



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI  
FAKULTET  
DEPARTMAN ZA FIZIKU



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 24 ОКТ 2007

ОРГАНИЗЈЕД: БРОЈ

0603 9/1437

## Nastavna tema «Voda» u integrisanoj nastavi prirodnih nauka

- Diplomski rad -

Mentor:  
Prof. dr. Dušanka Obadović

Kandidat:  
Marija Jovanović

Novi Sad,  
2007.

*Ovim putem bih htela da se zahvalim profesorici Dušanki Obadović, na nesebičnoj pomoći prilikom izrade ovog rada, kao i tokom protekle četiri godine. Ništa manju zahvalnost osećam prema profesorici Mirjani Segedinac, na pomoći i rečima ohrabrenja koje su uvek došle u pravo vreme.*

*Zahvaljujem se mojoj poredici i mom dečku Miljanu, na ogromnoj podršci i ljubavi koju mi pružaju, a naročito mom ocu koji mi je omogućio da steknem obrazovanje koje želim.*

*Marija*

## *Sadržaj*

1. Uvod .....	1
2. Globalna raspodela vode.....	2
3. Pronalaženje vode.....	3
4. Oblici postojanja vode.....	5
5. Sveprisutna supstanca.....	6
5.1. Voda kao deo života.....	6
5.2. Voda u vasioni.....	6
5.3. Voda na Zemlji.....	6
5.4. Voda u industriji.....	6
6. Kruženje vode u prirodi.....	7
6.1. Pojam vodnog ciklusa.....	7
6.2. Tok ciklusa.....	7
6.3. Voda u okeanima.....	8
6.4. Evaporacija.....	8
6.5. Sublimacija.....	9
6.6. Evapotranspiracija.....	9
6.7. Voda u atmosferi.....	9
6.8. Kondenzacija.....	9
6.9. Padavine.....	9
6.10. Akumuliranje vode u vidu leda i snega.....	10
6.11. Površinski oticaj.....	10
6.12. Protok reke.....	10
6.13. Sakupljanje slatkih voda.....	10
6.14. Infiltracija.....	11
6.15. Akumuliranje podzemnih voda.....	11
6.16. Pražnjenje podzemnih voda.....	11
6.17. Izvori.....	12
7. Fizičke osobine vode.....	13
7.1. Kohezija molekula vode.....	13
7.2. Specifična toplota.....	13
7.3. Gustina.....	14
7.4. Trojna tačka.....	15
7.5. M'pemba efekat.....	15
7.6. Površinski napon.....	15
7.7. Električne osobine.....	17
7.8. Arhimedov zakon.....	17
8. Hemijske osobine vode.....	18
8.1. Voda kao molekul.....	18
8.2. Amfoterna priroda vode.....	18
8.3. Dipolna priroda vode.....	19
8.4. Voda kao rastvarač.....	19

9. Zagadživanje vode.....	21
9.1. Fizičko zagadživanje.....	21
9.2. Biološko zagadživanje.....	21
9.3. Hemijsko zagadživanje.....	21
10. Uticaj globalnog zagrevanja.....	22
11. Obrada nastavne teme voda.....	23
11.1. Naučni metod.....	23
11.2. Primena naučnog metoda.....	25
11.3. Predlog obrade nastavne teme Voda.....	26
12. Zaključak.....	32
13. Literatura.....	33

## 1. UVOD

Na ulaznoj spirali ljudskih saznanja sve je jasnija činjenica da čovek mora prestati da radi protiv prirode, već u saradnji sa njom. To je jedina mogućnost međusobnog opstanka. Da bi ta saradnja uspela, čovek mora da primenjuje osnovne prirodne zakone u proizvodnji, uz neke modifikacije koje bitno ne utiču na sam prirodni proces.

U svetu se sve više pridaje značaj integrisanoj nastavi prirodnih nauka. Cilj integrisanog pristupa prirodnim naukama je upoznavanje dece od najranijeg uzrasta sa osnovnim zakonima prirode. Dete uzrasta prva četiri razreda je izuzetno zainteresovano za nauke o prirodi. Učeći ih razvija svoju ličnost i inteligenciju, kritički duh i odnos prema svetu. Praktikovanje nauka o prirodi u prva četiri razreda osnovne škole nudi izuzetnu mogućnost da se pomogne detetu u njegovom razvoju, a zatim i uspostavljanju njegovog odnosa prema materijalnom svetu koji ga okružuje. Sopstvenim delovanjem može i oblikovati svet realnosti, tj. formirati načine delovanja i eksperimente. Srž i suština integrisane nastave je eksperiment. Jednostavni eksperimenti omogućuju učenicima najnižeg uzrasta da uočavajući uzročno-posledične veze prirodnih pojava, počnu da otkrivaju i razumeju svet oko sebe. Dete, uči da postavlja pitanja na koja nalazi odgovore eksperimentisanjem. Time formira svoj stav prema realnom svetu u kome postaje aktivan učesnik saznanja. Dete tako formira osnovne principe svojih znanja, neophodnu osnovu, ali i razlike sposobnosti. Naučna aktivnost čini deo osnove saznanja koju svako dete mora posedovati da bi raslo i živilo u našem razvijenom društvu. Naučno obrazovanje, dakle, doprinosi formiranju znanja, veština i sveobuhvatne svesti deteta.

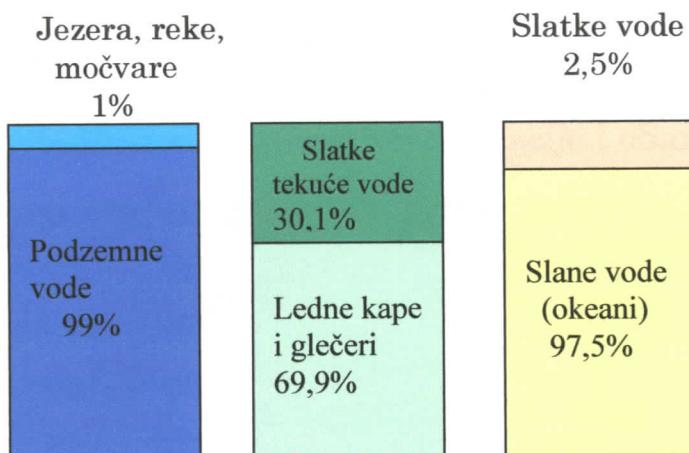
Tema ovog diplomskog rada je Voda u integrisanoj nastavi prirodnih nauka. U teorijskom delu prikazane su osnovne karakteristike vode, oblici postojanja, globalna raspodela vode, zagađivanje vode kao i uticaj globalnog zagrevanja. U eksperimentalnom delu obrađeni su jednostavni eksperimenti predviđeni za uzrast učenika od I – IV razreda osnovne škole. Odabrani eksperimenti osim što omogućuju učenicima da na lak i jednostavan način razumeju osnovne karakteristike vode, podstiču kreativnost učenika, timski rad kao i uvođenje naučnog metoda u svakodnevnu nastavu prirodnih nauka.



## 2. Globalna raspodela vode na Zemlji

Voda je najrasprostranjenija supstancija u prirodi. Uz vazduh koji udišemo, ona je jedan od najvažnijih činilaca života na Zemlji, bez kog nema života. Ona je neophodna za život svim živim bićima – biljkama, životinjama i čoveku. Voda je prva i najvažnija potreba svih živih bića. Ona zauzima 70,8% Zemljine površine. Najviše je ima u okeanima, morima, jezerima i rekama. Na polovima Zemlje voda se nalazi u obliku leda. U vazduhu je u obliku gasa – vodene pare.

Treba imati u vidu da od ukupne količine vode na Zemlji, preko 97,5 % predstavlja slana voda, samo 2,5% otpada na slatku vodu. Od ukupne količine slatke vode, preko 69,9% je zarobljeno u ledu i glečerima. Preostalih 30,1% slatkih voda nalazi se u zemljишtu. Površinski slatkovodni izvori, kao što su reke i jezera, iznose samo oko 1% ukupne količine vode na planeti. Konačno, reke i jezera su izvori najvećeg dela vode za svakodnevnu ljudsku upotrebu.



Slika 1. Raspodela vode na Zemlji

### 3. Pronalaženje vode

U prirodi nije tako teško pronaći vodu kako bi se na prvi pogled pomislilo. Svakako je potrebno prvo informisati se o terenu na kome se vrši pretraga.

- ◆ atmosferske vode (kiša, otopljeni sneg...) upijaju se u zemljište i usled nepropusnih slojeva, teku u pravcu nagiba tla i izbijaju na nekim mestima praveći izvore. Oni su obično na padinama, jarugama, obodima dolina, tamo gde ima drveća i biljaka koje traže mnogo vlage (vrba, trska, šaša...), tamo gde su biljke više zelene i gde je vegetacija bujna;
- ◆ Podzemne vode se uvek nalaze u pornom prostoru koji čini sastavni deo tla ili stena. Znak podzemnih voda su vlažna zemlja, tragovi koji pokazuju da su tu kopale životinje, ili mesto iznad koga lebde mušice. Na takvim mestima je sigurno nedavno bilo vode, ili je pak voda blizu površine. Voda može da se nađe i u koritima potoka i reka koje presuše u leto, tako što se korito kopa uz ivicu izbočenih okuka.
- ◆ na kraškom terenu vodu treba tražiti u pećinama, vrtačama i sl.
- ◆ Oborine, pod ovim pojmom podrzumeva se tekući ili čvrsti proizvod kondenzacije vodene pare, koji iz atmosfere pada na zemljano površinu. Proces stvaranja oborina sastoji se od isparavanja, transporta kroz atmosferu, kondenzacije i obaranja iz atmosfere.



Slika 2. Otapanje snega na površinskim terenima

- ◆ Površine pod većitim ledom i snegom, predstavljaju delove oborina koje na zemlju padnu u obliku snega(koji ostaje više ili manje u krutom agregatnom stanju). Razlikujemo dve vrste leda: (1)na kopnu, koji se nalazi u obliku ledenih pokrova ili planinskih ledenjaka,nastaje od sneznog pokrivaca, koji pod pritiskom novih naslaga snega prelaze najpre u zrnati led, zatim u tzv. firn, a potom u kompaktni led(2)led u moru,ledena masa na ovaj ili onaj način dolazi u nize i toplije predele gde led ulazi u more, ili voda nastala otapanjem ledenjaka stvara potoke, reke, nastavljući put prema moru ili se infiltrira u more. Jedan deo lede nastaje smrzavanjem morske vode pri niskim temperaturama, led u moru se pojavljuje u obliku ledenih santi ili bregova. Na planinskom terenu, u uvalama i jarugama okrenutim prema severu i zaštićenim od sunca, dugo se može zadržati sneg;
- ◆ Reke, deo oborinskih voda koje padnu na slabo propustljivo tlo, a koje ne ispari u atmosferu i voda nastala otapanjem snega i lede, stvara povšinske vodotoke.
- ◆ Jezera, su vodom ispunjeni baseni na kopnu, bez neposredne veze sa morem. Mogu biti : tektonska, vulkanska, lednička, rečna, kraška i veštačka.
- ◆ Pod pojmom krša(krasa) podrazumeva se teren izgrađen od čvrstih stena u koje su razvijeni podzemni kanali i druge šupljine koje su stalno ili povremeno ispunjene podzemnom vodom.
- ◆ Otoci, su delovi kopna sa svih strana okruzeni morem.Na velikim otocima postoje reke, jezera i podzemne vode. Količina vode na otocima uslovljena je klimatskim, topografskim, geološkim, pedološkim i vegetacijskim osobinama otoka.
- ◆ Pustinje su područja gde padne manje od 250mm padavina u godini, odnosno gde je potencijalna evaporacija u godini dvostruko veća od godišnje količine padavina.

#### 4. Oblici postojanja vode

Voda je jedina supstanca koja se javlja u sva tri agregatna stanja, čvrstom, tečnom i gasovitom.

U čvrstom agregatnom stanju voda se javlja u vidu leda, predstavljena glečerima i ledenim kapama, na vodenim površinama tokom zime, kao sneg, grad, mraz, u vidu oblaka formiranih od ledenih kristala. Led obrazuje veliki broj različitih kristalnih struktura, više nego bilo koji poznat material. Na normalnom pritisku stabilna faza leda, tzv. led I a na različitim pritiscima broj različitih struktura ide čak do XIV. Snežne pahuljice i snežni kristali nisu ništa drugo do kristalići leda. Uopšteno govoreći, snežne pahuljice mogu predstavljati individualni kristalići, nekoliko kristalića slepljenih zajedno, ili konglomerati kristalića, koji grade krupne snežne pahuljice, koje se javljaju u toplijim danima zime.



Slika 3. Glečer

U tečnom stanju, javlja se u vidu kapljica kiše, na vegetacijskim oblastima u vidu rose, u formi močvara, jezera, reka i okeana.



Slika 4. Kumulusni oblaci

Kao gas, voda se javlja u vidu magle, isparavanja i oblaka. Prisutnost vodene pare u atmosferi meri se relativnom vlažnošću koja predstavlja odnos trenutno prisutne količine vodene pare u vazduhu (apsolutne vlažnosti) i maksimalne količine vodene pare koju može da primi  $1\text{ m}^3$  vazduha na određenoj temperaturi.



Slika 5. Kapljice kiše na listovima

## 5. Sveprisutna supstanca

### 5.1. Voda kao deo života

Voda je temelj života i osnovni sastojak svih živih bića. Ona čini 60% ljudskog tela. Sve ćelije u organizmu sadrže vodu. Voda u organizmima ima mnogostruku ulogu, rastvara materije (soli), pa tako naše ćelije dobijaju sve potrebne hranjive materije i minerale pri biološkim procesima. Naša krv sačinjena je od 83 procenata vode, koja pomaže pri metaboličkim procesima organizma, varenju hrane kao i održavanju telesne temperature. Gubitak velike količine vode može biti jako štetan.

### 5.2. Voda u vasioni

Spektralnom analizom svetlosti koja stiže iz naše galaksije, nedvosmisleno je utvrđeno da molekula vode ima u međuzvezdanom gasu. Pošto su vodonik i kiseonik među najrasprostranjenijim hemijskim elementima u vasioni, sigurno je da je voda široko rasprostranjena i u drugim galaksijama.

Vodu možemo pronaći u kometama, velikim planetama i asteroidima i njihovim satelitima. Ta voda je skoro po pravilu u vidu leda, i sa sigurnošću se može reći da je otkrivena na Mesecu, na planetama Merkuru, Marsu, Neptunu i Plutonu, i na satelitima Tritonu, Eceladusu i Europi.

### 5.3. Voda na Zemlji

„Kruženje vode“ (hidrološki ciklus) označava kontinuirani proces razmene vode u hidrosferi, između atmosfere, površinske i podzemne vode, tla i biljnog sveta. Zapremina vode na Zemlji je ogromna, ali najveći deo vode se nalazi „zarobljen“ u svetskim okeanima, ali je u oba agregatna stanja ima u atmosferi i zemlji (akviferi).

### 5.4. Voda u industriji

Voda se, osim kao hemijski rastvarač, koristi u mnogim postupcima i mašinama, kao što su parne turbine i izmenjivači toplote. Ispuštanje neprečišćene vode iz industrijskih postrojenja predstavlja zagadenje. Industrija zahteva relativno čistu vodu za svoje procese i stoga koristi razne metode i tehnike prečišćavanja kako kod snabdevanja tako kod ispuštanja vode.

## 6. Kruženje vode u prirodi

### 6.1. Pojam vodnog (hidrološkog) ciklusa

Poznat još kao hidrološki ciklus, ciklus kruženja vode u prirodi predstavlja postojanje i kretanje vode na, u i iznad Zemlje. Voda na planeti je u stalnom kretanju, menjajući svoj oblik od tečnog stanja do vodene pare, leda i nazad. Ciklus kruženja vode u prirodi postoji milijardama godina i sav život na Zemlji zavisi upravo od njega, bez kruženja vode, naša planeta bi predstavljala prilično nepodesno mesto za život.

### 6.2. Tok hidrološkog ciklusa

Hidrološki ciklus nema početnu tačku, ali je najbolje krenuti od okeana. Sunce, koje upravlja kruženjem vode u prirodi, zagreva vodu u okeanima. Jedan njen deo isparava i kao vodena para dospeva u vazduh. Evaporacija se odvija i u slatkovodnim jezerima i rekama. Sa kopna, u okviru evapotranspiracije, voda s oslobđa iz biljaka i zemljišta, i takođe u vidu vodene pare prelazi u vazduh. Mali deo vode u atmosferi potiče od sublimacije, gde se sneg i led direktno preobraćaju u vodenu paru, potpuno preskočivši fazu topljenja. Vazdušne struje podižu paru u atmosferu, gde usled niskih temperatura, dolazi do kondenzacije i nastanka oblaka.

Vazdušne struje nose oblake oko planete, pri čemu se delovi oblaka sudaraju, uvećavaju i tako nastaju padavine. Jedan deo padavina je u vidu snega i može se nakuplati u vidu ledenih kapa i glečera. Sneg se u toplijim regionima često otapa u proleće, a nastala voda poznata je kao snežni oticaj. Dok se veći deo padavina vraća u okeane, jedan deo dospeva u kopno, gde, usled gravitacije, teče po površini kao površinsko oticanje. Deo površinskog oticaja odlazi u reke i kreće se kao rečni tok prema okeanima, dok se jedan deo akumulira kao slatka voda u jezerima i rekama. Ne dospeva sav oticaj u površinska vodna tela – veći deo prodire u zemljište (infiltracija).

Od toga, deo dospeva u duboke slojeve, obnavljajući akvifere (zasićene stene ispod površine terena), koji sadrže ogromne količine podzemnih voda u dugim vremenskim periodima.

Neke podzemne vode ostaju blizu površine terena i mogu se procedivati nazad u površinska vodna tela ( i okean) u vidu pražnjenja podzemnih voda, a neke nalaze otvore na površine terena i pojavljuju se u vidu slatkovodnih izvora. Vremenom, ova voda nastavlja da se kreće, pri čemu dospeva i do okeana, gde se ciklus kruženja „završava“ .... i počinje.



Slika 6. Ciklus kruženja vode u prirodi

### 6.3. Voda u okeanima

Sabirališta za najveću količinu vode na Zemlji su okeani. Oni čine veliki deo svetskog mora sa određenim geografsko-geološkim osobinama, hemijsko-fizičkim svojstvima, biološkim uslovima, kao i istorijsko-kulturnim osobinama. Prema tim kriterijumima na Zemlji postoje tri okeana. To su Veliki(Tihi), Atlantski i Indijski ocean. Procenjuje se da zahvataju površinu od oko 96.5 %. Takođe se procenjuje da okeani daju oko 90 % vode pri isparavanju (izazvano Sunčevom toplotom) za proces kruženja vode. Tokom hladnijih perioda, formira se više ledenih kapa i glečera, što umanjuje količinu vode u okeanima. Obrunuto je u toku toplih perioda.

### 6.4. Evaporacija

Evaporacija, suprotno kondenzaciji, predstavlja proces prelaska vode iz tečnog stanja u gasovito ili paru. Energija (toplota) se koristi za razbijanje veza koje drže molekule zajedno, što prestavlja objašnjenje zašto voda lako isparava na tački ključanja ( $100^{\circ}$ ), a sporije na nižim temperaturama.

Evaporacija iz okeana je glavni put prelaska vode u atmosferu. Na globalnom nivou, iznos vode koja isparava je skoro isti iznosu vode koja se u vidu padavina vraća na Zemlju. Samo oko 10 procenata vode koja ispari iz okeana usmeri se ka kopnu i oslobodi u formi padavina.

## 6.5. Sublimacija

Sublimacija se najčešće koristi za opisivanje procesa direktnе promene snega i leda u vodenu paru, bez otapanja u vodu. Sublimacija se javlja najčešće u odrđenim vremenskim uslovima, kao što je niska relativna vlažnost i suvi vetrovi. Javlja se češće na višim nadmorskim visinama, gde je vazdušni pritisak manji nego na nižim. Energija, u vidu jakog sunčevog zračenja, takođe je važan uslov.

## 6.6. Evapotranspiracija

Definiše se kao gubitak vode sa površine kopna (nivoa površinskih i podzemnih voda) u atmosferu i transpiracija podzemnih voda biljkama putem njihovih listova. Veći deo evapotranspiracije sastoji se od vode preuzete od biljaka. Transpiracija je proces prenosa vlage kroz biljku od korena do malih pora na donjoj strani listova, gde se menja u paru i oslobađa u atmosferu. Transpiracija je, u suštini, isparavanje vode sa listova biljaka. Procenjuje se da se oko 10 procenata vlage u atmosferi oslobađa iz biljaka putem transpiracije.

## 6.7. Voda u atmosferi

Voda u atmosferi postoji u vidu pare, kao što su oblaci i vlažnost. Iako atmosfera ne može biti veliko sabiralište vode, Izuzetan je put za kretanje vode oko Planete.

## 6.8. Kondenzacija

Kondenzacija, predstavlja proces prelaska vodene pare u vazduhu u tečno stanje. Važna je za hidrološki ciklus zato što je odgovorna za formiranje oblaka, a samim tim, i padavina. Oblaci se formiraju u atmosferi zato što se vazduh koji sadrži vodenu paru podiže, hlađi i kondenzuje. Kondenzacija je takođe odgovorna za nastanak magle.

## 6.9. Padavine

Padavine predstavljaju vodu koja se oslobađa iz oblaka u vidu kiše, ledene kiše, susnežice, snega ili grada i osnovni je vid povratka vode iz atmosfere na Zemlju. Oblaci se formiraju od vodene pare i kapljica.

### 6.10. Akumuliranje vode u vidu leda i snega

Jedan deo vode na Zemlji zarobljen je u vidu ledenih kapa i glečera. Ledene kape i glečeri dolaze i odlaze s vremena na vreme, zato što se klima menja. Led glečera pokriva 10 – 11 procenata kopna. Širom sveta, oticanje vode usled topljenja snega predstavlja glavni deo globalnog kretanja vode. Pored poplava, brzo otapanje snega može izazvati i pojavu klizišta i odrona.

### 6.11. Površinski oticaj

Površinski oticaj predstavlja tečenje padavina po kopna. Kao i kod drugih vidova hidrološkog ciklusa, interakcija između padavina i površinskog oticaja varira, u zavisnosti od vremena i geografije. Samo oko trećina padavina otiće u rečne tokove i vraća se u okeane.

### 6.12. Protok reke

Protok reke označava količinu vode koja protiče rekom. Reke su od neprocenjive važnosti, ne samo za ljude, već i za biljke, životinje, kao i život uopšte. Rečna voda služi za vodosnabdevanje i navodnjavanje, za proizvodnju električne energije, za odnošenje otpada, za transport robe i za proizvodnju hrane. Reke su čak značajne zato što doprinose da podzemni akviferi budu puni vode, filtracijom vode kroz svoja korita. Kada govorimo o rekama, važno je da razmišljamo o rečnom slivu. Slivno područje je oblast gde se sva voda koja padne ili otiće kreće ka jednoj tački (reci). Glavni uticaj na slivno područje vrše padavine izlučene u slivnom području, a veličina reke zavisi od veličine njenog slivnog područja.

### 6.13. Sakupljanje slatkih voda

Jedan deo hidrološkog ciklusa koji svakodnevno možemo videti predstavlja slatka voda koja postoji na Zemlji, u vidu bara, jezera, akumulacija (veštačkih jezera), močvara i reka. Površinska voda nije samo od primarnog značaja za sve forme života na Zemlji, već, putem infiltracije, ona omogućava da podzemni akviferi budu puni vode. Slatke vode predstavljaju samo tri procenta od ukupne količine vode na Zemlji, a slatkovodna jezera i močvare iznose samo 0.29 procenata slatkih voda na Planeti.

### 6.14. Infiltracija

Infiltracija predstavlja prodiranje vode sa površine terena u dubinu. Bilo gde na svetu, deo vode koji padne u vidu kiše, infiltrira se u podzemne slojeve ili stene. Koliko će se infiltrirati, zavisi od većeg broja faktora. Deo infiltrirane vode zadržće se u površinskom sloju zemlje, gde može gde može da se prazni u rečni tok prodiranjem kroz obalu. Zatim, deo vode može prodreti i dublje, prihranjujući podzemne akvifere. Ako su akviferi plitki ili dovoljno porozni da omoguće da se voda lako probija kroz njih, ljudi buše bunare u njima i koriste vodu za potrebe.

### 6.15. Akumuliranje podzemnih voda

Velike količine vode se akumuliraju u zemljištu. Voda se ovde još uvek kreće, verovatno vrlo sporo, i ona je još uvek deo hidrološkog ciklusa. Veći deo vode u zemljištu potiče od padavina koje prodiru u dubinu sa površine terena. Gornji sloj zemljišta je nezasićena zona, gde je voda prisutna u količinama koje se menjaju sa vremenom, ali zemljište ostaje nezasićeno. Ispod ovog sloja, nalazi se zasićena zona, gde su sve pore, pukotine i prostori izmedju čestica stena zasićene vodom. Izraz *podzemne vode* koristi se za opisivanje ove zone. Ogromne količine podzemnih voda akumulirane su u akviferima i život ljudi širom sveta zavisi upravo od podzemnih voda.

### 6.16. Pražnjenje podzemnih voda

Pražnjenje podzemnih voda predstavlja izbijanje vode na površinu zemlje. Ne prihranjuju akvifere samo padavine koje prodiru u zemljište (usled gravitacije) – jedan deo nailazi na vodootporne slojeve i slojeve velike gustine i počinje da se kreće u horizontalnom smeru. Deo ove vode će oticati na površinu terena u rečna korita, kao tekući izvori, i u okean. Voda koja se kreće ispod površine terena zavisi od permeabiliteta (koliko je lako ili teško da se voda kreće kroz njih) i poroznosti (veličina otvorenih pora u materijalu) podzemne stene. Ako stena omogućava da se voda nesmetano probija kroz nju, onda se podzemne vode mogu kretati veoma daleko danima.

### 6.17. Izvori

Izvor je vodno telo nastalo kada strana brda, dno doline ili drugo geografsko mesto seče tok vodnog tela podzemnih voda na ili ispod nivoa podzemnih voda, gde je pod površinskim materijal zasićen vodom. Izvor je rezultat popunjavanja akvifera do tačke kada voda ističe na površinu terena.

Mnogi termalni izvori se javljaju u oblastima recentne vulkanske aktivnosti, kada se voda zagreva na kontaktu sa vrelim stenama na velikoj dubini. Vreli izvori mogu nastati kada voda duboko u unutrašnjosti Zemlje nadje putanju ka površini.

## 7. Fizičke osobine vode

Voda je jedina supstancija u prirodi koja se, na temperaturama koje se normalno pojavljuju na Zemlji, može naći u sva tri agregatna stanja: čvrstom, tečnom i gasovitom. Ona mrzne na  $0^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}\text{F}$  – Farenhajta), a ključa na  $100^{\circ}\text{C}$  ( $212^{\circ}\text{F}$ ). Neobično je da je gustina vode u čvrstom stanju (leda) manja od njene gustine u tečnom stanju. Zbog toga led pliva po površini vode.

### 7.1. Kohezija molekula vode

Vodonične veze koje se obrazuju između molekula vode su oko dvadeset puta slabije od kovalentnih veza. One se stalno formiraju i raskidaju, ali svaki molekul stalno formira nove veze sa molekulima oko sebe. U bilo kom momentu znatan procenat molekula vode je vezan vodoničnim vezama za susedne molekule, što omogućuje vodi da formira više struktura nego bilo koja druga tečnost. Ipak vodonične veze drže molekule vode na okupu, odnosno uslovljavaju postojanje kohezionih sila.

Kohezija, uslovljena vodoničnim vezama, doprinosi formiranju talasa i drugih oblika kretanja koja se događaju na jezerima. Kretanje vode je integralna komponenta vodenih sistema i ima značajnu ulogu u raspodeli temperature, rastvaranju gasova, hranljivih sastojaka, mikroorganizama i planktona.

### 7.2. Specifična toplota

Voda ima visok toplotni kapacitet. Toplotni kapacitet vode dat je izrazom:

$$c_k = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \left[ \frac{J}{^{\circ}\text{C}} \right]$$

Visok toplotni kapacitet vode u okolini velikih jezera, mora ili okeana, odražava se i na klimatske uslove okolnih vazdušnih masa. Voda u njima tokom dana ili leti absorbuje i lageruje određenu količinu toplote, koja potiče od Sunca. Noću ili tokom zime postepeno hlađenje velike mase vode može zagrejati okolni vazduh. Takođe prilikom sezonskih promena, na primer prilikom prelaska leta u jesen, ili jeseni u zimu, dolazi do postepene, a ne nagle promene temperature.

Zbog toga područja oko mora ili velikih jezera, imaju sasvim drukčije klimatske uslove od kontinentalnih. Zbog visokog toplotnog kapaciteta, promena temperature vode, prilikom primanja ili odavanja energije, je znatno sporija nego kod drugih supstancija.

Toplotni kapacitet direktno je povezan sa formiranjem vodoničnih veza, koje omogućuju molekulu visok stepen slobode kretanja. Ako se toplota dovodi ledu ili vodi, prvo dolazi do raskidanja vodoničnih veza, što dozvoljava molekulu da se slobodno kreće. Ako se temperatura aproksimativno definiše kao mera srednje kinetičke energije svih molekula, ukoliko se vodi dovodi određena količina topote, molekuli se brže kreću a temperature polako raste. Deo dovedene količina topote troši se i na formiranje novih vodoničnih veza.

### 7.3. Gustina

Gustina neke supstance u čvrstom agregatnom stanju veća je od njene gustine u tečnom stanju. Stoga komad takve čvrste supstance tone u sopstvenoj tečnoj fazi. (Na tački topljenja, ili tački mržnjenja, tečna i čvrsta faza su u ravnoteži pa je taj ogled zaista i moguć.) Međutim, nasuprot tome, kod vode, čvrsta faza (led) umesto da tone, pliva na površini svoje tečne faze. Dakle, gustina leda je deset puta manja od gustine tečne vode. Ova 'anomalija' vode je od izvanrednog značaja. Hlađenjem od sobne temperature gustina vode raste (zapremina opada). Međutim, na + 4 °C, dakle, malo iznad tačke mržnjenja, gustina vode dostiže maksimum. Daljim hlađenjem od 4 °C do tačke mržnjenja gustina opet počinje da opada. Ovakvo ponašanje vode povezano je sa kristalnom strukturom običnog leda koji je poznat kao led Ih. (Voda ima nekoliko različitih čvrstih faza od kojih neke imaju gustinu veću od tečnosti, recimo amorfne faze vode.) Dakle, pomalo je čudno što je gustina običnog leda manja od gustine vode ali sve postaje jasno kada se uzmu u obzir osobine vodonične veze.

Nije preterivanje ako se kaže da ceo život na Zemlji počiva na ovoj osobini. Na primer, kada bi gustina leda bila veća od gustine tečnosti tada bi led nastao tokom zime vrlo lako ostao očuvan na dnu jer topla voda bi, zbog manje gustine ostala na površini i led bi se vrlo sporo topio. Dakle, ne bi bilo prirodnog mešanja vode zbog kojeg se na dnu, umesto leda, skuplja voda sa temperaturom od + 4 °C. Drugim rečima, stajaće vode bi se mrznule od dna ka vrhu i u njima ne bi moglo da bude višegodišnjih živih bića. Voda (i led) su dobri toplotni izolatori i prvi slojevi leda na površini vodenih masa usporavaju mržnjenje donjih slojeva jer se, zbog manje gustine, ne mešaju sa njima.

Dakle, ukupan efekat je da se, zbog postojanja vodoničnih, veza u prirodnom okruženju hladna voda konvekcijom spušta na dno vodene mase dok se ne postigne ravnoteža pri kojoj je temperatura na dnu + 4 °C. Voda i hladnija i toplija od 4 °C biće potisnuta na površinu.

Posledica toga je da je priojakoj zimi voda na površini, bez obzira na zamrzavanje hladnija nego na dnu što veoma usporava zamrzavanje po celoj zapremini, koje se odvija od vrha ka dnu.

#### 7.4. Trojna tačka

Na trojnoj tački u ravnoteži se nalaze sve tri faze, čvrsta, tečna i gasovita. Ona se postiže na kombinaciji pritiska i temperature jedinstvenoj za svaku supstanciju (stabilnu pod tim uslovima) pa je zgodna za kalibraciju temperaturske skale.

#### 7.5. Mpemba efekat

Pod određenim uslovima, primećeno je da vruća voda može da se zaledi pre nego hladna, iako treba da pređe veći temperaturni raspon. Iako svima izgleda nelogično, efekat se može objasniti efektima koji prate svako zaleđivanje: isparavanjem, prehlađivanjem, strujanjem i izolacijom.

#### 7.6. Površinski napon

Vodene kapljice su stabilne zahvaljujući visokom površinskom naponu koji je, opet posledica vodonosnih veza. I ova osobina je od izvanredne važnosti za život jer je deo osnovnog mehanizma kojim biljke uspevaju da sačuvaju vodu i kojim se voda prenosi od korena ka vrhu biljke.

Predstavlja pojavu smanjenja slobodne površine tečnosti. Objasnjava se neravnotežom međumolekulskih sila u površinskom sloju molekula. Obzirom da su kohezije sile koja deluje između molekula tečnosti veće od athezionih sila koje deluju između molekula tečnosti i molekula vazduha, molekuli bivaju privučeni ka unutrašnjosti tečnosti, njihov broj na površini se smanjuje i ona se ponaša kao zategnuta membrana.

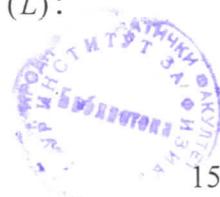
Pojavu karakteriše koeficijent površinskog napona. On se može definisati kao rad koji treba dase izvrši da se površina tečnosti poveća za jediničnu vrednost:

$$\gamma = \frac{\Delta A}{\Delta S} \left[ \frac{J}{m^2} \right]$$

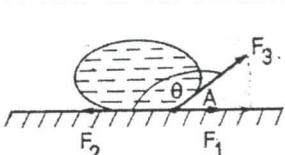
Izvršeni rad ekvivalentan je povećanu potencijalne energije granične površine tečnosti.

Koeficijent površinskog napona se može definisati kao sila, ( $F$ ), koja deluje normalno na jedinicu dužine ivice slobodne površine tečnosti, ( $L$ ):

$$\gamma = \frac{F}{L}$$



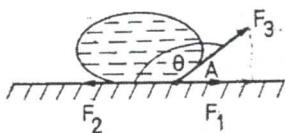
Jedinice za koeficijent površinskog napona u SI sistemu su  $J/m^2$  ili  $N/m$ . Površinski napon zavisi od prirode tečnosti i temperature (opada sa temperaturom). Takođe broj i vrsta molekula materijala, sa kojim se tečnost graniči, imaju uticaja na vrednost koeficijenta površinskog napona. Posledica delovanja kohezionih i athezionih sila je idealno sferan oblik kišne kapi u odsustvu gravitacionog polja Zemlje. Ako se kap nađe na nekoj podlozi, na primer staklo, ona dobija izdužen oblik.



Na kap deluju kohezione sile unutar molekula vode,  $F_2$ , athezionate sile između molekulavode i stakla,  $F_1$ , kao i athezionate sile između molekula vode i vazduha,  $F_3$ . Intenzitet rezultujuće sile:

$$F = F_1 - F_2 - F_3 \cos \theta$$

U ovom slučaju kaže se da voda „kiasi“ staklo odnosno razliva se po njemu. Ako bi se na staklu našla kap ulja ona bi ostala u obliku kapi, odnosno ulje ne „kiasi“ staklenu površinu, ne razliva se po njoj.



U slučaju da tečnost ne kiasi staklenu površinu, kao na primer u slučaju žive, kap se ne razliva, a na nju deluju rezultujuća sila koja je po intenzitetu:

$$F = F_1 + F_3 \cos(2\pi - \theta) - F_2$$

odnosno:

$$F = F_1 - F_3 \cos \theta - F_2$$

Posledica delovanja kohezionih i athezionih sila su i kapilarne pojave. Nivo vode u kapilarnoj staklenoj cevčici, uvek je vići od nivoa vode u širem sudu u koju je uronjena.

Obzirom da su kohezione sile veće od athezionih rezultujuća sila usmerena je ka zidukapilare. Zbog toga se molekuli tečnosti naslažu na zid kapilare, a sila površinskog napona težeći da smanji površinu tečnosti povlači je na gore. Tečnost se penje, sve dok se sila površinskog napona ne izjednači sa težinom tečnosti u kapilari.

### 7.7. Električne osobine

Čista voda je zapravo odličan izolator, odnosno slab provodnik, dakle, vrlo slabo provodi električnu struju. Međutim, pošto je izvanredan rastvarač u vodi uvek ima tragova rastvorka, najčešće soli. I najmanja količina takvih primesa vodu čini provodnom jer te soli disosuju na slobodne jone koji svojim kretanjem provode električnu struju.

### 7.8. Arhimedov zakon

Na svako telo uronjeno u tečnost deluje sila potiska, koja je jednaka težini telom istisnute tečnosti. Pri tome je zapremina tela jednaka zapremini istisnute tečnosti.

Uslovi pri kojima telo tone, lebdi ili pliva u vodi dobijaju se na osnovu odnosa težine tela i sile potiska:

$$F_p = Q$$

$$m_0 g = mg$$

$$\rho_0 Vg = \rho Vg$$

$$\rho_0 < \rho$$

$$\rho_0 = \rho$$

$$\rho_0 > \rho$$

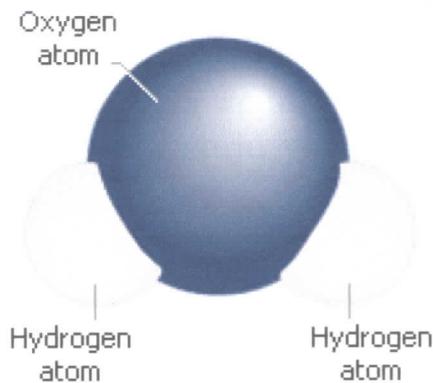
## 8. Hemijeske osobine vode

### 8.1. Voda kao molekul

Voda je jedina prirodna anorganska tečnost bez boje mirisa, ukusa. Antički filozofi su vodu smatrali kao osnovni element, tipizirajući je kao sve tečne supstance. To mišljenje se zadržalo sve do kraja 18 veka. Godine 1781. britanski hemičar Henry Cavendish uspeo je dobiti vodu sintezom vodonika i kiseonika iz vazduha. Međutim, rezultati njegovih eksperimenata nisu jasno interpretirani.

Nakon dve godine, francuski hemičar Antoine Laurent Lavoiser, dokazao je da voda nije element, već složen molekul vodonika i kiseonika.

Godine 1804. francuski hemičar Joseph Lois Gay-Lussac i nemački prirodnjak Alexander von Humboldt demonstrirali su da je voda molekul koji se sastoji iz dva atoma vodonika i jednog atoma kiseonika, povezanih kovalentnim vezama, koji su predstavljeni hemijskom formulom H<sub>2</sub>O.



Slika 7. Molekul vode

### 8.2. Amfoterna priroda vode

Hemijski, voda je amfoterna, dakle, ima osobine i kiseline i baze. Pri pH 7 (u neutralnoj sredini) koncentracija hidroksilnih jona (OH<sup>-</sup>) jednaka je koncentraciji hidronijum jona (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) (ili vodoničnih (H<sup>+</sup>)) jona. Ako se ta ravnoteža poremeti, rastvor postaje kiseo (kada poraste koncentracija hidronijum jona) ili bazan (kada poraste koncentracija hidroksilnih jona). U hemijskim reakcijama voda može da deluje i kao kiselina i kao baza.

### 8.3. Dipolna priroda vode

Važna osobina vode je polarnost, dakle, dipolna priroda molekula. Molekul vode je ugaonog oblika gde se atomi vodonika nalaze pod uglom od 104 stepeni mereno iz centra atoma kiseonika. Pošto je kiseonik elektronegativniji od vodonika, s kiseonične strane molekul je malo negativniji nego s vodonične što dovodi do stvaranja električnog dipola. Dakle molekul vode je s jedns strane malo negativan a sa druge malo pozitivan pa ta mala naelektrisanja među susednim molekulima deluju jedna na druge. Suprotna naelektrisanja se privlače a istoimena odbijaju što dovodi do dodatnih interakcija među molekulima vode i među drugim polarnim molekulima.

### 8.4. Voda kao rastvarač

Zahvaljujući svojoj polarnosti voda je takođe odličan rastvarač. Kada se jonska ili polarna jedinjenja nađu u vodi, polarni molekuli vode se grupišu oko čestice, jona ili molekula, i tako neutrališu sopstveno naelektrisanje jona ili molekula. U vodi je rastvorna većina supstanci koje mogu da disosuju poput baza, kiselina i soli, zatim polarna organska jedinjenja poput alkohola, aldehida i ketona. Međutim, u vodi su nerastvorna organska jedinjenja koja imaju velike nepolarne grupe poput masti i ulja. Nepolarni molekuli se ne mešaju sa vodom zato što je za molekule vode energijski mnogo povoljnije da obrazuju vodonične veze međusobno nego da se mešaju sa nepolarnim grupama.

## 9. Zagadživanje vode

Voda se u prirodi veoma retko nalazi u potpuno čistom stanju. Tokom njenog prirodnog kruženja u nju dospevaju gasovi, razne mineralne i radioaktivne materije, mikroorganizmi itd. Samo jedna baterija ili ulje iz motornog vozila bačenih na zemljište dovoljni su da trajno zatruju izvor pijaće vode. U hladnoj vodi lakše se rastvaraju gasovi, a u toploj čvrste materije. Proticanjem površinskih voda kroz zemljište, u njih dospevaju različite materije koje one dalje nose u more. Najčistije vode u prirodi predstavljaju meterološke (atmosferske) vode, koje sadrže najmanje količine mineralnih materija. Podzemne vode, po pravilu, predstavljaju izvor kvalitetne vode.

U procesu kruženja vode mnoge zagađujuće materije, koje čovek proizvodi u okviru svojih raznovrsnih aktivnosti, dospevaju u vodu. Kvalitet, vrsta, i mogućnosti zagadživanja prirodnih voda od strane čoveka veoma su raznovrsni. Osnovni izvori zagađivanja prirodnih voda su: gradske otpadne vode, razna infektivna sredstva, mineralna đubriva, organske i neorganske materije, minerali, sedimenti, sedimentne i radioaktivne materije i otpadna toplota.

Postoje tri osnovna kriterijuma za određivanje kvaliteta vode:

- ◆ Fizički pokazatelji služe za grubu procenu kvaliteta vode. Pomoću njih se lako može odrediti njen kvalitet. U ovu kategoriju spadaju: temperatura, miris, ukus, boja, zamućenost, rastvorene i suspendovane čvrste materije koje ostaju nakon isparavanja, providnost i električna provodljivost vode.
- ◆ Hemijski pokazatelji su specifičniji i pogodniji za trenutnu procenu kvaliteta. U ovu kategoriju spadaju : kiselost ili baznost (odnosno pH vrednost), stabilnost, agresivnost (tj. efekat vode prema pojedinim materijalima, gvožđu ili betonu na primer) i redoks-potencijal.
- ◆ Biološki pokazatelji predstavljaju siguran način određivanja karaktera i stupnja zagađenosti vode i utvrđivanje da li je zagađenje trajno ili privremeno.

### 9.1. Fizičko zagađivanje

Fizičko zagađivanje vode odnosi se prvenstveno na promene osnovnih fizičkih svojstava (temperatu, providnosti, zamućenja, radioaktivnosti, i dr.) koja mogu biti značajna za život vodenih organizama, a i za čoveka koji ih koristi u svakodnevnom životu.

Najznačajnije oblike ovakve vrste zagađivanja predstavljaju termalna, a naročito radioaktivna zagađivanja. U velikom broju raznih industrijskih i energetskih procesa koristi se voda kao sredstvo za hlađenje. Termalno zagađenje voda pokazuje raznovrsne štetne efekte, a može delovati i letalno na mikroorganizme. Efekti dejstva pregrejanih voda mogu se direktno ili indirektno odraziti na vodene organizme. Direktno dejstvo odražava se ubrzanjem pojedinih biohemijskih procesa. Indirektno uzrokuje smanjivanje količine rastvorenog kiseonika u vodi. Da bi se sprečilo prekomerno zagrevanje vode i neželjene posledice, često se industrijske vode hlađe. Za tu svrhu se posebno koriste posebne kule za hlađenje ili veštački bazeni.

### 9.2. Biološko zagađivanje

Pod biološkim zagađivanjem voda podrazumeva se prisustvo raznih patogenih organizama (bakterije, virusa, gljiva, glista, insekata itd.) koji predstavljaju uzročnike ili prenosioce zaraznih bolesti. Većina organizama je iz raznih otpadnih voda, i oni dospevaju u vodu za piće ili vodu koja se koristi u domaćinstvu. Ovi organizmi mogu uzrokovati veoma opasne epidemije.

### 9.3. Hemijsko zagađivanje

Najznačajniji i najobimniji izvor veštačkog zagađivanja je upravo ovaj. Osnovni izvori ove vrste zagađivanja su ljudska naselja, industrija i poljoprivreda. Ono može biti : organsko i neorgansko. Neorganske zagađujuće materije su : rastvorljive soli i kiseli ostaci. Osnovno organski zagađivači su otpadne materije iz ljudskih naselja, industrije, poljoprivrede i stočarstva. Po svome poreklu i sastavu, otpadne vode se mogu podeliti na industrijske i komunalne. Industrijske otpadne vode sadrže razne hemijske toksične supstance. One mogu poticati iz bazne i hemijske prerađivačke industrije, prilikom proizvodnje metala ili njihove obrade. Komunalne otpadne vode su izvor kanalizacionih mreža urbanih centara, koje se izlivaju u spoljašnju sredinu. Poseban problem predstavlja zagađenje podzemnih voda. Ova zagađenja jednim delom uzrokuje poljoprivreda (korišćenje veštačkih đubriva) i otpadne vode iz seoskih naselja. Svaki otpad pre ili kasnije dospeva do podzemnih voda.

## 10. Uticaj globalnog zagrevanja

Globalno zagrevanje dovelo je do širenja vode u okeanu i topljenja leda, a doveće do dalnjeg sve brzeg povećavanja nivoa svetskih mora, od 50 do 100 cm, ili čak i više. Pored toga, zbog povećane temperature, treba očekivati i povećano isparavanje i povećane kolicine padavina. Voda na planeti će pre svih ostalih elemenata klime pokazati drastične promene. Povećanje učestalosti poplava već sad predstavlja realnu opasnost.

Sa porastom temperature u atmosferi, povećavaju se i temperature velikih vodenih površina koje će se širiti na račun topljenja nekada „večno“ zaleđenih oblasti.

Širenje površine pod vodom će sa sobom doneti i povećanje nivoa mora. Na nivo u okeanima će brze uticati otapanje ledenih masa-glečera na kopnu. Glečeri se obično tope kada u toku zime padne manje snega nego što se tokom leta istopi. Naučnici predviđaju i češću pojavu vremenskih neprilika u godinama koje dolaze. Velike poplave koje su se ranije događale u proseku na svakih 100 godina, mogu bi se događati na svakih 10 ili 20 godina. Poplave mogu postati druotrajnije, a ugrožene oblasti znatno veće. Teško je reći da li su ove poplave izazvane baš klimatskim promenama o kojima govorimo ali je jasno sa kakvim se rizicima suočavaju stanovnici ovih područja i kakva ih sudsudina čeka ukoliko se poplave počnu dešavati češće.



Slika 8. Uticaj globalnog zagrevanja

## 11. Obrada nastavne teme Voda

### 11.1. Naučni metod

U nauci je standardizovan postupak kojim se dolazi do priznatih naučnih istina i kojim se formira naučni pogled na svet. Ako već imamo problem za koji tražimo naučno objašnjenje, postupak se sastoji od stvaranja teorije koja će, ako se pokaže ispravnom, razjasniti problem, i eksperimenta kojim se teorija podvrgava proveri. U zavisnosti od ishoda eksperimenta, teorija se smatra dokazanom (prihvata se) ili oborenom (odbacuje se). On glasi ovako:

1. **PROBLEM.** Formulisati problem tako da se nedvosmisleno vidi šta je pitanje i koju pretpostavku (hipotezu) treba proveriti. Problem mora biti neko pitanje iz čijeg odgovora ćemo naučiti nešto novo o prirodi. Podazumeva se da na to pitanje niko još ne zna odgovor. Dakle, predmet istraživanja je nešto što još nije ispitano a ne nešto o čemu 'istraživač' nema pojma. Ovo drugo bi se zvalo učenje, a ne nauka.

2. **TEORIJA.** Ideja o tome šta se nalazi iza pojave koja se istražuje i kojim metodama se treba služiti u proveri teorije (u nauci "teorija" ne znači "pretpostavka" ili "hipoteza" već se odnosi na čitavo učenje o nekoj pojavi). Prema legendi, Aristotel je tvrdio kako muškarci imaju više zuba od žena a da mu pri tome nikada nije palo na pamet da prikupi osnovni podatak - da prebroji zube sebi i svojoj ženi. Normalno, da je grdno pogrešio jer bez osnovnih podataka ne može ni misaono da se napreduje.

3. **EKSPERIMENTALNA PROVERA TEORIJE.** Kreiranje i izvođenje testa koji će potvrditi ili oboriti teoriju. Ovo je možda najvažniji element metode. Dakle, analiza prikupljenih podataka proširuje se na još nepoznato i izvodi hipoteza šta iz prikupljenih podataka sledi. Prema tome, formulisanje hipoteze najvažniji je element naučne metode jer iz dobre hipoteze sledi dobar eksperiment. Posmatranjem ili eksperimentom hipoteza se može potvrditi ili osporiti. Ako se povrdi onda raste i verovatnoća da smo na pravom putu u pronalaženju odgovora, a ako je eksperiment ospori, vraćamo se nazad i postavljamo novu hipotezu.

4. **ANALIZA I DISKUSIJA PROVERE.** Analizom eksperimenta testira se valjanost hipoteze. Poređenje sa rezultatima drugih autora, koji se odnose na sličnu problematiku.

5. ZAKLJUČAK da li, i u kojoj meri, rezultati eksperimenta potvrđuju teoriju. Treba biti oprezan da na zaključak ne bi uticala predubedenja ili predrasude koje svaki ispitivač, budući da je i sam ljudsko biće, unosi u ispitivanje. Dakle, zaključke je dozvoljeno izvoditi samo na osnovu dokaza koji su provereni i potvrđeni, bez obzira na lične želje i sopstveno shvatanje pojave koja se ispituje. Na osnovu jedne ili više potvrđenih hipoteza izvlači se zaključak o postavljenom pitanju koji kasnije može da posluži za formulisanje nove teorije. U nauci ništa nije konačno te novim eksperimentima stare hipoteze bivaju često osporene. Onda se predlaže nova itd. i u opticaju ostaju samo one koje još nisu eksperimentalno osporene. Takve, ako su univralne prvo zovemo pravilima, pa principima i na kraju zakonima. Mi ne možemo da ih potvrdimo ali hipoteze iz kojih su izrasli još nisu osporene u valjanom eksperimentu.

Neke naučne hipoteze u neempirijskim disciplinama tako su složene da njihovu proveru vrše čitave generacije naučnika, pa ipak nemamo pouzdan odgovor na pitanje da li su tačne. Kad se i na to pronađe odgovor, one će ili biti odbačene ili će dobiti status naučnih istina. Ipak, rezultati jednog eksperimenta uglavnom se ne usvajaju automatski niti se koriste za donošenje zaključaka; što bi se naučnim jezikom reklo, rezultati pojedinačnih eksperimenata nisu konkluzivni nego sugestivni. Oni se objavljaju u stručnim publikacijama, posle čega se od strane drugih naučnika analiziraju, kritikuju i uglavnom se slični eksperimenti sprovode na više mesta u svetu. Niko se ne plaši da će mu ideja biti ukradena, jer je već ustoličeno pravilo da je autor ideje onaj ko je prvi objavio. Novi eksperimenti najčešće se izvode pod strožijim uslovima, pri čemu se grozničavo traga za slabostima i nedorečenostima početnog eksperimenta. Svako ko pronađe neki nedostatak odmah će pokušati da usavrši teoriju ili da drugačije osmisli i izvede eksperiment i objaviće svoja zapažanja, što će i njemu doneti priznanja. Veoma je važno da je eksperiment ponovljiv (reproducibilan), da može da ga izvede svako ko želi i ima uslova za to. On se obično ponavlja mnogo puta pod strogo kontrolisanim uslovima, pre nego što naučni svet konsenzusom usvoji novu teoriju.

## 11.2. Primena naučnog metoda u radu sa učenicima od I do IV razreda

Za uspešno demonstriranje pojava u prirodi, kada su u pitanju učenici od I-IV razreda osnovne škole koriste se jednostavni ogledi. Svrha jednostavnih ogleda pored demonstracije određenih pojava je i uvođenje naučnog metoda u svakodnevnu školsku praksu. Jednostavni ogledi omogućuju formiranje određenog oblika formalnog mišljenja - eksperimentalno mišljenje, kada učenici treba da otkriju sve ono što može da utiče na neku pojavu kao i njene uzroke. Činjenica je da su učenici veoma zainteresovani za realne pojave. Oni bolje razumeju ono što vide i mogu da urade sami svojim rukama, nego ono što treba da zamišljaju. Zato jednostavni ogledi čine nastavu zanimljivom i interesantnom.

U našim školama se sve više uvode jednostavni ogledi u svakodnevnu školsku praksu. Oni se mogu realizovati pomoću materijala koji se nalaze svud oko nas, odnosno ne zahtevaju skupu aparaturu, mogu izvesti pomoću materijala koji su svima dostupni, a koji se često susreću i u domaćinstvu. Razvijaju manuelne sposobnosti učenika, veoma su očigledni, nisu zamorni, imaju visoko motivacioni karakter, a uspešno izvođenje u većini slučajeva propraćeno je osmehom, ili izrazom zadovoljstva na licu, kako kod učenika tako i kod nastavnika, a često i burom oduševljenja.

Uvođenje jednostavnih eksperimenata u svakodnevnu školsku praksu, ima višestruk značaj: pored aktivnog učešće učenika u njihovoј realizaciji ako se nastavnik pridržava osnovnih elemenata koji karakterišu naučna istraživanja: hipoteza, eksperiment, prikaz rezultata, zaključak i ključne reči – novi usvojeni pojmovi, onda jednostavan eksperiment postaje nezamenljiv na svim nivoima obrazovanja.

Da bi se izveo eksperiment neophodno je:

- ◆ postaviti cilj eksperimenta,
- ◆ nacrtati jasnu sliku sa koje se na prvi pogled vidi o kakvom je eksperimentu reč,
- ◆ napraviti spisak predmeta i materijala potrebnih za izvođenje eksperimenta,
- ◆ opisati koncizno i jasno kreiranje i izvođenje eksperimenta,
- ◆ dati kratko fizičko objašnjenje eksperimenta,

U nastavku će biti prikazani neki jednostavni eksperimenti, koji se mogu primeniti u obradi nastavne teme voda sa učenicima od I-IV razreda osnovne škole.

### 11.3. Predlog obrade nastavne teme Voda

Ovaj rad predstavlja prikaz jednog od mogućih načina obrade nastavne teme o vodi. To znači da je pored objašnjenja pojave vode na Zemlji, posebna pažnja u radu posvećena i obradi nastavne teme Voda. Tako kompletan rad može poslužiti kao osnova za pisanje pripreme za nastavne časove na kojima se obrađuje voda, primereno uzrastu od I do IV razreda.

#### I nastavna jedinica: Agregatna stanja vode

Tok časa:

1. Formiranje grupa
2. Predznanje učenika (prepostavljeni odgovori)
3. Izvođenje eksperimenata, razgovor i iznošenje rezultata eksperimenata
4. Usvojeni pojmovi

#### 1. Formiranje grupa

Podela učenika u grupe metodom slučajnog uzorka. Učenici se dele u grupe tako što uzimaju listće na kojima su ispisana slova V, O, D, A. Oni koji su izvukli isto slovo čine jednu grupu.

#### 2. Predznanje učenika

Provera predznanja učenika metodom dijaloga.

Gde se sve voda nalazi?

Korišćenje vode?

Oblici pojavljivanja vode u prirodi?

\*Prepostavljeni odgovori

U rekama, morima, barama, curi iz slavine...

Voda se koristi za piće, za kuhanje, pranje veša, zalivanje bašte, za kupanje.

Voda se javlja u vidu kiše, leda, pare.

#### 3. Izvođenje eksperimenata

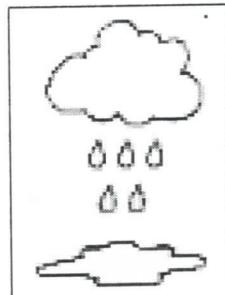
Predloženi eksperimenti:

- ◆ Napravi kišu
- ◆ Napravi maglu
- ◆ Kako sačuvati led
- ◆ Kruženje vode u priodi

### \* Napravi kišu

#### Potreban materijal:

- ◆ tegla od majoneza
- ◆ tanjur
- ◆ topla voda
- ◆ kocke leda



#### Izvođenje eksperimenta:

Stavi oko 5 cm veoma tople vode u staklenu teglu. Pokri teglu tanjirom i sačekaj nekoliko minuta pre nego što nastaviš. Stavi kocke leda na tanjur. Posmatraj šta se događa.

#### Objašnjenje:

Tanjir ohlađen kockicama leda izaziva kondenzaciju vodene pare koja se nalazi u zagrejanom vazduhu u tegli i obrazuju se vodene kapljice. To isto se događa u atmosferi. Topao, vlažan vazduh se penje i u višim slojevima atmosfere nailazi na hladan. Vodena para se kondenuje, a nastale kapljice padaju na Zemlju.

### \* Napravi maglu

#### Potreban materijal:



- ◆ staklena tegla
- ◆ cediljka za čaj
- ◆ voda
- ◆ kocke leda

#### Izvođenje eksperimenta:

Napuni staklenu teglu toplom vodom i ostavi je oko minut u tegli. Prospi skoro svu vodu iz tegle - ostavi oko 5 cm. Stavi cediljku preko vrha tegle. Stavi nekoliko (3-4) kocki leda u cediljku. Posmatraj šta se događa!

### Objašnjenje:

Hladan vazduh koji se formira oko kocki leda meša se sa topim vazduhom. Veći deo vazduha u tegli prouzrokuje kondenzaciju vodene pare i formira se gusta magla.

### \* Kako sačuvati led?

### Potreban materijal:

- ◆ posuda sa komadićima leda
- ◆ posude od različitih materijala (stakla, plastike, sa ili bez poklopca)
- ◆ komadi različitog materijala (vuna, platno, sintetika...)
- ◆ česma sa vodom
- ◆ rešo
- ◆ časovnik sa štopericom

### Izvođenje eksperimenta:

Uzmi komadiće leda, približno iste veličine i postavi ih u različite posude, koje nisu zatvorene.

Uzmi komadiće leda, približno iste veličine i postavi ih u posude od istog materijala, ali ih ovaj put zatvorи poklopcem.

Uzmi komadiće leda, približno iste veličine i umotaj ih u različite tkanine.

Stavi led u hladnu vodu uzetu ispod česme. Šta se događa?

Zagrej vodu i stavi led u nju. Opiši šta vidiš?

Sačekaj i kontroliši. Posle izvesnog vremena neki komadići leda će se istopiti, a neki ne. Promeni mesto u učionici da vidiš da li se isto događa.

Napravi spisak posuda i tkanina, počev od onih gde se led najbrže istopio.

Šta zaključuješ?

Šta se događa kada je led u hladnoj, a šta kada je u vreloj vodi?

### Objašnjenje eksperimenta:

Led se topi različitom brzinom u otvorenim i zatvorenim posudama. Takođe, brzina kojom se led topi zavisi i od materijala tkanine u koje si uvio led. Led se najbrže topi u vodi, a najduže se komadići leda zadrže u vunenoj tkanini, odnosno plastičnoj posudi. Dakle, neki materijali ne dozvoljavaju razmenu toplote. Oni se nazivaju termički izolatori. Ako se komad leda stavi u vrelu vodu, on se kreće što pokazuje da do razmene topline dolazi strujanjem.

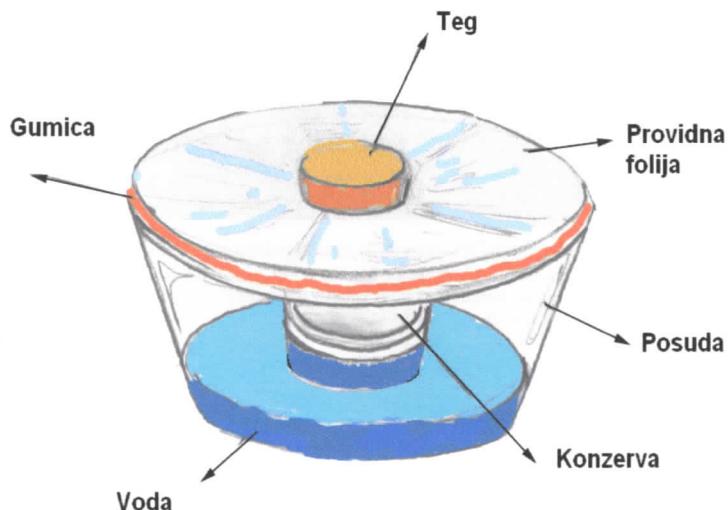
## \* Kruženje vode u prirodi

### Potreban materijal:

- ◆ velika providna činija
- ◆ providna folija
- ◆ mali teg
- ◆ konzerva
- ◆ gumica

### Izvođenje eksperimenta:

Postaviti konzervu u sredinu providne činije. Ispuniti činiju vodom, vodeći računa da ne uđe u konzervu. Pokriti činiju providnom folijom, a potom pričvrstiti guminicom. Postaviti teg na sredinu folije. Izložiti Suncu.



### Objašnjenje eksperimenta:

Sunčev zračenje će dovesti do isparavanja, kapljice vode će se kondenzovati na plastičnu foliju i ispuniti konzervu. I tako stvaramo malu repliku vodenog ciklusa koji se odvija u prirodi.

## 4. Usvojeni pojmovi

Agregatna stanja vode- čvrsto, tečno, gasovito.

## II Nastavna jedinica: Voda i njena svojstva

Tok časa:

1. Formiranje grupa
2. Predznanje učenika (prepostavljeni odgovori)
3. Izvođenje eksperimenata, razgovor i iznošenje rezultata eksperimenata
4. Usvojeni pojmovi

### 1. Formiranje grupa

Podela učenika u grupe metodom slučajnog uzorka. Učenici se dele u grupe tako što uzimaju listće na kojima su ispisana slova V, O, D, A. Oni koji su izvukli isto slovo čine jednu grupu.

### 2. Predznanje učenika

Nema života bez vode.

Voda služi za piće.

Šećer i so se rastvaraju u vodi.

Voda je bezbojna, bez mirisa i ukusa.

### 3. Izvođenje eksperimenta

#### \*Voda kao rastvarač

Potreban materijal:

- ◆ mala bočica sa čepom
- ◆ mala plastična kašičica
- ◆ sedam čašica sa pripremljenim materijalom koji se ispituje (šećer, kuhinjska so, brašno, nes kafa, sirče, ulje, griz)
- ◆ sedam praznih čašica, baterija, kablove, ampermeter

Izvođenje eksperimenta:

Posmatrati šta se događa kada se količina vode kao rastvrača povećava, a količina supstancije koja se rastvara ostaje ista. Na početku uzeti malu količinu vode, dovoljnu da se pojava zapazi (jedan čep od bočice vode), a potom povećavati (dva čepa, tri čepa..). Prikazati rezultate.

Povezati kablove sa ampermetrom, posmatrati šta se događa kada kablove zaronimo u čašice sa različitim supstancama.

### Objašnjenje eksperimenta:

Čista voda ne provodi struju.

Neke čvrste supstance se rastvaraju u vodi (kafa, so, šećer), a neke ne (brašno, griz). Neke tečne supstance se ne rastvaraju u vodi, plivaju (ulje), a neke tečne supstance se rastvaraju (sirće).

### \*Kako sijalica svetli?

#### Potreban materijal:

- ◆ čaša
- ◆ so
- ◆ voda
- ◆ sijalica
- ◆ baterija
- ◆ žice

#### Izvođenje eksperimenta:

U čašu sipati vodu i dodati so. Bateriju povezati sa žicom na njena oba kraja. Jedan kraj žice povezati sa sijalicom, a drugi kraj žice zaroniti u vodu u kojoj je rastvorena so. Posmatrati šta se događa.

Postepeno dodavati veću količinu soli i posmatrati šta se događa.

#### Objašnjenje eksperimenta:

Pri dodatku soli u čistu vodu, sijalica počinje da svetli.

Ukoliko se doda više soli u vodu, sijalica jače svetli.

Voda provodi struju.

#### 4. Usvojeni pojmovi:

Rastvarač, rastvorljivost, rastvorna supstanca, provođenje struje.

Ovde su date opšte metodičke napomene vezane za obradu tematske jedinice o Vodi za uzrast I do IV razreda osnovne škole. Zatim su podrobniјe opisani jednostavniji eksperimenti pomoću kojih se u I i IV razredu najlakše obrađuje kruženje vode u prirodi, postojanje vode u sva tri agregatna stanja. Eksperimenti su pažljivo odabrani, tako da svaki reprezentuje po jednu osobinu vode; na kraju su te osobine pregledno predstavljene, kao i svi novousvojeni pojmovi vezani za ovu oblast.

## 12. Zaključak

Održivi razvoj nije suština za prirodu, već pre sposobnost ljudskog društva da izvodi stalne reforme u cilju da sačuva osetljivu ravnotežu između ljudi i njihovog prirodnog sistema za održanje života (prirode).

Odnos čoveka prema okolnoj živoj i neživoj prirodi izuzetan je i vrlo specifičan. Ta specifičnost se ogleda pre svega u dvostrukoj ulozi koju ima na Zemlji. Sa jedne strane, čovek je sastavni deo prirode. Međutim, od vremena svoje pojave, čovek je dublje i trajnije od bilo kojeg drugog bića na Zemlji menjao svoje prirodno okruženje, stvarajući pri tom poseban kulturni okvir.

Uticaji i promene koje je čovek činio u odnosu na okolnu sredinu bile su u prvim etapama razvoja čovečanstva male i beznačajne i uglavnom lokalnog značaja. Tokom kasnijih etapa, međutim, one postaju sve dublje i trajnije.

U cilju održanja ravnoteže između ljudi i njihovog prirodnog sistema za održanje života – prirode, neophodno je da što šira populacija poznaje osnovne zakone prirodnih nauka. Zato je izuzetno značajno da učenici na lak i jednostavan način putem niza jednostavnih eksperimenata steknu prve informacije o prirodi i prirodnim pojavama. U ovom radu u prvom delu, prikazan je značaj vode, kao i njene osnovne fizičke i hemijske karakteristike. U drugom delu prikayan je predlog obrade nastavne teme voda, na osnovu jednostavnih ekperimenata koji se mogu uraditi sa učenicima od I – IV razreda osnovne škole.

#### *14. Literatura*

1. Svet oko nas, III izdanje, dr. Josip Malić, 1987 god., Zagreb
2. Poznavanje prirode, Elvira Franić, 1991 god., Beograd
3. Eksperimentalna fizika, Ivan Ančin, Ivan Vasiljević, 1990 god., Novi Sad
4. Ekologija i zaštita životne sredine, Ivo Savić, Veljko Terzija, 1997 god., Beograd
5. Voda od nastanka do upotrebe, Darko Mayer, 2004 god, Zagreb
6. Ruka u testu, Društvo fizičara Srbije, 2003 god, Beograd
7. Fizički sadržaji u nastavi prirode, Dušanka Obadović, Imre Gut, 2005 god, Novi Sad
8. Encarta DVD Reference library
9. D. Ž. Obadović: Eksperimenti tipa "Uradi sam" Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Soko Banja, 2004, 107-118.
10. D. Obadović: Radionica za eksperimente tipa "Uradi sam" Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Vrnjačka Banja, 2005, 169-174.
11. D. Ž. Obadović: «Implementacija jednostavnih eksperimenata u nastavi fizike, Zbornik radova sa savetovanja profesora fizike Vrnjačka banja 27.februar –1.mart.2006.
12. Sajtovi:
  - [www.vivafizika.com](http://www.vivafizika.com)
  - [www.astronomija.co.yu](http://www.astronomija.co.yu)
  - [www.nationalgeographic.com](http://www.nationalgeographic.com)
  - [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
  - [www.znanje.org](http://www.znanje.org)
  - [www.h20university.org](http://www.h20university.org)
  - [www.hunkinsexperiments.com](http://www.hunkinsexperiments.com)
  - [www.aqualife.ba](http://www.aqualife.ba)
  - [www.climatecrisis.net](http://www.climatecrisis.net)
  - [www.planeta.org.yu](http://www.planeta.org.yu)
  - [www.science.hq.nasa.gov](http://www.science.hq.nasa.gov)
  - [www.google.com](http://www.google.com)
  - [www.msn.encarta.com](http://www.msn.encarta.com)

## *Biografija*

Marija Jovanović je rođena 16.02.1984. godine u Novom Sadu. Završila gimnaziju „Laza Kostić“ godine 2003. Potom upisala Prirodno-matematički fakultet. Završava istoimeni fakultet 2007. god, sa prosečnom ocenom 8,4. Konkurisala na master studije na istom fakultetu.



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

<i>Redni broj:</i> <b>RBR</b>	
<i>Identifikacioni broj:</i> <b>IBR</b>	
<i>Tip dokumentacije:</i> <b>TD</b>	Monografska dokumentacija
<i>Tip zapisa:</i> <b>TZ</b>	Tekstualni štampani materijal
<i>Vrsta rada:</i> <b>VR</b>	Diplomski rad
<i>Autor:</i> <b>AU</b>	Marija Jovanović
<i>Mentor:</i> <b>MN</b>	Dr. Dušanka Obadović
<i>Naslov rada:</i> <b>NR</b>	Nastavna tema: Voda u integrisanoj nastavi prirode
<i>Jezik publikacije:</i> <b>JP</b>	srpski (latinica)
<i>Jezik izvoda:</i> <b>JI</b>	srpski/engleski
<i>Zemlja publikovanja:</i> <b>ZP</b>	Srbija
<i>Uže geografsko područje:</i> <b>UGP</b>	Vojvodina
<i>Godina:</i> <b>GO</b>	2007.
<i>Izdavač:</i> <b>IZ</b>	Autorski reprint
<i>Mesto i adresa:</i> <b>MA</b>	Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
<i>Fizički opis rada:</i> <b>FO</b>	5/30/0/0/10/1/0
<i>Naučna oblast:</i> <b>NO</b>	Fizika
<i>Naučna disciplina:</i> <b>ND</b>	Demonstracioni eksperiment u nastavi
<i>Predmetna odrednica / ključne reči:</i> <b>PO</b> <b>UDK</b>	Pojam vode kao molekula, osobine vode, kruženje vode u prirodi.
<i>Čuva se:</i> <b>ČU</b>	Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu
<i>Važna napomena:</i> <b>VN</b>	nema

<i>Izvod:</i> <b>IZ</b>	U radu je prikazana obrada nastavne teme «Voda» u integrисаној nastavi prirodnih nauka. Pored teorijskog objašnjenja osnovnih fizičkih i hemijskih karakteristika vode, prikazani su jednostavni eksperimenti predviђenih za uzrast učenika od I – IV razreda osnovne škole. Odabrani eksperimenti osim što omogууju učenicima da na lak i jednostavan način razumeju osnovne karakteristike vode, podsticu kreativnost učenika, timski rad kao i uvođenje naučnog metoda u svakodnevnu nastavu prirodnih nauka.
<i>Datum prihvatanja teme od NN veća:</i> <b>DP</b>	
<i>Datum odbrane:</i> <b>DO</b>	19.10.2007. 25.10.2007.
<i>Članovi komisije:</i> <b>KO</b>	
<i>Predsednik:</i>	dr Mirjana Segedinac, red. prof.
<i>član:</i>	dr. Srđan Rakić, docent
<i>član:</i>	dr. Dušanka Obadović, red. prof.

UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

## KEY WORDS DOCUMENTATION

<i>Accession number:</i>	
<b>ANO</b>	
<i>Identification number:</i>	
<b>INO</b>	
<i>Document type:</i>	Monograph publication
<b>DT</b>	
<i>Type of record:</i>	Textual printed material
<b>TR</b>	
<i>Content code:</i>	Final paper
<b>CC</b>	
<i>Author:</i>	Marija Jovanović
<b>AU</b>	
<i>Mentor / comentor:</i>	Dr. Dušanka Obadović
<b>MN</b>	
<i>Title:</i>	„Water“-theme in integrated approach to natural sciences
<b>TI</b>	
<i>Language of text:</i>	Serbian (Latin)
<b>LT</b>	
<i>Language of abstract:</i>	English
<b>LA</b>	
<i>Country of publication:</i>	Serbia
<b>CP</b>	
<i>Locality of publication:</i>	Vojvodina
<b>LP</b>	
<i>Publication year:</i>	2007
<b>PY</b>	
<i>Publisher:</i>	Author's reprint
<b>PU</b>	
<i>Publication place:</i>	Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
<b>PP</b>	
<i>Physical description:</i>	5/30/0/0/10/1/0
<b>PD</b>	
<i>Scientific field:</i>	Physics
<b>SF</b>	
<i>Scientific discipline:</i>	Demonstrative experiments in teaching
<b>SD</b>	
<i>Subject / Key words:</i>	Water as a molecule, characteristic of water, water cycle
<b>SKW</b>	
<b>UC</b>	
<i>Holding data:</i>	Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4
<b>HD</b>	
<i>Note:</i>	none
<b>N</b>	
<i>Abstract:</i>	Water-theme in integrated approach to natural sciences. In addition to theoretical explanation of
<b>AB</b>	

	water, water cycle, characteristics of water, here are shown simple experiments, appropriate for children from I-IV grade of elementary school. Chosen experiments provide children to understand on simple and easy way the basic characteristic of water, stimulate creativity, team work as introducing scientific method in everyday learning natural sciences.
<i>Accepted by the Scientific Board:</i> <b>ASB</b>	
<i>Defended on:</i> <b>DE</b>	19.10.2007.
<i>Thesis defend board:</i> <b>DB</b>	
<i>President:</i>	dr. Mirjana Segedinac, full professor
<i>Member:</i>	dr. Srđan Rakić, assistant professor
<i>Member:</i>	dr. Dušanka Obadović, full professor