fizici elementarnih čestica i kosmologiji doslovno primjenjivati filozofiju da se teorijski model odnosi neposredno na makroskopske efekte mikroprocesa. Sve je jasnije da fizika svoju teorijsku pažnju usmjerava prema fundamentalnim svojstvima elementarnih čestica i njihovih interakcija i da je sve teže iz teorije dobiti neposrednu makroskopsku fenomenologiju u eksperimentalnim uređajima.

Sam program unifikacije čestica i međudjelovanja je pokušaj da se otkriju jedinstveni zakoni, koji leže u osnovi fizikalnog svijeta, i za čiju verifikaciju su potrebni velika eksperimentalna vještina i visoke energije, za mnoge teorijske ideje, daleko izvan tehnoloških mogućnosti. Posredno kosmološko testiranje takvih ideja, kada nema direktnog kontakta mjernog uređaja sa tokom fundamentalnog fizikalnog procesa, koji opisuje teorija, rječito govori o ograničenju jedne od osnovnih teza kopenhagenskog tumačenja da je ponašanje mikrosistema neodvojivo od njihove interakcije sa mjernim uređajem.

Evo nekoliko kritičkih primjedbi u vezi sa Bohmovom teorijom. Svrstavajući njegov pokušaj među pokušaje eliminiranja valne funkcije iz opisa kvantnih fenomena, Blohincev je, uputio Bohmu sljedeći prigovor:

"U kvantnoj mehanici fundamentalnu ulogu igra princip superpozicije stanja... Taj prosti i važan princip ne može biti izražen na jeziku veličina R i S, a da se ne vratimo valnoj funkciji. Još veća neudobnost se pojavljuje pri formulaciji uvjeta simetrije za sisteme jednakih čestica... Ove teškoće se općenito javljaju kod svih pokušaja da se formulira kvantne mehanika na jeziku veličina, koje su nelinearne u odnosu na valnu funkciju. Valna funkcija se uvlači kroz prozor, ako je istjeramo kroz vrata: ova "upornost" valne funkcije izražava činjenicu, da je jezik linearne teorije jezik imanentan samoj prirodi kvantne mehanike."[24]

Blohincev ima pravo jer se valna fukcija pojavljuje u "kvantnom potencijalu". To znači da je za detaljnije poznavanje ponašanja kvantnih objekata potrebno, najprije riješiti Schrödingerovu jednadžbu i tek onda pokušati proračunati "trajektorno kretanje". Pri tome na ponašanje mikrosistema utiče cjelina situacije, dakle svi oni granični uvjeti koji se nameću na valnu funkciju. Pri tome Bohm ima problem sa fizikalnim tumačenjem "objektivnog i realnog psi - polja".

Naime, ako treba interpetirati eksperimentalne rezultate onda Bohm kvadrat psi - polja povezuje sa gustoćom vjerovanoće, a kada govori o djelovanju "kvantne sile" na česticu onda je psi - polje objektivni i realni fizikalni entitet. Pri tome nema konzistentnog odgovora na pitanje o energetskom sadržaju psi - polja, koji je neophodan da bi se moglo govoriti fizikalnom djelovanju na česticu. U eksperimentima je uvijek čestica nosilac energije i impulsa.

I kvantna sila, izvedena iz kvantnog potencijala, ima zagonetna svojstva. Bohm ističe da je pomoću nje moguće dobiti "jednostavan i precizno odredljiv konceptualni model objašnjenja zašto čestice ne mogu nikad biti nađene u tačkama gdje valna funkcija iščezava"[25]. Model objašnjenja je sljedeći:

> "Kad R postaje jednako nuli, "kvantni potencijal" U postaje beskonačan. Ako se U približava beskonačnosti preko pozitivnih vrijednosti, postojat će beskonačna sila koja odbija česticu dalje od centra. Ako se približava beskonačnosti preko negativnih vrijednosti čestica će proći kroz tačku beskonačnom brzinom ne provodeći u njoj nimalo vremena."[26]

Ovo implicira zaključak da je pri izvođenju difrakcionih pokusa na ekranu već "zapisana" difrakciona slika i da čestice služe samo zato da je "pročitamo". Raspored centara odbojnih sila postaje vidljiv razmještajući čestice na "dozvoljena" mjesta. S druge strane, postojanje centara beskonačno velikih privlačnih sila sugerira da bi se u detaljnijim pokusima, u kojima bi bilo moguće izbrojati čestice koje emitira izvor i koje registira ekran, morala ustanoviti nejednakost između broja emitiranih i registriranih čestica pošto postoje čestice koje su prošle kroz ekran beskonačnom brzinom ne ostavljajući nikakav trag. Dok bi se uslovno mogla dozvoliti beskonačna brzina promjene psi - polja kao objekta čija fizikalna priroda nije dovoljno poznata, teško je prihvatiti da se relativno dobro proučeni objekti (elektroni ili fotoni) mogu kretati beskonačnom brzinom.

5.4.4. PONAŠANJE MIKROSISTEMA IZVAN MJERNIH NAPRAVA

U kopenhagenskom tumačenju se iz činjenice da moramo tranformirati, pomoću mjernog pribora, mikroskopske procese u makroskopske fenomene, izvlači zaključak da se kvantne mehanika odnosi samo na eksperimentalnu situaciju i da nema smisla govoriti o mikrostvarnosti "po sebi" izvan tog procesa transformacije. Jedino što se može uraditi je proračun mogućih stanja i ponašanja mikrosistema, tj. uspostaviti statističku relaciju između mogućih stanja mikrosistema i aktuelnih učinaka mikrosistema u makroskopskim uređajima.

Bohm ne prihvata ovakav pristup fizikalnoj realnosti i ističe da u njegovom opisu mikroskopskih fenomena "problem objektivne realnosti na kvantnom nivou nije, barem u principu, fundamentalno različit od problema objektivne realnosti na klasičnom nivou"[27]

Može se, u principu, prihvatiti Bohmovo metodološko polazište o tome da mikrosistemi postoje objektivno, na suštinsko isti način kao i predmeti našeg makroskoskog iskustva, u smislu da ih čovjek nije stvorio i da je njihovo fundamentalno ponašanje određeno

zakonima na koje čovjek ne može uticati. Međutim, Bohmov opis toga ponašanja ima niz neobičnih karakteristika.

Najneobičnija karakteristika Bohmovog opisa stanja mikroobjekta "po sebi" je odsustvo kretanja. U nekoliko primjera (stacionarno stanje elektrona u atomu, slobodna čestica u potencijalnoj jami, Einstein - Podolsky - Rosen situacija) Bohmov model implicira mirovanje mikroobjekta. To znači da elektroni u stacionarnom stanju ne zrače elektromagnetsko zračenje zato što su jer su nepokretni! Doista zbunjujući zaključak, koji iz temelja mijenja predodžbu o fundamentalnom ponašanju materijalnih sistema.

Doduše, Bohm ima objašnjenje pomoću psi - polja i kvantnog potencijala. Naime, "psi - polje je u stanju da umiri česticu i transformira njenu ukupnu kinetičku energiju u potencijalnu energiju u potencijalnu energiju interakcije sa psi - poljem"[28].

Na taj način ono što opažamo nije stvarno stanje mikrosistema nego rezultat našeg djelovanja na to stvarno stanje. Time interakcija dobija izuzetnu ulogu: s jedne strane treba da prevede mikrosistem iz stanja mirovanja u neko određeno stanje kretanja, i, s druge stanje, treba da nam omogući da baš to stanje registriramo.

Zaista je čudno, kao što primjetio Popper, da taj proces "aktiviranja" mikrosistema uvijek otkriva sistem u njegovoj "punoj, stvarnoj brzini, a ne u jednom stanju ubrzanja prema stvarnoj brzini"[29].

Za Bohma to ne predstavlja problem, jer se u procesu mjerenja brzine, po njegovom mišljenju, vrši trenutna (!) transformacija potencijalne interakcije mikrosistema sa psi - poljem u opaženu kinetičku energiju.

Naravno, stvar je filozofskog ukusa da li je ova transformacija kinetičke energije i potencijalne energije interakcije sa psi - poljem misterioznija od Heisenbergove ideje o transformaciji tendencija u aktualnost u mjernom aktu, posredstvom djelovanja "ostatka svijeta", koje postaje efikasno tek u procesu mjerenja.

Bohmova koncepcija mikroskopske zbilje ispoljava čudnu podudarnost sa Heisebergovom idejom o ometanju mikrosistema mjerenjem, kao polaznom tačkom za objašnjenje nužnosti napuštanja kauzalnog opisa ponašanja kvantnih objekata. Kod Bohma sve još mnogo složenije, budući da se ometanje sistema ne vrši direktno pomoću nekog od poznatih fizikalnih objekata, nego indirektno preko izmjene psi - polja. Time Bohmov pristup, kroz reinterpretaciju kvantnog ponašanje mikroobjekata pojmovnim arsenalom klasične fizike (trejektorija, impuls, "kvantna sila"), de facto iznosi jasno sve konceptualne probleme kvantne mehanike, koji su skriveni u matematičkom formalizmu teorije ili u epistemološkim razmatranjima ortodoksnog tumačenja.

Da bi ublažio misterioznost prelaska sistema iz "stanja po sebi" u "stanje za nas", Bohm je, u zajedničkom radu sa Bubom, uključio i proces mjerenja u Schrödingerovu jednadžbu, dodajući

jedan "neunitarni član koji reprezentira utjecaj šire okoline na sistem", koja "uključuje mjerni instrument kao specijalan slučaj" [30]. Na taj je način "kad se odigrava mjerenje, promjena valne funkcije samo kvantitativno, a ne kvalitativno različita nego inače"[31].

Međutim, u istom broju časopisa "Reviews of Modern Physics", u kojem je Bohm predložio reformulaciju Schrödingerove jednadžbe, izlazi i Bellov članak "On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics", koji će znatno utjecati na kasnije Bohmove radove. U njima će on više insistirati na "cjelovitosti" kvantnih fenomena nego na njihovoj individualnoj specifikaciji, što je bila osnovna karakteristika pokušaja sa skrivenim varijablama. Time se Bohm počinje ponovo približavati Bohrovom gledanju na kvantnu mehaniku.

5.4.5. BELLOV KOMENTAR VON NEUMANNOVOG DOKAZA I BOHMOM ZAOKRET

Vidjeli samo kroz analizu EPR-paradoksa da je nemoguću pomoću matematičkog formalizma kvantne mehanike dokazati njenu "nepotpunost". Istu sudbinu doživio je i von Neumannov[32] pokušaj dokazivanja "potpunosti" kvantne mehanike, tj. nezasobilaznosti njenog statističkog tumačenja.

Von Neumann je tvrdio da bi se kvantna mehanika "trebala pokazati pogrešnom da bi bio moguć neki drugi opis elementarnih procesa, različit od statističkog"[33]. Drugim riječima, nije moguće dobiti sve rezultate kvantne mehanike usrednjavanjem po bezdisperzivnim stanjima hipotetičkih skrivenih parametara jer, po von Neumannovom mišljenju, "ansambli bez disperzija ne postoje"[34].

Bellov[35] komentar, koji "korigira" von Neumannov dokaz ide ovako. Bell ističe da je ključna karika u lancu zaključivanja pretpostavka o linearnosti očekivanjih vrijednosti, koja glasi:

"Ako su R,S,... - proizvoljne veličine i ako su a, b,... - realni brojevi, tada je Erw (aR + bS + ...) = a Erw (R) + b Erw (S) + ..."[36]

Međutim, po Bellovom mišljenju ta pretpostavka vrijedi samo za kvantno - mehanička stanja sa disperzijama i nije je dozvoljeno upotrebljavati i za bezdisperzivna stanja skrivenih varijabli. Bell se slaže da ta pretpostavka izgleda dosta razumna jer se bazira na dobro poznatom objašnjenju da mjerenje sume nekomutirajućih varijabli ne može biti učinjeno trivijalnom kombinacijom rezultata sepatnih opservacija pojedinih varijabli. Takvo mjerenje zahtijeva poseban eksperiment.

Nakon toga dodaje:

"Objašnjenje neaditivnosti dozvoljenih vrijednosti ustanovljava netrivijalnost aditivnosti očekivanih vrijednosti. Posljednje je baš posebna osobina kvantno - mehaničkih stanja, koja se ne može očekivati a priori. Nema razloga posebno je zahtijevati i od hipotetičkih bezdisperzivnih stanja, čija je funkcija, kad se usrednje, da reproduciraju mjerljive osobenosti kvantne mehanike."[37]

Zbog toga Bell smatra da von Neumannov formalni dokaz ne opravdava njegov neformalni zaključak da bi kvantna mehanika trebala biti objektivno pogrešna u slučaju mogućnosti nestatističkog opisa. Ono što "isključuje" skrivene parametre, po Bellovom mišljenju, nisu objektivno mjerljiva predviđanja kvantne mehanike nego "proizvoljna pretpostavka o osobitoj (i nemogućoj) relaciji između rezultata inkompatibilnih mjerenja od kojih svako može biti učinjeno u datoj prilici, ali se samo jedno stvarno čini"[38].

Dakle, zahvaljući Bellovoj analizi von Neumannovog dokaza ne možemo a priori isključiti postojanje skrivenih parametara. Međutim, on odmah dodaje da "jednadžbe trajektorija za skrivene parametre imaju veoma nelokalan karakter (grossly nonlocal character)"[39] i da je zbog toga "Einstein - Podolsky - Rosen paradoks riješen na način koji se Einsteinu najmanje sviđao"[40].

Na taj način sve teorije skrivenih parametara, koje žele reproducirati ukupnost karakterističnih kvantnih fenomena bi morale biti bitno nelokalne i to razjašnjava one čudne karakteristike Bohmove "zbilje po sebi".

Lelas to komentira na sljedeći način:

"Nelokalne teorije skrivenih varijabli prenose nelokalnost kvantne mehanike na dublju razinu, točnije u samu realnost. Time se mijenja do neke mjere pretpostavka o analitičnosti realnosti. Ako ono što se dešava na jednom mjestu može uticati na zbivanja u bilo kojem dijelu svemira, ma kako udaljen on bio, tada je iluzorno govoriti ne samo o relativno dobroj izoliranosti već o bilo kakvoj izoliranosti, jer se ne radi o neopažljivim učincima. Ako je taj zaključak točan onda realnost nije analitična, nije rastavljiva na zasebne dobro definirane dijelove, odnosno elemente. A kako onda da govorimo o jednoznačnoj korespondenciji, kad već primarni uvjet, tj. uvjet da postoje odvojeni elementi realnosti, barem u relativnom smislu, nije ispunjen. Ni ideja o mjerenju čiji je utjecaj zanemariv ili odračunljiv nije održiva. Što onda ostaje od realizma?"[41]

Bohm[42] nije shvatio Bellov dokaz kao fatalan za svoju teoriju nego uvodi pojam "potpune cjelovitosti" ("unbroken wholeness") čime dolazi do novog pojma fizikalne realnosti u kojem je polazna pretpostavka "potpuna cjelovitost totaliteta svemira". Jasno je da je ovakav model stvarnosti u kojem "sve zavisi od svega" potpuno suprotan modelu skrivenih parametara u kojem se insistira na preciznim karakterističnim individualnih sistema.

Dok je ranije, mijenjajući Schrödingerovu jednadžbu, pokušavao objasniti eksperimentalne rezultate kao posljedicu precizno definiranog niza učinaka, sada Bohm piše i ovo:

"Kvantni kontekst traži novu vrstu opisivanja koja ne implicira separabilnost "opserviranog objekta" i "instrumenata kojim se opservira"... Forma eksperimentalnih uvjeta i značenje eksperimentalnih razultata trebaju sada sačinjavati cjelinu, u kojoj analiza u autonomno egzistirajuće elemente nije relevantna. Primarni naglasak je sada na nepodijeljenoj cjelovitosti, u kojoj mjerni instrument nije separabilan od onoga što se opaža."[43]

Ovih nekoliko redaka neobično podsjećaju na kopenhagesko tumačenje kvantnih fenomena i procesa mjerenja. Međutim, Bohm i dalje zagovara "objektivnu realnost". Kao što je ranije u modelu stvarnosti morao uvesti "kvantnomehanički potencijal" kao protutežu prenaglašenoj individudalnosti skrivenih varijabli da bi mogao imitirati kvantno - mehaničko ponašanje mikročestica u

eksperimentalnim situacijama, tako sada postulira[44] "proces spontane lokalizacije" (spontaneous localization process), koji umanjuje neugodne nelokalne efekte. U procesu spontane lokalizacije se dešava prelaz iz nelokalnog stanja složenog sistema u produkt lokalnih stanja konstituitivnih elemenata sistema. Pri tome se naglašava da "takav proces evidentno ne može biti opisan nikakvom valnom funkcijom koja zadovoljava Schrödingerovu jednadžbu"[45]. Zakon njenog razvoja mora biti "nešto kvalitetno različito od sada poznatih zakona kvantne teorije"[46].

Proces spontane lokalizacije (zajedno sa procesom spontane fuzije) omogućava, po Bohmovom mišljenju, pristup novoj koncepciji kretanja, koja bolje odgovara kvantno - mehaničkom kontekstu. U toj koncepciji "nije potrebno staviti motritelja ili proces mjerenja u specijalan položaj"[47], jer je u njoj moguće opisati "svijet kao totalan proces koji se dešava nezavisno od motritelja"[48].

Bohm naglašava da između kopehagenskog tumačenja kvantne mehanike i njegovog novog pristupa postoji značajna razlika:

> "U uobičajenoj kvantnoj mehanici mjerni aparat funkcionira kao makro - sistem koji uklanja dvosmislenost mikroskopskog stanja i aktualno doprinosi na jedan neanalizibilan način određivanju tog stanja. To je, u suštini, značenje onoga što o problematici kažu Bohr, Heisenberg i drugi. Međutim, u gledištu koje sada predlažemo, ne postoji nikakva dvosmislenost takve vrste jer egzistiraju određeni zakoni pomoću kojih se određivanje nekog aktulnog stanja shvaća kao ishod procesa spontane lokalizacije."[49]

5.4.6. SADAŠNJE STANJE BOHMOVE TEORIJE

U zadnjih desetak godina Bohmove ideje zastupa nekoliko novih autora (Hiley, Dewdney, Philippidis, Holand, Kyprianidis), primjenjujući ih na situacije koje nisu bili razmatrane u početnim Bohmovim radovima: Wheelerov eksperiment odloženo odluke50), mjerenje spina51), spinska superpozicija u neutronskoj interferomentriji52) i EPR spinske korelacije53).

Posebno je važan rad Philippidisa, Dewdneya i Hileya54) u kojem je izračunata eksplicitna forma kvantnog potencijala u slučaju eksperimenta sa dva otvora. Kvantni potencijal "gomila" trajektorije na način koji je nužan da bi se dobila interferencioni pruge u raspodjeli intenziteta. Time otpada ranija Bohmova ideja da neke čestice prolaze beskonačno velikom brzinom kroz ekran i da ih zbog toga ne možemo registrirati na odgovorajućim mjestima. Na taj način je demonstrirana mogućnost "presjecanja" Bohrovog gordijskog čvora: ili trajektorija ili interferencija.

Philippidis, Dewdney i Hiley govore "analitički" o Bohrovoj cjelovitosti. Informacija o tome da li je otvor, kroz koji čestica ne prolazi, zatvoren ili otvoren je sadržana u kvantnom potencijalu. Cjelovitost kvantnog fenomena je izražena kvantnim potencijalom, koji zavisi ireducibilno od svojstava i čestice i aparata.

Doprinos kvantnog potencijala energiji elektrona je zanemarljiv. Philippidis, Dewdney i Hiley smatraju da je to 450 miliona puta manje od kinetičke energije elektrona. Njegova uloga je uređenju i strukturiranju trajektorija čestice na način koji odražava posebnosti kvantnog domena. "Geometrijska sjenka" iza otvora je organizirajući centar za cijeli ansambl trajektorija čestica koje se kreću prema ekranu.

Kvantni potencijal, po njihovom mišljenju, kombinira svojstva svih participirajućih elemenata (mase, brzine čestica, širinu i rastojanje otvora) na ireducibilan način i sugerira da u kvantnom domenu prostor ne može biti razmatran kao neutralna pozadina, nego je strukturiran tako da nameće ograničenja na procese koji se u njemu odigravaju. Čak i malene promjene svojstava objekata mogu rezultirati u dramatičnim promjenama kvantnog potencijala.

Kvantni potencijal nije sličan niti jednom fizikalnom polju. Njegova globalnost i homogenost, u smislu da nije separabilan na dobro definiran izvor i polje, zahtijeva drugačiji konceptualni okvir za njegovu asimilaciju.

Veoma je čudno da autori, koristeći Feynmanov prilaz kvantnoj mehanici preko integrala po trajektorijama, u kojem vjerovatnoću dolaska čestice na neko mjesto na ekranu doprinos daju sve moguće klasične trajektorije (koje "prolaze" i kroz jedan i kroz drugi otvor!), dobijaju rezultat u kojem je moguće znati kroz koji otvor je čestica prošla.

Prigovor zaslužuje i njihova ideja da masa čestice može ovisiti o svojstvima aparature (širina i udaljenost otvora)! Ta ideja odmah nameće dva pitanja: Da li na bilo koji način masa elektrona može ovisiti o svojstvima aparature u kojoj se masa ne mjeri? Koju vrijednost mase bi koristili u slučajevima kada aparature nije prisutna?

Sistematsko istraživanje mogućnosti ontologije koja je konzistentna sa kvantnom teorijom proveli su Bohm, Hiley i Kaloyerou, u preglednom radu "Jedna ontološka baza za kvantnu teoriju"55). Po njihovom mišljenju elektron je čestica kojoj je uvijek pridružen val, koji zadovoljava Schrödingerovu jednadžbu. Taj val određuje kvantni potencijal, koji se razlikuje od poznatih fizikalnih potencijala, upravo na način koji omogućava prikaz razlika između klasične i kvantne fizike.

Kvantni potencijal je određen formom valne funkcije, a ne njenom amplitudom. To znači da njegovi efekti ne slabe porastom rastojanja. Odatle slijedi da sistem nije moguće efikasno razdvojiti od okoline i da može biti nelokalno povezan sa drugim sistemima koji na znatnom rastojanju od njega. U slučaju višečestičnih sistema kvantni potencijal zavisi od cjelokupnog kvantno stanja na način koji ne može biti sveden na uobičajene interakcije između čestica. Ova dva svojstva impliciraju zajedno "kvantnu cjelovitost".

Bohm, Hiley i Kaloyerou smatraju da je moguća ontološko fundiranje kvantne mehanike samo pod uslovom da se oslobodimo dosadašnjeg načina razmišljanja:

"Individualni elektron... je konstituiran od čestice koja zadovoljava neku jednadžbu kretanja i vala koji zadovoljava Schrödingerovu jednadžbu. I čestica i val se smatraju realnim bez obzira da li su opažani ili ne. To je stvorilo mogućnost da kvantna mehanika može bi esencijalno shvaćena pomoću ontoloških pretpostvaki koje se tiču prirode individualnih sistema tako da bi epistemološki i statistički sadržaj igrao sekundarnu ulogu kao u newtonovskoj mehanici."[56]

"Kvantna teorija može biti shvaćena intuitivno na jednoj ontološkoj bazi samo ako smo spremni da razmotrimo pretpostavku o fundamentalno novim vrstama kvaliteta i svojstava materije ... nego da jednostavno nastavimo razvoj prošlih linija mišljenja."[57]

Valna funkcija u višedimenzionalnom konfiguracionom prostoru se ne može interpretirati kao polje koje proizvodi silu ili pritisak, koji bi prenosili energiju na česticu. Čestica se kreće koristeći svoj sopstveni energetski potencijal, ali je forma tog kretanja fundamentalno osjetljiva na višedimezionalno uređenu vrstu informacije koja je predstavljena valnom funkcijom. Čestica koristi samo informaciju u aktuelnom "kanalu". U ostalim kanalima dolazi do rasipanja informacije. Ovim prelazom na "višedimenzionalnu uređenu informaciju" izbjegnuti su prigovori da već u slučaju dvije čestice valna funkcija ne može biti interpetarana kao polje u običnom prostoru.

Za način ponašanja elektrona po djelovanjem kvantnog vala daju sljedeću analogiju: brod koji ima automatskog pilota vođenog radio valovima. Efekat radio valova je nezavizan od njihovog intenziteta i zavisi samo o njihovoj formi, u kojoj je sadržana instrukcija o pravcu kretanja i manevrima koje treba poduzeti. Brod se kreće koristeći energiju sopstvenih motora, koje informacija u radio valovima upravlja u željenom pravcu. Elektron se, prema tome, kreće na račun svoj sopstvene energije, a informacija kodirana u formi kvantnog vala služi da se ta energija "usmjeri". Tu informaciju Bohm i saradnici nazivaju aktivna informacija[58].

Dakle, da bi se kvantna mehanika interpretirala na ontološki način nužno je priznati postojanje objektivne informacije[59], koja posredstvom valne funkcije upravlja ponašanjem mikrosistema. Bez pitanja ostaju odgovori u vezi sa mehanizmom "dekodiranja" informacije, što upućuje na kontradikciju sa sadašnjim modelom fundamentalnih čestica, u kojem se one smatraju bezstrukturnim entitetima.

* * *

NAPOMENE

1) D.Bohm, A suggested intepretation of the quantum theory in terms of "hiden variables", Physical Review 85 (1952) 166 - 179, 180 - 193.

2) D.Bom, Uzročnost i slučajnost u savremnoj fizici, Nolit, Beograd, 1972, s. 181.

3) Ibid., s. 181.

4) Ibid., s. 147.

5) Ibid., s. 148.

6) Ibid., s. 168.

7) Ibid., s. 169.

8) Ibid., s. 169.

9) Ibid., s. 169.

10) Ibid., s. 169.

11) Ibid., s. 169.

12) Ibid., s. 170.

13) Ibid., s. 172.

14) Ibid., s. 173.

15) Ibid., s. 173.

16) Ibid., s. 174.

17) Ibid., s. 176.

18) Ibid., s. 177.

19) D.Bom, Uzročnost i slučajnost u savremenoj fizici, Nolit, Beograd, 1972, s. 182.

20) D.Bohm, A suggested intepretation of the quantum theory in terms of "hiden variables", Physical Review 85 (1952) 166 - 179, 180 - 193.

21) Ibid.

22) Ibid.

23) Ibid.

24) D.I.Blohincev, Principijelni problemi kvantne mehanike, Nauka, Moskva, 1966, poglavlje VII.

25) D.Bohm, A suggested intepretation of the quantum theory in terms of "hiden variables", Physical Review 85 (1952) 166 - 179, 180 - 193.

26) Ibid.

27) Ibid.

28) Ibid.

29) K.R. Popper, Logika naučnog otkrića, Nolit, Beograd, 1973, s. 484.

30) D.Bohm & J.Bub, A proposed solution of the measurement problem in quantum mechanics by a hidden variable theory, Reviews of Modern Physics 38 (1966) 453 - 469.

31) Ibid.

32) J. von Neumann, Matematičke osnove kvantne mehanike, Nauka, Moskva, 1964. Dokaz se razmatra u okviru glave "Deduktivna izgradnja teorije", s. 221 - 244.

33) Ibid,

34) Ibid., s 240. Stanja bez disperzije su ona stanja u kojima za svaku veličinu vrijedi da je očekivana vrijednost kvadrata date veličine jednaka kvadratu njene očekivane vrijednosti. Vidi s. 229.

35) J.S. Bell, Rev. Mod. Phys. 38 (1966) 447

36) J. von Neumann, op. cit., s. 232 (uvjet B').

37) J.S. Bell, op. cit.

38) Ibid.

39) Ibid.

40) Ibid.

41) S. Lelas, op. cit., s. 123.

42) D.Bohm and B.Hiley, On the intuitive understanding of non - locality as implied by quantum theory, Birbeck College, University of London, 1977, preprint.

43) D.Bohm, Found. Phys. 1 (1971) 359

44) A.Baracca, D.Bohm, B.J.Hiley and A.E.G. Stuart, Il Nuovo Cimento 28B (1975) 453

45) Ibid.

46) Ibid.

47) Ibid.

48) Ibid.

49) Ibid.

50) D.J.Bohm, C.Dewdney & B.H.Hiley, A quantum potential approach to the Wheeler delayed-choice experiment, Nature 315 (1985) 294 - 297

51) C.Dewdney, P.Holand, A.Kyprianidis, What happens in a spin measurement?, Phys. Lett. A 119 (6) (1986) 259 - 267.

52) C.Dewdney, P.R.Holland, A quantum potential approach to spin superposition in neutron interferometry, Phys. Lett. A 121 (1987) 105 - 110.

53) C.Dewdney, P.R.Holland, A.Kyprianidis, A causal account of non -local Einstein - Podolsky - Rosen spin correlations, J. Phys. A20 (14) (1987) 4717 - 4732.

54) C.Philippidis, C.Dewdney, B.J.Hiley, Quantum Interference and the Quantum Potential, Il Nuovo Cimento 52B (1) (1979) 15 - 28.

55) D.Bohm, B.J.Hiley & P.N.Kaloyerou, An Ontological Basis for the Quantum Theory, Physics Reports 144 (6) (1987) 321 - 375; D.Bohm, The Ontological Basis of the Quantum Theory, u P.Lahti & P.Mittelstaedt, eds., Foundations of Modern Physics '87. The Copenhagen Interpretation 60 years after the Como Lecture, World Scientific, Singapore, 1987; Vidi i D.Bohm & B.J.Hiley, Unbroken Quantum Realism, from Microscopic to Macroscopic Levels, Physical Review Letters 55 (23) (1985) 2511 - 2514, kao i interviewe sa Bohmom i Hileyem u P.C.W.Davies & J.R.Brown, The Ghost in the Atom, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

Po Hongovom mišljenju Bohmova koncepcija se slaže u svim tačkama sa Bohrovom interpetacijom i predstavlja njenu ontološku bazu. Vidi D. Hong, On the ontological basis for the quantum theory, Nat. Sci. J. Hunan Norm. Univ. 9 (4) (1986) 25 - 27.

56) D.Bohm, B.J.Hiley & P.N.Kaloyerou, op. cit.

57) Ibid.

58) Interesantno je napomenuti da se slična informaciona vizija materijalnog svijeta susreće i u modernijim (u smislu da je Lenjin citiran jedan put, a Born dva puta!) udžbenicima dijalektičkog materijalizma:

"Univerzalna veza i interakcija formira atributivnu definiciju supstance i pretpostavlja uzajamnu refleksiju i cirkulaciju informacija u univerzumu... Fenomen informacije može se danas smatrati sveobuhvatnim atributom materije u kretanju, kao određenje svih interakcija u svijetu." (A.Spirkin, Dialectical Materialism, Progress Publishers, Moscow, 1983, 69.)

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Paradoksalnost Bohmove informacione ontologije za mnoge je znak da je nemoguće ontološki fundirati kvantnu mehaniku. Međutim, stvari se mogu gledati i drugačije. Bohmova teorija jasno iskazuje svu paradoksalnost kvantnog univerzuma, koja je inače skrivena u matematičkom formalizmu ili u "cjelovitosti kvantnog fenomena", da se poslužim Bohrovom terminologijom. U tom slučaju ona daje signal da je moguć konceptualni uvid u kvantne procese, uz pogodnu izmjenu klasičnog pojmovnog aparata. Ta izmjena je mogućnost informacionog komuniciranja mikroobjekta sa njegovom okolinom. Ostaje nejasna materijaln osnova tog prenosa informacija, kao i procesa njihove transformcije u adekvatno (kvantno!) ponašanje kvantnih sistema.

Na taj način svako treba da se odluči da li je takvo objašnjenje u nekoj prednosti u odnosu na ortodoksno, po kojem kvantna mehanika zabranjuje postavljanje bilo kakvih pitanja u vezi sa ponašanjem mikrosistema izvan interakcije sa mjernim uređajem. Već je rečeno da bi kao alternativu kvantnoj mehanici trebalo tražiti fizikalnu teoriju koja će biti šira od nje i u kojoj će se moći odrediti granica njene primjenljivosti.

Do pojave te teorije, ne treba ostaviti problem intereptacije kvantne mehanike po strani. Interpretacije kvantne mehanike kao ovaploćenja Marxove ideje aktivnog subjekta zahtijeva kritičko ispitivanje odnosa epistemoloških i ontoloških aspekata fizikalne teorije. Da li je fizikalna teorija teorija eksperimentalne situacije u fizikalnoj laboratoriji ili je to teorija koja se odnosi na fizikalne procese, bez obzira ne mjesto i vrijeme? Dakle, da li se kroz spoznaju onoga što je postalo dio naše znanstvene praktične djelatnosti stiže i do nekih znanja koja smijemo primjeniti i na situacije u kojima nema ni spoznajnog subjekta ni njegovih mjernih uređaja?

Ako se marksizam shvati samo kao teorija čovjekovog oslobođenja, a ne kao integralna vizija čovjeka i Prirode, onda se priroda svodi na podlogu čovjekove samorealizacije, na predmet rada i prakse. Priroda prestaje biti materijalna stvarnost sa sopstvenom strukturom i dinamikom, potpuno neovisnim od čovjekove egzistencije.

Ontologija, kao teorija takve stvarnosti, se tretira kao ostatak metafizičkog materijalizma, kao regresivna inertnost teorijske misli o svijetu, nesposobne da osjeti fundamentalnu povijesnu dijalektiku, koja počinje i završava u ljudskoj praksi. Jedini smisao stvarnosti je samostvaranje čovjeka, kroz permanentnu destrukciju staroga i kreaciju novoga, sve humanijeg svijeta.

Takvo shvatanje marksizma je u rezonanciji sa tumačenjem kvantne mehanike, koje zastupaju Dišlevyj i Supek. Ovdje je pokazano da takva koncepcija dozvoljava niz kritičkih primjedbi, posebno sa stanovišta da kvantnomehaničko znanje može biti primjenjeno i u izučavanju procesa, koji ne mogu biti tretirani ni kao dio standardno shvaćene ljudske prakse, a ni u smislu da će njihova spoznaja imati neku praktičnu primjenu.

Međutim, ako se samorealizacija čovjeka shvati ne samo kao stvaranje slobodnog čovjeka, koji je do svoje slobode došao kroz svoj povratak iskonskom jedinstvu sa njemu praktično dostupnom prirodom, nego i kao ostvarivanje njegovih spoznajnih potencijala, onda se vidi da je ona nemoguća bez intelektulne ekskurzije u prošlost i budućnost Kosmosa.

Spoznaja tih kosmičkih koordinata čovjekove egzistencije predstavlja oslobođenje od konkretnih ograničenja, nametnutih čovjeku njegovom socijalnom, biološkom i fizikalnom strukturom. Integralno shvatanje Prirode je dio integralno shvaćenog čovjeka. Tu "metafizička ontologija" svijeta bez konkretne prisutnosti čovjeka postaje apstraktna ljudska praksa, koja jedino kroz krajnje reducirane signale daje znak o svom postojanju. Taj šapat prošlosti o golemim prostorno - vremenskim metamorfozama slobodne prirode čovjek pažljivo sluša, tražeći najdublje korijene svoje egzistencije i krajnje domete svog intelektualnog potencijala.

Da li se smije takvo traženje proglasti besmislenim? Može li se i stvaranje Kosmosa proglasiti dijelom ljudske prakse? Ako kroz teoriju možemo rekonstruirati evoluciju Kosmosa i ako pojedine elemente te rekonstrukcije možemo posredno provjeriti pomoću sofisticiranog instrumentarija, da li se smijemo odreći te kosmološke intelektualne avanture?

U istom odnosu "promatračkog subjekta" čovjek se nalazi i prema svojim vizijama beskrajno malog. Kao što pažljivo osluškuje šapat Kosmosa, čovjek u eksperimentima očekuje signal i o raspadu protona, kao rezultat procesa, koji se dešavaju u fantastičnom malim dijelovima intraprotonskog prostora. Ako se rezultati tog "velikog čekanja" poklope sa predviđanjima teorije, odnosno ako se budu mogli uklopiti u nju bez drastičnih izmjena, onda ćemo znati da smo na pravom putu prema ideji jedinstvene teorije čestica i interakcija. To će biti još jedan dokaz da čovjek može kao svoj spoznajni cilj izabrati i procese, na koje ne može uticati i koji ne mogu postati dio standardne eksperimentalne manipulacije. Dakle, za spoznaju nije nužan preduslov mogućnost direktnog miješanja u tok istraživanog procesa. Time ispravnost ideje o fizici kao teoriji spoznajne situacije postaje problematična.

Marksistička filozofija nije izvukla pouke iz "slučaja Markov". Dogmatizam diamata zamijenjen drugim dogmatizmom, dogmatizmom "relativnosti u odnosu na sredstva promatranja" i "aktivnog subjekta". Ovdje je pokazano da obje koncepcije nisu bez teškoća. Međutim, najveći problem je činjenica da u pitanjima intepretacije kvantne mehanike nije praćeno ogromni napredak koji se desio na Zapadu, gdje su problemi interpretacije počnju tretirati kroz naučno formulirana pitanja i eksperimentalne odgovore.

Za to vrijeme u okviru marksističke filzofije nije izbačena niti jedna ideja koja je pobudila naučnu pažnju, koja bi mogla dovesti do eksperimenata ili do bilo kakvog konkretnog naučnog doprinosa. Rečeno je da je najpoznatija alternativa kopenhagenskom tumačenju, Bohmova teorija skrivenih varijabli, inicirana posredno radom, koji je napisan u doba ideološke

ofanzive na kopenhagensko tumačenje. Ispada da je u naučnom smislu efekat te situacije, bez obzira na njen krajnje negativan sadržaj u smislu ideološkog zatočenja nauke, bio veći od doprinosa, koji je nauka dobila od kada je uspostavljeno Fokovo tumačenje, dijalektičko - materijalistička verzija kopenhagenske interpretacije.

Fokova gledišta na problem mjerenja, na EPR - situaciju i na skrivene varijable su nekritički prihvaćena i ponavljana su mnogo puta, bez da se provjerilo kakva je sudbina interpretacije kvantne mehanike na Zapadu, gdje ona nije bila pod takvim presingom ideologije. Doduše, i na Zapadu se radilo o tretiranju pitanja intepretacije kao krajnje važnim za "šire interese društva". I tamo je kopenhagensko tumačenje prodržavano i ekstranaučnim faktorima.

Da bi marksistička filozofija postala respektiran sagovornik u raspravama o tumačenju kvantne mehanike, smatram da bi bilo nužno:

1) Razbiti dogmu da je Fok riješio sve probleme u vezi sa filozofskim smislom fizike mikrosvijeta;

2) Kritički uporediti apstraktnu spoznajnu dijalektiku subjekta i objekta sa stvarnom znanstvenom praksom, tj. povući granicu između epistemologije i ontologije;

3) Apsorbirati dostignuća do kojih se došlo u znanstvenom istraživanju osnova kvantne mehanike;

4) Stvarati naviku da se ideje testiraju u sučeljavanju sa onima koji, zbog bilo kojeg razloga, misle drugačije, a ne u krugu istomišljenika.

Ovaj rad je pokušaj skromnog doprinosa prvoj polovini tih zadataka.