

---

Marija Denić

## Katalitičko razlaganje vodonik-peroksida u prisustvu zeolita A izmenjenog jonima bakra(II)

---

*U ovom radu ispitivano je katalitičko dejstvo zeolita A izmenjenog jonom bakra(II) na razlaganje vodonik-peroksida. Najpre je izvršena jonska izmena natrijuskog oblika zeolita A jonom  $\text{Cu}^{2+}$ . Utvrđeno je da je procenat jonske izmene 100%, s tim što se određena dodatna količina  $\text{Cu}^{2+}$  adsorbovala na spoljašnu površinu zeolita. Zatim je praćeno samorazlaganje vodonik-peroksida na sobnoj temperaturi u toku 48 h. Za to vreme razložilo se 19.5% vodonik-peroksida. Razlaganje vodonik-peroksida u prisustvu zeolita CuA praćeno je na pet rastvora vodonik-peroksida različitih koncentracija. Ustanovljeno je da zeolit CuA katalizuje reakciju razlaganja vodonik-peroksida jer se pri svakoj početnoj koncentraciji nakon 3 h razložilo preko 98% vodonik-peroksida. Uz pretpostavku da je red reakcije jednak jedinici, dobijeno je da vrednosti konstante brzine reakcije zavise od početne koncentracije reaktanta, što je takođe pokazatelj složenog mehanizma reakcije.*

---

### Uvod

Reakcije i osobine vodonik-peroksida ispituju se preko sto godina, ali zbog njihove složenosti mehanizmi većine reakcija nisu u potpunosti rasvetljeni. Usled sposobnosti da se ponaša i kao oksidaciono i kao redukciono sredstvo, detaljna kinetička analiza njegovih reakcija je otežana.

Vodonik-peroksid je otkrio Thenard 1818. godine (Melor 1964). Bezbojna je tečnost ako se posmatra tanak sloj, dok je debeo sloj plave boje. To je viskozna supstanca, bez mirisa, a razblaženi vodeni rastvori imaju metalni ukus. Reč je o polarnom jedinjenju koje se sa vodom meša u svim odnosima. Molekul vodonik-peroksida nije planaran. Njegova struktura prikazana je na slici 1 (Filipović i Lipanović 1987).

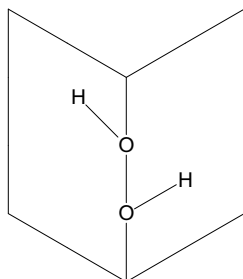
Veza između kiseonikovih atoma predstavlja jednu od najslabijih kovalentnih veza, i stoga se ona može lako raskinuti (homolitički ili heterolitički). Vodonik-peroksid se u vodenim rastvorima ponaša kao slaba kiselina ( $K_{a1} = 2.4 \cdot 10^{-12}$ ).

Vodonik-peroksid se koristi i kao oksidaciono i kao redukciono sredstvo (Melor 1964; Filipović i Lipanović 1987; Gould 1967).

---

*Marija Denić (1986),  
Niš, Sarajevska 105,  
učenica 3. razreda  
Gimnazije "Bora  
Stanković" u Nišu*

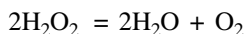
*MENTOR:  
mr Vesna  
Stankov-Jovanović,  
asistent na  
Prirodnomatemičkom  
fakultetu u Nišu*



Slika 1.  
Struktura  
vodonik-peroksida

Figure 1.  
Hydrogen peroxide  
structure

S obzirom da poseduje jaku oksidacionu i redukcionu moć, vodonik-peroksid je podložan disproporcionisanju:



Molekul je termodinamički nestabilan (Gould 1967). Zbog velike energije aktivacije ( $E_a > 160$  KJ/mol) na sobnoj temperaturi se ovaj proces odvija vrlo sporo, pa se razblaženi rastvori pod određenim uslovima mogu čuvati relativno dugo.

Kataliza je proces u kojem dolazi do ubrzavanja hemijskih reakcija. Supstance u prisustvu kojih se hemijske reakcije ubrzavaju nazivaju se katalizatori. Ono što je zajedničko za sve katalitičke procese je činjenica da katalizator menja reakcioni put, snižava energiju aktivacije, i time ubrzava reakciju, ne menjajući promenu standardne slobodne energije, a samim tim ne utiče na položaj ravnoteže, već samo na vreme uspostavljanja ravnotežnog stanja (Dondur 1992).

Razlikujemo tri tipa katalize:

1. homogena kataliza – proces u kome se elementi reakcionog sistema (reaktanti, intermedijeri, proizvodi i katalizatori) nalaze u jednoj fazi;
2. heterogena kataliza – proces u kome su elementi reakcionog sistema raspoređeni u više faza;
3. homogeno heterogena kataliza – procesi na micelama, koloidnim česticama, enzimima itd.

Pri heterogenoj katalizi brzina reakcije zavisi od vrednosti površine katalizatora i od broja aktivnih centara na njemu. Aktivni centri su mesta gde se vrši hemijska adsorpcija reaktanata i pretpostavlja se da su aktivni centri sposobni da oslabe ili raskinu veze u molekulima reaktanata.

Tačan mehanizam većine heterogenih katalitičkih reakcija nije ustanovljen, ali je sigurno sledeće:

1. dolazi do hemisorpcije bar jednog reaktanta na katalizatoru;
2. energija aktivacije katalisane reakcije je manja od energije aktivacije nekatalisane reakcije, ali se veoma često ne može precizno odrediti;
3. katalitički proces se sastoji iz niza elementarnih stupnjeva, pri čemu je katalizator, reaktant u prvom stupnju (pri hemisorpciji),

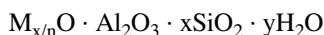
produkt reakcije nakon hemisorpcije novonastalih hemijskih vrsta, dok u intermedijernim stupnjevima ima relativno nedefinisanu ulogu.

Neki od često korišćenih katalizatora u reakciji razlaganja vodonik-peroksida su: joni halogenih elemenata, jodati, soli gvožđa, soli bakra, hromati, permanganati, vanadati, kompleksi prelaznih metala i bakar-aluminijum oksidi; zatim, koristi se fotohemijsko razlaganje, kao i razlaganje pod dejstvom jonizujućeg zračenja, enzima, minerala itd. (Baxendale *et al.* 1952; Ragsdale *et al.* 1988).

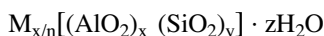
U poslednjih nekoliko godina ispitivano je razlaganje vodonik-peroksida u prisustvu smola izmenjenih aaminskim kompleksima prelaznih metala (bakra, kobalta i nikla), koji zbog posedovanja nepopunjenih d-orbitala imaju izražena katalitička svojstva (Lebedev *et al.* 1976). Kada je u pitanju mehanizam razlaganja reaktanata na smoli, reakcija se odvija i na površini i u unutrašnjosti čestica katalizatora. Pri reakciji na smoli odigrava se homogena kataliza u *pore liquid*-u koja poseduje elemente i homogene i heterogene katalize (Glasner 1951).

Slično je i sa zeolitima, kristalnim hidratiziranim aluminosilikatima tro-dimenzionalnih poroznih struktura, koji poslednjih godina nalaze sve širu primenu. Otkriveno je oko 40 prirodnih, a sintetisano je preko sto zeolita. Sam naziv "zeolit" je grčkog porekla i može se prevesti kao "stena koja ključa", čime je opisano njihovo svojstvo da sa povišenjem temperature gube vodu (reverzibilno).

Zeoliti se mogu prikazati formulom (Jacobs 1977):



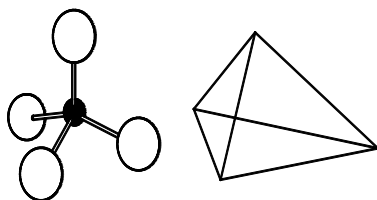
gde je M katjon koji kompenzuje negativno naelektrisanje zeolitske mreže, a n njegovo naelektrisanje. Uzimajući u obzir sastav jedinične ćelije zeolita, koristi se i sledeći prikaz:



Broj z nije konstantan, već zavisi od brojnih faktora (npr. temperatura, pritiska). Termička stabilnost zeolita zavisi od odnosa y/x, koji prema Leveštajnovom pravilu ne sme biti manji od jedinice (Breck 1975).

Osnovne izgrađivačke jedinice zeolita su  $[SiO_4]^{4-}$  i  $[AlO_4]^{5-}$  tetraedri koji se povezuju preko kiseonikovih atoma obrazujući trodimenzionalnu negativno naelektrisanu mrežu (slika 2). Negativno naelektrisanje mreže kompenzuje se odgovarajućim katjonima (alkalnim ili zemnoalkalnim metalima, prelaznim metalima ili jonskim grupama (npr.  $NH_4^+$ ), kao i protonima).

Kubooktaedar koji nastaje povezivanjem 24 tetraedra  $TO_4$  ( $TO_4 = [SO_4]^{4-}$  ili  $[AlO_4]^{5-}$ ) poznat je pod imenom sodalitska jedinica (Breck 1975). Sodalitske jedinice se mogu povezivati na različite načine i njihovim ponavljanjem u prostoru dobijaju se pravilne trodimenzionalne strukture.



Slika 2.  
 $\text{SiO}_4^{4-}$  odnosno  $\text{AlO}_4^{5-}$   
 tetraedri

Figure 2.  
 $\text{SiO}_4^{4-}$  and  $\text{AlO}_4^{5-}$   
 tetrahedrons, respectively

Porozna struktura zeolita se sastoji iz velikog broja šupljina i kanala. Katjoni koji kompenzuju negativno naelektrisanje mreže nisu fiksirani već se mogu kretati kroz odgovarajuće kanale. Štaviše, oni mogu biti zamenjeni nekim drugim katjonom iz rastvora. Ovaj proces se naziva jonska izmena i često se primenjuje radi poboljšanja katalitičkih svojstava zeolita.

Kada su zeoliti u pitanju, katalitičke reakcije se ne odigravaju na površini zeolita, već unutar zeolitskih pora. Sistem kanala i šupljina formira veliku unutrašnju specifičnu površinu. Pošto je mreža zeolita negativno naelektrisana, i to naelektrisanje nije strogo lokalizovano već je podeljeno između kiseonikovih atoma u mreži, moguća je interakcija molekula reaktanta, osim sa aktivnim centrima i zeolitskom mrežom.

Pored porozne strukture, jonoizmenjivačkih osobina i velikog broja aktivnih centara, zeolite odlikuje i velika stabilnost koja omogućava učestvovanje u reakcijama na visokim temperaturama. Zatim, zeoliti poseduju definisane otvore pora molekulskih dimenzija, što omogućava selektivnost u odnosu na reaktante i proizvode reakcije. Na zeolitima se mogu vršiti i naknadne modifikacije koje se ogledaju u promeni odnosa Si/Al, a time se utiče na broj i jačinu aktivnih centara, kao i na stabilnost zeolita. Sve ove navedene osobine čine zeolite izuzetno pogodnim katalizatorima.

U ovom radu ispitivano je katalitičko dejstvo zeolita A izmenjenom jonom bakra na razlaganje vodonik-peroksida u cilju detektovanja novog katalizatora za datu reakciju.

Zeolit A pripada LTA tipu zeolita koji nastaje spajanjem sodalitskih jedinica preko dvostrukog četvoročlanog prstena. U tako formiranoj strukturi postoje dva tipa kaveza: mali sodalitski, ili  $\alpha$ , i veliki, ili  $\beta$  kavez. Veliki ili  $\beta$  kavez u ovoj strukturi nastao je spajanjem osam sodalitskih jedinica preko dvostrukih četvoročlanih prstenova. Tako formirani kavez je poliedar čiji otvor čini osmočlani prsten prečnika 4.2 Å. Karakteriše ga nizak odnos Si/Al, relativno mala stabilnost mreže, mala stabilnost u kiselinama, velika stabilnost u bazama i visoka koncentracija kiselih grupa srednje jačine.

## Ekspiriment

Ekspirimentalni deo se sastojao iz dve faze:

1. jonska izmena zeolita A jonom  $\text{Cu}^{2+}$
2. praćenje razlaganja vodonik-peroksida

Kao polazni uzorak u postupku jonske izmene korišćen je natrijumski oblik zeolita A (sintetisan u Institutu za opštu i fizičku hemiju u Beogradu). Jonska izmena je vršena rastvorom bakar sulfata koncentracije  $0.2543 \text{ mol/dm}^3$  tokom 6 h uz konstantno mešanje na magnetnoj mešalici. Nakon toga, zeolit je ispran destilovanom vodom i sušen 3 sata na  $130^\circ\text{C}$ . Ovako pripremljen zeolit (CuA) je bio spreman za upotrebu.

Procenat jonske izmene određen je standardnom kompleksometrijskom metodom pomoću EDTA (Pecev i Perović 1997), i to na osnovu razlike koncentracija  $\text{Cu}^{2+}$  jona u rastvoru pre i nakon jonske izmene. Utvrđeno je da je procenat izmene 100%, s tim što se određena dodatna količina  $\text{Cu}^{2+}$  jona adsorbovala na spoljašnjoj površini zeolita.

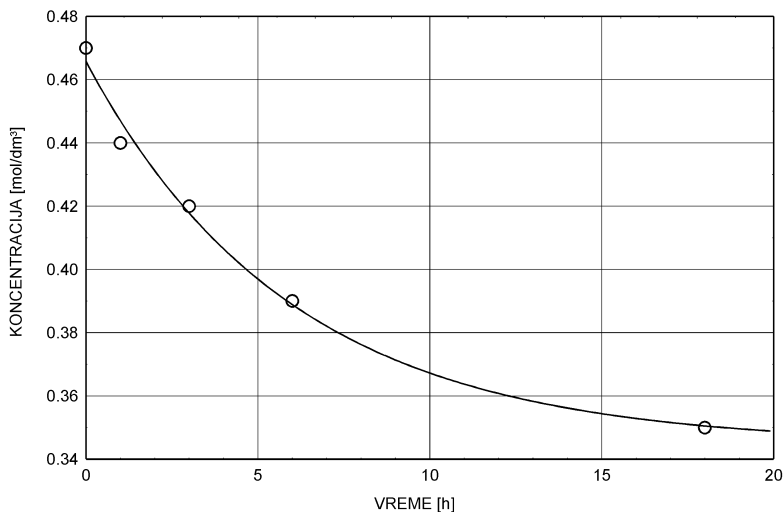
Razlaganje vodonik-peroksida u prisustvu zeolita CuA je praćeno na sobnoj temperaturi sa 5 rastvora vodonik-peroksida početnih koncentracija:  $0.1850 \text{ mol/dm}^3$ ,  $0.2900 \text{ mol/dm}^3$ ,  $0.3700 \text{ mol/dm}^3$ ,  $0.4670 \text{ mol/dm}^3$  i  $0.5520 \text{ mol/dm}^3$ . Zeolit (2g zeolita CuA) je prelivan sa 150 mL rastvora vodonik-peroksida određene koncentracije. Reakcija je tekla uz mešanje na magnetnoj mešalici. Nakon određenog vremenskog intervala je uziman alikvot od 1 mL koji je razblaživan destilovanom vodom u normalnom sudu od 25 mL. Koncentracija vodonik-peroksida u novodobijenom rastvoru je određivana standardnom permanganometrijskom metodom (Pecev i Perović 1997). Korišćen je  $0.0021 \text{ mol/dm}^3$  rastvor kalijum permanganata koji je standardizovan standardnim rastvorom natrijum oksalata.

Tokom eksperimenta korišćene su sledeće hemikalije:

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (p. a.)
- natrijumski oblik zeolita A (p. a.)
- 30%-tni rastvor vodonik-peroksida
- standardni rastvor kalijum permanganata koncentracije  $0.0021 \text{ mol/dm}^3$
- natrijum oksalat (p. a.)
- granule cinka
- koncentrovana hlorovodonična kiselina
- koncentrovana sumporna kiselina
- standardni rastvor EDTA koncentracije  $0.1017 \text{ mol/dm}^3$
- koncentrovani amonijačni rastvor
- amonijum hlorid (p. a.)
- mureksid (p. a.)

## Rezultati i diskusija

Vodonik-peroksid je nestabilno jedinjenje koje se u normalnim uslovima spontano razlaže. Praćeno je razlaganje rastvora vodonik-peroksida početne koncentracije  $c = 0.2900 \text{ mol/dm}^3$  na sobnoj temperaturi tokom vremena i na slici 3 je prikazana odgovarajuća kinetička kriva.



Slika 3.  
Kinetička kriva  
razlaganja  
vodonik-peroksida  
početne koncentracije  
 $c = 0.2900 \text{ mol/dm}^3$

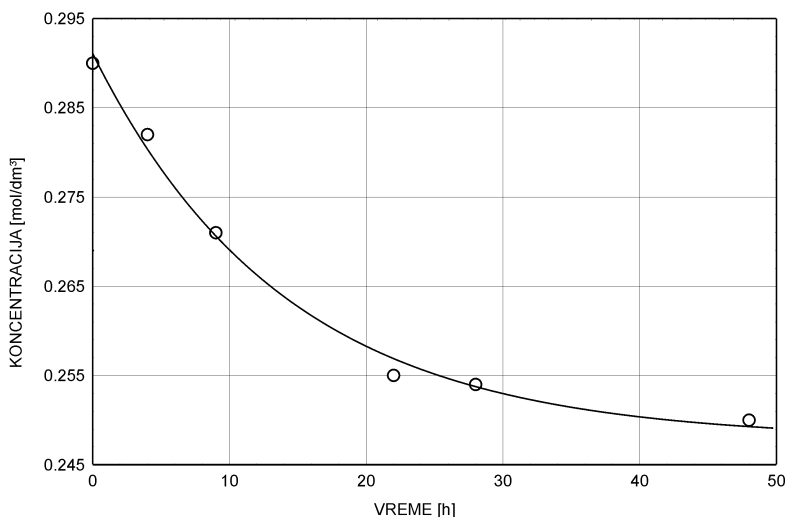
Figure 3.  
Kinetic curve of  
hydrogen peroxide  
decomposition at  
initial concentration  
 $c = 0.2900 \text{ mol/dm}^3$

Vodonik-peroksid se slabo razlaže na sobnoj temperaturi. Njegovo razlaganje je praćeno u toku 48 sati i za to vreme se razložilo 19.5% vodonik-peroksida.

Razlaganje vodonik-peroksida praćeno je potom u prisustvu natrijumskog oblika zeolita A da bi se utvrdilo u kojoj meri sam neizmenjen zeolit A katalizuje datu reakciju. Rezultati su prikazani na slici 4.

Sa slike 4 se može videti da se nakon 18.5 sati (koliko je praćeno razlaganje) razložilo 28.1% vodonik-peroksida, što navodi na zaključak da zeolit A slabo katalizuje razlaganje vodonik-peroksida.

Nakon jonske izmene zeolit je promenio boju iz bele u svetlo plavu. U toku reakcije razlaganja vodonik-peroksida primećeno je da zeolit menja



Slika 4.  
Kinetička kriva  
razlaganja  
vodonik-peroksida u  
prisustvu neizmenjenog  
zeolita A

Figure 4.  
Kinetic curve of  
hydrogen peroxide  
decomposition in the  
presence of zeolite A

boju iz svetlo plave u maslinasto zelenu, a vremenom prelazi u braon, dok se nakon reakcije boja ponovo vraća u plavu. Primećeno je izdvajanje mehurića što predstavlja dokaz da se molekul vodonik-peroksida raspada i da molekulski kiseonik napušta reakcioni sistem.

U tabeli 1 prikazani su rezultati razlaganja vodonik-peroksida za pet različitih početnih koncentracija u opsegu od 0.1850 do 0.5520 mol/dm<sup>3</sup> u prisustvu CuA posle 1 sata, koji ukazuju na to da je izmenjeni zeolit A efikasan katalizator reakcije razlaganja vodonik-peroksida.

Tabela 1. Procenat razlaganja vodonik-peroksida posle 1 sata

Početna koncentracija vodonik-peroksida [mol/dm <sup>3</sup> ]	Procenat razlaganja
0.1850	75.14
0.2900	66.10
0.3700	50.00
0.4670	74.00
0.5520	55.60

Pri svakoj početnoj koncentraciji vodonik-peroksida, nakon 3 sata razložilo se preko 98% vodonik-peroksida.

Konstanta brzine određivana je na dva načina: metodom početnih brzina i iz nagiba prave  $-\ln c = f(t)$ , uz pretpostavku da je red reakcije jednak jedinici.

U prisustvu zeolita CuA, proces razlaganja vodonik-peroksida je ispitivan za različite početne koncentracije reaktanata, što omogućava određivanje reda reakcije metodom početnih brzina. Iz nagiba prave:

$$-\ln v_0 = f(-\ln c)$$

određen je red reakcije, a iz odsečka konstanta brzine. Pri tom je korišćen izraz za brzinu reakcije:

$$v = -dc/dt = k m c^n$$

gde je  $v$  – brzina reakcije,  $k$  – konstanta brzine,  $m$  – masa katalizatora,  $c$  – odgovarajuća koncentracija vodonik-peroksida i  $n$  – red reakcije. Ovaj izraz su predložili Dejvis i Tomas (Davies i Thomas 1952). Oni su kao katalizator koristili smolu, ali s obzirom na njenu sličnost sa zeolitom ista formula je i ovde primenjena, jer se radi o jonskim izmenjivačima velike unutrašnje površine. Razlika je jedino u tome što su u smoli joni vezani za mrežu polimera, a u zeolitu za alumosilikatnu mrežu. Reakcije u kojima se koriste oba katalizatora poseduju elemente i homogene i heterogene katalize – sama mreža (zeolita ili smole) preuzima ulogu rastvarača, ali s druge strane javlja se problem difuzije reaktanata do aktivnih centara.

Red reakcije određen na ovaj način je 0.5, a konstanta brzine  $k = 1.16 \cdot 10^4 \text{ (mol/dm}^3\text{)}^{1-n} \text{ s}^{-1}\text{g}^{-1}$ . Razlomljena vrednost za red reakcije je pokazatelj složenog mehanizma reakcije, što se moglo pretpostaviti iz izgleda kinetičkih krivih.

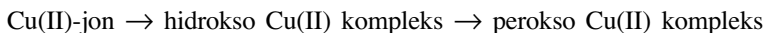
Da bi se proverila opravdanost pretpostavljenog prvog reda reakcije razlaganja vodonik-peroksida na zeolitima izračunati su faktori regresije i rezultati su predstavljeni u tabeli 2.

Tabela 2. Konstante brzina i faktori regresije za reakciju razlaganja  $\text{H}_2\text{O}_2$  na CuA zeolitu

Poč. konc. (mol/dm <sup>3</sup> )	n	Konstanta brzine 10 <sup>4</sup> (s <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	Faktor regresije
0.1850	1	4.95	0.98
0.2900	1	2.60	0.96
0.3700	1	2.05	0.98
0.4670	1	1.43	0.97
0.5520	1	1.10	0.96

Na osnovu numeričkih vrednosti faktora regresije koji su bliski jednici bila je opravdana pretpostavka da je reakcija razlaganja vodonik-peroksida približno prvog reda, s obzirom na složenost procesa. Takođe se može zaključiti da vrednosti za konstantu brzine zavise od početne koncentracije reaktanta, što je takođe pokazatelj složenog mehanizma reakcije. Konstanta brzine određena na ovakav način nije sasvim tačna, već predstavlja približnu vrednost, ali se uspešno može primeniti za poređenje efikasnosti nekih katalizatora.

Priloženi rezultati su potvrda da u prisustvu jonski izmenjenog zeolita reakcija razlaganja vodonik-peroksida biva znatno ubrzana. Iz literature (El-Sheikh *et al.* 1988; Hayakawa i Nakamura 1974) je poznato da u toku katalitičkog razlaganja vodonik-peroksida jonima bakra dolazi do obrazovanja kompleksnog jedinjenja braon boje. Pretpostavljeni mehanizam je sledeći:



Ustanovljeno je da je braon jedinjenje perokso kompleks i da predstavlja aktivnu vrstu u procesu razlaganja vodonik-peroksida. On sadrži  $\text{O}_2^-$  radikal koji je koordinativno vezan za  $\text{Cu}^{2+}$  jon i koji je usled koordinacije stabilizovan. Kompletna struktura ovog kompleksa nije određena. Pretpostavljeni mehanizam katalitičkog razlaganja vodonik-peroksida na zeolitu CuA je verovatno sličan prethodno objašnjenom mehanizmu, s obzirom da se u toku rada najpre pojavljuje braon boja koja potiče od perokso-kompleksa bakra, koji je jonski izmenjen na zeolitu A.



## Zaključak

U ovom radu ispitivano je razlaganje vodonik-peroksida u prisustvu zeolita A izmenjenog jonom  $\text{Cu}^{2+}$ . Ustanovljeno je da ispitivani zeolit katalizuje reakciju disproporcionisanja vodonik-peroksida. Pri svakoj početnoj koncentraciji se nakon 3 sata razložilo preko 98% vodonik-peroksida.

U toku reakcije je primećena promena boje katalizatora, što ukazuje na nastanak intermedijera i hemijske promene u sistemu, a samim tim i na složeni mehanizam reakcije razlaganja vodonik-peroksida. To je utvrđeno prilikom pokušaja da se izvede, makar približna, kinetička jednačina datog procesa.

Takođe, pokazano je da neizmenjeni zeolit slabo katališe reakciju razlaganja vodonik-peroksida.

**Zahvalnost.** Zahvaljujem se mr Vesni Stankov-Jovanović, asistentu na Prirodnomatemičkom fakultetu u Nišu na korisnim savetima i svesranoj pomoći pruženoj pri izradi ovog rada. Takođe, želim da se zahvalim Biljani Arsić na pruženoj podršci i pomoći, i Mileni Vasić na pomoći u toku realizacije ovog rada.

---

## Literatura

- Barrer R. M. 1978. *Zeolite and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves*. Academic Press
- Baxendale J. H., Franceburg W. G., Komarewsky V. T., Riedal A. K. 1952. *Advances in Catalysis*. New York: Academic Press
- Breck D. W. 1975. *Zeolite molekular sieves*. John Wiley
- Davies C. W., Thomas G. G. 1952. *J. Chem. Soc.*, 1607
- Dondur V. 1992. *Hemijska kinetika*. Beograd: Fakultet za fizičku hemiju
- El-Sheikh M. Y., Ashmway F. M., Salem I. A., Zaki A. B. 1998. *Z. Phys. Chemie, Leipzig*, 296 (1): 126
- Filipović I., Lipanović S. 1987. *Opća i anorganska kemija*. Zagreb: Školska knjiga
- Glasner A. 1951. *J. Chem. Soc.*, 904
- Gould E. S. 1967. *Neorganske reakcije i struktura*. Beograd: Naučna knjiga
- Hayakawa K., Nakamura S. 1974. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 47: 1162
- Jacobs P. A. 1977. *Carboniogenic Activity of Zeolites*. New York: Elsevier Scientific Publishing Company
- Melior 1964. *Moderna neorganska hemija*. Beograd: Naučna knjiga
- Ragsdale R. O., Vanderhooft J. C., Zipp A. P. 1988. *J. Chem. Edu.*, 75: 215
- Pecev T., Perović J. 1997. *Titrimetrijske metode analize*. Niš: PMF

## Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide in the Presence of Zeolite A Alternated with $\text{Cu}^{2+}$ Ions

Hydrogen peroxide is a both oxidative and reductive agent and these characteristics make it widely used. It is disproportionated and the products are molecular oxygen and water:



At a room temperature, this process happens very slowly because of the high activation energy needed, but it could be accelerated adding various catalysts.

During the last few years, crystalline hydrated aluminosilicates with 3D porous structure, zeolites, have been widely used. Beside their porous structure, zeolites are characterized as good catalysts also because of their ion-exchange characteristics, great number of active sites, great stability etc.

In this paper the catalytic effect of zeolite A alternates with  $\text{Cu}^{2+}$  ions on the decomposition of hydrogen peroxide is analyzed. During this procedure, the sodium type of zeolite A was ionic alternated and it was concluded that the percent of ion exchange was 100%. An adequate additional quantity of  $\text{Cu}^{2+}$  ions was adsorbed on zeolite surface. The decomposition of hydrogen peroxide at room temperature during 48 hours was followed. During that time, 19.5% of hydrogen peroxide was decomposed. The decomposition of hydrogen peroxide in the presence of sodium type of zeolite A was also followed. After 18.3 h, 28.1% of hydrogen peroxide it was decomposed, bringing the conclusion that zeolite A had a small effect on this reaction.

The decomposition of hydrogen peroxide in the presence of zeolite CuA was followed in five solutions of hydrogen peroxide of various concentrations. It was concluded that zeolites CuA catalyzed the reaction of decomposition of hydrogen peroxide because in each initial concentration, after 3 h, more than 98% of hydrogen peroxide was decomposed.

In the end, an attempt was made to derive an, at least approximate, rate law. The kinetic curves of catalytic decomposition of hydrogen peroxide were drawn, and based on them it was concluded that the appropriate mechanisms were complicated. We can see that this is true in non integer reaction order values obtained by the initial rates method. From the slope of the curve  $\ln c = f(t)$ , presuming that the reaction order is one, it was concluded that the values of constants of reaction rates depend on the initial reactants concentrations, which is also an indicator of the complex reaction mechanism.

