მ.ტატიშვილი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
უაკ 551.5

ღრუბლის მიკროსტრუქტურის მათემატიკური მოდელირების ზოგიერთი თავისებურებანი

დედამიწის ზედაპირზე ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და უმარტივესი არის წყლის მოლეკულა, რომელსაც მნიშვნელოვანი როლი გააჩნია ცოცხალი და არაცოცხალი ორგანიზმების არსებობისთვის. წყლის თვისებების უმეტესობა განპირობებულია იმით, რომ მისი მოლეკულის შემადგენელი სამი ატომი ერთ წრფეზე არ განლაგდება. ჟანგბადის ატომის მხარეს ჭარბობს უარყოფითი მუხტი, ხოლო წაყლბადის მხარეს-დადებითი.Aასე, რომ წყლის მოლეკულა ელექტრულად პოლარიზებულია. ატმოსფერო წყლის მანქანაა და მასში მიმდინარე პროცესები წყლის მოლეკულის თვისებების დეტალურ შესწავლას საჭიროებს. ასევე საღრუბლო წარმონაქმნების მიკროსტრუქტურას ახასიათებს მთელი რიგი თავისებურებანი, რომლებიც შეიძლება აიხსნას წყლის ნაწილაკებისთვის დამახასიათებელი სპეციფიკური ძალებით, რომლებიც მაქსიმუმს აღწევენ 1მკმ ზომის ნაწილაკებისთვის და დაშორებულნი არიან ერთმანეთისგან 50 მკმ მანძილზე [1].

ატომებს და მოლეკულებს შორის მოქმედ ძალებში აღსანიშნავია განსაკუთრებული ძალა, რომელსაც აქვს ყოველთვის მიზიდვის ხასიათი.Eეს არის მოლეკულათშორისი დისპერსული ანუ ვან-დერ-ვაალსის ძალა. თვითონ ეს ძალა ფუნდამენტურად არ ჩაითვლება, ის წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური ძალის მხოლოდ ერთ-ერთ გამოვლინებას. მისი თვისებაა, რომ ის მოქმედებს ელექტრულად ნეიტრალურ სისტემებს შორის. მისი არსებობა შეიძლება გავიგოთ თუ ჩავთვლით, რომ ეს ურთიერთქმედი ნეიტრალური სისტემები წარ-მოადგენენ ელექტრულ დიპოლს ან უფრო რთული სისტემის შემთხვევაში -კვადროპულს. დიპოლს შორის ურთიერთქმედების ძალა მცირდება r^4-ს უკუპროპორციულად, ხოლო კვადროპულს შორის r^{-6}-ს პროპორციულად. Mმეორე მნიშვნელოვანი თვისებაა: ის არ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე. ხოლო, ბუ-ნება კვანტურია. ამასთან დიპოლების რაოდენობის ზრდასთან ერთად მათი ურთიერთმიზიდვა იზრდება. თუმცა მისი ქმედება შემოსაზღვრულია იმ გარემოებით, რომლის არსებობაც მოლეკულურ დონეზე მოულოდნელობას წარმოადგენს-სინათლის სიჩქარის სასრულობით.

კლასიკური თეორიის მიხედვით ურთიერთქმედება წარმოიქმნება რხევით ოსცილატორებს შორის. მისი სიდიდე (პოტენციალი) დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ეს ცხადია იქიდან, რომ 0^0K-ზე არავითარი რხევები არ ხდება. სხვანაირად ხდება კვანტური მექანიკის პრინციპების მიხედვით. აბსოლუტურ 0-ზეც კი არსებობენ ნულოვანი რხევები, რაც იწვევს იმას, რომ ურთიერთქმედების საშუალო ენერგია 0-ს ტოლი არ არის და ის განპირობებულია მიზიდულობის ძალებით. ვან-დერ-ვაალსის ძალისთვის პოტენციური ენერგიის ფორმულა რეალური ატომისთვის მარტივად გამოითვლება [2]:

$$U(R) = -K\frac{I\beta^2}{R^6}, \qquad (1)$$

სადაც $\beta = \frac{e^2}{\omega_0}$ -ატომის პოლარიზებულობაა მუდმივ ველში. I- ატომის იონიზაციის პოტენციალი, K-რიცხვითი კოეფიციენტი. ეს გამოსახულება ექსპერიმენტულ მონაცემებთან კარგ თანხვდენაშია, იმ შემთხვევებისთვის, როცა ადგილი აქვს კლაპეირონის განტოლებიდან გადახვევას.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ნეიტრალურ ატომებს შორის ურთიერთქმედების ენერგია კლებულობს r^{-6}-ის მიხედვით, ხოლო, თუ ერთ-ერთი ატომი აღგზნებულია, მაშინ მას და მის იგივურ ატომს შორის წარმოიქმნება დაახლოებით r^{-3} რიგის, უფრო ძლიერი დისპერსული ანუ გაცვლითი ძალები. Aანალოგიური ძალები მოქმედებენ მცირე ნაწილაკებს-კლასტერებს შორისაც.

კლასტერის ძირითადი და აღგზნებული მდგომარეობების აღწერისთვის შემოვიღოთ ტალღური ფუნქცია. ეს არის პირობითი სახელწოდება და მას (x,y,z) კოორდინატების და t დროის რთული სახე აქვს. თუმცა მისი ცხადი სახით გამოთვლა სავსებით შესაძლებელია. $\Psi = \Psi(x, y, z, t)$ -ს ფიზიკური არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ეს არის ნაწილაკის აღმოჩენის ალბათობა dv მოცულობაში t დროის მომენტისთვის. ალბათობა $W = |\Psi(x, y, z, t)|^2 = \Psi^*\Psi$.სადაც Ψ^* არის Ψ -ს კომპლექსურად შეუღლებული სიდიდე. მისი ნორმირების პირობაა:- $\int_v |\Psi(x, y, z, t)|^2 dv = 1$, ხოლო Ψ ფუნქცია, რომელიც ამ პირობას აკმაყოფილებს ნორმირებულია.

ზოგადად მას აქვს შემდეგი სახე:

$$\Psi(x, y, z, t) = \iiint \varphi(P_x, P_y, P_z, t)\exp\left(i\frac{px+py+pz}{h}\right)\frac{dp_x dp_y dp_z}{(2\Pi\hbar)^{3/2}}, \qquad (2)$$

სადაც $\varphi(P_x, P_y, P_z, t)$ არის ტალღის ამპლიტუდა $P(P_x, P_y, P_z)$ იმპულსით.

ვთქვათ φ_1, φ_2 არის კლასტერის ძირითადი და Aაღგზნებული მდგომარეობების ტალღური ფუნქციები. Mმათი ურთიერთქმედება დაბალ მიახლოებაში აღიწერება ეგრეთ წოდებული გაფანტვის S მატრიცით [3]:

$$\varphi(x, t) = \hat{S}(t, t_0)\varphi(x, t_0), \qquad (3)$$

ზოგადად აქვს შემდეგი სახე:

$$\hat{S}(t,t_0) = \exp(-\tfrac{i}{h}\hat{H}(t-t_0)). \qquad (4)$$

$\hat{H}$ არის სისტემის ჰამილტონიანი. გაფანტვის ოპერატორის მატრიცული ელემენტები განსაზღვრავენ გადასვლის ალბათობას საწყისი კვანტური მდგომარეობიდან $S_{if} = -i\int d\vec{r}_1 d\vec{r}_2 dt \varphi_1^* \varphi_2^* U(r)\varphi_2\varphi_1 \exp(-i(E_{1i}+E_{2i}-E_{1f}-E_{2f})t),$ მომ-დევნოში.

სადაც $E_i E_f$ არის კლასტერის საწყის და ბოლო მდგომარეობების კინეტიკური ენერგიები.

Uურთიერთქმედების პოტენციალი ვან-დერ-ვაალსის პოტენციალის გამოთვლის ანალოგიით შეიძლება დაკავშირდეს გაფანტვის გასაშუალოებულ მატრიცასთან, რაც ერთფოტონიანი რეზონანსული გაცვლის ჰამილტონიანით აღიწერება [4]:

$$H = -\vec{d}_1\vec{E}_1(r) - \vec{d}_2\vec{E}_2(r), \qquad (5)$$

სადაც $\vec{d}, \vec{E}$ -დიპოლური მომენტის და ველის დაძაბულობის ოპერატორებია. Mმაშინ პოტენციალისთვის მიიღება:

$$U(\vec{r}) = \tfrac{i}{4\Pi}\int_{-\infty}^{\infty} d\omega\omega^2 \alpha_{ik}(\omega) D_{ik}(\omega,\vec{r}), \qquad (6)$$

სადაც D_{ik} არის ფოტონის გრინის ფუნქცია, ხოლო

$$\alpha_{ik} = \tfrac{1}{3}\delta_{ik}\sum_n |d_n|^2 \left[(\omega_n - \omega - i\Gamma_n)^{-1} + (\omega_n + \omega - i\Gamma_n)^{-1}\right], \qquad (7)$$

პოლარიზაციის ტენზორი. ω_n, Γ_n, d_n შესაბამისად აღგზნებული დონეების სიხშირე, სიფართე და კლასტერის დიპოლური მომენტია.

(6)-ს ინტეგრება ხდება (7)-ს გათვალისწინებით, ხოლო დიპოლების მიმართულებით გასაშუალოებით მიიღება გამოსახულება პოტენციალისთვის:

$$U(r) = -\tfrac{2}{3c^2}\sum_n r_n^{-1}|d_n|^2 \omega_n^2 \exp(\tfrac{\Gamma_n r}{c})\cos\tfrac{\omega_n r}{c}. \qquad (8)$$

აჯამვა ხდება ყველა დონისთვის.

Aამრიგად ერთფოტონიანი რეზონანსული გაცვლა იწვევს სიმაღლის და სიღრმის მიხედვით კლებად პოტენციურ ორმოებს და ბარიერებს. შეიძლება გასაშუალოება მოხდეს სითბური გამოსხივების მიხედვითაც, მაშინ მიიღება იზოლირებული გრძელტალღოვანი გამოსხივების პოტეციალები. იზოლირებული გრძელტალღოვანი კვანტები შეიძლება სწორედ ის გამოსხივება იყოს, რომელსაც ადგილი აქვს კლასტერის ზედაპირზე ან კრისტალურ მესერში დამატებითი მოლეკულების ჩასმისას ან წვეთში მოლეკულის თვითდიფუზიისას.

როგორც ნაჩვენებია [5,6] შრომებში, კრისტალიზაციის და კონდენსაციის დროს ფარული სითბოს გადასვლის ნაწილი შეიძლება გარდაიქმნას მახასიათებელ გამოსხივებაში. Gგადასვლის ენერგია გადანაწილდება არსებულ და ახლად წარმოქმნილ დონეებზე. Mმათ ფაზურ გამოსხივებებს უწოდებენ და გარემოს დიელექტრიკულ შეღ-წევადობაზე და საერთოდ, მის ოპტიკურ თვისებებზეა დამოკიდებული.

კვანტური ფიზიკის სწრაფმა განვითარებამ ძირეულად შეცვალა შეხედულებები მიკრო და მაკრო-სამყაროს შესახებ, ხოლო კლასიკური მექანიკა მხოლოდ რაღაც შეზღუდული მიახლოება გახდა. Kკვანტური მექანიკის პრინციპები და ძლიერი მათემატიკური აპარატი საშუალებას იძლევა ახლებურად შევხედოთ სამყაროს. მისი გა-მოყენება მეტეოროლოგიაში საშუალებას მოგვცემს ახლებურად შევხედოთ ატმოსფეროს და ღრუბლების ფიზიკას და მრავალი მათი ამოუხსნელი თვისება და მოვლენა თავიდან განვიხილოთ უკვე უფრო ფუნდამენტურ საფუძველზე.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Э.В.Шпольский. Атомная физика. М., «Наука». Т1,2, 1984.
2. Д.И.Блохинцев. Основы квантовой механики. М., «Наука», 1983.
3. Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц. Квантовая механика. Т3. М., «Наука», 1989.
4. В.Б.Берестецкий, Е.М,Лифшиц, Л.П.Питаевский. Квантовая электродинамика. Т4, М., «Наука», 1989.
5. М.Е.Перельман, И.Я.Бадинов. Модель облачных образований. Сообщения Академии Наук Грузии, т.131, №2, 1988.
6. Д.Хастед. Физика атомных столкновений. М., «Мир», 1965

უაკ 551.5
ღრუბლის მიკროსტრუქტურის მათემატიკური მოდელირების ზოგიერთი თავისებურებანი./მ.ტატიშვილი./ჰმი-ს შრომათა კრებული. –2009.-ტ.114 –გვ.52-56. ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.
საღრუბლო წარმონაქმნების მიკროსტრუქტურის თავისებურებანი განხილულია კვანტური დისპერსული ანუ ვან-დერ-ვაალსის ძალებით, რომლებიც დამახასიათებელია წყლის ნაწილაკებისთვის. ურთიერთქმედების

პოტენციალის გამოსახულებისთვის შემოტანილია კლასტერის ძირითადი და აღგზნებული მდგომარეობების ტალღური ფუნქციები და გაფანტვის მატრიცა, რომელიც აღიწერება ვირტუალური ფოტონით. აღმოჩნდა, რომ ვირტუალური ფოტონური ურთიერთქმედება იწვევს სიმაღლის და სიღრმის მიხედვით კლებად პოტენციურ ორმოებს და ბარიერებს. იზოლირებული გრძელტალღოვანი კვანტები შეიძლება ის გამოსხივებაა, რომელიც ვლინდება მიკროფიზიკური პროცესებისას.

UDC 551.5

Some peculiarities of mathematical simulation of cloud microstructure. /M.Tatishvili/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology. 2009. –v.114,-p.52-56,-Georg.-.Summ. Georg., Ing., Russ.

The peculiarities of microstructure of cloud formations have been discussed using quantum disperse forces or Van-Der-Vaals forces that are typical for water particles. To obtain the expression for interaction potential the wave functions of basic and exited conditions of clusters and dispersion matrix have been introduced describing by virtual photon. It has been turned out that virtual photon interaction causes potential holes and barriers that are decreased by height and width. The isolated long wave quants may be the radiation that is generated throughout observed microphysical processes.

УДК 551.5

Некоторые особенности математического моделирования микроструктуры облаков. /М.Татишвили/ сб. Трудов Института гидрометеорологии АН Грузиию –2009.-т.114- с-52-56, -Груз. рез. Груз., Анг., Русск.

Особенности облачных образований рассмотрены квантовыми дисперсионными или силами Ван-Дер-Ваалса, характерными для водяных частиц. Для получения формулы потенциала взаимодействия введены волновые функции основного и возбужденного состояния кластеров и матрица рассеивания, опысываемая виртуальным фотоном. Оказалось, что такое взаимодействие создает последовательные ряды убывающих по высоте и глубине потенциалных ям и барьеров. Изолированными длинноволновыми квантами могут быть излучения, наблюдающиеся при протекании микрофизических процессов.