

## УЛОГА ПОЈМОВА У НАСТАВИ ПРИРОДНИХ НАУКА

*Резиме.* У раду се постављају суштинска питања: која знања ученици треба да стичу и којим методама. Пошло се од когнитивистичког модела сазнавања које се односи на: (а) организовање знања из природних наука у облику генерализованих идеја или главних појмова који се могу редукovati на велики број информација и (б) начин изграђивања знања ученика у смисаоне целине као матрице међусобно повезаних појмова. Указано је на тешкоће у стварању когнитивних структура које се односе на сложене садржаје природних наука и на начине учења појмова у настави. Приказани су и резултати истраживања који показују слабу овладаност појмовима, а разлози произлазе из апстрактности самих садржаја, неповезивања садржаја унутар једне и између сродних дисциплина, као и неустављања односа међу научним појмовима у когнитивној структури ученика. Наведен је и објашњен ефикасан метод представљања појмова из природних наука на три нивоа: макро, микро и симболичком. Предложен је модел као могући начин умрежавања појмова из хемије на основношколском нивоу. Дате су практичне препоруке наставницима за процену когнитивне структуре ученика и за коришћење одговарајућих метода.

*Кључне речи:* појмови, природне науке, фундаменталне идеје, концептуални нивои, планирање наставе, когнитивне структуре.

Одавно постављена питања, а још увек неусаглашена и незаживљена решења у образовном систему тичу се проучавања: (а) знања и вештина које треба подучавати и (б) најбољих метода којима се та знања преносе и усвајају.

Карактеристично за знања из природних наука је да се, по мишљењу многих истраживача, могу представити у облику генерализованих идеја које се, потом, своде на велики број информација. На пример, разумевње односа између кретања молекула и преноса енергије омогућава објашњење физичких појава, али се та знања такође могу применити и на хемијске, као и на биолошке промене на нивоу ћелија. Стога се у литератури, која се бави проучавањем природних наука, указује на потребу идентификовања општих идеја, као и на њихово термилошко усаглашавање. Међутим, још увек не постоји усаглашеност у идентификовању главних идеја у природним наукама, али је барем постигнута сагласност око потребе за дефинисањем таквих појмова, и око важности одређивања концептуалних схема за планирање курикулума. Почећемо са терминима који су најчешће у употреби: »појам«, »појмовна схема«, »тема«, »организациона нит«, »главна генерализација«, »главни појам«, »фундаментална идеја«, »главни принцип« итд. Сви ови термини се користе синонимно, премда се већина истраживача у овој области не бави самом дефиницијом термина, већ радије даје илустрације или примере за коришћени термин, а сâм термин користи се доследно. Једну од ретких таксономија концептуалних схема урадио је Брендвејн (Brandwein, 1962), у којој је разрадио појмовне схеме за планирање курикулума за све разреде основне школе, али чини се да она није заживела.

Напори да се идентификују главни појмови довели су истраживаче само до опште сагласности да се, бар, одреде смернице за планирање курикулума. Смернице које се тичу интелектуалних продуката и процеса или методологије природних наука као основе од које треба да пође тим стручњака који ће извршити одговарајућу операционализацију. То би био референтни оквир за израду наставног курикулума. Предложено је (на Конференцији о идентификација појмова у науци, Novak, 1966), седам концептуалних схема. (1) Материја се састоји из јединица које се називају честице (атоми). Под извесним условима те честице могу да се трансформишу у енергију, и обрнуто. (2) Материја постоји у облику јединица које се могу хијерархијски класификовати у нивое. (3) Понашање материје у универзуму може се статистички описати. (4) Јединице материје су у интеракцији. (5) Основа свих интеракција су: електромагнетне, гравитационе и нуклеарне силе. Све интерактивне јединице материје теже стањима равнотеже. (6) Један од облика енергије је кретање јединица материје. (7) Материја

постоји у времену и простору и, пошто су јединице материје у сталној интеракцији, сама материја се у извесном степену мења временом.

Што се тиче процеса или методологије природних наука, главни задаци проучавања су: (1) Природне науке се заснивају на претпоставци да универзум није непроменљив и непостојан. (2) Научна знања се заснивају на посматрању узорака материје који се могу истраживати. (3) Циљ наставе је постизање систематског и свеобухватног разумевања различитих аспеката природе. (4) Наука је стално отворена за нова сазнања о универзуму. (5) Мерење је важна карактеристика науке зато што је утврђивање закона могуће путем квантитативних показатеља.

Исти аутор (Novak, 1996) тврди да је могуће постићи усаглашеност међу научницима око концептуалних схема и методологије, али остаје тежак задатак за планере курикулума да их реализују у настави. Примедба да су ове смернице од мале помоћи за планирање курикулума произлази управо из чињенице да састављачи наставних програма нису довољно обучавани да разрађују главне идеје у природним наукама. Циљ планирања је да се интегришу садржаји и хоризонтално и вертикално за сваки разред, а основно питање је интеграција око чега. Одговор је око појмова, маколико се овај термин широко и разноврсно користио (Клаусмајер) или око структура научне дисциплине (Брунер).

Тешкоће везане за садржаје природних наука

Истраживачи и практичари се слажу да су садржаји природних наука тешки за учење, пре свега због сложености ових наука, што се одражава и на наставу. Наводе се многи разлози: предмети природних наука обухватају апстрактне појмове, од којих су неки потпуно непознати ученицима, научни проблеми садрже врло велики број варијабли, термини су тешки, нарочито за почетнике, зато што речи имају различита значења у свакодневној употреби и у наукама, разлика у структури дисциплине и когнитивној структури ученика (Gabel & Bunce, 1994; Крајцик, 1991; Stavy, 1995). Сада долазимо до питања подучавања, односно наставе: како се садржаји структурирају и које методе се користе. Анализе показују да су садржаји предмета природних наука обично изложени као скуп неповезаних и апстрактних чињеница које треба запамтити. Тако изложени и подучавани не доводе до формирања система научних појмова, нити се изграђују структурне организације знања које би омогућиле њихово продубљивање и проширивање. Затим, као што је већ речено, многи појмови који се уче у природним наукама су апстрактни и једино се могу објаснити коришћењем аналогја или модела (Gabel, 1999). Размотимо, каже Гебелова, неке од почетних појмова изложених у уџбеницима и програмима за основну школу, као што су елемент и једињење, физичке и хемијске промене. Разлика између елемента и једињења обично се показује на неком једињењу или на макроскопском нивоу (оно што се може опазити) и односи се на то да се елементи не могу хемијски разложити, док једињења могу. Међутим, активност коришћена да би се направила ова разлика обично не доводи до њеног исправног разумевања. Ако се супстанце из свакодневне употребе, као што су со, вода, шећер и сумпор, загреју на пламену да би се показала разлика – најчешћи одговор ученика је »ништа се неће догодити са соли«, вода уври (ученици кажу нестаје), шећер се топи, а потом угљенише (ученици кажу изгори), а сумпор се растопи и онда гори. Разлика између елемената и једињења не може се лако направити из ове активности (у огледима) без давања објашњења молекуларних модела који представљају једињења и елементе. Слично је и код разлике између физичких и хемијских промена. Када су ученици IV, V и VI разреда (Gabel, 1999) питани да направе разлику ових промена, многи испитаници су користили појам »реверзибилност« у своме одговору. Многи су рекли да су и физичке и хемијске промене реверзибилне, а ни у једном одговору није наведено да су хемијске промене резултат формирања нових супстанци са различитим карактеристичним својствима. Овако погрешно разумевање појмова код ученика може се објаснити великим бројем појмова у програмима и уџбеницима за основну школу, а малим бројем примера из којих се могу извучити тачни закључци. Још ако ти примери показују само иреверзибилност (када се јаје скува, нема начина да се оно врати у почетно стање), а претходно знање ученика о реверзибилности физичких промена (као што је промена агрегатног стања) је ограничено, сасвим је сигурно да је једино сврсисходно објаснити разлику између хемијских и физичких промена коришћењем молекуларних модела.

Зато што су појмови из природних наука сложени и апстрактни и зато што је у овим наукама честа употреба математичких симбола, формула и једначина заговара се њихово представљање и подучавање на три нивоа: макроскопском, микроскопском и симболичком нивоу (Ben-Zvi, Eylone & Silberstein, 1988; Gabel, 1999; Johnstone, 1997). Права препрека за разумевање природних наука није, међутим, према овим ауторима, представљање појмова на ова три нивоа. Тешкоћа проистиче једино

из представљања наставног садржаја на апстрактном нивоу, симболичком. Иако није неопходно, каже Џонстон, увек повезивати ова три нивоа подучавања, наопходно је да га наставници знају и разумеју. Важно истраживачко питање, када се користи тројно представљање појмова у настави, тиче се коришћења аналогија и модела учења. Да би разумели садржаје на микоро нивоу, ученици морају да повезују посебности са моделима аналогије. Модел мора, такође, бити повезан са симболима. Нерешено питање је, међутим, узраста на којем ученици могу да разумеју молекуларне моделе, као и облик наставе који ће их осмислити. Ученици обично имају тешкоће у повезивању аналогије и модела са природним феноменима (хемијским, физичким и биолошким). Тако, на пример, у једном истраживању (према: Gabel, 1999) коришћено је воће одређене масе и запремине као аналогије за хемијске врсте које реагују у одређеним односима. Резултати су показали да многи ученици нису могли да направе аналогије између воћа и хемијских врсти, иако је проблеме требало решавати на идентичан начин.

Сада можемо да поставимо питање како су ови нивоу заступљени у нашим наставним програмима и како то функционише у настави? Узећемо за пример програм и наставу хемије за основну школу. Анализа програма показује да се у њима веома брзо прелази са једног нивоа подучавања на други, што има за последицу немогућност ученика да обједине различите нивое представљања појмова. Конкретно, започиње се појмовима »материја« и »супстанца« (као једним видом материје), наставља се описима и класификовањем својстава супстанци која се макроскопски могу опазити, затим се класификују супстанце, дефинишу се промене којима подлежу, као и закони по којима се те промене одвијају. Затим се веома брзо прелази на честичну структуру супстанци, као и на структуру самих честица, што треба да омогући обједињавање и објашњавање претходно учених појмова. Ученици, при томе, немају довољно времена да функционално савладају атомско-молекулски ниво, а веома рано се захтева и да мисле у терминима молова честица. Различити начини представљања (цртежи, схеме, модели атома и молекула), који треба да »помогну« представљању апстрактних појмова везаних за честичну структуру супстанци, усмеравају учеников ум да мисли о појединачним честицама, да би се, затим, поставио нови захтев да мисли о милионима и милионима честица, с обзиром на то да хемија није наука појединачног ентитета већ молова атома и молекула. Што се тиче симболичког нивоа, иако симболи представљају веома добар и ефикасан начин комуницирања, почетници га тешко савлађују, прво, зато што им нису блиски појмови »структура атома« и »хемијске веза«, а самим тим им нису потпуно јасне ни разлике између атома и молекула, и друго, зато што симболи и формуле имају квалитативна и квантитативна значења. Тако, на пример, симбол Fe означава и елемент гвожђе и један атом тог елемента. Хемијском формулом означава се, пак, молекул одређеног елемента преко броја истоврсних атома који чине тај молекул (на пример,  $H_2$ ), као и један молекул тог елемента. Или, други пример. Хемијском формулом означава се молекул једињења (или формулска јединка јонског једињења) приказивањем врсте и броја атома који чине молекул једињења (на пример,  $H_2O$ ), као и један молекул једињења (односно једна формулска јединка). Зато у настави треба обратити пажњу на ниво објашњавања који у ученичком уму побуђује хемијска симболика. Могућ је раскорак између когнитивне структуре ученика и речи (термина) које користи наставник, као и раскорак између когнитивне структуре и термина које користи ученик. Невођење рачуна о нивоу представљања, као и непланско померање наставника од једног до другог нивоа, доводи до фрагментарног схватања хемије или неке друге природне науке.

Општи закључак који се може извући из досадашњег излагања је: теоретичари, истраживачи и практичари слажу се око тога да су садржаји предмета природних наука тешки за учење. Наводе се многи разлози (апстрактни појмови, стехиометријска израчунавања су тешка, проблеми обично садрже велики број варијабли, термини тешки и непознати), везани за сложеност саме природе ових наука.

Ако прихватамо конструктивистички модел сазнавања, по којем се знање конструише у уму сазнаваоца тако што они (ученици) изграђују смисаона и кохерентна разумевања појава и феномена, а та разумевања или когнитивне структуре се постепено граде, термини као што су »атом« или »неутрализација« су заправо ознаке које стоје за већ изграђене когнитивне структуре ускладиштене у мозгу, које су састављене, или треба да су састављене, од међусобно повезаних појмова. Сматра се да су појмови низ претпоставки које појединац користи да би схватио значење поједине теме или области, као што је, на пример, језгро атома. Ови се појмови тада повезују са другим појмовима које ученици поседују и тако се формирају интегрисане когнитивне структуре хемијског, физичког или

биолошког знања, односно знања о природним појавама. Информације, које ученици користе да би конструисали своје појмове, потичу углавном из два извора: (а) знања из уџбеника и са часова, (б) неформално знање (претходно) из свакодневног искуства. Пошто ученици изграђују своје сопствене појмове, њихове конструкције појмова из природних наука понекад се разликују од наставникових и правих научних. У литератури се наилази на различито означавање овако конструисаних појмова: погрешни појмови, предпојмови, алтернативни појмовни оквири, дечја наука, дескриптивна наука и системи објашњавања ученика (Nakhleh, 1992). Зашто? Објашњење нам управо пружа конструктивистички модел у тумачењу разлога због којих ученици, пре свега, поседују погрешна разумевања појмова природних наука, а потом, и зашто се ти погрешни појмови тако упорно опиру деловању наставе.

Тешкоће у учењу појмова из природних наука

Почнимо са прављењем разлике између »предпојмова« и »погрешних појмова«. Предпојмови су појмови или идеје које ученик већ поседује када започиње да учи неки од предмета природних наука и директно ометају његово потоње учење. Често се дешава да су свакодневни појмови надмоћнији од научних становишта. Тако је Флешнер (Fleshner, 1971), испитујући учење појмова из физике (узраси 11 и 13 година), нашао да преднаучни појам тежине у толикој мери интерферира са дечјим учењем у школи да практично није било никаквог напретка у стицању овог научног појма. У покушају да практично реши проблем, користио је технику »противстављања«, која је изазвала доста пажње у совјетској педагогији као ваљана техника за методе које се баве проблемима формирања научних појмова. Укратко, ова техника се састоји у повезивању два становишта при чему се указује на конфликт и сличности међу њима.

Погрешни појмови су они који се разликују од уобичајено прихваћеног научног разумевања његовог термина и који доводе до погрешних одговора на питања или до неприхватљивих решења проблема из једне научне области. Једном уграђени у ученикову когнитивну структуру, ова погрешна разумевања ометају касније учење. Ученику онда остаје да повеже нове информације у когнитивној структури са већ ускладиштеним нетачним знањима. Стога се нова информација не може повезати на одговарајући начин са когнитивном структуром, што доводи до слабог или погрешног разумевања појма који се учи.

Који су најчешћи погрешни појмови које ученици поседују? На пример, знање о кретању објеката. Ученици разумеју да се објекти крећу зато што поседују извесну количину покретачке силе коју користе приликом кретања (погрешно повезивање са моделом погонске силе како ју је тумачио Аристотел). Затим, већина ученика верује да су мехурићи у кипућој води састављени од »топлоте«, »ваздуха« или »кисеоника и водоника«. Или, »када гас гори не остаје ништа«, или, »када се шећер раствори у топлој води, ништа не остаје изузев укуса«, »ексери губе масу када рђају«. Ево још једног примера. Лабораторијска вежба од које се очекује да ученици кроз своју активност разумеју појам »електролиза воде«. Задатак је да посматрају и мере добијене запремине гасова. Када се од њих тражи да представе разлагање молекула воде користећи се моделима атома и молекула, као и да напишу и среде једначину – једини тачан одговор односи се на писање формула производа електролизе. Међутим, већина ученика не уме да протумачи своје налазе, зато што не познаје однос запремине водоника и кисеоника као 2:1, јер погрешно логички закључује да молекули који имају већу масу (кисеоник) треба да заузму више простора од оних који имају мању масу (водоник). До овакве грешке у знању долази зато што Авогадова хипотеза није сама по себи очигледна. Заговорници тројног нивоа стицања појмова из природних наука (Bodner, 1986; Gabel, 1999) тврде да се погрешни појмови формирају зато што наставници траже од ученика у лабораторији да врше посматрања на макро плану, а од њих очекују да тумаче добијене налазе (или резултате) на микроплану. Конкретне препоруке за наставу, према овим ауторима, сугеришу како се ови погрешни појмови могу избећи. Наиме, наставници морају да помогну ученицима да интегришу сва три нивоа представљања материје у активностима везаним за електролизу воде. Како? Може се тражити од ученика да нацртају појединачне слике узорака водоника и кисеоника у две епрувете и да их онда пореде по запремини гаса. Затим, захтев може бити да се израчуна запремина воде која би се разложила на запремину гасова, а онда да се изврши поређење између израчунате запремине воде и разлике у запремини воде пре и после експеримента.

Друго важно питање – зашто су погрешна разумевања тако отпорна па се опиру деловању подучавања у старијим разредима? Објашњење долази опет из конструктивистичког модела

сазнавања. С обзиром на то да појединци конструишу своја знања сагласно својим искуствима, а једном конструисана таква знања, као чврсте целине, тешко се мењају, односно погрешне појмове је тешко мењати само зато што се каже да су погрешни. Из овога произлази и да се отпорност погрешних појмова може објаснити аргументом да извођење експеримента само по себи не доказује ученицима да је нека теорија погрешна или да је формирани појам погрешан. Једини начин да се то постигне јесте да се у уму детета стара (погрешна) теорија замени новом, односно да се ученици ослободе погрешних појмова тако што ће конструисати нове, који на бољи начин структуришу искуство.

Још једна препрека разумевању садржаја природних наука, коју превиђају и аутори уџбеника и наставници, тиче се коришћења непознатих садржаја. Када ученици не препознају хемијске или физичке називе које користе, не могу ни учити на макро нивоу. Низови слова који сачињавају називе непознатих хемијских или физичких садржаја представљају симболе који се не могу растумачити, што чини учење ових предмета још апстрактнијим. Ученици/деца живе у макроскопском свету материје, окружени стварима које имају масу и заузимају простор. Међутим, нажалост, они не опажају научне садржаје блиско повезане са својим окружењем, док су им термини из ових предмета ретко познати из искуства (на пример, физичка или хемијска својства супстанце). Опште је познато да су ученици много више мотивисани да уче о садржајима везаним за њихов свакодневни живот и проблеме на које наилазе у свакодневном искуству.

Што се тиче наставе, поставља се још једно важно питање: да ли структура ових дисциплина одговара конструисању садржаја у настави? У литератури се наводи да прегледи уџбеника показују разноврсност наставних структура. Уобичајено је да се почиње са теоријским појмовима о атомима и њиховим везама које се могу објаснити на микро нивоу, а потом се прелази на дескриптивна објашњења на макро нивоу. Али се одмах и постављају питања – колико је добра оваква структура (нарочито за почетнике) и колико она доприноси успешном учењу и разумевању. Неопходно је да неки од појмова буду присутни током свих курсева наставе (атом, молекул, материја, супстанца), зато што се користе у законима и једначинама. Значи, настава мора да води рачуна о континуитету разумевања појмова, о структурама сазнавања у којима је најважније да ученици разумеју везу између појма који уче и раније усвојеног како би изградили систем појмова. Међутим, почетници обично поседују врло једноставне мапе, помало лабаве, које садрже и појмове који могу бити погрешни са научног становишта. Добри зналци појединих области изградили су сложене и добро повезане мапе појмова. Када је један део те мапе »закочен«<sup>3</sup> спољашњим захтевом, стручњак ће моћи да извуче из те структуре неки од сродних појмова или информација. Почетник, с друге стране, износи у таквим ситуацијама само неповезане информације које не доприносе осмишљавању природних појава. Учење научне дисциплине састоји се од стварања испреплетаних мрежа појмова у дугорочном памћењу, које су усаглашене са прихваћеним научним мишљењем. Несумљиво да наставници морају да помогну ученицима да изграде мрежу појмова, да им помогну да мисле у терминима атома и молекула (као научници), да би им потом објаснили начине на које се супстанца понаша. То значи да се природне појаве прво проучавају на макро нивоу, а тек онда се користе појединачни примери природе супстанце (микроскопски ниво). На тај начин се постиже да се нови појмови учвршћују у већ постојеће системе појмова, а погрешни се елиминишу.

Међутим, што се тиче распоређивања садржаја – ту се тек појављује проблем. Конструктивистички модел нам објашњава зашто логички начин распореда садржаја, карактеристичан за стручњака, није увек најбољи распоред излагања за почетнике. Класично распоређивање тема у уводним предавањима предмета природних наука савршено је логично за неког ко је већ конструисао та знања. Оно се неумитно гради ка исходиштима где су ученици већ савладали знања и способности неопходне за разумевање природних реакција. Истраживања, пак, показују неуспешност у учењу код многих ученика. Зашто долази до неуспеха? Можда зато што заборављамо једно од најважнијих принципа наставе: ученици никада не знају шта ће наставници предавати кроз неколико недеља (или месеци). Њима је већ довољно тешко да запамте оно што сада уче. Конструктивисти тврде да неравнотежа игра важну улогу у учењу. Наиме, ученици морају да знају за проблем пре него што су спремни да прихвате објашњење.

Да завршимо овај део разматрања тешкоћа у учењу природних наука наглашавањем најважнијих: знања из предмета природних наука су неповезана, пре свега, зато што се у когнитивној структури ученика не успостављају односи међу научним појмовима, чему доприноси и необје-

дињавање различитих нивоа представљања тих појмова (макроскопски, микроскопски и симболички ниво).

(Не)повезаност појмова из физике и хемије у нашој основној школи

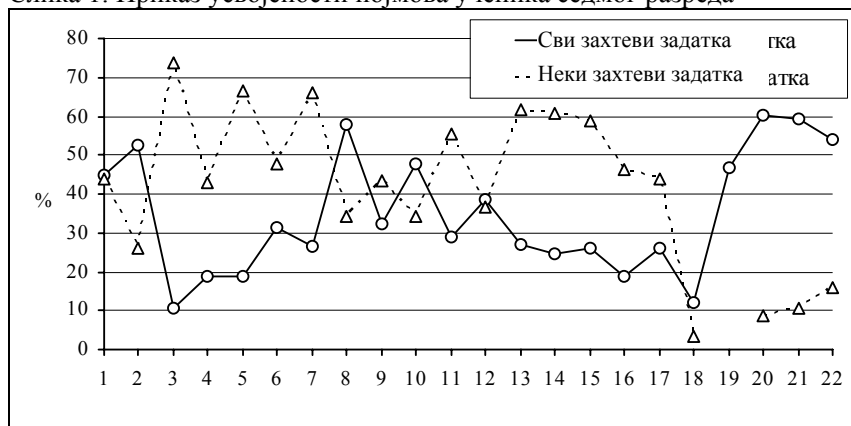
Да почнемо од тога да настава физике у нашој основној школи почиње од шестог разреда и континуирано траје до осмог. Настава хемије почиње од седмог и наставља се у осмом. Анализа програма ова два предмета показује да не постоји ни временска ни термилошка усаглашеност између ова два предмета. Додуше, један број појмова заједнички је за оба, с тим што је у сваком од њих предвиђено да се тумаче и објашњавају са становишта те научне дисциплине. Осим тога, неки појмови који се обрађују само у једном предмету неопходни су за потпуније разумевање појмова из другог. На пример, да би ученици потпуније схватили појам »хемијска веза« (хемија) морају да знају појам »сила« (из физике). Или, још један пример неповезаности знања појмова. У оквиру физике у шестом разреду уче се појмови: материја, супстанца, физичко поље, сила, структура супстанце (атом, молекули), маса, густина, притисак и температура. У седмом разреду предвиђено је у програму хемије учење структуре супстанце. Да би разумели овај садржај ученици морају да знају карактеристике појма »супстанца« (који се поново дефинише у хемији), и да су разумели однос између појма »супстанца« и појмова »атом« и »молекул« (обрађени у претходном разреду у оквиру физике). Провера знања ових појмова и односа међу њима (Шишовић и Бојовић, 2000) извршена је тако што је од ученика (VII разред=186; VIII разред=171) тражено да направе схему у којој ће представити односе између појмова материја, супстанца, физичко поље, физичко тело, атом и молекул, и да објасне везе између наведених појмова. Резултати истраживања показали су да је 21% ученика седмог разреда направило потпуно тачне схеме, а 15% ученика осмог разреда. Тачност схема оцењивана је по два критеријума: назначене везе између појмова (одређених преко садржаја и обима појмова) и на основу приказане хијерархије појмова. Погрешни одговори указали су на две ствари: прво, да велики број ученика не поседује појмовне системе, а самим тим ни когнитивне структуре, и друго, да знање о честичној структури супстанце, стечено у оквиру физике, није функционално у хемији. Разлог оваквог неуспешног учења налази се у конципирању наставног програма и у реализацији наставе. Наиме, анализа програма физике за основну школу показује да се из теме у тему смеђује макроскопски и микроскопски ниво презентовања садржаја. Осим тога, не указује се на узрочно-последичне односе између ових нивоа (на пример, каква веза постоји између силе трења чије се постојање макроскопски може уочити и међумолекулских сила), па их ни ученици не могу самостално успостављати. Повезаност знања између хемије и физике потврдила се и у испитивању ученика осмог разреда основне школе (Шишовић и Бојовић, 1997). Ученици су прво посматрали огледе, а потом решавали тест са задацима у којима се тражила примена знања из оба предмета. Тачни одговори, у којима су навођени описи промена и резултата који из њих произлазе, били су сасвим задовољавајући (у интервалу од 80% до 96%), док су одговори који су пружали потпуна објашњења, и физичка и хемијска, ових реакција били сасвим незадовољавајући (у интервалу од 7% до 42%).

Навећшемо, нешто детаљније, још једно испитивање (рађено у Институту) ученика седмог (N=199) и осмог (N=167) разреда основне школе с циљем да се утврди степен усвојености основних појмова из опште хемије. Задаци у тестовима су тако састављени да се њима испитивало знање најважнијих својстава појмова, класификовање примера појмова на основу њихових својстава и примена знања тих појмова на примерима из свакодневног живота. Неки појмови су исти за оба школска узраста, па су и задаци којима се испитивала усвојеност тих појмова били слични, с тим што су задаци за осми разред садржавали више примера. Исти појмови су: елеменат, једињење, смеша, физичке и хемијске промене супстанци и атом. Појмови из програма за осми разред су: раствор, изотопи, релативна атомска маса, релативна молекулска маса, мол, валенца, ковалентна веза (неполарна и поларна), јонска веза, оксиди (неметала и метала), киселине, базе, соли и електролитичка дисоцијација.

Резултати испитивања усвојености појмова у седмом разреду показују да је својствима основних хемијских појмова овладало више од половине испитаних ученика (распон од 10% до 58%), а радослед, од најбоље научених до најлошије, био је следећи: физичке и хемијске промене супстанци, елемент, атом, протон, електрон, неутрон, изотопи, смеше и једињење. Даља анализа показује да је својствима елемента овладало највише ученика (око 48%), у односу на овладаност својствима других врсти супстанце. Међутим, ни то знање није функционално јер је врло мали број тачних одговора на задацима који се односе на друге појмове везане за појам »елемент« (на пример, једињење је

супстанца која се састоји од два или више хемијских елемената). Око 80% није у потпуности овладао појмовима једињење и смеша и не може да раздвоји садржаје ових појмова. Из тога произлази и објашњење за мали број тачних одговора на задацима који су тражили класификовање примера једињења и смеша (резултати су приказани на слици 1).

Слика 1: Приказ усвојености појмова ученика седмог разреда



1. елемент; 2. примери елемената; 3. једињење; 4. примери једињења; 5. смеша; 6. примери смеша; 7. поступци за раздвајање састојака смеша; 8. физичке и хемијске промене; 9. примери физичких промена; 10. примери хемијских промена; 11. структура атома; 12. структура атома калијума; 13. протон; 14. неутрон; 15. електрон; 16. изотоп; 17. примери изотопа; 18. релативна атомска и молекулска маса; 19. релативна молекулска маса; 20. симболи атома елемената; 21. формуле молекула елемената; 22. формуле молекула једињења

Затим, следи податак да око 70% ученика није савладао структуру атома, као и начине представљања те структуре, што има за последицу неразумевање појма »изотоп«, као и појма »релативна атомска маса« (јер је релативна атомска маса број који показује колико је пута просечна маса атома неког елемента већа од 1/12 масе угљеникових изотопа C-12, а просечна маса представља средњу вредност маса свих изотопа који се налазе у природној изотопској смеси елемената, узимајући у обзир и њихов количински удео). Задаци у тесту чије решавање захтева разумевање садржаја појмова »релативна атомска« и »релативна молекулска маса« су најмање решавани (84% ученика није покушало да реши те задатке). Међутим, значајно већи број ученика тачно је извео сâм поступак израчунавања релативне молекулске масе задатог једињења. То указује на примену »алгоритма« добијеног на часу, али не и на овладаност појмом. Тешкоће ученика у усвајању наставног садржаја не испољавају се увек сасвим јасно, јер они науче одређену шему »корак по корак«, добијену током наставе, и чак могу да буду успешни приликом провере знања без разумевања основних хемијских појмова.

Нешто више од половине ученика зна по чему се разликују физичке од хемијских промена супстанци, односно шта се дешава са супстанцама и њиховим својствима у току ових промена. Међутим, када се наведу конкретни примери, врло мали број ученика успева да примени то знање. Преовлађује већи број тачних одговора за примере хемијских промена, него за примере физичких промена. Наведени примери везују се за свакодневно искуство, а на број тачних одговора у великој мери је утицала очигледност (на макроскопском нивоу) разлика у својствима супстанци пре и после промене (код примера хемијских промена, сагоревање угља и рђање гвожђа, ученици лако упоређују својства супстанци пре и после промене). Док, у примерима физичких промена, као што је испаравање воде и растварање шећера у води, тешко разумеју шта се догађа са својствима, јер у оба случаја »изгледа« да супстанца нестаје. Потпуно разумевање онога шта се дешава са супстанцом у току одређене промене захтева разматрање на микроскопском нивоу, што није лако за већину ученика овог узраста.

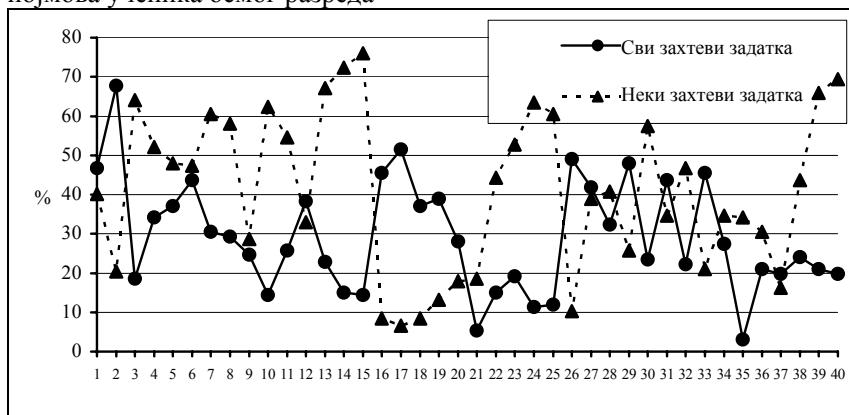
Не изненађује добијени налаз који показује успешније давање одговора на задацима који се односе на примере него на задацима који се односе на својства одговарајућих примера (60%). У питању је репродукција садржаја из уџбеника или наставникових предавања, ниво препознавања наведеног примера као примера појединог појма, али не и разумевање зашто – не дају објашњење.

Општи је закључак да је више од половине ученика седмог разреда само делимично усвојило већину појмова као и да је веома мали број њих успео да обједини три различита нивоа представљања хемијских појмова: макро, микро и симболички ниво. Однос тачних одговора на захтевима везаним за

својства појмова и захтевима везаним за примере тих појмова показује да велики број ученика није вршио избор одговарајућих примера на основу дефинишућих својстава појмова.

Како је знање ученика осмог разреда основних хемијских појмова? С обзиром на то да је испитивано њихово знање о својствима тих појмова, тачни одговори се распоређују у интервалу од 11% до 47%. Редослед појмова, формиран на основу опадајућег броја потпуно тачних одговора је следећи: елемент, оксиди неметала, смеше, оксиди метала, раствори, физичке и хемијске промене, атом, протон, неметали, метали, неполярна ковалентна веза, једињење, неутрон, електрон, јонска веза и поларна ковалентна веза (резултати су приказани на слици 2).

Слика 2: Приказ усвојености основних хемијских појмова ученика осмог разреда



1. елемент; 2. примери елемената; 3. једињење; 4. примери једињења; 5. смеша; 6. примери смеша; 7. раствор; 8. физичке и хемијске промене; 9. примери физичких промена; 10. примери хемијских промена; 11. структура атома; 12. структура атома калијума; 13. протон; 14. неутрон; 15. електрон; 16. релативна молекулска маса; 17. симболи атома елемената; 18. формуле молекула елемената; 19. формуле молекула једињења; 20. формуле јона; 21. мол; 22. валенца; 23. неполярна ковалентна веза; 24. поларна ковалентна веза; 25. јонска веза; 26. примери катјона и анјона; 27. оксиди неметала; 28. оксиди метала; 29. примери оксида; 30. киселине; 31. примери киселина; 32. базе; 33. примери база; 34. примери соли; 35. формуле соли; 36. називи соли; 37. електролитичка дисоцијација; 38. једначине ел. дисоцијације; 39. неметали; 40. метали

Највећи број ученика VIII разреда од општих својстава различитих врста супстанци зна својства елемента, док најмањи број зна својства једињења. Годину дана дуже учење хемије, током којег су продубљивани и проширивани појмови »елемент« и »једињење« (врсте елемената и њихова општа својства, као и својства појединих елемената, односно врсте једињења, њихова општа својства и својства појединих једињења), није повратно утицало на знање општих својстава различитих врста супстанци. Резултати на питања везана за различита једињења (оксиди, киселине, базе и соли) показују да велики број ученика није успоставио везе између својстава једињења која се макроскопски могу опазити, њихове грађе и симболичког представљања. Додуше, највећи број ученика препознаје врсту једињења на основу хемијске формуле, али знатно мањи број зна својства тих једињења и повезује их са грађом супстанце.

Појам »смеша« проширен је појмом »раствор«, међутим, око 70% ученика није у потпуности савладало садржај и обим новог појма. Раствори су део свакодневног ученичког искуства и, вероватно, у току обраде није обезбеђено одговарајуће »превођење« спонтаног у научни појам.

Иако је појам »хемијска промена« проширен великим бројем конкретних примера хемијских реакција, то није утицало на опште знање о хемијским променама. Мањи проценат ученика осмог разреда, у односу на седми разред, зна општа својства физичких и хемијских промена и међусобно их разликује.

Велики број ученика осмог разреда није савладао структуру атома, иако је она поново обрађивана на почетку осмог у оквиру наставе физике. То је утицало на низак проценат тачних одговора везаних за појмове јонска и ковалентна хемијска веза и валенца. Такође је утицало и на неусвојеност појма »мол« (77% ученика није дало никакав одговор), што се може објаснити тиме да управо број честица у једном молу, Авогадров број, чини да је тај појам ученицима апстрактан.

Као и ученици седмог разреда и ученици осмог много боље познају примере појмова него својства тих појмова (распон од 14% до 68%). Што се тиче хемијске симболике, иако је осмаци и дуже уче и користе, ипак су постигли далеко слабији успех од седмака на задатку којим се проверава



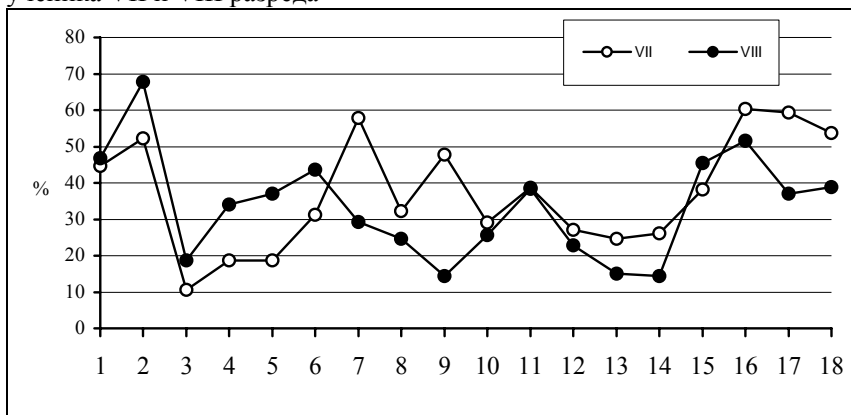
разликовање примера атома елемената, молекула елемената и молекула једињења на основу хемијских симбола и формула, што је тешко објаснити. Такође, велики број ученика није савладао писање хемијских формула, као ни давање назива једињења на основу дате формуле. И ови задаци су у групи мање решаваних задатака, односно, у зависности од захтева проценат ученика који нису дали одговоре креће се у интервалу од 41% до 64%. Ученици не знају симболе елемената, а често се труде да формуле једињења науче напамет. Неоспособљеност ученика да самостално састављају формуле једињења последица су непотпуне савладаности структуре атома различитих елемената и неуспостављања веза између структуре атома, начина њиховог међусобног повезивања и валенце елемента у једињењима.

Извршено је и поређење тачних одговора на истим задацима тестова за седми и осми разред (слика 3).

Шта показују ови упоређени резултати? Више од половине тестираних ученика оба разреда није усвојило, или је делимично усвојило, основне хемијске појмове.

Овако добијени резултати враћају нас на захтеве когнитивних теоретичара о врсти знања и вештина којима треба подучавати ученике, као и на методе наставе. Карактеристика знања, мисли се на научна знања, је да сваки решени проблем отвара пут ка решавању великог броја нових проблема, а да би се то постигло, образлаже Новак (1966), најефикасније је поћи од генерализација или појмова, који садрже велики број информација. Ако се ослонимо на Клаусмајера и његово богато искуство о развоју појмова у настави, онда ћемо прихватити таксономију појмовних нивоа (аналогно Блумовој таксономији образовних нивоа) као највећу помоћ не само планерима наставних програма већ и наставницима.

Слика 3: Процент тачних одговора на истим задацима ученика VII и VIII разреда



1. елемент; 2. примери елемената; 3. једињење; 4. примери једињења; 5. смеша; 6. примери смеша; 7. физичке и хемијске промене; 8. примери физичких промена; 9. примери хемијских промена; 10. структура атома; 11. структура атома калијума; 12. протон; 13. неутрон; 14. електрон; 15. релативна молекулска маса; 16. симболи атома елемената; 17. формуле молекула елемената; 18. формуле молекула једињења;

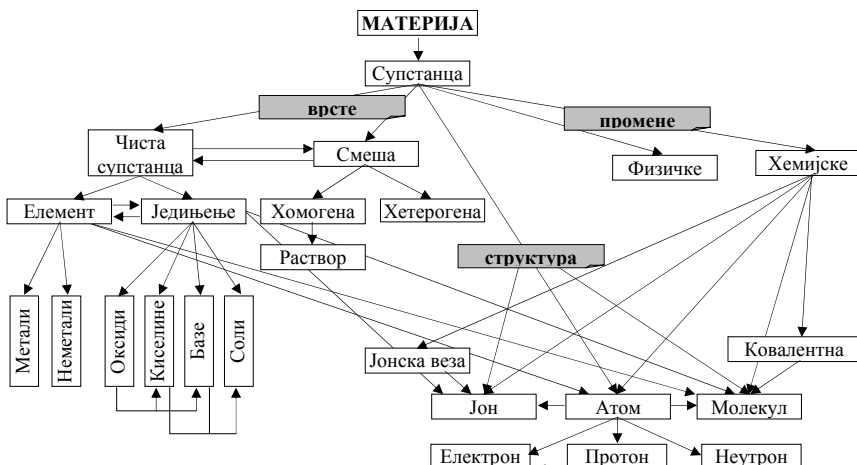
На највишем нивоу ове хијерархије био би главни појам (или конструкти, по Брунеру), или »велике идеје« (термин који се тридесетих година користио у општој педагогији за главне теме у различитим дисциплинама), као главни циљ наставног програма, а непосредни циљеви – побољшање целокупног курикулума. То, наравно, захтева такво реконструисање наставног програма у коме ће се постићи ефикасна интеракција појмова у свим областима природних и друштвених наука. Ако се сложимо са већ усаглашеним становиштем истраживача да појмовну структуру неке дисциплине треба »пренети« на когнитивну структуру ученика, онда је први корак – одредити садржаје из одређене науке који најбоље представљају главна интелектуална (сазнајна) постигнућа или појмове у тој науци. Значи, ове појмове научници знају, а на дидактичарима је да олакшају преношење тих појмова у модификовану когнитивну структуру ученика. У том случају, улога наставника се суштински мења – помера се од наставника који »подучава« на улогу наставника који олакшава учење, »преговара« са ученицима. Поставља питања типа: да ли су одговори тачни или погрешни, инсистира на томе да ученици дају објашњења за своје одговоре, води рачуна о језику којим се ученици користе и објашњењима која ученици морају да дају за коришћене речи и једначине.

Будући да се знања из природних наука (као и из свих наука) могу представити као велика матрица међусобно повезаних принципа и генерализација, неопходно је идентификовати главне појмове или идеје који би усмеравали ка појмовима нижег реда. Осим тога, треба одредити оптимални број појмова који може послужити за оно што Осибел назива »увод у предмет«. Ови појмови сада постају компаративни организатори које ученик може да користи у вишим разредима и који могу да му помогну да организује и научи важне информације. Изучавање науке на тај начин усмерава ученике да непрекидно истражују, да »уклапају« нове појмове у већ постојеће схеме и да непрекидно развијају, речено Осибеловом терминологијом, »упоришне појмове«. Важно је да се ови »упоришни појмови«, као представници научних знања, добро формирају пре завршетка основне школе. Увођење сваког новог појма у наставу мора се изводити тако што се он повезује са другим, сродним, надређеним или подређеним. Како се то реализује? Пре свега, класификовањем примера, подстицањем ученика да трагају за сличним и различитим својствима примера појмова, при чему се усмеравају на суштинска својства (а не само на опажајна), да би се развиле мисаоне операција (анализа, синтеза, генерализација) неопходне за формирање појмова. Наравно да је важан услов и обезбеђивање позитивног трансфера међу сродним предметима, важан за развијање способности ученика да разумеју и тумаче неку природну појаву са различитих становишта, као и за примену знања, нарочито на примерима из свакодневног живота. У супротном, исти појам подучаван у оквиру различитих предмета имаће за ученике раздвојена значења (на пример, атом у физици и атом у хемији), а та значења везиваће се само за теоријска знања.

Како се знања организују у наставним програмима и уџбеницима? Свака тема, а то важи и за појмове у оквиру тих тема, заправо је изолована скупина информација коју треба научити и запамтити. Онда не изненађује ни податак добијен у овом, и у другим истраживањима, да ученици не разумеју шта уче и зато уче напамет да би добили прелазну оцену. Као што би саркастично рекао Новак (1966), овакво учење има једну »педагошку предност«: индивидуализација наставе је сведена на минимум, зато што сви ученици почињу практично са истог полазишта за поједини задатак учења. Упркос томе што се брзина стицања знања и постигнућа значајно разликује међу ученицима, свака нова тема затиче све ученике на скоро истом појмовном нивоу са којим започињу нови задатак учења. И тако редом. Осим тога, у таквој настави наставник се поставља између знања (науке) и ученика, он »филтрира« информације (уз своја појмовна ограничења) и преноси их ученицима који их организују како хоће и умеју, или их уопште не организују.

Значи, појмови као најважнији чиниоци мишљења, или као основа мишљења, морају се подучавати тако да чине логичку структуру у уму ученика, да буду хијерархијски умрежени у систем појмова, што, наравно, претпоставља њихово организовање. Међутим, из приказаних резултата управо се види да ниједан од ових захтева није испоштован ни у програмима ни у настави, што је и довело до постизања лошег знања. Стога је овде дат пример како се хемијски појмови могу међусобно повезивати, односно како се могу умрежити у систем (слика 4).

Слика 4: Систем хемијских појмова на основношколском узрасту



У предложеном систему су дати сви појмови који се уче у основној школи, само хијерархијски организовани. Покушали смо да кроз овакву организацију укажемо на могући начин умрежавања

појмова у процесу наставе. Разрада овакве схеме треба даље да иде у правцу у коме ће ученици прво да проучавају њима познати свет на макро нивоу, а да потом објашњавају тај свет користећи се појединачним примерима материје. То би био начин да се нови појмови учвршћују у већ умрежене појмове у дугорочном памћењу, а истовремено би се овакавим приступом помогло елиминисање погрешно научених појмова. Или, да се послужимо Осибеловом тврдњом: »Да би смисаоно учио, појединац мора да повезује нова знања са одговарајућим појмовима и претпоставкама које већ зна. У учењу напамет нова знања се могу стицати просто вербалним меморисањем и произвољним уношењем у когнитивну структуру без интеракције са знањима која већ постоје« (Ausubel, Novak & Hanesiun, 1978). И, додаје: »Ако бих морао да редукујем психологију учења само на један принцип, рекао бих: најважнији фактор који утиче на учење је оно што ученици већ знају«.

Да закључимо. У настави предмета природних наука требало би оспособити ученике да мисле као хемичари, физичари илли биолози, или бар да разумеју овакве начине мишљења, да схвате материјални свет око себе кроз појмове атома, молекула и енергије, њихово кретање и мењање. То захтева сложен приступ формирања и развијања система појмова једне научне дисциплине и повезивање са појмовима из других научних дисциплина. Наглашавамо да је изграђивање мреже појмова у дугорочном памћењу врло значајно за разумевање структуре једне научне дисциплине. Појмови у систему омогућавају разумевање односа одређеног појма са појмовима вишег, истог и нижег нивоа општости, поређење по сличностима и разликама, овладавање научним таксономијама, разумевање принципа и закона, као и решавање проблема. Поред успостављања веза између појмова, битни су и односи између различитих нивоа представљања одређеног појма (макро, микро и симболички ниво). Није нужно да се истовремено уведе сва три начина представљања појмова, међутим, када се једном уведу, ученицима треба давати велики број прилика да их повезују, како би се формирали вишеструко везни спојеви. Има много појмова чији се примери могу посматрати на макро нивоу, али се могу објаснити само на микронивоу. На крају, практичне препоруке за наставнике.

- Ученици не опажају спонтано природне појаве као динамичке интеракције. Без разумевања кинетичког понашања честица, многи проблеми у природи неће имати за ученике појмовно значење и учиће их напамет.

- Когнитивни модел учења имплицира да се јављају погрешни одговори када се ученици у току наставе чврсто »држе« значења свакодневних термина која се разликују од научних значења.

- Погрешно разумевање основних појмова захтева помоћ наставника у смислу разјашњавања разлика између тих појмова, као и помоћ ученицима да распознају услове у којима је сваки од ових термина применљив. Ученицима треба јасно рећи да, ако не могу да објасне појам у моларним терминима, не могу га ни разумети.

- Успешна настава мора да укључи питања која откривају погрешна разумевања ученика, чиме се постижу два циља. Први, наставници могу тачније да процене постојеће когнитивне структуре ученика, и други, зависно од тих когнитивних структура могу да примене одговарајуће методе за учениково разумевање значења научних појмова.

Коришћена литература

Ausubel, D., J.D. Novak & H. Hanesiun (1978): *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Ben-Zvi, R., B. Eylone & J. Cilberstein (1988): Theories, principles and lows, *Education in Chemistry*, No. 3, 89–92.

Bodner, M.G. (1986): Constructivism: a theory of knowledge, *Journal of Chemical Education*, Vol. 63. No. 10, 385–388.

Brandwein, P.F. (1962): Elements in a strategy for teaching science in elementary school; in J.J. Schamb & P.F. Brandwein (eds.): *The teaching of science*. Cambridge: Harward University Press.

Fleshner, A.E. (1971): The mastery by children of some concepts in physics; in E. Stones (ed.): *Reading in educational psychology*. Routledge & Kegan Paul.

Gabel, D. & D.M. Bunce (1994): *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: MacMillan.

Gabel, D. (1999): Improving teaching and learning through chemistry education reasearch: a look to the future, *Journal of Chemical Education*, Vol. 76, No. 4, 548–553.

Johnston, A.H.J. (1997): Chemistry teaching science or alchemy, *Journal of Chemical Education*, No. 3, 262–268.

Krajcik, J.S. (1991): *The psychology of learning science*. New York: Lawrence Erlbaum: Hillsdale.

Nakhleh, B.M. (1992): Why some students don't learn chemistry, *Journal of Chemical Education*, Vol. 69, No. 3.

Novak, J. (1966): The role of concepts in science teaching; in H.J. Klausmeier & C.W. Harris (eds.): *Analyses of concept learning*. London: Academic Press.

Stavy, R. (1995): *Learning science in the schools: research informing practice*. New York: Lawrence Erlbaum: Hillsdale.

Šišović, D. & S. Bojović (1997): Contemporary examination of chemistry and physics knowledge by means of presentational experiments. Proceedings of Second Ioste Symposium Central and East European Countries. Lublin, Poland, 80–84.

Шишовић, Д. & С. Бојовић (1998): Праћење и процењивање процеса и резултата наставе хемије кроз различите типове тестова, *Зборник Института за педагошка истраживања*, бр. 30 (236–248). Београд: Институт за педагошка истраживања.

Šišović, D. & S. Bojović (2000): On the use of concept maps at different stages of chemistry teaching, *Cerapie-Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, Vol.1, No. 1, 135–144.