

REDUNDACIJA KAO BITNA KARAKTERISTIKA MODELA UČENJA

Znake koje, na primer, odašilje čovek prilikom govora (glasove, pokrete itd.), drugi ih fizički prihvata, a zatim ih prerada u svojim nervnim centrima. Ako sada ovaj čovek-primalac otpočne da odašilje znake koje, sada, prima i ceni im vrednost onaj prvi koji ih je poslao, dobijamo primer sistema sa povratnim povezivanjem. Kibernetički model učenja ovde se već jasno vidi, a nazire se i čitav sistem odnosa u kome glavne uloge igraju otpremnik i prijemnik. Oni često menjaju svoje uloge, a sistem povratnog povezivanja (jedna od bitnih odlika kibernetičkog modela učenja) nije u osnovi ništa drugo nego to menjanje uloga. Kibernetički model učenja shvata taj sistem odnosa na matematički način i objašnjava ga kao kvantitativni odnos prijemnika i otpremnika, kao kvantitativni uticaj na prijemnik i otpremnik, kao rezultat procesa međusobnog komuniciranja između prijemnika i otpremnika, a osobine čitavog tog sistema treba shvatiti kao proces. Kibernetika sebi postavlja cilj da s mnogobrojnim kvantitativnim elementima toga procesa sistematski manipulira.

Kibernetički model učenja koji ćemo u narednom izlaganju razviti, pokušava da obuhvati pojmove, strukture i procese iz oblasti učenja i da ih izloži sa njihovim zakonomernostima.

Nastavni proces po mnogima svojim osobinama ima karakter emitovanja informacija (od otpremnika) i prijem tih istih informacija od prijemnika. Otpremnik može imati vrlo različite oblike: izlaganje nastavnika, prezentiranje gradiva pomoću neke mašine (film, radio, televizija, projekcioni aparat itd.). I udžbenik ovde igra ulogu otpremnika. Prijemnik je uvek učenik (student, vaspitanik, slušalac i pitomac).¹ Kao što se vidi, bar na prvi pogled, otpremnik je fiksiran i tačno određen. Za jedno vreme otpremnik može biti samo jedan, dok prijemnika koji jednovremeno primaju može biti više. Radi lakšeg ispitivanja pretpostavićemo da postoje samo jedan otpremnik i jedan prijemnik.

Otpremnik emituje informacije. Šta je cilj emisije informacija? Jedino prijem. Emisija bez prijema nema nikakve vrednosti. To je „emisija u prazno“, te je možemo shvatiti kao i da ne postoji. Čak ako prijemnik i postoji, ali nije u stanju da na zadovoljavajući način prima, otpremnik gubi svoj *raison d'être*. Otpremnik mora da vodi računa o prijemniku, emisija mora da se prilagodi mogućnostima prijema. Emisije otpremnika moraju da odgovaraju prijem-

¹ U daljem tekstu upotrebljavaćemo samo termin učenik.

niku, da budu podešene za njega. Znači, otpremnik mora da emituje na osnovu nekog plana. Ovaj plan emitovanja naziva se objektivnom šemom. Kakva treba da bude ta šema, na osnovu čega se pravi, o čemu se mora voditi računa prilikom njenog stvaranja?

U ovakvom nastavnom procesu nikada se ne sme shvatiti da je informacija sve ono što se saopštava. Ako otpremnik emituje nešto što je prijemniku poznato, nije ga informisao ni o čemu, što znači da nije dao nikakvu informaciju. Ona za prijemnik mora da bude nešto nepoznato, novo za čitav proces. Informacija ima smisla samo ako se shvati kao nepoznato, kao „neznanje” koje tek treba da se pretvori u „znanje”. Pojam informacije moramo sagledavati samo sa stanovišta prijemnika. Sa stanovišta otpremnika ona nema nikakvog smisla, jer otpremnik ne informiše sam sebe. Međutim, informacija se ne može shvatiti ni kao „totalno neznanje” jer u tom slučaju prijemnik nije u stanju da primi tu informaciju ni da je pretvori u znanje. Npr. ako se nedovoljno pripremljenom učeniku prezentira jedna ovakva informacija: „Suština teorije relativiteta sa-

držana je u obrascu $E = \frac{mv^2}{2}$ ”, prijemnik (učenik) to ne može da

primi jer nema predznanja. Otpremnik je, što se tiče učenika, u tom slučaju mogao i da samo „zuij”.

Ovde iskrsava još jedno od centralnih pitanja suštine nastavnog procesa: Na koji način se u procesu emitovanja informacijâ „neznanje pretvara u znanje”, na koji način se informacija može deponovati u prijemniku, šta učiniti da se što lakše i brže deponuje i ko to treba da učini? Čim se informacija deponuje u prijemniku (tj. čim to učenik shvati i nauči), informacija se gubi iz procesa, njena vrednost u procesu postaje nula.

Prijemnik. Iz dosadašnjeg izlaganja ispada kao da je prijemnik stožer oko koga se sve vrti. No, bila bi velika pogreška shvatiti to u apsolutnom smislu. On je zaista stožer, centralna tačka za vreme pripreme samog nastavnog procesa. Svi proračuni, svi elementi i načini organizacije u pripremnom periodu, ceo plan nastavnog procesa radi se prema njemu. Bez plana proces ne može otpočeti. Otpočinjavanje procesa je prvi „salto mortale”, ali i svaki početak je težak. Ako nije počelo dobro, ne znači da je sve propalo, ali znači da treba iznova početi. Ako se iznova ne počne, zaista je, u ogromnoj većini slučajeva, sve propalo. Proces ne može otpočeti bez pripremljene objektivne šeme otpremnika koja je sračunata na prijemnik, ali ni bez nečega na osnovu čega prijemnik može da prima. A on može da prima samo na osnovu onoga što očekuje. Neposredno pre početka prijema on počinje da stvara neku svoju individualnu šemu kao okvir koji će docnije još detaljnije popuniti podacima dobijenim od otpremnika. Bez toga okvira, koji se naziva individualnom šemom prijemnika, nema prijema. Za sam početak procesa jednako su važni i otpremnik i prijemnik. Zbog važnosti početka, zbog toga što se nikako ne može početi tek onako, „da se samo počne”, moramo se u daljem izlaganju pozabaviti šta obezbeđuje pravilan početak samog procesa. To ima veliki značaj.

U toku samog procesa centar oko koga se sve okreće nije više prijemnik nego otpremnik. Prijemnik se mora upravljati prema otpremniku, inače nema prijema ili se prekida. Dužnost otpremnika je samo da emituje informacije na osnovu već pripremljene objektivne šeme. Prijemnik mora da hvata njegovu objektivnu šemu i da je nekako uklapa u svoju subjektivnu, da stalno podešava tu svoju šemu. Objektivna šema otpremnika sada je ideal za prijemnik koji ni malo nije lako dostići. Ovde se u većini slučajeva izjednačuje subjektivna šema prijemnika sa objektivnom šemom otpremnika. Jasno je da se ovde odmah i postavlja važno pitanje: kako se izjednačuju ove dve različite šeme? Ovo pitanje u osnovi nije ništa drugo nego pitanje: kako učenik uči?

U školi je otpremnik nastavnik, a prijemnik učenik. U modernoj nastavi težište rada nastavnika je više na pripremi nastave, a manje na samom nastavnom času. Nastavni čas je relativno lakši deo posla. Čak ima i takvih časova gde nastavnika uopšte i nema, odnosno gde on nema direktnog kontakta sa učenicima. Tendencija razvoja je takva da u nastavnom procesu bude sve manji broj nastavnika za određen broj učenika.

U pogledu rada učenika situacija je sasvim obrnuta. Njegov glavni posao je na samom nastavnom času. Zastarelo je mišljenje da se na času daje samo nalog za rad, uputstvo za učenje, a da učenik treba da nauči izvan časa, u svoje „slobodno vreme“, u svom „individualnom radu“. Nastavni čas na kome učenik ne nauči veći deo predviđene nastave materije nema nikakvog logičkog opravdanja. Savremeni nastavni čas je vrlo skup i zato mora dati finalni proizvod. U suprotnom će biti apsurdan.

PROBLEM IZRADE OBJEKTIVNE ŠEME OTPREMNIKA

Rešenje ovog problema, videli smo, težišni je deo rada nastavnika i nastavnih organa. Objektivna šema nije ništa drugo nego programirana sekvenca (ako se radi o programiranoj nastavi) odnosno plan nastavnog časa (ako se radi o konvencionalnoj² nastavi). Prilikom izrade ove šeme mora se, pre svega, imati u vidu mogućnost prijemnika. On ne može primati sve što mu se emituje. U stanju je da prima samo na osnovu nečega, a tu osnovu mora imati kod sebe čim počne emisija. Prijemnik mora da ima kod sebe manje ili više detaljan okvir ili skelet koji će u toku prijema biti stalno popunjavan. Konvencionalnim jezikom to se kaže da učenik mora da ima neko predznanje, predspremu, da bi mogao pratiti nastavu. Kibernetičkim jezikom to se kaže mnogo preciznije: prijemnik prima, deponuje emitovane informacije na osnovu svoje subjektivne šeme. Dakle, objektivna šema mora voditi računa o subjektivnoj. Prilikom izrade objektivne ne sme se ni jednog momenta izgubiti

² Po mom mišljenju, veštačka je i pojmovno pogrešna podela koja govori o programiranoj i konvencionalnoj nastavi kao o dva principijelno različita vida nastave. Ova podela ima više istorijski značaj, jer je programirana nastava samo najviši stepen razvoja tzv. konvencionalne nastave koja ima sve više i elemente programirane nastave.

iz vida subjektivna. Međutim, onaj koji radi objektivnu šemu ne raspolaže subjektivnom šemom. Nosilac (i stvaralac) subjektivne šeme je prijemnik, tj. učenik. Subjektivnu šemu otpremnik mora pretpostaviti. Tu svoju pretpostavku on može proveravati i eksperimentom.

Pogledajmo sada izbliza obe šeme u njihovom međusobnom odnosu. Pre svega one nikako ne mogu biti identične, jer da jesu, prijemnik ne bi imao šta da deponuje (učenik ne bi imao šta da nauči). O nekom izjednačavanju može biti govora tek nakon završetka emisije, ali to je već kraj procesa. Objektivna šema mora biti bogatija. Tokom samog procesa prijemnik se trudi da svoju subjektivnu šemu stalno obogaćuje primajući i deponujući informacije koje mu otpremnik emituje iz svoje šeme. Cilj je da se subjektivna šema toliko obogati da bude identična sa objektivnom. Ovakav rezultat je, naravno, idealan i ređi.

Međutim, ako kažemo da subjektivna i objektivna šema nisu identične, to nikako ne znači da su lišene svakog međusobnog identiteta. Njega mora biti, inače prijemnik ne bi imao osnove, okvira, skeleta, te ne bi bio u stanju da prima emitovane informacije. Znači, objektivna šema sadrži ne samo ono što prijemnik ne zna, ono što tek treba da kao informaciju primi i deponuje, nego i ono što prijemnik zna. Sasvim je svejedno da li je sadržaj koji prijemnik zna izričito naveden u objektivnoj šemi ili tvorac šeme podrazumeva, navodeći nepoznati sadržaj, da prijemnik uz to zna to i to, da je njegovo „predznanje” u tom pogledu takvo i takvo. „Znanje” i „neznanje” prezentuju se u specifičnom spoju, „neznanje” je nadovezano na „znanje”, a prijemnik ima samo, pažljivim pogledom, da zapazi kako je „neznanje” „izraslo” iz „znanja”, kako je ono prvo logična posledica ovog poslednjeg. Čim je shvatio ovu vezu, „neznanja” više nema, ono se pretvorilo u „znanje”, informacija je već deponovana. Dakle, postojeće „znanje” vuče „neznanje”. U tome i jeste suština svakog učenja.

U dobroj objektivnoj šemi ima mnogo više elemenata koji su poznati prijemniku nego što to na prvi pogled izgleda. Ova pojava se u modernoj kibernetičkoj pedagogiji zove redundacija.³ Za našu objektivnu šemu kažemo da je redundantna. Svaka objektivna šema mora takva da bude, inače se ne može upotrebiti u nastavnom procesu. Postavlja se samo pitanje: koliko šema treba da je redundantna? Ako pođemo od elementarne konvencionalne postavke da učeniku treba što više olakšati učenje, izlazi da je šema utoliko bolja što je redundacija veća. Međutim, nema ničeg pogrešnijeg od takvog zaključka. To se može čak i na prvi pogled uočiti: ako je objektivna šema identična sa subjektivnom, ona je najredundantnija, ali tada prijemnik nema šta da prima jer već ima sve, a učenik nema šta da nauči. Postoji neka mera u pogledu stepena redundantnosti, pa sve što je ispod te mere nedovoljno je, a iznad previše. Ako je redundancija isuviše mala, prijemnik vrlo teško prima i deponuje

³ Redundacija (Redundancy) je reč uzeta iz engleskog jezika i njeno bukvalno značenje je obilje. No, prilikom izučavanja teorije redundacije ne treba ovaj pojam suviše kruto povezivati sa bukvalnim značenjem te reči.

informacije (učenik ne može „da prati” nastavu, pa postoji opasnost da „digne ruke”, da se „demoralise”, da sumnja u svoje sposobnosti). Ako je redundacija isuviše velika, prijemnik prima isuviše lako. U stvari, on je neiskorišćen, radi sa prekidima ili sa vrlo malim intenzitetom. Učeniku vrlo brzo postaje dosadno, nastava mu izgleda plitka i banalna, mnoge stvari mu izgledaju „same po sebi razumljive” i „fraziranje”, što na kraju deluje zamorno i donekle demoralise učenika, te on omrzne nastavnu materiju.

Kao i u svim delatnostima i životnim pojavama, i u redundantnosti objektivne šeme postoji mera čije narušavanje šteti kvalitetu i celishodnosti same šeme. Ova mera treba da obezbedi realan i celishodan napor prijemnika u toku prijema (učenika prilikom učenja) koji će odgovarati njegovom kapacitetu (mogućnostima učenika) a s druge strane, rezultat će biti maksimalno deponovanje informacije u određenom vremenu (da učenik za određeno vreme što više nauči). Ako prijemnik ulaže napor ispod svoga kapaciteta (ako uči sa suviše malo truda) — iz toga može proizaći samo šteta.⁴ Ako je slučaj obratan, prijemnik ne može redovno i kontinuirano da prima (učenik se previše napreže, a na kraju ne postiže rezultat srazmeran naporu). Iz ovoga redovno proizilazi demoralizacija i gubljenje vere u samog sebe, a to su pojave kojih se svaka nastava mora čuvati kao smrtno opasnosti.

Kako prilikom izrade objektivne šeme naći tu meru? Poznavanje učenika je uslov bez koga se to ne može. Istina, moderno programiranje nastave pribegava eksperimentu. Programirane sekvence prosto se isprobavaju na više učenika, pa tek kad se provere puštaju se u nastavni proces. Nije potrebno ni objašnjavati koliko je takav proces izrade objektivne šeme mučan i skup, pa čak i on, pretpostavlja izvesno poznavanje „učeničkog materijala”. Čini nam se da je ipak iskustvo stečeno u radu sa određenom kategorijom učenika najefikasnije sredstvo za obezbeđivanje mere redundantnosti prilikom izrade objektivne šeme, i to iskustvo stečeno ne samo u programiranoj nego i u konvencionalnoj nastavi. Programirana nastava, naime, ima jedan nedostatak: rušeći stare odnose nastavnika i učenika međusobno, ona fizički još više udaljava nastavnika od učenika, smanjuje broj nastavnika u odnosu na broj učenika, te nastavnik sve manje direktno opšti sa učenicima itd. U pogledu direktnog upoznavanja učenika, konvencionalna nastava, neosporno, ima svoje prednosti. I ovde se vidi ogromna prednost tzv. kombinacije programirane i konvencionalne nastave. Prilikom izrade objektivne šeme, programirana nastava profitira, koristi se prednostima konvencionalne. Po našem mišljenju, dalji razvoj će pokazati da podela na konvencionalnu i programiranu nastavu ne odgovara pravoj prirodi nastave, uopšte, a već sada vidimo da se ova dva načina međusobno dopunjuju i preciziraju.

⁴ Jedna od tih šteta je, na primer, gubljenje radnih navika, navikavanje da se prolazi olako, shvatanje učenja ne kao ulaganja izvesnog napora, nego kao nešto što je lako, iako pomalo dosadno.

STVARANJE SUBJEKTIVNE ŠEME PRIJEMNIKA I PROBLEM DEPONOVANJA INFORMACIJE

Redundantnost objektivne šeme samo je pretpostavljena, manje ili više tačno procenjena. Pa čak ako je šema i korigovana pomoću eksperimenata, njena prava mera redundantnosti je još približna (potcenjena ili precenjena) u odnosu na stvarni proces nastave. Redundaciju stvara prijemnik na osnovu svoje subjektivne šeme. Pošto je prijemnik uvek čovek (otpremnik to ne mora biti). u literaturi se dosta često susreće i termin „samoorganizujući prijemnik”. Videćemo odmah da taj termin potpuno odgovara, jer rad na „samoorganizovanju” prijemnik vrši odmah u početku (ili neposredno pred početak) i u toku čitave emisije, inače nema prijema, tj. nema nastavnog procesa. Videli smo, na osnovu subjektivne šeme, da prijemnik prima emitovane informacije, a svoju šemu formira na osnovu raspoloživog repertoara i samih informacija koje pristižu prilikom emisije. Znači, šema se formira na osnovu ova dva elementa, a nikako samo jednog od njih. Repertoar je zaliha učenikovog znanja i svaki „samoorganizujući” prijemnik, čovek, poseduje neku zalihu znanja, uključujući i dete koje polazi u prvi razred osnovne škole, pa čak i pretškolsko dete.⁵ Tzv. *tabula rasa* je apsurd. No, prijemnik se za svoju subjektivnu šemu ne može koristiti svom raspoloživom zalihom svoga znanja, nego samo onim elementima koji su pogodni za uspešan prijem. Ne može se koristiti, npr. svojim znanjem iz muzike za deponovanje informacija o konstruktivnim principima nuklearnog oružja. Od mase raspoloživog znanja on mora da odabere odgovarajuće, pogodne elemente za stvaranje svoje subjektivne šeme. Postavlja se pitanje: gde je raspoloživo vreme za ovo odabiranje? Kad otpočne emisija on mora imati bar neke elemente svoje šeme. To znači da emisija ne sme da otpočne iznenada, da je potrebna izvesna prethodna orijentacija prijemnika. U forme te orijentacije ovde se nećemo upuštati. Npr. jedan od elemenata i oblika te orijentacije jeste upoznavanje učenika sa nastavnim planom i programom. Neke škole (reč je o onima gde se obučavaju odrasli) izrađuju i posebne „informatore” za svaki predmet. Tu se učenici opširnije informišu o nastavi dotičnog predmeta, i to za čitavu školsku godinu ili za čitav period školovanja. Pa i pored svega toga, u većini slučajeva biće vrlo korisno da se i pre početka same sekvence učenici obaveste šta će raditi i šta je cilj predstojeće sekvence. Uostalom, ovo nije slučaj samo kod programirane nastave. Poznato je da i u konvencionalnoj nastavi svaki dobar nastavnik pre početka nastavnog procesa, orijentiše svoje učenike. Ovo orijentisanje često se vrši u „uvodu” na samom nastavnom času, ali je pitanje da li je baš dobro što se tako radi, bar kod odraslih učenika.

⁵ Bila bi vrlo interesantna studija raspoloživog repertoara npr. pretškolskog deteta — videti kako se formira taj repertoar, od čega zavisi njegovo formiranje, šta se može učiniti da taj repertoar bude što pravilnije formiran, kako startovati u prvom razredu osnovne škole s obzirom na različito predznanje dece itd.

Sve govori da je za uspešan tok nastavnog procesa pitanje prethodnog orijentisanja vrlo važno, mnogo važnije nego što to na prvi pogled izgleda i da je za rešavanje tog pitanja potrebno i veštine i studioznog ulaženja. Emisija otpremnika ne sme početi „s neba pa u rebra”. I u tzv. konvencionalnoj nastavi pitanje ovog orijentisanja je važno, samo je manje precizno i nije baš tako jasno obrazloženo. I ovo je jedan od momenata koji ukazuju na to da ne postoji suštinska razlika između konvencionalne i programirane nastave. I konvencionalna nastava ima i te kako elemenata programiranja. I tu se nastavni proces može do izvesne granice shvatiti kao proces koji teče komuniciranjem otpremnika sa „samoorganizujućim” prijemnikom. Sve ukazuje na to da se radi o jedinstvenoj nastavi. Konvencionalna nastava dobija mogućnost da profitira od programirane. To u isto vreme znači da je necelishodno i nemoguće apsolutizirati programiranu nastavu kao nešto sasvim novo, što treba da istisne konvencionalnu.

Nakon orijentisanja prijemnika, emisija otpremnika može da otpočne, jer su „samoorganizujućem” prijemniku dati uslovi za uspešan prijem. On se pripremao za prijem stvorivši prvu varijantu svoje individualne šeme koju će sada da popunjava, detaljiše i razvija upotrebom podataka dobijenih od otpremnika. Time počinje prijem emitovanih informacija.

Najbolje će biti ako pokušamo da proces emisije i prijema pratimo na konkretnom primeru. Daćemo, kao primer, konkretnu sekvencu, onu istu o kojoj je prijemnik već orijentisan. Tema sekvence je „Nuklearna energija i nuklearni eksplozivi”. Pojedine korake sekvence označavaćemo slovima (a, b, c, itd.).

PRIMER JEDNE SEKVENCE

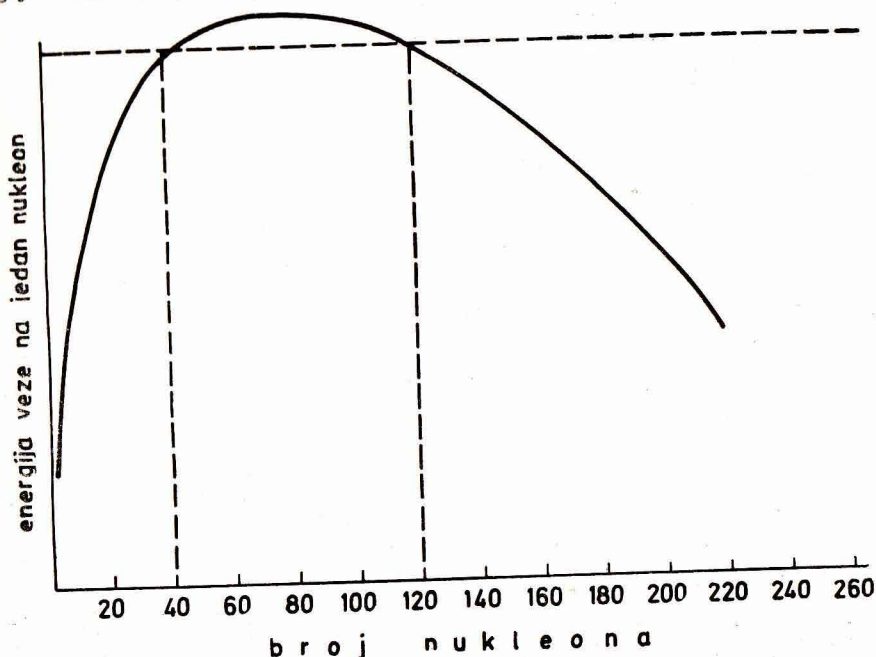
a) U atomskom jezgru, među svim nukleonima, dejstvuju sile uzajamnog privlačenja (nuklearne sile), a samo među nekim nukleonima (protonima) istovremeno dejstvuju i sile uzajamnog odbijanja.

Osobina nuklearnih sila je u tome što dejstvuju na vrlo malim odstojanjima, dok sile uzajamnog odbijanja dejstvuju i na relativno većim. Sile uzajamnog privlačenja mnogo su veće od sila uzajamnog odbijanja. Rezultat odnosa ovih sila jeste manja ili veća stabilnost jezgra atoma.

Najveću stabilnost imaju jezgra atoma onih hemijskih elemenata koji se nalaze u srednjem delu tablice Mendeljejeva. To se odnosi na jezgra koja imaju 40 do 120 nukleona. To bi se grafički moglo predstaviti na sledeći način:

b) Pod pretpostavkom cepanja (fisije) jezgra jednog od stabilnih elemenata (npr. jezgra elementa od 40 nukleona) na dva ili tri nova jezgra, dobili bismo dva ili tri elementa sa manjim brojem nukleona. Morali bismo da utrošimo ogromnu energiju za samu fisiju, a dobili bismo nova jezgra koja bi bila manje stabilna od prvobitnog.

Pošto su ova jezgra manje stabilna, sadržavala bi i manje energije. Čitava operacije značila bi samo trošenje, a nikakav dobitak



energije. Kakav bi konačni rezultat bio ako bismo na isti način cepali jezgro elementa od 120 nukleona?

1. To bi značilo dobitak energije.
2. To ne bi značilo ni gubitak energije ni značajniji dobitak.
3. To bi značilo još veći gubitak energije nego u slučaju sa elementom od 40 nukleona.

Zaokružite tačan odgovor⁶ i dajte razlog.

Razlog⁷

c) Pod pretpostavkom spajanja (fuzije) jezgra elementa od 40 nukleona i jezgra od 60 nukleona u jezgro novog elementa, morali bismo utrošiti ogromnu energiju za samu fuziju. Kakav bi bio dobitak energije?

Odgovor⁸

d) Kakav je dobitak energije pod pretpostavkom fisije jezgra elementa od 20 nukleona?

1. Više bi se utrošilo energije nego što bi se dobilo.
2. Više bi se dobilo energije nego što bi se utrošilo.
3. Dobilo bi se otprilike onoliko energije koliko bi se utrošilo.

⁶ Treba zaokružiti pod br. 2.

⁷ Od broja 120 do broja 40 krivulja je gotovo prava, dok od broja 40 pa naniže naglo pada.

⁸ Dobijena energija bila bi približno jednaka utrošenoj (vidi krivulju na dijagramu).

Zaokružite tačan odgovor!⁹

e) Kakav je dobitak energije pod pretpostavkom fuzije jezgra atoma vodonika (jedan nukleon) i atoma helijuma (četiri nukleona)?

1. Utrošak energije = dobitku energije
2. Utrošak energije $>$ dobitak energije
3. Utrošak energije $<$ dobitak energije

Zaokružite tačan odgovor!¹⁰

f) Prilikom fisije jezgra urana (235 nukleona) na dva nova elementa (sa novim manjim jezgrima), dobitak energije je veći od gubitka, jer dobijamo dva stabilnija elementa. Na osnovu krivulje ovog dijagrama (ponovo prezentirati učenicima dijagram koji im je već bio prezentiran pod a) zaokružite tačan odgovor na sledeće pitanje!¹¹

Gde je veći dobitak energije?

1. u slučaju fuzije jezgra atoma vodonika i atoma helijuma, ili
2. u slučaju fisije jezgra atoma uranijuma, odnosno plutonijuma?

Objasnite odgovor pomoću krivulje na dijagramu.

Objasnite¹²

g) Za nuklearni eksploziv može da posluži svaki element čija fisija daje više energija nego što se utroši za samu fisiju ili pak, dva ili više elementa čija fuzija daje više energije nego što se utroši za samu fuziju.

Do sada su poznati tehnički postupci uglavnom za fisije urana i plutonijuma, kao i za fuziju vodonika i helijuma. Prema tome, uran i plutonijum, vodonik i helijum su nuklearni eksplozivi. Pretpostavimo sada da je emisija sekvence otpočela, a isto tako i prijem. Emituje se početni korak sekvence, kod nas označen sa a).

Način prezentiranja (pismeno, usmeno, pomoću raznih kibernetičkih mašina ili običnih aparata) nije važan za naše razmatranje. No, da ne bismo bili suviše apstraktni, pretpostavićemo da korak a) iznese nastavnik usmeno i da na kraju prikaže, pomoću projekcionog aparata, i dijagram. Prijemnik sluša (i gleda), prima i deponuje odgovarajuće informacije. Šta sluša (odnosno gleda) i šta prima, prilično je jasno. Treba da se pozabavimo pitanjem kako deponuje, šta je konačan rezultat. Pogledajmo izbliza ovaj početni korak naše sekvence. On sadrži mnogo informacija, mnogo više nego što na prvi pogled izgleda: 1) atom, 2) jezgro atoma, 3) nukleone, 4) *nuklearne sile*, 5) proton, 6) *sile uzajamnog odbijanja protonâ*, 7) *način dejstva nuklearnih sila*, 8) *način dejstva sila uzajamnog odbijanja protona*, 9) *stabilnost jezgra atoma*, 10) *Mendeljejevu tablicu elemenata* i 11) *stabilnost jezgra atoma prema mestu u Mendeljejevoj tablici*.

Dakle, jedanaest informacija, ali pet od njih (one koje nisu podučene) mora da se sadrži i u individualnoj šemi prijemnika, inače

⁹ Treba zaokružiti odgovor pod brojem 1.

¹⁰ Treba zaokružiti odgovor pod brojem 3.

¹¹ Treba zaokružiti odgovor pod brojem 1.

¹² Krivulja na dijagramu ima veći uspon u oblasti lakih elemenata (vodonik, helijum) od pada u oblasti teških elemenata (uranijum, plutonijum).

on neće biti u stanju da deponuje ni ostale informacije. Prilikom izrade ovog dela objektivne šeme pretpostavljeno je da će „samoorganizujući” prijemnik biti u stanju da sebi pribavi individualnu šemu koja će, pored ostalog, bar u najbitnijim crtama imati uključene podatke (u vidu ranije deponovanih informacija, dakle, informacija koje to više nisu i čiji je iznos jednak nuli) pod 1, 2, 3, 5 i 10. Dakle, 11 prezentiranih informacija reducira se na šest, te ako bismo ukupnost informacija označili indeksom 100, vrednost stvarne informacije koju prijemnik ima tek da deponuje iznosi samo $54\frac{6}{11}$. Iz ovoga se vidi kako je i koliko je (više kako nego koliko)

početni korak ove naše sekvence redundantan. Vidi se i kakav značaj ima redundancija. Ona ne samo što smanjuje informaciju, olakšava deponovanje (u stvari učenje), već bez nje učenje ne bi bilo ni moguće. Nuklearne sile, stabilnost jezgra itd. ne mogu se uopšte shvatiti, ne mogu se naučiti bez pojmova kao što su atom, jezgro atoma, proton, nukleon, Mendeljejeva tablica.

Vidi se da prijemnik, na osnovu svoje subjektivne šeme, prima i deponuje informacije koje mu emituje otpremnik iz svoje objektivne šeme. Subjektivna šema se stalno popunjava i približava (prilagođava) objektivnoj šemi koja postaje sve punija. Deponovanjem informacija prijemnik stvara redundaciju objektivne šeme. Ovakav način stvaranja redundacije nazvan je „metodom akomodacije (aproksimacije).” No, stvaranje redundacije ovde je istovremeno i proces komuniciranja između otpremnika i prijemnika: što više postaje redundantna, objektivna šema se sve više gubi iz procesa. Moramo razlikovati dva momenta stvaranja redundacije. Jedan je početna redundacija koja je uslov za otpočinjanje procesa, a drugi tekuća i završna koja je cilj samog procesa u stvari iscrpljuje proces. Kako se ova druga ostvaruje, proces se sve više bliži kraju, da se najzad, sa potpunim ostvarenjem, sâm proces ugasi.

Početna redundacija je važan momenat koji se mora imati u vidu prilikom pravljenja objektivne šeme. Posledica suviše male početne redundacije biće nemogućan ili vrlo težak prijem, individualna šema prijemnika biće siromašna, te neće biti u stanju da se popunjava i obogaćuje, jer nema na šta da se „nadovezuju” novoprimitljene informacije. One tada „lebde”, samo dodiruju individualnu šemu, pa se zatim odbijaju od nje, te učenik ne razume prezentirano gradivo. Suviše velike početne redundacije daće istina, vrlo lak prijem, ali je individualna šema prijemnika isuviše bogata, te opet nije u stanju da se popunjava i obogaćuje jer nema šta da se „nadovezuje”. Informacije koje pristižu vrlo su retke i oskudne. Učeniku je u tom slučaju gradivo još i pre otpočinjanja nastavnog procesa bilo uglavnom poznato, nastavni proces je samo „gubljenje vremena”, a dosada i banalnost su njegove glavne karakteristike.

Odmah se vidi da cilj nastavnog procesa nije „što više olakšati učenje”. Termin „olakšati”, koji je vrlo uobičajen u tzv. konvencionalnoj pedagogiji, vrlo je neprecizan i često štetan. On odvrća učenika od napora. A učenje je napor, jedno od najvećih psihičkih na-

prezanja. Cilj nastavnog procesa nikako ne može biti umanjivanje napora, nego, naprotiv, da napor bude maksimalan. No, on treba da dá i odgovarajuće rezultate. Cilj nastavnog procesa je, dakle, postizanje maksimalnih rezultata uz ulaganje maksimalnog napora. Programirana nastava traži od učenika velike napore, maksimalnu aktivnost u samom nastavnom procesu, praćenu neprekidnom samokontrolom, neprekidnim korigovanjem samog sebe. A samokontrola je mnogo teža nego kotrola drugoga. No, samokontrola je i vrhunac kontrole — to je najefikasnija kontrola. Ovo je jedna od velikih prednosti programirane nastave.

Pošto i konvencionalna nastava ima, u stvari, mnogo elemenata programiranja, gornja prednost se ne bi mogla shvatiti kao isključivi atribut tzv. programirane nastave.

PROBLEMI POČETNOG STADIJUMA PROCESA KOMUNICIRANJA IZMEĐU OTPREMNIKA I PRIJEMNIKA

Prvi korak sekvence je vrlo važan. To nije samo prvi korak, tj. jedan od više koraka od kojih se sama sekvenca sastoji, nego se ovaj korak, po važnosti i funkcionalnim specifičnostima, naročito ističe u čitavom nizu koraka. Zato je pravilnije nazvati ga početnim korakom. U čemu je ta njegova važnost i funkcionalna specifičnost?

Početni korak mora da bude „prihvaćen” od individualne, subjektivne šeme prijemnika, te da na taj način otpočne sam proces. Početni korak treba da se početnim zamahom (početnim naporom učenika) potpuno uklopi u njegovu subjektivnu šemu. A to početno uklapanje ima velikih teškoća i problema. Subjektivnu šemu je napravio učenik na manje-više improvizovan, hipotetički način, na osnovu znanja kojim raspolaže i na osnovu prethodne orijentacije. Ne treba gubiti iz vida da orijentacija, ma kako bila dobra, ipak ostaje samo orijentacija. Ona je velikim delom sastavljena od „otprilike” „približno”, „uglavnom” i pitanja na koje za sada važi odgovor „videće se kasnije”. Dalje, ova šema u sadašnjem stadijumu nužno ima i suvišnih stvari, uzetih iz zaliha raspoloživog znanja, koje sada (a i kasnije) treba eliminisati. A i raspoloživo znanje još je podaleko od toga da bude efikasno iskorišćeno za subjektivnu šemu. Učenik će morati početkom procesa, a i kasnije, da uzima još elemenata iz te svoje „rezerve” i upotpunjava, u stvari, dalje izgrađuje svoju subjektivnu šemu. Sve ovo mora da radi brzo, jer vremena je veoma malo (u pitanju su sekundi, a u najpovoljnijem slučaju minuti). Toliko ga je malo da problem izgleda na prvi pogled nerešiv, a bez njegovog rešavanja proces ne može da otpočne. Kako učenik da reši ovaj problem, nerešiv, u prvom redu, zato što nema dovoljno vremena, jer je hitnost otpočinjanja procesa vrlo akutna?

Očito je da, u većini slučajeva, on ovo sam ne može da reši, bez obzira na to što, možda, raspolaže i solidnijim predznanjem. Treba mu pomoći. A pomoći mu može samo način kako je odmeren i formulisan sam početni korak u objektivnoj šemi. Ono „odmeren”

može da bude shvaćeno da početni korak treba da bude što manji u pogledu prezentiranja samog novog sadržaja, tj. informacija. Ništa nije pogrešnije od toga. Korak mora zaista biti korak, a nikako tapkanje u mestu. On ne sme biti ni „usitnjen“, jer šteti zamahu čitave sekvence. Treba da bude što krupniji. Rešenje problema je, dakle, u načinu prezentiranja informacije, u kvalitetu emisije, a ne u smanjivanju kvantiteta.

Pre svega, ovaj početni korak ne bi smeo da započne, u većini slučajeva, traženjem da učenik reši neki problem. Naprotiv, korak treba da počne izlaganjem i objašnjenjima stvari. Opet se moramo ograditi od mogućnog nesporazuma, jer izlaganje i objašnjavanje nikako ne znače i opširnost koja je vrlo opasna i može da upropasti čitav korak. Ovo izlaganje i objašnjavanje morali bi reći što više, ali što kraće, što probranije, što egzemplarnije. Poznato je šta znači ovako pun koncizan sadržaj. To je prava virtuoznost, zahteva veliku veštinu, savršeno poznavanje samog problema i — veliki trud onog koji to daje, odnosno priprema. Ali utoliko je efikasniji rezultat kod onoga koji prima. To je veliki rezultat za kratko vreme. A vidi smo da je problem vremena u početnom koraku vrlo akutan.

Međutim, nije dovoljno da početak ovog koraka bude „izlaganje i objašnjavanje“. Ovaj početni deo mora biti i dovoljno i maksimalno redundantan, ali da ne pređe u banalnost, u nešto što je ionako razumljivo. Mera redundacije ide ovde vrlo blizu opasne ivice banalnosti, a ako se, u težnji da se pobegne daleko od ove ivice, beži u suprotnu stranu, pada se u suprotnu opasnost: nerazumljivost sadržaja za prijemnik, te on ne može da prima, već se u početku demoralizuje, a početna demoralizacija je vrlo opasna. No, ova Scila i Haribda se mora preći, inače će čitava sekvenca biti defektna. Prijemnik ovde rešava važne i sudbonosne probleme. On ovde prvi put podešava i upotrebljuje svoju subjektivnu šemu tako važnim elementima koji je zapravo i čine konačno upotrebljivom tokom trajanja čitave sekvence. Da još jednom napomenemo: to radi velikim delom prijemnik, a ne samo otpremnik, tj. otpremnik ne daje uvek gotove elemente prijemniku. Mnoge elemente traži i pronalazi prijemnik, a otpremnik tada samo nagoveštava, potpomaže, podstiče, „sipa varnice“, ima samo inicirajuću ulogu. Neke elemente otpremnik daje i gotove, a prijemnik ima samo da ih uklopi u svoju subjektivnu šemu. Ti gotovi elementi ne smeju biti odranije poznati prijemniku. To su, u stvari, informacije koje se uklapanjem u subjektivnu šemu deponuju, to je već proces učenja. Dakle, početni korak se sastoji od već poznatih i samo nagoveštenih i prijemniku do sada nepoznatih elemenata koji su dati potpunije i zapravo su nosioci informacija koje deponovanjem treba uklopiti u subjektivnu šemu, tj. cilj je da se ti elementi nauče. Pogledajmo još jednom početni korak naše sekvence (označen sa a).

Nagovešteni elementi koji, u stvari, omogućuju prijemniku da prover i koriguje svoju već stvorenu subjektivnu šemu jesu:

Atomsko jezgro. Atom sa celokupnom strukturom od koje je najvažnije jezgro atoma.

Nukleoni. Jezgra atoma kao složeni sistemi.

Protoni. Samo jedna vrsta nukleona. Više vrsta čestica u sistemu kakvo je jezgro.

Navedeni, tj. samo nagovešteni elementi nalaze se u prvom pasusu početnog koraka. Pretpostavka je da su oni sastavni deo učениkovog predznanja i da ih je mogao, na osnovu prethodne orijentacije, već uzeti za svoju subjektivnu šemu. No, pitanje je da li ih je sve uzeo i napravio baš onakav sistem kao što je to izneseno. Prvi pasus ovog početnog koraka treba da prijemnik tako doradi i koriguje svoju subjektivnu šemu da približno bude kako je to već izneseno. Ovaj posao otpremnik samo podstiče, inicira, a samo oformljivanje vrši prijemnik. To je zapravo sadržaj njegovog misaonog procesa koji time otpočinje u sklopu procesa same sekvence. Napominjemo da ovaj misaoni proces teče vrlo intenzivno i u relativno vrlo kratkom vremenskom intervalu.

Međutim, prvi pasus našeg početnog koraka ne rešava samo problem upotpunjavanja, doterivanja i prvog učvršćivanja subjektivne šeme na osnovu raspoložive zalihe znanja učenika. Ovaj pasus *istovremeno* i obogaćuje subjektivnu šemu novim, do sada nepoznatim elementima. Emituje se, dakle, i informacija u pravom smislu te reči, i to u takvom obliku i takvom sklopu sa već postojećim elementima subjektivne šeme, da se ta informacija bez teškoća uklapa u postojeći sistem, zapravo izrastaju novi elementi sistema. Sistem subjektivne šeme se razvija, uvećava se po obimu, a usložava po formi kao rezultat pritanja redundantnih informacija iz otpremnika i deponovanja tih informacija, odnosno njihovog uklapanja u subjektivnu šemu. Pri tome „samoorganizujući” prijemnik daje određene napore na daljem razvoju svoje samoorganizacije, što prevedeno na obični jezik znači da učenik čini neki napor za učenje. Ti novi elementi u pasusu konkretnog koraka su:

Sile uzajamnog privlačenja (nuklearne sile) između svih nukleona i *sile uzajamnog odbijanja* samo između protona.

Ovo se sada uklapa u opisani sistem: *atomska jezgra — nukleoni-protoni.*

Prvi akt učenja već je otpočeo, a konačni cilj sekvence već se, istina delimično, ostvaruje na samom početku sekvence, čak i na samom početku početnog koraka. Otpremnik emituje „neznanje pomešano sa znanjem”, prijemnik koriguje svoju subjektivnu šemu, a istovremeno je obogaćuje novim elementima uklapajući ih u sistem poznatih elemenata. „Neznanje pomešano sa znanjem” samo je privremen i neadekvatan izraz. U stvari, „neznanje” je sraslo sa „znanjem”, ono proizilazi iz „znanja”, a potpuno adekvatan izraz je „emitovanje redundantnih informacija”. Ove informacije se zbog svoje redundantnosti mogu do izvesne, znatne i spasonosne mere sniziti, i to toliko da ih prijemnik može, uz realan napor, primiti i deponovati. I izraz „uklapanje novih elemenata” je samo privremen i dosta neadekvatan. Prijemnik, u stvari, ne vrši nikakvo mehaničko uklapanje. On te elemente razvija, uz (ovde, istina, znatan) podsticaj otpremnika, iz već postojećih elemenata svoje korigovane i doterane subjektivne šeme, te na taj način bogati, razvija svoju subjektivnu šemu ili, da upotrebimo adekvatan izraz, prima emitovane

informacije i deponuje ih, stvarajući pri tom maksimalno moguću redundanciju.

Početni korak rešava mnoge probleme od bitnog značaja za uspešan i efikasan tok čitave sekvence, kao što su:

kontrola, podešavanje, upotpunjavanje i prvo ozbiljnije uobličavanje subjektivne šeme prijemnika, pri čemu se koristi zalihom svog raspoloživog znanja;

bogaćenje subjektivne šeme, njeno razvijanje, pri čemu se koriste novi elementi koji nisu sadržani u predznanju prijemnika, tj. otpočinjanje deponovanja informacija ili drugim rečima, otpočinjanje misaonog procesa koji je, u stvari, sam proces usvajanja novih znanja, proces učenja.

Završetkom početnog koraka problem subjektivne šeme toliko je rešen da je ona već u najbitnijim crtama dobila konačan oblik koji će omogućiti da na kraju sekvence dobije i konačan sadržaj. Nedostaci subjektivne šeme već su toliko otklonjeni da više ne mogu biti ozbiljnija smetnja za dalji tok procesa unutar čitave sekvence.

Redundantnost čitave sekvence, pitanje prave mere redundantnosti, rešava se baš ovim početnim korakom. On daje zamah čitavoj sekvenci, određuje joj ritam. Ako se u ovom koraku pronađe prava mera redundancije, pitanje pronalaska te mere je zapravo rešeno kroz čitavu sekvencu: određivanje te mere u narednim koracima ne predstavlja neku naročitu teškoću.

Čitav proces komuniciranja između prijemnika i otpremnika u početnom koraku je najosetljiviji. Ovde je on najviše podložan krizama, ovde je i učeniku najteže, ovde se od njega zahteva i najveći napor. Tu se rešava i pitanje zamaha, ritma, tempa čitavog procesa. Ako ovde pođe dobro i prema zamisli razrađivača sekvence, u narednim koracima će ići sigurno i bolje, naravno pod pretpostavkom da je čitava sekvencu (ne samo prvi korak) logički i studiozno razrađena. Ali je razrada narednih koraka bez dilema, dok je ovaj početni korak, odnosno njegova razrada, puna toga.

Verujemo da će čitalac biti u stanju da bar donekle nazre tok analize narednih koraka.

Potpukovnik
Milorad SOJIC

LITERATURA:

- 1) Felix von Cube:
Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens
— Stuttgart 1965.
- 2) Gerhard Meyer:
Kybernetik und Unterrichtsprozess
— Berlin 1965.
- 3) *Nuklearno oružje* (opšti udžbenik)
Drž. sekretarijat za nar. odbranu, 1967.