

სითხის მოლეკულების ზომებისა და კონცენტრაციის გამოთვლა ლაბორატორიულ პირობებში

ნ. თავაძე¹, ო. კეთილაძე², მ. ჩიხლაძე²

¹ საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ქეთევან დედოფლის გამზირი №16, თბილისი, 0103, საქართველო

² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი, კოსტავას 77, თბილისი, 0175, საქართველო

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია სასწავლო ლაბორატორიებში იოლად ხელმისაწვდომი ცდების საშუალებით, წყლის მაგალითზე, ზოგიერთი სითხის მოლეკულათა წირითი ზომების და კონცენტრაციის გამოთვლის მეთოდი. მოყვანილია გამოთვლათა სიზუსტის შეფასების ერთ-ერთი გზა.

საკვანძო სიტყვები

ენერგეტიკული მდგომარეობა, ზედაპირული დაჭიმულობის ენერგია, ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი, ზმის ენერგია.

ნივთიერებათა დისკრეტული აღნაგობის შესახებ წარმოდგენა სათავეს ძველი ბერძნებიდან იღებს, თუმცა მხოლოდ XVIII საუკუნის დასაწყისიდან დაიწყო ამ იდეის მეცნიერული შესწავლა. XIX საუკუნის მიწურულიდან მთელი რიგი მკვლევართა შრომების საფუძველზე შეიქმნა ნივთიერებათა დისკრეტული აღნაგობის მეცნიერული თეორია.

ექსპერიმენტების საშუალებით ნივთიერებათა სტრუქტურის კვლევა, კერძოდ შემადგენელი ნაწილაკების (მოლეკულის, ატომის, იონის) წირითი ზომების განსაზღვრა მათი მიკროსკოპული მნიშვნელობათა გამო უდიდეს სირთულეებთანაა დაკავშირებული. მხოლოდ XX საუკუნის შუა პერიოდიდან კვანტური ფიზიკისა და ტექნოლოგიების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ისეთი მძლავრი მიკროსკოპების შექმნა (ოპტიკური, რენტგენული, ელექტრონული, ატომურ-ძალოვანი), რომლებმაც ელექტრომაგნიტური ტალღისა და ელემენტარული ნაწილაკების კონის ნივთიერებაში ინტერფერენციისა და დიფრაქციის მოვლენათა საფუძველზე შესაძლებლობა შექმნა უხილავი გაეხადა „ხილული“. აღნიშნული აპარატურები იმდენად ძვირადღირებულია, რომ

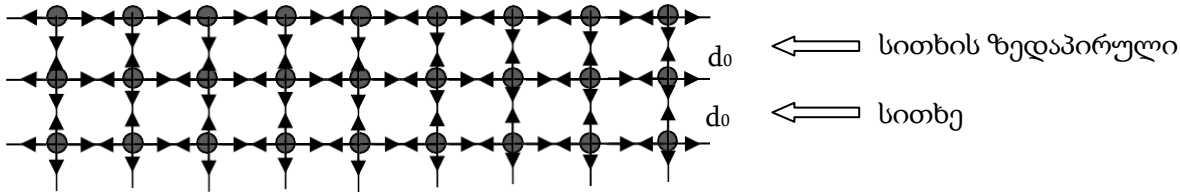
არათუ სკოლებს და კოლეჯებს, არამედ უმაღლესი სასწავლებლების დიდ ნაწილსაც არ ხელეწიფება მათი შეძენა და მით უმეტეს სასწავლო პროცესებში გამოყენება.

ამ სიძნელის დასაძლევად, ჩვენი აზრით, იოლად ხელმისაწვდომი ცდების საშუალებით შესაძლებელია სასწავლო ლაბორატორიების პირობებში ზოგიერთი სითხის მოლეკულათა წირითი ზომების და კონცენტრაციის გამოთვლა და დაშვებული ცდომილებების გაანალიზება.

უმთავრესი დაშვება, რაც ქვემოთ მოყვანილ მსჯელობას უდევს საფუძველად, მდგომარეობს შემდეგში: სითხეში მოლეკულების განლაგება იმდენად მჭიდროა, რომ d_0 მანძილი ორ მეზობელ მოლეკულის ცენტრებს შორის მოლეკულის წირითი ზომის რიგისაა და შესაბამისად მოლეკულის მოცულობა $V_0 \approx d_0^3$.

სითხის ზედაპირსა და სიღრმეში მყოფ მოლეკულათა ენერგეტიკული მდგომარეობა განსხვავებულია. ნახაზზე მოცემულია სითხის მოლეკულათა განლაგების ორგანოზომილებიანი მოდელი. საიდანაც ჩანს, რომ სითხის სიღრმეში მყოფი მოლეკულა ურთიერთქმედებს იგივე ტიპის ექვს მოლეკულასთან, რის გამოც ერთ

კავშირზე მოდის მოლეკულის ბმის ენერჯის
მეექვსედი - $W_{0bm} / 6$.



ზედაპირზე მყოფი მოლეკულა ურთიერთქმედებს იგივე ტიპის ხუთ მოლეკულასთან ამიტომ მისი ბმის ენერჯიაა $5W_{0bm} / 6$ და ის $W_{0bm} / 6$ -ით განსხვავდება სიღრმის მოლეკულის ბმის ენერჯისგან. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბმის ენერჯია უარყოფითია, მაშინ გამოდის, რომ ზედაპირის მოლეკულის ენერჯია $W_{0bm} / 6$ -ით აღემატება სიღრმის მოლეკულის ენერჯიას. ზედაპირის მოლეკულათა ეს „ჭარბი“ ენერჯია ქმნის ზედაპირული დაჭიმულობის ენერჯიას $W_{zed} = \sum W_{0bm} / 6$ და განაპირობებს ზედაპირული დაჭიმულობის ძალების არსებობას.

რადგან სითხის მოლეკულებს ახასიათებთ უმჭიდროესი განლაგება, ამიტომ ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი (ზედაპირული დაჭიმულობის ენერჯის სიმკვრივე), შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$\sigma = \frac{W_{zed}}{S} = \frac{W_{0zed}}{S_0} = \frac{W_{0bm}}{6S_0},$$

(S_0 მოლეკულის ფართობია)

$$\text{საიდანაც } W_{0bm} = 6\sigma S_0 \quad (1)$$

ორთქლადქცევის სითბო, ანუ ენერჯია, რომელიც საჭიროა მოცემული ტემპერატურის სითხის ასაორთქლებლად $Q = q_{aorT} m = q_{aorT} \rho V$, ერთი მოლეკულის მიმართ ასე ჩაიწერება:

$$Q_0 = q_{aorT} \rho V_0 \quad (2)$$

($V_0 = d_0 S_0$ მოლეკულის მოცულობაა)

სწორედ ეს ენერჯია ჭირდება ზედაპირზე მყოფ მოლეკულას ბმისგან გასათავისუფლებლად - ასაორთქლებლად. აქედან გამომდინარე გავუტოლოთ (1) (2)-ს:

$6\sigma S_0 = q_{aorT} \rho d_0 S_0$
საიდანაც ვღებულობთ მოლეკულის წირითი ზომის გამოსათვლელ ფორმულას:

$$d_0 = \frac{6\sigma}{q_{aorT} \rho} \quad (3)$$

(3) საინტერესოა იმ თვალსაზრისით, რომ ისეთი მიკროსკოპული სიდიდე, როგორცაა მოლეკულის წირითი ზომა, შეიძლება მარტივად გამოითვალოს ლაბორატორიულ პირობებში იოლად გასაზომი ρ , σ , q_{aorT} პარამეტრების გამოყენებით.

თუ სიგრძით ერთეულზე მოლეკულათა რიცხვს აღვნიშნავთ N -ით, ზემოთ მოცემული დაშვების თანახმად $N \cdot d_0 = 1$ მ-ს, საიდანაც $N = 1/d_0$ მოლეკულათა რიცხვია სიგრძით ერთეულზე, ხოლო $N^3 = n$ მოლეკულათა რაოდენობაა (კონცენტრაცია) მოცულობის ერთეულში.

მიღებული შედეგების სიზუსტის შესაფასებლად შეიძლება გამოვიყენოთ მოლეკულის წირითი ზომის შეფასების ერთ-ერთი თეორიული მეთოდი. კერძოდ, მოლეკულის მოცულობა გამოვთვალოთ მოლეკური მოცულობის ფარდობით ავოგადროს რიცხვთან

$$V_0 = \frac{V_M}{N} = \frac{M}{\rho N} \quad \text{საიდანაც } d_{0Teor} = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$$

ქვემოთ ცხრილის სახით მოყვანილია განხილული გზით გამოთვლილი წყლის მოლეკულის წირითი ზომა და შედარებულია თეორიულ მნიშვნელობასთან.

ρ კგ/მ ³	σ ჯ/მ ²	q_{aorT} ჯ/კგ	M კგ/კმოლ	d_0 მ	n მ ⁻³	$d_{0თეორ}$ მ	$\Delta d_0 / d_{0თეორ}$ %
1.10 ³	0,071	22,6.10 ⁵	18.10 ⁻³	2,0.10 ⁻¹⁰	1,25.10 ²⁹	3,14.10 ⁻¹⁰	36

მიღებული შედეგის ცდომილება $\approx 36\%$ -ის ფარგლებშია, რაც ჩვენს მიერ გაკეთებულ დაშვებასთან ერთად მეტწილად დაკავშირებულია იმ გარემოებასთან, რომ ზედაპირული ზმის ენერგიის განსაზღვრაში, უგულებელვყავით სითხის ზედაპირის მოლეკულებთან მეორე ფაზის (ჰაერი, ორთქლი) მოლეკულათა ურთიერთქმედება. აღნიშნულის გათვალისწინება შეამცირებდა ზედაპირული დაჭიმულობის ენერგიის სიდიდეს და შესაბამისად გაზრდიდა მოლეკულის წირითი ზომის მნიშვნელობას. რეალურად ამ ფაქტორის გათვალისწინება შეუძლებელია, თუმცა ის არსებითად ვერ შეცვლიდა მოლეკულის წირითი ზომის გამოთვლილ სიდიდეს.

ჩვენი აზრით, ზემოთ განხილული მეთოდი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სხვა სითხეების სტრუქტურულ კვლევებშიც.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ვ. ვაისკოპფი თანამედროვე ფიზიკა ელემენტარული თვალსაზრისით. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი 1973.
2. ე. მიმინოშვილი ნივთიერებების, მასალების და ნაკეთობების კვლევის მეთოდები ფიზიკა-ტექნიკურ ექსპერტიზაში. ტექნიკური უნივერსიტეტი 2011.
3. ა. გიგინეიშვილი, გ. კუკულაძე ზოგადი ფიზიკის კურსი I „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 2007

Calculation of Size and Concentration of Molecules of a Liquid in Laboratory Conditions

Abstract

The paper represents the method of calculation of linear size and concentration of molecules of some liquids, on a water base, conducted by easy-made experiments in an training laboratory.