

უკ 54:541.57

წყალბადური ბმის სწავლების პრობლემატიკისა და მეთოდიკის ზოგიერთი ასპექტი უმაღლესი სასწავლებლის ზოგადი ქიმიის კურსში

¹ჩუბინიძე ალეგი, ²თურქაძე ციცილო

¹²ქუთაისის ნ.მუსხელიშვილის სახელობის სახელმწიფო ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიის კათედრა

ანოტაცია

სტატიაში განიხილება უმაღლესი სასწავლებლის ზოგადი ქიმიის კურსით გათვალისწინებული საკითხის - წყალბადური ბმის - სწავლების მეთოდიკის ზოგიერთი ასპექტი. წარმოდგენილია წყალბადური ბმის ბუნების პრობლემატური საკითხების სწავლების მეთოდიკა, იმ არგუმენტთა გათვალისწინებით, რომ წყალბადური ბმის ენერგია მნიშვნელოვნად (ერთი რიგით) ჩამორჩება ქიმიური, სახელოდობრ, კოვალენტური ძალების ანალოგიურ მაჩვენებელს და, მეორეს მხრივ, წყალბადურ ბმას, როგორც ავტორთა გარკვეული წრე მიუთითებს, გააჩნია ნაწილობრივ დონორულ-აქცეპტორული ბუნება. სტატიაში განიხილება აღნიშნული ბმის შესახებ არსებული თანამედროვე წარმოდგენები.

საკვანძო სიტყვები

ქიმიური ბმა, კოვალენტური ძალები, ბმის ენერგია, ელექტრონული სიმკვრივე.

წარმოდგენები წყალბადური ბმის შესახებ XIXს. ბოლოს (1887წ. ილინსკი) და XXს. დასაწყისში გაჩნდა (ვ. ლატიმირი, ვ.როდებუში). წყალბადური ბმის (H-ბმა) ბუნების ასახსნელად მეცნიერთა მიერ მრავალი გამოკვლევა ჩატარდა. მიუხედავად ამისა, მეცნიერთა შორის H-ბმის ბუნების ახსნისადმი ერთიანი მიდგომა და H-ბმის საერთოდმილებული განსაზღვრება [1] დღემდე არ არსებობს. ამ მიმართებით, საერთო აზრი, უმაღლესი სასწავლებლის ქიმიური მიმართულების სპეციალისტების სტუდენტთათვის განკუთვნილ სასწავლო ლიტერატურაშიც ვერ ჩამოყალიბდა, რაც არსებითად ართულებს H-ბმის სწავლების მეთოდიკის საკითხს. მაგალითად, ე.რემსდენის მიერ [2] H-ბმა ხასიათდება, როგორც „კოვალენტური ბმა წყალბადისა და ძლიერ ელექტროუარყოფითი ელემენტის (F, Cl, O და N) ატომს შორის“, ხოლო სხვა სახელმძღვანელოში [3] აღნიშნულია, რომ „წყალბადური ბმის პროცესში ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედების გარდა ადგილი აქვს დონორულ-აქცეპტორულ ურთიერთქმედებასაც“.

ნაშრომის მიზანია შინაარსობრივად სადისკუსიო საკითხის - „წყალბადური ბმის“ სწავლების მეთოდიკის ზოგიერთი ასპექტის წარმოდგენის მცდელობა უმაღლესი სასწავლებლის ბაკალავრიატის ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კურსისათვის.

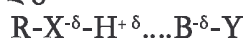
როგორ წარვმართოთ H-ბმის სწავლების თანმიმდევრობა?

საკითხის „H-ბმა“ განხილვამდე სტუდენტებს გადაეცემათ წარმოდგენები ქიმიური ბმის ბუნების შესახებ, თანამედროვე შეხედულებები კოვალენტური და იონური ბმის შესახებ; ამასთან, მათი შედარებითი დახასიათება. ამ საკითხთა გადაცემის სიღრმე, მოცულობა და თანამედროვეობა აიგება იმ ფონზე, რომ სწავლების საშუალო რგოლების ქიმიის კურსში განხილულია წარმოდგენები წყალბადური ბმების შესახებ. კონკრეტულად, ხაზი გაესმება ელექტრონული სიმკვრივის განაწილებისა და ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედების საკითხს.

მიზანწეშონილად მიგვაჩნია H-ბმის სწავლება წარმართოთ შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. წყალბადური ბმის წარმოქმნის მექანიზმი. ბუნებაში, მოლეკულებს შორის დაფიქსირებულია ბმა, რომელსაც მეცნიერებმა წყალბადური ბმა უწოდეს. წყალბადური ბმა ხორციელდება მოლეკულებს შორის, რომელთა შემადგენლობაში შედის წყალბადატომი და მაღალი ელექტროუარყოფითობის ელემენტი (ფტორი, ქლორი, ჟანგბადი, აზოტი).

„ელექტროსტატიკური თვალთახედვა“. H-ბმათა კვლევაში დიდხანს დომინირებდა აზრი, რომელსაც შეიძლება „ელექტროსტატიკური თვალთახედვა“ ვუწოდოთ [4]. აღნიშნული თვალთახედვით, H-ბმა განიხილება ე.წ. დიპოლ-დიპოლური ანუ ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედებით, რომლის მიხედვით, როცა H-ბმაში მონაწილე წყალბადატომი უკავშირდება ელექტროუარყოფით ატომს, ხდება ელექტრონული სიმკვრივის გადანაწილება.



ელექტროსტატიკური თვალთახედვით ვერ აიხსნება H-ბმათა შესწავლისას დაფიქსირებული ყველა ექსპერიმენტალური ფაქტი:

- დიპოლური მომენტის შესახებ წარმოდგენებით არ ხერხდება H-ბმათა ენერჯის საკითხი ახსნა, რადგან ელექტროსტატიკურ ურთიერთქმედებასთან შედარებით H-ბმას 10-ჯერ მეტი სიმტკიცე გააჩნია.
- თანამედროვე გაანგარიშებები გვიჩვენებენ [4], რომ H-ბმაში მონაწილე წყალბადატომზე ჯამური მუხტი პრაქტიკულად არ იცვლება (H_2 -ის მოლეკულასთან შედარებით) [4].

H-ბმის წარმოქმნის „ალტერნატიული“ მექანიზმი - დონორულ-აქცეპტორული წარმოდგენა. მოყვანილი საკითხების ასახსნელად მეცნიერთა ნაწილი მიიჩნევს, რომ H-ბმას, დონორულ-აქცეპტორული ურთიერთქმედების გამო, ნაწილობრივ კოვალენტური ბუნება გააჩნია.

H-ბმის კოვალენტური ბუნების ახსნისას, თანამედროვე ტერმინოლოგიით, H-ბმის წარმოქმნა განიხილება როგორც პროტონოდონორის (ბრენსტედის მეჯავა, ელექტროაქცეპტორი) ურთიერთქმედება პროტონოაქცეპტორთან (ფუძე, ელექტროდონორი). ამ პროცესის სქემატური წარმოდგენისათვის პროტონოდონორის მოლეკულა ავლინიშნოთ A - H, ხოლო პროტონოაქცეპტორი - :B. ე.ი. H-ბმა შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც არავალენტური ურთიერთქმედება, რომლის დროსაც წარმოიქმნება მდგრადი კომპლექსი A - H...B მოლეკულათაშორისი H-ბმით, რომელშიც H ატომი ასრულებს ხიდის როლს A და B ფრაგმენტის შეკავშირებაში.

მეცნიერთა გარკვეულ წრეებში დომინირებს აზრი, რომ H-ბმა თავისი წარმოშობით არ განსხვავდება ქიმიური ბმებისაგან და რომ მას, ქიმიური ბმებისაგან განასხვავებს „განაწილების პოლარიზაცია და წყალბად-შეკავშირებულ ფრაგმენტის ატომთა რხევითი მოძრაობის დინამიკა“ [4].

ელექტროსტატიკური და დონორულ-აქცეპტორული წარმოდგენების კორელაცია. დღესდღეობით, მეცნიერთა წრეებში გაჩნდა მოსაზრება, რომ H-ბმა იკავებს შუალედურ ადგილს ნამდვილ (ვალენტურ) ქიმიურ ბმასა და სუსტ მოლეკულათაშორის ურთიერთქმედებას შორის. რომელთან უფრო ახლოა ეს ბმა - პასუხი არაერთმნიშვნელოვანია, რადგან H-ბმათა ენერჯის ცვლილების დიაპაზონი ძალზე ფართოა. ქვანტურ-ქიმიური გამოთვლები [1, 5, 6] გვიჩვენებენ, რომ H-ბმაში ძირითადი ნაწილი ელექტროსტატიკურ ძალებს შეაქვთ. აქვე მართებულად მიგვაჩნია შევნიშნოთ,

რომ დღემდე გამოკვეთილად არ არსებობს თვით ქიმიური ბმის ზოგადად მიღებული განსაზღვრება. ვფიქრობთ, რომ უნდა ჩამოყალიბდეს ქიმიური ბმის განსაზღვრება და ამის შემდგომ, H-ბმის შესახებ არსებული მონაცემების საფუძველზე დავასკვნათ მისი ქიმიური ძალებისადმი მიკუთვნების მიზანშეწონილობის შესახებ. ამ ეტაპზე კი დასკვნები, H-ბმის ბუნების შესახებ, ჩვენის აზრით, დაუზუსტებელ ხასიათს ინარჩუნებენ.

2. H-ბმის მნიშვნელობა სულ უფრო მეტად გაცნობიერდა უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში, როცა დამტკიცდა მისი უმნიშვნელოვანესი როლი კონდენსირებულ მდგომარეობაში მრავალი მარტივი მოლეკულური სისტემების (მაგ. წყალი) და ასევე ბიოპოლიმერების (ნუკლეინმჟავები და ცილები) სტაბილიზაციაში. H-ბმები საშუალებას აძლევენ პოლიმერულ ჯაჭვებს შეერთდნენ სპეციფიკურ სამგანზომილებიან სტრუქტურებად, რაც მათ ფუნქციონალურ ბიოლოგიურ აქტიურობას ანიჭებს. H-ბმის გაწყვეტა ცილებსა და ნუკლეინმჟავებში მათი ბიოლოგიური ფუნქციების დაკარგვას იწვევს. აღნიშნულიდან, ნაწილობრივ ჩანს H-ბმის მნიშვნელოვანი როლი ბიოლოგიურ პროცესებში.

3. H-ბმის ბუნება. აღნიშნული ბმის ბუნების ასახსნელად მრავალი გამოკვლევა ჩატარდა და ამ მიმართებით არსებული კონცეფციები მეცნიერთა მიერ არაერთგვაროვნად აღიქმება, H-ბმის ახსნისადმი პრინციპიალური მიდგომა კი დღემდე არ შეცვლილა - საზიარო პროტონის კონცეფცია უცვლელი დარჩა. დღესდღეობით, მეცნიერები H-ბმას სპეციფიკური ურთიერთქმედების კლასს მიაკუთვნებენ და ამ სპეციფიკურობათა საფუძველში H-ატომის ბუნება დევს. ძირითადად კი ესაა პროტონის ძალზე მცირე მასა და რადიუსის სიდიდე სხვა ატომების ანალოგიურ სიდიდეებთან შედარებით.

ნაერთებისათვის, რომლებიც შეიცავენ O-H, N-H და F-H ბმას, დიდი ხანია აღნიშნულია ანომალიები: ისინი ძლიერ ასოცირებულნი არიან და აქვთ ანომალიურად მაღალი დუდილის ტემპერატურა. ასეთ მოვლენათა ახსნის მიებაში შეიქმნა წყალბადური ბმის კონცეფცია.

H-ბმის ბუნების განხილვამდე წარმოვადგინოთ არსებითი ექსპერიმენტალური ფაქტები [4], რომლებიც ამ პროცესს ახლავს თან:

1. H-ბმის წარმოქმნისას გამოიყოფა სითბო - H-ბმის ენერჯის საზომი. ჩვეულებრივ, H-ბმის ენერჯია 10-:-30 კჯ/მოლის ფარგლებში დევს, ზოგჯერ კი ასობით კჯ/მოლს აღწევს [4]. ანსხვავებენ ძლიერ და სუსტ H-ბმებს. ძლიერი H-ბმებისათვის წარმოქმნის ენერჯია შეადგენს 15-:-20 კჯ/მოლს (წყალი, სპირტი, კარბონმჟავები, ცილები, OH...N, N-H...O და NH...N ბმები). სუსტი H-ბმებისათვის ეს სიდიდე 15კჯ/მოლზე მცირეა (C-H...O ბმა კეტონებში, ეთერებში). H-ბმის ენერჯის ქვედა ზღვარს 4-:-6 კჯ/მოლი წარმოადგენს. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია შევნიშნოთ, რომ დღემდე ფიგურირებს აშკარა განსხვავებული მოსაზრებები წყალბადური ბმის ენერჯის ქვედა და ზედა ზღვრების შესახებ [7, 8, 9, 10].

2. H-ბმაში მონაწილე ორ მეზობელ ატომს შორის მანძილი მნიშვნელოვნად მცირეა მათი ვან-დერ-ვაალსური რადიუსების ჯამზე. მაგალითისათვის განვიხილოთ სისტემა O-H...O, რომელშიც ჟანგბადის ატომებს შორის მანძილი - $d(O...O)$ 0,276ნმ-ს შეადგენს. O-H კოვალენტური ბმის სიგრძე $d(O-H)=0,15$ ნმ, ხოლო $d(H...O)=0,176$ ნმ. ეს სიდიდე მნიშვნელოვნად მცირეა ჟანგბადისა და წყალბადის ატომთა ვან-დერ-ვაალსური რადიუსების ჯამზე, რომელთა მნიშვნელობები შესაბამისად 0,14-ისა და 0,115ნმ-ის ტოლია ე.ი. მათი ჯამი $\Sigma=0,26$ ნმ, რაც გაცილებით მეტია $H...O$ ბმის სიგრძეზე. უფრო

ზოგადად დომინირებს მოსაზრება [11, 12], რომ $d(O\cdots O)$ - H-ბმაში მონაწილე ჟანგბადატომებს შორის მანძილი იცვლება 0,240-დან 0,290ნმ-მდე საზღვრებში. ცალკეული ავტორები [13, 14, 15] მიუთითებენ აგრეთვე: $d(O\cdots O)=0,229$ ნმ და $d(O\cdots O)=0,220$ ნმ.

3. წყალბადური ბმა ზრდის X-H ბმის სიგრძეს, რაც იწ-სპექტრში იწვევს ვალენტური რხევის შესაბამისი ხაზის გადახრას უფრო მცირე სიხშირეების მხარეს.

4. H-ბმის წარმოქმნისას X-H ბმის პოლარობა იზრდება, რაც იწვევს მოლეკულური კომპლექსის დიპოლური მომენტის ზრდას.

5. პროტონები, რომლებიც მონაწილეობენ H-ბმებში ხასიათდებიან უფრო დაბალი ელექტრონული სიმკვრივით, ამიტომ ისინი განიცდიან დეეკრანიზაციას, რაც ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) სპექტრებში რეზონანსული სიგნალების შესაბამის გადახრას იწვევს. ბმრ-ის მეთოდი და იწ-სპექტროსკოპია ყველაზე მგრძობიარენი არიან H-ბმათა წარმოქმნის დაფიქსირებისათვის.

აღნიშნულის გარდა, ფიქსირდება H-ბმათა სხვა სტრუქტურული და სპექტროსკოპიული თავისებურებები, რომლებიც გამოიყენებიან, ერთის მხრივ, H-ბმათა იდენტიფიკაციისათვის და, მეორეს მხრივ, ამ ბმის ბუნების გაშიფვრისათვის.

როგორც შევეცადეთ გვეჩვენებინა, დაგროვილია მკვეთრად განსხვავებული თეორიული და ექსპერიმენტალური მონაცემები წყალბადური ბმის მნიშვნელოვანი პარამეტრების შესახებ, რაც დღის წესრიგში აყენებს საკითხს მისი მეთოდური ორგანიზებისა.

მითითებული მრავალი არგუმენტი თუ ექსპერიმენტული ფაქტი, გვამღვეს უფლებას ითქვას, რომ: ქიმიური ბმის თეორია მიმდინარე მომენტში იმყოფება ეტაპზე, როდესაც უნდა გაირკვეს საკითხი წყალბადური ბმის ქიმიური ბმებისადმი მიკუთვნება-არმიკუთვნებისა.

ჩვენის აზრით, ზემოთ აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე, მიზანშეწონილი იქნებოდა წყალბადური ბმა არ მიგვეკუთვნებინა ქიმიურ (ვალენტურ) ბმებს, მიუხედავად იმისა, რომ მას ნაწილობრივ კოვალენტური ბუნება აქვს, მაგრამ ენერგეტიკული თვალსაზრისით (ბმის ენერგია) H-ბმა „გამოდის“ ქიმიური ბუნების ძალებიდან.

მოსალოდნელია, რომ H-ბმის ბუნების ახსნაში ერთიანი მიდგომა ვერ ჩამოყალიბდება და ალბათ, დღემდე ცნობილი მოდელების გამოყენებით შეიქმნება უფრო ახალი, განზოგადებული მოდელი, რომელიც გაითვალისწინებს სხვადასხვა ბუნების ძალთა წილს H-ბმაში.

დასკვნა

მეცნიერთა შორის H-ბმის ბუნების ახსნისადმი ერთიანი მიდგომა და H-ბმის საერთოდმილებული განსაზღვრება დღემდე არ არსებობს. აღნიშნული ბმის ბუნების ასახსნელად მრავალი გამოკვლევა ჩატარდა და ამ მიმართებით არსებული კონცეფციები მეცნიერთა მიერ არაერთგვაროვნად აღიქმება, რამაც თავის მხრივ ასახვა ჰპოვა უმაღლესი სასწავლებლის ზოგადი ქიმიის კურსში (ქიმიური სპეციალობებისათვის) H-ბმის სწავლების საკითხებში.

მეთოდური თვალსაზრისით, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია უმაღლესი სასწავლებლის ზოგადი ქიმიის კურსში (ქიმიური სპეციალობებისათვის) H-ბმის სწავლება წარმართოთ მის შესახებ არსებული თანამედროვე წარმოდგენებისა და პრობლემატიკის გაშუქებით, იმგვარად, რომ შესაძლებელი იდოს ლოგიკური,

მართებული დასკვნის ჩამოყალიბება: თანამედროვე მეცნიერებაში H-ბმის შესახებ არსებული მონაცემების საფუძველზე არამიზანშეწონილია წყალბადური ბმის ქიმიური ძალებისადმი (ქიმიური ბუნებისადმი) მიკუთვნება.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Москва В.В. Водородная связь в органической химии. //Соросовский образовательный журнал. №2. 1999
2. Ремсен Э.Н. Начало современной химии. Ленинград: «Химия», 1989
3. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Москва: «Высшая школа», 1988
4. Степанов Н.Ф. Водородная связь: как ее понимать. //Соросовский образовательный журнал. Т.7. №2. 2001
5. Чубинидзе А.Д. Синтез, рентгеноструктурное и термическое исследование гидроформиатов и гидроацетатов некоторых s-металлов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. Тбилиский государственный университет .1983
6. Энделадзе Н.О. Строение гидроацетатов щелочных и щелочноземельных металлов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. Тбилиский государственный университет. 1988
7. Краткая химическая энциклопедия. – Москва, Советская энциклопедия, 1961, т I, с.626-627.
8. Mattes R., Gohler D. Hydrogen bonds in fluorosubstituted dicarboxyl acids: vibrational spectra and crystal structure of potassium hydrogen difluorofumarate and potassium hydrogen difluorofumaleate. – J. Mol. Struct., 1980,v.68, p.59-65.
9. Stevens E.D., opens P., Feld R., Lehmann M.S. Electron density in the water molecule in oxalic acid dihydrate and the nature of short Hydrogen bonds. – Chem.Phys.Lett., 1979, v.67, №2-3, p.541-543
10. Коттон П., Уилькинсон Дж. Основы неорганической химии. Москва: 1979
11. Novak A., Belloc J., Foglizzo E., Romain F. IR spectrum of the some salts. – J.Chem.Phys.,1972, v.69, №12. p.1
12. Водородная связь. Под ред. Соколова Н.В., М: Наука, 1981, 285с
13. Грагеров Н.П., Погорелий В.Л., Франчук И.Ф. Водородная связь и быстрый протонный обмен. – Киев, 1978, 215с.
14. Глестон с., Лендрен к., Эпринг Г. Теория абсолютных скоростей реакции. – Москва, 1948, 583с.
15. Vacob G. E., Currig N.A. Crystal structure of sodium dichlormaleat. – Acta Cryst., 1957. v.I, p. 524-526
16. Чубинидзе А.Д., Туркадзе Ц.Д., Энделадзе Н.О. О некоторых методических аспектах химической связи. ქსტუ-ს სამეცნიერო შრომები 2002. №2.11.გვ.25-26
17. Павлов Н.Н. Неорганическая химия. Москва: «Высшая школа», 1986
18. Карапетянц М.К., Дракин С.М. Общая и неорганическая химия. Москва 1980
19. Пузиков С.А. Химия. Москва: «Медицина». 1995
20. Николаев А.А. Биохимия. Москва: 2002

მიღებულია: 14.05.2003

მიღებულია გადამუშავების შემდეგ: 17.12.2003
