



### Творча майстерня

15. Використайте лазерну указку, щоб дослідити, істинними розчинами чи колоїдними системами є: рідкий кисіль, мінеральна вода, столовий оцет, газована вода, фруктовий сік, гарячі та холодні чай і кава, солодкі газовані напої тощо. За результатами дослідження підготуйте презентацію.

16. Дізнайтеся: а) який препарат називають «шумерським сріблом» та для чого його використовують; б) що таке нанодисперсії, де їх застосовують. За результатами дослідження підготуйте презентацію.



### Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=4CKz5wwB2BQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=pCrD2Zs9Ipg>

## § 6. Будова молекули води, поняття про водневий зв'язок

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- описати будову молекули води;
- пояснити утворення водневого зв'язку.

**Вода як розчинник** має непересічне значення. Здатність води розчиняти найрізноманітніші речовини та її інші унікальні властивості зумовлені насамперед хімічним складом і будовою молекули цієї сполуки. Тож розгляньмо особливості будови молекули води (рис. 6.1). Вам добре відомо, що до її складу входять два атоми Гідрогену й атом Оксигену.

З курсу хімії 8 класу ви знаєте, що електронегативність Оксигену значно більша за електронегативність Гідрогену. Тому утворені за рахунок спільних електронних пар зв'язки O–H у молекулі води ковалентні полярні. Вони розміщені під кутом  $104,5^\circ$ , і це зумовлює асиметричність структури й виникнення *диполя*.

**Що таке диполь і за яких умов молекула є диполем? Диполь** – система з двох зарядів, протилежних за знаком і однакових за величиною (рис. 6.2).



Рис. 6.1. Будова молекули води

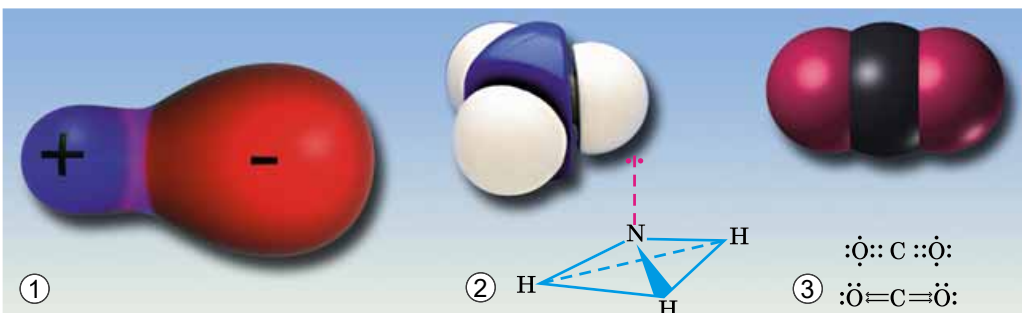


Рис. 6.2. 1. Схематичне зображення диполя. 2. Молекула амоніаку. 3. Молекула карбон(IV) оксиду



Рис. 6.3. Цівка води притягується до наелектризованого предмета. **Завдання.** Перевірте цю інформацію експериментально

За допомогою простого досліду можна пере-свідчитись у тому, що молекули води полярні: тонка водяна цівка притягується до пластмасових виробів, наелектризованих тертям (рис. 6.3).

Під впливом диполів води на поверхні речовин, занурених у неї, міжатомні й міжмолекулярні сили слабшають у 80 разів. Така висока діелектрична проникність з усіх відомих речовин властива лише воді. Цим пояснюють її здатність бути універсальним розчинником.

Асиметричність розподілу електричних зарядів у молекулах води є причиною утворення між ними *водневих зв'язків* (рис. 6.4).

**Водневий зв'язок** – слабкий зв'язок. Він утворюється між атомом Гідрогену, з'єднаним хімічним зв'язком з електронегативним атомом, та іншим електронегативним атомом. Обидва електронегативних атоми здебільшого є атомами хімічних елементів другого та третього періодів періодичної системи, зокрема Нітрогену, Оксигену, Флуору. Переважно водневий зв'язок – це електростатична взаємодія. Її підсилюють малий розмір атомів Гідрогену, що вможлиблює зближення диполів, які взаємодіють. Водневі зв'язки є причиною аномально високих (порівняно з леткими сполуками інших елементів VIA підгрупи періодичної системи) температур кипіння та плавлення води.

Завдяки водневим зв'язкам між молекулами вода виявляє унікальні властивості. Ці міжмолекулярні зв'язки стабілізують нещільну кристалічну структуру льоду (рис. 6.5).

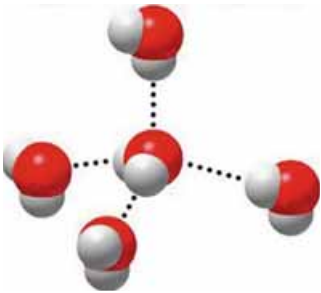


Рис. 6.4. Водневі зв'язки між молекулами води позначені пунктиром

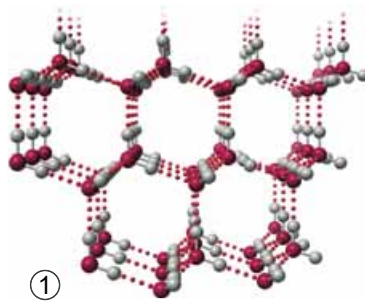


Рис. 6.5. 1. Водневі зв'язки у кристалічній структурі льоду. 2. Сніжинки складаються з кристаликів льоду. **Завдання.** Висловіть припущення щодо причин того, чому в будь-якої сніжинки саме шість променів



Через особливості будови кристалів льоду його густина менша за густину води в рідкому агрегатному стані. Ця властивість запобігає промерзанню водойм.

*Цікаво і пізнавально*

Поняття й термін «водневий зв'язок» увели В. Латимер і Р. Родебуш у 1920 р. для того, щоб пояснити високі температури кипіння води, спиртів, рідкого гідроген флуориду та деяких інших сполук.

Під час подальшого вивчення хімії та біології ви дізнаєтеся, що утворення водневих зв'язків притаманне й іншим речовинам – як неорганічним, так і органічним. Вони можуть утворюватися між молекулами різних речовин. Перебіг багатьох біологічних процесів та існування живих організмів можливі саме завдяки утворенню й руйнуванню водневих зв'язків.

Водневі зв'язки, так само як і електростатична взаємодія між диполями води та йонами у вузлах кристалічних ґраток, відіграють неабияку роль у процесі розчинення речовин. Докладніше про це ви дізнаєтеся з наступного параграфа.

**ПРО ГОЛОВНЕ**

- Диполь – система з двох зарядів, протилежних за знаком і однакових за величиною.
- Асиметричність розподілу електричних зарядів у молекулах води є причиною утворення між ними водневих зв'язків.
- Водневі зв'язки є причиною аномально високих (порівняно з леткими сполуками інших елементів VIA підгрупи періодичної системи) температур кипіння та плавлення води.
- Перебіг багатьох біологічних процесів та існування живих організмів можливі саме завдяки утворенню й руйнуванню водневих зв'язків.

**Перевірте себе**

1. Який склад молекули води? 2. До якого типу належать зв'язки O–H у молекулі води?
3. Що таке диполь? 4. За яких умов молекула є диполем? 5. Як перевірити експериментально, що молекула води полярна? 6. Чим пояснюють здатність води бути універсальним розчинником? 7. Що є причиною виникнення між молекулами води водневих зв'язків? 8. Що є причиною аномально високих (порівняно з леткими сполуками інших елементів VIA підгрупи періодичної системи) температур кипіння та плавлення води?

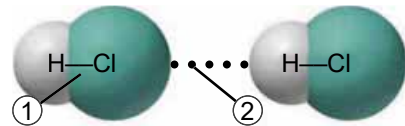


Рис. 6.6

**Застосуйте свої знання й уміння**

9. Визначте, якою цифрою на рисунку 6.6 позначено водневий зв'язок. Чим зумовлена можливість його утворення?
10. Поясніть можливість утворення водневих зв'язків між молекулами води й амоніаку (рис. 6.7).

**Творча майстерня**

11. Підготуйте презентацію «Водневі зв'язки в живих організмах».

**Дізнайтеся більше**

[https://www.youtube.com/watch?v=aH2IbYs\\_XjY](https://www.youtube.com/watch?v=aH2IbYs_XjY)  
<https://www.youtube.com/watch?v=IkI5cbfqFRM>  
<https://www.youtube.com/watch?v=LGWYBeuVjhU>

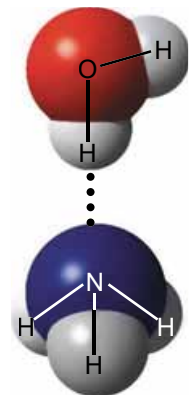


Рис. 6.7

## Цікаво і пізнавально

У популярній і науковій літературі трапляються історичні, або тривіальні, назви спиртів, які за традицією використовують замість систематичних назв. Зазвичай вони походять від назви природного джерела добування того чи того спирту. Наприклад, метанол називають деревним спиртом, етанол – винним. Тривіальна назва гліцеролу «гліцерин» зумовлена його солодким смаком (грец. γλυκός – солодкий). Спирти, похідні від природних вуглеводів, зберігають корінь тривіальної назви відповідних вуглеводів (маніт, ксиліт, сорбіт).

**Структурна ізомерія спиртів** зумовлена як розгалуженістю карбонового ланцюга (що містить від чотирьох атомів Карбону), так і положенням характеристичної гідроксильної групи (ланцюг містить від трьох атомів Карбону). Так, бутан-2-ол і 2-метилпропан-2-ол є ізомерами карбонового скелета, а пропан-1-ол і пропан-2-ол – ізомерами положення гідроксильної групи.



Чи є ще поміж формул спиртів, наведених вище, формули ізомерів: а) карбонового скелета; б) положення гідроксильної групи?

**Водневий зв'язок, його вплив на фізичні властивості спиртів.** Ви вже знаєте, що велика різниця в електронегативності Оксигену й Гідрогену зумовлює високу полярність зв'язку  $O-H$ . Між молекулами спирту й води утворюються водневі зв'язки (рис. 15.2). Саме тому перші чотири члени гомологічного ряду насичених одноатомних спиртів, зокрема метанол та етанол, добре розчиняються у полярних розчинниках, передусім у воді. Одноатомні спирти, що містять у молекулі менше ніж чотири атоми Карбону, змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях. Однак з подальшим збільшенням довжини гідрофобної алкільної групи розчинність у воді одноатомних спиртів швидко зменшується. Утворення водневих зв'язків між молекулами спиртів зумовлює підвищені температури кипіння порівняно з відповідними вуглеводнями.

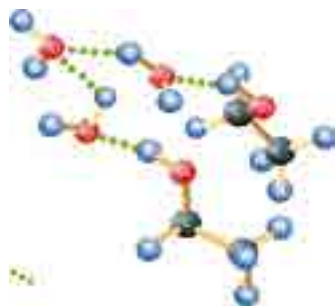


Рис. 15.2. Схема утворення водневих зв'язків між молекулами етанолу та води

**Деякі фізичні й хімічні властивості насичених одноатомних спиртів і гліцеролу** ви зможете порівняти, проаналізувавши графічну (рис. 15.3) та текстову інформацію, наведену далі.



Рис. 15.3. 1. Для знезараження шкіри використовують 70 %-ий розчин етанолу, що проникає в глибші шари епідермісу майже на 95 %; це справляє дубильну дію на шкіру й слизові оболонки. 2. Перший в історії хімії вищий жирний спирт гексадекан-1-ол  $C_{16}H_{34}O$  видобув французький хімік М.Е. Шеврьоль із жиру, що міститься в голові кашалота. Тому тривіальна назва цього спирту – цетиловий (грец. κίτος – морське чудовисько). Застосовують для виготовлення косметики, розчинників і мастил, поверхнево-активних речовин і медикаментів. 3. Гліцерол – складник багатьох косметичних засобів і не лише...

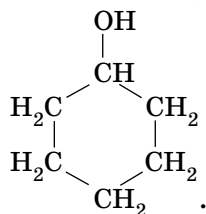
Як позначається взаємний вплив вуглеводневого замісника й характеристичної групи в молекулі фенолу на його фізичних і хімічних властивостях?



**Фізичні властивості фенолу зумовлені складом і будовою його молекул.**

Фенол – безбарвна легкоплавка ( $t_{\text{пл.}} = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) летка речовина з характерним різким запахом (рис. 17.2).

Бензенове кільце в молекулі фенолу впливає на гідроксильну групу, унаслідок чого збільшується полярність зв'язку О—Н. Тому між молекулами фенолу утворюються водневі зв'язки, що, наприклад, зумовлюють більш високу (182 °С) його температуру кипіння порівняно з температурою



кипіння циклогексан-1-олу (161 °С), формула якого



Рис. 17.2. Характерний запах гуаші (1) зумовлений фенолом (2), який входить до її складу як консервант. Картина української мисткині Марії Примаченко «Голуб миру з хлібом України», 1963, папір, гуаш (3)

Утворення водневих зв'язків між молекулами фенолу й води також є причиною його розчинності в ній. У холодній воді фенол розчиняється обмежено з утворенням емульсії. За температури понад 66 °С розчинність фенолу у воді стає необмеженою.



Поміркуйте й поясніть: а) який складник молекули фенолу – вуглеводневий замісник чи характеристична група – сприяє розчиненню фенолу у воді, а який – перешкоджає; б) чому фенол добре розчиняється в гліцеролі; в) чи розчиняється фенол у бензені.

**Фенол – хімічно активна речовина**, тому, на відміну від бензену, легко окиснюється за звичайних умов киснем повітря. Під впливом Оксигену гідроксильної групи електронна густина в бензеновому кільці фенолу підвищується. Це є причиною зменшення його стійкості до окиснення. Продукти часткового окиснення фенолу мають рожеве забарвлення, тому під час зберігання безбарвний фенол за доступу повітря змінює колір (рис. 17.3).



Рис. 17.3. Рожеве забарвлення фенолу зумовлене домішками продуктів його часткового окиснення

**?** Поміркуйте й поясніть, чому поміж карбонових кислот, на відміну від вуглеводнів і альдегідів, немає газуватих (за звичайних умов) речовин.

Перші три представники насичених одноосновних карбонових кислот необмежено розчиняються у воді, далі, зі зростанням довжини вуглеводневого замісника, розчинність карбонових кислот зменшується (*поясніть чому*), і вищі жирні кислоти майже нерозчинні у воді. У рідкому стані молекули карбонових кислот димеризуються в результаті утворення водневих зв'язків.

**?** Поміркуйте й поясніть, чому: а) температури кипіння насичених одноосновних карбонових кислот вищі за температури кипіння відповідних спиртів; б) перші представники насичених одноосновних карбонових кислот мають характерний різкий запах, а вищі карбонові кислоти запаху не мають; в) густина лише перших двох представників насичених одноосновних карбонових кислот більша за густину води.

**Структурна ізомерія насичених одноосновних карбонових кислот** зумовлена різною послідовністю сполучення атомів Карбону й Оксигену в їхніх молекулах. Ізомерія *карбонового скелета* можлива в карбонових кислот, у молекулах яких не менше ніж чотири атоми Карбону. *Міжкласова* ізомерія<sup>1</sup> можлива для тих карбонових кислот, у молекулах яких не менше ніж два атоми Карбону. Наприклад, молекулярній формулі  $C_5H_{10}O_2$  відповідають такі ізомерні карбонові кислоти (рис. 20.5):

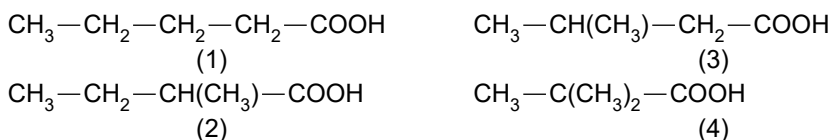


Рис. 20.5. Структурні формули ізомерних карбонових кислот складу  $C_5H_{10}O_2$

**Як назвати насичені одноосновні карбонові кислоти за систематичною номенклатурою?** Це легко зробити, скориставшись простим алгоритмом:

**алкан- + -ова + кислота → алканова кислота**

Тобто назви насичених одноосновних карбонових кислот згідно з правилами IUPAC будують з назви відповідного вуглеводню з додаванням суфікса *-ов* і закінчення *-а*. Перед коренем назви записують бічні замісники, зазначають їхнє положення й кількість. Нумерацію карбонового ланцюга починають з атома Карбону карбоксильної групи.

Назвімо за цим алгоритмом ізомерні карбонові кислоти, структурні формули яких наведено на рисунку 20.5: (1) – пентанова кислота, (2) – 2-метилбутанова кислота, (3) – 3-метилбутанова кислота, (4) – 2,2-диметилпропанова кислота.

**Хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот** наведено в таблиці 20.1. Проаналізувавши схеми реакцій за участі органічних кислот і пригадавши властивості неорганічних кислот, які ви знаєте з основної школи, ви зможете самостійно дійти висновку щодо подібності й відмінності їхніх хімічних властивостей (*зробіть це*).

<sup>1</sup> Докладніше про клас органічних сполук, ізомерних карбоновим кислотам, ви дізнаєтеся з наступного параграфа.

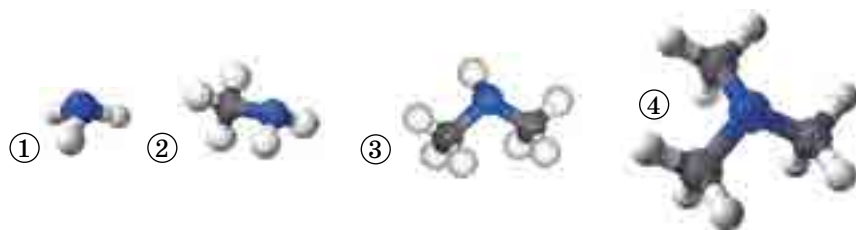


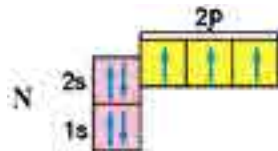
Рис. 24.1. Моделі молекул амоніаку (1), метанаміну (2), *N*-метилметанаміну (3), *N,N*-диметилметанаміну<sup>1</sup> (4)

**Аміни – похідні амоніаку** – найпростішої леткої сполуки Нітрогену з Гідрогеном, хімічна формула якої  $\text{NH}_3$ . Амоніак та аміни подібні за будовою (пересвідчіться в цьому, розглянувши моделі молекул, зображені на рис. 24.1)

**?** Похідною якої неорганічної речовини можна вважати насичені одноатомні спирти? Підтвердьте свою думку хімічними формулами.

**Аміногрупа – характеристична група амінів.** Її хімічна формула  $-\text{NH}_2$ . Щоб зрозуміти особливості будови аміногрупи, пригадаймо електронну будову атома Нітрогену. На зовнішньому (другому від ядра) енергетичному рівні його атома є два спарених *s*-електрони і три неспарених *p*-електрони.

За рахунок неспарених *p*-електронів атом Нітрогену в молекулі амоніаку утворює ковалентні полярні зв'язки з атомами Гідрогену, а в молекулах амінів – з атомами Гідрогену і/або – з атомами Карбону алкільних замісників. Доведено, що й у молекулах амоніаку, і в молекулах амінів у атома Нітрогену є неподілена пара *s*-електронів. Як це впливає на їхні властивості?



**Фізичні властивості амінів** багато в чому зумовлені полярністю зв'язків  $\text{N}-\text{H}$  в аміногрупі. Саме тому молекули амінів, у яких вони є, утворюють водневі зв'язки між собою та молекулами води (рис. 24.2).

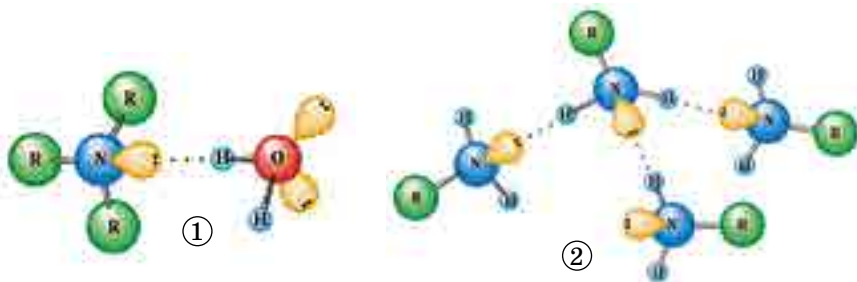


Рис. 24.2. Утворення водневих зв'язків між молекулами амінів та води (1) та між молекулами амінів (2)

**?** Поясніть, чи утворюватимуться водневі зв'язки між молекулами *N,N*-диметилметанаміну.

Водневі зв'язки за участі молекул амінів слабші порівняно з водою та спиртами. Температури кипіння нижчі, ніж у спиртів (поясніть ці факти).

<sup>1</sup> Назви *N*-метилметанаміну та *N,N*-диметилметанаміну наведено для ознайомлення.

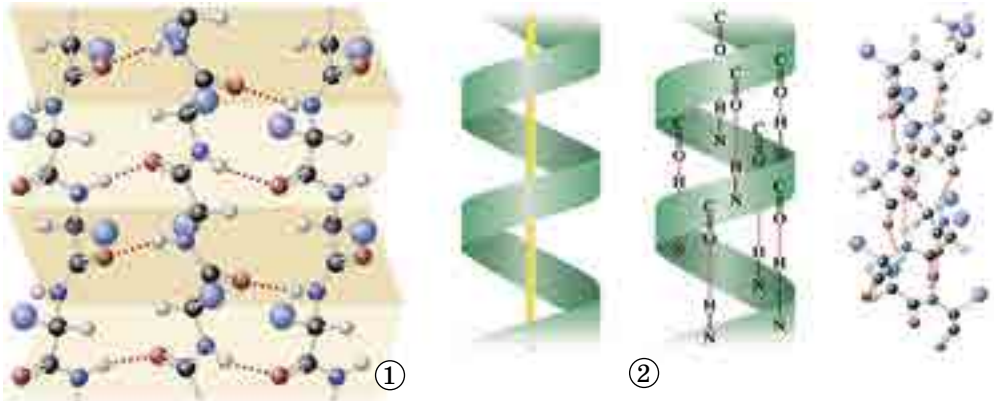


Рис. 27.4. Вторинна структура білка зумовлена виникненням водневих зв'язків

В організмах амінокислотний склад білків зумовлений генетичним кодом. З двадцяти  $\alpha$ -амінокислот утворюються поліпептидні ланцюги найрізноманітнішого складу й будови. Кількість амінокислотних залишків у молекулах певних білків різна. Наприклад, в інсуліні їх 51, у міоглобіні – близько 140. Тому й відносна молекулярна маса білків коливається в дуже широких межах. Наприклад, в інсуліну вона становить близько 6500, а в білка вірусу грипу – 320 000 000.

*Первинна структура* – послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі. Виявлено, що певна комбінація амінокислот зумовлює специфічні функції білка в організмі. Тож за первинною структурою можна передбачити функції невідомого білка. Або, навпаки, синтезувати білкову речовину з потрібними функціями. Первинна структура білка виникає внаслідок утворення пептидних зв'язків між амінокислотними залишками.

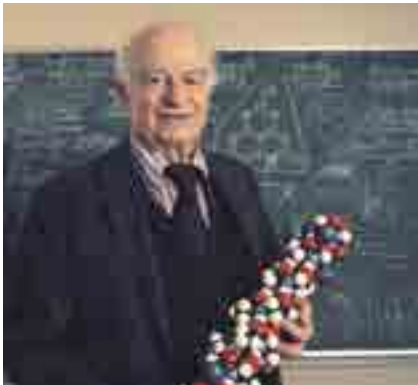


Рис. 27.5. Полінг (Паулінг) Лайнус Карл (1901–1994). Американський фізик і хімік. Член Національної АН США. Основні праці присвячено теорії хімічного зв'язку та дослідженню структури молекул. Чимало праць стосується біохімії, структури білка. Сформулював концепцію вторинної структури білка – теорію  $\alpha$ -спіралі. Брав участь у русі прихильників миру. Лауреат Нобелівської премії з хімії (1954) та Нобелівської премії миру (1963)

*Вторинна структура* – місцеве впорядкування фрагмента поліпептидного ланцюга внаслідок утворення водневих зв'язків (рис. 27.4). Якщо полярні групи фрагментів первинної структури віддалені одна від одної, утворюються складчасті шари (рис. 27.3.2.А; 27.4.1) з кількох зигзагуватих поліпептидних ланцюгів. Якщо ж полярні групи фрагментів первинної структури розташовані близько, утворюється так звана  $\alpha$ -спіраль (рис. 27.3.2.Б; 27.4.2), один виток якої містить чотири амінокислотні залишки. Уперше таку структуру виявив Лайнус Полінг (рис. 27.5) під час вивчення основного білка волосся й вовни –  $\alpha$ -кератину методом рентгеноструктурного аналізу. Також можливе утворення клубка біополімеру іншої форми (рис. 27.3.2.В).