

# KNJIGA RADOVA

14-16. novembar 2012. godine

Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu  
Beograd, Srbija



Univerzitet u Beogradu



Hemijski fakultet

PRVI NAUČNI SIMPOZIJUM SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM  
**TEORIJA I PRAKSA NAUKE U DRUŠTVU:  
OD KRIZE KA DRUŠTVU ZNANJA**  
SA OBELEŽAVANJEM 40 GODINA KATEDRE ZA NASTAVU HEMIJE

**Knjiga radova |**

Prvi naučni simpozijum sa međunarodnim učešćem

**TEORIJA I PRAKSA NAUKE U DRUŠTVU:  
OD KRIZE KA DRUŠTVU ZNANJA**

**SA OBELEŽAVANJEM 40 GODINA KATEDRE ZA NASTAVU HEMIJE**

14 - 16. novembar 2012. godine, Beograd, Srbija

**Proceedings |**

The first scientific symposium with international participation

**THEORY AND PRACTICE OF SCIENCE IN SOCIETY:  
FROM CRISES TO KNOWLEDGE SOCIETY**

**WITH 40 YEARS OF THE DEPARTMENT FOR CHEMICAL EDUCATION**

14<sup>th</sup> – 16<sup>th</sup> November 2012, Belgrade, Serbia

**Izdaje | Published by**  
Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu  
Studentski trg 12-16, 11000 Beograd, Srbija  
tel. 011 / 3282-111; [www.chem.bg.ac.rs](http://www.chem.bg.ac.rs)

**Za izdavača | For Publisher**  
Branimir Jovančičević, dekan Hemijskog fakulteta

**Urednici | Editors**  
Dragica Trivić  
Dragan Bulatović  
Vojin Krsmanović

**Dizajn | Design**  
Danica Stojiljković  
Zorana Đorđević

**Tehnički urednici /Technical Editors**  
Danica Stojiljković  
Zorana Đorđević  
Bojan Tomić  
Milan Popadić

**ISBN 978-86-7220-050-8**

Prvi naučni simpozijum sa međunarodnim učešćem “Teorija i praksa nauke u društvu – od krize ka društvu znanja” organizuje se u cilju integracije savremenih znanja o teoriji i praksi nauke u društvu, kroz disciplinarnu i multidisciplinarnu pristupe u oblasti nauke. Obuhvaćen je širok spektar tema radi sveobuhvatnijeg prikaza inovativnih pristupa u razvoju teorije i prakse naučnog istraživanja i razumevanja statusa nauke u društvu u okvirima društvenih i kulturnih procesa.

Na Simpozijumu učestvuju istraživači iz oblasti prirodnih, društvenih, tehničko-tehnoloških nauka i multidisciplinarnih nauka. Namera je da se preispitaju odnosi *obrazovanje – nauka – tehnologija – ekonomija – kultura – društvo*, razmotre mogućnosti za izlazak iz raznih kriza (svetske i domaće ekonomske krize, problema tranzicije, moralne krize, ali i potcenjivanja obrazovanja, nauke i kulture u našem društvu) i pruže smernice kako dostići društvo znanja koje je sinonim za 21. vek.

Prema cilju Simpozijuma izazovi i predlozi rešenja razmatraju se u okviru pet tema:

- uloga nauke i tehnologije u društvu
- uticaj nauke i tehnologije na životnu sredinu
- obrazovanje i nauka
- kultura i nauka
- multidisciplinarnost u nauci

Prilozi na ovom Simpozijumu pružaju mogućnost da se o budućim koracima razmišlja i iz ugla dobrih rešenja iz prošlosti u oblasti obrazovanja i nauke, kao važnom resursu koji se stalno zanemaruje nametanjem ideje da sva dobra rešenja počinju od određenog sadašnjeg trenutka.

Razmatranjem odnosa *obrazovanje – nauka – tehnologija – ekonomija – kultura – društvo*, u susretu i razmeni rezultata različitih disciplina, pokrećemo dijalog koji bi trebalo da dodatnim korišćenjem postojećih resursa pruži nove matrice i osnovu za donošenje odluka u navedenim domenima, bitnim za izlazak iz krize i razvoj društva.

U okviru Simpozijuma obeležava se 40 godina rada Katedre za nastavu hemije Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. U protekle četiri decenije na Katedri su izvođena istraživanja u dva glavna pravca: istraživanje razvoja nauke i nastave hemije u Srbiji i istraživanja u oblasti savremenog obrazovanja u hemiji (nastavni programi, standardi postignuća učenika i nastavnog procesa, opremljenost škola, nastavna sredstva, udžbenici, metode nastave i učenja i praćenja i vrednovanja postignuća, obrazovanje i profesionalni razvoj nastavnika hemije). Kroz istraživanja na Katedri nastojalo se da se obezbede valjani i pouzdani podaci za donošenje odluka u vezi s aktuelnim pitanjima nastave i učenja hemije na svim nivoima.

Predsednik Naučnog odbora

Dragica Trivić

## **PREFACE**

---

The goal of the Symposium *Theory and practice of science in society: from crises to knowledge society* is to connect theory and practice of different scientific disciplines as well as the reflections regarding the development of scientific culture of research, quality of education and development of the society.

The main characteristic of Symposium is the multidisciplinary approach to the connections among education – science – technology – economy – culture – society. Anticipation of the possibilities of science and technology as well as their creative application could help us to prevail various crises (world and domestic economic crises, moral crises, problems of transition, underestimation of education, science and culture, etc.) and reach the knowledge society – the synonym for the 21<sup>st</sup> Century.

The main topics of the Symposium are:

- The role of science and technology in the society
- The influence of science and technology on environment
- Science and education
- Culture and science
- Multidisciplinary science approach

The Symposium offers historical point of view on the process of education and science development in Serbia, despite the fact that these valuable resources of data are continuously neglected.

With this Symposium we aim to start a dialogue about the relations among education – science – technology – economy – culture – society and to establish the new and more effective matrix for decision making that will lead to the development of the society.

In this year we are celebrating 40 years of the Department of Chemistry Education at the Faculty of Chemistry of the University of Belgrade. During the past four decades the research at the Department were performed in two main areas: (i) research of the development of science and chemistry education in Serbia and (ii) research in the field of modern chemistry education (curricula, standards of students' achievements and teaching/learning process, school equipment, teaching aids, textbooks, methods of teaching/learning and monitoring/evaluation of achievements, initial education and professional development of chemistry teachers). The valid and reliable data for decision-making related to actual issues from chemistry teaching/learning domain at all levels of education are provided by researches on Department.

Chairperson of the Scientific Committee

Dragica Trivić

**NAUČNI ODBOR |**  
**SCIENTIFIC COMMITTEE**

---

**Snežana Bojović**, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

**Dragan Bulatović**, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu

**Milan Ćirković**, Astronomska opservatorija u Beogradu

**Vladimir Janković**, Institut za filozofiju i društvenu teoriju u Beogradu

**Branimir Jovančičević**, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

**Vojin Krsmanović**, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

**Vigor Majić**, Istraživačka stanica Petnica, Valjevo

**Aleksandar Sedmak**, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

**Svetozar Sindelić**, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu

**Dragica Trivić**, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Predsednik Naučnog odbora

**ORGANIZACIONI ODBOR |**  
**ORGANIZING COMMITTEE**

---

Vojin Krsmanović, Predsednik Organizacionog odbora

Zorana Đorđević

Igor Matijašević

Predrag Milosavljević

Milan Popadić

Katarina Putica

Biljana Tomašević

Danica Stojiljković

Darinka Radenković

Bojan Tomić

**IZVRŠNI ODBOR**  
**EXECUTIVE COMMITTEE**

---

Zorana Đorđević

Vojin Krsmanović

Igor Matijašević

Katarina Putica

Danica Stojiljković

Bojan Tomić

## OBRAZOVNA I VASPITNA VREDNOST SADRŽAJA ISTORIJE PRIRODNIH NAUKA

Darinka M. Radenković<sup>1</sup>, Katarina B. Putica<sup>1</sup>, Dragica D. Trivić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Inovacioni centar Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Srbija

<sup>2</sup> Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija

darinka@chem.bg.ac.rs, puticakatarina@gmail.com, dtrivic@chem.bg.ac.rs

**Apstrakt:** Osamdesetih godina prošlog veka američki naučni odbor je istakao neraskidivost veze između razvoja nauke i razvoja tehnologije. S obzirom na tehnološki napredak društva u kojem živimo, učenici se u školama moraju osposobljavati za razumevanje tehnoloških inovacija i njihovog uticaja na kvalitet života, kao i za kritičko procenjivanje društvenih pitanja koja obuhvataju posledice razvoja tehnologije [1]. Da bi razumeli nauku i tehnologiju savremenog i budućeg doba, učenici treba da razumeju razvoj nauke i tehnologije u prošlosti. Na primer, kroz odgovarajuće epizode iz istorije prirodnih nauka, učenici mogu sagledati kako tehnologija traži odgovore nauke da bi se razvijala ili, kako se razvijala sposobnost čoveka da uoči problem koji je značajan za istraživanje i čije rešavanje doprinosi razvoju nauke, a samim tim i tehnologije. U ovom radu se govori o potencijalima sadržaja istorije prirodnih nauka za obrazovanje i vaspitanje učenika. Razmatra se uticaj sadržaja iz istorije prirodnih nauka na razumevanje pojmova iz savremenih prirodnih nauka, kao i uticaj na razvoj psiho-fizičkih sposobnosti i formiranje pogleda na svet kod učenika.

**Ključne reči:** istorija prirodnih nauka, vaspitanje, obrazovanje, nastava, učenik

### EDUCATIONAL VALUE OF THE HISTORY OF SCIENCE CONTENT

**Abstract:** In the eighties American Scientific Committee noted the connection between the development of science and technology. Because of the technological advancement of modern society, students in schools must be trained to understand the technological innovations and their impact on quality of life, as well as a critical evaluation of the social issues that include the effects of technology development [1]. To understand the science and technology of modern and future times, students need to understand the development of science and technology in the past. For example, through appropriate episodes from the history of science, students can see the relation between technology and science, and their influence on the ability of man to detect a problem that is significant for the study. The impact of the history of science content on student understanding of the concepts of modern science, and development of their skills and view of the world are examined in this paper.

**Keywords:** history of science, education, teaching, student

### UVOD

Nauka i tehnologija čine sastavni deo današnjeg sveta. Tehnologija, koja se razvila iz naučnih otkrića, promenila je i nastaviće da menja naše društvo. Pozitivan uticaj tehnologije se posebno uočava pri rešavanju praktičnih problemskih situacija iz svakodnevnog života.

Zbog toga učenici moraju biti pripremljeni da razumeju tehnološke inovacije, produktivnost tehnologije, uticaj tehnologije na kvalitet života [1]. Da bi razumeli savremeni svet, najpre moraju razumeti puteve kojim su prolazili naši preci.

Nauka predstavlja dostignuće ljudskog uma tokom istorije. Razumevanje razvoja istorije nauke i tehnologije pomoći će mladim ljudima da prepoznaju faktore koji utiču na inovacije i kako da deluju pri suočavanju s njima [2]. Isto tako, razumevanje istorije i tehnologije pomaže u izbegavanju zamki koje politika nameće svojim „tehnološkim utopijama - nada za bolje sutra kroz čista tehnološka rešenja“ [3].

Nastavnici društvenih nauka vide da je učenje o istoriji, prirodi nauke i tehnologiji potrebno učenicima da bi donosili odluke na ličnom i društvenom planu [4]. Današnji građani ne utiču samo na naučni razvoj već i na demokratsko političke procese i javnu politiku koja se bavi razvojem i primenom nauke i tehnologije.

Osamdesetih godina prošlog veka američko Nacionalno naučno udruženje nastavnika istaklo je važnost razumevanja pojmova nauka i tehnologija kod učenika. Ovo udruženje je navelo da svaki naučno i tehnološki pismen učenik treba da:

1. razume kako društvo utiče na nauku i tehnologiju jednako dobro kao i to kako nauka i tehnologija utiču na društvo,
2. razume da formiranje naučnih znanja zavisi od istraživačkog procesa i konceptualnih teorija,
3. prepozna poreklo nauke i razume da je naučno znanje uslovno i može se izmeniti ukoliko se za to prikupe dokazi.

Mnogi nastavnici prirodnih i društvenih nauka smatraju da tehnološki i naučno pismeni ljudi moraju razumeti sadržaje iz istorije, prirodu nauke i tehnologiju [6,7,8,9,10]. Naučno pismena osoba razume prirodu savremene nauke i naučnih objašnjenja kao i mogućnosti i ograničenja nauke. Tehnološki pismena osoba razume prirodu tehnologije i tehnoloških objašnjenja kao i mogućnosti i ograničenja tehnologije kad je u pitanju rešavanje osnovnih životnih problema. Naučno i tehnološki pismena osoba razume prirodu nauke i tehnologije kao i to da su one plod kulture u kojoj se razvijaju i da se njihovi odnosi menjaju tokom vremena. Nauka i tehnologija su produkt ljudskih kreativnih, afektivnih i etičkih aktivnosti. S obzirom na kulture u kojima se razvijaju, razlikuju se uloge i efekti nauke i tehnologije na društvo [11].

Fraza „priroda nauke“ odnosi se na to šta je nauka, kako ona funkcioniše, na kojim se epistemološkim i ontološkim osnovama nauka zasniva, odnosi se na kulturu nauke i na to kakvi su uticaji i reakcije društva na naučne aktivnosti [12]. Precizno razumevanje prirode nauke je od presudnog značaja za postizanje naučne pismenosti [13,14,15,16]. Znanje koje učenici imaju o naučnicima i o tome kako nauka funkcioniše, unapređuje njihovo razumevanje nauke kao proizvoda ljudskog delovanja, povećava interesovanje učenika za nauku i časove u školi, poboljšava učenje naučnih sadržaja i promovise donošenje boljih društvenih odluka [17,18].

Shvatanje prirode nauke se smatra najvažnijom komponentom naučne pismenosti, jer to znanje, bilo tačno ili ne, čovek uzima u obzir pri proceni javnih pitanja vezanih za nauku i tehnologiju [19]. Mnogi uspešni srednjoškolci su odustali od bavljenja naukom jer nisu razumevali prirodu nauke [20].

Još šezdesetih godina prošlog veka, naučnici Rasel i Snou (B. Russell; C. P. Snow) su uvidali značaj razumevanja povezanosti nauke i društva. Rezultati istraživanja izvedenih osamdesetih godina prošlog veka ukazuju na neuspeh učenika u opštem obrazovanju, u matematici i nauci. Tada je došlo do mnogobrojnih reformi u obrazovanju, na polju prirodnih i društvenih nauka. Ciljevi ovih reformi su bili da se poveća opšta naučna pismenost, da se



učenici zainteresuju za istorijske sadržaje i da se nauka, tehnologija i društvo objedine u savremeni školski program. Zagovornici ovih reformi su smatrali da učenici ne razumeju veze između nauke i društva, a da je razlog nerazumevanja nedovoljna zastupljenost ovih tema u školskoj nastavi. Zbog toga je važno da se učenicima predstavi uticaj nauke na društvo kao i uticaj društva na nauku [11]. Mnogi naučnici smatraju da se uključivanjem istorije nauke u nastavu promoviše pozitivan stav prema nauci kao i to da na taj način učenici mogu razumeti samu prirodu nauke. Primeri iz istorije nauke omogućavaju učenicima da razumeju kontekst u kome su nastajale ideje, u kome su odbijane ili prihvatane od tadašnjeg naučnog društva, kao i to da se do nekih zaključaka dolazilo slučajno, iznenada, a da su neke ideje rasle sporo.

Zastupljenost epizoda iz istorije nauke u udžbenicima je mala, dok se na časovima malo vremena izdvaja za diskusiju o istoriji nauke. U analizi 14 srednjoškolskih udžbenika hemije, otkriveno je da je samo 6,3% vežbi iz udžbenika kvalitativne prirode [21]. Algoritamski zadaci preovlađuju, ne samo u udžbenicima srednjih škola, već i u testovima i standardizovanim ispitima. Ovo nije iznenađujuće, s obzirom da nastavnici hemije pretpostavljaju da uspeh u rešavanju matematičkih problema govori o uspešnosti u razumevanju naučnih koncepata [22]. Stoga su u testove u velikoj meri uključeni algoritamski problemski zadaci, a u manjoj meri konceptualni problemski zadaci. Ovakvi testovi podržavaju fragmentaciju znanja i ne obezbeđuju pouzdanu procenu učenikovih veština u kritičkom razmišljanju i konceptualnom znanju. Pitanja koja zahtevaju od učenika da sakupi informacije i primeni ih u opisivanju, predviđanju i planiranju pojava u prirodnom okruženju su retka u testovima [23]. U dva nezavisna istraživanja, naučnici su došli do zaključka da učenici teže rešavaju konceptualne problemske zadatke u odnosu na algoritamske problemske zadatke [22,24]. Vreme je da nastavnici priznaju da učenici koji dobro rešavaju matematičke zadatke mogu imati ograničeno razumevanje hemije koja je u osnovi tih zadataka. Uočeno je da se učenici pri rešavanju testova oslanjaju na algoritamske tehnike, a mnogo manje na veštine rezonovanja [25]. Učenici obično izaberu formule ili jednačine koje se uklapaju u datu situaciju i onda izvode ne mnogo promišljena matematička izračunavanja. Učeniku se može pomoći u razumevanju pojmova tako što se pojam najpre predstavi kvalitativno, a zatim kvantitavno.

Kako nastavnici mogu promovisati kvalitativno razumevanje koncepata? Uvrštavanje istorije nauke u nastavne planove i programe pokazuje značaj i doprinos matematičkih jednačina za nauku [21]. Uključivanjem istorijskih komponenti u nastavu promoviše se bolje razumevanje naučnih koncepata i metoda [26]. Kao primer može se navesti nastavna situacija u kojoj su korišćene četiri istorijske priče i preko dvadeset kratkih epizoda vezanih za istoriju nauke. Materijal je osmišljen tako da se uklapa u postojeći nastavni plan i program. Ukupno 329 učenika sedmog razreda je podeljeno na eksperimentalnu i kontrolnu grupu. Kontrolna grupa je koristila udžbenik dok je eksperimentalna grupa učila iz udžbenika i pripremljenih istorijskih priča uz diskusiju na časovima. Istraživanje je trajalo četrdeset pet dana. Nalazi su pokazali da istorijske priče doprinose boljem razumevanju prirode nauke i promovišu pozitivan stav prema nauci [27].

### UČENJE KROZ NAUČNE GREŠKE

Da bi se razumela sadašnjost neophodno je znati kako naučnici istražuju jer greške spadaju u prirodnu komponentu istraživanja. Zbog toga se učenje o greškama preporučuje kao sastavni deo u razumevanju prirode nauke. Na primer, kada sazna da je jedna teorija zamenjena drugom, učenik može postaviti pitanje: „Da li je stara teorija zamenjena jer je bila pogrešna?” ili, videvši udžbenike u kojima se ne pominju naučne greške, učenik se može pitati da li se takve greške retko dešavaju.

Jedan od razloga zašto nastavnici treba da podučavaju učenike o greškama u

istoriji nauke jeste što učenici tako uče da formiraju stav prema greškama koje prave u svom laboratorijskom radu. Nastavnici obično smatraju da raskorak između teorije i eksperimenta pokazuje grešku u eksperimentalnom radu učenika.

Situacija je posebno teška za učenike koji treba eksperimentalno da potvrde zakone iz fizike, na primer, Omov zakon. Ponekad neizbežne razlike između teorijskih predviđanja i eksperimentalnih rezultata dovode do toga da učenici počinju da razmišljaju da su nesposobni da rade eksperimente, a možda i da uče fiziku. Da bi smanjili raskorak između teorijskih predviđanja i eksperimentalnih rezultata, nastavnici moraju da obezbede i provere materijal i instrumente, da odrede opseg u kome se može kretati svaka promenljiva i da istaknu važnost preciznog praćenja instrukcija tokom eksperimenta. Na taj način biće manje grešaka pri potvrđivanju zakona, ali će učenici biti na gubitku kad je u pitanju razumevanje zakona, jer neće znati zašto se zakon potvrđuje na taj, a ne na neki drugi način.

Međutim, postoje i drugi načini da se upravlja eksperimentisanjem učenika, a da se ne naruši njihovo razumevanje zakona ili pojava. Može se promeniti cilj eksperimenta tako što im se kaže da zakon prihvate kao istinit. Stoga oni umesto da potvrđuju zakon eksperimentima sa različitim instrumentima, materijalom i eksperimentalnim procedurama, otkrivaju od čega zavisi raskorak između teorijskih predviđanja i eksperimentalnih rezultata. Kada su oslobođeni od „nemoguće misije“ da eksperimentalno potvrde teorije, učenici više razmišljaju i motivisani su da kreativno misle i tako unapređuju svoje učenje i razumevanje fizike.

Trendovi u društvu su uticali na razvoj nauke i nastave. Jedan od tih trendova je pitanje da li je nauka pouzdana i moralna. Na osnovu nekoliko biomedicinskih istraživanja koja su proglašena za prevaru, neki kritičari tvrde da je u nauci rasprostranjena prevara. U osnovi ovih tvđenja stoji činjenica da naučnici nisu drugačiji od drugih ljudi, zato što nisu toliko vođeni svojim idejama koliko ih obuzimaju emocije karakteristične za većinu ljudi kao, na primer, želja za slavom, materijalnom nagradom, pobedom konkurencije. Shodno tome, kada je pod pritiskom naučnik može da falsifikuje proces istraživanja kao i njegove rezultate.

Preporuka je da se ono što je bilo prihvaćeno u prošlosti mora posmatrati kao istina tog perioda. Osim toga, ako se deo te teorije zadržao i danas u upotrebi, onda se ona danas mora smatrati delimično tačnom.

Ideja da se naučne greške predstavljaju učenicima kako ih oni ne bi ponavljali je besmislena. Upoznavanjem sa greškama koje su pravili naučnici učenici stiču uvid u istraživački proces i razvoj nauke. Posebno je važno da nastavnici i profesori nauke razumeju da su greške sastavni deo istraživanja u šta spadaju i eksperimenti koje izvode učenici i studenti. To znači da su za procenu ispravnosti važni krajnji rezultati bez obzira na broj grešaka koje su napravljene u istraživačkom procesu. Shodno tome, edukatori mogu da prilagode nastavu tako da se učenicima pruži prilika da isprave eventualne greške i da dobiju odgovarajuće rezultate. Bez straha od greške, učenici će biti motivisaniji, kreativniji i više će uživati u procesu učenja [28].

### **UČENJE KROZ PRIČE IZ ISTORIJE NAUKE**

Neka naučna istraživanja su pokazala da je razumevanje prirode nauke kod učenika, ali i šire populacije, veoma slabo [29,30,31,32,33,34,35,36]. Sadržaj udžbenika je odgovoran za stvaranje slike o prirodi nauke kao i o ulozi otkrića u napretku društva [37]. Naučnik Postman (Postman N.) smatra da se u udžbenicima predstavljaju činjenice nekog slučaja, bez obzira kakav je slučaj u pitanju. Činjenice se predstavljaju kao nešto nepromenljivo o čemu se ne raspravlja. U udžbenicima ne postoje uputi ko je došao do date činjenice i na koji način. U udžbeniku nema nagoveštaja o mogućoj greški takvog rasuđivanja. Znanje je predstavljeno kao roba koja će se steći, u udžbeniku nema govora o borbi čoveka da nešto razume, da

prevaziđe poteškoće, da se sapliće na putu ka saznanju. Udžbenici su, za ovog naučnika, neprijatelji obrazovanja, instrumenti za trivijalno učenje [38].

Zablude o tome šta je nauka, kako nauka funkcioniše, kao i zablude o životu i osobinama naučnika, umanjuju opštu naučnu pismenost i veoma kreativne učenike teraju od nauke. Oni se okreću poslovima koje smatraju humanijim i kreativnijim od nauke [20]. Dakle, tačno i precizno objašnjavanje prirode nauke je od suštinskog značaja i ne može se ovim pitanjem baviti samo ako ostane vremena na školskim časovima [39].

Pre više od sto godina, naučnik Vilijam Džejms (William James) je smatrao da se istorijskim pristupom u nastavi mogu objasniti gotovo svi sadržaji [40]. Uzimajući u obzir kontekst u kome su naučnici dolazili do saznanja, učenicima se bolje može objasniti sama priroda nauke [41,42,43,44,12].

Dobro konstruisane priče iz istorije nauke, humanizuju teme o kojima govore izazivajući ličnu, socijalnu, filozofsku, etičku zabrinutost čitalaca. Na taj način se povećava interesovanje za nauku kod učenika [45].

S obzirom na načine kako ljudi uče, priče iz istorije nauke imaju važnu ulogu u razumevanju prirode nauke [12]. U ovom istraživanju se ističe sledeće:

1. Priče iz istorije nauke treba da se fokusiraju na sadržaje koji su predviđeni u nastavi.
2. Priče treba da budu razvrstane po temama tako da ih nastavnik može lako upotrebiti.
3. Priče treba da sadrže sadržaje iz prošlosti, ali i iz sadašnjosti, kako bi učenici uporedili savremene teorije sa onima iz prošlosti.
4. Priče treba da naglase reči naučnika koje prikazuju humanu stranu nauke i njenu autentičnost.
5. Priče treba da obuhvate komentare koji učenicima skreću pažnju na glavne ideje u prirodnim naukama i pitanja koja će učenika naterati na razmišljanje o prirodi nauke.
6. Priče treba da budu povezane sa drugim sadržajima iz nauke sa kojima se učenici susreću u ili izvan učionice.

Dok većina naučnika smatra da priče iz istorije nauke imaju dobar potencijal da poboljšaju razumevanje prirode nauke kod učenika, naučnik Alhin (Allchin) razmatra koji sadržaji iz istorije nauke su odgovarajući. Ovaj naučnik navodi elemente priča koji mogu ometati dobro razumevanje prirode nauke jer netačno prikazuju samu prirodu nauke:

1. Naučnici se prikazuju kao hrabri, moralni, usamljeni geniji, kao nadljudska bića. Ovo je rezultat ignorisanja svih karakternih mana naučnika, grešaka i pogrešnog tumačenja od strane naučnika, doprinosa drugih naučnika.
2. Prikazivanje naučnih istraživanja kao besprekornih i nepogrešivih. Ovo je rezultat pojednostavljenja toka naučnog istraživanja, izdvajanja samo bitnih koraka u istraživanju, odnosno izdvajanja samo tačnih koraka, a greške se izostavljaju.
3. Prikazivanje da ispravni postupak istraživanja dovodi do tačnih rešenja, a neispravni postupak dovodi do grešaka [46].

Cilj jednog obimnog naučnog istraživanja je bio da ohrabri i podstakne nastavnike prirodnih nauka da precizno, tačno i efikasno predstave prirodu nauke učenicima kako bi poboljšali njihovu naučnu pismenost i unapredili stav prema nauci, naučnicima i naučnom obrazovanju. Neposredni cilj ovog projekta bilo je stvaranje i razvijanje istorijskih i savremenih kratkih priča koje precizno i efikasno unapređuju razumevanje prirode nauke i koje će se moći upotrebljavati u nastavi astronomije, biologije, hemije, geologije i fizike. Napravljeno je ukupno trideset priča za pet oblasti, po šest priča za svaku oblast [39].

Pravljenje priča je bio zahtevan posao koji se odvijao u nekoliko etapa u kojima je učestvovalo više ljudi. Najpre su profesori iz pojedinih oblasti sa istoričarima nauke odabrali šest tema o kojima će pisati. Zatim su istoričari nauke sa studentima doktorantima napisali obiman materijal za svaku priču. Vođa projekta je sve materijale pročitao, sažeo svaku priču na 4-7 strana, a zatim identifikovao glavne probleme prirode nauke istaknute u priči i

umetnuo komentare i pitanja na odgovarajućim mestima kako bi privukao čitalačku pažnju. Stručnjak je zatim svaku priču pažljivo pročitao i procenio prilagođenost sadržaja studentima prve godine i poslao svoje mišljenje vodi projekta. Nakon toga, vođa projekta je obavestio istoričare nauke i profesore i dao im sugestije o doradi priča. Zatim su priče implementirane u nastavu, a povratne informacije koje su dobijane od instruktora i studenata su iskorišćene za pripremu propratnih pomoćnih materijala: 1) kako upotrebiti priče, 2) saveti za diskusiju u učionici [39]. Tokom letnjeg semestra 2007. godine izvedeno je nekoliko istraživačkih studija u kojima se pratila efikasnost projekta kratkih priča. Studentima prve godine fakulteta su date četiri priče iz geologije da ih pročitaju kod kuće i razmisle o pitanjima koje svaka priča ističe, a da se u narednom terminu vodi diskusija. Na osnovu analize studentskih interpretacija priča i iskazanih mišljenja o prirodi nauke, naučnici su zaključili da upotreba istorijskih priča koje sadrže pitanja i komentare vezane za prirodu nauke značajno doprinosi boljem razumevanju prirode nauke i naučnih ideja [47,48].

Studenti su uvideli da su snalažljivost i kreativnost veoma važni procesi u razvoju naučnog znanja jer se podaci dobijeni eksperimentalnim putem mogu tumačiti na više različitih načina. Razvijajući ideje koje se slažu sa podacima naučnici su dolazili do velikih otkrića. Na osnovu priča, studenti su uvideli da naučni rad nekog naučnika oslikava širu kulturu i društvo tog vremena i iz toga su zaključili da društvo utiče na naučnika u smislu sagledavanja problema koji treba ispitati, naučnog pristupa i davanja objašnjenja. Stoga, nauka nije potpuno objektivna i odvojena od šireg sveta.

Tokom 2009. godine implementirano je u nastavu pet priča iz biologije studentima prve godine fakulteta na isti način kao priče iz geologije u prethodno opisanom istraživanju [49]. Na osnovu analize studentskih odgovora, naučnici su zaključili da priče doprinose povećanju motivacije kod studenata za bavljenje naukom i da smanjuju zablude studenata da se u nauci ne saraduje, ne ispoljava kreativnost i da je naučni rad vezan isključivo za laboratoriju [39].

## ZAKLJUČAK

Za konstrukciju priča iz istorije nauke neophodna je saradnja velikog broja stručnjaka iz različitih oblasti. Za tačno razumevanje prirode nauke važno je da se onome ko uči pruži uvid u celovitu istoriju nauke pod kojom se podrazumevaju i greške koje su, na putu ka saznanju, pravili naučnici. Takve celovite priče se mogu koristiti u nastavi prirodnih i društvenih nauka s različitim ciljevima. S obzirom na sadržaj, pričama se, uz odgovarajuća pitanja i zadatke, može proveravati razumevanje pojmova u nastavi prirodnih i društvenih nauka. Sa učenicima i studentima se može diskutovati o pričama i naučnim greškama s ciljem da razvijaju sposobnosti kritičkog mišljenja, vrednovanja i analiziranja teksta. Kroz odgovarajuće epizode iz istorije prirodnih nauka, učenici i studenti mogu sagledati kako tehnologija traži odgovore nauke da bi se razvijala ili, kako se razvijala sposobnost čoveka da uoči problem koji je značajan za istraživanje i čije rešavanje doprinosi razvoju nauke, a samim tim i tehnologije. Sukobljavajući različita tumačenja istog teksta kroz diskusiju, učenici i studenti mogu naučiti da se nauka može posmatrati iz više različitih uglova, da saslušaju tuđe mišljenje, da argumentuju svoje mišljenje, da odlučuju da li će na osnovu argumenta prihvatiti ili odbaciti tuđe mišljenje, što zajedno doprinosi dostizanju viših saznanjnih nivoa. Odgovarajući istorijski sadržaji mogu promovisati nauku i celoživotno učenje i doprineti povećanju interesovanja za nauku kod mladog čoveka. Tako se može povećati broj naučnika u budućnosti, uticati na donošenje naučno utemeljenih odluka i bolje razumevanje uloge nauke u društvu i savremenoj tehnologiji.

**Zahvalnost:** Članak predstavlja rezultat rada na projektu „Teorija i praksa nauke u društvu: multidisciplinarnе, obrazovne i međugeneracijske perspektive“, broj 179048, čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

#### LITERATURA

- [1] National Science Board, Educating American for the 21st century, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, (1983).
- [2] Burke, J., (1978). *Connections*. Boston: Little, Brown.
- [3] Corn, J. J., (1986). *Imagining tomorrow: History, technology, and the American future*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [4] Bragaw, D., & Hartoonian, M., (1988). Social studies: The study of people in society. In Brandt R. S. (ed.), *The content of the curriculum*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- [5] National Science Teachers Association., (1982). *Science education for the 1980s*. Science- technology-society: An NSTA position statement.
- [6] Showalter, V., (1974). What is unified science education? Program objectives and scientific literacy. *Prism II*, 2, 1-6.
- [7] Duschl, R., (1985). Science education and philosophy of science: Twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85, 541.
- [8] Bybee, R. W., (1986). *The sisyphian question in science education*. In Bybee, R. W. (Ed.), *Science-technology-society: 1986 NSTA Yearbook*. Washington, D. C.: National Science Teachers Association.
- [9] Hurd, P. DeHart, (1987). A nation reflects: The modernization of science education. *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 7, 9.
- [10] Garrison, J. W., & Bentley, M. (1990). Teaching scientific method. The topic of confirmation and falsification. *School Science and Mathematics*, 90, 180-197.
- [11] R.W. Bybee, J.C. Powell, J.D. Ellis, J.R. Giese, L. Parisi, and L. Singleton, Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum, *Science Education* 75 (1), 143 -155, 1991.
- [12] Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463–494.
- [13] American Association for the Advancement of Science. (1989). Project 2061: Science for all Americans. Washington, DC: AAAS.
- [14] Matthews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York, NY: Routledge.
- [15] McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41–52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- [16] National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- [17] Matthews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York, NY: Routledge.
- [18] McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. *Science & Education*, 7(6), 511–532.
- [19] Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

- [20] Tobias, S. (1990). They're not dumb, they're different: Stalking the second tier. Tucson: Research Corporation.
- [21] De Berg, K., The emergence of quantification in the pressure–volume relationship for gases: A textbook analysis, *Sci. Educ.* 1989, 73, 115–134).
- [22] Nakhleh, M., Are Our Students Conceptual Thinkers or Algorithmic Problem Solvers? Identifying Conceptual Students in General Chemistry, *J. Chem. Educ.* 1993, 70, 52–55
- [23] Lovitts, B.; Champagne, A. In *Assessment in the Service of Instruction*; Champagne, A.; Lovitts, B.; Calinger, B., Eds; American Association for the Advancement of Science: Washington, DC, 1990; pp 1–13
- [24] Nakhleh, M., Mitchell, R. , Concept learning versus problem solving: There is a difference, *J. Chem. Educ.* 1993, 70, 190–192
- [25] Gabel, D., Sherwood, R., Enochs, L. Problem-solving skills of high school chemistry students, *Journal of Research in Science Teaching*, 1984, 21, 221–233
- [26] Matthews, M. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*; Routledge: New York, 1994
- [27] C.Y. Linab, J.H. Chengb, W.H. Changab, Making Science Vivid: Using a historical episodes map, *International Journal of Science Education*, 32 (18), 2521-2531, 2010.
- [28] N.Kipnis, Errors in Science and their Treatment in Teaching Science, *Science Education*, 2011.)
- [29] Clough, M. P. (1995). Longitudinal understanding of the nature of science as facilitated by an introductory high school biology course. In *Proceedings of the third international history, philosophy, and science teaching conference* (pp. 212–221). Minneapolis: University of Minnesota.
- [30] Durant, J. R., Evans, G. A., & Thomas, G. P. (1989). The public understanding of science. *Nature*, 340,11–14.
- [31] Millar, R., & Wynne, B. (1988). Public understanding of science: From contents to processes. *International Journal of Science Education*, 10(4), 388–398.
- [32] Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29–48.
- [33] Miller, J. D. (1987) Scientific literacy in the United States. In the Ciba foundation conference program, communicating science to the public (pp. 19–40). Chichester: John Wiley & Sons.
- [34] National Science Board. (2002). *Science and engineering indicators 2002*. Arlington, VA: National Science Foundation.
- [35] Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559–580.
- [36] Ziman, J. (1991). Public understanding of science. *Science, Technology, and Human Values*, 16(1), 99–105.
- [37] Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- [38] Postman, N. (1995). *The end of education: Redefining the value of school*. New York: Vintage.
- [39] Clough, M. P., Herman, B. C., & Smith, J. A. R. (2010). Seamlessly teaching science content and the nature of science. In *Association for Science Teacher Education (ASTE) National Conference*, Sacramento, CA, 14–16 Jan.
- [40] James, W. (1907). 'The social value of the college-bred', Address delivered at a meeting of the Association of American Alumnae at Radcliff College
- [41] Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.