ISSN 1512-1461

აღგზნებისა და დისსოციაციის პროცესები ელექტრონების და O^+, K^+ იონების H_2, N_2 , O_2 მოლეკულებთან დაჯახებისას

მ.გოჩიტაშვილი, რ.ლომსაძე, დ.ქუფარაშვილი

ივ. ჯავახიშვილის სახ., თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ჭავჭავაძის 3, 0128, თბილისი, საქართველო.

e – O_2 წყვილისათვის შესწავლილ იქნა პირდაპირი და დისსოციაციური იონიზაციის პროცესები, მათი რეალიზაციის კვეთის ენერგეტიული დამოკიდებულების თავისებურებები 15- 120ევ არეში. იონ-მოლეკულურ დაჯახების პროცესებში, დამჯახებელი იონების ენერგიის 0.7 – 10კევ დიაპაზონში, კვლევა ჩატარდა წყვილებისათვის O^+ - N_2, K^+- H_2. გამოკვლეულ იქნა მეტასტაბილური $O^+(^2D)$ და $O^+(^2P)$ იონების როლი როგორც მოლეკულის ასევე დისსოციაციური პროდუქტების აღგზნების პროცესებში. იონურ-მოლეკულურ დაჯახებებში მოლეკულის ორიენტაციის ეფექტის შესწავლის მიზნით გაიზომა აღგზნებული პროდუქტების გამოსხივების სრული კვეთი და პოლარიზაციის ხარისხი. ექსპერიმენტული შედეგების თვისობრივი ახსნა K^+- H_2 წყვილისათვის ჩატარებულია კვაზიმოლეკულურ წარმოდგენაში, კვაზიდიატომური მიახლოების ფარგლებში.

საკვანძო სიტყვები*: დისოციაცია, აღგზნება, მეტასტაბილური ნაწილაკები*

e-mail:malkhaz.gochitashvili@tsu.ge

შესავალი: შესწავლილ იქნა ელექტრონული დაჯახებისა და მაღალსიხშირულ იონურ წყაროებში მიმდინარე პროცესები. მიზანი იყო მეტასტაბილური იონების ეფექტური წყაროს შექმნა და მათი კონტროლი ექსპერიმენტის პირობებში. ამისათვის ჩატარდა ექსპერიმენტების ციკლი აირების სხვადასხვა ნარევისათვის. კერძოდ გამოყენებულ იქნა შემდეგი აირები: სუფთა მოლეკულური ჟანგბადი O_2, He-ჰელიუმისა და ჟანგბადის O_2 ნარევი თანაფარდობით 99% და 1% შესაბამისად, წყლის H_2O ორთქლისა და ჟანგბადის O_2 ნარევი, თანაფარდობით 20% და 80%. ელექტრონული დაჯახების წყაროში ვცლიდით დამჯახებელი ელექტრონების ენერგიას 15-120ევ დიაპაზონში. e – O_2 წყვილისათვის შევისწავლეთ პირდაპირი იონიზაციისა და დისოციაციური იონიზაციის პროცესები, მათი რეალიზაციის კვეთის ენერგეტიკული დამოკიდებულების თავისებურებები ზღურბლურ არეში.

ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდიკის საფუძველზე ვახდენდით კონტროლს პირვანდელ იონების კონაში მეტასტაბილების პარციალური წილის განსაზღვრის მიზნით. ამის შედეგად დადგენილ იქნა მეტასტაბილების პროცენტული შემადგენლობა ჯამურ ნაკადში. ექსპერიმენტულ პირობებში შესაძლებელი იყო მოგვემზადებია იონური ნაკადი, რომელშიც განმსაზღვრელ კომპონენტს (>98%) შეადგენდნენ იონები ძირითად $O^+(^4S)$,

ISSN 1512-1461

მდგომარეობაში, ასევე იონური ნაკადი, რომელიც შეიცავდა 10 -15% იონებს მეტასტაბილურ $O^+(^2P)$ მდგომარეობაში.

კვლევა ჩატარდა წყვილებისათვის O^+, K^+- H_2, O^+ - N_2, Ar მიღებული შედეგები შედარებულ იქნა He^+ - N_2 წყვილებისათვის მიღებულ შედეგებთან. გამოკვლეულ იქნა მეტასტაბილური $O^+(^2D)$ და $O^+(^2P)$ იონების როლი როგორც მოლეკულის ასევე დისსოციაციური პროდუქტების აღგზნების პროცესებში. იონურ- მოლეკულურ დაჯახებებში მოლეკულის ორიენტაციის ეფექტის შესწავლის მიზნით გაიზომა აღგზნებული პროდუქტების გამოსხივების სრული კვეთი და პოლარიზაციის ხარისხი. მიღებული შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ O^+ - H_2 შემთხვევაში დისოციაციის პროდუქტების პოლარიზაციის ხარისხი არის მცირე(<2%), სუსტადაა დამოკიდებული იონების ენერგიაზე. O^+ - N_2 წყვილისათვის ჩატარდა აზოტის პირველი უარყოფითი სისტემის (0,0) ზოლის გამოსხივების პოლარიზაციის ხარისხის კვლევა. მიღებულ იქნა, რომ მთელ ენერგეტიკულ დიაპაზონში $O^+(^2D)$ და $O^+(^2P)$ მეტასტაბილების შემთხვევაში პოლარიზაციის ხარისხი შედარებით მცირეა, ვიდრე იონებისათვის ძირითად $O^+(^4S)$ მდგომარეობაში. ასევე მთელ ენერგეტიკულ დიაპაზონში არ იცვლება მოლეკულის გამოსხივების პოლარიზაციის ნიშანი, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ, დაჯახების პროცესში, არ იცვლება სამნაწილაკოვანი სისტემის იონი-მოლეკულა სიმეტრია.

გაზომვის სიზუსტის გაზრდისათვის აუცილებელი იყო მეტასტაბილების წილის გაზრდა იონების წყაროში. ამისათვის იონების წყაროში ჟანგბადის აირს შევურიეთ წყლის ორთქლი, რადგან ცნობილია, რომ ამ შემთხვევაში მეტასტაბილების წილმა შეიძლება მიაღწიოს 90%-ს. გაზომვებმა აჩვენა, რომ შედეგი პრაქტიკულად არ შეიცვალა. ამ შედეგის ახსნისათვის შევისწავლეთ წყლის მოლეკულის იონიზაციისა და დისსოციაციის პროცესები. კვლევა ჩავატარეთ ელექტრონული დაჯახების წყაროში ელექტრონების ენერგიის 15 – 120 ევ დიაპაზონში. ელექტრონის წყალთან დაჯახებისას იონიზაციის პროცესში წარმოიქმნება H_2O^+,OH^+ და O^+ ფრაგმენტები. ელექტრონების ენერგიისათვის E=100ევ თანაფარდობა მათი წარმოქმნის კვეთებს შორის არის 1: 0.25 : 0.06. ცხადია, რომ ნარევში O^+ წილი მიღებული წყლის დისოციაციის შედეგად მნიშვნელოვნად მცირეა O_2 -ის დისოციაციის შედეგად მიღებულთან შედარებით, რადგან წყლის ორთქლის პროცენტული შემადგენლობა ჟანგბადთან შედარებით არ აღემატებოდა 20%.

ექსპერიმენტული შედეგების თვისობრივი ახსნა K^+-H_2 წყვილისათვის ჩატარებულია კვაზიმოლეკულურ წარმოდგენაში, კვაზიდიატომური მიახლოების ფარგლებში. დამჯახებელი ნაწილაკებისაგან შემდგარი კვაზიმოლეკულური სისტემისათვის აგებულია სქემატური კორელაციური დიაგრამა მოლეკულური ღერძის ორი სხვადასხვა ორიენტაციისათვის-სამატომიანი მოლეკულის სხვადასხვა სიმეტრიისათვის. C_{2v} (ტოლფერდა სამკუთხედი) და $C_{\infty v}$ (წრფივი წარმოდგენა). მექანიზმის განხილვისათვის დამატებით წარმოდგენილია დისსოციაციური აღგზნების პროცესების შესწავლისას

ISSN 1512-1461

მიღებული შედეგები ამ დიაგრამების ანალიზი აჩვენებს, რომ დისსოციაციური აგზნების პროცესებისათვის მოლეკულური ღერძის მართობული ორიენტაცია (პირვანდელი ნაკადის მიმართ) არის განმსაზღვრელი დაჯახების პროცესში აღგზნებული H(2p) დისსოციაციის პროდუქტის წარმოშობაში. გადამუხტვის პროცესი დიდი ალბათობით ხორციელდება ელექტრონის ჩაჭერით კალიუმის ატომის K(4s) ელექტრონულ მდგომარეობაში და განპირობებულია კვაზიმოლეკულურ მდგომარეობებს შორის Σ-Σ ტიპის ურთიერთქმედებით.

შინაარსი

ატომური ჟანგბადის იონები შეიძლება ფორმირდებოდნენ $O^+(^4S)$ძირითად და მეტასტაბილურ ^2P(სიცოცხლის ხანგრძლივობა 5წმ) და ^2D(სიცოცხლის ხანგრძლივობა 3,6სთ) მდგომარეობებში. ეს იონები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ასტროფიზიკურ პლაზმაში. ამ მიმართულებით ჩატარებულია უამრავი კვლევა ლაბორატორიულ პირობებში[1-16]. O^+ იონების H_2,O_2, N_2,CO, CO_2, CS_2 და სხვა მოლეკულებთან დაჯახებისას შესწავლილია გადამუხტვის პროცესები. ნაჩვენებია, რომ არადრეკად პროცესებში სხვადასხვა მდგომარეობაში მყოფი იონებისათვის სრული კვეთის განსაზღვრა ძალზედ რთულია, რადგან პრაქტიკულად შეუძლებელია ცალკეული მეტასტაბილის წილის დადგენა იონების პირვანდელ ნაკადში, რომელიც ფორმირდება წყაროში[2,3]. ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ შესაძლებელია ნაკადიდან იონების გამოყოფა ძირითად ^4S მდგომარეობაში[1-3]. ამისათვის გამოყენებულია, ცალკეულ კამერაში, ნაკადის შესუსტების მეთოდი აზოტის მოლეკულურ გარემოში. გადამუხტვის კვეთი მეტასტაბილური ^2P და ^2D ნაწილაკებისათვის დაჯახების მცირე ენერგეტიკულ არეში E<1კევ ორი რიგით დიდია, ვიდრე იონებისათვის ძირითად ელექტრონულ მდგომარეობაში[1]. გადამუხტვის კვეთაში მნიშვნელოვანი განსხვავების გამო სპეციალურ შესუსტების კამერაში ხდება იონების გაფილტვრა და კამერიდან პრაქტიკულად გამოდიან იონები ძირითად ^4S მდგომარეობაში. ამ მეთოდით შეუძლებელია ცალცალკე ^2P და ^2D მეტასტაბილებისათვის კვეთის განსაზღვრა. მოცემულ სამუშაოებში შედეგები მოყვანილია მხოლოდ ნარევისათვის[2-10]. გარკველ ნაწილში სამუშაოებისა იონების ფორმირება ხდება ელექტრონული ბომბარდირებით, როდესაც ელექტრონების ენერგიის ცვლილება ხდება მაღალი სიზუსტით (მეათედი ევ რიგის). ამ შემთხვევაში შესაძლებელია იონების ფორმირება მხოლოდ ძირითად მდგომარეობაში ან ნარევის სახით ძირითად ^4S და მეტასტაბილურ ^2D(აგზნების ენერგია 3,32ევ) მდგომარეობებში[3]. მაგრამ იონების დენი არის მცირე და შეუძლებელია გაზომვების ჩატარება მაღალი სიზუსტით, განსაკუთრებით აღგზნების პროცესებისათვის.

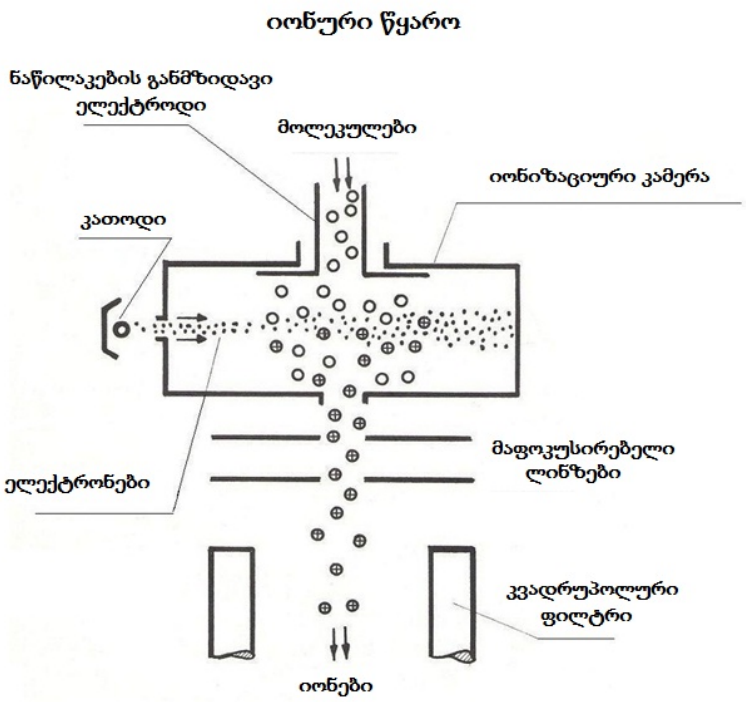
ჩვენს სამუშაოში შემუშავებულია მეთოდი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ვაკონტროლოთ იონური წყაროდან გამოსული ნაკადის შემადგენლობა. ამისათვის

ISSN 1512-1461

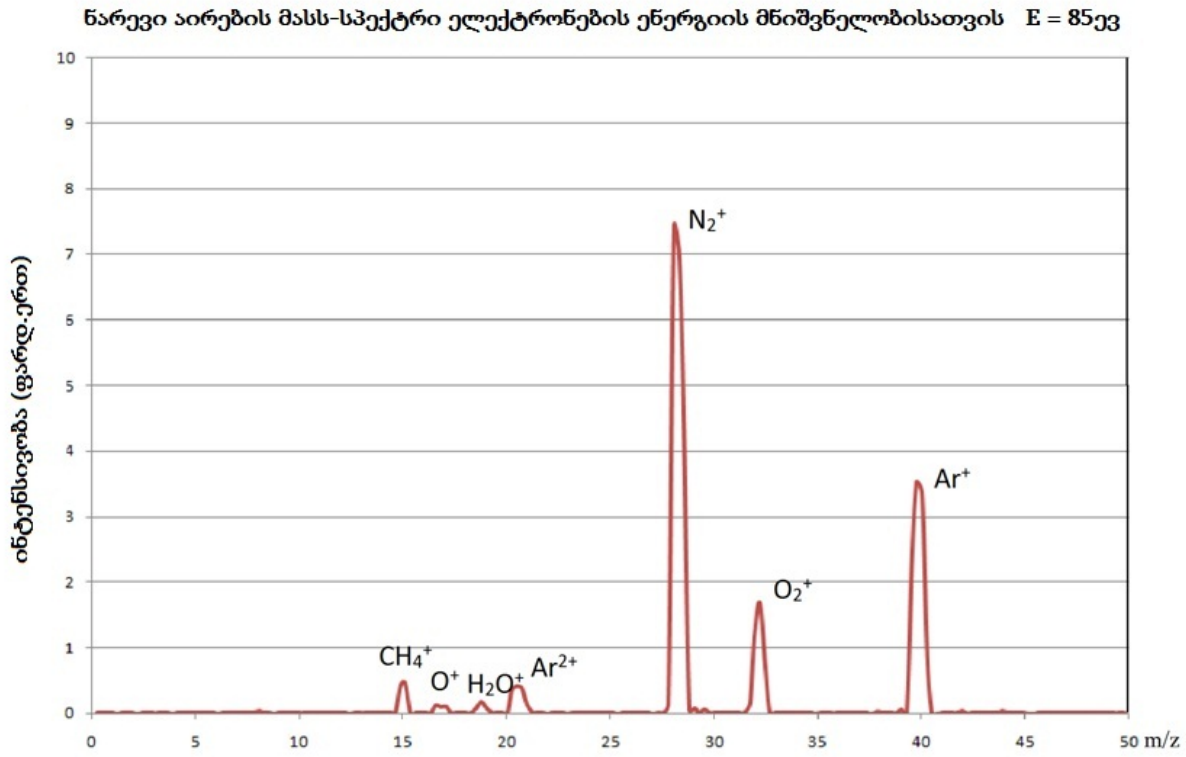
გამოყენებულია ოპტიკური სპექტროსკოპიის მეთოდი, რომელიც გაცილებით მგრძნობიარეა ნაკადის შესუსტების მეთოდთან შედარებით. წყაროში სამუშაო პირობების (წნევა, სიმძლავრე) შეცვლა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს იონური, ატომური ხაზებისა და მოლეკულური ზოლების გამოსხივების ინტენსივობაზე. ეს ცვლილება უშუალო ინფორმაციას გვაძლევს იონურ ნაკადში კომპონენტების შემადგენლობის ცვლილების შესახებ. ამ მიმართულებით ჩვენ ჩავატარეთ წინასწარი ექსპერიმენტული გამოკვლევა O^+ იონების აზოტის მოლეკულებთან დაჯახების პროცესში. გამოსხივების ხილულ არეში(400-800ნმ) შეისწავლებოდა აზოტის პირველი უარყოფითი და მეინელის სისტემების შესაბამისი ზოლოვანი სპექტრის აღგზნება. ექსპერიმენტში გამოყენებული იყო მაღალსიხშირული(ტონემანის ტიპის)იონური წყარო.

პირდაპირი და დისოციაციური იონიზაციის პროცესები შესწავლილ იქნა კვადრუპოლურ მასსპექტრომეტრზე (ნახ.1). ნახაზზე მოცემულია იონების წყაროს სქემატური სურათი. ელექტრონების აჩქარება შესაბამის ენერგიამდე ხდება კათოდსა და იონიზაციურ კამერას შორის. მოლეკულური აირის შეშვება იონიზაციურ კამერაში ხდება ელექტრონების ნაკადის მართობულად. ელქტრონ- მოლეკულური დაჯახების შედეგად მიღებული დამუხტული ნაწილაკები (მოლეკულური და ატომური იონები) ამოიწოვებიან ურთიერთქმედების არიდან აჩქარდებიან 100ევ ენერგიამდე, გაივლიან კვდრუპოლურ მასს-ანალიზატორს და დარეგისტრირდებიან მეორადი ელექტრონული გამაძლიერებლის საშუალებით. მიღებული სიგნალი დამუშავდება პროგრამულად და მოიცემა როგორც ციფრული ასევე გრაფიკული სახით. ტიპიური სპექტრი სხვადასხვა ნარევი აირებისათვის მოცემულია მე-2 ნახაზზე.

ISSN 1512-1461



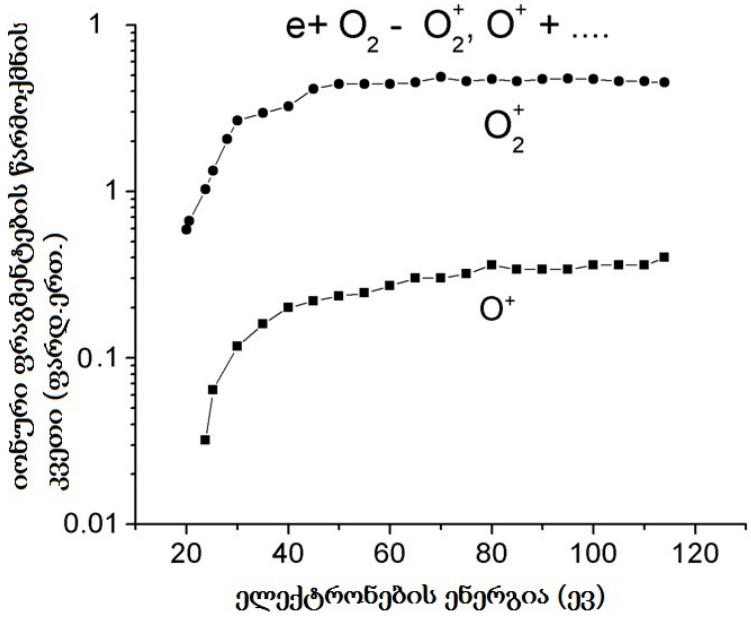
ნახ.1



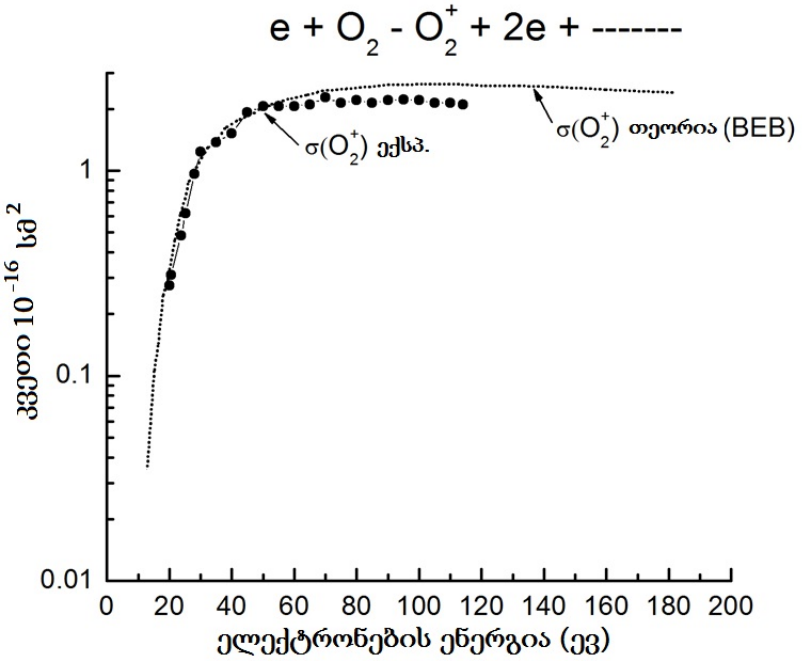
ნახ.2

ISSN 1512-1461

მე-3 ნახაზზე მოყვანილია გაზომვის შედეგები e-O_2 წყვილისათვის. შედეგები O_2 იონებისათვის, ენერგიისათვის E=100ევ, დავაკალიბრეთ [17] სამუშაოში მოცემულ კვეთის აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე, შევადარეთ თეორიული გამოთვლის შედეგებს[18] (ნახ.4).



ნახ.3



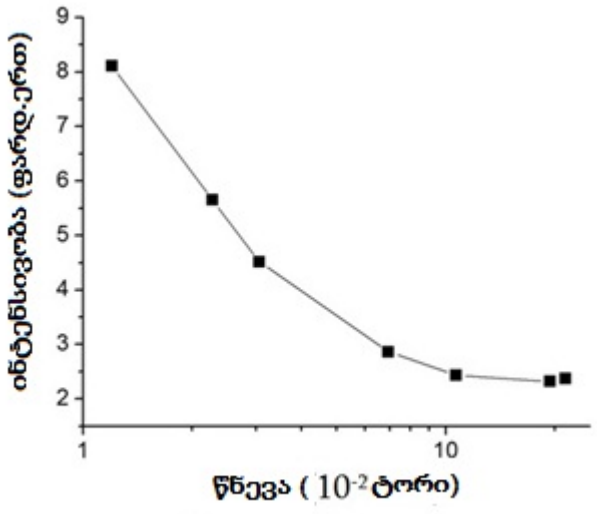
ISSN 1512-1461

ნახ.4

თანხვედრა თეორიულ გამოთვლებთან დამაკმაყოფილებელია, ზღურბლურ ენერგეტიკულ არეში არ დაიკვირვება რაიმე განსაკუთრებული თავისებურება, რომელიც მიუთითებდა მეტასტაბილების წარმოქმნაზე. მცირე განსხვავებაა შედარებით მაღალ ენერგეტიკულ დიაპაზონში 60- 120ევ. ეს შედეგი შეიძლება აიხსნას იმით, რომ დაბალ ენერგეტიკულ-ზღურბლურ არეში E< 80ევ იონების წარმოქმნის კვეთის ენერგეტიკული ყოფაქცევა, იონებისთვის ძირითად $O^+(^4S)$ და მეტასტაბილურ $O^+(^2P)$ მდგომარეობებში, ერთნაირია. განსხვავება შეიძლება იყოს შედარებით მაღალი ენერგიებისათვის, რაც დასტურდება [19] სამუშაოს მონაცემებით. ამ შედეგებიდან გამომდინარე სხვადასხვა ტიპის იონური წყაროდან გამოსული იონების შემადგენლობა დამოკიდებულია იონების მიღების პირობაზე. კერძოდ თუ დამჯახებელი ელექტრონების ენერგია არ აღემატება 120ევ მაშინ ჟანგბადის იონების გამოსავალი ძირითად და მეტასტაბილურ მდგომარეობაში არის ერთნაირი, თუმცა აუცილებლად გასათვალისწინებელია, რომ იონურ წყაროში წნევის გაზრდასთან ერთად იზრდება აღგზნების ჩაქრობისა და გადამუხტვის (მეტასტაბილების შემთხვევაში) პროცესების ალბათობა. ამიტომ კონკრეტული ტიპის წყაროსათვის აუცილებელია ყველა ფაქტორის გათვალისწინება. ეს საკითხი ჩვენ შევისწავლეთ მაღალსიხშირული იონური წყაროს მაგალითზე. წყაროს კონსტრუქციიდან გამომდინარე იონურ წყაროში შესაძლებელია დიდი ალბათობიით მიმდინარეობდეს აღგზნების ჩაქრობის პროცესი. მე-5 ნახაზზე მოყვანილია აზოტის პირველი უარყოფითი სისტემის (0,0)(λ =391.4ნმ) ზოლის აღგზნების კვეთის დამოკიდებულება წყაროში წნევის ცვლილებაზე. შეისწავლებოდა O^+ იონების აზოტის მოლეკულებთან დაჯახებისას გადამუხტვის პროცესი აღგზნებით. ნახაზზე მოცემულია შედეგები იონების ენერგიისათვის E =1კევ.

ცნობილია, რომ ამ ენერგიისათვის მოცემული ზოლის აღგზნების კვეთი მეტასტაბილური $O^+(^2P)$ -იონებისათვის 300ჯერ აღემატება კვეთს იონებისათვის $O^+(^4S)$ ძირითად მდგომარეობაში [1].

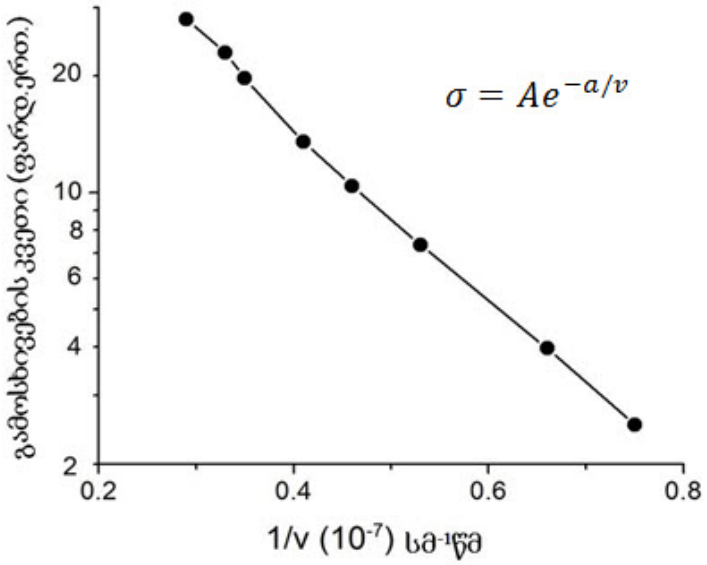
ISSN 1512-1461



ნახ.5

ნახაზიდან ჩანს, რომ იონურ - მაღალსიხშირულ წყაროში წნევის გაზრდით (0,0) (λ =391.4ნმ) ზოლის გამოსხივების ინტენსივობა მკვეთრად ეცემა და აღწევს ნაჯერობის არეს. ამ არეში პროცენტული თანაფარდობა ძირითად და მეტასტაბილურ მდგომარეობაში მყოფ იონებს შორის აღარ იცვლება. ინტენსივობის მკვეთრად შემცირება მიუთითებს იმაზე, რომ მცირდება მეტასტაბილების ფარდობითი წილი იონურ ნაკადში და ძირითადად დაჯახებაში მონაწილეობენ იონები ძირითად $O^+(^4S)$ მდგომარეობაში. ამ ფაქტის გათვალისწინებით, შევძელით მიგვეღო (0,0) (λ =391.4ნმ) ზოლის აღგზნების კვეთის იონების სიჩქარეზე დამოკიდებულება. მე-6 ნახაზზე მოცემულია კვეთის დამოკიდებულება 1/v, სადაც v-სიჩქარეა.

$$O^+(^4S) + N_2 - N_2^+(B^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+)\,;(0,0)(\lambda = 391.4nm) + \ldots\ldots$$



ნახ.6

ISSN 1512-1461

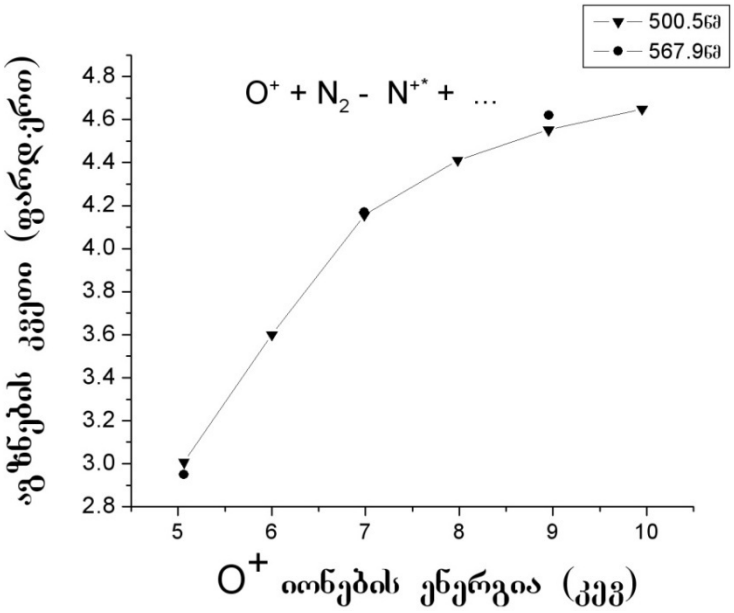
ნახევრადლოგარითმულ სკალაზე კვეთის სიდიდის წრფივი დამოკიდებულებიდან (წრფივად კლება 1/v - ზრდასთან ერთად) გამომდინარეობს, რომ კვეთის სიჩქარეზე დამოკიდებულება მოიცემა შემდეგი სახით:

$$\sigma = Ae^{-a/v}$$

A და a მუდმივებია. ასეთი დამოკიდებულება დამახასიათებელია არადრეკადი პროცესებისათვის დაჯახების ადიაბატურ არეში. ამ დამოკიდებულებიდან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ აღგზნების პროცესი რეალიზდება ერთ არადრეკად - გადამუხტვის არხში და მასში წვლილი შეაქვს მხოლოდ ერთი ტიპის $O^+(^4S)$ იონებს. აქედან გამომდინარე დავასკვნით, რომ იონურ წყაროში სამუშაო პირობების ცვლილებით შეგვიძლია მნიშვნელოვნად შევცვალოთ იონური ნაკადის შემადგენლობა შიგა ელექტრონული მდგომარეობის (მეტასტაბილური და ძირითადი) მიხედვით.

დასმული ამოცანის მეორე ეტაპი მოიცავს სისტემატურ გაზომვებს იონ-მოლეკულურ დაჯახებების პროცესში. კვლევა ჩატარდა წყვილისათვის $O^+ - N_2$, მიღებული შედეგები შედარებულ იქნა H^+, $He^+ - N_2$ წყვილებისათვის მიღებულ შედეგებთან. გამოკვლეულ იქნა მეტასტაბილური $O^+(^2D)$ და $O^+(^2P)$ იონების როლი როგორც მოლეკულის ასევე დისსოციაციური პროდუქტების აღგზნების პროცესებში. იონურ- მოლეკულურ დაჯახებებში მოლეკულის ორიენტაციის ეფექტის შესწავლის მიზნით გაიზომა აღგზნებული პროდუქტების გამოსხივების სრული კვეთი და პოლარიზაციის ხარისხი. მე-7 ნახაზზე მოყვანილია დისსოციაციური N^+ პროდუქტების აღგზნების ფუნქციის გამოკვლევის შედეგები 500.5ნმ ($3d\ ^3F^0$ — $3p\ ^3D$) და 567.9ნმ ($3p^3D$— $3s^2P^0$) ოპტიკური ხაზებისათვის. დადგენილ იქნა, რომ $O^+(\ ^2D)$ და $O^+(^2P)$ მეტასტაბილების შემთხვევაში იზრდება კვეთის სიდიდე ძირითად $O^+(^4S)$ მდგომარეობაში მყოფ იონებთან შედარებით.

ISSN 1512-1461

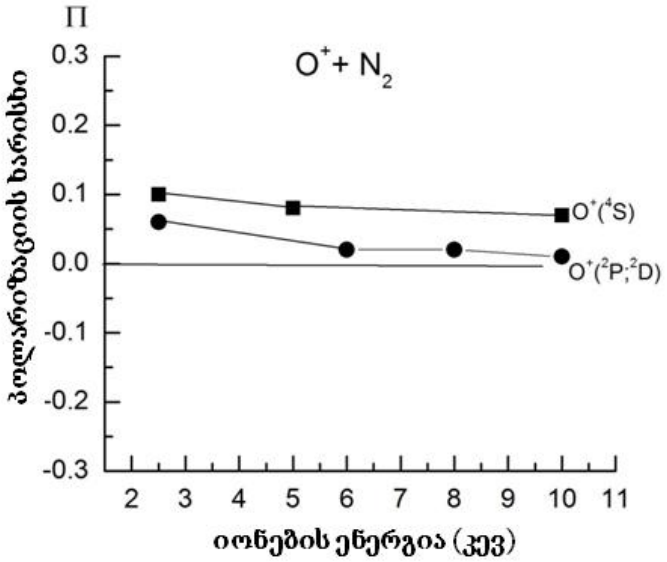


ნახ.7

ნახაზზე მოყვანილია შედეგები, როცა წყაროში შეშვებული იყო სუფთა ჟანგბადი და მეტასტაბილების ჯამური ($O^+(^2D)$ და $O^+(^2P)$) წილი შეადგენდა 20%-ს. ამ შემთხვევაში, O^+ იონების N_2 მოლეკულებთან დაჯახებისას, ადგილი აქვს აზოტის N^+ იონის ოპტიკური ხაზების აღგზნებას მაღალი ეფექტურობით. მათ შორის ყველაზე ინტენსიურია 500.5ნმ ($3d\ ^3F^0$ — $3p\ ^3D$) და 567.9ნმ ($3p^3D$— $3s^2P^0$) ხაზები, რომლებიც მიიღება N_2^+ მოლეკულური იონის დისოციაციური აღგზნების პროცესში. როგორც ნახაზიდან ჩანს, მათი აღგზნების კვეთების სიდიდე და ენერგეტიკული დამოკიდებულება ერთნაირია (ნახ.7). ეს ფაქტი მიუთითებს იმაზე, რომ $3p^3D$ დონის დასახლება მთლიანად განპირობებულია კასკადური $3d\ ^3F^0$ — $3p\ ^3D$ გადასვლით. აღგზნების პროცესში მეტასტაბილების როლის შეფასებისათვის შევისწავლეთ O^+ იონების Ar ატომებთან დაჯახების პროცესი. იონების ენერგიისათვის E=2.5კევ, გამოსხივების ხილულ არეში დაიკვირვება არგონის 731.1ნმ ტალღის სიგრძის ატომური ხაზი, რომლის ინტენსივობა იცვლება იონურ წყაროში O_2 აირის წნევის ცვლილებისას-წნევის გაზრდით დაახლოებით 10ჯერ ($1.5\ 10^{-2}$ ტორიდან $1.5\ 10^{-1}$ ტორამდე) ამ ხაზის ინტენსივობა მცირდება 1.4-ჯერ. ეს შეიძლება აიხსნას იმ ფაქტის საფუძველზე, რომ არგონის ატომის აღგზნებაში (Ar(6s), $E_{აღგ}$=14.85ევ) მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ ჟანგბადის მეტასტაბილურ იონებს და დაჯახების პროცესში (დაბალ ენერგეტიკულ დიაპაზონში) აღგზნების პროცესები უფრო ეფექტურად რეალიზდებიან შინაგანი ენერგიის გადაცემის ხარჯზე.

მე-8 ნახაზზე მოყვანილია პოლარიზაციული გაზომვის შედეგები. აზოტის პირველი უარყოფითი სისტემის (0,0) ზოლის გამოსხივების პოლარიზაციის ხარისხის დამოკიდებულება O^+ იონების ენერგიაზე $O^+ - N_2$ წყვილისათვის.

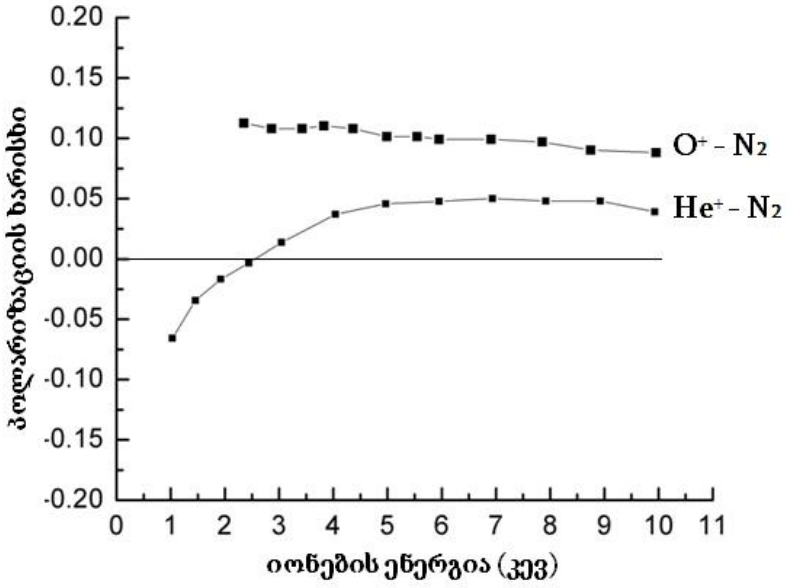
ISSN 1512-1461



ნახ.8

ნახაზიდან ჩანს, რომ რომ მთელ ენერგეტიკულ დიაპაზონში მეტასტაბილების $O^+(^2D)$ და $O^+(^2P)$ შემთხვევაში პოლარიზაციის ხარისხი შედარებით მცირეა, ვიდრე იონებისათვის ძირითად $O^+(^4S)$ მდგომარეობაში. ასევე მთელ ენერგეტიკულ დიაპაზონში არ იცვლება მოლეკულის გამოსხივების პოლარიზაციის ნიშანი, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ, დაჯახების პროცესში, არ იცვლება სამნაწილაკოვანი სისტემის იონი-მოლეკულა სიმეტრია. პირველ შემთხვევაში მეტასტაბილების ჯამური წილი იონურ ნაკადში არ აღემატება 15%-ს, მეორე შემთხვევაში 2%-ს. მე-9 ნახაზზე, შედარების მიზნით დამატებით მოყვანილია პოლარიზაციის გაზომვის შედეგები $He^+ - N_2$ წყვილისათვის.

ISSN 1512-1461

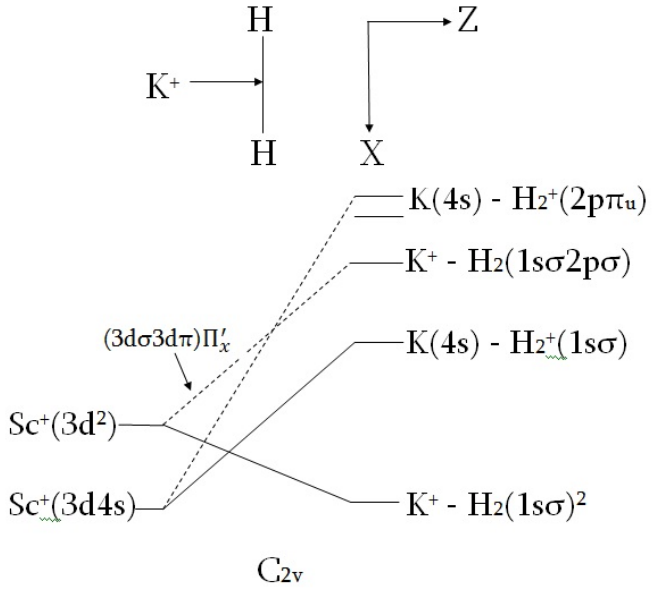


ნახ.9

ნახაზიდან ჩანს, რომ $He^+ - N_2$ წყვილის შემთხვევაში პოლარიზაცია ნიშანს იცვლის იონების ენერგიის მნიშვნელობისათვის E=2.5კევ , შემთხვევაში დაჯახების პროცესში იცვლება სამ ნაწილაკოვანი სისტემის (იონი მოლეკულა) სიმეტრია, კერძოდ მოლეკულური ღერძის ორიენტაცია დამჯახებელი იონების მიმართულების მიმართ.

ექსპერიმენტული შედეგების თვისობრივი ახსნა K^+-H_2 წყვილისათვის ჩატარებულია კვაზიმოლეკულურ წარმოდგენაში, კვაზიდიატომური მიახლოების ფარგლებში. დამჯახებელი ნაწილაკებისაგან შემდგარი კვაზიმოლეკულური სისტემისათვის აგებულია სქემატური კორელაციური დიაგრამა სამატომიანი მოლეკულის სხვადასხვა სიმეტრიისათვის-მოლეკულური ღერძის ორი სხვადასხვა ორიენტაციისათვის - C_{2v} (ტოლფერდა სამკუთხედი) და $C_{\infty v}$ (წრფივი წარმოდგენა). მექანიზმის განხილვისათვის დამატებით წარმოდგენილია დისსოციაციური აღგზნების პროცესების შესწავლისას მიღებული შედეგები. ამ დიაგრამების ანალიზი აჩვენებს, რომ დისსოციაციური აგზნების პროცესებისათვის მოლეკულური ღერძის მართობული ორიენტაცია პირვანდელი ნაკადის მიმართ არის განმსაზღვრელი დაჯახების პროცესში აღგზნებული H(2p) დისსოციაციის პროდუქტის წარმოშობაში. გადამუხტვის პროცესი დიდი ალბათობით ხორციელდება ელექტრონის ჩაჭერით კალიუმის ატომის ძირითად K(4s) ელექტრონულ მდგომარეობაში და განპირობებულია კვაზიმოლეკულურ მდგომარეობებს შორის Σ-Σ ტიპის ურთიერთქმედებით. C_{2v} -ორიენტაციისათვის კორელაციური დიაგრამა მოყვანილია ნახ.10.

ISSN 1512-1461

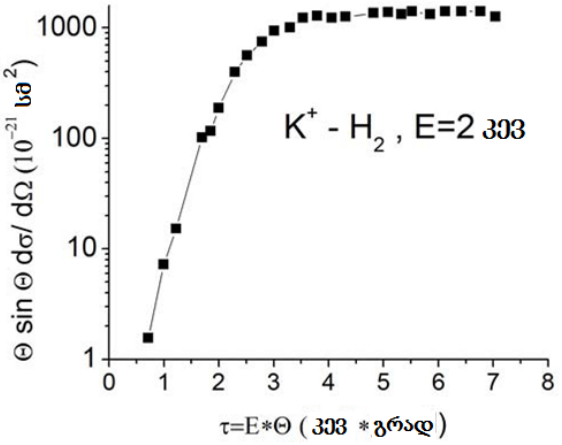


ნახ.10

მოცემულ ნახაზზე კვაზიდიატომურ მიახლოებაში აგებულია $(KH_2)^+$ სისტემის კორელაციური დიაგრამა. ნახაზიდან ჩანს, რომ H(2p) აღგზნებული დისოციაციის პროდუქტი წარმოიშობა H_2 მოლეკულის პირდაპირი აღგზნებისა და შემდგომი დაშლის პროცესში, კერძოდ ადგილი აქვს $(1s\sigma\ 2p\sigma)B^1\Sigma_u^+$ მდგომარეობის აღგზნებას ღერძის მობრუნების (როტაციული) ურთიერთქმედებით სხვადასხვა სიმეტრიის მდგომარეობებს შორის.

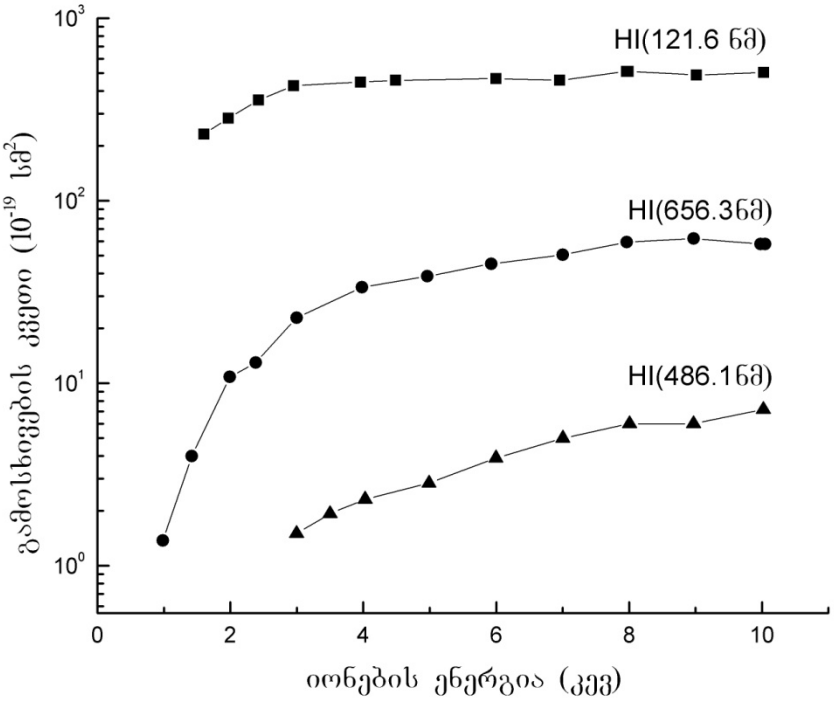
მე-11 ნახაზზე მოყვანილია გადამუხტვის პროცესისათვის დაყვანილი დიფერენციალური კვეთის დაყვანილ τ კუთხეზე დამოკიდებულება. კვეთის ზღურბლური ხასიათი მიუთითებს გადამუხტვის პროცესში Σ-Σ ტიპის ურთიერთქმედებაზე.

ISSN 1512-1461



ნახ.11

ნახ.12 მოყვანილია, $K^+ - H_2$ დაჯახების პროცესში, წყალბადის ატომის აღგზნების კვეთის დამოკიდებულება K^+ იონების ენერგიაზე. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ წყვილისათვის აღგზნების პროცესში მნიშვნელოვანია მოლეკულური ღერძის ორიენტაციის ეფექტი, კერძოდ დაჯახების პროცესში დისსოციაციური აღგზნების რეალიზაციისას მოლეკულური ღერძი ორიენტირებულია პირვანდელი იონების ნაკადის მართობულად.



ნახ.12

ISSN 1512-1461

მოცემული მასალა აისახა სტენდურ მოხსენებაში 2015 წლის XXIV საერთაშორისო კონფერენციაზე (ტოლედო, ესპანეთი): ფოტონური, ელექტრონული და ატომური დაჯახებების ფიზიკის მიმართულებით.

ნაშრომი შესრულებულია 2012 სამეცნიერო გრანტებში გამარჯვებული პროექტის 31/29 ფარგლებში.

ლიტერატურა:

1. Ottinger Ch., Simonis, J. Chem. Phys. (1978). Vol. 28. P. 97–112.
2. A.A. Viggiano, Robert A. Morris, and John F. Paulson, J. Chem. Phys. (1990), **93**, 1483.
3. Y.Xu et al. J.Phys.B: At.Mol. and Opt.Phys. 1990, 23 1235.
4. G.D.Flesch, C.Y. Ng., J.Geoph.Res. 1991 , v96 407
5. E. Wolfrum, *J. Schweinzer, and H. Winter* Phys. Rev. A, (1992) 45, R4218–R4221
6. X. Li et al, J.Chem.Phys. 1997, 106, 926.
7. P. Lukas, et al. Phys.Rev.A 2002, v66, 6, 062715
8. X. Li and C. Y. Ng, Chem. Phys. (2003),**118**, 5260.
9. A.W. Stephan, R.R.Meier, K.F. Dymond, and S.A.Budzien (2003), J.Geophys. Res., 108,1034.
10. J. A. Rutherford and D. A. Vroom J. Chem. Phys. (2003),**55**, 5622.
11. B.G.Lindsey and R.F.Stebbings., Phys.Rev.A 2003, 67 022715
12. P. Lukas, et al. Phys.Rev.A 2004, v69 , 062715.
13. H.Martinez at.al. J.Phys.B: At.Mol. and Opt.Phys. 2006, 39,11, 2535.
14. Campbell, D. C. Cartwright, M. J. Brunger, and P. J. O. Teubner , JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 2006, VOL. 111, A09317
15. L Campbell and M J Brunger, Journal of Physics: Conference Series **71** (2007) 012011
16. V. Sunil Krishna and V. Singh.,Ann. Geophys., , 2009, 27, 4089–4096,
17. H.C. Straub, P. Renault, B.G. Lindsay, K.A. Smith, R.F. Stebbings, Phys. Rev. A (1996) **54**, 2146.
18. W. Hwang, Y.-K. Kim, M.E. Rudd, J. Chem. Phys. (1996), **104**, 2956.
19. J.J. Corr, M.A. Khakoo, A.G. McConkey, J.W. McConkey,

Article received: 2015-10-16