

Dr. David N. Perkins in dr. David Crismond, Harvardska univerza, Cambridge, ZDA;  
 Dr. Rebecca Simmons, prof. pediatrije, Univerza v Pensilvaniji, Philadelphia, ZDA in  
 Dr. Chris Unger, Univerza Northeastern, Boston, Massachusetts, ZDA

## ZNOTRAJ RAZUMEVANJA

Razumevanje nam je dragoceno, razumevanje si želimo usvojiti, za razumevanje skušamo poučevati, vendar pa razumevanja ne razumemo najbolje.

Že samo če primerjamo, kaj pričakujemo od zapornitve v primerjavi s tem, kaj pričakujemo od razumevanja, zadostuje, da gornja ugotovitev pridobi na teži. Vzemimo za primer, da učenec, ki se je učil Darwinovo teorijo naravnega izbora, pove: »Prav dobro se spomnim treh principov.« Od njega bomo pričakovali, da bo znal omenjene tri principe – variacijo, izbor in dedovanje – poimenovati in verjetno tudi za vsak princip ponoviti definicijo. Zdaj pa vzemimo, da bi učenec izjavil: »Precej dobro razumem tri principe.« Na kakšen način bomo želeli, da nam izkaže znanje, ko bomo preverjali, ali res razume? S parafraziranjem? V tem primeru bi šlo le za nadomestitev besed iz učbenika, s čimer nam učenec ne bi kaj dosti dokazal. Z razlago? To je morda že bliže, vendar nas ponovitev razlag iz učbenika ne sme prepričati. Če se zdita omenjena načina ustrezna bolj za preverjanje zapornitve, kaj pa resnično nov, kreativen način z aplikacijo koncepta? S tem bi zagotovo dobili dokaz o razumevanju. Vendar se zdi, da bi to pomenilo zahtevati preveč za nekaj, kar se zdi samo rutinsko ali skromno razumevanje. Iz povedanega lahko potegnemo nauk: tako na hitro imamo le nejasno predstavo o tem, kako bi lahko nekdo izkazal razumevanje, še manj so nam jasni psihološki mehanizmi razumevanja.

Vprašanje bi lahko povzeli tako: »Kaj natančno človek obvladuje, ko nekaj razume?« Eden izmed razlogov, da želimo raziskati to skrivnost, je preprosta radovednost v zvezi z naravo razumevanja, ki je osrednja funkcija človeške kognicije. Drug razlog je, da je razumevanje pogosto težko usvojiti. V zvezi z Darwinovo teorijo so na primer učenci pogosto zbegani (Brumby, 1979, 1984; Jungworth, 1975), podobno je z Newtonovo teorijo dinamike (Brown in Clement, 1987; Clement, 1982; McDermott, 1984; White, 1983, 1993). Kot so pokazale nedavne raziskave, izkazujejo tudi na mnogih drugih področjih naravoslovja in matematike učenci napačna razumevanja o tem, kar naj bi se naučili. Napačna razumevanja so bila ugotovljena pri algebri (Matz, 1982), fiziki (Chi, Feltovich in Glaser, 1981; Chi, Glaser in Rees, 1982; Larkin, McDermott, Simon in Simon, 1980; McDermott, 1984; White, 1983, 1993), računalniškem programiranju (Kurland, Pea, Clement in Mawby, 1986; Linn, 1985; Perkins, Schwartz in Simmons, 1988) in pri biologiji (Deadman in Kelly, 1978; Hackling in Treagust, 1984; Mintzes, 1984). Če bi bolje razumeli razumevanje, bi morda lahko dognali, kakšne težave imajo učenci, in našli načine, da jim pomagamo.

V prizadevanju, da raziščemo pomen razumevanja, ponujamo izmišljen primer treh učencev, ki se učijo o naravnem izboru. Najprej bomo preučili razumevanja »na zunaj« oziroma kako je videti, ko nekdo nekaj očitno razume. Kaj ljudje naredijo in povedo, da nas prepričajo, da nekaj razumejo?

### RAZUMEVANJE NA ZUNAJ

Bonnie in Cal se učita Darwinovo teorijo o evoluciji človeka. Ker Calu ni čisto jasno, za kaj gre, prosi Bonnie za razlago.

»Vzemiva za primer plavuti pri tjulnju,« reče Bonnie. Reciva, da je imel prazgodovinski tjuljenj že od rojstva dolge plavuti. To je *variacija*. Dolge plavuti so mu omogočile, da je plaval tako dobro, da je lahko ušel morskim psom. To je *izbor* – bilo je verjetneje, da bo preživel. Ko je tjuljen postal oče, so imeli njegovi mladički bolj verjetno daljše plavuti zato, ker jih je imel on. To se imenuje *dedovanje*. Plavuti se torej daljšajo iz generacije v generacijo.«

»Razumem, kaj hočeš povedati,« reče Cal. »Ampak plavuti se ne morejo stalno daljšati iz generacije v generacijo.«

Bonnie malo pomisli, pred oči ji pridejo tjulnji z absurdno dolgimi plavutmi. »Pa res,« se strinja. »Na to nisem pomislila. Zakaj le se to ne more zgoditi?« Bonnie za nekaj časa utihne. »Že vem. Gotovo je takole. Če so plavuti predolge, so tjulnju napoti. Če ima predolge plavuti, postane to slabost, zaradi katere je njegovo preživetje manj verjetno. Zato plavuti prenehajo rasti.«

»Da vidim, če te prav razumem. Recimo, da sem prazgodovinski konj in da veliko tekam naokrog. Na nogah mi zrastejo močne mišice, ker moram pogosto uiti gorskim levom, zaradi česar se poveča verjetnost, da jim bom ušel ali nekaj takega. Moji mladički imajo tako že od rojstva močne mišice. Imam prav?«

»Ne čisto,« reče Bonnie. »Ti oziroma originalni konj bi moral biti *rojen* z močnimi mišicami ali pa vsaj s predispozicijo, da ti bodo zrasle. To, da je okrog tebe veliko gorskih levov, ko odraščaš, ne šteje. Tega ne moreš prenesti na svoje mladiče.«

»Da ne? Kako to?« vpraša Cal. »Saj bi bilo logično. Recimo, da sem konj, ki odrašča na območju, kjer je veliko gorskih levov. Zato moram veliko tekati. Res koristno bi bilo, če bi lahko svoje mišice zapustil svojim potomcem. Tako bi to moralo delovati, da zapustiš

nekaj, kar si težko prislužiš, svojim otrokom.«

»No ja,« reče Bonnie, »mogoče bi bilo to res odlično. Ampak v resnici ni tako. Poanta je v tem, da lahko zapustiš le tisto, kar je določeno v tvojih genih. Tvoji geni pa so določeni že, ko se rodiš, pravzaprav že, ko si spočet. Če torej pozneje garaš in ti zrastejo močne mišice, tvoji geni tega ne vedo. Spočetje je kot igra na srečo; mogoče boš dobil močne mišice na nogah ali pa tudi ne. Če jih dobiš, kar ti bo prišlo prav, ko boš moral bežati pred gorskimi levi, boš lahko to lastnost prenesel na svoje potomce.«

S tem dialogom v mislih se vrnimo k vprašanju, ki smo ga zastavili na začetku: Kaj ljudje naredijo in povedo, da nas prepričajo, da nekaj razumejo? Za Bonnie bi vsekakor lahko rekli, da dobro razume teorijo naravnega izbora. S svojo razlago in odzivom ponazori, kar bi lahko imenovali »izkazano razumevanje« (Gardner, 1991; Perkins, 1992), ki ima najmanj naslednje tri značilnosti.

### Ponujanje razlag

Prvi kazalnik razumevanja je, da ponudimo razlago. Bonnie na primer razloži naravni izbor tako, da si pomaga s primerom tjulnjev in njihovih plavuti. Tako poudari pomembni značilnosti, kot sta izbor in dedovanje. Naredi še več. Ko Cal podvomi, da bi plavuti kar naprej rasle, najde razlago, zakaj je to nemogoče. Če bi Bonnie samo opisala plavuti in našela izraze, ne da bi karkoli razložila, s tem ne bi izkazala popolnega razumevanja.

### Artikulacija bogatega odnosnega znanja

Naslednji očitni kazalnik razumevanja so razlage, ki jih ljudje izgradijo iz bogatega odnosnega znanja. Bonnie na primer poveže genetsko variacijo z morfološko variacijo in nato genetsko in morfološko variacijo s prednostmi, ki omogočajo preživetje, le-te pa nato z ohranitvijo značilnih lastnosti. Gre za kompleksno mrežo vzrokov in posledic, ki je Bonnie ne more le navesti, ampak jo mora tudi ponazoriti s svojim znanjem o tjulnjih in konjih. Če bi bila njena razlaga skopa in bi na primer vsebovala le eno pravilo, bi bil to znak, da je njeno razumevanje nepopolno.

### Uporaba korigirajočih in prožnih razlagalnih mrež

Tretji način, kako ljudje pokažejo razumevanje, je z revidiranjem in razširitvijo svojih razlag. Če vzamemo za primer Bonniejino razlago naravne selekcije, opazimo, da je vse kaj drugega kot suhoparno naštevanje. Za svojo razlago revidira in razširi svoje znanje o variaciji in izboru. Medtem ko bi njen originalni primer tjulnjev sicer lahko bil iz kakega učbenika, svojo razlago nato revidira, ko jo Cal izzove s pripombo o stalno rastočih plavutih, česar očitno ne bi mogli najti v učbeniku. V svojem razmišljanju o Calovem primeru konja gre Bonnie še dalje in razširi svojo razlagalno mrežo s tjulnjev na konje. Tako njena razlagalna mreža bistveno pridobi na prožnosti in revidiranosti.

Če se to ne bi zgodilo, bi pri njej šlo bolj za papagajsko ponavljanje kot za resnično razumevanje.

Medtem ko so omenjeni načini tisto, kar pričakujemo, da bodo ljudje izkazovali, ko nekaj razumejo, pa velja poudariti, da je takšno izkazovanje pogosto na trhljih temeljih – razumevanje je delno, zatikajoče, z napakami in nima trajne vrednosti. Tako na primer Cal, ko si izmisli konja, ki mu ojačajo mišice na nogah, želi na izvirnem primeru pokazati, da nekaj razume. Toda čeprav vključi izbor in dedovanje, njegovi razlagi manjka ključni element vrojene variacije, čeprav ga je Bonniejina razlaga o tjulnjih vsebovala. Zato Bonnie čuti potrebo, da njegovo zamisel popravi. Cal morda razume Bonniejino razlago ali pa tudi ne, vendar tudi v primeru, da jo, obstaja velika verjetnost, da bo v nekaj sekundah, naslednji dan ali pa naslednji teden njegovo razumevanje zdrknilo na prvotno raven.

Na tej točki se lahko ozremo na naše izvorno vprašanje in zabeležimo nekaj napredka. »Kaj natančno človek obvladuje, ko nekaj razume?« Okviren odgovor bi lahko bil, da je sposoben izkazati razumevanje na vrsto generativnih načinov, ki vključujejo razlago.

Medtem ko naša analiza poudarja razlago kot pomemben vidik razumevanja, pa velja opozoriti, da lahko za nekoga trdimo, da nekaj »razume«, tudi ko tega ne zna razložiti. Za primer nam lahko služi džezovski pianist, za katerega smo lahko prepričani, da razume, kako je treba igrati džez, čeprav tega ne zna razložiti niti z besedami, z gibi ali pa s kako drugo sistematično demonstracijo. Takšen pomen »razumevanja« je brez dvoma pomemben in zasluži, da ga analiziramo. Vendar pa se bomo za naš namen osredotočili na razlago kot pomemben vidik razumevanja, saj ima ta vidno vlogo v akademskih in neakademskih okoljih.

## RAZUMEVANJE NA ZNOTRAJ

Bonniejino izkazano razumevanje nakazuje, kakšno je njeno razumevanje na znotraj. Na zunaj ponudi bogato verbalno razlago, ko se sooči s Calovim izzivom o tjulnjih in njihovih plavutih. Na miselni ravni razkrije bogato konceptualno mrežo, ki jo bomo poimenovali *razlagalna struktura*.

Kaj je razlagalna struktura? To je bogato omrežje odnosov med pojasnili, ki so mentalno vkodirani na različne načine, ki jih ima na razpolago mišljenje – prek besed, podob, ustreznih primerov, anekdot, formalnih principov ipd. Razlagalna struktura je več kot le zapomnitev razlage. Je prožna in revidirana. Tako na primer vemo, da je Bonniejina razlagalna struktura o naravnem izboru gibka, saj jo na Calov izziv razširi v zapleten primer tjulnjevih plavuti, ki postajajo vedno daljše.

Posamezni deli Bonniejine razlagalne strukture o naravni selekciji kažejo, da je temo dobro naštudirala. Kot je bilo že omenjeno, bi bil lahko primer tjulnja, ki ga Bonnie ponudi Calu, prav lahko naravnost iz učbenika. Te dobro naučene sestavine predstavljajo podlago, ki jo Bonnie dograjuje med pogovorom s Calom. Vendar pa

uporabi tudi nove dele razlagalne strukture, ki jih ustvari v danem trenutku, kot je na primer njen odziv na Calovo pripombo o vedno daljših plavutih in na njegov napačen primer o konjih. Lahko da se bodo nekatere izmed njenih razširitev vrasle v Bonniejino začetno podlago, ki se bo tako razširila, zaradi česar bo imela na razpolago širši repertoar za kasnejše razlage. Preostale trenutne razširitve pa bodo morda preprosto utonile v pozabo. Bonnie jih bo bodisi kdaj pozneje, ob neki drugi priložnosti, obnovila ali pa se jih ne bo več spomnila.

Časovna omejenost razširitev nam pomaga bolje razumeti eno izmed značilnosti razumevanja, ki je bila že omenjena: njegovo kratkotrajnost (Perkins, 1992; Perkins in Martin, 1986). Razlagalna struktura je vsaj deloma trenutna konstrukcija. Njena ohranitev je odvisna od konteksta – ohranijo jo lahko večkratni pogovori, ilustracije, ki ležijo na mizi, zapisi na tabli. Na razlagalne strukture ne bi smeli gledati kot na nekaj statičnega, ampak kot na nekaj, kar se širi, če se s temo intenzivno ukvarjamo, oziroma krči, če temo odložimo. Nekatere nove asociacije ostanejo v podlagi in olajšajo poznejšo obnovitev in širitev.

Vse doslej povedano nas pomakne naprej v iskanju odgovora na naše izvorno vprašanje: »Kaj natančno človek obvladuje, ko nekaj razume?« Obvladuje razlagalne strukture oziroma bogata omrežja razlagalnih odnosov, s pomočjo katerih razloži ustrezne vidike neke teme. Vsaka razlagalna struktura vsebuje stabilno podlago in trenutne razširitve, od katerih bodo nekatere pozabljene, druge pa se bodo vrasle v podlago. Razlagalne strukture štejemo k razumevanju zato, ker so prožne in ker so predmet revidiranja. Če ne bi bile, bi bile le toge šablone.

## OKVIR ZA DOSTOPANJE DO RAZUMEVANJA

Kako oblikujemo, razširimo in revidiramo razlagalne strukture? Zaradi česa jih je težko izgraditi? Zakaj so tako pogosto kratkotrajne in napačne? Na ta vprašanja bomo odgovorili s pomočjo tako imenovanega *okvira za dostopanje* do razumevanja (Perkins, 1993). Ime izhaja iz vodilnega principa tega okvira: izkazati razumevanje – to je izgraditi, razširiti in revidirati razlagalne strukture, za kar moramo biti sposobni uporabiti:

1. *znanje*: dostop do določenih vrst znanja (npr. znanje o Darwinovih treh principih, o tjulnjih ali o pomenu preverjanja teorije ob njenem soočanju z zapletenimi primeri);
2. *reprezentacije*: dostop do znanja, ki ga podpirajo dobro izbrane predstave (npr. primeri prototipov, metafore za boljše razumevanje, jasni diagrami);
3. *mehanizme priklica*: dostop, ki ga omogočajo mehanizmi priklica, s pomočjo katerih si iz spomina priključimo ustrezne informacije ali pa jih priključimo z uporabo zunanega vira (npr. priklic videza tjulnjeve ali nečesa, kar je zapisano v učbeniku);
4. *mehanizme izgrajevanja*: dostop do novih implikacij, dodelav, uporab ipd., omogočen z uporabo

učinkovitih izgrajevalnih mehanizmov za oblikovanje novih razlagalnih struktur (denimo, ko je Bonnie razložila primer tjulnjeve plavuti).

*Znanje, reprezentacije, mehanizme priklica in mehanizme izgrajevanja* imenujemo štiri dimenzije okvira za dostopanje. Medtem ko te dimenzije niso ravno ločene kategorije, pa jih je za doseg »izkazane razumevanja« treba obravnavati kot vidike procesiranja informacij, ki zahtevajo ločeno analizo. V preostanku tega poglavja bomo raziskali nekatere vidike vsake izmed dimenzij in na koncu povzeli njihov splošni pomen za izobraževanje.

## DIMENZIJA ZNANJA: NAD IN ONKRAJ VSEBINSKEGA ZNANJA

Dejstvo, da brez vsebinskega znanja ni razumevanja, nas ne bi smelo presenetiti. Razumevanje algebre, denimo, zahteva poznavanje osrednjih konceptov, kot so spremenljivka, enačba, rešitev in izraz. V Bonniejinem primeru zahteva razumevanje teorije naravnega izbora poznavanje treh principov Darwinove teorije: variacije, izbora in dedovanja. Vendar pa razumevanje ni odvisno izključno od teh treh osrednjih konceptov, marveč tudi od drugega podpornega znanja, ki pomaga izgraditi razlagalne strukture. Splošno vsebinsko znanje je tipični primer takšnega podpornega znanja. Ko se Bonnie na primer spopade s problemom, ki ga Cal izpostavi v zvezi s tjulnji, si ne pomaga le s principi Darwinove teorije, ampak tudi s svojim splošnim znanjem o tem, kako so videti tjulnji in zakaj bi jim bile predolge plavuti v napoto. Prav tako ustrezen je tudi sistem znanja, ki je bolj abstrakten kot neka tipična vsebina (Collins in Ferguson, 1993; Ohlsson, 1993; Perkins, 1992; Perkins in Simon, 1988). Za ponazoritev te trditve bomo uporabili znanje višjega reda – in sicer reševanje problemov in epistemološko znanje.

### Reševanje problemov

Učenci potrebujejo dostop do širokega razpona znanja za reševanje problemov, da bi lahko osmislili informacije, ki jih prejema, in jih ustrezno uporabili (glej npr. Brown, Bransford, Ferrara in Campione, 1983; Campione et al., 1991). Z reševanjem problemov na nekem področju bi se učenci morali ukvarjati pogosto in skozi daljše časovno obdobje, da bi lahko asimilirali nova dejstva in ideje. Na žalost imajo učenci pogosto omejeno znanje na tem področju, pogosto je njihovo znanje celo kontraproduktivno. Pri njih prevladuje uporaba redukcijskih strategij, denimo poskusi in napake, vztrajanje pri svojem ali pa prehitra vdaja, uganje in neutemeljena enačenja (Perkins in Simmons, 1988). Namesto da se bi s problemom aktivno ukvarjali, se pogosto zadovoljijo z ustaljenimi in stereotipnimi odgovori.

Posebej osupljiv je primer ozkega razmišljanja osnovnošolcev pri aritmetiki, ki smo ga srečali pri svojem delu (Lester, 1985). Ko jih je učitelj povabil, da naj ugotovijo,

koliko piščancev in koliko prašičev je na kmetiji, če je vsega skupaj 18 živali s skupno 52 nogami, je večina učencev rešila problem tako, da so sešeli 18 in 52. Ko jih je učitelj vprašal, zakaj so se odločili za seštevanje, so odgovorili, da zato, ker se je vprašanje glasilo »koliko vsega skupaj«, zaradi česar je pravilno uporabiti seštevanje.

Nekatere strategije reševanja problemov so specifične za disciplino, medtem ko druge prečijo več disciplin in imajo širšo uporabno vrednost ne glede na predmet. Primer zadnjih so metakognitivne strategije, s pomočjo katerih učenci nadzorujejo svoj napredek in ugotavljajo, ali je v skladu s pričakovanji (Brown, 1978). Splošne hevrstike, kot so razstavljanje problemov na obvladljive dele in iskanje alternativnih poti reševanja, lahko prav tako pomagajo uravnavati proces reševanja problema (Brown, Bransford, Ferrara in Campione, 1983; Campione et al., 1991; Polya, 1954; Scardamalia in Bereiter, 1985; Schoenfeld, 1980, 1985). Ne nazadnje tudi pozitivna prepričanja in verjetja v zvezi z reševanjem problemov spodbujajo napredek pri reševanju in preperečujejo, da bi učenec vztrajal pri svojem, čeprav se izkaže, da to ni produktivno, ali pa odnehal (Dweck in Bempechat, 1980; Dweck in Licht, 1980; Perkins, Hancock, Hobbs, Martin in Simmons, 1986; Perkins et al., 1993).

Sklenemo lahko, da nefleksibilne in omejene hevrstike reševanja problemov lahko pripeljejo do razlagalnih struktur, ki so togo omejene in relacijsko osiromašene. Ravno nasprotno pa bogato problemsko znanje učence opolnomoča, da o problemu razmišljajo in ga reflektirajo, namesto da bi uporabljali recepture ali pa ugibalne strategije. Bonnie je s svojim odgovorom na Calov izziv v zvezi s tjujnjevimi plavutmi pokazala svojo pripravljenost, da problem razreši z razmišljanjem. Idealno bi bilo, če bi vsak učenec imel širok nabor strategij in ustrezen odnos do reševanja problemov, od posvečanja splošne pozornosti in nadzorovanja svojega napredka do strateškega znanja v okviru specifičnih disciplin.

### Epistemološko znanje

Učenci potrebujejo tudi »epistemološko znanje«, da jih podpira pri izgrajevanju kohezivnih in fleksibilnih struktur. Izraz »epistemološki« uporabljamo za znanje o »pravilih igre«, za utemeljitve in razlage znotraj področij. Tako je na primer katero koli področje – biologija, matematika, fizika, literatura, zgodovina – odvisno od ene ali druge evidence za podporo trditev. Znanje o tem, kakšne vrste evidence bomo uporabili, služi kot neke vrste pes čuvaj za dojetanje vsebine, ki odvrta plitko, pasivno sprejemanje in spodbuja k reševanju problemov za revidiranje starega razumevanja in izgrajevanje novega (Collins in Ferguson, 1993).

Pojem »epistemološko znanje« na prvi pogled morda res zveni učeno in filozofsko, vendar oba, Bonnie in Cal, energično uporabita prav takšno znanje, ko razpravljata o tjujnjevih, četudi ga še nimata osmišljenega. Cal odkrije v Bonniejini razlagi o plavutih, ki rastejo iz generacije v generaciji, potencialno anomalijo v teoriji. Njegov epistemološki

pes čuvaj je na preži in ga spodbuja, naj preveri meje dane teorije. Zato izzove Bonnie s trditvijo, da plavuti ne morejo kar naprej rasti.

Bonnie prav tako izkaže, da ima epistemološki uvid v problem. Razume, da se morajo znanstvene teorije ujemati. Zaveda se, da morajo biti zakoni ali aksiomi združljivi z evidencami o tem, kar se dogaja na svetu. Čeprav se Bonnie ne domisli takoj odgovora na Calovo vprašanje, pa takoj sprevidi, da je pri teoriji naravne izbire vsekakor treba upoštevati tako očitno dejstvo. Ko skuša rešiti problem, opre svoje razmišljanje na osnove teorije in oblikuje odgovor, ki ohranja notranjo koherenco s ključnimi koncepti teorije.

Sklenemo lahko, da oblikovanje bogatih in veljavnih razlagalnih struktur ne zahteva le veliko vsebinskega znanja, ampak tudi druge vrste znanj, ki so prav tako pomembne. Za globlje razumevanje je potrebno precej razmišljanja višjega reda, pa tudi reševanje problemov in epistemološko znanje.

### DIMENZIJA REPREZENTACIJE: KOMPLEMENTARNA KONCEPTUALNA SIDRA

Čez nekaj dni Bonnie med odmorom po naključju ujame, ko skuša Cal razložiti naravni izbor Alexandru. Z zanimanjem prisluhne, da bi videla, ali je Calu zdaj stvar »jasna«.

»Veš kaj,« reče Cal, »samo zato, ker kakemu konju zrastejo močne mišice, še ne pomeni, da se bodo njegovi mladički skotili z močnimi mišicami.« Bonnie se nasmehne. »To je čisto naključje, kot pri metanju kocke. Kot ko včasih vržeš šestico, drugič pa spet ne. No, ravno tako je pri konju, včasih bodo njegovi žrebički podedovali močne mišice, drugič pa spet ne.« Bonnie se namršči. »Kaj pa je zdaj to?« se vpraša. Nato malo pomisli nazaj. »Aha, že vem,« se spomni. »Tudi jaz sem včasih mislila, da lahko preneseš pridobljene značilnosti na svoje potomce. Kako sem potem to razčistila?« »Seveda,« pomisli. »Spomnim se, kako mi je gospod Holly to razložil. Vprašala sem ga, kaj bi se zgodilo, če bi na primer veliko trenirala in postala res hitra tekačica, in ali bi lahko te gene prenesla na svoje otroke, tako da bi bili že od rojstva hitri v teku. 'Ne,' mi je odgovoril. 'To ne deluje čisto tako, Bonnie. Če bi si na primer pobarvala lase na oranžno, ali misliš, da se bi tvoji otroci rodili z oranžnimi lasmi?' Seveda sem takoj vedela, da to ni mogoče. Ampak kako pa potem deluje ta stvar? 'V redu,' je nadaljeval. 'Kaj misliš, da ker se učiš geometrijo, bodo tudi tvoji otroci že avtomatično znali geometrijo, ko se bodo rodili?« »Oh, že vem, kaj mislite,« mu je odgovorila Bonnie. »Samo zato, ker se učim geometrijo ali si pobarvam lase na oranžno ali treniram tek, to ne pomeni, da se mi spremenijo moji geni. To ne deluje tako. Svojih genov ne morem spremeniti s svojimi dejanji. Moji geni so takšni, kot so.« »Točno tako,« se je navdušeno strinjal gospod Holly. No, to



je čisto logično, si misli Bonnie. »Sploh pa mislim, da si ne bi želela otrok z oranžnimi lasmi.«

Zakaj Calu ni bilo »jasno«? Navsezadnje mu je Bonnie dala čisto dobro razlago, vključno s posebno omembo tistega, kar ga je zmedlo. Čeprav je mogoče, da je Cal marsikaj zmedlo, se moramo zavedati, da za razumevanje ni dovolj, če dobimo potrebne informacije v najožjem smislu. Posebno pozornost velja nameniti vrstam reprezentacij, ki jih je gospod Holly ponudil Bonnie in ki so v neposrednem nasprotju s tem, kar je Bonnie ponudila Calu.

Teorijo naravnega izbora je mogoče razložiti s pomočjo vrste reprezentacij, na primer z verbalnimi definicijami, z »zgodbo«, s komičnim stripom, s paradigmatskimi primeri, s primerjavo dveh kontrastnih primerov in z analogijami. Gospod Holly je Bonnie dal serijo zelo kontrastnih primerov – kar je ena vrsta reprezentacije –, s pomočjo katerih je postal konceptualni pomen zelo očiten. V nasprotju s tem pa si je Cal zapomnil Bonniejino edino analogijo o kocki, s katero je hotela poudariti naključje, pri čemer je spregledal – morda zaradi tega, ker je dobil le eno analogijo –, kdaj se kocka zakotali: ob spočetju.

Reprezentacije, ki se uspešno »usidrajo« v obstoječe razumevanje tako, da nam nekaj postane jasno, bomo poimenovali *konceptualna sidra*. Takšne reprezentacije učencu pomagajo, da izgradi razlagalne strukture, pod pogojem, da so res jasne, da si jih zapomnimo, pa tudi da se nanašajo natančno na tisto, o čemer je govor (Perkins in Unger, 1994). Joshua in Dupin (1988) sta na primer ugotovila, da je bila učencem reprezentacija o nepretrganem potovanju vlaka po tiru v veliko pomoč pri razlikovanju med »energetskim« in »materialnim« vidikom električnega toka. Podobno sta Clement (1987) in Minstrell (1982) ugotovila, da lahko z uporabo intuicije pri učencih o vzmeteh in upogljivih površinah zelo olajšamo njihovo dojetje Newtonovega tretjega zakona.

Zakaj pa je včasih dobro uporabiti več kot eno reprezentacijo, kot je to storil gospod Holly? Pogosto se zgodi, da je za izgradnjo kompleksne razlagalne strukture potrebnih več komplementarnih reprezentacij (Perkins in Unger, 1994). Tako je iz vrste primerov, ki jih je uporabil gospod Holly, od tega, da bi si pobarvala lase na oranžno, do njenega primera o treniranju teka, Bonnie dobila 1) nekaj primerov popolnoma nemogoče genetske modifikacije (oranžni lasje), povezanih z 2) drugimi primeri, ki so bili bližje naravni izvedbi (tek), za katere je bila vsaj na prvi pogled genetska modifikacija možna. Ta kombinacija je pripomogla k spoznanju, da po Darwinovi teoriji niti naravne izvedbe ne prispevajo h genetskim modifikacijam.

Obstaja precej virov v literaturi, ki kažejo na koristnost uporabe večjega števila reprezentacij. Tako sta na primer v poskusih, v katerih sta subjekte povabila, da posplošijo principe reševanja problemov, ki so bili uporabljeni v vzorčnem problemu, Gick in Holyoak (1983) ugotovila, da so bili z uporabo dveh primerov subjekti veliko bolje informirani kot z uporabo enega. Podobne so bile tudi ugotovitve

raziskav na področju poučevanja naravoslovja o koristnosti uporabe več komplementarnih reprezentacij. Okolje *Orodja za mislece*, ki sta ga oblikovala White in Horwitz (White, 1993), ponuja dve komplementarni reprezentaciji hitrosti in pospeška, ki pomagata šestošolcem pri razumevanju Newtonove mehanike. Učne priprave za toploto in temperaturo, ki jih je izdelal Wiser (Wisser, Grosslight in Unger, 1989; Wiser in Kipman, 1988), se močno naslanjajo na komplementarne modele toplote in temperature ne le na makronivoju, ampak tudi na molekularnem nivoju.

Sklenemo lahko, da nam konceptualna sidra omogočajo povezati na novo usvojeno znanje z obstoječim ali celo rekonstruirati obstoječe znanje (ponovno glej Perkins in Unger, 1994). Kot nam pokaže zgodba o Bonnie, Calu in Alexandru, pa ni dovolj, da so informacije »na voljo«; reprezentacije morajo delovati tudi kot komplementarna konceptualna sidra. Takrat, in le takrat, lahko nekaj dojamemo, svoje razumevanje poglobimo in ga obogatimo.

### DIMENZIJA PRIKLICA: IZOGIBANJE INERTNEMU ZNANJU

Čeprav znanje in reprezentacija igrata pomembno vlogo v Bonniejinih, Calovih in Alexandrovih prizadevanjih, da bi razumeli teorijo naravnega izbora, pa ne smemo spregledati še ene dimenzije kognicije: *priklica* znanja. Tako se na primer Bonnie ne bi bilo potrebno izpraševati, če Cal in Alexander prav razumeta Darwina, ko je ujela njun pogovor. Prav lahko bi razmišljala o zmenku za konec tedna ali pa o košarkarski tekmi, ki je bila na programu zvečer. Pozneje je Bonnie še kar naprej tuhtala o svojem razumevanju pridobljenih značilnosti, čeprav ji ne bi bilo treba preverjati svojega razumevanja.

Nauk je preprost: da bi delovale kot orodje razumevanja, je treba znanje in reprezentacije ponovno pridobiti iz dolgoročnega spomina, pri čemer priklic pri človeku lahko kaj »sproži« ali pa to doseže sam z »izkopavanjem« iz spomina. Pri »sprožitvi« učenca kontekst naloge preprosto spomni na ustrezne strukture znanja. V skladu s pojmom aktivacije širitve pri priklicu informacij postanejo informacijske strukture pripravljene na priklic s pomočjo povezav s sorodnimi informacijskimi strukturami (npr. Anderson, 1983). Pri priklicu z »izkopavanjem« pa učenec zavestno vlaga trud, da bi ponovno pridobil ustrezne informacije. Trud je lahko v obliki verbalnih spodbud samemu sebi (npr., da se vprašamo: »Kaj vem o naravni selekciji?«), pa vse do energičnih prizadevanj, da bi povezali na pol pozabljene informacije. Pri slednjem se aktivira širitev znanja, vendar bolj na metakognitiven način, s samospodbudami, in ne preprosto le s stikom s kontekstom naloge.

Raziskave so pokazale, da imamo ljudje velike količine »inertnega« znanja, ki je prisotno v našem spominu, vendar se niti ne »sproži« niti ga ne moremo »izkopati« z zavestnim trudom. Tako smo na primer odkrili, ko smo v Centru za izobraževalno tehnologijo preučevali večšine programiranja pri učencih, da poznajo veliko več ukazov, kot so se

tega zavedali. Pogosto si niso priklicali pravih ukazov, ko so se preizkušali v programiranju. Vendar pa, če so bili ukazi omenjeni, so jih prepoznali in jih v nadaljevanju učinkovito uporabili. Prav tako so bili v vrsti raziskav, ki jih je izvedel Bransford s sodelavci, učenci neuspešni pri priklicu informacij v kontekstu reševanja problemov, čeprav je bilo znano, da jih imajo spravljeni v spominu (Bransford, Franks, Vye in Sherwood, 1989).

Druge študije, ki jih je opravil Bransford s sodelavci, so razkrile nekatere okoliščine, ki spodbujajo »sprožitve« znanja (Brown, Bransford, Ferrara in Campione, 1983). Ko se učenci nekaj naučijo s pomočjo problemskega pouka, v katerem usvajajo znanje v procesu reševanja problemov, se nagibajo k temu, da znanje priključijo in ga uporabijo tudi pozneje v podobnem problemskem kontekstu. Predvideva se, da je to zato, ker se znanje poveže s kontekstualnimi sprožilci za njegovo uporabo; aktivacija širitve iz teh sprožilcev pripravi ciljne strukture znanja. Ravno nasprotno problemskemu učenju pa konvencionalno šolanje po navadi usmerja učence v povezovanje struktur znanja le z direktnimi vprašanji (»Kdaj je Kolumb odkril Ameriko?«), namesto v povezovanje s sprožilci, ki signalizirajo priložnosti za uporabo znanja.

V podobnem duhu so Perkins in sodelavci (Perkins, Schwartz in Simons, 1988; Schwartz, Perkins, Estey, Kruideneir in Simmons, 1989) vključili v podporna gradiva, ki so jih pripravili za lažjo usvojitev računalniškega programiranja, 1) učno strategijo, ki je bila namenjena podpori učencem za oblikovanje povezav med ukazi za programiranje in njihovo praktično uporabo, in 2) strategije programiranja, ki so učence spodbujale k izpraševanju o njihovem osnovnem znanju v zvezi z ustreznimi informacijami. Prva strategija je spodbujala k »sprožitvi«, druge pa k pridobitvi znanja z »izkopavanjem«. Čeprav vpliva omenjenih strategij ne moremo izolirati od preostalih, ki so jih učenci pridobivali v učnem procesu, je celotna intervencija precej pripomogla k boljšemu obvladovanju programiranja pri učencih.

S pomočjo konceptov »sprožitve« in »izkopavanja« je mogoče razložiti Bonniejino pozornost, ki jo je posvetila pogovoru med Calom in Alexandrom in njeno poznejše tuhtanje. Predhodni pogovor z gospodom Hollyjem jo je spodbudil k razmisleku o njenem razumevanju dedovanja in pridobljenih značilnosti, kar je bilo zanjo neke vrste problemsko učenje, ki je delovalo pri njej kot »sprožilec«. Razen tega se je Bonnie pokazala kot agresivno razmišljujoča učenka, ki zastavlja vrtajoča vprašanja sebi in drugim, da se bi dokopala do informacij. Na splošno lahko trdimo, da je zelo malo verjetno, da bi si učenci nabrali veliko inertnega znanja, če so deležni poučevanja, ki jim omogoča aktivno učenje in jih spodbuja k aktivnemu samoizpraševanju.

Naslednje, kar je povezano z dimenzijo priklica, je transfer učenja na neke bolj oddaljene kontekste (Salomon in Perkins, 1989), vloga konceptualnih modelov (Mayer, 1989), vloga mnemotehnik (Paivio, 1971) in še kaj. Na splošno lahko trdimo, da je priklic informacij veliko bolj

subtilen proces, ki je poln pasti, kot pa je to tradicionalno učenje na pamet, pri katerem je pomembno, da učenec na ukaz zdrdra informacije.

### DIMENZIJA KONSTRUIRANJA: RAZLIKA MED 'POSVETILO SE MI JE' IN MED IZGRADNJO RAZUMEVANJA Z 'MISELNO DEJAVNOSTJO'

Bonnie opazi Alexandra na hodniku dan potem, ko je bila priča njegovemu pogovoru o konjih s Calom. Cal je vse skupaj pošteno pomešal, si misli Bonnie sama pri sebi. Kaj pa Al?

»Kaj misliš o tej zadevi s konji, Darwinom in vsem tem?« vpraša kar tako brez uvoda. Al jo zbegano pogleda. »Tisto, o čemer je včeraj govoril Cal?« nadaljuje Bonnie. »Kako si ti razlagaš to s konji in kako dobijo močnejše noge?«

Al postane še bolj zbezan. »No ja ...« Potem se domisli, v čem je poanta. »No, gotovo ne tako, da trenirajo. Treninga ne moreš predati dalje. Preprosto ne deluje tako.«

»No prav, kako pa potem deluje?«

»Ja zgodi se, ko se rodiš – rodiš se z močnimi nogami.«

»Ampak ali si pomislil na to, da so žrebički čisto majčkeni,« reče Bonnie. »Vsekakor nimajo močnih nog.«

»Pa res,« reče Al in zavije z očmi. »No ja ...« skomigne z rameni. »Veš kaj, ni mi čisto jasno. S temi stvarmi je pač tako, da jih razumeš ali pa ne.«

Večina ljudi se takrat, ko bi morali osmisлити nove ideje ali pa razložiti stare na nov način, obnaša tako, kot da si pomagajo z neko implicitno teorijo učenja. Bonniejina vprašanja in Alexandrovi odgovori kažejo na to, da izhajata iz popolnoma drugačnih teorij učenja. Al misli, da človek nekaj razume tako, da »se mu posveti«. Razumevanje pride hitro, skoraj intuitivno, ali pa ga sploh ni. Za razliko od Ala Bonnie (in tudi Cal) izgrajuje razumevanje z »delovanjem«. Svoje razumevanje koncepta izpopolnjuje dalj časa, ga prenaša v prakso z novimi primeri in ves čas preverja meje.

V procesu izgrajevanja novega razumevanja je potrebna kompleksna kognitivna dejavnost, ki od človeka zahteva, da opazi podobnosti, sorazmerja in hierarhije v dejstvih iz nekega področja, ki jih nato umesti v neko strukturno celoto. Čeprav bi bila podrobna analiza v zvezi s tem zelo dobrodošla, pa lahko izluščimo pomembna spoznanja že, če soočimo pristopa *posvetilo se mi je* in izgradnjo razumevanja z *miselno dejavnostjo*.

Pristop *posvetilo se mi je* je nepogrešljiv pri izgrajevanju razumevanja v vsakdanjem življenju. Na delu je, ko se smejemo neki šali, ko se skušamo znajti v neznani kuhinji ali pa ko skušamo priti na tekoče z dogajanjem v življenju dolgo odsotnega prijatelja. S psihološkega vidika zahteva hitro zbiranje, prilagajanje in koordinacijo dejstev, razlag, scenarijev in celo ustreznih preteklih pogovorov,

ki se jih spomnimo, kar nam pomaga izgraditi razumevanje nove situacije.

Da se nam nekaj posveti, je zelo koristno, vendar pa se njegove pomanjkljivosti pokažejo, če ta pristop uporabljamo kot edino orodje pri izgrajevanju novega razumevanja. Ko se učimo neko novo temo, pogosto nimamo na voljo ustreznih kognitivnih struktur, ki bi dovoljevale hitro vtisnjenje, ki je na delu, ko se nam nekaj posveti. To je še posebej vidno v primeru Alexandra, ki sploh ni seznanjen s kompleksnimi pojmi naravnega izbora, vendar neutemeljeno pričakuje, da se mu bo posvetilo.

Razen tega pristop *posvetilo se mi je* pogosto temelji na poenostavljenih strukturah, ki zapletene stvari zreducirajo na nivo stereotipov. Ljudje, ki se zanašajo, da se jim bo posvetilo, se le redko izprašujejo o svojih predhodnih domnevah in v svoje naivno razumljene koncepte vključujejo površne nove značilnosti. Alexander bi moral biti bolj dejaven in se bi moral prebiti skozi izzive, s katerimi se sooča, namesto da čaka, da se mu bo posvetilo – da bo ali razumel ali pa ne.

Delovanje se začne, kjer se konča posvetilo se mi je. Čeprav se večinoma zavedamo, da je Darwin moral vložiti veliko dela in časa, preden je izoblikoval svojo teorijo naravnega izbora (Gruber, 1974), pa le redki od nas sprevidimo, da bi morali tudi sami vložiti čas in miselni napor, da bi izgradili podobno razlagalno strukturo, kljub temu da imamo Darwinove smernice.

S kognitivnega vidika zahteva delovanje *izčrpno procesiranje*, pri čemer reflektiranje in širitev in preverjanje idej izboljšujejo možnosti priklica in poglobljajo kognitivne strukture. Izgrajevanje razumevanja od začetka naprej predvideva kategoriziranje idej in ustvarjanje novih kategorij, ko stare ne delujejo več, sklicevanje na raznolike primere, razvozlanje zmešnjav in revidiranje neuspešnih zgodnjih prototipov, slučajnih ugibanj in zgrešenih sklepov. Pogovori med Bonnie in Calom kažejo na njuno vztrajno *delovanje* pri razreševanju nekaterih zapletenih vidikov evolucije. Bonnie celo sproža proces revidiranja pri drugih, ko priganja svoje prijatelje. Razumevanje, ki ga izgrajuje, je pri njej manj kratkotrajno, saj s pomočjo spopolnjevanja izdelava podlago in oblikuje odnosne vezi med novimi koncepti in že usvojenim znanjem.

Kaj torej lahko razberemo iz Bonniejinega, Calovega in Alexandrovega globoko ukoreninjenega odnosa do izgrajevanja razumevanja? Ključni uvid lahko pridobimo z distinkcijo, ki jo je uvedla Carol Dweck, med »učencem, ki se uči vztrajno in poglobljeno«, in »učencem, ki hoče usvojiti znanje na hitro, za dober vtis« (Dweck in Bempechat, 1980; Dweck in Licht, 1980). Dweckova je odkrila, da se nekateri učenci obnašajo, kot da je učenje dogodek, in pričakujejo, da bodo takoj zapopadli celoto – »ali ti je takoj jasno ali pa sploh ne«. Drugi učenci pa se zavedajo, kako pomembno je učenje z izgrajevanjem, in so se pripravljene prebijati korak za korakom skozi zapletene koncepte z *miselno dejavnostjo*.

Dweckova je tako odkrila, da nekateri precej inteligentni učenci spadajo med tiste, ki hočejo usvojiti znanje na

hitro, in da takšni učenci hitro vržejo puško v koruzo, če se jim nekaj takoj ne posveti. Drugi učenci, ki morda niso tako bistri, vendar so pripravljene vztrajati, pa na koncu izkazujejo napredek. V našem primeru je videti Bonnie bolj bistroumna kot Cal. Vendar bi Dweckova prištela oba, Bonnie in Cala, v skupino vztrajnih in poglobljenih učencev. Ni slabo, če je nekdo že po naravi bistroumen, vendar pa bo učenec, kot je Alexander, ki spada v skupino učencev *na hitro*, izgradil manj razumevanja in plitkejšo razumevanje ter ne bo izpolnil svojega potenciala, četudi je morda bistroumen.

## DOSTOP DO IZOBRAŽEVANJA

Nič novega ni ugotovitev, da je učenje odvisno od dostopa – do primernih pripomočkov in priložnosti, načitanih učiteljev, poučnih gradiv ipd. Brez dvoma mnoge nepriviligirane populacije učencev trpijo zaradi pomanjkanja dostopa do dobrih priložnosti za izobraževanje.

Prav tako kot fizični dostop do dobrih učiteljev, pripomočkov in priložnosti ter gradiv je za učence pomemben tudi mentalni dostop do širokega repertoarja znanja višjega reda, dostopnih reprezentacij in bogatih kontekstov, ki pri njih omogočajo aktivacijo ustreznega znanja. Prav tako kot neustrezne socialne okoliščine učencem pogosto onemogočajo fizični dostop, jim neustrezno poučevanje pogosto odreka ustrezen dostop na mentalni ravni.

### Dostop je odvisen od znanja

Izobraževanje prepogosto učencem ne omogoča dostopa do področij znanja, ki so bistvenega pomena za izgradnjo razlagalnih struktur. Medtem ko od večine učiteljev in didaktičnih gradiv učenci pridobijo zanesljivo »dejstva«, pa bi za izgradnjo razumevanja potrebovali precej več, denimo strategije reševanja problemov in epistemološke principe, s čimer tipični pouk učencev ne opremi. Tisti učenci, ki jim uspe razviti razumevanje, to dosežejo s pomočjo dodatnih dejavnosti ali tako, da »berejo med vrsticami«, kar pa večina učencev ne odkrije oziroma jim ni dostopno.

### Dostop je odvisen od reprezentacij

V načelu pomeni dober dostop več kot le dostopnost znanja. Resnična in uporabna dostopnost znanja je odvisna od kakovosti reprezentacij, ki morajo nuditi učinkovita »konceptualna sidra« in razkrivati pomembne odnosne mreže na jasn način, ki si ga učenci zapomnijo. Medtem ko nedavni izobraževalni modeli nudijo vrsto učinkovitih konceptualnih sider, pa so učbeniki, plakati, listi z vajami in podobni pripomočki, ki se uporabljajo v tipičnem razredu, preveč didaktični, da bi lahko bili dobra konceptualna sidra.

### Dostop je odvisen od priklica

Tudi če gre za pravo in dobro reprezentirano znanje, učencem ne pomaga do razumevanja, če ga ne prikličemo iz svojega spomina ali pa iz zunanjih virov takrat, ko

ga potrebujejo, da bi izgradili svoje razumevanje. Veliko bolj verjetno je, da se bo znanje, ki so ga učenci pridobili s svojo miselno dejavnostjo v procesu reševanja problemov ali pa v eksplicitni povezavi s konteksti uporabe, pozneje spet »sprožilo«, ko bodo za to primerne okoliščine, kot pa ko se učenci učijo na pamet. Še več, ustrezno znanje bodo učenci bolj verjetno priklicali, če so si ga pridobili tako, da so si aktivno prizadevali, da ga bi izgradili. Na žalost v tipičnih šolah učenci ne dobivajo spodbud za nobenega od obeh omenjenih načinov pridobivanja znanja.

### Dostop je odvisen od učinkovitih mehanizmov konstrukcije

Občasno dostop do precejšnjega obsega znanja, ki ga učencem približajo primerne reprezentacije, zadošča za razumevanje. Učencem se vsekakor pogosto posveti: relativno avtomatski mehanizmi sestavijo razlagalno strukturo, uporabljajoč vnaprej izdelane strukture. Vendar pa to, da se učencem nekaj posveti, ne zadošča, ko so soočeni z novimi in kompleksnimi konceptualnimi sistemi, kar še posebej velja za področja, na katerih že imajo kontradiktorna pojmovanja. V takšnih okoliščinah zahteva izgraditev ustrezne razlagalne strukture intenzivno samozavedajoč in dalj časa trajajoč proces miselne dejavnosti. Na žalost pa tipično šolsko okolje ne omogoča učencem in jih ne podpira, da se bi sami prebili skozi kompleksne in

zahtevne konceptualne sisteme.

Sklenemo lahko, da v tradicionalni šoli pouk začuda le redkokdaj ustvarja pogoje za »izkazovanje razumevanja«, čeprav tako rekoč vsak učitelj zagotavlja, da želi, da bi učenci razumeli. Tipična šola bi se slabo odrezala, če bi jo ocenjevali po tem, ali učenci obravnavajo celoten spekter znanja, uporabljajo bogate reprezentacije, ki zagotavljajo konceptualna sidra, pa tudi po tem, ali spodbuja miselno dejavnost in razvija pri učencih učne navade tako, da jih postavlja v situacije, ko se sami prebijajo skozi proces usvajanja zahtevnih idej. Razen omenjenih bi lahko odkrili še druge pomanjkljivosti, na primer v okviru *mehanizmov konstrukcije* pomanjkanje nadzora nad kompleksnostjo med izgrajevanjem razumevanja, ki lahko povzroči, da se ne moremo izogniti ozkemu grlu kognitivnega bremena (Case, 1985; 1992); nadalje v okviru *mehanizmov priklica* pomanjkanje poučevanja »za transfer«, zaradi česar razumevanja, ki ga učenci izgradijo v enem kontekstu, ne znajo prenesti na druge kontekste, ki se precej razlikujejo (Perkins in Solomon, 1988).

Prav zato si z okvirom za dostopanje pa tudi z ostalimi integrativnimi naporji v skupnem duhu prizadevamo urediti tisto, kar bi lahko poimenovali »pedagogike razumevanja«. Čim bolj očitno cenimo pogoje, ki podpirajo učenje z razumevanjem, tem bolj postaja pedagogika razumevanja, ki lahko nagovori večino učencev, nekaj dosegljivega.

## LITERATURA

- Anderson, J. R. 1983. *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bransford, J. D., J. J. Franks, N. J. Vye, in R.D. Sherwood. (1989). *New approaches to instruction: Because wisdom can't be told*. V: S. Vosniadou and A. Ortony (ur.), *Similarity and analogical reasoning*, str. 470–497. New York: Cambridge University Press.
- Brown, A. L. 1978. *Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition*. V: *Advances in Instructional Psychology*, R. Glaser (ur.), Letnik 1. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Brown, A. L., J. D. Bransford, R. A. Ferrara, in J. C. Campione. 1983. *Learning, remembering, and understanding*. V: *Cognitive development*. Letnik 3 of *Handbook of child psychology*. 4<sup>th</sup> ed., J. H. Flavell and E. M. Markman (ur.), str. 77–166. New York: Wiley.
- Brown, D., in J. Clement. 1987. *Misconceptions concerning Newton's law of action and reaction*. *Proceedings of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.
- Brumby, M. N. 1979. *Problems in learning the concept of natural selection*. *Journal of Biological Education* 13(2): str. 119–22.
- Brumby, M. N., 1984. *Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students*. *Science Education* 68(4): str. 493–503.
- Campione, J. C., A. L. Brown, R. A. Reeve, R. A. Ferrara, and A. S. Palincsar. 1991. *Interactive learning and individual understanding: The case of reading and mathematics*. In *Culture, schooling, and psychological development*, edited by L. T. Landsmann, str. 136–70. Norwood, NJ: Ablex.
- Case, R. 1985. *Intellectual development: Birth to adulthood*. New York: Academic Press.
- Case, R., 1992. *The mind's staircase: Exploring the conceptual underpinnings of children's thought and knowledge*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M., P. Feltovich, in R. Glaser. 1981. *Categorization and representation of physics problems by experts and novices*. *Cognitive Science* 5: str. 121–52.
- Chi, M., R. Glaser, and R. Rees. 1982. *Expertise in problem solving*. V: *Advances in psychology of human intelligence*, R. Sternberg (ur.), str. 7–75. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Clement, J., 1982. *Students' preconceptions in introductory mechanics*. *American Journal of Physics* 50, str. 66–71.
- Clement, J., 1987a. *Overcoming students' misconceptions in physics: The role of anchoring intuitions and analogical validity*. *Proceedings of the second international seminar on*



- misconceptions and educational strategies in science and mathematics 3: str. 84–97. Ithaca, NY: Cornell University.
- Clement, J., 1987b. The use of analogies and anchoring intuitions to remediate misconceptions in mechanics. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Washington, D. C., April 1987.
- Collins, A., in W. Ferguson. 1993. Epistemic forms and epistemic games. *Educational Psychologist* 28(1): str. 25–42.
- Deadman, J. A., in P. J. Kelly, 1978. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education* 12(1): str. 7–15.
- Dweck, C. S., in J. Bempechat. 1980. Children's theories of intelligence: Consequences for learning. V: *Learning and motivation in the classroom*, S. G. Paris, G. M. Olson, in H. W. Stevenson (ur.), str. 239–56. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dweck, C. S., in B. G. Licht. 1980. Learned helplessness and intellectual achievement. V: J. Garbar and M. Seligman (ur.), *Human helplessness*. New York: Academic Press.
- Gardner, H. 1991. *The unschooled mind: How children think and how school should teach*. New York: Basic Books.
- Gick, M. L., in K. J. Holyoak. 1983. Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology* 15: str. 1–38.
- Gruber, H. E. 1974. *Darwin on man: A psychological study of scientific creativity*. New York: Dutton.
- Hackling, M. W., in D. Treagust. 1984. Research data necessary for meaningful review of grade 10 high school genetics curricula. *Journal of Research in Science teaching* 21(2): str. 197–209.
- Johnsua, S., in J. J. Dupin. 1987. Taking into account student conceptions in a didactic strategy: An example in physics. *Cognition and Instruction* 4(2): str. 117–35.
- Jungworth, E. 1975. Preconceived adaptation and inverted evolution, a case of distorted concept formation in high-school biology. *The Australian Science Teachers Journal* 212: str. 95–100.
- Kurland, M. D., R. D. Pea, C. Clement, in R. Mawby. 1986. *A study of the development of programming ability and thinking skills in high school students*. New York: Bank Street College of Education, Center of Children and Technology.
- Larkin, J. H., J. McDermott, D. P. Simon, in H. A. Simon. 1980. Scientific reasoning: Garden paths and blind alleys. In *Research in science education: New questions new directions*, J. Robons (ur.). Colorado Springs, CO: Biological Science Curriculum Study.
- Lester, F. 1985. Methodological considerations in research on mathematical problem-solving instruction. V: *Teaching and Learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives*, E. A. Silver (ur.), str. 41–69. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Linn, M. C. 1985. The cognitive consequences of programming instruction in classrooms. *Educational Researcher* 14: str. 14–29.
- Matz, M. 1982. Towards a process model of high school algebra errors, in *Intelligent tutoring systems*, D. Sleeman in J. S. Brown (ur.), str. 25–50. New York: Academic Press.
- Mayer, R. E. 1989. Models for understanding. *Review of Educational Research* 59(1): str. 43–64.
- McDermott, L. C. 1984. Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today* 37: str. 24–32.
- Minstrell, J. 1982. Explaining the »at rest« condition of an object. *Physics Teacher* 20(1): str. 10–14
- Mintzes, E. 1984. Understanding and misunderstandings of biology concepts. *School Science and Mathematics* 84(7): str. 548–55.
- Ohlsson, S. (1993). Abstract schemas. *Educational Psychologist* 28(1): str. 51–66.
- Paivio, A. 1971. *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Perkins, D. N. 1992. *Smart schools: From training memories to educating minds*. New York: The Free Press.
- Perkins, D. N. 1993. Person plus: A distributed view of thinking and learning. V: *Distributed cognitions*, str. 88–110, Salomon (ur.). New York. Cambridge University press.
- Perkins, D. N., in F. Martin, F. 1986. Fragile knowledge and neglected strategies in novice programmers. V: *Empirical studies of programmers*, E. Soloway in S. Iyengar (ur.), str. 213–29. Norwood, NJ: Ablex.
- Perkins, D. N., in G. Salomon. 1988. Teaching for transfer. *Educational Leadership* 46(1): str. 22–32.
- Perkins, D. N., in R. Simmons. 1988. Patterns of misunderstanding: An integrative model of misconceptions in science, mathematics, and programming. *Review of Educational Research* 58(3): str. 303–26.
- Perkins, D. N., in C. Unger. 1994. A new look in representations for mathematics and science learning. *Instructional Science*, letnik 22, št. 1: str. 1–37.
- Perkins, D. N., E. Jay, in S. Tishman. 1993. Beyond abilities: A dispositional theory of thinking. *The Merrill-Palmer Quarterly* 39(1): str. 1–21.
- Perkins, D. N., Schwartz, S., in R. Simmons. 1988. *Instructional strategies for the problems of novice programmers. V: Teaching and learning computer programming: Multiple research perspectives*, R. Mayer (ur.), str. 153–78. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Perkins, D. N., C. Hancock, R. Hobbs, F. Martin, in R. Simmons. 1986. Conditions of learning in novice programmers. *Journal of Educational Computing Research* 2(1): str. 37–56.
- Polya, G. 1954. *Mathematics and plausible reasoning*, 2 vols. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Salomon, G., in D. N. Perkins. 1989. Rocky roads to transfer: Rethinking mechanism of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist* 24(2): str. 113–42.
- Scardamalia, M., in C. Bereiter. 1985. Fostering the development of self-regulation in children's knowledge

- processing. V: Thinking and learning skills: research and open questions, S. F. Chipman, J. W. Segal, in R. Glaser (ur.). Letnik 2, str. 563–77. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schoenfeld, A. H. 1980. Teaching problem-solving skills. *American Mathematical Monthly* 87: 794–805.
- Schoenfeld, A. H., 1985. *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic Press.
- Schwartz, S., D. N. Perkins, G. Estey, J. Krudeneir, in R. Simmons. 1989. A “metacourse” for BASIC: Assessing a new model for enhancing instruction. *Journal of Educational Computing research* 5(3): str. 263–97.
- White, B. 1983. Sources of difficulty in understanding Newtonian dynamics. *Cognitive Science* 7: str. 41–65.
- White, B., 1993. ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction* 10(81): str. 1–100.
- Wiser, M., in D. Kipman. 1988. The differentiation of heat and temperature: An evaluation of the effect of microcomputer models on students’ misconceptions. Educational Technology Center draft article, Julij 1988.
- Wiser, M., L. Grosslight, in C. M. Unger. 1989. Can conceptual computer models aid ninth graders’ differentiation of heat and temperature? Tech. report TR89–6. Cambridge, MA: Harvard Graduate School of Education, Educational technology center.

Prevod prispevka: Perkins, D. N., Crismond, D., Simmons, R., Unger, C. (1995). *Inside understanding. V: Perkins, D. N., Schwartz, J. L., Maxwell West, M., Stone Wiske, M. (ur.), Software goes to shchool: teaching for understanding with new technologies.* (str. 70–87). New York: Oxford University Press. Prevedla dr. Sonja Sentočnik.