ANαliZA

časopis za kritično misel

Letnik 13, številka 4, december 2009 · ISSN 1408-2969

KOZMOLOGIJA IN ZNANOST

Peter Lukan

Werner Heisenberg o problemu jezika v kvantni mehaniki

Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani

Citiranje: Peter Lukan, »Werner Heisenberg o problemu jezika v kvantni mehaniki«, *Analiza: časopis za kritično misel* 13, št. 4 (2009): 41–55.

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva 4.0 Mednarodna (CC BY 4.0), https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.sl.

Izdajatelj: Društvo za analitično filozofijo in filozofijo znanosti, Ljubljana.

Elektronska različica je izvirna tiskarska datoteka številke, ki ji je bil leta 2026 dodan ta naslovni list. Strani in prelomi ustrezajo tiskani izdaji.

Peter Lukan
Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani

Werner Heisenberg o problemu jezika v kvantni mehaniki

Članek se ukvarja s problematiko jezika v kvantni mehaniki, kot jo je izpostavil Werner Heisenberg (1901-1976), eden njenih ključnih sooblikovalcev. Predstavljen in razdelan je pomen dialoga za znanstveno dejavnost, predvsem v navezavi na Davida Bohma (1917-1992), izpostavljena je konfliktnost med odprtostjo dialoga v naravnem jeziku in rigidnostjo znanosti in njenega jezika. Predstavljena je problematičnost pojmov poti, hitrosti, prostora, časa, osnovnih delcev, vzročnosti in statističnih zakonov v navezavi na kvantno mehaniko. Heisenbergova reformulacija nekaterih izmed teh pojmov kot praktičnih *a priori* je postavljena ob bok pojmu simbolnih form Ernsta Cassirerja (1874-1945). Heisenbergovo razumevanje pojma spoznavanja narave je predhodno uvedeno z nekaterimi dognanji, ki jih je prinesel razvoj analitične filozofije preteklega stoletja, predvsem v zvezi z odnosom med jezikom in resnico. Spoznavanje narave mora tudi znotraj znanosti vključevati opis naših spoznavnih zmožnosti in biti pojmovno odprto za dialog z njo v Bohmovem smislu.
Ključne besede: Heisenberg, kvantna mehanika, filozofija jezika, dialog.

Z razvojem moderne fizike – s čimer tu mislim na relativnostno teorijo in kvantno mehaniko, ki sta začeli kraljevati na znanstvenem prizorišču na začetku 20. stoletja – so se začela izraziteje zastavljati tudi vprašanja v zvezi z jezikom znanosti. Ali je znanstveni jezik zanesljiv in nedvoumen medij izražanja (tedaj na novo) pridobljene znanstvene vednosti? V kolikšni meri jezik sam sooblikuje razumevanje znanstvenih izsledkov? Takšna in podobna vprašanja so vezana tudi na takšno ali drugačno pojmovanje znanosti in ravno kvantna mehanika, ki se sicer ukvarja z opisom sveta na atomski skali, je ena glavnih zaslužnih znanstvenih vej za to, da se je začelo drugačno pojmovanje znanosti od pretežno deterministič nega, ki se je bilo utrdilo v 19. stoletju. Vprašanja točnosti in omejitev jezika so se sicer že nekoliko prej oziroma nekako v istem obdobju lotili analitični filozofi, vendar so se tega problema lotili strogo s stališča logike, znotraj moderne fizike pa se je ta problem razvil v koraku z napredovanjem raziskav in v zvezi z rabo določenih pojmov.

V zvezi s problemom, ki se ga lotevam, bom v grobem razločil dva pomembnejša vidika (znanstvenega) jezika: eden je jezik v funkciji dialoga kot dinamič-

nega sooblikovalca (znanstvene) vednosti, drugi pa odnos njegovih pojmov do znanstvene vednosti (v tem konkretnem primeru vezane na kvantno mehaniko) oziroma problemi konstrukcije primernega pojmovnega jezika za kvantno mehaniko.

Kvantna mehanika in pomen dialoga

Ko govorimo o kvantni mehaniki, smo takoj soočeni z množico interpretacij te fizikalne teorije. Zgolj za občutek: če pokukamo v *Wikipedijo*, najdemo tam naštetih kar sedemnajst najbolj pogostih interpretacij kvantne mehanike. Moj namen ni razsojati o (ne)legitimnosti posameznih interpretacij, temveč nakazati probleme v zvezi z jezikom, ki konec koncev neizogibno zadevajo vse interpretacije, saj so te vselej jezikovne. Vseeno naj poudarim, da se tu najbolj opiram na kopenhagensko interpretacijo, katere glavna predstavnika sta bila Niels Bohr in Werner Heisenberg. Izbiro utemeljujem s tem, da je ta interpretacija najbolj razširjena (predava se tudi na ljubljanski Fakulteti za matematiko in fiziko), poleg tega sta oba omenjena fizika bila med glavnimi protagonisti oblikovanja nastavkov kvantne mehanike v teorijo. Osredinjam se zgolj na Heisenbergova dela, vendar naj povem, da sta njuni misli glede naravoslovja v širšem smislu medsebojno prepleteni.

Glavna misel teoretičnega fizika, po katerem se imenuje tudi zelo znano načelo nedoločenosti, filozofa narave in Nobelovega nagrajenca se v večini njegovih spisov in člankov giblje okoli miselnega prostora, ki ga odpira nedoločenost atomskega sveta. Pri tem je za mojo razpravo bistveno omeniti njegov pogled na znanost. »Znanost ustvarjajo ljudje,« (Heisenberg, 1977: 13) se glasi prvi stavek njegove strokovne avtobiografije *Del in celota* (prvič objavljene leta 1969), stališče, ki se odraža tudi v njegovem pojmovanju kvantne mehanike. »Znanost ima dve nalogi: podati razumevanje narave in tako omogočiti človeku, da bi služila njegovemu namenu, ter nakazati človeku njegovo pravo mesto v naravi preko bistvenega vpogleda v njene notranje odnose.« (Heisenberg, 1979: 18)

Heisenberg v svoji strokovni avtobiografiji piše, da so se v krogu sodelujočih pri oblikovanju kvantne teorije že zgodaj začeli zavedati problema, kako govoriti o nečem, kar je izven dosega naših čutil (npr. o atomih), a je hkrati jasno matematično izrazljivo. Avtor je želel, da bi se ob pogovorih v tej njegovi knjigi »razločno pokazalo, da znanost nastaja v pogovoru« (Heisenberg, 1977: 13), podobno kot je to značilno za Sokratovo filozofijo. To omenjam zato, ker je filozofska konfrontacija mnenj o atomskem svetu ostala glavna stalnica njegovega delovanja, kot sam piše. *Del in celota* je zbirka prav takšnih pogovorov, ki so potekali z najbolj prodornimi in uveljavljenimi fiziki njegovega časa[1].

Takšno poudarjanje pomena dialoga za znanost kaže na zavest o določeni meri konvencionalnosti le-te, kar je sicer postalo močneje izpostavljeno šele neko-

[1] Tu gre za zveneča imena fizike, kot so Niels Bohr, Wolfgang Pauli, Paul Dirac, Max Born, Louis de Broglie, Max Planck, Albert Einstein, Edwin Schrödinger in drugi.

liko kasneje z nekaterimi eminentnimi predstavniki zgodovine in filozofije znanosti[2]. Heisenberg celo sámo znanstveno dejavnost razume kot dialog z naravo. Na več mestih pravi, da od narave dobivamo odgovore glede na zastavljena vprašanja, ta pa so odvisna od izbora pojmov, s katerimi operiramo.

V zvezi z dialoško naravo znanstvenega delovanja se navezujem še na enega fizika s področja kvantne mehanike, Davida Bohma, ki je velik del svojega filozofskega ukvarjanja posvetil prav dialogu. Več let je vodil skupine, v katerih je praktično poskušal razvijati kulturo dialoga. V svojem delu *On Dialogue* (1970) podrobno razčleni njegov potek: ko se dve osebi pogovarjata, najprej prva nekaj (iz)reče, druga jo razume nekoliko po svoje ter nato poda svoje mnenje/odgovor, ki vključuje tudi razliko med prvotno mišljenim in dojetim pomenom. Prva oseba to razliko v dojemanju opazi in črpa iz nje (nove) pomene za nadaljevanje pogovora. To je po Bohmu bistvo dialoga kot procesa. Prva oseba sicer omenjene razlike lahko tudi ne opazi, a s tem se dialog krha, izgublja na plodnosti. Bohmovo pojmovanje omenjam zato, ker tako Heisenberg kot on razumeta znanstveno dejavnost kot dialog z naravo: znanstvenik ji zastavlja vprašanja (poskuse) in glede na odgovore (rezultate) oblikuje nadaljnje teorije, saj opazovano nikoli ni identično s tistim, kar je bilo napovedano. Iz opazovanja podobnosti in razlik znanstvenik nato črpa nove ideje in oblikuje nove eksperimente. Tako poteka oblikovanje nečesa, kar je skupno tako človekovim idejam kot naravi: znanost.

Še nekoliko podrobneje bom očrtal Bohmovo pojmovanje dialoga, da bo problem artikulacije znanstvenega jezika postal jasnejši. Bohm pojmuje dialog kot »*tok pomena* [*stream of meaning*], ki teče med nami in skozi nas« (Bohm, 2006: 7). Razlikuje med diskusijo, ki je analitična in je bolj tekmovalnega značaja, ter dialogom, pri katerem je potrebna odprtost in pripravljenost na preizpraševanje lastnih temeljnih podmen. Marko Uršič na podlagi te delitve v članku "Filozofski pogovor in samogovor" uvede delitev na raz-govor in po-govor. V njem ob pregledu razvoja kulture (zapisanega) filozofskega dialoga v dialoških delih posameznih avtorjev med drugim ugotavlja, da je od Hegla naprej »dialog kot *oblika* filozofskega logosa skoraj zamrl« (Uršič, 2006: 204). To se – zanimivo – časovno ujema z diferenciacijo v znanostih, ki se je intenzivno odvijala od začetka 19. stoletja naprej.

Že omenjene temeljne podmene posameznikov oziroma neskladnosti med podmenami so temeljni rušilci komunikacije, nanje pa Bohm v prvi vrsti opozarja. Tudi zato mora zanj dialog biti prazno »mesto«, proces brez zadanih načrtov, ciljev, zahtev, prostor polne ustvarjalnosti in svobode. To sicer ne izključuje možnosti, da bi se udeleženci ne mogli že vnaprej strinjati glede česa, vendar to ni *cilj* dialoga. Kompromisi so po njegovem mnenju vedno le uvodna faza v dialog, nek način zbliževanja, čeprav se jih pogosto jemlje kot zaključno fazo ali dosežek. Med dialogom morajo priti do izraza temeljne predpostavke udeležencev, ki jih je treba nato suspendirati – imeti ne za pravilne ne za napačne. Če smo sposobni tudi pri sebi zadržati več mnenj oziroma pomenov hkrati, potem imamo sami pristop dialoga.

[2] Tu so mišljeni raziskovalci, kot so Kuhn, Feyerabend, Lakatos in njihovi somišljeniki.

Bohm poudarja, da z dialogom ne poskušamo neposredno rešiti ničesar, le ozavestiti probleme:

> »Bistvo dialoga ni analizirati stvari, zmagati v sporu ali pa zgolj izmenjati mnenja. V resnici je bistvo suspendirati mnenja in jih pogledati ... Če smo sposobni videti, kaj vsa naša mnenja pomenijo, tedaj si delimo *skupno vsebino*, tudi če z njo ne soglašamo povsem.« (Bohm, 2002: 26)

Namesto da gledamo na mnenja drugih kot na resnice, bi nam morala biti pomembnejša *soudeležba pri skupnem pomenu*, kolektivni misli, piše Bohm. Njegov dialog je močneje kot z *resnico* povezan s *pomenom*. Resnica – kolikor sploh vznikne – ne vznikne iz (že oblikovanih) mnenj, temveč iz skupnega pomena. Dialog torej ni nujno povezan z resnico, morda šele pripelje do nje kot rezultat interakcije, morda pa tudi ne.

Taka zamisel dialoga je že na prvi pogled tuja znanstveni dejavnosti kot soočanju mnenj in izpeljevanju skupnih rešitev. Tega se zaveda tudi Bohm:

> »Znanost se podaja kot nekaj, kar prihaja do resnice – do *edinstvene resnice*. Ideja dialoga je torej do neke mere tuja trenutni strukturi znanosti, tako kot tudi religiji. V nekem smislu je znanost postala religija moderne dobe ... [T]ako se različni znanstveniki ne morejo sporazumeti nič bolj, kot se lahko različne religije, ko imajo enkrat različna pojmovanja resnice.« (Bohm, 2002: 37-38)

Na tem mestu avtor poda primer Einsteina in Bohra, ki sta bila kot mlada znanstvenika navdušena drug nad drugim, kasneje pa, kljub temu da sta predavala na isti univerzi v ZDA, sploh nista hotela nič vedeti drug o drugem. Kako torej povezati dialog, za katerega je tudi Heisenberg trdil, da je eden od temeljev nastajanja znanosti, z uveljavljeno znanostjo? Oziroma, če preoblikujem vprašanje za svoj namen: kako povezati (Bohmov odprti tip) dialog(a), ki je temeljen za nastajanje znanosti, z zaprtim znanstvenim jezikom kot instrumentom znanstvene vednosti?

Bohm dopušča možnost omejenega dialoga, ki že vključuje nekatere skupne podmene in ki ni popolnoma odprt, vendar je morda v nekaterih primerih edini možen. Takšen je znanstveni dialog, pri katerem se vsi udeleženci že strinjajo o tem, da se znanstveni problemi oblikujejo kot neprotislovni. Znanstveni dialog je še vedno dialog v Bohmovem smislu, vendar ni popolnoma odprt, saj zavrača protislovno formulirane trditve, ki bi bile sicer v običajnem dialogu dopustne in bi izzvale nove pomene, iz katerih bi dialog kot proces črpal nadaljnje vzpodbude. V tem se, na primer, kakšno drugo področje človekovega delovanja – kar se problemov tiče –, razlikuje od področja znanosti, pri kateri problem, če so njegove predpostavke protislovne, zavržemo kot nesmiseln[3].

[3] Psihološke probleme pa bi, je prepričan Bohm, lažje opisali z izrazom paradoks, saj osebnih težav v glavnem ne zmoremo rešiti po logični poti, ker smo ujeti v vzorce protislovij.

Tudi pri Alfredu Tarskem naletimo na problem pojavitve paradoksov pri naravnem jeziku dialoga. Izhajajoč iz klasične (Aristotelove) definicije resnice oziroma resničnega stavka, resnico v skladu s tem obravnava kot *semantični pojem*, kot pojem, ki izraža odnos med jezikom in objekti. Po poskusu formulacije semantične definicije resnice v splošnem, torej tudi za naravni jezik, trči ob semantični paradoks, do katerega pride zaradi univerzalnosti naravnega jezika. Glavni problem je, kako upoštevati razliko med izrazom in imenom izraza, ne da bi s tem razlikovanjem opustili naravni jezik z njegovo nekonsistentnostjo. Tarski pride do zaključka, da to ni možno.

Po poti drugačnega premisleka smo prišli do podobne težave kot pri Bohmu, ki pri dialogu v znanosti mora privoliti v neko nepopolno odprtost, ta je povezana med drugim z omejitvijo paradoksnih trditev. Tarski poskuša težavo rešiti tako, da uvede hierarhijo metajezikov z neskončno ravnmi, vendar uvidi, da bi to povzročilo dvoje: ta skupek jezikovnih hierarhij sploh ne bi bil več naravni jezik, poleg tega pa bi se izgubila univerzalnost naravnega jezika. S tem bi sicer preprečili nastajanje semantičnih paradoksov, vendar za previsoko ceno: »Naravni jezik je torej nujno nekonsistenten, zato v njem tudi ni mogoče formulirati splošne definicije resničnega stavka na način konvencije.« (Uršič, 1987: 20)

Tu se pokaže eden glavnih problemov v zvezi z znanstvenim jezikom. Ta postane razviden ob vsem do sedaj povedanem, še dodatno pa ob naslednjem mnenju, ki je skupno tako Tarskemu kot Heisenbergu. Prvi pravi, da »lahko rečemo, da kolikor o nečem sploh smiselno govorimo, lahko o tem govorimo tudi v naravnem jeziku ... Lahko rečemo, da je vsak jezik, ki je univerzalen ..., nujno nekonsistenten.« (Tarski, 1956: 164-165) Heisenberg pa pravi, da lahko rečemo, da smo neko stvar razumeli šele, ko smo jo zvedli na naravni jezik:

> »Vsakršna vrsta razumevanja, znanstvena ali neznanstvena, je odvisna od našega jezika ... Vsak opis fenomenov, eksperimentov in njihovih rezultatov se opira na jezik kot edino sredstvo komunikacije. Besede tega jezika predstavljajo pojme iz vsakdanjega življenja, ki so lahko v znanstvenem jeziku klasične fizike prečiščeni v pojme klasične fizike. Ti pojmi so edini pripomoček za nedvoumno komunikacijo o dogodkih, postavitvah eksperimentov in o rezultatih. Če je torej jedrski fizik vprašan, naj poda opis tega, kar se resnično dogaja v njegovih eksperimentih, se lahko besedi 'opis' in 'dogaja' nanašata le na pojme vsakdanjega življenja ali klasične fizike.« (Heisenberg, 1999: 144)

Razumevanje bo vedno pomenilo zvajanje na naravni jezik, ki je v stiku z neposredno resničnostjo človeka. V kolikor hočemo nekaj dobro razumeti, moramo moči to ubesediti tudi v naravnem jeziku, vendar je ta univerzalen in nujno nekonsistenten, zato s tem postopoma opuščamo logično-znanstveno zahtevo po natančnosti in neprotislovnosti trditev oziroma predpostavk. Razume-

vanje tako po mnenju Heisenberga kot Tarskega narašča v nasprotni smeri kot stroga jezikovna konsistentnost. V perspektivi jezika se zdi, kot da je razumevanje proces, pri katerem prehajamo od stroge binarne konsistentnosti logično-znanstvenega jezika k nekonsistentnosti in dopuščanju protislovij naravnega jezika, kot proces, pri katerem gre za raztapljanje rigidnosti artikulacije. Pri poskusu razumevanja znanstvenih resnic rigiden znanstveni jezik prehaja v naravnega, ki je nek odmev prvega.

Pojmi kvantne mehanike

Gornje ugotovitve so povezane z razmerjem med jezikom in znanstveno dejavnostjo nasploh kot oblikovanjem neprotislovnih problemov, kar se mora odražati tudi v logični formulaciji jezika. Problem se pokaže pri poskusu razumevanja. Heisenberg popisuje kar široko paleto jezikovnih težav, ki so se pojavile z vznikom kvantne fizike, in sicer v zvezi z razumevanjem.

Kot že omenjeno, je sam pripadnik kopenhagenske šole kvantne mehanike. Ta tako eksperimente, ki opisujejo nam zaznavne fenomene na makroskopski skali, kot eksperimente z (nam nezaznavnimi) atomi, opisuje v jeziku klasične fizike, ki je nekakšen podaljšek naravnega jezika. V jeziku klasične fizike podamo rezultate, v njem postavljamo poskuse, ko govorimo o računih, pa uporabljamo nove pojme. Temu se po njegovo ne moremo izogniti: »Medtem ko zakoni klasične fizike, gledani s stališča moderne fizike, delujejo zgolj kot limitni primeri bolj abstraktnih povezav, ostajajo *pojmi*, ki se s temi zakoni povezujejo, nepogrešljiv del jezika znanosti, brez katerega sploh ne bi bilo mogoče govoriti o znanstvenih rezultatih.« (Heisenberg, 1979: 45) Hkrati se zavedamo, da stvari v resnici ne potekajo tako, kot jih opisuje klasična fizika, da je vse skupaj le projekcija zaznavnega sveta na nezaznavnega. Tako moramo biti zelo pozorni, kako konstruiramo naš jezik okrog kvantne mehanike.

Ko govorimo o meritvah, pravi Heisenberg, je potrebno dosledno uporabljati besedo »dogodek« le v zvezi z meritvijo, o dogajanju med dvema meritvama v dobro določenem pomenu te besede po njegovem ne moremo govoriti. Zahteva po *opisu* tega, kar se dogaja med dvema meritvama v atomskem svetu, je nekakšna *contradictio in adiecto*, saj se beseda »opis« nanaša na uporabo pojmov klasične fizike, ki pa ne morejo biti uporabljeni za opisovanje dogajanja med dvema dogodkoma v atomskem svetu (alternativa temu bi bila, da razširimo pomensko polje besede »opis«). To pomeni odpoved objektivnemu opisu dogajanja, kar je pri mnogih znanstvenikih vzbudilo odpor (med drugim pri Einsteinu).

Povečana skrb za rabo jezika je torej v veliki meri povezana s *spremembo epistemološkega stališča* kvantne mehanike. Heisenberg v *Physics and Philosophy* loči poleg metafizičnega realizma tudi dogmatični in pragmatični realizem. Dogmatični realizem trdi, da lahko *vse* stavke o materialnem svetu objektiviramo, pragmatični pa zgolj to, da obstajajo stavki, ki jih je mogoče objektivirati, in da je večina stavkov, ki zadevajo našo vsakdanjo izkušnjo, prav takšnih.

Dogmatični realizem je bil predpostavka klasične fizike, česar ne moremo več trditi za kvantno mehaniko.

Sprememba epistemološkega stališča je povezana tudi s statistično zasnovo kvantne mehanike, kar je prineslo s seboj mnogo težav pri izražanju. V deterministično pojmovani fiziki 19. stoletja je statistika pomenila preprosto to, da ne poznamo vseh parametrov dogajanja, ki bi ga sicer načeloma lahko opisali kot popolnoma determiniranega. V kvantni mehaniki je že glavni računski pojem, namreč valovna funkcija, v svojem temelju zasnovan kot verjetnostni pojem. Da je takšno pojmovanje doživelo konsenz, je bilo potrebnega kar nekaj napora, saj niti Edwin Schrödinger, avtor glavne enačbe, ki popisuje dinamiko kvantnih sistemov in ki računa z valovno funkcijo, sprva ni hotel sprejeti verjetnostne interpretacije valovne funkcije (sam jo je interpretiral kot masne valove, kot porazdelitev mase v valovih). Statistični temelj kvantne mehanike je okronalo Heisenbergovo načelo nedoločenosti, za katerega se je avtor sam jasno zavedal, kakšne paradigmatske premike prinaša, kot piše v *Delu in celoti*.

Podobne težave imamo s pojmom vzročnosti. Kot piše Heisenberg v *Physical Principles of Quantum Theory*, je zakon vzročnosti v fiziki lahko definiran samo za izolirane dogodke, kakršni so klasični opazovalni sistemi brez motenj okolice, v kvantnem svetu pa nimamo niti približno opravka z izoliranimi dogodki, saj mora biti motnja okolja oziroma opazovalca upoštevana v sami matematični obliki valovne funkcije, kaže pa se tudi v načelu nedoločenosti. Če se odločimo opisovati pojave kot objekte v prostoru in času, moramo upoštevati nedoločenost, če pa hočemo govoriti v matematičnem jeziku abstraktnega neskončno dimenzionalnega (Hilbertovega) prostora, lahko uporabljamo pojem vzročnosti, vendar pri tem odpade prostorsko-časovna reprezentacija delca. Odnos med obema pristopoma je statistične narave, saj gre pri valovni funkciji za verjetnostne valove. O vzročnosti lahko tu torej govorimo le na ravni možnosti oziroma teženj sistema (spet bi morali razširiti pomensko polje pojma).

Iz tega razloga Heisenberg vzročnost, prostor in čas, ki so že od Kanta naprej priznani kot apriorne forme zora, kot metafizični pogoji, brez katerih spoznanje ni mogoče, preinterpretira v *praktični a priori*. Vsi trije so za fiziko nujni pogoji za njeno delovanje, sicer ne bi bilo mogoče sporočati procesov merjenja in rezultatov eksperimentov, saj že sami instrumenti predpostavljajo vzročnost delovanja od merjenega do številke na merilcu. Vendar je zakon vzročnosti reduciran na metodo znanstvenega raziskovanja, je pogoj, ki dela znanost mogočo. Po Heisenbergovem mnenju Kant ni sprevidel, da so ti apriorni pojmi lahko hkrati pogoj znanosti, obenem pa imajo omejeno uporabo. »Sintetične apriorne sodbe imajo torej značaj relativne resnice.« (Heisenberg, 1999: 91)

Tu se bom navezal na novokantovca Ernsta Cassirerja, ki je s svojim temeljnim pojmom simbolnih form ravno tako posegel v območje sintetičnega *a priori*, vendar na širši način. Kot piše Uršič v članku »Cassirerjeva teorija simbolnih form«, je sicer izhodiščno pobudo zanj našel v posebni teoriji relativnosti, vendar simbolne forme obsegajo poleg znanosti tudi področja mita, jezika in umetnosti. Odlika tega pojma je povezovanje naravoslovja in humanistike ter družboslovja, to mišljenje naj bi »povezalo transcendentalizem s filozofijo jezi-

ka, simbolov, mitov, z 'intuitivnim', predteoretskim dojemanjem prostora in časa, števila in reda, vzročnosti in zavesti«. (Uršič, 2006: 100) Simbolne forme so most med čutnim in miselnim oziroma duhovnim svetom, »drugo-v-enem in eno-v-drugem«, za Cassirerja pa je ta pojem središčen tudi zato, ker ima vsakršno čutno danost kot že prežeto z duhom; to povzema v pojmu »simbolne pregnance«. Cassirer je s svojim svežim filozofskim uvidom prišel na dan ravno kakšno desetletje pred Heisenbergom, vendar mi ni znano, da bi slednji vedel zanj oziroma tega nikjer ne omeni. Za razliko od Heisenberga, ki se ukvarja s pojmi pretežno z znanstvenega vidika, čeprav jim – kot bomo videli nekoliko kasneje – odpira vrata na druga področja človeškega duha, Cassirer pristopa k temu problemu s širšega gledišča, njuni epistemološki izhodišči pa sta delno sorodni. Oba sta ob vzniku relativnostne teorije videla potrebo po prekategorizaciji abstraktnega in togega Kantovega sintetičnega *a priori* v neko bolj dinamično obliko.

Z vzročnostjo je povezan pojem zakonitosti. Kvantna mehanika vključuje tudi pojem »statistične zakonitosti«, ki ga lahko imamo za deloma protislovnega, trdi Heisenberg. Velikokrat se da doseči zelo visoka verjetnost za nek dogodek, za katero lahko rečemo, da je skoraj gotovost, po drugi strani pa je tisti dogodek, ki se mu pripisuje neznatna verjetnost, v principu vedno možen. Pod statističnimi zakonitostmi si po njegovo ne moremo predstavljati ne popolne urejenosti ne popolne neurejenosti dogodkov. Pojem zakona je še en primer pojma, ki izgubi svoj rigorozen pomen, kot se to dogaja pri prehodu k naravnemu jeziku.

Novejši pogled na tematiko statističnih zakonitosti lahko najdemo pri fiziku Mittelstaedtu in filozofu Weingartnerju v njunem delu *Laws of Nature*. Avtorja zakone narave delita na dinamične (zapisane s klasičnimi diferencialnimi enačbami v fiziki) in statistične (na primer zakon entropije). V takšnem pojmovanju je že vključen preobrat, h kateremu je ključno prispevala ravno kvantna mehanika, namreč, da se k naravnim zakonom prištevata tudi statistične. Avtorja izraza v nasprotju s Heisenbergom nimata za protislovnega, opredelita ga v domeni istih kategorij kot dinamične zakone[4], poleg tega pa za dinamične zakone navedeta tudi pogoj stabilnosti sistema, do katerega je pripeljal razvoj teorije dinamičnega kaosa. S tem je dinamičnemu zakonu in tudi izrazu zakon odvzet tisti prizvok determinizma, ki ga laik verjetno še vedno čuti. Tudi ta sprememba se je začela odvijati že v Heisenbergovem času.

Poglejmo še nekaj primerov opisov, pri katerih klasični pojmi ne zadostujejo oziroma privedejo do protislovij. Jezik klasične fizike ni bil več sposoben hkrati opisati obnašanja elektrona v meglični celici [*cloud chamber*][5] in njegovega

[4] Statistične zakone opredeljujejo naslednje lastnosti: kasnejše stanje sistema ni dokončno določena funkcija prejšnjega stanja, zakon opisuje in napoveduje samo fizikalno stanje *celotnega* sistema (ne posameznih elementov), opisuje le neperiodične fizikalne sisteme (verjetnost ponovitve začetnega stanja je zelo neverjetna), izguba informacije o posameznem elementu sistema se veča eksponentno s kompleksnostjo sistema (Mittelstaedt, Weingartner, 2008: 154).

[5] To je celica, napolnjeno z nasičeno paro, pri kateri se ob prehodu nabitega delca skoznjo pojavijo vodne kapljice, para na trajektoriji delca kondenzira.

prehoda skozi ozko režo kot dveh opazovanj učinkov iste entitete[6]. Izkazalo se je, da je pot lahko določena le do neke natančnosti, ki je soodvisna z natančnostjo določitve hitrosti delca. Položaj in hitrost sta bila dobro definirana pojma v klasični mehaniki, vendar sta to bila le v razmerju do konteksta Newtonove mehanike, piše Heisenberg. Elektrona, kot rečeno, ne moremo več opisati kot objekta, ki se spreminja v času in prostoru na dobro definiran način, le opazljive fenomene imamo lahko za objektivne v tem smislu, da so se zgodili v prostoru in času.

Še eden od primerov preoblikovanja rabe jezika, ki ga daje Heisenberg, je razvoj fizike delcev. S poskusi se je izkazalo, da je masa delcev izmenljiva z energijo, kar je sicer formuliral že Einstein v posebni relativnosti. Heisenberg zelo slikovito oriše poskuse s trkalniki, ko pravi, da pospešeni delec deluje na drugega kot oster predmet, ki ga skuša razdeliti. Pri tem iz kinetične energije pospešenega delca nastanejo novi osnovni delci, prvotna dva izgineta, vsi pa so podobnih mas oziroma (mirovnih) energij. Tako se je sprva pojavila pomožna formulacija, da naj bi bil delec virtualno sestavljen iz poljubnega števila drugih delcev, ki ohranjajo simetrijo prvotnega (glede gibalne količine in naboja).

Vprašanje o najmanjšem nedeljivem delcu (grškem *atomosu*) se je torej pojavilo kot napačno zastavljeno oziroma je dobilo drugačen pomen, saj pri deljenju ne pridemo »do konca« oziroma tu sploh ne gre več za deljenje (razen, če zopet priredimo pomen »deljenja«). Za najmanjše delce se je mislilo, da so enaki ali vsaj medsebojno precej podobni ter enostavni, vendar jih danes opisujemo kot dokaj različne in na kompleksen način. Predsodek enostavnih osnovnih delcev je bil utrjen z našim jezikom in starimi pojmi, razlika med opisom osnovnih in sestavljenih delcev je v osnovi izginila, oboje se v kvantni mehaniki lahko opiše kot določena stanja energije. Ta je po teoriji relativnosti v temelju izmenljiva z maso, Heisenberg jo ima v fizikalnem smislu za fundamentalno substanco sveta, saj ji pripisujemo lastnost ohranjanja. V tem smislu je ta pojem blizu Heraklitovemu pojmu ognja. Energija je to, kar premika, lahko ji rečemo primarni gibalec, prvotni vzrok za spremembe, po drugi strani je masa oblika »mobilizirane« energije.

Temelj našega pojmovanja niso več toliko osnovni delci kot skupine delcev in simetrijske lastnosti teh skupin. Namesto pojma osnovnih delcev je po Heisenbergu potrebno sprejeti pojem temeljnih simetrij, ki sicer izvira iz Platonove filozofije. V *Timaju*, dialogu, v katerem Platon predstavi pet temeljnih geometrijskih teles, ki da so osnova vsega bivajočega, se simetrija nanaša na zgradbo posameznih osnovnih elementov. Po Heisenbergovem mnenju smo prisiljeni opustiti Demokritov atomski materializem in sprejeti simetrije Platonove filozofije za skupine delcev (njihove lastnosti), kar se je kasneje praktično uresničilo s standardnim modelom osnovnih delcev.

[6] Pri prehodu skozi zelo tanko režo se elektron obnaša kot valovanje oziroma le s takšnim opisom pridemo do rezultatov, ki se ujemajo z meritvami. Pri potovanju elektrona skozi meglično celico pa jasno vidimo sklenjeno sled, ki kaže v prid pojmovanja elektrona kot enostavnega delca s klasično sklenjeno potjo.

Spoznavanje in resnica v kvantni mehaniki

Pokazal sem na nekatere konkretne probleme oblikovanja primernega jezika za kvantno mehaniko, ki so povezani tudi z dialoško naravo oblikovanja znanstvenih resnic, in na odnos med dialoškim (naravnim) in znanstvenim jezikom. Spregovoril bom še o problemu resnice in z njim povezanim problemom spoznavanja v zvezi z jezikom in kvantno mehaniko. Zanima me nakazati položaj (znanstvenega) jezika v odnosu med kvantno mehaniko in resničnostjo.

Tarski resničnost stavka pojmuje kot metajezikovni pojem, ta resničnost je stvar relacije med nekim objekt-jezikom in *njegovim* metajezikom. Vsak metajezik ima tako nov objekt-jezik, ki je metajezik drugega objekt-jezika nižje ravni, poleg tega pa tudi svoj resničnostni predikat. Ta se razsloji, saj imamo lahko nešteto ravni metajezikov. To se nam zdi intuitivno nesprejemljivo, saj smo vajeni razmišljati o resnici kot o enotnem pojmu.

Kot piše Uršič v *Matricah logosa*, se je problema razslojitve resničnostnega predikata zavedalo mnogo mislecev. Eno najodmevnejših alternativ je podal Saul Kripke v svojem članku »Outline of a Theory of Truth« (1975). Zanj je sprejemljiv edino tisti semantični model, pri katerem je resničnostni predikat enoten. Formirati se mora z vsako stopnjo metajezika vse bolj in bolj. Na ničti ravni metajezika je lahko še neopredeljen, pri prehajanju na višje stopnje pa se vedno bolj definira. V skladu s petim Peanovim aksiomom o indukciji naravnih števil s tem za pomen formiramo konvergirajočo neskončno vrsto z dobro določenim prvim členom.

Pomembna razlika s Tarskim je, da so pri Kripkeju stopnje zgolj *metodične* (ne nastopajo kot rezultat, temveč kot metoda), kajti resničnostni predikat ostaja enoten, Tarski pa uporablja nov resničnostni predikat na vsaki stopnji, hierarhija jezikov nastopa pri njem eksplicitno, kot rezultat. Pri Kripkeju velja, da »jeziki v hierarhiji niso primaren predmet zanimanja, ampak so vse boljše in boljše aproksimacije k minimalnemu jeziku s svojim lastnim resničnostnim predikatom«. (Kripke, 1984: 70)

Resničnostni predikat tako zgolj dobiva širšo interpretacijo na višjih stopnjah. Ta proces evalvacije definira resničnostni predikat za vse več in več stavkov, saj pri vzpenjanju po metajezikih vključujemo vse nižje (in manj obsežne) metajezike. Proces na določeni točki saturira, ne dodaja nobenih novih elementov k ekstenziji ali antiekstenziji resničnostnega predikata. Na tej ravni, ki je transfinitna, lahko v tem prvem semantično zaključenem jeziku že formuliramo njegov lastni resničnostni predikat. Tej ravni reče Kripke najmanjša fiksna točka. Po orisani poti tako pride do opredelitve: »Stavek je paradoksalen, če nima določene resničnostne vrednosti v *nobeni* fiksni točki«. (Kripke, 1984: 73) Paradoksalne stavke obravnava kot niti resnične niti neresnične, temveč kot »resničnostne vrzeli«.

Kripkejev pristop je sicer zanimiv, ker je z njim avtor hotel ustvariti »model naravnega jezika v fazi pred reflektiranjem ustvarjalnega procesa, ki je povezan s pojmom resnice«. (Kripke, 1984: 80) Tu se ne bom dalje spuščal v podrob-

nosti njegovega pristopa, povzel bom le Uršičeve ugotovitve s tem v zvezi. Kripke bi moral, če bi hotel ohraniti enotnost resničnostnega predikata, v zadnji instanci opustiti klasično bivalentno logiko, sam pa hoče obdržati oboje[7]. Ostane torej alternativa: ali pristanemo na enoten resničnostni predikat in polivalentne logike ter resničnostne vrzeli ali pa na razslojeni resničnostni predikat in na klasično logiko, tako kot pristopa Tarski.

Pri Tarskem je, tako Uršič, naravni jezik zadnji člen hierarhije, ki celotno hierarhijo metajezikov osmišlja, vsem njenim stopnjam podeljuje pomen, saj formalni jezik ne more s formalnimi sredstvi izraziti svoje lastne semantike. Hkrati metajezike vsebuje v sebi kot nekakšne podjezike. Ob tem je naravni jezik tudi izhodišče hierarhije formalnih metajezikov, je njena predpostavka. Paradoks Tarskega je v tem, da je naravni jezik, ki podeljuje pomen tudi formalnim jezikom, ki zahtevajo neprotislovnost, nujno nekonsistenten oziroma natančneje, da »problem konsistentnosti nima eksaktnega pomena v odnosu do tega jezika«. (Tarski, 1956: 21) Uvedli smo hierarhijo z namenom, da bi se izognili nekonsistentnostim naravnega jezika, sedaj pa je zadnji člen, ki celotno hierarhijo osmišlja, namreč naravni jezik, nujno nekonsistenten. Torej uvedba hierarhije ne onemogoča nastajanja paradoksov in ne zagotavlja konsistentnosti teorije *v celoti* kot vsejezikovne celote.

Kaj sploh imamo potemtakem od uvajanja (takšne ali drugačne) hierarhije? Uršič opozarja: »Uvedba hierarhije je za formalno logiko metodološko nepogrešljiva, če hoče ohraniti svoj temeljni princip, zakon neprotislovnosti.« (Uršič, 1987: 39) Korak hierarhizacije omogoča, da si zagotovimo neko jezikovno področje teorije, znotraj katerega se paradoksi ne bodo pojavljali in v katerem je teorija konsistentna. To področje konsistentnosti je objekt-jezik nekega metajezika, z ravni katerega lahko prvega pojasnjujemo.

Po sklepu iz zgornjega razmišljanja nam v zvezi z jezikom ostane zaključek, da je potrebno teorije z jezikovnega stališča oblikovati kot zaključene in zamejene, torej takšne, da opisujejo le zamejene aspekte obstoječega sveta, ravno za to pa pri znanstvenih teorijah gre. Pri tem mora biti v zadnji instanci temelj opisa nekaj, česar ni možno logično utemeljiti. Uršič piše, da se posredno »podeljevanje pomena« dogaja na nek način preko paradoksov – za nek objekt-jezik so ti konstitutivni v tem smislu, da se skoznje vpišejo pomeni.

Podobnega mnenja glede jezikovnega omejevanja znanstvenih teorij je Heisenberg, ki sicer bolj kot o resnici piše o spoznavanju narave [*die Naturerkenntnis*] (vendar je jasno, da spoznavanje temelji na doseganju in oblikovanju resnice). Za slednje piše, da je potrebno uvesti novo pojmovanje le-tega. Glede razumevanja narave se sklicuje na Platona, ki je matematizirano razumevanje imel za enega od možnih načinov – le za uvod v temeljno razumevanje. Tako

[7] Kripke uvaja pojem resničnostno-vrednostnih vrzeli, ki pa ne prinašajo nobene dodane vrednosti k razlagi kot takšni, problem le zaobidejo, zato se Uršiču ta rešitev sploh ne zdi rešitev. »Kripkejevo stališče v zvezi z resničnostnimi vrzelmi je torej dvojno: na eni strani bi rad obdržal klasično (dvovalentno logiko), na drugi strani pa hoče z vrzelmi raz-reševati semantične paradokse, tako rekoč jih kot 'posebne primere' izključiti iz sicer konsistentne teorije/sistema, in sicer na 'neortodoksni' način, tj. brez hierarhije (meta)jezikov Tarskega.« (Uršič, 1987: 30)

kot so formalizirani in konsistentni jeziki lahko neprotislovni le na nekem omejenem pomenskem območju, tako imajo po Heisenbergovem mnenju tudi znanstvene teorije omejena področja dosega, pojasnjujejo omejena področja izkustva. Da je na ta način pridobljena vednost objektivna v kakršnemkoli absolutnem smislu, je samoprevara v svojem temelju.

Moderna fizika je pokazala, da v napredku znanosti nimamo opravka z neposrednim spoznavanjem, temveč z analitičnim razumevanjem, ne z interpretacijo narave, temveč z *opisom*. Tako je v razvoju znanosti prišlo do tega, da je potrebno pojem razumevanja narave spremeniti, saj se mora sedaj le-to nanašati tudi na človekove spoznavne zmožnosti. Slika narave je torej postala hkrati slika naših odnosov do narave, opis narave tudi opis teh odnosov. Naravoslovje je tu postalo del igre med človekom in naravo, bolj dialog kot zgolj razlaga.

Ta premik gre z roko v roki s spremembo epistemološkega stališča kvantne mehanike. Ostra ločitev med svetom in jazom je tu nemogoča, stari dualistični filozofski pojmi enostavno ne morejo prispevati k *razumevanju* moderne naravoslovne znanosti, ker se je preoblikoval sam *predmet* raziskovanja narave. Naravoznanstvena slika sveta je prenehala to biti. Kvantna mehanika za Heisenberga pomeni matematično neprotislovno in znanstveno artikuliranje človekovih spoznavnih zmožnosti v odnosu do narave, ne narave same na sebi, saj je ta kot pojem problematizirana. Pri tem so ovira stari pojmi objekta, stvari na sebi, notranji in zunanji svet, ki ne delujejo dobro pri (kopenhagenski) interpretaciji kvantne mehanike.

Jezik igra pri vsem skupaj pomembno vlogo. Znanost kot opisovalka dogajanja mora v svojem jeziku zrcaliti tudi (matematično) konstruiranje naših zaznav in predstav, njen jezik ne more več biti *zgolj* objektivističen (v smislu objektov znotraj prostora in časa). Osebno menim še več: jezik kvantne mehanike mora v končni instanci odslikavati tudi lastno konstruiranost oziroma nedoločenost, torej zrcaliti dejavnost določanja, ki nas je do njega pripeljala (morda v Kripkejevem smislu reflektiranja oblikovanja resničnostnega predikata). Če lahko jezik klasične fizike označimo za objektivističnega, ki mu kot nekakšen metajezik služi že kar naravni jezik, bi za kvantno mehaniko morda lahko rekli, da mora njen jezik biti objekt-jezik jezika klasične fizike. Tu igra vlogo t.i. korespondenčno načelo, ki pravi, da se morajo formulacije in pojmi v kvantni mehaniki v limitnem primeru[8] ujemati s klasičnimi. Šele vse skupaj se lahko prevaja v naravni jezik, skupaj z zavestjo o skonstruiranosti operativnih pojmov, sposojenih iz klasične mehanike.

Tu ostajajo vprašanja odprta. Ali je odnos med precej matematičnim jezikom okrog valovne funkcije in jezikom klasične fizike odnos metajezika in objekta-jezika ali je bolj podoben »prevodu«, kot sugerira Heisenberg? Ali matematično-verjetnostna raven jezika, ki vključuje neobjektivistične entitete[9], v bistvu kaže, kako se konstituira (objektivistični) jezik zaznave?

[8] Ko je velikost Planckove konstante v računu zanemarljiva.

[9] Delec, na primer, ni opisan kot enotna entiteta, temveč v skladu z načelom nedoločenosti kot lokalno razmazan val ali kot »valovni paket« (ta je superpozicija ravnih valov, ki se uporabljajo za opis prosto potujočega delca).

Poprej smo omenili, da se določena nekonsistentnost pojavi na ravni prehoda v naravni jezik. Po drugi strani prihaja ob razlagi pri prehajanju v naravni jezik do stika z bolj vsakdanjimi pojmi, ki črpajo svoj pomen iz drugačnih stikov s svetom in nam zato služijo za razlago. A vendar, za kakšno konsistentnost gre pri jeziku kvantne mehanike? Treba je opomniti, da so pojmi, kot so tir, hitrost in energija delca, le omejeno veljavni, imajo že neko nedoločenost, ki jim jo podeljuje ravno Heisenbergovo načelo; to načelo ima torej tudi jezikovni učinek. Klasični pojmi so operativnega značaja in le omejeno konsistentni. Eksperimenti nam dajo neko potrditev na prvotni ravni matematično-verjetnostnega jezika, ki operativno vključuje pojme klasične mehanike, in šele nato sledi ustrezen opis na drugotni ravni naravnega jezika.

Moderna fizika ni omejila *veljavnosti*, temveč zgolj *uporabo* zakonov klasične fizike. Možnost revizije njenih zakonov izhaja iz pomanjkanja natančnosti pri določanju pojmov v njih, piše Heisenberg. Ne glede na to, da Newtonov zakon nedvoumno in natančno povezuje količine, kot so masa, pospešek in sila, dopuščajo besede oziroma pojmi, ki jih tem simbolom pripisujemo, nekoliko ohlapnejše določanje. V procesu širjenja znanstvenega vedenja, ki je povezano tudi z dialoško zasnovo znanosti, se znanstveni jezik ravno tako širi, uvajajo se novi pojmi, nekateri se v naravnem jeziku začenjajo uporabljati širše ali pa drugače kot v znanstvenem. Na ta način se ustvari jezik, ki ga lahko imamo za naravno razširitev znanstvenega jezika. K takšni naravni razširitvi jezika v klasični fiziki je sprva spadalo pojmovanje dogodkov v prostoru kot objektivno odvisnih od časa.

Pojmi so rezultat razvoja človekove misli skozi čas, večkrat so podedovani, vendar so nepogrešljivi pripomočki za znanstveno delo. V tem smislu so ti, kot že omenjeno, *praktični a priori*. Vendar vedno obstaja možnost, da najdemo meje njihove uporabnosti v prihodnosti. Ko začnemo raziskovati novo področje, vedno uporabljamo stare pojme, saj drugih nimamo, kdaj tudi protislovno, tako da sploh nimajo pomena. A v takem položaju ne moremo računati na logično jasnost pojmov, prisiljeni smo preizkušati meje uporabnosti starih, podedovanih. »Vztrajanje na postulatu dokončne logične pojasnitve bi napravilo znanost za nemogočo. Tu nas moderna fizika opozarja na staro modrost, da kdor vztraja na tem, da nikoli ne izreče ničesar napačnega, je primoran molčati.« (Heisenberg, 1999: 86) Podobno je za razvoj simbolnih form odprt Cassirer – po eni strani jim duh vtiska sintetično enost, po drugi strani pa se tudi duh razvija: »Enotnost pomena je utemeljena v duhu, v kantovski 'sintetični enosti' zavesti, obenem pa je pri Cassirerju močno prisotna heglovska misel o razvoju duha 'skozi' vse bolj razvite simbolne forme.« (Uršič, 2006: 100)

Heisenberg najbolj poudarja pojmovno odprtost kvantne mehanike. Prepričan je, da ta ponuja dovolj široke okvire za sodelovanje tudi z drugimi znanstvenimi disciplinami, na primer s kemijo in biologijo, ki se je razvilo sredi 20. stoletja. Nivo resničnosti moderne fizike je bolj dopusten za različne sisteme pojmov, tudi za metafizične, ker za svoj predmet nimajo objektivnih fenomenov, ki bi bili opisljivi z izrazi vsakdanje zaznave.

> »Zato so spremembe, ki jih je vpeljala kvantna teorija, vplivale na položaj teorij percepcije na tak način, da se tisti aspekti realnosti, ki jih karakterizirata besedi 'zavest' in 'duh', lahko na nov način navezujejo na današnje znanstveno pojmovanje.« (Heisenberg, 1979: 92).

Vendar pojma življenja ali duše tudi po njegovem mnenju ne moreta biti izpeljana iz pojmov fizike, zato tudi če bi ju skušali razložiti v njihovem območju, bi gotovo prišlo do uvajanja novih pojmov in do nujnosti odpravljanja protislovij.

Kvantna mehanika je torej takšna oblika dialoga z naravo, ki se je odprla za nadaljnji pojmovni razvoj prav v Bohmovem smislu dialoga. Za Heisenberga je ravno to ena od bistvenih pridobitev kvantne mehanike, njena jezikovna razsežnost se mu zdi ključna. »Lahko rečemo, da je najpomembnejša sprememba, ki jo je prinesla s svojimi rezultati, zmehčanje rigidnega okvira pojmov devetnajstega stoletja.« (Heisenberg, 1999: 198) »Odkritje novega sistema pojmov ne pomeni nič drugega kot novo metodo mišljenja.« (Heisenberg, 1979: 48)

Če za konec v razpravo spet pritegnemo Cassirerja, lahko rečemo, da je kvantna mehanika na področju znanosti pripeljala do podobnega pojmovnega koraka kot njegova teorija simbolnih form, saj sam piše: »[B]istveni dosežek vsake simbolne forme je ravno v dejstvu, da ji ni vnaprej dana meja med jazom in realnostjo kot preeksistentna in vzpostavljena za vse čase, marveč mora ona sama vsakokrat ustvariti to mejo [...].« (Cassirer, 1955: II, 156) Združena veda o naravi, h kakršni človek vsekakor teži, ima pred sabo še dolgo pot spreminjanja pojmov. Heisenberg upa na združevanje pojmov različnih vej znanosti; to še vedno ostaja ena od gonilnih sil odkritij, pri tem pa sta potrebni natančnost in previdnost ter odpovedovanje ustaljenim pojmom v korist novih.

On the problem of language in quantum mechanics

The article deals with the problematic of language in quantum mechanics as exposed by Werner Heisenberg (1901-1976), one of its main proponents. The importance of dialogue for scientific activity is presented, mainly in connection with David Bohm (1917-1992), stressing the conflict between the openness of dialogue and the rigidity of scientific language. The problematic character of the concepts of path, velocity, space, time, elementary particles, causality, and statistical laws for quantum mechanics is presented. Heisenberg's formulation of some of these concepts as practical *a priori* is paralleled with Ernst Cassirer's (1874-1945) concept of symbolic forms. Heisenberg's understanding of cognition of nature is introduced following some insights resulting from the development of analytic philosophy of the previous century, espe-

cially concerning the relationship between language and truth. Scientific cognition about nature must encompass a description of our cognitive capabilities and be conceptually open for a dialogue with nature in Bohm's sense.

Key words: Heisenberg, quantum mechanics, philosophy of language, dialogue.

Literatura

Bohm, D. (1999). *On Dialogue*. London, New York: Routledge.

Cassirer, E. (1955). *The Philosophy of Symbolic Forms,* I-III. New Haven & London: Yale University Press.

Heisenberg, W. (1979). *Philosophical Problems of Quantum Physics*. Woodbridge, Connecticut: Ox Bow Press.

Heisenberg, W. (1999). *Physics and Philosophy*. Amherst, New York: Prometheus Books.

Heisenberg, W. (1961). *Slika svijeta suvremene fizike*. Zagreb: Epoha.

Heisenberg, W (1989). *Encounters with Einstein: and Other Essays on People, Places, and Particles*. Princeton: Princeton University Press.

Heisenberg, W. (1977). *Del in celota: pogovori v območju atomske fizike*. Celje: Mohorjeva družba.

Kripke, S. (1984). "Outline of a Theory of Truth". V Martin, R. L. (ur.), *Recent Essays on Truth and the Liar Paradox*, Oxford: Oxford University Press, str. 53-82.

Mittelstaedt, P. in Weingartner, P. A. (2005). *Laws of Nature*. Berlin: Springer-Verlag.

Tarski, A. (1956). *Logic, Semantics, Metamathematics*. Oxford: Oxford University Press.

Uršič, M. (1987). *Matrice logosa: filozofsko-logični eseji in študije*. Ljubljana: DZS.

Uršič M. (2006). "Cassirerjeva teorija simbolnih form". *Filozofski vestnik*, številka XXVII, št. 3, str. 97-119.

Uršič, M. (2008). *Filozofski pogovor in samogovor*. V Vitez, P. (ur.), *Spisi o govoru*, Ljubljana: FF, str. 187-208.