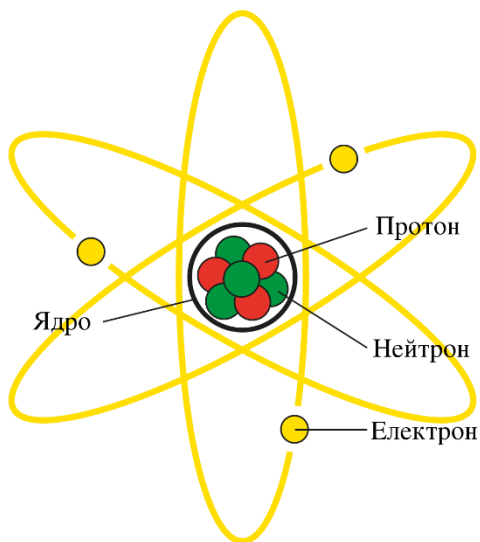


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Ю.Ю. Білак, М.І. Роль

**БУДОВА ТА КІЛЬКІСТЬ РЕЧОВИНИ.
МОЛЬ**

Навчально-методичний посібник



Ужгород
2024

УДК 54-1(072)(075.8)

Б 61

Білак Ю.Ю., Роль М.І. Будова та кількість речовини. Моль: навч.-метод. посіб. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2024. 36 с.

Досвід педагогічної роботи у вищому навчальному закладі показує, що при вивченні студентами курсу фізики, часто маємо справу з базовими характеристиками різноманітних процесів чи явищ, які складно піддаються розумінню та, тим більше засвоєнню. На теоретичних, практичних чи лабораторних заняттях, як правило, не завжди достатньо часу для індивідуального спілкування з проблемних тем, опрацювання нетипових задач і детального обговорення методики їх розв'язання.

Даний навчально-методичний посібник розроблено з метою розуміння фізичного змісту будови речовини та моделей їх опису, класифікації субатомних частинок, володіння матеріалом щодо визначення маси речовини та одиниць її вимірювання, допомоги самостійно опанувати методику розв'язування типових задач та розвитку аналітичного мислення. Окремо виділено матеріал, що стосується термінів «кількість речовини» та «моль», які складно піддаються чіткому розумінню та засвоєнню.

Посібник містить основні теоретичні відомості з досліджуваної теми, перелік типових задач та задачі для самостійного опрацювання. Посібник розроблено для учнів, студентів технічних та нетехнічних спеціальностей вищих навчальних закладів, вчителів, викладачів.

Рецензенти:

Ремета Є.Ю., доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу теорії елементарних частинок ІЕФ НАН України;

Шуайбов О.К., доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри квантової електроніки ДВНЗ «УжНУ».

*Рекомендовано до друку на засіданні
Науково-методичної ради
факультету інформаційних технологій ДВНЗ «УжНУ»
(протокол № 1 від 18 січня 2024 р.)*

© Ю.Ю. Білак, М.І. Роль, 2024

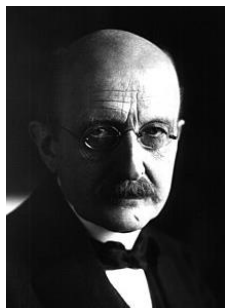
ЗМІСТ

Атом. Будова атома	4
Періодична таблиця Д.І. Менделєєва	10
Маса атома	15
Атомна одиниця маси	16
Стала Авогадро. Закон Авогадро	18
Кількість речовини. Моль	20
Додаток 1. Електронні конфігурації елементів	23
Додаток 2. Основні фізичні константи	26
Додаток 3. Типові задачі.....	27
Додаток 4. Задачі для самостійного опрацювання.....	31
Список використаної літератури	35

Атом. Будова атома

Поняття про атом, як найменшу неподільну частинку матерії, було вперше сформульовано ще давньо-індійськими філософами. На початку 20-го сторіччя фізиками було відкрито складові структури атома, а пізніше стало відомо, що і субатомні частинки – протони і нейтрони, також складаються з елементарних частинок, які називають кварками. Кварки ж так само як і лептони (елементарна частинка, ферміон, не бере участь у сильній взаємодії) є однією із основних складових матерії. Самі легкі субатомні частинки – електрони, є безструктурними елементарними частинками, які утворюють електронні оболонки атома і визначають оптичні, електричні, магнітні, механічні та хімічні властивості речовини. Дослідники нових частинок були вражені їх незвичними властивостями, а спроби пояснити, а тим більше, описати їх природу за допомогою понять та законів Ньютона зазнали невдачі. Принципи класичної фізики виявилися незастосовними до вивчення фізичних властивостей найдрібніших частинок матерії.

Однак пошук нових понять і методів пояснення призвели вчених до виникнення нової квантової механіки, засновниками якої можна вважати Макса Планка, Ервіна Шрьодінгера, Вернера Гейзенберга, Нільса Бора. При розробці ця механіка отримала назву хвильової, у протизвуччя класичній механіці, яка розглядає свої об'єкти як такі, що складаються з корпускул (частинок). Пізніше механіка мікрооб'єктів отримала назву квантової механіки. На початку 20-го сторіччя у наукових колах між фізиками йшла історична битва за правильне розуміння законів квантового світу. Найвидатнішими суперниками були Нільс Бор та Альберт Ейнштейн, який рахував квантову теорію абсурдною і до кінця життя намагався довести її неправильність.



*Макс Карл Ернст
Людвіг Планк
(1858-1947) —
німецький фізик-
теоретик,
основоположник
квантової фізики.
Лауреат
Нобелівської премії
з фізики.*



*Ервін Рудольф
Йозеф Александер
Шрєдінгер
(1887-1961) —
австрійський
фізик-теоретик,
один із творців
квантової
механіки. Лауреат
Нобелівської премії
з фізики.*



*Вєрнер Карл
Гєйзенберг
(1901-1976) —
німецький фізик-
теоретик, один із
творців квантової
механіки, лауреат
Нобелівської
премії з фізики*



*Нільс Гєнрик
Давід Бор (1885-
1962) — данський
фізик-теоретик і
громадський діяч,
один із творців
сучасної фізики.
Лауреат
Нобелівської
премії з фізики*

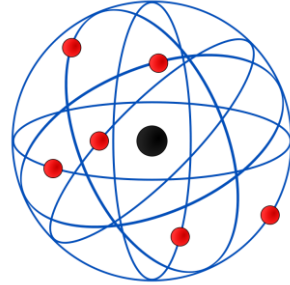
Однак у 1927 році В.Гейзенберг сформулював свій знаменитий принцип невизначеності, який сьогодні є фундаментальним положенням квантової механіки. Принцип невизначеності Гейзенберга базується на двоїстій природі мікрооб'єктів, оскільки вони можуть проявляти себе і як корпусули (частинки) і як хвилі. Цей принцип має також назву квантового чи корпускулярно-хвильового дуалізму і суть його зводиться до накладання обмежень на точність вимірювання положення мікрочастинки у просторі і її швидкості (точніше імпульсу). Тобто, імпульс і положення частинки не можуть бути відомі одночасно. Іншими словами – закони квантової механіки носять імовірнісний характер. У мікросвіті також не виконується принцип причинності, тобто одна причина може породити велику кількість наслідків.

Зупинимося детальніше на будові атома. Як було сказано раніше, сучасні уявлення про будову атома загалом базуються на уявленнях квантової механіки.

На популярному рівні будову атома можна викласти у рамках так званої планетарної моделі, запропонованої Ернестом

Резерфордом у 1911 році як результат його експериментів з розсіяння альфа-частинок атомами золота, та моделі Бора.

Згідно з *моделлю Резерфорда* атом складається з масивного важкого ядра і електронів, що обертаються навколо ядра. Така модель нагадує своєю будовою Сонячну систему, що й слугувало при виборі назви моделі. Однак, сьогодні модель атома Резерфорда має лише історичну цінність, оскільки відповідно до класичної теорії електромагнетизму, заряджена частинка, що рухається з прискоренням повинна випромінювати. У свою чергу електрон, обертаючись навколо ядра, рухається із доцентровим прискоренням, а отже має неперервно і швидко випромінювати енергію, та втрачаючи її, падати на ядро. Такий атом повинен існувати протягом неймовірно малих проміжків часу.



Планетарна модель атома, запропонована Резерфордом

Планетарну модель замінила *модель Нільса Бора* (опублікована у 1913 р.), ставши наступним етапом у розвитку квантової механіки. Не дивлячись на значний прогрес науки, модель Бора актуальна і в наш час. За цією моделлю:

- атоми складаються з елементарних частинок (протонів, електронів, та нейтронів). Маса атома в основному зосереджена в ядрі, тому більша частина об'єму відносно порожня. Ядро оточене електронами. Кількість електронів дорівнює кількості протонів у ядрі, кількість протонів визначає порядковий номер елемента в періодичній системі. У нейтральному атомі сумарний негативний заряд електронів дорівнює позитивному зарядові протонів. Атоми одного елемента з різною кількістю нейтронів називаються ізотопами;

- у центрі атома знаходиться крихітне, позитивно заряджене ядро, що складається з протонів та нейтронів (ядро атома приблизно в 100 000 разів менше, ніж сам атом);

- ядро оточене електронною хмарою, яка займає більшу частину його об'єму. В електронній хмарі можна виділити оболонки, для кожних з яких існує кілька можливих орбіталей. Заповнені орбіталі складають електронну конфігурацію, властиву для кожного хімічного елемента;

- кожна орбіталь може містити до двох електронів, що характеризуються трьома квантовими числами: основним, орбітальним і магнітним;

- кожен електрон на орбіталі має унікальне значення четвертого квантового числа: спіну;

- орбіталі визначаються специфічним розподілом ймовірності того, де саме можна знайти електрон;

- кожна оболонка може містити не більше від строго визначеного числа електронів;

- коли електрони приєднуються до атома, вони займають орбіталі із найнижчою енергією.

Лише електрони зовнішньої оболонки можуть брати участь в утворенні міжатомних зв'язків. Атоми можуть втрачати чи набувати один чи кілька електронів, стаючи позитивно або негативно зарядженими іонами. У разі нестачі електронів такий іон називається катіоном, а у разі надлишку – аніоном. Хімічні властивості елемента визначаються тим, з якою легкістю ядро може віддавати або здобувати електрони. Це залежить як від числа електронів так і від ступеня заповненості зовнішньої оболонки.

Нукліди – загальна назва атомних ядер і атомів. Іншими словами це різновид атому, що характеризується числом протонів (порядковий номер атома у Періодичній таблиці Д.І.Менделєєва) та числом протонів і нейтронів разом (масове число). Позначається символом хімічного елемента з індексами:



де $A = Z+N$ – масове число; Z , N – відповідно, число протонів і нейтронів у ядрі. Радіоактивні ядра і атоми називаються радіонуклідами.

Електрони, протони і нейтрони є головними «складовими» атомів і мають назву *субатомні частинки*. Таким чином, атом – динамічна й складна система субатомних частинок, урівноважених електростатичною взаємодією, та ядерними силами.

Отже, елементарні частинки – найдрібніші суб'ядерні частинки речовини або фізичного поля. Це дискретні структурні елементи, що можуть існувати в неасоційованому стані. Найхарактернішою особливістю елементарних частинок є їхня здатність до перетворень і взаємодії. Оскільки елементарних частинок є значна кількість, вони також потребують моделі, яка б описувала їх будову та взаємодію. Такою моделлю стала *стандартна модель* у фізиці елементарних частинок – теоретична конструкція, що описує електромагнітну, слабку і сильну взаємодію всіх елементарних частинок. Стандартна модель не є теорією всього, бо не описує темну матерію, темну енергію і не включає в себе гравітацію. Експериментальне підтвердження існування проміжних векторних бозонів в середині 80-х років завершило побудову Стандартної моделі і її прийняття як основну у фізиці елементарних частинок.

Три покоління
матерії (ферміони)

	I	II	III	
маса спокою→	2.4 МеВ	1.27 ГеВ	171.2 ГеВ	0
електричний заряд→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
спін→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
назва→	u верхній	c чарований	t істинний	γ фотон
	4.8 МеВ	104 МеВ	4.2 ГеВ	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Кварки	d нижній	s дивний	b чарівний	g глюон
	<2.2 еВ	<0.17 МеВ	<15.5 МеВ	91.2 ГеВ
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Лептони	ν_e електронне нейтрино	ν_μ міонне нейтрино	ν_τ тау-нейтрино	Z Z-бозон
	0.511 МеВ	105.7 МеВ	1.777 ГеВ	80.4 ГеВ
	-1	-1	-1	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	e електрон	μ міон	τ тау	W$^\pm$ W-бозон

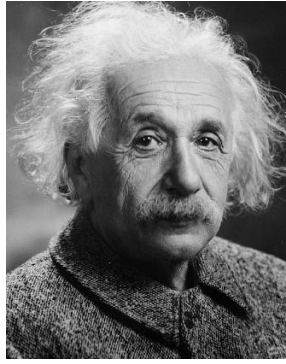
Капірувальні бозони
(переносники взаємодії)

Необхідність незначного розширення моделі виникла в 2002 році після виявлення нейтринних осциляцій, а підтвердження існування бозона Хігса в 2012 році завершило

експериментальне виявлення частинок, що передбачаються Стандартною моделлю. Всього модель описує 61 частинку.



Ернест Резерфорд (1871 - 1937) — британський фізик, лауреат Нобелівської премії з хімії. Резерфорд відомий, передусім, експериментами з розсіювання альфа-частинок, завдяки якому він встановив структуру атома.



Альберт Ейнштейн (1879-1955) — американський, німецький та швейцарський фізик-теоретик єврейського походження, лауреат Нобелівської премії з фізики 1921 року. Один із найвизначніших фізиків та науковців ХХ століття.



Пітер Хігс — британський фізик-теоретик, член Королівського товариства Единбурга, член Лондонського королівського товариства, професор-емерит Единбурзького університету. Народження: 29 травня 1929 р. (94 роки)

Бозон Гігса – елементарна частинка, квант поля Гігса, що з необхідністю виникає в Стандартній моделі внаслідок гігсового механізму, спонтанного порушення електрослабкої симетрії. Передбачений британським фізиком-теоретиком Пітером Гігсом у 1964 році. Про відкриття було заявлено у 2012 році після аналізу результатів роботи Великого адронного колайдера. Бозон Гігса є єдиною відомою скалярною елементарною частинкою, тобто такою, що має спин 0 і парність +1. Його маса 125,09 ГеВ – приблизно у 130 разів більша за масу протона.

Періодична таблиця Д.І. Менделєєва

Хімічні властивості елемента визначаються будовою його зовнішньої електронної оболонки, оскільки саме ці зовнішні електрони (валентні електрони) відповідають за утворення зв'язків з іншими атомами.

Однак, якщо Li ($Z=3$) і Na ($Z=11$) є однотипними елементами, то що відбувається на «шляху» від Li до Na , тобто при зростанні заряду ядра від 3 до 11? Виявляється, властивості цих елементів змінюються поступово – по мірі заповнення їх зовнішніх електронних оболонок, однак тільки до певної межі! Елемент із зарядом ядра $Z=10$ (інертний газ – неон) занадто сильно відрізняється своїми властивостями від елемента Li , однак наступний за неоном елемент Na ($Z=11$) є хімічним аналогом літія.

Це явище легко пояснити з точки зору електронної будови атомів. Дійсно, якщо електронні рівні заповнюються від елемента до елемента поступово, то рано чи пізно електроні конфігурації зовнішніх електронних оболонок повинні повторюватися, а раз так, то повинні повторюватися і хімічні властивості відповідних елементів. Таким чином, у зміні властивостей елементів спостерігається певна періодичність, яка проявляється у тому, що по мірі заповнення електронних оболонок, властивості елементів періодично повторюються.

Властивості елементів періодично змінюються у відповідності до заряду ядер їх атомів. Це формулювання Періодичного закону у сучасній трактовці. Цей фундаментальний закон природи було відкрито російським хіміком Д.І. Менделєєвим у 1869 році (до вивчення будови атома).

Об'єднаємо у групи елементи, близькі за електронною будовою зовнішніх оболонок.

Валентна оболонка	s^1	s^2	s^2p^1	s^2p^2	s^2p^3	s^2p^4	s^2p^5	s^2p^6
Групи	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Електрони Елемент Z	$1s^1$ H 1	$1s^2$ He 2	На 1-му рівні немає p-орбіталей					Гелій?
Електрони Елемент Z	$2s^1$ Li 3	$2s^2$ Be 4	$2s^2p^1$ B 5	$2s^2p^2$ C 6	$2s^2p^3$ N 7	$2s^2p^4$ O 8	$2s^2p^5$ F 9	$2s^2p^6$ Ne 10
Електрони Елемент Z	$3s^1$ Na 11	$3s^2$ Mg 12	$3s^2p^1$ Al 13	$3s^2p^2$ Si 14	$3s^2p^3$ P 15	$3s^2p^4$ S 16	$3s^2p^5$ Cl 17	$3s^2p^6$ Ar 18
і так далі								

Суть відкриття Д.І. Менделєєва полягає у тому, що він для класифікації елементів вибрав фундаментальну властивість елемента – його атомну масу. Розташувавши відомі на той час хімічні елементи (63 елементи) в порядку зростання їхньої атомної маси, тобто склавши перший варіант своєї таблиці, вчений помітив, що хімічні властивості елементів закономірно змінюються.

Сам періодичний закон Д.І. Менделєєв опублікував у 1869 р., а в 1871 р. дав цьому закону наступне формулювання: *властивості елементів, а також властивості утворених ними простих і складних тіл перебувають у періодичній залежності від величини атомних ваг елементів.*

Відомо велика кількість форм періодичної системи елементів, проте найважливіша – це коротка форма запропонована Д.І. Менделєєвим, яка після вдосконалення є найпоширенішою до останнього часу. В такій формі періодична система включає всі відомі елементи і має місця для невідкритих елементів.

Періодична система складається з періодів і груп.

Період – це горизонтальний рядок, в якому елементи розташовано у порядку зростання їхніх атомних мас. Всього є сім періодів. Кожний період, крім першого, починається з лужного металу і закінчується інертним газом. Перший, другий і третій періоди називаються малими періодами, перший містить

2 елементи, другий і третій по 8 елементів. Четвертий і п'ятий періоди містять по 18, а шостий – 32 елементи. Останній сьомий період – незакінчений. В періодах зі збільшенням атомної маси спостерігається зменшення металічних властивостей і наростання неметалічних. Для елементів великих періодів ця закономірність дещо ускладнюється.

Періодична зміна властивостей елементів всередині великих періодів дає змогу розділити їх на 2 ряди, де друга частина періоду повторює першу. Тому пасивні метали родини платини (*Ru, Ph, Pd, Os, Ir, Pt*) можна розглядати як аналоги інертних газів, а цинк, кадмій, ртуть – як аналоги лужноземельних металів (*Ca, Ba, Sr*). Якщо пронумерувати всі ряди, починаючи з першого і до сьомого, то можна побачити, що у великих періодах на довші ряди припадає парне число, тому ці ряди називають парними і легко помітити, що вони містять лише метали.

При порівнянні між собою елементів у різних періодах, можна відмітити важливу особливість – номер періоду, у якому знаходиться елемент, співпадає з номером його валентної оболонки. Ця валентна оболонка поступово заповнюється від початку до кінця періоду.

Групою періодичної системи називають вертикальний ряд, в якому розташовано подібні за властивостями елементи. У періодичній системі є вісім груп. З кожного малого періоду входить до групи по одному типовому елементу, а з кожного великого періоду, який поділяється на два підперіоди або парні і непарні ряди, – по 2 елементи, один з яких є повним, а другий неповним аналогом типових елементів. Отже, у групах об'єднано не тільки подібні за хімічними властивостями елементи, а й елементи, що значно відрізняються один від одного. Саме тому кожна група в короткоперіодній формі періодичної системи має дві підгрупи: головну та побічну. Головна підгрупа об'єднує аналоги типових елементів (елементи малих та великих періодів).

ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ Д. І. МЕНДЕЛЄЄВА

ПЕРІОДИ	ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	H 1,0079 Гідроген							He 4,0026 Гелій	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Щодо якого металу?</p> <p>Синіст</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Яка елементарна одиниця?</p> <p>електронів</p> </div> </div>	
2	Li 6,941 Літій	Be 9,01218 Берилій	B 10,811 Бор	C 12,01 Карбон	N 14,007 Азот	O 15,999 Оксиген	F 18,998 Флуор	Ne 20,179 Неон	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Власна атомна маса</p> <p>26 - 55,847</p> <p>[Ar]3d⁶ 4s²</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Елементарна одиниця</p> <p>атомів</p> </div> </div>	
3	Na 22,990 Натрій	Mg 24,305 Магній	Al 26,982 Алюміній	Si 28,085 Силіцій	P 30,974 Фосфор	S 32,066 Сульфур	Cl 35,453 Хлор	Ar 39,948 Аргон	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Власна атомна маса</p> <p>39,948</p> <p>[Ne]3s² 3p⁶</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Елементарна одиниця</p> <p>молекул</p> </div> </div>	
4	K 39,098 Калій	Ca 40,078 Кальцій	Sc 44,956 Скандій	Ti 47,88 Титан	V 50,942 Ванадій	Cr 51,996 Хром	Mn 54,938 Манган	Fe 55,847 Залізо	Co 58,933 Кобальт	Ni 58,69 Нікель
5	Rb 85,468 Рубідій	Sr 87,62 Стронцій	Y 88,906 Йттрій	Zr 91,224 Цирконій	Nb 92,906 Ніобій	Mo 95,94 Молибден	Tc 98,906 Технетій	Ru 101,07 Родій	Rh 102,91 Реній	Pd 106,42 Паладій
6	Cs 132,91 Цезій	Ba 137,33 Барій	La 138,91 Лантан	Hf 178,49 Гафній	Ta 180,95 Тантал	W 183,85 Вольфрам	Re 186,21 Реній	Os 190,2 Осмій	Ir 192,22 Ірідій	Pt 195,09 Платина
7	Fr 223,10 Францій	Ra 226,10 Радій	Ac 227,03 Актиній	Rf 261,10 Рифмодій	Db 262,10 Дубній	Rg 263,10 Ренгій	Bh 264,10 Богівій	Hs 265,10 Хасівій	Mt 266,10 Мітнергій	Uun 267,10 Унунуній
8	Ce 140,12 Церій	Pr 140,91 Прометій	Nd 144,24 Неодім	Eu 151,96 Європій	Gd 157,25 Гадоліній	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспроцій	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій	Tm 168,93 Темір
9	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Промітій	U 238,03 Уран	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній	Fm 257,10 Фермій	Md 258,10 Міддендорф
10	Lr 260,10 Лоренцій	Rf 261,10 Рифмодій	Db 262,10 Дубній	Sg 263,10 Сіборгій	Bh 264,10 Богівій	Hs 265,10 Хасівій	Mt 266,10 Мітнергій	Uu 267,10 Унунуній	Uub 268,10 Унунбій	Uut 269,10 Унунтрий
11	Rn 222,02 Радон	At 210,98 Астат	Po 209,98 Полоній	Bi 208,98 Висхідний свинець	Pb 207,2 Свинець	Tl 204,38 Талій	Pu 239,04 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій
12	He 4,0026 Гелій	Ne 20,179 Неон	Ar 39,948 Аргон	Kr 83,80 Криптон	Xe 131,29 Ксенон	Rn 222,02 Радон	RO₁	RO₂	RO₃	HR

До побічної підгрупи належать тільки елементи великих періодів. У групах в міру зростання атомної маси закономірно зростають металічні властивості. Так, серед лужних металів (*Li, Na, K, Rb, Cs, Fr*) найактивнішим є *Франціїй*. Враховуючи, що неметалічні властивості зростають у періодах зліва направо, можна зробити висновок, що найактивніші метали в періодичній системі знаходяться зліва і внизу, а активніші неметали зверху і справа (*Флуор, Хлор, Кисень*).

Отже, Періодична таблиця хімічних елементів Д.І. Менделєєва стала важливим етапом у розвитку атомно-молекулярного вчення. Завдяки їй склалося сучасне поняття про хімічний елемент, були уточнені уявлення щодо простих речовин і сполук. Періодична таблиця виявилася готовою систематизацією типів атомів для нових розділів фізики, що отримали розвиток на початку ХХ ст. – фізики атома та фізики ядра. У ході досліджень атома методами фізики було встановлено, що порядковий номер елемента у періодичній таблиці (атомний номер) є мірою електричного заряду атомного ядра цього елемента, номер горизонтального ряду (періоду) у таблиці визначає кількість (частково) заповнених електронних оболонок атома, а номер вертикального ряду – квантову структуру зовнішньої оболонки, завдяки чому елементи цього ряду і зобов'язані подібністю своїх хімічних властивостей.

Маса атома

Основна маса атома зосереджена у ядрі, яке складається з нуклонів (з лат. nucleus – ядро): протонів і нейтронів, зв'язаних між собою силами ядерної взаємодії. Кількість протонів у ядрі атома визначає його атомний номер і те, якому елементові належить атом. Всі атоми із певним атомним номером мають однакові фізичні характеристики й проявляють однакові хімічні властивості.

Загальна кількість протонів та нейтронів в атомі елемента називається *масовим числом* і визначає його *атомну масу*. Протон та нейтрон мають масу приблизно рівну 1 а.о.м. . Чисельне значення атомної одиниці маси дорівнює:

$$1 \text{ а.о.м.} \approx 1,660538782(83) \times 10^{-27} \text{ кг} \approx 931,494028(23) \text{ MeV}/c^2$$

До речі, маса електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, або $0,000549 \text{ а.о.м.}$

Нейтрони в ядрі не впливають на те, якому елементові належить атом, але хімічний елемент може мати атоми з однаковою кількістю протонів і різною кількістю нейтронів. Такі атоми мають однаковий атомний номер, але різну масу, й називаються *ізотопами*. Іншими словами *ізотопи* – це нукліди одного і того самого хімічного елемента, які мають різну кількість нейтронів у ядрі, а, отже, різну атомну масу. Ізотопи позначають тими самими символами, що й хімічний елемент, додаючи зверху з лівого боку символу масове число. До прикладу – ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O . Всі елементи складаються з одного чи кількох ізотопів.

Відомі елементи складають неперервний натуральний ряд за числом протонів у ядрі, починаючи з атома водню з одним протоном і закінчуючи атомом *Оганесона*, в ядрі якого 118 протонів.

Атомна маса елемента, наведена в Періодичній таблиці, є усередненим значенням маси ізотопів, що зустрічаються в природі. Усереднення проводиться відповідно до поширеності ізотопу в природі.

Атомна одиниця маси

Оскільки найбільший внесок в масу атома вносять протони і нейтрони, повне число цих частинок у нукліді називають *масовим числом*. Значення масового числа близьке до атомної маси нукліда. Масу спокою нукліда часто наводять в *атомних одиницях маси (а.о.м.)* або *Дальтонах (Да)*. Ця одиниця визначається як 1/12 частина маси спокою нейтрального атома *Карбону-12*, яка приблизно дорівнює $1,66 \times 10^{-24}$ г.

Атомна одиниця маси – позасистемна одиниця маси для подання мас мікрочастинок (молекул, атомів, атомних ядер і елементарних часток). Поняття атомної маси запровадив Джон Дальтон 1803 року.

Для визначення атомної одиниці маси раніше використовувалися:

- *воднева шкала* (одиницею маси вважалася маса атома гідрогену, тобто водню); ^1H або протій – найлегший ізоп *Гідрогену*, і атом з найменшою масою, має масу близько 1,007825 а.о.м.

- *киснева шкала* (за одиницю маси було взято 1/16 атомної маси кисню).

Після відкриття ізопів кисню (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) атомні маси стали зазначати у двох шкалах:

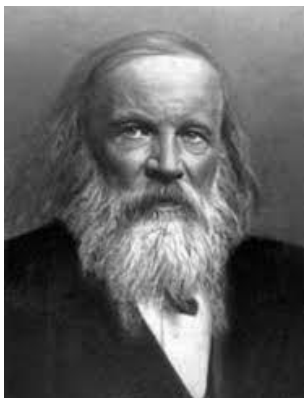
- *хімічний* (з одиницею маси, що дорівнює 1/16 частині середньої маси атома природного кисню);

- *фізичний* (з одиницею маси, що дорівнює 1/16 маси атома нукліда ^{16}O).

Використання двох шкал мало низку недоліків, унаслідок чого 1961 року перешли до єдиної, вуглецевої шкали. Тому, в наш час, *атомна одиниця маси* дорівнює 1/12 маси ізопу вуглецю з масовим числом 12 (^{12}C , так звана *вуглецева шкала*).



Амедео Авогадро (1776 - 1856) — італійський вчений, фізик, хімік. За освітою юрист, закінчив юридичний факультет Туринського університету. З 1800 самостійно вивчав математику, фізику і хімію. З 1820 Авогадро професор фізики в Туринському університеті.

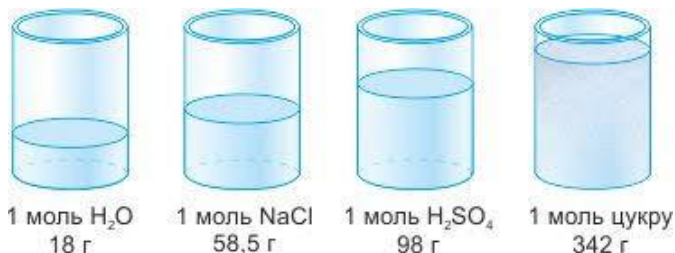


Дмитро Іванович Менделєєв (1834 - 1907) — російський хімік, один з авторів періодичної таблиці хімічних елементів.

Стала Авогадро. Закон Авогадро

З іншого боку, 1 *а.о.м.* – це величина, обернена числу Авогадро, тобто $\frac{1}{N_A}$ г. Такий вибір атомної одиниці маси зручний тим, що *молярна маса* (маса 1 моля) певного елемента, виражена у грамах на моль, цілком збігається із масою цього елемента, вираженою в *а.о.м.*!

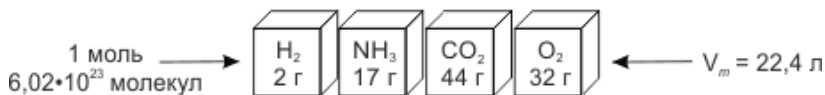
Значення $6,02 \cdot 10^{23}$ має назву стала (число) Авогадро, на честь італійського хіміка Амедео Авогадро і має позначення N_A . Саме таку кількість молекул містить 1 *моль* кисню O_2 , така ж кількість атомів у 1 молі заліза (Fe), молекул у 1 молі води, цукру тощо.



Однак для газоподібних речовин поняття моль має ще одну важливу особливість: така кількість частинок будь-якого газу завжди займає однаковий об'єм, що є основою *закону Авогадро*. Його формулювання наступне: *однакові об'єми будь-яких газів (при однакових температурах та тиску) містять однакове число молекул*.

1 моль будь-якого газу за н. у. займає об'єм 22,4 л. Цей об'єм називають *молярним об'ємом*. Молярний об'єм чисельно дорівнює об'єму 1 моля речовини і позначається V_m :

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль, м}^3/\text{моль}.$$



Молярний об'єм газу V_m визначається за відношенням об'єму V порції даного газу до кількості речовини ν в цій порції:

$$V_m = \frac{V}{\nu},$$

де V – об'єм газу за н. у., л, m^3 ; ν – кількість речовини газу, моль.

З іншого боку, молярний об'єм газу – це величина, що дорівнює відношенню молярної маси газу до його густини: $V_m = M/\rho$.

Отже, молярний об'єм газу вимірюється в літрах на моль (л/моль) або кубічних метрах на моль (m^3 /моль).

Кількість речовини. Моль

Маса атома приблизно дорівнює добутку масового числа (загальна кількість протонів та нейтронів) на атомну одиницю маси. Через те, що маси навіть найважчих атомів у звичайних одиницях (наприклад, в грамах) дуже малі, в хімії для вимірювання кількості речовини використовують *молі*.

В одному молі будь-якої речовини міститься одне й те саме число атомів (приблизно $6 \cdot 10^{23}$). Це число (*стала Авогадро*) вибране таким чином, що якщо маса елемента дорівнює 1 *а.о.м.*, то 1 *моль* атомів цього елемента буде мати масу 1 *г*. До прикладу, атом гідрогену складається з одного нуклона, то саме $6 \cdot 10^{23}$ атомів *Гідрогену* матиме масу 1 *г*; а от атом *Карбону-12* має масу 12 *а.о.м.*, тому 1 *моль* вуглецю має масу 12 *г*.

У хімії для повного протікання певної хімічної реакції часто необхідно взяти однакову кількість молекул взаємодіючих речовин. Нехай, речовини А і В реагують між собою із утворенням продукту В. Тобто, нам відомо рівняння хімічної реакції: $A + B = V$.

До прикладу, розглянемо реакцію $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$. Отже, яку ж кількість продуктів А і В слід взяти (відважити), для повного протікання реакції? Якщо взяти однакові маси продуктів А і В, то скоріше за все, після протікання реакції залишаться невикористані частини якогось з продуктів. Це пояснюється тим, що продукти А і В складаються з різних наборів атомів, які мають різну масу. Тобто, в 1 *г* CaO та в 1 *г* H_2O буде різна кількість частинок (молекул).

Отже, в хімії зручно брати речовини такими порціями, які містили б однакову кількість молекул. До прикладу, змішавши порцію CaO , що містить N молекул та порцію води, що також містить N молекул, хімік отримає порцію продукту, в якій також буде N молекул $Ca(OH)_2$. Однак, кількість молекул відрахувати, чи зважити задача не з простих!

Зважимо мільярд молекул води. Для цього, необхідно 1 *а.о.м.* $= 1,67 \cdot 10^{-27}$ *кг* помножити на 18 (число *а.о.м.* у молекулі H_2O) і ще раз помножити на необхідну нам кількість, тобто

мільярд. Отримаємо $\approx 30,06 \cdot 10^{-18}$ кг. А звичайна точність лабораторних ваг – 1 мг (10^{-6} кг).

Задача зводиться до знаходження числа молекул N (будь-якої речовини), зручного для зважування. Один нуклон (протон чи нейтрон) має масу ≈ 1 а.о.м. Знайдемо кількість нуклонів у 1 грамі речовини. Складемо пропорцію:

Кількість частинок	Вага, г
1 (масою 1 а.о.м.)	$1,67 \cdot 10^{-24}$
N	1

Отже, $N = \frac{1 \cdot 1 \text{ г}}{1,67 \cdot 10^{-24} \text{ г}} = 0,6 \cdot 10^{24} = 6 \cdot 10^{23}$ частинок. Тобто,

для переходу від вимірювання з а.о.м. до вимірювання в грамах необхідно збільшити шкалу вимірювання у $6 \cdot 10^{23}$ раз! Іншими словами, вага $6 \cdot 10^{23}$ нуклонів рівно 1 г, тобто

$$6 \cdot 10^{23} \text{ а.о.м.} = 1 \text{ г}$$

Повернемося до прикладу, наведеного вище. Молекул H_2O , слід зважити рівно 18 г, оскільки 2 а.о.м (вага двох атомів H) + 16 а.о.м. (вага одного атома O) = 18 а.о.м. (H_2O). $18 \text{ а.о.м.} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 18 \text{ г}$. Молекулярна вага CaO складає 56 а.о.м. Зваживши 56 г оксиду кальцію CaO , ми відрахували $6 \cdot 10^{23}$ структурних одиниць (молекул) CaO . Взївши точно 56 г CaO і 18 г H_2O , ми змішуємо порції речовин, у яких число структурних одиниць CaO і H_2O абсолютно однакове, тим самим забезпечуючи повне проходження реакції.

Такі порції з $6 \cdot 10^{23}$ структурних одиниць речовини (атомів, молекул, іонів) називають *молем* речовини. Тобто, *моль* – це міра кількості речовини. Точне значення частинок у 1 молі речовини складає $6,022045 \cdot 10^{23}$.

Моль – це кількість речовини, що містить $6,02 \cdot 10^{23}$, структурних одиниць даної речовини – молекул (якщо речовина складається з молекул), атомів (якщо речовина складається з атомів), іонів (якщо речовина складається з іонів).

До прикладу,

1 моль гідрогену містить $6 \cdot 10^{23}$ атомів H	маса 1 г
1 моль води містить $6 \cdot 10^{23}$ молекул H_2O	маса 18 г

1 моль заліза містить $6 \cdot 10^{23}$ атомів *Fe* маса 26 г

1 моль іонів хлору *Cl* містить $6 \cdot 10^{23}$ іонів *Cl* маса 17 г

Бачимо, що 1 моль різних речовин має різну масу, оскільки має різну будову.

Основною перевагою одиниці кількості речовини моль є можливість без труднощів відмірювати рівні порції молекул чи атомів простим зважуванням. Теоретично, можна навіть взяти 1 моль електронів, однак оскільки маса електрона набагато менша за масу нуклона, то відважити таку кількість не вдасться.

Маса 1 моля речовини (у грамах) чисельно співпадає з молекулярною чи атомною масою цієї речовини (у а.о.м.). Маса одного моля речовини називається *молярною масою*, позначається *M* і має розмірність г/моль. Кількість молів речовини *v* знаходять із відношення маси *m* цієї речовини (г) до її молярної маси *M* (г/моль), тобто $v = \frac{m}{M} \frac{1}{\text{моль}}$. Також, для знаходження кількості речовини, зручно використовувати співвідношення $v = \frac{N}{N_A}$.

Молярна маса завжди чисельно співпадає з молекулярною масою (чи атомною масою – у випадку, коли речовина складається не з молекул, а з атомів).

Речовина		Молекулярна чи атомна маса, а.о.м.	Молярна маса, г/моль
Вода	H_2O	18	18
вуглець	^{12}C	12	12
Мідь	<i>Cu</i>	63,5	63,5
атом хлору	<i>Cl</i>	35,5	35,5
молекула хлору	Cl_2	71	71

Термін *моль* походить від латинського *moles*, що означає кількість, скінчена (злічена) множина, а також маса.

Додаток 1. Електронні конфігурації елементів

Елемент	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f
1. H	1													
2. He	2													
3. Li	2	1												
4. Be	2	2												
5. B	2	2	1											
6. C	2	2	2											
7. N	2	2	3											
8. O	2	2	4											
9. F	2	2	5											
10. Ne	2	2	6											
11. Na	2	2	6	1										
12. Mg	2	2	6	2										
13. Al	2	2	6	2	1									
14. Si	2	2	6	2	2									
15. P	2	2	6	2	3									
16. S	2	2	6	2	4									
17. Cl	2	2	6	2	5									
18. Ar	2	2	6	2	6									
19. K	2	2	6	2	6		1							
20. Ca	2	2	6	2	6		2							
21. Sc	2	2	6	2	6	1	2							
22. Ti	2	2	6	2	6	2	2							
23. V	2	2	6	2	6	3	2							
24. Cr	2	2	6	2	6	5	1							
25. Mn	2	2	6	2	6	5	2							
26. Fe	2	2	6	2	6	6	2							
27. Co	2	2	6	2	6	7	2							
28. Ni	2	2	6	2	6	8	2							
29. Cu	2	2	6	2	6	10	1							
30. Zn	2	2	6	2	6	10	2							
31. Ga	2	2	6	2	6	10	2	1						
32. Ge	2	2	6	2	6	10	2	2						
33. As	2	2	6	2	6	10	2	3						
34. Se	2	2	6	2	6	10	2	4						
35. Br	2	2	6	2	6	10	2	5						
36. Kr	2	2	6	2	6	10	2	6						

Элемент	K, L, M	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f 5g	6s	6p	6d	6f 6g 6h
37. Rb	28	2	6			1							
38. Sr	28	2	6			2							
39. Y	28	2	6	1		2							
40. Zr	28	2	6	2		2							
41. Nb	28	2	6	4		1							
42. Mo	28	2	6	5		1							
43. Tc	28	2	6	6		1							
44. Ru	28	2	6	7		1							
45. Rh	28	2	6	8		1							
46. Pd	28	2	6	10									
47. Ag	28	2	6	10		1							
48. Cd	28	2	6	10		2							
49. In	28	2	6	10		2	1						
50. Sn	28	2	6	10		2	2						
51. Sb	28	2	6	10		2	3						
52. Te	28	2	6	10		2	4						
53. I	28	2	6	10		2	5						
54. Xe	28	2	6	10		2	6						
55. Cs	28	2	6	10		2	6			1			
56. Ba	28	2	6	10		2	6			2			
57. La	28	2	6	10		2	6	1		2			
58. Ce	28	2	6	10	2	2	6			2			
59. Pr	28	2	6	10	3	2	6			2			
60. Nd	28	2	6	10	4	2	6			2			
61. Pm	28	2	6	10	5	2	6			2			
62. Sm	28	2	6	10	6	2	6			2			
63. Eu	28	2	6	10	7	2	6			2			
64. Gd	28	2	6	10	7	2	6	1		2			
65. Tb	28	2	6	10	9	2	6			2			
66. Dy	28	2	6	10	10	2	6			2			
67. Ho	28	2	6	10	11	2	6			2			
68. Er	28	2	6	10	12	2	6			2			
69. Tm	28	2	6	10	13	2	6			2			
70. Yb	28	2	6	10	14	2	6			2			

Элемент	K,L M,N	5s	5p	5d	5f	5g	6s	6p	6d	6f	6g	6h	7s
71. Lu	60	2	6	1			2						
72. Hf	60	2	6	2			2						
73. Ta	60	2	6	3			2						
74. W	60	2	6	4			2						
75. Re	60	2	6	5			2						
76. Os	60	2	6	6			2						
77. Ir	60	2	6	7			2						
78. Pt	60	2	6	9			1						
79. Au	60	2	6	10			1						
80. Hg	60	2	6	10			2						
81. Tl	60	2	6	10			2	1					
82. Pb	60	2	6	10			2	2					
83. Bi	60	2	6	10			2	3					
84. Po	60	2	6	10			2	4					
85. At	60	2	6	10			2	5					
86. Rn	60	2	6	10			2	6					
87. Fr	60	2	6	10			2	6					1
88. Ra	60	2	6	10			2	6					2
89. Ac	60	2	6	10			2	6	1				2
90. Th	60	2	6	10			2	6	2				2
91. Pa	60	2	6	10	2		2	6	1				2
92. U	60	2	6	10	3		2	6	1				2
93. Np	60	2	6	10	5		2	6					2
94. Pu	60	2	6	10	6		2	6					2
95. Am	60	2	6	10	7		2	6					2
96. Cm	60	2	6	10	7		2	6	1				2
97. Bk	60	2	6	10	8		2	6	1				2
98. Cf	60	2	6	10	10		2	6					2
99. Es	60	2	6	10	11		2	6					2
100. Fm	60	2	6	10	12		2	6					2
101. Md	60	2	6	10	13		2	6					2
102. No	60	2	6	10	14		2	6					2
103. Lr	60	2	6	10	14		2	6	1				2
104. Rf	60	2	6	10	14		2	6	2				2

Додаток 2. Фізичні константи

Атомна одиниця маси	$1 \text{ а.о.м.} = 1,6605387 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Електрична стала	$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Елементарний електричний заряд	$e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Магнітна стала	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Маса Землі	$M_3 \approx 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Маса спокою електрона	$m_e = 9,109383 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Маса спокою нейтрона	$m_n = 1,674927 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Маса спокою протона	$m_p = 1,672622 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Нормальний атмосферний тиск	$p_0 = 101325 \text{ Па}$
Перший борівський радіус	$r_0 = 5,2917706 \cdot 10^{-11} \text{ м}$
Питомий заряд електрона	$e/m_e = -1,758820 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Прискорення вільного падіння	$g = 9,80665 \text{ м/с}^2$
Радіус Землі	$R_3 \approx 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Стала Авогадро	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Стала Больцмана	$k = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/м}$
Стала Планка	$h = 6,626069 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$
Стала Рідберга	$R_\infty = 109737,315 \text{ см}^{-1}$
Стала Фарадея	$F = N_A \cdot e = 9,648533 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}$
Універсальна газова стала	$R = 8,31441 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$
Швидкість світла у вакуумі	$c = 299792458 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Додаток 3. Типові задачі

1. Знайти молярну масу води?

Розв'язок. $M(H_2O) = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ г/моль}$

2. Яка кількість речовини міститься у воді масою 1 кг?

Розв'язок. $\nu = \frac{m}{M} = \frac{1000 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 55,6 \text{ моль}$

3. В аудиторії міститься $2,76 \cdot 10^{26}$ молекул кисню. Визначте кількість речовини кисню в кімнаті?

Розв'язок. $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{2,76 \cdot 10^{26}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 459 \text{ моль}$

4. Маса однієї молекули водню дорівнює $3,35 \cdot 10^{-24}$ г. Знайти масу одного моля водню.

Розв'язок. Із формули $\frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$ знаходимо

$M = mN_A$, тобто $M = 3,35 \cdot 10^{-24} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \approx 2 \text{ г/моль}$

5. Яка кількість молекул міститься у воді кількістю 0,5 моль?

Розв'язок. $\nu = \frac{N}{N_A}$, тобто $N = \nu N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,5 = 3,01 \cdot 10^{23}$

6. Обчисліть молярну масу газу 2 моль якого важать 88 г.

Розв'язок. Із формули $\nu = \frac{m}{M}$ знаходимо

$M = \frac{m}{\nu} = \frac{88}{2} = 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

7. Знайдіть молярну масу газу, густина якого рівна 2,5 г/мл?

Розв'язок. $M = \rho V_M = 2,5 \cdot 22,4 = 56 \text{ г/моль}$

8. За норм. умов об'єм газу складає 112 мл. Чому дорівнюють кількість речовини і число молекул?

Розв'язок. Об'єм газу $V = 112 \text{ мл} = 0,112 \text{ л}$.

Використаємо формули $\nu = \frac{V}{V_M} = \frac{N}{N_A}$ і знаходимо кількість

$$\text{речовини } \nu = \frac{V}{V_M} = \frac{0,112}{22,4} = 0,05 \text{ моль}$$

та число молекул N газу в заданому об'ємі:

$$N = \nu \cdot N_A = 0,05 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{22} \text{ молекул.}$$

9. Розрахувати кількість речовини метану CH_4 , якщо маса сполуки становить 6,4 г.

Розв'язок.

1-й спосіб.

Обчислюємо молярну масу сполуки

$$M(CH_4) = M(C) + 4M(H) = 12 \text{ г/моль} + 4 \cdot 1 \text{ г/моль} = 16 \text{ г/моль}$$

Складаємо пропорцію:

1 моль CH_4	16 г
x моль CH_4	6,4 г

$$x = (6,4 \text{ г} \cdot 1 \text{ моль}) / 16 \text{ г} = 0,4 \text{ моль}$$

2-й спосіб.

Скористаємось формулою

$$\nu(CH_4) = \frac{m(CH_4)}{M(CH_4)} = \frac{6,4 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

10. У посудині знаходиться суміш 4 кг гелію і 2 кг водню. Визначити молярну масу суміші газів.

Розв'язок. Із формули $\nu = \frac{m}{M}$ виразимо $M = \frac{m}{\nu}$.

Для суміші 2-х газів $M = \frac{m_1 + m_2}{\nu_1 + \nu_2}$ причому $\nu_1 = \frac{m_1}{M_1}$, $\nu_2 = \frac{m_2}{M_2}$

Після розрахунків отримаємо $M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

11. Обчисліть середню молярну масу суміші, яка складається з метану CH_4 і етану C_2H_6 , якщо об'ємні частки газів становлять 30% і 70% відповідно.

Розв'язок. $M_{\text{суміші}} = m_{\text{суміші}} \cdot \nu_{\text{суміші}}$

1. Нехай $\nu_{\text{суміші}} = 1$ моль, тоді $\nu(\text{CH}_4) = 0,3$ моль, $\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,7$ моль.

2. Обчислюємо маси газів і масу суміші:

$$m(\text{CH}_4) = \nu(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_4) = 0,3 \text{ моль} \cdot 16 \text{ г/моль} = 4,8 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = \nu(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,7 \text{ моль} \cdot 30 \text{ г/моль} = 21 \text{ г}$$

$$m_{\text{суміші}} = m(\text{CH}_4) + m(\text{C}_2\text{H}_6) = 4,8 + 21 = 25,8 \text{ г.}$$

3. Обчислюємо молярну масу суміші:

$$M_{\text{суміші}} = m_{\text{суміші}} \cdot \nu_{\text{суміші}} = 25,8 \text{ г} \cdot 1 \text{ моль} = 25,8 \text{ г/моль.}$$

12. Маса зразка азоту становить 14 г. Обчислити:

а) кількість речовини азоту;

б) об'єм, який займає азот за нормальних умов;

в) число молекул і атомів, що містяться у зразку азоту вказаної маси.

Розв'язок.

а) На основі формули для молярної маси ($M = m/\nu$) знайдемо кількість речовини азоту:

$$\nu(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{14 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

б) Об'єм V пов'язаний з молярним об'ємом V_M і кількістю речовини ν залежністю $\nu = V/V_M$, тоді об'єм зразку азоту за норм. умов:

$$V(\text{N}_2) = \nu(\text{N}_2) \cdot V_M = 0,5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 11,2 \text{ л.}$$

в) Число молекул азоту можна визначити, перетворивши формулу, що зв'язує кількість речовини ν , число молекул N і сталу Авогадро ($\nu = N/N_A$), звідки обчислимо кількість молекул азоту, що містяться у зразку масою 14 г:

$$\begin{aligned} N(\text{молекул } \text{N}_2) &= \nu(\text{N}_2) \cdot N_A = \\ &= 0,5 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль} = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ молекул.} \end{aligned}$$

Знайдемо загальну кількість атомів азоту, врахувавши, що одна молекула складається з двох атомів. Отже, в $3,01 \cdot 10^{23}$ молекул азоту міститься $6,02 \cdot 10^{23}$ атомів.

13. Обчисліть молярний об'єм газу, 3 моль якого займають об'єм 67,2 л.

Розв'язок.

$$V_m = \frac{V}{\nu} = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$$

14. Чому дорівнює кількість речовини карбон(II) оксиду в порції об'ємом 112 л (н.у.)?

Розв'язок.

$$\nu(\text{CO}) = \frac{V}{V_m} = \frac{112 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 5 \text{ моль}$$

15. У якій кількості речовини міді міститься $1,505 \cdot 10^{23}$ атомів?

Розв'язок.

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{1,505 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,25 \text{ моль.}$$

16. Обчисліть кількість речовини алюміній сульфату, якщо його маса становить 85,5 г.

Розв'язок.

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{85,5 \text{ г}}{\frac{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{\text{моль}}} = \frac{85,5}{342} = 0,25 \text{ моль.}$$

Додаток 4. Задачі для самостійного опрацювання

1. Елементи мають наступні електронні формули:

а) $1s^2 2s^2 2p^4$.

б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

в) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$.

Які це елементи? Запишіть їх назви та латинські символи?

2. Елемент має зовнішній електронний рівень такої будови:

$\dots 3p^3$. Що це за елемент?

Відповідь: фосфор (P).

3. Запишіть електронну формулу для елемента із зарядом ядра $Z=12$?

4. Які з перерахованих підрівнів не існують: $2s$, $4f$, $2p$, $3d$, $1p$, $2d$, $1s$, $3f$?

Відповідь: $1p$, $2d$, $3f$.

5. Яку кількість електронів та протонів містить молекула аміаку NH_3 ?

Відповідь: $10e + 10p$

6. Дано елементи із зарядами ядер $Z=3$ та $Z=19$. Який з них кращий донор електронів?

Відповідь: ${}_{19}K$

7. Електронна конфігурація елемента $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$. Визначте атомний (порядковий) номер і групу, до якої належить цей елемент?

Відповідь: ${}^{11}Na$, I група.

8. У якому періоді Періодичної таблиці знаходиться елемент з повністю чи частково заповненими орбіталями $1s 2s 2p 3s 3p 3d 4s$?

Відповідь: у 4-му періоді від K до Zn .

9. Знайдіть кількість речовини (моль) що міститься у 20,8 г хрому?

Відповідь: 0,4 моль Cr

10. Знайдіть масу $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул метану CH_4 ?

Відповідь: 16 г

11. Знайдіть масу оксиду заліза – Fe_2O_3 , що міститься у четвертині моля?

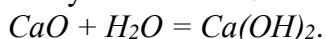
Відповідь: 40 г

12. Для повного проходження реакції потрібен 1 моль магнію. У скільки разів ми помилимося, якщо візьмемо 12 г?

Відповідь: у 2 рази. Необхідно взяти 24 г Mg (використовуючи Періодичну таблицю не слід плутати атомний номер з атомною масою).

13. Цегляні стіни штукатурять розчином з вапняка, для якого використовують: 1 масову частину гашеного вапна $Ca(OH)_2$ і 3,5 масові частини мілкого піску. Далі перемішують, додаючи воду до тих пір, поки не отримаємо тістоподібну масу. Яку кількість піску необхідно взяти для приготування штукатурного розчину, якщо маємо 7 кг 560 г негашеного вапна CaO ?

Примітка: приготування гашеного вапна відбувається наступним чином:



Відповідь: 35 кг піску.

14. Знайти кількість молекул в одиниці об'єму газу при температурі $27^\circ C$ і тиску 1 мм рт. ст.

Відповідь: $3 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$.

15. Яка частина молекул газу має швидкості, що лежать в інтервалі від $0,5v_{\text{ім}}$ до $2v_{\text{ім}}$?

Відповідь: 87,3%.

16. Густина будь-якого газу експериментально можна визначити наступним чином. Великий скляний балон місткістю V наповнюють досліджуваним газом до тиску H мм рт. ст. і зважують. Його маса дорівнює M . Потім частину газу випускають так, що тиск зменшується до h мм рт. ст., а нова маса балона складає m . Якою буде густина газу при атмосферному тиску?

Відповідь:
$$\rho = \frac{H_{atm}(M - m)}{V(H - h)}$$

17. У результаті нагрівання газу середня кінетична енергія теплового руху його молекул збільшилась у 2 рази. Як змінилась при цьому абсолютна температура газу?

Відповідь: збільшиться у 2 рази.

18. В балоні міститься газ при температурі $t = -73$ °С.

Концентрація молекул газу $n = 5 \cdot 10^{23}$ м⁻³. Визначити тиск p газу.

Стала Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Відповідь: 1380 Па.

19. При тиску $p = 5 \cdot 10^5$ Па середня квадратична швидкість молекул газу $v_{с.к.} = 500$ м/с. Знайти густина ρ газу.

Відповідь: 6 кг/м³

20. Концентрація молекул у балоні з газом $n = 3 \cdot 10^{25}$ м⁻³, тиск $p = 10^6$ Па. Чому дорівнює середня кінетична енергія E однієї молекули?

Відповідь: $5 \cdot 10^{-20}$ Дж

21. Визначте кінетичну енергію хаотичного руху всіх молекул будь-якого газу в балоні ємністю 10 л за тиску 0,4 МПа.

Відповідь: $E_k = 6$ кДж

22. Визначте тиск, за якого 1 м³ газу з температурою 60 °С містить $2,4 \cdot 10^{26}$ молекул.

Відповідь: $p = 1,1$ МПа.

23. Визначити тиск 4 кг кисню, що міститься в балоні місткістю 2 м^3 за температури 29°C .
Відповідь: $1,57 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

24. З балона зі стисненим воднем ємністю 10 л витікає газ. За температури 7°C тиск становив 510 кПа, через деякий час температура піднялася до 17°C , тиск залишився незмінним. Визначити масу газу, що витік.
Відповідь: $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

25. У балоні об'ємом $1,2 \text{ м}^3$ міститься суміш 10 кг азоту і 4 кг водню за температури 300 К. Визначити тиск і молярну масу суміші газів.
Відповідь: $p=4,9 \cdot 10^6 \text{ Па}$; $M=6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Список використаної літератури

1. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Книга 1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика та термодинаміка: Навч. Посібник. К: Вища школа, 2002. 375 с.: іл.
2. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Атомна_единиця_маси
3. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Атом>
4. URL: <http://www.chemistry.in.ua/grade-8/avogadro-law-molar-volume-of-gas>
5. URL: <https://uahistory.co/pidruchniki/yaroshenko-chemistry-8-class-2016/26.php>
6. URL: http://www.zhu.edu.ua/mk_school/pluginfile.php/10424/mod_resource/content/1/3.Періодична%20система%20Д.І.Менделєєва.%20Періодична%20система%20хімічних%20елементів%20Д.І.Менделєєва%20%28коротка%20форма%29pdf
7. URL: http://fizyka.inf.ua/main_menu/fizichni_constantu.html
8. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Стандартна_модель
9. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Планетарна_модель_атома

Ю.Ю. Білак, М.І. Роль

**БУДОВА ТА КІЛЬКІСТЬ РЕЧОВИНИ.
МОЛЬ**

Навчально-методичний посібник

Формат 60*84/16. Гарнітура Times New Roman
Ум.друк.арк. 2,09. Зам. № 7

**Редакційно-видавничий відділ ДВНЗ «УжНУ»
88000, м. Ужгород, вул. Заньковецької, 89
E-mail: dep-editors@uzhnu.edu.ua**