

NA POTI K POJMU "SNOV"

Dušan Krnel

Ključne besede: razvoj pojma, pojem snov, intenzivne lastnosti, ekstenzivne lastnosti, akcije, sheme, prototip

Keywords: concept development, concept of matter, intensive properties, extensive properties, actions, schemes, prototype

POVZETEK

V sestavku so opisane nekatere zamisli in hipoteze, kako se razvija razumevanje pojma snovi pri otrocih. Kako iz enostavnih akcij nastajajo sheme, ki skupaj z akcijami predstavljajo elemente, iz katerih nastajajo novi pojmi. Predstavljeni so primeri primitivnih akcij in shem ter iz njih konstruirani pojmi. Na poti k razlikovanju med objekti in snovjo je pomebno tudi razlikovanje med intenzivnimi in ekstenzivnimi lastnostmi objektov ter pomen prvega prototipa pri konstrukciji pojma SNOV.

ABSTRACT

This paper gives a brief outline of some ideas how the concept of matter may develop in young children. First the development of "primitive" actions and schemes, and how these may relate to concept development in young children is discussed. Examples of possible primitive actions and schemes and related concepts are proposed. The paper also considers the distinction between extensive and intensive properties of object and how through experience with objects and materials children may develop the first prototype of matter.

I. "VOIS" UMLQ K ITOP AN

Po Piagetovi teoriji kognitivnega razvoja so otrokove akcije, otrokovo delovanje na okolico, ključne za razvijanje logično- matematičnih operacij in vzročnosti. Akcije naj bi predstavljale najprimitivnejše elemente konstrukcije realnosti. Na senzomotor- ni stopnji nastaja akcijsko znanje (knowledge in action). Prek akcij se razvijejo temeljne ontološke kategorije (Mariani, Ogborn, 1991): vzrok, objekt, čas, in prostor.

Logično-matematično mišljenje naj bi se po Piagetu razvijalo iz akcij otroka na objekte, vzročnost pa naj bi razlagala odnose med objekti. Vendar se odnosi med objekti lahko razkrijejo le skozi nekatere operacije (abstrahiranja, asimilacije, tranzitivnosti) in obratno, tudi enostavne operacije temeljijo na vzročnosti. Potemtakem sta razvoja logično-matematičnih operacij in vzročnosti soodvisna in vzporedna ter odvisna od akcij (Piaget, 1972; Piaget, Inhelder, 1974). Zgodnje ravnanje z nekaterimi telesi in snovmi je lahko tudi temelj razumevanju po zdravi pameti (commonsense) ali otroškemu naivnemu razumevanju naravoslovnih pojmov. Ker so zgodnje otrokove akcije prilagojene lastnostim teles in snovem, te pa se od otroka do otroka ne spreminjajo, le-te vodijo h konstrukciji vsaj sorodne, če ne iste podobe realnosti.

Vzročnost na senzomotorični stopnji je povezana z razvojem pojma prostora in časa, ta dva pa se razvijata preko delovanja otroka na okolico. Vsako potiskanje in vlečenje, prelivanje vode ali sejanje mivke, zbiranje kamenčkov in kotaljenje frnikul predstavlja akcijo, skozi katero se razvijajo operacije in vzročnost. Seveda se morajo akcije ponavljati in ponavljati, da iz njih nastanejo senzomotorne sheme kot zametki operacij in vzročnega mišljenja. Brez upoštevanja operacij se od konstruktivizma in otrokove aktivne vloge pri konstrukciji znanja vračamo k empirističnemu pojmovanju, abstrahiranju neposredno iz zaznav in prepoznavanju le trenutnih stanj, ne da bi spoznali vzročne povezave.

Konstrukcija znanja iz akcij naj bi nastajala iz prvih zavestnih ravnanj s telesi in s snovmi, kot rezultat zavestnih in pazljivo vodenih manipulacij otroka z objekti. To je mogoče tudi razlog za prevlado (primat) mehanicističnih razlag mnogih naravoslovnih pojavov, tako v otroškem mišljenju ukot razlag po zdravi pameti odraslih. Proces konceptualizacije akcij naj bi označeval vse obdobje otrokovega kognitivnega razvoja do stopnje konkretnih operacij.

Pojavlja se zamisel, da ontološke kategorije objekta, prostora, časa ter vzročnost, ki imajo svoj izvor v akcijah, akcije v smislu fizičnih ali mentalnih akcij (premikanje objektov ali njihovo razvrščanje), tvorijo okvir za razvoj novih naravoslovnih pojmov. Primitivne akcije, primitivne po času in po konstrukcijski vrednosti, so ponavljajoče in utrjene dejavnosti in predstavljajo osnovne elemente, ki se povezujejo v sheme (ontološke kategorije), te pa naprej v vse bolj dograjene pojme. Elementi ali

primitivne akcije so enostavne abstrakcije vsakodnevnih izkušenj, so sami po sebi razumljivi in ne potrebujejo dodatnih razlag. Postavljena je hipoteza, da se novo znanje asimilira na te elemente, oziroma na nastale primitivne sheme.

Psihogenezo osnovnih kategorij je Piaget podrobno razdelal v svojih zgodnjih delih (1926-1947) (Mariani, Ogborn, 1990). V zadnjem desetletju se je med konstruktivisti zlasti na področju naravoslovja vzbudilo zanimanje za iskanje elementov, prvin, iz katerih konstruiramo znanje, ali za iskanje slovnice razumevanja. Novejše so raziskave Anderssena (1986), ki je osnovne elemente konstrukcije znanja povezal v shemo "dejavniki-instrument-objekt". Svojo hipotezo je poimenoval "experimental gestalt of causation". Gestalt je sestavljen iz komponent (akcij in reakcij), ki skupaj delujejo bolj prvinsko, kot pa posamezne komponente. Otroci zaznajo, da je težje mešati blato kot vodo, od tu "izkušnjaški vzorec" (experimental gestalt): različne snovi nudijo različen odpor. To posplošitev uprabljamo za kontrolo naših akcij in za razlage pojavov. Podobne vzročne posplošitve so še: večja teža - večja sila; večja oddaljenost, manjši učinek (bolj stran smo od zvona, manj ga slišimo), večja razlika - večji učinek (zato ogenj na soncu slabo greje).

Piaget in Garcia (Mariani, Ogborn, 1990) sta prav tako raven logičnih operacij skušala bolj približati pomenu in objektom, to sta imenovala "logika pomenov" (logic of significations). Ta elementarna logika naj bi delovala na objekte in z objekti. Objekt je najprej to, kar z njim lahko naredimo, fizično ali miselno. Nato objekt definira to, iz česar je; da pa odkrijemo, iz česa nek objekt je, moramo z njim nekaj početi (gnesti, prelivati, drobiti). Tako razumevanje ali pojmovanje nastaja iz enostavnih elementov - akcij.

Di Sessa (1983) razlaga začetno ali naivno razumevanje naravoslovja kot sestavljenko iz fragmentov, ki jih imenuje "fenomenološke prvine", nastale iz enostavnih abstrakcij iz vsakdanjih izkušenj. Na teh temeljijo prioritete razlage ali miselni modeli.

Podobno definirajo primitivne miselne elemente Williams, Hollon, in Stevens (1983), kot avtonomne miselne objekte: elemente naivnih razlag in miselnih modelov.

Strike in Posner (1982) imenujeta te fenomenološke prvine "prvi primer", elementi, ki so neodvisni od prejšnjih povezav - referenc. Za njihovo razumevanje ni potrebno povezovanje še primitivnejših enot, čeprav se odmikata od mnenja, do bi te elemente lahko definirali in izolirali. Po njunem mnenju imamo vedno neko kognitivno opremo, na katero se nove izkušnje lahko navežejo.

Brosnan (1993) se v iskanju zakonitosti, ki se pojavljajo pri otroških razlagah naravoslovnih pojavov, naslanja na Harrea, ki je pojme kot vzročnost ali eksistenca (prostor in čas) označil kot "formalne", kot elemente, ki zagotavljajo strukturo in intelektualno osnovo mišljenja. Brosnan je v svojih špekulacijah izhajal iz teorij

Anderssona in shemo "dejavnik-instrument-objekt" razširil in poglobil v shemo "vpletene entitete-spremembe-vzroki".

Drugo izhodišče v iskanju skupnih temeljev naravoslovnega mišljenja in razvoja naravoslovnih pojmov, ki pa se tesno navezuje na akcije ali iz akcij celo izhajajo, je zveza med percepcijo in vzročnostjo. Razlog za omejeno število "naivnih" otroških razlag ali za razlage po zdravi pameti, ki se večini zdijo smiselne (Renstrom, Andersson, Marton, 1992), je po razlagi Spelkejeve (1991) v skupnem zgodnjem razvoju vzročnosti in percepcije. V zgodnjem otroštvu naj bi se percepcija in vzročnost razvijala iz istih sposobnosti (kapacitet) - mogoče razvitih iz akcij? Za percepcijo trdnega telesa je značilno: kohezija, polnost, rigidnost in odsotnost akcije na daljavo. Vzporedne značilnosti za vzročnost so: trajnost, trdnost in enako, odsotnost učinka na daljavo. Tudi Piaget dokazuje, da je v zgodnjih fazah razvoja percepcija odvisna od akcij. Ko je zveza med percepcijo in akcijo usklajena in utrjena je dovolj percepcija za pričetek nove uspešne akcije.

II.

Zdi se, da razvoj pojmov sledi razvoju vzročnosti in razvoju operacij. Uvrščanje predmeta ali pojava v razred (inkluzija) lahko temelji na naravnih kriterijih (vizualnih ali funkcionalnih), na primerjavi senzomotornih sekvenc manipuliranja (zaporedje enakih gibov) ter na primerjavi s prototipom (Rosh, 1980). Nekatere raziskave dokazujejo (Solomonidu, Stavridou, Martinand, Viovy, Carretto, 1993) težnjo po čimprejšnji konstrukciji prototipa in razvrščanju in prepoznavanju objektov in pojavov predvsem po prototipu.

Po zgornjih tezah (akcija, sheme, prototip) je konstruiran razvoj pojma gibanje. Bliss in Ogborn (1990) sta svojo razlago imenovala "psiho-logic of motion":

1. začetek

primitivne akcije: *prijeti, držati, premikati, zaznati oddaljeno gibanje*

sheme: *spremeniti lego objekta = prijeti+držati+premakniti+pustiti naj gre*

zakonitost: *deli se gibljejo s celoto*

gibanje se povzroči s kontaktom

2. nastajajoča pravila in prototipi

primitivna akcija: *vložiti napor = premikati + skoraj namenoma + upor*

shema: *truditi se premakniti objekt = spreminiti lego objekta + vložiti napor*

prostor: *nad, pod, zgoraj, spodaj, spredaj, zadaj*

pritrjen: neuspešno premikanje kljub vložnemu naporu

podpora: držati + spodaj

3. novi prototipi iz kombinacij

shema: vložiti napor za premikanje sebe = *vložiti napor* + *premikati se sam* + *namenska kontrola* = *držati* + *namen*

prototip: vreči = *vložiti napor za premikanje objektov - kontrola*

4. projekcija na druge objekte

shema: živo bitje = *izvor napora* + *namera*

prototip: hoja/tek = *živo bitje* + *vložiti napor za premikanje sebe* + *podpora tal*

5. izpeljave

prototip: leteti = *tek - vidne podpore* + *podpora iz vloženega napora*

zakonitost: *napor lahko zagotovi podporo*

Pri razvoju pojma "snov" lahko postavimo hipotezo, da se ta razvija vzporedno s pojmom objekta. Pojem objekt se pojavi pri ločevanju subjekta iz nedefinirane celote. Seveda je tudi ta proces ločevanje subjekta od okolice, ki postane množica objektov osnovan na primitivnih otroških akcijah, na delovanju otroka na okolico. Objekt - predmet ali živo bitje, ki ni on sam je definiran in uvrščen po vrsti akcije. Predvsem iz lastnosti predmetov, ki jih otrok na ta način definira, izhajajo prva razločevanja med lastnostmi objektov in lastnostmi snovi, kar pomeni prva spoznanja o snovi.

Navedenih je nekaj možnih povezav med akcijami, pojmi vezanimi na snov in nastankom prototipov:

PRIMITIVNA AKCIJA	SNOV
prelivanje, nalivanje	tekočina
pogosto prelivanja vode	prototip za tekočino: VODA
pihanje	plin
pogosto pihanja zraka	prototip za pline: ZRAK
držati, lomiti	trdna snov

"Specifične" snovi so lahko konstruirane iz prototipov:

voda + zrak = voda, ki vre (Osborne, Casgrove, 1983),

ali iz prototipov in "specifičnih" snovi:

voda + mast = olje

trdna snov + modra barva = bakrov sulfat (Sanmarti, Izquierdo, Watson - v tisku).

Iz primitivnih akcij nastajajo sheme, ki natančneje opredeljujejo snov:

SHEME	SNOV
držati + lomiti	trda trdna snov
držati + gnesti	mehka trdna snov
držati + presipati	prašnata trdna snov

Iz prototipov in primitivnih akcij se lahko konstruirajo sheme procesov:

AKCIJA	PROTOTIP	PROCES
	lomiti, drobiti + voda	raztapljanje
	lomiti, drobiti + toplota*	gorenje

* *Toplota pojmovana kot snov.*

Sheme naravoslovnih zakonov:

Iz sheme, sestavljene iz primitivnih akcij: držati + premagovati napor = dvigniti, potisniti..., izhaja zakonitost: **snov ima težo**.

Iz akcij, kot so: nasipanje, nalaganje..., izhaja zakonitost: **snov zavzema prostor**.

S temi konstrukcijami si je mogoče razlagati otroške trditve, da zrak nima teže ali da so tekočine lažje od trdnih snovi. Zrak nima teže, ker je za "držanje" zraka potreben premajhen napor, da bi ga zaznali. Podobno je s tekočinami (velja za tekočine brez posod), prehitro nam spolzijo med prsti, da bi zaznali njihovo polno težo, morda od tu trditve, da so tekočine lažje od trdnih snovi.

III.

Za lažje razumevanje razlik med objekti in snovmi je smiselno vpeljati pojma intenzivnih in ekstenzivnih lastnosti. Intenzivne lastnosti objekta so tiste, ki se pri odvzemanju ali deljenju objekta na manjše dele ne spremenijo. Te lastnosti so na primer barva, okus, vonj, gostota, temperatura in množica drugih fizikalnih in kemijskih lastnosti. Snov opisujejo te lastnosti. Nasprotno pa se ekstenzivne lastnosti pri odvzemanju ali deljenju objekta na manjše dele, spreminjajo. Značilna ekstenzivna lastnost, ta je določena z ekstenzivnimi količinami, je oblika, ki je osnovna značilnost objekta. To določajo dimenzije objekta (dolžina, širina, višina).

Tako naj bi bile prve akcije poleg ostalih ontoloških kategorij usmerjene tudi k razvijanju pojma objekta. Vendar so primitivne akcije percepcije objektov usmerjene

najprej na intenzivne lastnosti. Otrok najprej preizkuša intenzivne lastnosti, z opazovanjem, s pokušanjem in vonjanjem, otipavanjem, stiskanjem, metanjem, določa barvo, okus, vonj, teksturo, trdnost in trdoto... To pa pomeni, da v objektih najprej spoznava in ločuje snovi. Dokazano je, da dojenčki najprej prepoznajajo barve nato, šele oblike (Mahler, 1994). S primitivno akcijo "kaj se da z objektom narediti" pravzaprav prepoznava snovne lastnosti, šele kasneje spoznava v objektih ekstenzivne lastnosti: ločevanje po obliki (vtikanje objektov v ustrezne odprtine), ločevanje po velikosti (zlagaje serije lončkov enega v drugega po velikosti) ter s kombinacijo ekstenzivnih in intenzivnih lastnosti določa funkcijo objektov (žoga je okrogla in mehka).

Kasneje, z odraščanjem se izkušnje širijo predvsem v prepoznavanju in širjenju funkcij objektov, kjer prevladujejo intenzivne lastnosti (oblika in velikost). Tako je za otroka na predoperacijski stopnji lesena kocka najprej kocka, s kocko lahko nekaj naredi (določevanje po funkciji: intenzivne in ekstenzivne lastnosti), brezoblična kos lesa pa je "les" (določajo ga intenzivne lastnosti).

Z razvojem pojma števila je določena še ena lastnost objektov, to je števnost, podobne reči lahko štejemo. Vzporedno z izkušnjami, ki nastajajo ob delovanju z objekti, pa ostaja v ozadju intuitivni pojem snovi, ki se je deloma razvil v zgodnjem prepoznavanju intenzivnih lastnosti. Ohranja se prek ravnanja z rečmi, ki se jim spreminja oblika, to sta predvsem voda in mivka. Tu je Piaget (1982) odkril razliko v sposobnosti ohranjanja (konzervaciji) kontinuiranih in nekontinuiranih količin. Kontinuirane količine so določene z intenzivnimi lastnostmi, nekontinuirane pa imajo ekstenzivne lastnosti in jih zato lahko štejemo. Zgodnejše ohranjanje nekontinuiranih količin naj bi temeljilo prav na lastnosti objektov, da jih lahko štejemo. Sposobnost ohranjanja temelji na intuitivni korespondenci ena z ena. Snovi (kontinuiranih količin) ne moremo šteti, zato pride do ohranjanja njihovih količin kasneje. V starosti petih let ohranja količino tekočine (kontinuirana količina) 4 % otrok, količino kroglic (nekontinuirana količina) pa 22 % otrok (Piaget, Inhelder, 1982).

Drugače pa je z ohranjanjem intenzivnih lastnosti (ohranjanje snovi pri transformacijah), ohranjanje kvalitete. Pri preoblikovanju objekta, če iz klobase (plastelin) naredimo palačinko, otroci že kmalu vedo, pri petih letih 16 % (Piaget, Inhelder, 1982), da se je pri tem snov ohranila, ostal je isti plastelin. Ne ohranjajo pa še mase snovi pri spremembi oblike. Še enostavneje gre najbrž z ohranjenjem tekočih snovi pri prelivanju, saj je ohranjanje snovi najbrž tista konstanta, ki omogoča zgodnejše ohranjanje prostornine (količine) prelite tekočine - pred ohranjanjem mase trdne snovi pri preoblikovanju.

Iz lastnosti snovi, da ni števna, se prek enostavnih akcij razvija dejavnost, ki pozneje postane ključna v razlikovanju med objekti in snovjo, to je merjenje (Cartwright 1970). Majhni otroci si zaželijo mleko ali sok, starejši so sposobni opredeliti količino:

skodelico mleka, kozarec soka. Snovi ne moremo šteti tako kot objekte, lahko pa jo merimo. Prve merske enote so žlice, lončki, ščepci, ki jih otroci začno spontano uporabljati.

IV.

Kje je meja med objektom in snovjo, ali kdaj pričnemo meriti, namesto da bi šteli? Najbrž sta kriterija za katero dejavnost se odločimo dva, to sta število in velikost delcev. Ko gre za veliko število podobnih objektov, preveč, da bi jih šteli in so objekti sorazmerno majhni, se odločimo za merjenje namesto štetja. To velja na primer za fižol, pesek ali mivko. V jeziku so se za to oblikovali enoštevilni samostalniki, ki ne upoštevajo drugega kriterija- velikosti delcev, ampak le število, tako imamo grmovje, srnjad...Ko pa so delci na makroskopski ravni premajhni, da bi jih sploh lahko zaznali (kriterij je velikost delcev) moramo količino snovi prav tako meriti, kar pomeni šteti neke izbrane enote (objekte) snovi. Snovi zato imenujemo z neštevili samostalniki: kava, zlato, voda....

Piaget je take snovi označil kot kontinuirane količine. Tudi novejša raziskava (Renstrom, Marton, Andersson, 1990) dokazujejo zgodnje pojmovanje snovi kot kontinuuma. Snov lahko delimo na vse manjše in manjše dele, vendar se z delitvijo ohranjajo tudi lastnosti snovi. Deljenje na manjše dele je tudi razvojno primitivnejša dejavnost kot sestavljanje (Piaget, Inhelder, 1974). Majhni otroci najprej razstavljajo (iz česa objekti so), šele nato sestavljajo (kaj se da iz objektov narediti). Podobno zaporedje dejavnosti se obdrži najbrž tudi na stopnji konkretnih operacij. Vendar z operacijo deljenja nastali delci snovi nimajo lastnosti gradnikov, čeprav jih otroci poimenujejo s pravimi imeni. Tako pojmovan "atom" je enako obarvan kot snov, torej se pri taljenju snovi talijo tudi "atomi". Pogostost uporabe te "predatomske teorije" je odvisna od miselnih sposobnosti, pa tudi od situacije, okolja, ki spodbuja razlage. Snov je zato iz zrnc, prahu, delcev ali koščkov (Marin, Benarroch, 1944).

Delčna narava snovi, ki vodi k znanstvenemu pojmovanju snovi, se razvija z operacijami, ki vodijo k ohranjanju (konzervaciji) tako kvalitete kot kvantitete, to so operacije kompenzacije, identitete in reverzibilnosti. Šele obvladanje teh omogoča razumevanje procesov raztapljanja in izločanja snovi iz raztopin ali izhlapevanja tekočin in kondenzacijo pare. Na tej stopni (okoli 8 let) se po Piagetu (Piaget, Inhelder, 1974) spontano pojavi delec snovi, ki omogoča ohranjanje identitete snovi (kvalitete in kvantitete) pri različnih spremembah.

Vendar je pojem snovi na tej stopnji, čeprav vključuje že delčno naravo, še vedno široko definiran. Kot snov je pojmovana toplota ali energija v širšem smislu ter druge količine za katere v vsakdanjem govoru uporabljamo enake glagole kot za snov: imeti, dati, prenesti.. (Herrmann, 1993; Mariani, Ogborn, 1991). Prav tako je pogost pojav materializacije nekaterih lastnosti snovi (Watson....). Modro galico sestavlja

neka trdna snov in modra barva; sladkor nekaj, kar je skladkor in snov, ki da sladke okus.

Vsa ta pojmovanja izvirajo najbrž iz primitivnih shem, po katerih se razvija tudi vzročnost in enostavne operacije. Za diferenciacijo in ožanje pojma ter premik v smeri znanstvenega razumevanja so najbrž poleg znanja potrebne tudi zahtevnejše miselne operacije, na primer tranzitivnost, ki omogoča diferenciacijo med snovjo in drugimi količinami (razumevanje pretoka snovi in pretoka energije).

V.

Iz različnih študij, ki so raziskovale otroške zamisli o snoveh, so povzete osnovne značilnosti predpojma ali naivnega pojmovanja snovi (Sere, 1989; Driver, 1989; Nussbaum, 1989; Stavy, 1994; Space Project-Materials, 1991; Renstrom, Andersson, Marton, 1990; Jones, 1984; Dickinson, 1987).

Snov ima naslednje lastnosti:

- ⇒ je kontinuirana,
- ⇒ se pri prelivanju ali preoblikovanju ohrani,
- ⇒ ima površino (perceptivne lastnosti),
- ⇒ ima težo,
- ⇒ ne moremo je šteti

Glede na zgornje lastnosti otroci kot snov najpogosteje naštevajo tekočine. Tekočine so pogosto opisane kot voda ali vodi podobne. Trdne snovi so opisane kot netekoče ali kot nemokre ali kot neprelivajoče. Plini so opisani kot drobcene kapljice, spreji...

Če upoštevamo:

- ⇒ bogate izkušnje, ki jih imajo otroci z vodo,
- ⇒ lastnosti, ki jih pripisujejo snovem,
- ⇒ vodo kot prototip za tekočino,
- ⇒ tekočine kot prvo referenco za trdne in tekoče snovi ter snovem podobne količine,

lahko postavimo hipotezo, da **VODA** ni samo prototip za tekočine, ampak tudi prvi prototip za pojem **SNOV**.

LITERATURA

1. Andersson, B. (1986). The Experimental Gestalt of Causation: A Common Core to Pupil's Preconceptions in Science. *European Journal of Science Education*, 8(2), 155-171.
2. Bliss, J., Ogborn J. (1990). A Psycho-Logic of Motion. *European Journal of Psychology of Education*, 5(4), 379-390.
3. Brosnan, T. (1993). *Explanation of Change*, London Mental Model Group, Working Group 62237: Childrens and Teachers Explanation. London, Institute of Education, London University.
4. Cartwright. H. (1970). Quantities. *The Philosophical Review*, 79, 25-42.
5. Dickinson. D.K. (1987). The Development of a Concept of Material Kind. *Science Education*, 71(4), 615-628.
6. Driver. R. (1989). Beyond Appearance: The Conservation of Matter under Physical and Chemical Transformation. In R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.) *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Open University Press.
7. Herrmann, F. (1993). Energy as Substance Like Qualities. *Tempus Seminar-Primary Science*. Faculty of Education, University in Ljubljana, Slovenia.
8. Jones, B. (1984). How Solid is a Solid: Does it Matter? *Research in Science Education*, 14, 104-113.
9. Mahler, D. (1994). *What Infants Know*. London, Blackwell.
10. Mariani, M.C., Ogborn, J. (1991). Towards an Ontology of Commonsense reasoning. *International Journal of Science Education*, 13(1), 69-85.
11. Mariani. M.C., Ogborn, J. (1990). Common-sense Reasoning about Conservation: The Role of Action. *International Journal of Science Education*, 12(1), 51-66.
12. Marin, N., Benarroch, A. (1994). A Comparative Study of Piagetian and Constructivist Work on Conceptions in Science. *International Journal of Science Education*, 16(1), 1-15.
13. Nussbaum, J. (1989). The Gaseous State. In R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.) *Children's Ideas in Sience*. Milton Keynes, Open University Press.
14. Osborne, R.J., Cosgrove, M.M. (1983). Childrens Conceptions of the Changes of the State of Matter. *Journal of Research in Science Education*, 20(9), 825-838.
15. Piaget, J. (1970). *The Child's Conception of Physical Causality*. London, Routledge and Kegan Paul.
16. Piaget, J. (1972). *The Principles of Genetic Epistemology*. London, Routledge and Kegan Paul.
17. Piaget, J., Inhelder, B. (1974). *Understanding Causality*, New York, Norton.
18. Piaget, J., Inhelder, B. (1974). *The Child's Construction of Quantities*. London, Routledge and Kegan Paul.
19. Piaget, J., Inhelder, B. (1982). *Intelektualni razvoj dijeteta*. Beograd, Zavod za učbenike i nastavna sredstva.
20. Renstrom, L., Andersson, B., Marton F. (1990). Conceptions of Matter. *Journal of Educational Psychology*, 83(3), 55-569.

21. Rosch, E. (1980). Classification of Real World Object: Origins and Representation in Cognition. In P.N. Johnson-Laird, P.C. Wason (Eds.) *Thinking: Readings in Cognitive Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
22. Sanmarti, N., Izquierdo, M., Watson, R. (1993). The Substantialisation of properties (in press).
23. Sere, M.G. (1989). The Gaseous State. In R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.) *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Open University Press.
24. diSessa, A. (1983). Phenomenology and the Evolution of Intuition. In D. Gentner, A.L. Stevens (Eds.) *Mental Models*. London, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
25. Solomonidou, H., Stavridou, H., Martinand, J.L., Viovy, R., Carretto, J. (1993). Substance Versus Object: Changing Common Conceptions in Chemistry. In *Proceedings : 2nd European Conference on Research in Chemical Education*. Pisa, Italy, Universita degli Studi di Pisa.
26. Space Project (1991). *Materials*. T. Russell, K. Longdon, L. McGuigan (Eds.). Liverpool, Liverpool University Press.
27. Spelke, E.S. (1991). Physical Knowledge in Infancy; Reflections on Piaget's theory. In S. Carey, R. Gelman (Eds.) *The Epigenesis of Mind; Essay on Biology and Cognition*. London, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
28. Stavy, R. (1994). States of Matter-Pedagogical Sequence and Teaching strategies Based on Cognitive Research. In P. Fensham, R. Gunstone, R. White (Eds.) *The Content of Science*. London, The Falmer Press.
29. Strike, K.A., Posner, G.J. (1983). Conceptual Change and Science Teaching. *European Journal of Science Teaching*, 4(3), 231-240.
30. Williams, M.D., Hollon, J.D., Stevens, A.L. (1983). Human Reasoning about a Simple Physical System. In D. Gentner, A.L. Stevens (Eds.) *Mental Models*. London, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.