

РАЗДЗЕЛ 1

АСНОВЫ МАЛЕКУЛЯРНА-КІНЕТЫЧНАЙ ТЭОРЫІ

§ 1. Асноўныя палажэнні малекулярна-кінетычнай тэорыі

Што ўяўляе з сябе ўнутраная будова любога рэчыва? Суцэльнае яно або мае дыскрэтную структуру? Чаму ўласцівасці розных рэчываў адрозніваюцца адна ад другой? Ад чаго залежаць тыя або іншыя ўласцівасці рэчыва?

Уяўленне пра тое, што ўсе целы складаюцца з драбнюткіх часціц — атамаў, з’явілася яшчэ ў глыбокай старажытнасці, і яго даволі выразна сфармулявалі старажытнагрэчаскія філосафы Ляўкіп (прыблізна 500–440 да н. э.) і Дэмакрыт (460–371 да н. э.). Аднак потым атамістычныя ўяўленні былі забытыя. Толькі ў другой палове XVII ст. англійскі вучоны Р. Бойль у кнізе «Хімік-скептык» надаў паняццю «хімічны элемент» новы сэнс, блізкі да сучаснага. Затым у XVIII–XIX стст. М. В. Ламаносаў, Д. Дальтан, А. Краніг, Л. Больцман, Д. Максвел і іншыя вучоныя распрацоўвалі і ўдасканалівалі атамістычныя ўяўленні ў якасці навуковай тэорыі, якая атрымала назву класічнай малекулярна-кінетычнай тэорыі.

У аснову малекулярна-кінетычнай тэорыі пакладзены тры палажэнні:

1. Рэчыва мае дыскрэтную будову, гэта значыць складаецца з мікраскапічных часціц.
2. Часціцы рэчыва хаатычна рухаюцца.
3. Часціцы рэчыва ўзаемадзейнічаюць паміж сабой.

Дыскрэтная будова рэчыва. Як вы ўжо ведаеце, рэальнасць існавання малекул пацвярджаюць эксперыментальныя факты. Напрыклад, растварэнне рэчываў у вадзе і ў іншых растваральніках, механічнае драбненне рэчыва (мал. 3), сцісканне і расшырэнне



Мал. 3



Мал. 4

ўсіх цел і асабліва газаў, дыфузія, броўнаўскі рух і многае іншае.

Рэчыва мае дыскрэтную будову, гэта значыць складаецца з асобных часціц (малекул, атамаў, іонаў). Вока можа распазнаць два пункты, калі адлегласць паміж імі не меншая, чым 0,1 мм. Сучасныя аптычныя мікраскопы дазваляюць адрозніваць структуры з адлегласцю паміж элементамі прыкладна 200 нм і больш. Яны забяспечваюць магчымасць назіраць і фатаграфавать вельмі буйныя малекулы, якія складаюцца з соцень і нават тысяч атамаў (малекулы некаторых вітамінаў, гармонаў і бялкоў). На малюнку 4 прыведзены фотаздымак малекулы нуклеінавай кіслаты ніткападобнай формы, агульная даўжыня якой 34 мкм.

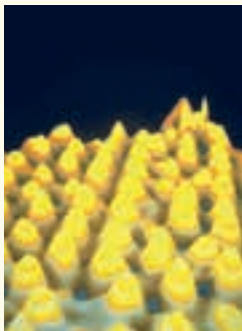
Выкарыстанне электронных мікраскопаў дазваляе назіраць і фатаграфавать атамарныя структуры.

Ад тэорыі да практыкі

Адлегласць паміж цэнтрамі суседніх атамаў золата $r = 2,90 \cdot 10^{-10}$ м. Якая колькасць атамаў складае таўшчыню лісточка золата, лікавае значэнне якой $d = 0,210$ мкм?

3 гісторыі фізікі

4 сакавіка 1981 г. нямецкі вучоны Герд Бініг і швейцарскі вучоны Генрых Рорэр упершыню ў свеце назіралі асобныя атамы на паверхні крэмнію з дапамогай тунэльнага мікраскопа (мал. 5). За распрацоўку і стварэнне электроннага мікраскопа (мал. 6, а) нямецкаму вучонаму Эрнсту Руске і за вынаходства сканавальнага тунэльнага мікраскопа (мал. 6, б) Г. Бінігу і Г. Рорэру прысуджана Нобелеўская прэмія па фізіцы за 1986 г.



Мал. 5



Мал. 6

Цеплавы рух часціц рэчыва. Малекулы, атамы і іншыя часціцы, якія ўтвараюць рэчыва, знаходзяцца ў бесперапынным *цеплавым руху*.

Цеплавы рух — хаатычны рух часціц рэчыва, інтэнсіўнасць якога залежыць ад тэмпературы цела.

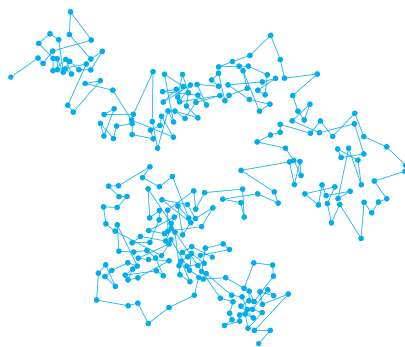
У 1827 г. англійскі батанік Роберт Броўн (1773–1858), назіраючы ў мікраскоп завісь кветкавага пылку ў вадзе, выявіў, што часціцы завісі бесперапынна рухаліся, прычым па вельмі мудрагелістых траекторыях. Гэты рух часціц, прызнаны эксперыментальным пацвярджэннем цеплавога руху часціц рэчыва, назвалі *броўнаўскім рухам*.

Броўнаўскі рух — хаатычны рух узважаных* у вадкасці або газе драбнюткіх *нерастваральных цвёрдых часціц памерамі прыкладна 1 мкм і менш*.

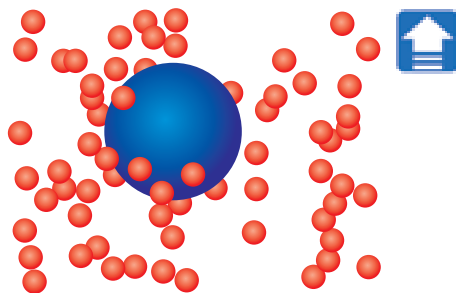
Броўнаўскія часціцы рухаюцца бесперапынна і хаатычна, а траекторыі іх руху вельмі складаныя. На малюнку 7 паказана спрошчаная траекторыя руху броўнаўскай часціцы. Пунктамі пазначаны становішчы часціцы праз аднолькавыя прамежкі часу. Траекторыя руху на працягу кожнага прамежку часу заменена адрэзкам прамой, які ўяўляе з сябе модуль рэзультуючага перамяшчэння часціцы.

Броўнаўскі рух абумоўлены ўласцівасцямі вадкасці або газу. Ён не залежыць ад прыроды рэчыва броўнаўскай часціцы і знешніх уздзеянняў (акрамя тэмпературы). Прычынай броўнаўскага руху з'яўляецца *цеплавы рух часціц асяроддзя*, у якім знаходзіцца броўнаўская часціца, і адсутнасць дакладнай кампенсцыі ўдараў, якія часціца зведае з боку навакольных малекул (атамаў або іонаў) (мал. 8).

Чым меншыя памеры і маса броўнаўскай часціцы, тым лягчэй заўважыць змяненне яе імпульсу пад уздзеяннем удараў. Інтэнсіўнасць руху броўнаўскіх часціц узрастае з



Мал. 7



Мал. 8

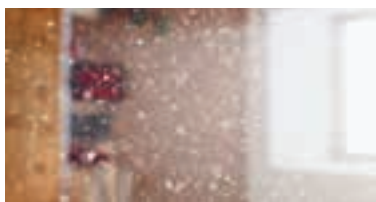
* Узважаныя часціцы — гэта часціцы са шчыльнасцю рэчыва, параўнальнай са шчыльнасцю асяроддзя (вадкасі або газу), у якім яны знаходзяцца, размеркаваныя пэўным чынам па ўсім аб'ёме гэтага асяроддзя.

павышэннем тэмпературы і памяншэннем вязкасці асяроддзя. Броўнаўскі рух ледзь прыкметны ў гліцэрыне, а ў газах ён, наадварот, надзвычай інтэнсіўны.

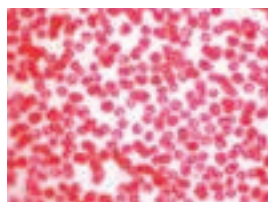
Ад тэорыі да практыкі

1. Ці можна лічыць броўнаўскім хаатычны рух пылінак у паветры (мал. 9)?

2. Пры разглядзе ў мікраскоп кроплі крыві можна ўбачыць на фоне бясколернай вадкасці чырвоныя крывяныя целыцы, якія бесперапынна і хаатычна рухаюцца (мал. 10). Як можна растлумачыць гэтую з’яву?



Мал. 9



Мал. 10

3 гісторыі фізікі

Першую колькасную тэорыю броўнаўскага руху прапанаваў у 1905 г. Альберт Эйнштэйн (1879–1955). Польскі фізік Марыян Смалухоўскі (1872–1917) у 1906 г. таксама распрацаваў колькасную тэорыю броўнаўскага руху. Эксперыментальнае пацвярджэнне прапанаванай вучонымі тэорыі з’явілася заслугай французскага фізіка Жана Пярэна (1870–1942). «За доказ існавання малекул» Ж. Пярэну прысуджана Нобелеўская прэмія па фізіцы за 1926 г.

Яшчэ адным пацвярджэннем цеплавога руху часціц (малекул, атамаў або іонаў) рэчыва з’яўляецца *дыфузія* (лац. *diffusio* — распаўсюджанне, расцяканне, рассяйванне).

Дыфузія — працэс узаемнага пранікнення часціц аднаго з рэчываў, якія судакранаюцца, паміж часціцамі другога рэчыва з прычыны іх цеплавога руху.

Калі часціцы рэчываў пры судакрананні размеркаваны ў прасторы неаднародна, то гэта прыводзіць да самаадвольнага выраўноўвання іх канцэнтрацый.

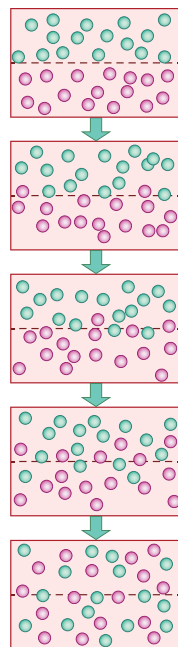
Канцэнтрацыя часціц — фізічная велічыня, лікава роўная колькасці часціц, якія змяшчаюцца ў адзінкавым аб’ёме:

$$n = \frac{N}{V}.$$

Калі ў розных частках аднаго і таго цела канцэнтрацыі часціц не супадаюць, то з прычыны іх цеплавога руху пры пастаяннай тэмпературы і адсутнасці знешніх сіл адбываецца ўпарадкаванае перамяшчэнне. Яно прыводзіць да выраўноўвання канцэнтрацый (мал. 11).

Скорасць дыфузіі залежыць ад характару руху часціц рэчыва, які вызначаецца тэмпературай і асабліва аграгатным станам. У газах дыфузія адбываецца хутчэй, чым у вадкасцях, а тым больш у цвёрдых целах.

Дыфузія мае важнае значэнне ў прыродзе і тэхніцы. Дзякуючы дыфузіі ажыццяўляецца сілкаванне раслін неабходнымі рэчывамі з глебы, у жывых арганізмах адбываецца ўсмоктванне пажыўных рэчываў праз сценкі сасудаў стрававальнага тракту. Для павелічэння цвёрдасці сталёвых дэталей іх паверхневы слой дыфузна насычаюць вугляродам. Дыфузію выкарыстоўваюць у ядзерных тэхналогіях як адзін са спосабаў абагачэння ўрану.



Мал. 11

Ад тэорыі да практыкі

Што агульнага паміж броўнаўскім рухам і дыфузіяй? Чым яны адрозніваюцца?

Цікава ведаць

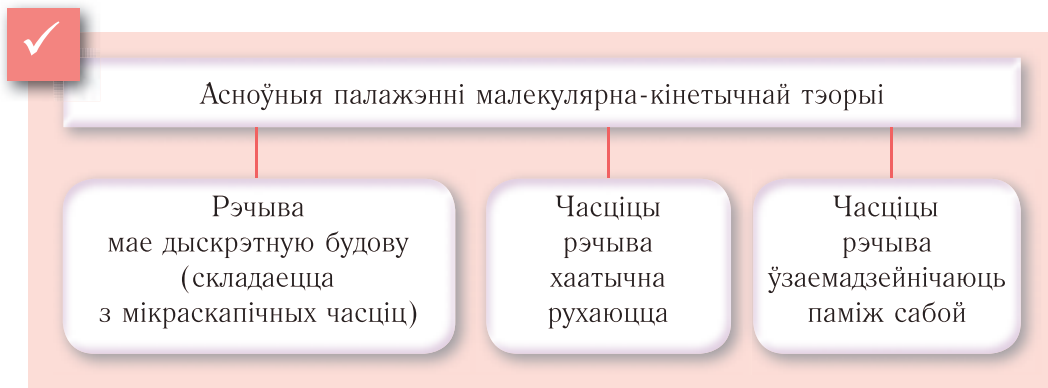
Упершыню на свае вочы пераканацца, што дыфузія адбываецца не толькі ў газах і вадкасцях, але і ў цвёрдых целах, удалося ў 1896 г. англійскаму металургу Робертсу-Аўстэну. Ён прыціснуў адзін да аднаго залаты дыск і свінцовы цыліндр і змясціў іх на 10 сутак у печ, дзе падтрымлівалася тэмпература 200 °С. Калі печ адчынілі і вынялі з яе дыск і цыліндр, высветлілася, што іх немагчыма раз'яднаць. Дыфузія прывяла да таго, што золата і свінец літаральна «прараслі» адно ў адно. У цяперашні час такая тэхналогія злучэння дэталей добра вывучана і атрымала назву дыфузійнай зваркі.

Узаемадзеянне часціц рэчыва. Факт існавання цвёрдых і вадкіх цел пацвярджае, што паміж часціцамі рэчываў, якія ўтвараюць гэтыя целы, дзейнічаюць *сілы ўзаемагата прывязжэння*. Менавіта гэтымі сіламі часціцы (малекулы, атамы або іоны) у целах утрымліваюцца разам.

З паўсядзённага досведу вядома, што сілы ўзаемага прыцяжэння найбольш наглядна праяўляюцца ў цвёрдых целах. Тонкі сталёвы трос дыяметрам 2 мм дастаткова трывалы, каб на ім падняць груз, маса якога 150 кг.

Тое, што газы займаюць увесь адведзены ім аб'ём, сведчыць пра зусім нязначнае праяўленне сіл узаемага прыцяжэння паміж іх малекуламі*. Прычына ў тым, што ўсярэдненая адлегласць паміж малекуламі газаў істотна перавышае памеры саміх малекул, а таксама адлегласці паміж цэнтрамі суседніх часціц вадкасці і цвёрдых цел.

Адносна малая сціскальнасць вадкасцей і цвёрдых цел сведчыць пра тое, што паміж малекуламі рэчыва існуюць і *сілы ўзаемага адштурхвання*. Сілы прыцяжэння і сілы адштурхвання дзейнічаюць адначасова. У адваротным выпадку ўстойлівых станаў вялікіх сукупнасцей малекул не магло б існаваць: часціцы рэчыва сцягваліся б у адно месца ці разліталіся ў розныя бакі.

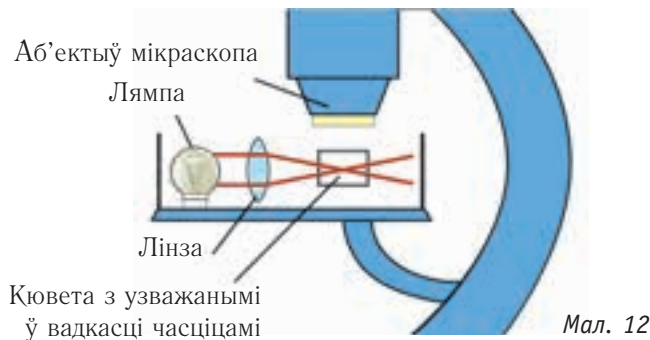


1. У адным з падручнікаў, выдадзеным у 1885 г., можна прачытаць: «Цвёрды атам... жыве ў выглядзе неверагоднай, але ўсё яшчэ неадвергнутай гіпотэзы... Аднак непараўнальна больш праўдападобная тэорыя, паводле якой матэрыя... бесперапынная, гэта значыць не складаецца з часціц з прамежкамі». Якія аргументы вы можаце прывесці аўтару гэтых радкоў, каб даказаць існаванне найдрабнейшых часціц рэчыва?

2. Уявіце, што ваш сябар скептычна ставіцца да атамаў і малекул і мяркуе, што броўнаўскі рух не з'яўляецца доказам іх існавання. Ён лічыць, што рух узважаных

* Нягледзячы на тое што не ўсе газы і вадкасці складаюцца з малекул (яны могуць складацца і з атамаў, і з іонаў), далей, гаворачы пра газы і вадкасці, мы будзем выкарыстоўваць тэрмін «малекула».

у вадкасці або газе часціц можна таксама растлумачыць рухам патокаў паветра або вадкасці, што знаходзяцца навакол іх. Якія аргументы вы можаце прывесці супраць такой інтэрпрэтацыі эксперыментальных назіранняў (мал. 12)?



3. Чаму броўнаўскі рух прыкметны толькі ў часціц з малымі памерамі ($d \leq 1$ мкм) і масай?
4. Чаму добра прыцёрты шкляны корак цяжка выняць з рыльца шклянога флакона?
5. Дапоўніце схему ў сціслых высновах, дадаўшы доследныя абгрунтаванні асноўных палажэнняў малекулярна-кінетычнай тэорыі.



§ 1-1

§ 2. Маса і памеры малекул. Колькасць рэчыва

У $1,0 \text{ см}^3$ любога газу, які знаходзіцца пры нармальных умовах (тэмпература $t_0 = 0,0 \text{ }^\circ\text{C}$, ціск $p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$), змяшчаецца $2,7 \cdot 10^{19}$ малекул. Каб уявіць, наколькі вялікі гэты лік, дапусцім, што з адтуліны ў ампуле ўмяшчальнасцю $V = 1,0 \text{ см}^3$ кожную секунду вылятае 100 малекул. Тады для таго, каб усе малекулы вылецелі з ампулы, спатрэбіцца 8,6 млрд гадоў, гэта значыць прамежак часу, параўнальны з узростам Сусвету (12–15 млрд гадоў). Такая велізарная колькасць малекул у рэчыве сведчыць пра тое, што іх памеры вельмі малыя. Якія ж памеры і маса часціц рэчыва? Як можна вызначыць колькасць атамаў у любым макраскапічным целе?

Малекулярна-кінетычная тэорыя дае магчымасць ацаніць масу і памеры часціц, якія ўтвараюць макраскапічныя целы. Малекулы, як і атамы, не маюць выразных межаў. Калі ўявіць малекулу ў выглядзе шарыка, то яе радыус мае значэнне ад 0,1 нм у самых простых да 100 нм у складаных малекул, якія

змяшчаюць некалькіх тысяч атамаў. Напрыклад, ацэначны дыяметр малекулы вадароду складае 0,2 нм, а дыяметр малекулы вады — 0,3 нм. Пры такіх памерах колькасць часціц у рэчыве надзвычай вялікая. Напрыклад, у адным граме вады ўтрымліваецца $3,3 \cdot 10^{22}$ малекул.

Памеры і маса малекулы ўзрастаюць з павелічэннем колькасці атамаў, з якіх яна складаецца. Атамы і малекулы (акрамя шмататамных малекул арганічных рэчываў) маюць масу прыкладна 10^{-26} кг. З прычыны малых значэнняў выражаць масы атамаў і малекул у кілаграмах (кг) нязручна. Таму для вымярэння мас атамаў і малекул у хіміі і фізіцы выкарыстоўваюць *атамную адзінку масы* (а. а. м.). Атамную адзінку масы выражаюць праз масу ізатопу вугляроду $^{12}_6\text{C}$:

$$1 \text{ а. а. м.} = \frac{1}{12} m_{0\text{C}} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Масу малекулы (або атама), выражаную ў атамных адзінках масы, называюць *адноснай малекулярнай масай* M_r (або *адноснай атамнай масай* A_r). Адносная малекулярная (або атамная) маса M_r паказвае, у колькі разоў маса m_0 малекулы (або атама) большая за атамную адзінку масы:

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0\text{C}}}.$$

У Перыядычнай сістэме хімічных элементаў Д. І. Мендзялеева (гл. форзац 2) каля сімвалаў элементаў пазначаны і іх адносныя атамныя масы. У большасці выпадкаў пры правядзенні разлікаў значэнне адноснай атамнай масы акругляюць да цэлага ліку, выкарыстоўваючы правілы набліжаных вылічэнняў. Так, напрыклад, адносная атамная маса вадароду роўная 1, кіслароду — 16, азоту — 14.

Колькасць рэчыва, якая змяшчаецца ў макраскапічным целе, вызначаюць колькасцю часціц у ім. Прыведзеныя вышэй прыклады паказваюць, наколькі вялікі гэты лік. Таму пры разліках прынята выкарыстоўваць не абсалютную колькасць часціц рэчыва, а адносную:

$$v = \frac{N}{N_A},$$

гэта значыць *колькасць рэчыва* v вызначаюць адносінамі ліку часціц N гэтага рэчыва да пастаяннай Авагадра N_A .

Асноўнай адзінкай колькасці рэчыва ў СІ з'яўляецца моль. *1 моль* роўны колькасці рэчыва, якая змяшчае столькі часціц, колькі атамаў ўтрымліваецца ў

0,012 кг ізотопу вугляроду $^{12}_6\text{C}$. Значыць, у адным молі любога рэчыва знаходзіцца аднолькавая колькасць атамаў або малекул. Гэтую колькасць часціц абазначылі N_A і назвалі *пастаяннай Авагадра* ў гонар італьянскага вучонага Амедэа Авагадра (1776–1856). Пастаянная Авагадра з’яўляецца адной з фундаментальных фізічных пастаянных, яе значэнне

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

У малекулярна-кінетычнай тэорыі разам з адноснай малекулярнай (або атамнай) масай выкарыстоўваюць *малярную масу* M — масу рэчыва, узятага ў колькасці $\nu = 1$ моль. Малярную масу M вызначаюць адносінамі масы m рэчыва да яго колькасці ν :

$$M = \frac{m}{\nu}.$$

Асноўнай адзінкай малярнай масы ў СІ з’яўляецца кілаграм на моль $\left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}}\right)$. Малярная маса рэчыва звязана з яго адноснай малекулярнай масай наступнымі суадносінамі:

$$M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

Малярную масу рэчыва таксама можна вылічыць па формуле

$$M = m_0 N_A.$$

З улікам таго, што $m_0 = \frac{M}{N_A}$, атрымаем формулу для разліку колькасці малекул у дадзеным рэчыве:

$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{m}{M} N_A.$$

Ад тэорыі да практыкі

1. У колькі разоў лік малекул вадароду, узятага ў колькасці $\nu_b = 8$ моль, большы за лік малекул азоту, колькасць рэчыва якога $\nu_a = 4$ моль?

2. Выкарыстоўваючы выраз $N = \frac{m}{M} N_A$, разлічыце колькасць малекул у адным граме вады і пераканайцеся ў правільнасці прыведзенага ў пачатку параграфа значэння.



Формула	Фізічныя велічыні, якія ўваходзяць у формулу	Адзінкі фізіч- ных велічынь
$\nu = \frac{N}{N_A}$	ν — колькасць рэчыва N — лік часціц рэчыва N_A — пастаянная Авагадра	моль — моль ⁻¹
$M = \frac{m}{\nu}$	M — малярная маса	$\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
$m_0 = \frac{M}{N_A}$	m — маса рэчыва m_0 — маса малекулы рэчыва	кг кг
$N = \frac{m}{M} N_A$	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹	



1. У якіх адзінках вымяраюць масы атамаў і малекул?
2. Што такое колькасць рэчыва? Назавіце адзінку гэтай фізічнай велічыні.
3. Што такое пастаянная Авагадра?
4. Што называюць малярнай масай рэчыва?
5. Растлумачце, чаму колькасць рэчыва ν , яго маса m і малярная маса M звязаны суадносінамі $\nu = \frac{m}{M}$.



Дамашняя лабараторыя

1. Прапануйце спосаб вызначэння прыкладнай колькасці малекул, якія выпарыліся з кожнага квадратнага сантыметра паверхні вады, налітай у шклянку, за прамежак часу $\Delta t = 1$ с.

Абсталяванне: шклянка з вадой, электронныя вагі (з як мага большай дакладнасцю вымярэння), секундамер, лінейка.

2. Прапануйце спосаб вызначэння колькасці часціц у кавалачку крэйды (CaCO_3).

Абсталяванне: кавалачак крэйды, электронныя вагі.

Прыклады рашэння задач

Прыклад 1. Вызначце малярную масу і масу адной малекулы сульфату медзі(II) CuSO_4 .

Рашэнне. Каб вылічыць малярную масу M любога рэчыва, неабходна па хімічнай формуле знайсці адносную малекулярную масу M_r гэтага рэчыва і атрыманае значэнне памножыць на $10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$. Паколькі хімічная формула сульфату медзі(II) мае выгляд CuSO_4 , то

$$M_r = 64 + 32 + 16 \cdot 4 = 1,6 \cdot 10^2.$$

$$\text{Тады малярная маса } M = 1,6 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 0,16 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

Для вызначэння масы малекулы CuSO_4 выкарыстаем формулу $m_0 = \frac{M}{N_A}^*$:

$$m_0 = \frac{0,16 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,027 \cdot 10^{-23} \text{ кг} = 2,7 \cdot 10^{-25} \text{ кг}.$$

$$\text{Адказ: } M = 0,16 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, m_0 = 2,7 \cdot 10^{-25} \text{ кг}.$$

Прыклад 2. Вызначце колькасць рэчыва і колькасць атамаў, якія змяшчаюцца ў жалезным бруску аб'ёмам $V = 100 \text{ см}^3$. Шчыльнасць жалеза $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$\begin{aligned} \text{Дадзена:} \\ V &= 100 \text{ см}^3 = \\ &= 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \\ \rho &= 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= ? \\ N &= ? \end{aligned}$$

Рашэнне. Колькасць рэчыва можна вызначыць, выкарыстаўшы формулу $v = \frac{m}{M}$, дзе m — маса жалезна-

га бруска, а $M = 56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ — малярная маса жа-

леза. Паколькі $m = \rho V$, то $v = \frac{\rho V}{M}$.

$$v = \frac{7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3}{56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 14 \text{ моль}.$$

Колькасць атамаў у дадзеным жалезным бруску $N = vN_A$.

$$N = 14 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 8,4 \cdot 10^{24}.$$

$$\text{Адказ: } v = 14 \text{ моль}, N = 8,4 \cdot 10^{24}.$$

* Пры рашэнні задач пастаянную Авагадра прыняць роўнай $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Практыкаванне 1

1. Вызначце малярныя масы і масы малекул: а) вады H_2O ; б) вуглякіслага газу CO_2 ; в) аміяку NH_3 ; г) азотнай кіслаты HNO_3 .

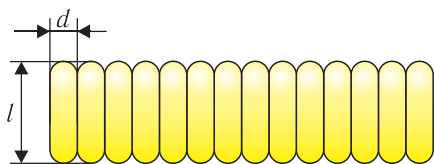
2. У шклянку наліта вада H_2O масай $m = 0,20$ кг. Вызначце колькасць рэчыва і колькасць малекул вады ў шклянцы.

3. Вызначце масу $N = 4,5 \cdot 10^{22}$ малекул серавадароду H_2S .

4. Параўнайце колькасць часціц рэчыва ў алюмініевым і медным кубіках адвольнага аб'ёму. Шчыльнасць алюмінію $\rho_a = 2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, шчыльнасць медзі $\rho_m = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

5. У сярэбранай пласцінцы $N = 1,0 \cdot 10^{24}$ атамаў. Вызначце аб'ём пласцінкі, калі шчыльнасць серабра $\rho = 10,5 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

6. Англіійскі фізік Джон Уільям Стрэт, лорд Рэлей (1842–1919), прапанаваў такі спосаб ацэнкі памераў малекул: на паверхню вады ў шырокай пасудзіне ён капнуў кроплю аліўкавага алею аб'ёмам $V = 8,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3$ і шчыльнасцю $\rho = 9,0 \cdot 10^2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Кропля расцяклася, утварыўшы плёнку плошчай $S = 0,55 \text{ м}^2$.



Мал. 13

Вызначце па гэтых даных масу і дыяметр малекулы аліўкавага алею, палічыўшы таўшчыню плёнкі роўнай даўжыні цыліндрычных па форме малекул алею (мал. 13). Малярную масу аліўкавага алею палічыце роўнай $M = 0,28 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$.

7. Вада ў адкрытай пасудзіне выпарылася за прамежак часу $\Delta t = 6,0$ сутак. Вызначце масу вады, якая знаходзілася ў пасудзіне, калі з яе паверхні кожную секунду вылятала ў сярэднім $\langle N_1 \rangle = 5,0 \cdot 10^{18}$ малекул.



§ 3. Макра- і мікрапараметры. Ідэальны газ.

Асноўнае ўраўненне малекулярна-кінетычнай тэорыі ідэальнага газу

Найбольш простым з усіх аграгатных станаў рэчыва з'яўляецца газападобны. Таму вывучэнне ўласцівасцей рэчываў пачынаюць з газаў. Газ (грэч. *chaos* — хаос) — такі аграгатны стан рэчыва, калі часціцы,