

Duh v atomu

Pogovarjal se je Paul C. W. Davies

David Bohm je bil več kot 30 let priznana svetovna avtoriteta na področju kvantne mehanike, pred svojo upokojitvijo pa je bil profesor teoretične fizike na Birkbeck Collegeu v Londonu. Po njegovih zaslugah je EPR¹ poskus dobil svojo moderno obliko. V svoji karieri je bil Bohm vodilni zagovornik šole skritih spremenljivk in je napisal mnogo člankov, v katerih je poskušal oblikovati izčrpno kvantno teorijo. Skupaj s svojim sodelavcem Basilom Hileyjem je utemeljil nelokalno teorijo kvantne mehanike, ki temelji na ideji "kvantnega potenciala". Bohm je dobro poznan tudi zaradi svojih filozofskih pretresov moderne fizike. Umrli je leta 1992.

Ali lahko razložite, kako se vaša interpretacija razlikuje denimo od Bohrove kopenhagenske interpretacije kvantne mehanike, ki jo v glavnem imenujemo tudi uradno mnenje?

D. B.: Ni povsem jasnega uradnega mnenja, pač pa obstaja, po moje, nekaj različic. Toda splošna ideja je, da kvantna mehanika ne more opisati "dejanskosti", torej tistega, kar se dejansko zgodi, kot nase nanašajoč se proces. Če rečemo, da se nekaj "dejansko zgodi", lahko kvantna mehanika le opiše, kaj bi bilo mogoče opaziti na merilni pripravi.

Mar ni ravno to, kar lahko opazimo ali izmerimo, vse, kar želimo od kake teorije?

D. B.: Da, če predpostavite, da je to vse, kar potrebujete. Toda s takšnim pogledom so težave. Kopenhagenska interpretacija daje le formulo, ki opisuje verjetnost tistega, kar lahko opazi del merilne naprave. Toda sama naprava sestoji iz ravno takšnih gradnikov, kot jih študiramo (t.j. delcev, podvrženih kvantnim učinkom).

Atomov?

D. B.: Da, atomov. Če želite torej razpravljati o obstoju naprave, bi morali v principu uporabljati kak drug kos naprave, da bi ga lahko opazovali in tako naprej.

To je tako imenovano neskončno vračanje (infinite regress)?

D. B.: Da. Wigner je zaustavil ta začarani krog z izjavo, da pojav zares postane resničen tedaj, ko se ga nekdo zave.

Kaj menite o tej posebni interpretaciji?

D. B.: To je le en način gledanja na stvari. Moje mnenje je, da obstaja neko področje, kjer je takšno gledanje upravičeno, še posebej področje človeških odnosov; ljudje se zavedajo drug drugega in imajo lahko med seboj izreden vpliv. Nisem pa prepričan, ali takšno gledanje drži pri poskusih v laboratorijih, kjer delajo fiziki. Zdi se mi, da je na tej stopnji univerzum neodvisno resničen in da smo mi njegov del.

Ali mislite, da obstaja zunanji svet neodvisno od našega bivanja in neodvisno od naših opazovanj?

D. B.: Vsak fizik to gotovo verjame. Govori se na primer o vesolju, ki se je razvijalo, še preden je bil kdo, ki bi ga lahko opazoval, razen morda Bog. In če "opazovanja" ne želite pripisati Bogu, kot je to storil škof Berkeley (in večina fizikov tega ne želi), potem sploh ne morete rešiti problema obstoja vesolja brez fizikov ali kogarkoli, ki bi nanj gledal.

Kot sem razumel, je bila debata med Einsteinom in Bohrom v tem, da je Einstein vztrajal, da naša opazovanja ne pokrijejo realnosti, ki že obstaja, medtem ko je Bohr trdil, da naša opazovanja pravzaprav ustvarjajo to realnost. Vi ste torej bližje Einsteinovemu stališču?

D. B.: Bohr pravzaprav ne trdi tega. Pravi, da se ne ukvarjamo z ničimer drugim kot s pojavi, videzi in pravilnostmi v pojavih. Konec koncev naj bi po njegovem bila realnost nejasna in nedoločljiva.

Vaš nazor očitno bolj simpatizira z Einsteinovim, da torej naša opazovanja ne pokrijejo realnosti, ki v nekem smislu že obstaja.

D. B.: Sam se uvrščam med Einsteina in Bohra. Pravim, da obstaja področje, kjer naša opazovanja ustvarjajo realnost, kot pri medčloveških odnosih: ko se ljudje zavejo drug drugega in med seboj komunicirajo, ustvarjajo realnost družbe. Vendar menim, da vesolje

kot celota ni odvisno od nas in našega opazovanja.

Zdi se mi, da s privzetjem takšnega stališča ukinjate mišljenje v vesolju?

D. B.: Ne, rekel sem, da je mišljenje realno, zelo realno. Še posebej sem poudaril, da ima med ljudmi mišljenje izrazit pomen. Mišljenje vpliva ne telo, medčloveške odnose, družbo.

Toda ne vpliva na atome?

D. B.: Nisem mnenja, da mišljenje znatno vpliva na atome. Vsaj človeško mišljenje ne. Mogoče bi lahko sprejeli takšno gledanje, kot ga je imel škof Berkeley, da je bilo božje mišljenje odgovorno za nastanek materije. Toda v tem primeru se ne smemo izenačevati z Bogom.

V vaši knjigi Celovitost in implikatni red (Wholeness and Implicate Order) govorite, da se celovitost nanaša na oboje, mišljenje in materijo, ki nas obdaja. Ali bi lahko razložili, na kakšen način sodita mišljenje in materija skupaj v konceptu celotnosti?

D. B.: To se nanaša na implikatni red². Morda bi najprej lahko govorili o Descartesu, ki je razlikoval med razumom in materijo. Trdil je, da obstaja misleča substanca, ki jo imenujemo razum, in raztezajoča se substanca, ki jo imenujemo materija. Ti dve substanci se med seboj tako razlikujeta, da je težko uvideti njuno povezanost. Naše misli na primer nimajo (prostorske) razsežnosti.

Da ne moremo ugotoviti, kje v prostoru so locirane?

D. B.: Res je. Po Descartesu naj bi Bog vložil čiste in posebne misli v človeški razum. Ker je Bog ustvaril mišljenje in materijo in vse drugo, je zato lahko vložil tudi misli v razum ljudi, da so ti lahko razumeli raztezajočo se substanco. Ko pa je bil Bog izpuščen pri razlagi stvari, ni ostalo nič več. Razum in materija sta ostala popolnoma nepovezana. Toda implikatni red, zaobseženi (*enfolded*, op. prev.)³ red kaže, da lahko na razum in materijo gledamo na podoben način. Kvantna mehanika lahko vidi oba, razum in materijo, kot zaobsežena.

Bi vas lahko prosil za razlago, kaj mislite z implikatnim oziroma zaobseženim redom? Ali lahko morda podate enostaven primer?

D. B.: Najenostavnejši primer je, če nekajkrat prepognete list papirja in na njem narišete vzorec. List nato razgrnete in dobite celo serijo novih vzorcev. Ko je bil list papirja zložen, je bil končni vzorec impliciten (zaobsežen). Kvantna mehanika sedaj predlaga, naj bi bil to način, na kakršnega se kaže pojavna realnost iz globljega reda, v katerem je zaobsežena. Realnost se razgrne (*unfold*, op. prev.)⁴, s čimer razkrije vidni red, in se spet zavije. Realnost se neprestano zavija in razvija, tako da se zdi nespremenljiva. In sedaj lahko rečete, da predlagam, naj misli, čustva in razum delujejo na podoben način. Samo dejstvo, da rečemo: neka misel je implicitna (zaobsežena), pomeni to, da vsebuje neko drugo zaobseženo misel.

Da, toda zaobseženo v čemu? Kako so naše misli zaobsežene?

D. B.: Ta hip se bom skušal temu vprašanju izogniti in bi raje pokazal na formalno podobnost med razumom in materijo. Tega pri Descartesu še ni bilo. Descartes je pojmoval misel kot zaobseženo in materijo kot raztezajočo se. Jaz pa trdim, da sta obe zaobseženi in da se obe razgrinjata, zato sta po svoji osnovni strukturi podobni, čeprav se sicer močno razlikujeta. Njuna podobnost po osnovni strukturi je to, kar nam omogoča razumeti možnost njune povezanosti.

Kar pravite, se mi zdi zelo podobno vzhodni filozofiji. Verjetno bi bilo to nekaterim študentom zena precej domače. Ali mislite, da vaše mišljenje na tem področju podpira vzhodni misticizem?

D. B.: Morda, toda ideja zaobseženosti se je pojavljala tudi že na zahodu. Nikolaj Kuzanski je obravnaval podobne ideje že pred nekaj stoletji. Uporabljal je tri ključne besede: *implicatio* (zaobseženo), *explicatio* (razvito) in *complicatio* (vse zavito skupaj). Trdil je, da ima realnost zaobseženo strukturo in da večnost hkrati zavija in razvija čas. Mislim tudi, da stvari ne bi smeli kategorizirati kot vzhodne ali zahodne, pač pa jih gledati po njihovi lastni vrednosti. Mislim, da

kvantna mehanika še posebej nagovarja k zaobseženemu redu. Če na kvantno mehaniko gledate s tega zornega kota, potem mnogo njenih čudnih lastnosti dobi smiselnejši pomen.

Lahko poveste zakaj? Kaj je bistvena značilnost kvantne mehanike, ki vas je napeljala na idejo zaobseženega reda?

D. B.: To je predvsem valovno-delčni dualizem. Lahko rečete, da se nekaj razkrije kot delčna ali pa kot valovna entiteta. Matematika kvantne mehanike, če jo natančno pogledamo, ustreza tej zaobseženosti. Zelo podobna je matematiki holograma.

Hotel sem že reči, da bi hologram utegnil biti zelo lep primer implikatnega oziroma zaobseženega reda.

D. B.: Res je eden najboljših primerov, kjer vidimo, da je vzorec zaobsežen v fotografski plošči, in ko nanjo posvetimo z lučjo, se vzorec razvije v vidno podobo. Vsak del fotografske plošče vsebuje informacijo o celoti, tako da se celota razvije iz vsakega dela.

Vaš pogled na svet atomov torej vključuje dejstvo, da je informacija o določenem fizikalnem sistemu nekje zakodirana, in sicer na nejasen način, ki nam je običajno nedostopen.

D. B.: Da, toda po definiciji je gledanje nejasno, če ga izvajamo na običajen način, kajti koda, kot na primer v DNK, je nejasna kolikor opazujemo z majhno povečavo.

Če vzamemo znan primer kraja in gibalne količine delca glede na Heisenbergovo načelo nedoločenosti, lahko izberemo bodisi prvo ali drugo kot dobro definirano, toda nikakor ne obeh hkrati.

D. B.: Res, te lastnosti lahko zakodiramo tako, da se razvije bodisi ena ali druga.

Toda rekli ste, da imata obe količini dobro definirana smisla, dobro definirani vrednosti, poskus pa nam lahko da ali eno ali drugo.

D. B.: To ni povsem natančno. Naslednji primer razvitega reda je seme. Če vzamete

seme, le-to vsebuje zakodirano informacijo, in ko ga daste v zemljo, se razvije substanca rastline iz zraka, vode, zemlje in sončne energije. Ti materiali bi se gibali na sebi lasten način, toda s tem drobnim znom informacije nastane drevo namesto česarkoli, kar bi sicer nastalo. Drevo potem lahko proizvede seme, iz katerega lahko zraste novo drevo, itd. Ne morete pa reči, da je bilo drevo v semenu; vrsta drevesa, ki se je razvila (njegova oblika in velikost) ni odvisna le od semena, temveč od vse okolice. Če greste v gozd, lahko vidite, da drevesa stalno rastejo, umirajo in se nadomeščajo z novimi drevesi, in če bi gozd obiskali vsakih sto let, bi rekli, da so se drevesa očitno premaknila iz enega mesta na drugo. Dejansko se drevesa stalno razvijajo in spet zavijajo in to je slika, ki bi jo rad uveljavil pri razlagi gibanja materije na najosnovnejšem nivoju. Želel bi reči, da imajo življenje, razum in neživa materija podobno strukturo.

Kolikor se zavedam, ni nobenega poznanega eksperimenta, ki bi ga ne bilo mogoče zadovoljivo razložiti z razpoložljivo kvantno mehaniko. Ali temu nasprotujete?

D. B.: Ne, toda to kliče po vprašanju. Če je edini namen fizike razlagati poskuse, potem bi bila fizika mnogo manj zanimiva, kot je v resnici bila. Zakaj želite razlagati poskuse? Mar v tem uživate ali kaj?

Moje stališče je, če smem biti tako drzen in ga izraziti, da fizika zadeva proizvodnjanje modelov o svetu, ki bi nam pomagali povezati en tip opazanj z drugim. Imamo boljše ali slabše modele. In ničesar takega ni kot "realni svet" v smislu, da nekaj obstaja "tam zunaj", in kar zajemajo naši modeli le kot gole približke. Vse, kar lahko kadarkoli storimo, so torej opazovanja; kaj drugega naj od fizike sploh pričakujemo?

D. B.: Mislim, da opazujemo in eksperimentiramo z našim načinom mišljenja in da so vprašanja, ki jih postavljamo, tudi določena z našim načinom mišljenja. In tisoče let si ljudje niso postavljali pravih vprašanj. V kvantni teoriji postavljamo določena vprašanja in dobivamo določene odgovore. Ni pa izključeno, da smo le stisnjeni v pasti in omejeni le na določen način mišljenja.

Mislite torej, da bi s privzetjem novega načina mišljenja, novega pristopa k mikroskopski fiziki bilo mogoče konstruirati povsem drugačna vprašanja in jih morda skleniti s povsem drugačno teorijo?

D. B.: Da. To se je pravzaprav že večkrat zgodilo. Če se vrnemo h gibanju planetov: stara ideja o epiciklih je vodila ljudi k postavljanju določenih vprašanj, potem so nas Newtonovi zakoni spet napeljali na povsem drugačna vprašanja. Statistična mehanika vodi v en sklop vprašanj, kvantna mehanika tvori spet drug sklop vprašanj, itd. Vprašanja, ki jih zastavljate, so v glavnem določena s teorijo, s teoretičnimi koncepti.

Toda običajno sledimo določenemu načinu približevanja k snovi tako dolgo, dokler se ne pojavi kak eksperiment, ki z njim ni več združljiv.

D. B.: Mislim, da to predpostavlja, da je to edina pot. Morda bi nam lahko kdo kaj vtepal v glavo 200 ali 300 let, preden bi spremenili svoje ideje. Na primer nelokalnost je bila očitno tu že pred 50 leti, toda le malo fizikov se tega zaveda. Če jim bo to kdo vtepal v glavo nadaljnjih 50 let, bodo to morda tudi uvideli.

Spregovoriva sedaj nekoliko več o nelokalnosti. Želel bi vas povprašati o vašem odzivu na Aspectov⁵ poskus, ki so ga pred časom izvedli. Kot razumem, moramo spričo Aspectovih rezultatov opustiti bodisi to, kar bi lahko imenovali objektivno realnost (zunanjí svet obstaja neodvisno od naših opazovanj), bodisi lokalnost (ideja, da si različna področja vesolja med seboj ne morejo pošiljati signalov hitreje od svetlobe). Kateri od teh dveh ste se pripravljene odreči?

D. B.: Pripravljen sem se odreči lokalnosti, za katero mislim, da je samovoljna domneva. V zadnjih nekaj stoletjih ji je bilo posvečeno posebno mesto, če pa gremo nazaj 1000 ali 2000 let, je skoraj vsakdo razmišljal nelokalno.

Toda mar ne zahajamo s tem v strašne paradokse, kot je pošiljanje signalov v svojo lastno preteklost?

D. B.: Ne, to bi držalo le v primeru, če bi bile obstoječe teorije povsem dorečene. Bistvo obravnavanja novih načinov gledanja na stvari je v postavitvi vprašanj v drugačni obliki in protislovjem se je mogoče izogniti.

Torej želite zavreči posebno teorijo relativnosti?

D. B.: Ne želim je zavreči, ampak le trdim, da bo današnja teorija relativnosti približek k mnogo širšemu pogledu na svet, ravno tako kot je Newtonova mehanika približek relativnostne teorije.

Toda gotovo morate odobravati idejo pošiljanja signalov hitreje od svetlobe.

D. B.: Da, imam vizijo, ki podpira to idejo in ki ne nasprotuje nobenemu že izvedenemu poskusu.

Ali imate v mislih morda kakšen nov poskus, ki bi lahko potrdil nelokalnost vaše teorije?

D. B.: To je še nekoliko prezgodaj, ker smo v čudni situaciji, kot tedaj, ko je Demokrit predlagal svojo atomsko hipotezo pred nekaj tisoč leti. Če pravite, da o nečem nima smisla razmišljati, dokler ni mogoče predložiti poskusa, ki bi preveril hipotezo, potem bi to moral biti konec Demokritove ideje. Tedaj je bilo nemogoče predložiti tak poskus. Tudi če bi bil kdo dovolj genialen, da bi si poskus zamislil, ni bilo razpoložljive opreme, ki bi kakorkoli omogočila uresničitev zamisli. In vendar je bila ideja dragocena.

Torej pravite, da dejansko nismo le nesposobni preveriti signaliziranja, hitrejšega od svetlobe, temveč si tudi vi ne morete brez obotavljanja zamisliti načina, kako bi bil poskus lahko izveden.

D. B.: Mislim, da morate predstavo dlje časa skrbno gojiti, preden lahko naredite kaj novega. Če rečete: "o nečem bom premišljeval tako dolgo, dokler se bom lahko ukvarjal z poskusom", kako je potem sploh mogoče predlagati kaj novega. Pogosto je potrebno mnogo let preden sploh sprevidimo, kakšen poskus bi lahko izvedli. Dva tisoč let je bilo

potrebnih, da se je nabralo dovolj teoretičnega znanja o atomih, preden je bil predložen ustrezen poskus. Kaj torej menite? Da naj nihče ne razmišlja, preden se ne pojavi ideja o poskusu? Poskusi ne bi nikoli bili izvedeni, če ne bi kdo poprej o njih razmišljal.

Ali verjamete, da bi bilo z uporabo kvantnih učinkov in povzročanjem stikov, hitrejših od svetlobe, med ločenimi sistemi mogoče pošiljati signale v preteklost?

D. B.: Ne, mislim, da se protislovja ne bodo pojavila na način, kot ste formulirali vprašanje. Takšna protislovja bi se pojavila, če bi bila relativnost absolutna resnica.

Kako natančno bi lahko prišlo do signaliziranja, hitrejšega od svetlobe?

D. B.: To bi zahtevalo nekaj zgodovinske razlage. Leta 1951 sem predlagal alternativno interpretacijo kvantne mehanike. Obstajata dve stopnji: prva, ki se nanaša na delce, in druga, ki se nanaša na polja. Na prvi stopnji pravim, da je elektron v bistvu delec, toda poleg vseh drugih potencialov, ki jih ima, na primer elektromagnetnega potenciala, ima še poseben potencial, ki sem ga tedaj imenoval kvantni potencial.

Ki si ga lahko grobo zamišljamo kot nekaj, kar "skaklja" okrog elektrona?

D. B.: Da. Kvantni potencial ima nove lastnosti, med katerimi je najpomembnejša ta, da njegov vpliv ni odvisen od njegove velikosti, pač pa le od njegove oblike, tako da ima lahko močan vpliv tudi na velikih oddaljenostih. Na ta način je mogoče razložiti poskus z dvema režama.

Tega je mogoče razložiti tudi s pomočjo interference med valovoma, ki potujeta skozi dve reži.

D. B.: To ni razlaga, temveč bolj opis. Če bi bil elektron val, potem bi to bila razlaga, toda ker se elektroni kažejo kot delci, to ne more biti ustrezna razlaga. To je le način metaforičnega govorjenja, mar ne? Pravzaprav bi morali reči, da kvantna mehanika ničesar

ne razlaga, ponuja le formulo za določene rezultate. Jaz pa se trudim podati razlago.

Kako je mogoče s pomočjo kvantnega potenciala razložiti interferenco?

D. B.: Kvantni potencial, ki se prenaša kot valovanje, lahko vpliva na delce celo na velikih oddaljenostih od obeh rež, kajti njegov vpliv je, kot sem že rekel, odvisen od oblike in ne od velikosti. Kvantni potencial oziroma val se precej razlikuje, glede na to, ali je druga reža odprta ali zaprta. Tako se lahko delci, ki pridejo skozi režo, odklonijo zaradi kvantnega potenciala celo na večjih razdaljah od reže na tak način, da tvorijo interferenčni vzorec. To kaže na novo lastnost celovitosti, ki je na neki način podobna temu, kar je rekel že Bohr, toda jaz predlagam razlago.

Torej je del informacije, ki jo nosi kvantni potencial oziroma valovanje, tudi informacija o eksperimentalni pripravi?

D. B.: Da. Poleg tega pa tudi o stanju drugih delcev sistema itd. Zato imate, kakor imenujem jaz, nelokalno povezavo. Ta informacija prinaša novo kvaliteto celovitosti v smislu, da se vsak del giblje na način, ki odseva stanje celote. Možno je, da je povezava zelo šibka pri navadnih pogojih, toda obstajajo posebni pogoji, v katerih lahko postane pomembna, kot na primer pri superprevodnosti ali pri poskusu z dvema režama, ki sem ga ravnokar opisal.

To valovanje oziroma potencial, ki ste ga vpeljali pred mnogo leti, očitno ni enak valovanju, ki ga imamo v mislih, kadar govorimo o valovnih aspektih materije.

D. B.: Ne, to je nova vrsta valovanja, ki ga imenujem tudi "aktivna informacija". Pojem aktivne informacije poznamo že iz računalništva. Tudi če vam jaz nekaj rečem in če vi potem nekaj naredite, je to očitno aktivna informacija. Če bi na primer jaz ustrelil, bi se vi odmaknili. Iz tega je razvidna koristnost koncepta aktivne informacije pri živih, inteligentnih sistemih in računalnikih. In kar predlagam, je, da materija v splošnem ni nekaj povsem drugega.

Poznamo različne tipe potencialov, kot so električni potencial ali gravitacijski potencial; na kakšen način je mogoče primerjati kvantni potencial s temi potenciali?

D. B.: Tudi kvantni potencial zadovoljuje določeno enačbo, čeprav bolj prefinjeno. Razlikuje pa se po tem, da njegov vpliv ne pada nujno z razdaljo in je aktiven ter ni odvisen od jakosti potenciala, temveč od oblike.

Torej ni ničesar podobnega v fiziki?

D. B.: Ne, toda pogostokrat smo že bili v situaciji, ko je nekaj že bilo vpeljeno, še preden je bilo tudi zares prisotno.

Prej ste omenili, da čeprav ideja o kvantnem potencialu vsebuje pojem širjenja signalov hitreje od svetlobe, ne nasprotuje trenutnim eksperimentalnim rezultatom. Nam lahko poveste, kako je to mogoče?

D. B.: To vključuje razširitev ideje kvantnega potenciala na polje, celotno polje univerzuma, ki ga imenujem "superkvantni potencial". (To bi morda zahtevalo nekaj več razlage.) To bi v osnovi vneslo sočasno povezavo med polji na različnih mestih, kar pa ne nasprotuje relativnostni teoriji, saj lahko iz statistike vseh izvedenih poskusov pokažemo, da je kvantna mehanika v soglasju z relativnostno teorijo.

To pomeni v skladu s prepovedjo pošljanja signalov hitreje od svetlobe.

D. B.: Tu ne more biti govora o signaliziranju, ker vendar uporabljamo le statistične poskuse.

Ali nimamo nobene kontrole nad vplivi, ki se širijo hitreje od svetlobe?

D. B.: Ne, dokler bomo imeli opraviti s poskusi današnjega dosega, je teorija relativnosti varna. Toda če bi uspeli pri prodiranju globlje, bi morda našli kaj hitrejšega od svetlobe. Potem bi rekli, da imata relativnost in kvantna mehanika isto limito, namreč statistično limito.

Običajna ovira pri signaliziranju, hitrejšem od svetlobe, so protislovja, ki se pojavijo,

brž ko znamo zakodirati in pošiljati informacijo hitreje od svetlobe. Medtem pa pravite, da takšne kontrole v mikrosvetu nimamo in da je vse zabrisano z nepredvidljivo naravo kvantnih pojavov.

D. B.: Da in možno je celo dokazati, da ni mogoče zaradi tega dobiti nikakršne nekonsistentnosti, in da če bi kakorkoli prišli globlje, bi lahko preseгли te limite.

Zdi se nekoliko ironično, da če že ne spodbijate Einsteinove teorije relativnosti, jo vsaj močno spreminjate, morda v nasprotju z duhom prvotne teorije. Kaj mislite, kaj bi s tem naredil Einstein?

D. B. Nisem ravno prepričan, da bi se moralo vse nujno izteči tako, kot je pričakoval Einstein. Precej stvari je takšnih, kot je pričakoval, toda tudi on ne more imeti vsega prav.

En argument zoper uporabo vašega kvantnega potenciala je lahko to, da zveni zelo zapleteno: nima enostavnega sistema enačb, kot ga ima, recimo, električni potencial.

D. B.: Sistem enačb je le Schroedingerjeva enačba bodisi za problem enega telesa ali za problem več teles. Narava nam govori, da je sama ideja električnega polja preenostavna. In jaz poskušam pokazati, da sta v naravi kompleksnost in prefinjenost, ki sta podobni zapletenosti razuma. Hočem reči, da smo imeli preenostaven pogled na naravo.

Ali mislite, da je to posledica newtonovske redukcionistične tradicije razsekavanja sveta na drobne koščke?

D. B.: Da. Ne vem, ali je Newton res za tem, toda ti, ki so mu sledili, so gotovo počeli tako.

Medtem pa vi vse bolj simpatizirate s sintetičnim oziroma holističnim nazorom, kjer moramo upoštevati celoten sistem, da bi razumeli njegove posamezne komponente.

D. B. Tako je. Vesel sem, da ste na to opozorili, kajti vprašati se moramo, kako razložiti možnost in uspeh analize sveta, razbitega na neodvisne dele v okviru navadne mehanike.

Odgovor je, da če ima valovna funkcija posebno lastnost, ki jo imenujem faktorizabilnost (to je matematični pojem), potem ugotovimo, da se različni deli obnašajo med seboj neodvisno. Pri običajnih pogojih je to dober približek, toda kvantnomehanski poskusi so lahko tako zastavljeni, da prihaja do situacij, kjer valovna funkcija ni faktorizabilna, tako da demonstrirajo celovitost.

Se lahko vrnem na Aspectov poskus? Ali trdite, da v primeru dveh fotonov, ki potujeta v nasprotnih smereh in dosežeta relativno močno oddaljeni točki, lahko njuno sodelovanje pripišemo potovanju signala med njima hitreje od svetlobe?

D. B.: Mislim, da je beseda signal napačna, ker ima določeno konotacijo, ki pomeni, da lahko pošiljate sporočila. Na tem mestu bi bilo bolje uporabiti besedo povezava. Povezava nastane tako, da to, kar se zgodi enemu delcu, vpliva na to, kar se bo zgodilo drugemu. Običajna kvantna mehanika ne razloži Aspectovega poskusa, pač pa le nudi sistem računanja (rezultate poskusa). Razlikovati bi morali med razlago in sistemi računanja; in kvantna mehanika je račun, ki nam omogoča napovedovati statistične rezultate, a ne daje nikakršne razlage, kar je poudaril tudi že Bohr.

Toda ali se razlaga v fiziki sploh kdaj pojavi? Mar ne proizvajamo enostavno le modelov in izumljamo zanje jezik?

D. B.: Modeli razlagajo neko stvar v tem smislu, da pokažejo, kako se dana stvar kaže oziroma pojavlja, razlaga pa jo naredi razumljivo. Kvantna mehanika pravi, da je narava razen kot račun nerazumljiva in da je vse, kar lahko storim, računanje z enačbami ter ravnanje z eksperimentalno pripravo in primerjanje rezultatov.

Ali si lahko zamišljate kakšno enostavno področje fizike, ki bi nam nudilo razlago?

D. B.: Veliko klasične fizike daje razlago, kolikor je seveda pravilna.

Na kakšen način? Ali ne gre le za jezik in modele, ki jih povezujemo z opažanji?

Uporabljamo besedo razlaga, toda ta se mi zdi rahlo brez pomena. In vse, kar dejansko počnemo, je uspešno povezovanje opazovanj.

D. B.: Nisem takšnega mnenja. Mislim, da so opazovanja drugotnega pomena. Ne morem razumeti tolikšnega poudarjanja prioritete poskusa v moderni fiziki. Vzrok za to je pozitivistična filozofija, ki je zaznamovala dvajseto stoletje. Če se ozrete kakih 200 ali 300 let nazaj, opazite, da bi vsakdo razumel, kaj je razlaga, in nihče tega, kar so poskušali doseči pozitivisti.

Res je, toda vzemimo poseben primer: "zakaj jabolko pade". Pravimo, da je razlaga ta, da obstaja gravitacijsko polje in da preko njega deluje na jabolko Zemlja. Toda potem pridemo do problema razlage gravitacijskega polja...

D. B.: Da, vendar smo navedli vsaj vzrok tega, kar se je dejansko zgodilo. Pravimo, da jabolko sledi neko pot, in razumemo, kako jabolko pride od tod do tam s prehodi med vmesnimi stopnjami. Če pa bi vzeli kvantno mehaniko, bi morali priznati, da razlage ni več; imamo jabolko tukaj in drugo jabolko na tleh in nobene predstave, kako bi obe jabolki med seboj povezali. Niti ne vemo, ali se nekaj bo zgodilo, toda imamo račun, ki nam daje statistiko števila prihajajočih jabolok na neko mesto. To je podobno kot pri zavarovalni družbi, pri kateri razpolagajo s statistiko o tem, koliko ljudi iz določene kategorije bo umrlo v določenem letu. In to je vse, kar jih zanima. Toda to ni razlaga.

Če se vrnemo k jabolku in o njem mislimo popolnoma klasično, potem lahko jabolko le opazujemo in merimo, kje se ob določenih časih nahaja itd., in če nam končno uspe narediti uspešno teorijo, lahko usa ta opažanja med seboj povežemo.

D. B.: Mislim, da je to drugotnega pomena. Vsekakor je za teorijo pomembnejše, da podaja koncepcijo tega, kar se dejansko dogaja.

Daje nam enostavno miselno podobo o tem, kar se dogaja, namreč da jabolko pada po zvezni trajektoriji na tla. Toda ali ni ta podoba le iluzija?

D. B.: Kaj potem pomenijo računi?

Računi so model, ki nam omogoča, da ta opazovanja povežemo skupaj.

D. B.: Zakaj jih želite povezati?

Ker se mi zdi, da je fizika sposobna opazovati svet.

D.B.: Zakaj je sposobna opazovati? Menim, da je to ideja, ki se je pojavila pred več stoletji. Ljudje se je oklepajo, ker so se je naučili od svojih učiteljev. Toda zakaj pravite tako?

Ker je to poklic eksperimentalnih fizikov, da merijo svet.

D. B.: Toda fizika se ni začela zgolj s poskusi, začela se je, ko so si ljudje začeli postavljati vprašanja. In tudi nobenih poskusov ne bi bilo, ko bi ne bilo ustreznih vprašanj. Ljudje so se zanimali za svet iz mnogo širših razlogov.

Tu se je smiselno spomniti na Popprovo idejo o tem, kaj obravnavati kot znanstveno. Trdi, da moramo biti sposobni pokazati, da je teorijo mogoče falsificirati. To pa je odvisno od sposobnosti, da pridemo do takšnih opazovanj, ki nasprotujejo teoriji.

D. B.: To je Popprova ideja. Jaz pa se skušam vprašati, zakaj naj bi ga jemali kot avtoriteto. Obstaja vse polno idej, ki so jih ljudje imeli, in Popper je predlagal idejo, ki ima svojo odliko, toda ni nujno, da je absolutno resnična. Če nekdo pravi, da je Popper podal zadnjo besedo o tem, kaj je znanost, zakaj bi mu moral verjeti?

Naj sklenem. Torej je to, kar počnemo v odsotnosti kakršnegakoli poskusa, le razpravljanje o različnih filozofskih stališčih?

D. B.: Izvorno je filozofija pomenila ljubezen do modrosti, danes pa postaja vrsta tehnike. Mislim tudi, da naša moderna doba pada v reduciranje vsega na tehnike in da umika pomembnost celovitosti. Ljudje so postopno zapadli temu početju in pravijo, da je vse, kar ne sodi v različne tehnike, enostavno brez pomena. Morate priznati, da se je

to razvilo zgodovinsko in da tega ni mogoče obravnavati kot absolutno resnico.

Čeprav sediva tukaj in razpravljava o tem, kaj naj bi se imenovalo filozofija (ogromno je bilo že rečenega o konceptualnih temeljih kvantne mehanike, ki se mi zdijo bolj filozofija), torej predvidevate dobo v prihodnosti (ne vemo kdaj), ko bodo izvedeni pravi poskusi, ki bodo pokazali šibkost in nezadostnost današnje interpretacije kvantne mehanike.

D. B.: Da, toda mislim, da se poljubni temeljni poskusi porajajo na podlagi filozofskih vprašanj. Če se vrnemo v zgodovino, v čas antike, je bila znanost v glavnem spekulativna. Ljudje so znanstveno metodo šele kasneje dopolnili s poskusi. Sedaj pa ubiramo drugačno pot in pravimo, da so poskusi skoraj edina "znanstvena stvar" v znanosti. Tako smo pravzaprav zašli v nasprotno skrajnost. Znanost seveda nujno vključuje oboje: vpogled v ideje, ki ima celo prednost pred poskusom, in poskus. Če odmislite filozofijo, odmislite tudi vpogled v ideje. Edini sprejet in razpoložljiv vpogled je dandanes skozi matematiko, ki je edino področje, kjer si ljudje dopuščajo svobodo. Z matematiko se lahko brez poskusov igrajo kolikor želijo. Pred nekaj časa sem v New York Timesu opazil članek o tem, da so formulirali supergravitacijo, ki je zelo obetavna, a da ne bo mogoče reči ničesar določenega še nadaljnjih 20 let. Torej se nihče ne pritožuje, dokler gre za matematiko. Ljudje mislijo, da je matematika resnica, vse drugo pa ne.

Res je, da je matematična eleganca kriterij, ki ga ljudje uporabljajo za podpiranje teorije na tistih mestih, kjer manjkajo poskusi.

D. B.: Vendar če dovoljujete matematično eleganco, zakaj ne bi še eleganco razumnosti? Vsak fizik ima vsaj nekaj filozofije, toda trenutno sprejeta filozofija je izjemno neelegantna, celo surova.

Žal mi je, da se spet vračam nazaj, toda ali verjamete, da bo v prihodnosti mogoče narediti takšne poskuse, ki bodo ločili med temi različnimi interpretacijami?

D. B.: Da, toda ne, če ne bomo resno pretehtali teh idej v odsotnosti poskusov.

Ta hip nimate v mislih nobenega poskusa, ki bi ga v ta namen lahko predlagali?

D. B.: Ne, pač pa želim povedati, da če bi vsi zavzeli takšno stališče, rekoč: "ničesar in nikogar ne bomo poslušali, dokler nam ne predloži ustreznih poskusov", potem nihče nikoli ne bi predlagal česa zares novega.

Prevedel in priredil Franci Merzel

Prevedeno po P. C. W. Davies in J. R. Brown: *The Ghost in the Atom*. Cambridge University Press, 1986, str. 119-143.

¹ *Miselni poskus Einsteina, Rosena in Podolskega, s katerim so želeli pokazati na nezadostnost kvantne mehanike.*

² *Glej opombe pri pogovoru z Basilom Hileyjem v tej številki.*

³ *Enfolded – zaviti, zaobsežen, impliciten, vključen. Besedo "enfolded" poslej prevajam kot zaobsežen (-a, -o), pri čemer se njen pomen vselej nanaša na nekaj nerazvidnega in prikritega, ki se komplementarno oblikuje s krčenjem eksplisitnega na implicitno.*

⁴ *Unfold – razgrniti, razviti, odpreti, razkriti.*

⁵ *Poskus, izveden leta 1982, ki je potrdil Bellovo neenačbo.*