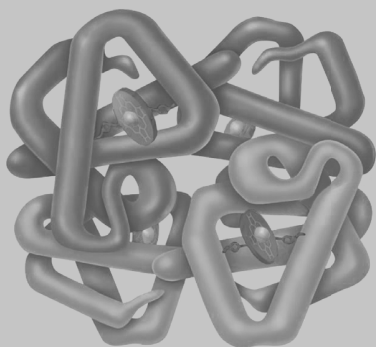


# МЕДИЧНА ХІМІЯ

ПІДРУЧНИК

За редакцією професора В.О. КАЛІБАБЧУК

*Третє видання,  
виправлене*



ЗАТВЕРДЖЕНО  
Міністерством освіти і науки України  
як підручник для студентів вищих  
навчальних закладів — медичних  
університетів, інститутів й академій

ВИДАНО  
згідно з Наказом  
Міністерства охорони здоров'я України  
№ 502 від 22.06.2010 як національний  
підручник для студентів вищих навчальних  
закладів — медичних університетів,  
інститутів й академій

Київ  
ВСВ “Медицина”  
2018

УДК 61:54(075.8)  
ББК 24я73+5я73  
М42

*Затверджено Міністерством освіти і науки України  
як підручник для студентів вищих навчальних закладів — медичних університетів,  
інститутів й академій (лист №1/11-1152 від 05.02.2013)*

*Видано згідно з Наказом  
Міністерства охорони здоров'я України № 502 від 22.06.2010  
як національний підручник для студентів вищих навчальних закладів — медичних університетів,  
інститутів й академій*

**Автори:**

*В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська, Л.І. Грищенко, С.М. Гождзінський, Г.М. Зайцева, В.А. Самарський, О.О. Костирко, Т.О. Овсяннікова, Т.А. Лисенко, І.Г. Телегеев, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця; Г.О. Сирова, Л.Г. Шаповал, Н.М. Ткачук, Харківський національний медичний університет; В.В. Огурцов, В.Й. Роговик, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького; К.С. Непорада, С.В. Харченко, ВДНЗУ “Українська медична стоматологічна академія”; О.Я. Сливка, Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова*

**Рецензенти:**

*І.О. Фрицький, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, лауреат Державної премії України;  
О.О. Андрійко, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”;  
Н.О. Горчакова, доктор медичних наук, професор кафедри фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, лауреат Державної премії України*

**Медична хімія** : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська та ін. ; за ред. В.О. Калібабчук. — 3-є вид., випр. — К. : ВСВ “Медицина”, 2018. — 336 с.  
ISBN 978-617-505-626-4

У підручнику викладено теоретичні основи біоенергетики та кінетики біохімічних реакцій; описано властивості розчинів та їхню роль у перебігу біохімічних процесів; викладено сучасні уявлення про електродні процеси, поверхневі явища та їхню роль у життєдіяльності організму; висвітлено властивості дисперсних систем і розчинів біополімерів. Значну увагу приділено біогенним елементам і їхнім хімічним властивостям, розглянутим із позиції сучасних уявлень про будову атомів, хімічний зв'язок та будову молекул. Висвітлено сучасні екологічні проблеми. Акцентовано увагу також на нанохімії як одній з основ розвитку нанотехнологій, що активно входять у медичну практику.

Для студентів вищих навчальних закладів — медичних університетів, інститутів й академій. Може бути корисним для студентів біологічних та екологічних спеціальностей.

**УДК 61:54(075.8)  
ББК 24я73+5я73**

© В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська,  
Л.І. Грищенко, С.М. Гождзінський,  
Г.М. Зайцева, В.А. Самарський, О.О. Костирко,  
Т.О. Овсяннікова, Т.А. Лисенко, І.Г. Телегеев,  
Г.О. Сирова, Л.Г. Шаповал, Н.М. Ткачук,  
В.В. Огурцов, В.Й. Роговик, К.С. Непорада,  
С.В. Харченко, О.Я. Сливка, 2013, 2018  
© ВСВ “Медицина”, оформлення, 2018

ISBN 978-617-505-626-4

## Зміст

<b>Передмова</b> . . . . .	6
<b>Вступ</b> . . . . .	8
<b>Розділ 1. Будова атомів, хімічний зв'язок і будова молекул.</b> . . . . .	11
1.1. Квантово-механічна модель атома . . . . .	12
1.2. Будова електронних оболонок атомів . . . . .	14
1.3. Періодичний закон Д.І. Менделєєва. Структура періодичної системи елементів . . . . .	15
1.4. Періодичність властивостей хімічних елементів . . . . .	16
1.5. Хімічний зв'язок і його експериментальні характеристики . . . . .	19
1.6. Ковалентний зв'язок . . . . .	20
1.7. Йонний зв'язок . . . . .	29
1.8. Металічний зв'язок . . . . .	29
1.9. Водневий зв'язок . . . . .	30
1.10. Комплексні сполуки . . . . .	32
1.11. Теоретичні основи сучасного пошуку нових лікарських препаратів . . . . .	39
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	42
<b>Розділ 2. Теоретичні основи біоенергетики</b> . . . . .	45
2.1. Основні поняття хімічної термодинаміки . . . . .	46
2.2. Перший закон термодинаміки . . . . .	47
2.3. Тепловий ефект хімічних реакцій. Термохімічні рівняння. . . . .	48
2.4. Закон Гесса — основний закон термохімії . . . . .	51
2.5. Використання термохімічних розрахунків для енергетичної характеристики біохімічних процесів . . . . .	52
2.6. Другий закон термодинаміки. Ентропія . . . . .	54
2.7. Напрявленість процесів у закритих системах . . . . .	57
2.8. Застосування рівняння Гіббса у біоенергетиці . . . . .	59
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	61
<b>Розділ 3. Фізико-хімічні основи кінетики біохімічних реакцій</b> . . . . .	63
3.1. Швидкість реакції, її залежність від концентрації реагуючих речовин . . . . .	64
3.2. Молекулярність і порядок реакції . . . . .	66
3.3. Прості і складні реакції . . . . .	67
3.4. Залежність швидкості реакції від температури . . . . .	69
3.5. Каталіз і каталізатори . . . . .	72
3.6. Особливості ферментативного каталізу . . . . .	74
3.7. Хімічна рівновага. Константа рівноваги. . . . .	76
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	80
<b>Розділ 4. Розчини та їх роль у перебігу біохімічних процесів</b> . . . . .	81
4.1. Сучасні уявлення про розчини . . . . .	83
4.2. Величини, що характеризують кількісний склад розчинів . . . . .	88

## МЕДИЧНА ХІМІЯ

4.3. Розчинність газів у рідинах. . . . .	89
4.4. Розчинність рідин і твердих речовин у рідинах. . . . .	91
4.5. Колігативні властивості розбавлених розчинів . . . . .	93
4.6. Розчини електролітів . . . . .	104
4.7. Дисоціація води . . . . .	108
4.8. Теорії кислот і основ. . . . .	112
4.9. Титриметричний аналіз. Кислотно-основне титрування . . . . .	120
4.10. Буферні розчини . . . . .	129
4.11. Реакції осадження і розчинення . . . . .	139
4.12. Гетерогенні рівноваги в порожнині рота . . . . .	146
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	149
<b>Розділ 5. Електроодні процеси та їх значення для фізіології і медицини</b> . . . . .	154
5.1. Електроодний потенціал. Рівняння Нернста . . . . .	155
5.2. Класифікація електроодів . . . . .	158
5.3. Класифікація гальванічних елементів . . . . .	166
5.4. Електрохімічні рівноваги в порожнині рота . . . . .	167
5.5. Дифузійний та мембранний потенціали, їх біологічна роль . . . . .	169
5.6. Потенціометрія. . . . .	171
5.7. Окисно-відновні реакції. . . . .	173
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	176
<b>Розділ 6. Фізична хімія поверхневих явищ та їх роль у процесах, що відбуваються в організмі</b> . . . . .	178
6.1. Поверхневий натяг рідин. Поверхнева активність . . . . .	179
6.2. Адсорбція на межі поділу “рідина — газ” . . . . .	182
6.3. Орієнтація молекул поверхнево-активних речовин у поверхневому шарі . . . . .	184
6.4. Закономірності адсорбції на поверхні твердого тіла . . . . .	185
6.5. Рівняння адсорбції Ленгмюра. . . . .	187
6.6. Будова біологічних мембран . . . . .	189
6.7. Полімолекулярна адсорбція. . . . .	190
6.8. Особливості адсорбції розчинених речовин на твердій поверхні . . . . .	190
6.9. Основи адсорбційної терапії . . . . .	193
6.10. Адсорбція електролітів. . . . .	193
6.10.1. Вибіркова адсорбція . . . . .	197
6.10.2. Йонообмінна адсорбція. . . . .	199
6.11. Хроматографічні методи аналізу . . . . .	201
6.11.1. Принципи класифікації хроматографічних методів . . . . .	201
6.11.2. Застосування хроматографії в біології та медицині . . . . .	204
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	205
<b>Розділ 7. Фізична хімія дисперсних систем</b> . . . . .	208
7.1. Класифікація дисперсних систем. . . . .	210
7.2. Методи одержання колоїдних систем . . . . .	212
7.2.1. Методи диспергації . . . . .	212
7.2.2. Методи конденсації . . . . .	213
7.3. Методи очищення колоїдних систем. . . . .	213
7.4. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем . . . . .	216

7.5. Оптичні властивості колоїдних систем. . . . .	218
7.6. Подвійний електричний шар. Будова колоїдних часточок . . . . .	219
7.6.1. Вплив електролітів на величину електрокінетичного потенціалу. Явище перезарядки колоїдних часточок . . . . .	223
7.6.2. Електрокінетичні явища . . . . .	226
7.7. Стійкість і коагуляція дисперсних систем . . . . .	230
7.7.1. Фактори стійкості дисперсних систем . . . . .	231
7.7.2. Теорія коагуляції та стійкості дисперсних систем . . . . .	233
7.7.3. Механізм коагулювальної дії електролітів . . . . .	235
7.7.4. Кінетика коагуляції . . . . .	236
7.7.5. Особливі випадки коагуляції . . . . .	237
7.7.6. Коагуляція в біологічних системах . . . . .	243
7.8. Аерозолі . . . . .	244
7.9. Порошки . . . . .	246
7.10. Суспензії . . . . .	246
7.11. Пасти . . . . .	247
7.12. Емульсії . . . . .	247
7.13. Піни . . . . .	250
7.14. Колоїдні поверхнево-активні речовини. . . . .	251
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	253
<b>Розділ 8. Фізична хімія біополімерів та їхніх розчинів</b> . . . . .	257
8.1. Біологічні макромолекули . . . . .	260
8.2. Структура біополімерів . . . . .	261
8.3. Ізоелектричний стан білків . . . . .	262
8.4. Розчини ВМС та їхні властивості. . . . .	264
8.5. Термодинамічна стійкість розчинів ВМС. Методи осадження білків . . . . .	266
8.6. Осмос. Осмотичний тиск у розчинах ВМС . . . . .	268
8.7. В'язкість розчинів ВМС. . . . .	271
8.8. Драглі. Утворення та властивості. . . . .	275
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	275
<b>Розділ 9. Хімія біогенних елементів</b> . . . . .	278
9.1. Загальні відомості про біогенні елементи . . . . .	278
9.2. s-Елементи. Біологічна роль, застосування в медицині. . . . .	285
9.3. p-Елементи. Біологічна роль, застосування в медицині. . . . .	290
9.4. d-Елементи. Біологічна роль, застосування в медицині. . . . .	304
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	312
<b>Розділ 10. Нанохімія — шлях до високих технологій</b> . . . . .	315
10.1. Основні поняття і терміни . . . . .	316
10.2. Класифікація нанооб'єктів. . . . .	317
10.3. Методи синтезу наночастинок. . . . .	319
10.4. Карбонові наноматеріали . . . . .	320
10.5. Пористі нанооб'єкти . . . . .	322
10.6. Досягнення нанотехнологій у медицині . . . . .	323
<i>Завдання для самостійного контролю</i> . . . . .	327
<b>Список рекомендованої літератури</b> . . . . .	329
<b>Предметний покажчик</b> . . . . .	330

*У глибокому розумінні хімія і медицина нероздільні.*

*М.В. Ломоносов*

*Не лише сам лікар має застосовувати в роботі все, що необхідно, але і хворий, і всі, хто його оточує, і всі зовнішні обставини мають сприяти лікареві у його діяльності.*

*Гіппократ (Афоризми. Розд. 1.1)*

## Передмова

Основи викладання хімії для медиків були закладені в ХІХ ст. російським хіміком М.М. Зініним. Медицині в ті часи навчали зазвичай в університетах, і тому курс хімії для медиків є адаптованою до потреб медицини моделлю університетського хімічного курсу: окремі розділи неорганічної, аналітичної, органічної, фізичної та колоїдної хімії.

З 2005/06 навчального року до навчального плану вищих медичних закладів, розробленого згідно з умовами приєднання до Болонського процесу, введено курс медичної хімії, який має слугувати основою подальшого вивчення студентами фізіології, фармакології, анестезіології, санітарії та гігієни, а також використовуватися як джерело корисної теоретичної інформації для дисциплін клінічного профілю. З 2010/11 навчального року викладання медичної хімії за умовами кредитно-модульної системи розпочали і на стоматологічному факультеті.

В основу пропонованого підручника покладено багаторічний досвід викладання біонеорганічної, фізичної та колоїдної хімії для майбутніх медиків і стоматологів на кафедрі медичної та загальної хімії Національного медичного університету імені О.О. Богомольця; Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького; ВДНЗ України “Українська медична стоматологічна академія”; Харківського національного медичного університету; Вінницького національного медичного університету імені М.І. Пирогова.

Підручник містить 10 розділів. У розділі 1 викладено принципи, на основі яких з огляду на будову атомів і молекул можна прогнозувати хімічні властивості речовин, а також сформульовано теоретичні основи сучасного пошуку нових лікарських препаратів. Мета розділу 2 — визначення меж застосування термодинаміки до живого організму на основі системних знань хімічної термодинаміки. У розділі 3 викладено методи прогнозування перебігу хімічних перетворень у часі в різних умовах, зокрема фізіологічних. Розділ 4 пов’язаний із теорією розчинів та широким застосуванням знань про них у практичній медицині. Розділ 5 присвячений механізму виникнення електродних потенціалів та уявленням про біопотенціали. У розділі 6 викладено основні закономірності поверхневих явищ, їх біологічну роль та фізико-хімічні основи використання адсорбентів у медичній практиці. У розділі 7 розглянуто властивості дисперсних систем, до яких належать багато рідин і тканин організму. Розділ 8 присвячений фізико-хімічним властивостям розчинів високомолекулярних сполук,

зокрема біополімерів. У розділі 9 наведено основні хімічні властивості та висвітлено біологічну роль біогенних елементів. Розділ 10 дає теоретичні уявлення про нанохімію, досягнення якої стають основою для розвитку нанотехнологій. Враховуючи профільну спрямованість підручника, теоретичні питання висвітлено з позиції їх необхідності для підготовки не лише медиків, а й стоматологів.

Розділи починаються з переліку питань, що визначають його проблематику, та формулювання вмінь, якими має оволодіти студент після засвоєння матеріалу розділу. У кінці кожного розділу подано завдання для самостійного контролю знань.

У підручнику використано номенклатуру ІЮПАК, за правилами якої кожній речовині дають систематичну назву, що повністю відображає її склад. Таких рівноцінних назв може бути декілька.

Правила ІЮПАК дають змогу також використовувати у практиці невелику кількість несистемних і тривіальних назв.

Автори вдячні завідувачу кафедри фізичної хімії, лауреату Державної премії України, доктору хімічних наук, професору Київського національного університету імені Тараса Шевченка І.О. Фрицькому, завідувачу кафедри загальної та неорганічної хімії НТУУ “КПІ”, доктору хімічних наук, професору Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” О.В. Андрійко та лауреату Державної премії України, доктору медичних наук, професору кафедри фармакології та клінічної фармакології НМУ імені О.О. Богомольця Н.О. Горчаковій за уважне рецензування.

Усі зауваження та побажання читачів і користувачів підручника, спрямовані на його покращення, будуть сприйняті з вдячністю.

*Автори*

## Вступ

З давніх-давен людина спостерігала в природі хімічні явища і намагалася використати їх для поліпшення умов існування.

До витоків хімії як науки належать атомістичні уявлення про будову речовини, розроблені давньогрецькими філософами, які у своїй багатій спадщині залишили нам філософію природи, що згодом стала фундаментом сучасної науки. Термін “хімія” прийшов від арабів, які перетворили його на “алхімію”. Донауковий період розвитку хімії, що нині називають періодом алхімії, тривав із III до XV ст. Від алхіміків сучасна наука успадкувала надзвичайно цінний метод роботи — експеримент.

Реформу алхімії почав у XV ст. Парацельс (справжнє ім'я Філіпп-Ауреол-Теофраст-Бомбаст фон Гогенгейм (1493—1541)). У результаті виник новий напрям застосування хімії в медицині — ятрохімія (грец. *ятрос* — лікар). Парацельс вважав, що мета хімії полягає не в добуванні золота, а у приготуванні ліків, оскільки здоровий організм містить чітко визначені кількості хімічних речовин, а хвороби виникають у разі їх зміни.

Перетворення хімії на науку сталося лише тоді, коли значних успіхів досягла математика, і за її допомогою фізики (Р. Бойль, Е. Маріотт, Г. Кавендіш, Дж. Прістлі, А. Авогадро, С. Канніццаро) ґрунтовно вивчили гази. Поєднання результатів дослідження газів із величезним досвідом алхіміків та ятрохіміків стало найважливішим етапом у становленні хімії як окремої галузі природничих наук.

Значний внесок у розвиток хімії зробили медики. Крім Парацельса, це й німецький лікар Г.Е. Шталь (1659—1734), який запропонував теорію флогістону, і французький фізіолог А.Ф. Фуркруа (1755—1809), що сприяв утвердженню антифлогістонної теорії. Йому належать 11 томів “Системи хімічних знань”.

Шведський фармацевт К.В. Шеєле (1742—1786) відкрив способи добування азоту й кисню, багатьох мінеральних і органічних кислот, зокрема синтезував із  $\text{CO}_2$ , C та  $\text{NH}_3$  синильну кислоту, описав її запах і навіть смак.

Німецького судового лікаря Ю.Р. Майєра (1814—1878) разом із Дж.-П. Джоулем (1818—1889) вважають засновниками термодинаміки. Лікуючи моряків, він звернув увагу на те, що венозна кров пацієнтів у тропіках має світліший колір, ніж у мешканців Німеччини. Ю.Р. Майєр пояснив це тим, що у венах мешканців тропіків залишається більше кисню і, відповідно, оксигемоглобіну, ніж у мешканців країн із холодним кліматом. Зменшення витрати кисню є результатом уповільнення біоокиснення, оскільки для підтримання сталої температури тіла у тропіках витрачається менша кількість їжі. Судовий лікар дійшов висновку: теплота згоряння їжі витрачається на підтримання сталої температури тіла та виконання м'язової роботи.

Зі 109 наукових праць видатного російського лікаря-фізіолога І.М. Сеченова (1829—1905) 40 присвячено застосуванню в медицині хімічних методів досліджень.



Він детально вивчив, як переноситься  $\text{CO}_2$  із тканини до крові й далі в легені. Його можна вважати засновником сучасної медичної хімії.

У ХХ ст. відбулися істотні зміни в галузі методів хімічних та фізико-хімічних досліджень. Насамперед це стосується рентгеноструктурного аналізу, за допомогою якого почали вивчати будову кристалічних речовин та геометрію молекул. Метод рентгенівської спектроскопії застосовують у визначенні енергії орбіталей та ефективних зарядів. Такі спектроскопічні методи, як ядерний магнітний резонанс, електронний парамагнітний резонанс, ядерний квадрупольний резонанс, гамма-резонансна спектроскопія, почали активно використовувати для дослідження будови речовин, кінетики та механізмів реакцій. Розвиток оптичних методів дослідження, зокрема електронної та інфрачервоної спектроскопії, спектрополяриметрії, мас-спектроскопії, відкрив нові можливості в хімічному аналізі.

Унаслідок практичного застосування результатів хімічних досліджень виникла низка нових хімічних дисциплін, у тому числі й медична хімія.

**Медична хімія** вивчає хімічні основи процесів життєдіяльності живого організму, що підпорядковуються основним хімічним закономірностям.

Більшість процесів, що відбуваються у живому організмі, пояснюються теоретичними положеннями неорганічної, фізичної та колоїдної хімії. Наприклад, зміна структури та функцій клітин крові у розчинах кровозамінників трактується законами осмотичного тиску; розподіл йонів електролітів між клітинами та зовнішнім середовищем — законами мембранної рівноваги Доннана; механізм передавання нервових імпульсів — положеннями теорії електролітичної дисоціації; сталість концентрації йонів  $\text{H}^+$  у біологічних рідинах (крові, лімфі, лікворі) значною мірою залежить від наявності у складі таких рідин буферних систем. Вчення про окисно-відновні потенціали дає змогу пояснити перебіг багатьох реакцій в організмі, зумовлених поставанням та витратами енергії. Особливості фізичної хімії поверхневих явищ допомагають трактувати механізм дії фармацевтичних препаратів, пояснювати явища фагоцитозу та імунітету. Не менш важливу роль відіграють закони кінетики й каталізу, які дають можливість розуміти закономірності перебігу ферментативних і фармакокінетичних процесів. Закони колоїдної хімії описують роль факторів стійкості дисперсних систем організму в процесі його життєдіяльності.

Медична хімія вивчає будову і реакційну здатність найважливіших біологічно активних молекул, теорію хімічного зв'язку в комплексних сполуках біометалів з біолігандами та роль біогенних елементів у життєдіяльності організму. Вона досліджує процеси, що відбуваються на молекулярному та субмолекулярному рівнях, а саме тут і слід шукати причини виникнення різних форм захворювань та специфічність спадкових ознак.

Знання законів хімії дає змогу медикові цілеспрямовано впливати на обмін речовин клінічно здорового та хворого організмів, що і є запорукою поліпшення якості життя. Жодна з наук не відкрила перед людством такі широкі перспективи і не зробила для нього більше, ніж хімія. За останні десятиліття хімія забезпечила людство безліччю найнеобхідніших речей і предметів комфорту, що покращили рівень життя, дали можливість жити в чистоті та високопрофесійно лікуватися.

## МЕДИЧНА ХІМІЯ

---

Прогрес сучасної медицини багато в чому зумовлений досягненнями в хімії. Корисний ефект лікарської діяльності на 70 % визначається наявністю ліків, більшість із яких синтезовано хіміками.

Успіхи у впровадженні електронно-обчислювальної техніки дали змогу розробити програми, що дають можливість передбачити, які з нових хімічних структур можуть бути особливо дієвими в їх фармакологічному застосуванні. На сьогодні у практичній медицині (для діагностики та лікування) використовують методи, засновані на теоретичних розробках фізичної та колоїдної хімії. До них належать гемодіаліз, гемосорбція, гемофільтрація, електрофорез тощо.

Медична хімія поповнює багатогранною інформацією дисципліни медико-біологічного (біохімію, фізіологію, біоорганічну хімію, фармакологію, медичну та біологічну фізику) та клінічного (патологічну фізіологію, клінічну біохімію, гігієну, токсикологію, терапію, анестезіологію, фізіотерапію, реаніматологію тощо) профілю. З іншого боку, ці дисципліни як джерело первинної інформації мають впливати на розвиток медичної хімії.

Широке застосування хімії в медицині ще раз підкреслює мудрість висловлювання колишнього студента Києво-Могилянської академії, великого російського вченого М.В. Ломоносова: "...медик без довольного познання химии совершенен быть не может".

*Наука має свої храми, кожен з яких зведено зусиллями кількох архітекторів і великою чисельністю робітників.*

*Г. Льюїс*

*Коли в музиці раптово замовкають басы, які до цього повновладно панували у світі, складається враження, що зник злий дух. Те, що раніше здавалося некерованим, тепер немов якимись чарами впорядкувалося.*

*Л. Больцман*

## **Розділ 1**

### **Будова атомів, хімічний зв'язок і будова молекул**

- 1.1. Квантово-механічна модель атома.
- 1.2. Будова електронних оболонок атомів.
- 1.3. Періодичний закон Д.І. Менделєєва. Структура періодичної системи елементів.
- 1.4. Періодичність властивостей хімічних елементів.
- 1.5. Хімічний зв'язок і його експериментальні характеристики.
- 1.6. Ковалентний зв'язок.
- 1.7. Йонний зв'язок.
- 1.8. Металічний зв'язок.
- 1.9. Водневий зв'язок.
- 1.10. Комплексні сполуки.
- 1.11 Теоретичні основи сучасного пошуку нових лікарських препаратів.

*Завдання для самостійного контролю*

#### **Після вивчення розділу ви зможете:**

- інтерпретувати квантові числа, описувати стан електрона в атомі за допомогою квантових чисел;
- складати електронні формули атомів в основному та збудженому станах;
- формулювати принцип мінімальної енергії, принцип Паулі, правила Хунда і Клечковського;
- пояснювати структуру періодичної системи елементів, місцезнаходження s-, p-, d- та f-елементів;
- передбачати властивості елемента у зв'язку з його положенням у періодичній системі елементів;
- класифікувати хімічні зв'язки, користуватися їх експериментальними характеристиками; пояснювати способи утворення ковалентного зв'язку;
- оцінювати валентність, координаційне число, ступінь окиснення атомів у молекулах; розрізняти полярний і неполярний ковалентні зв'язки;
- трактувати геометрію структур із ковалентним типом зв'язків із залученням концепції гібридизації атомних орбіталей;

## МЕДИЧНА ХІМІЯ

---

- пояснювати на прикладах вплив водневого зв'язку на фізичні та хімічні властивості речовин;
- вирізняти комплексні сполуки з-поміж інших, аналізувати склад і будову комплексних сполук;
- наводити приклади застосування комплексонів у медицині та пояснювати механізм їхньої дії як антидотів;
- розуміти механізм впливу *d*-елементів на перебіг біологічних процесів в організмі;
- мати уявлення про сучасні методи пошуку нових лікарських засобів: драг-дизайн.

### 1.1. Квантово-механічна модель атома

Основою сучасної теорії будови атома є закони та положення квантової (хвильової) механіки — розділу фізики, що вивчає рух мікрочастинок (електронів, протонів тощо).

Згідно з квантово-механічними уявленнями, електрон має двоїсту природу: він і частинка, і хвиля. Зважаючи на хвильову природу електрона, слід говорити не про його рух по заданих орбітах, а про розподіл електронної густини (густини заряду електрона) у просторі навколо ядра — створення *електронної хмари*.

Частину простору навколо ядра, де ймовірність перебування електрона є максимальною, називають *орбіталлю*.

Відповідно до сучасної теорії будови атома стан електрона в атомі можна описати за допомогою *чотирьох квантових чисел*.

Головне квантове число *n* характеризує енергію електрона на енергетичному рівні, або, інакше кажучи, розмір електронної хмари. Електрони, що мають однакове значення *n*, утворюють електронні оболонки, які залежно від їх віддаленості від ядра позначають цифрами 1, 2, 3, 4, ... або відповідними літерами *K, L, M, N, ...*.

Найменшому значенню енергії відповідає *n = 1*. Іншим квантовим станам відповідають вищі значення енергії, і електрони, розташовані на цих енергетичних рівнях, слабкіше зв'язані з ядром.

Для атома Гідрогену квантовий стан з *n = 1* відповідає його найменшій енергії і називається *основним*. Стан з *n = 2, 3, 4...* називають *збудженим*.

*Орбітальне (побічне, або азимутальне) квантове число l* визначає енергію електрона на енергетичному підрівні та форму електронної орбіталі (рис. 1.1). Орбітальне квантове число *l* пов'язане з головним квантовим числом *n* і набуває значень відповідно до номера енергетичного рівня, змінючись у межах рівня від 0 до *n - 1*. Кожному *n* відповідає певна кількість значень *l*, тобто енергетичний рівень є сукупністю енергетичних підрівнів, які дещо різняться енергіями. Кількість підрівнів, на які розщеплюється енергетичний рівень, дорівнює номеру рівня. Числовим значенням *l* відповідають позначення літерами.

Орбітальне квантове число <i>l</i>	0	1	2	3
Підрівень	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>f</i>

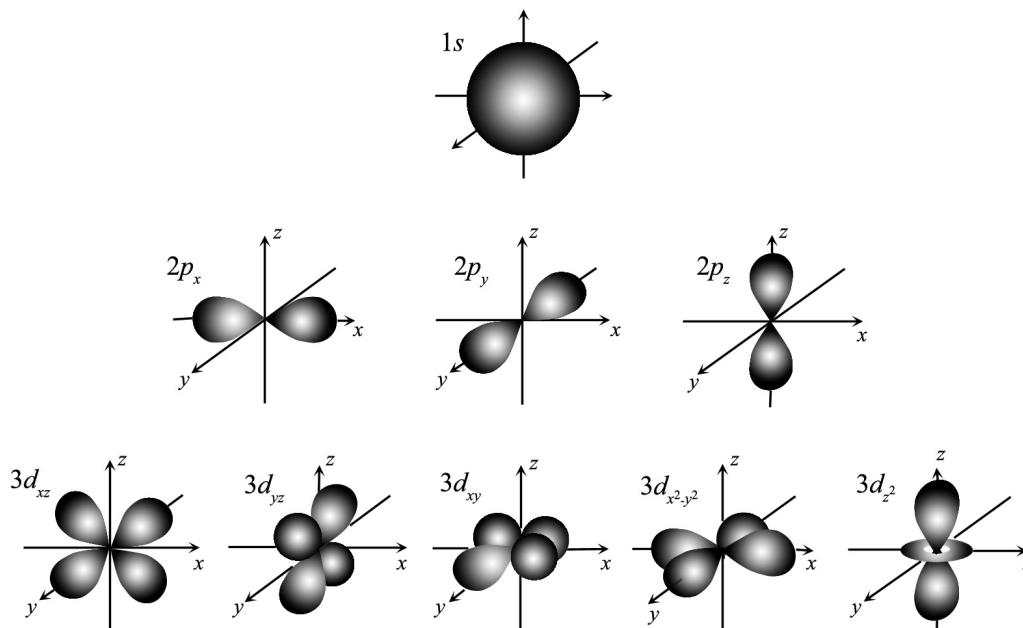


Рис. 1.1. Форма і просторова орієнтація  $s$ -,  $p$ - і  $d$ -орбіталей

Стан електрона, що відповідає певним значенням  $n$  і  $l$  (тип орбіталі), записують як сполучення цифрового позначення  $n$  та літерного  $l$ , наприклад,  $3s$  ( $n = 3$ ;  $l = 0$ );  $4d$  ( $n = 4$ ;  $l = 2$ ).

**Магнітне квантове число  $m_l$**  пов'язане з просторовою орієнтацією електронних орбіталей атома (рис. 1.1). Для даного  $l$  воно може набувати всіх цілочисельних додатних і від'ємних значень від  $-l$  до  $+l$ , у тому числі й 0. Наприклад, якщо  $l = 0$ ,  $m_l = 0$ ;  $l = 1$ ,  $m_l = -1$ ;  $0$ ;  $+1$ ;  $l = 2$ ,  $m_l = -2$ ;  $-1$ ;  $0$ ;  $+1$ ;  $+2$ .

У загальному вигляді будь-якому значенню  $l$  відповідає  $(2l + 1)$  значень магнітного квантового числа, тобто  $(2l + 1)$  можливих просторових орієнтацій електронних орбіталей цього типу. Тобто  $s$ -орбіталь має одну орієнтацію у просторі,  $p$ -орбіталь — три,  $d$ -орбіталь — п'ять тощо. Орбіталі, що мають однакову енергію, називають **виродженими**.

Загальне число орбіталей на будь-якому рівні  $n$  дорівнює  $n^2$ , а число орбіталей на підрівні —  $(2l + 1)$ .

**Стан електрона в атомі, що характеризується певними значеннями квантових чисел  $n$ ,  $l$  та  $m_l$ , тобто певними розмірами, формою та орієнтацією електронної хмари в просторі, називають "атомною електронною орбіталлю".**

**Спінове квантове число  $m_s$  (спін)** характеризує спрощено обертання електрона навколо власної осі. Воно може мати тільки два значення —  $+1/2$  або  $-1/2$ .

Загальну характеристику стану електрона в багатоелектронному атомі описано **принципом Паулі**: в атомі не може бути двох електронів, у яких усі чотири квантові числа були б однакові.