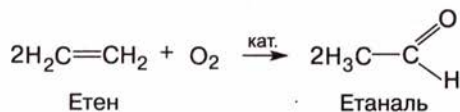


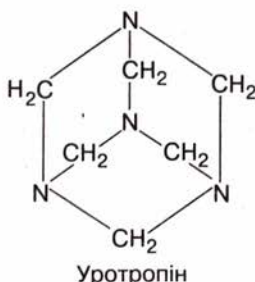
Оскільки сполуки Меркурію токсичні, було розроблено інший спосіб добування етаналю — окисненням етену, що є доступнішою сировиною:



ЗАСТОСУВАННЯ. Водний розчин **метаналю** (формальдегіду, 36—37% -й) з домішкою метанолу називають *формаліном* і застосовують як дезінфікуючий засіб і консервант анатомічних препаратів.

Формальдегід є також сировиною для виробництва фенолоформальдегідних пластмас.

З формальдегіду добувають *уротропін* (гексаметилентетрамін), який використовують у виробництві пластмас, вибухівки та як лікарський засіб:



Ця сполука відома як харчова добавка (консервант Е 239), однак її використання в Україні заборонено.

Етаналь (оцтовий альдегід) використовують для добування етанової (оцтової) кислоти. У невеликих кількостях етаналь утворюється в процесі обміну речовин в організмі людини, зокрема в результаті метаболізму алкоголю. Надлишок етаналю дуже шкідливий і викликає неприємні відчуття, це використовують для лікування від алкоголізму.

Висновки

- Альдегіди містять функціональну альдегідну групу —CHO.
- Загальна формула альдегідів — $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}$.
- Подвійний зв'язок альдегідної групи поляризований за рахунок зміщення електронної густини до атома Оксигену.
- Наявність полярної альдегідної групи і подвійного зв'язку визначає хімічну активність альдегідів.
- Альдегіди легко окиснюються до карбонових кислот, відновлюються до первинних спиртів.
- Реакції з купрум(II) гідроксидом та амоніаковим розчином аргентум(I) оксиду використовують для аналітичного визначення альдегідів.
- Загальний спосіб добування альдегідів — окиснення спиртів. Етаналь добувають також гідратацією етину.
- Формальдегід є сировиною для виробництва пластмас; оцтовий альдегід — сировина для виробництва оцтової кислоти.



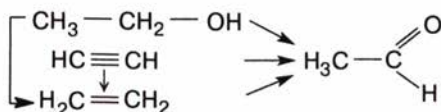
Завдання для самоконтролю.....

1. Яку функціональну групу називають альдегідною?
2. Чи можливі водневі зв'язки між молекулами: альдегідів; альдегідів і води?
3. Чим зумовлена хімічна активність альдегідів?
4. Наведіть рівняння реакцій приєднання за місцем подвійного зв'язку в альдегідній групі.
5. До яких сполук відбувається окиснення альдегідів? Складіть рівняння реакцій.
6. Сума коефіцієнтів у рівнянні повного окиснення пропаналу становить:
А 9; Б 10; В 11; Г 12.
7. Які реакції використовують для розпізнавання альдегідів?
8. Що таке реакція Кучерова? Як вона відбувається?
9. Який спосіб добування етаналу є найперспективнішим?



Додаткові завдання.....

1. Чому в назвах альдегідів не зазначають місце функціональної групи?
2. Поясніть, чому різняться між собою температури кипіння сполук, що мають близькі відносні молекулярні маси:
пентан 36 °С, бутаналь 79 °С, бутан-1-ол 117,4 °С.
3. Складіть рівняння реакцій за схемою:



4. Як хімічним способом розрізнити гліцерол і етаналь?
5. Як хімічним способом розпізнати етаналь?
6. Як двома способами добути етаналь з етину?
7. Складіть рівняння реакцій за схемою:
Етаналь \rightarrow А \rightarrow Етен \rightarrow Етанол.
8. У реакції «срібного дзеркала» етаналь прореагував з аргентум(І) оксидом масою 116 г. Утворилося срібло масою 106,2 г. Вихід продукту становить:
А 95 %; Б 47,5 %; В 98 %; Г 49 %.
9. Якого об'єму метаналь (це газ за н. у.) треба розчинити у воді, щоб виготовити 200 г 40%-го розчину?

§ 21. НАСИЧЕНІ ОДНООСНОВНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. Вам відомо, що до карбонових кислот належать сполуки, в молекулах яких вуглеводнева група сполучена з функціональною *карбоксильною групою*

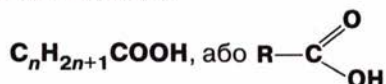
$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$. Пригадайте, що її назва походить від назв двох груп, з яких вона складається:

карбонільної $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$ та гідроксильної $-\text{OH}$.

Залежно від кількості карбоксильних груп у молекулі розрізняють одно-, дво-, багатоосновні карбонові кислоти; залежно від будови вуглеводневого ланцюга — насичені, ненасичені, ароматичні кислоти.

Розглянемо *насичені одноосновні карбонові кислоти* (їх характеристики наведено в таблиці 13, модель молекули етанової кислоти — на мал. 74).

Загальна формула цих сполук:

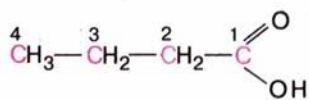


У найпростішій карбоновій кислоті — **метановій** (мурашиній) — карбоксильна група сполучена з атомом Гідрогену (порівняйте хімічну будову метаналю і метанової кислоти).

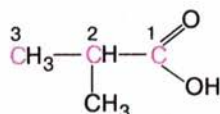
НОМЕНКЛАТУРА, ІЗОМЕРІЯ. Тривіальні **назви** карбонових кислот часто відбивають їхнє походження, а за систематичною номенклатурою назви утворюють *від назв вуглеводнів додаванням суфікса -анов-, закінчення -а та слова кислота*.

◆ Пригадайте з курсу хімії 9 класу, де в природі, побуті трапляються карбонові кислоти.

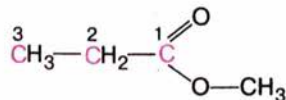
Карбоновим кислотам властива *структурна ізомерія* вуглеводневого ланцюга та між класами сполук карбонові кислоти — естери:



Бутанова кислота



2-Метилпропанова кислота



Метилпропаноат (естер)

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Перші три кислоти в гомологічному ряду за стандартних умов — рідини з різким кислим запахом, добре розчинні у воді; наступні шість — олійсті рідини з неприємним запахом; починаючи з кислоти з десятьма атомами Карбону в молекулі, —



Мал. 74. Модель молекули етанової кислоти



Мал. 75. Чиста («льодяна») етанова кислота замерзає за температури 16,7 °C

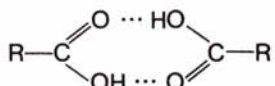
тверді речовини (табл. 13, мал. 75). Розчинність карбонових кислот у воді зменшується зі зростанням відносної молекулярної маси, вищі карбонові кислоти нерозчинні у воді.

Таблиця 13

Характеристики насичених одноосновних карбонових кислот

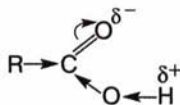
Назва		Структурна формула	Температура, °С		$K_{\text{дис.}} \cdot 10^5$ (25 °С)
систематична	тривіальна		плав-лення	кипін-ня	
Метанова	Мурашина (форміатна)		8	101	17,7
Етанова	Оцтова (ацетатна)		17	118	1,8
Пропанова	Пропіонова		-21	141	1,3
Бутанова	Масляна		-5—8	164	1,5
Пентанова	Валеріанова		-35	185	1,6
Гексанова	Капронова		3—4	205	1,4
Гептанова	Енантова		7—10	223	1,4
Гексадека- нова	Пальмітинова		62—64	215	—
Октадека- нова	Стеаринова		69—70	232	—

Порівнюючи температури кипіння карбонових кислот і близьких за відносними молекулярними масами спиртів, можна виявити, що кислоти киплять за значно вищих температур, отже, вони ще більше асоційовані, ніж спирти. Справді, водневі зв'язки між молекулами карбонових кислот установлюються за двома центрами, в результаті чого утворюються димери:



На розривання таких зв'язків і руйнування асоціатів треба затратити додаткову енергію, що спричиняє підвищення температур кипіння цих сполук.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Електролітична дисоціація. Хімічні властивості карбонових кислот визначаються наявністю функціональної карбоксильної групи, в якій електронна густина хімічного зв'язку C=O зміщується до атома Оксигену, внаслідок чого зв'язок O—H поляризується і Гідроген набуває здатності відщеплюватися у вигляді протону:



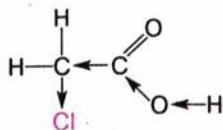
Це зумовлює кислотні властивості карбонових кислот. Їхні розчини мають кислий смак, змінюють забарвлення індикаторів, що засвідчує перебіг електролітичної дисоціації.

Лабораторний дослід 8. Дія етанової кислоти на індикатори

У дві пробірки налейте розчин етанової кислоти об'ємом 1—2 мл. В одну з них додайте кілька крапель розчину лакмусу, в іншу — розчин метилового оранжевого. Спостерігайте зміну забарвлення індикаторів.

Карбонові кислоти (крім метанової) — слабкі електроліти, мають низькі ступені дисоціації (див. табл. 13). Тому в рівняннях йонних реакцій формули карбонових кислот записують у молекулярній формі.

Кислотність карбонових кислот зростає, якщо у вуглеводневій групі з'являється замісник, здатний притягувати до себе електронну густина (має більшу електронегативність), наприклад атом галогену:

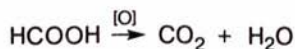


Хлороетанова кислота

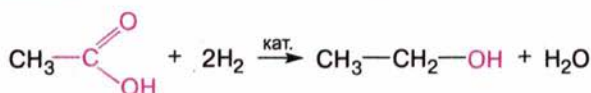
Хлороетанова кислота значно сильніша за етанову, а трихлороетанова кислота належить до сильних кислот, подібна до сульфатної.

Складіть схему зміщення електронної густини в молекулі трихлороетанової кислоти.

Реакції повного і часткового окиснення. Як вам уже відомо, карбонові кислоти можуть утворюватися в результаті окиснення вуглеводнів, спиртів, альдегідів, проте самі вони (за винятком метанової) *стійкі проти окисників*. Метанова кислота окиснюється (наприклад, калій перманганатом) до карбонатної кислоти, яка розкладається на вуглекислий газ і воду:



Реакції відновлення. Відновлюються карбонові кислоти до спиртів у жорстких умовах (за участю каталізаторів):



Реакції з металами, основними оксидами й основами, солями. Карбонові кислоти подібно до неорганічних взаємодіють з активними металами, основними оксидами й основами, солями слабших кислот з утворенням сполук з йонним зв'язком — солей.



Лабораторний дослід 9.

Взаємодія етанової кислоти з магнієм

У пробірку з розчином етанової кислоти додайте порошок магнію або вмістіть у неї стружку магнію. Спостерігайте виділення газу. Доведіть, що цей газ — водень. Складіть рівняння реакції.



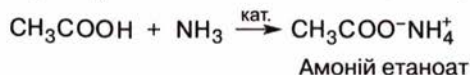
Лабораторний дослід 10.

Взаємодія етанової кислоти з лугом

У пробірку з розчином натрій гідроксиду об'ємом 1—2 мл додайте кілька крапель фенолфталеїну. До забарвленого розчину по краплях добавляйте розчин етанової кислоти до знебарвлення вмісту пробірки. Що засвідчує цей дослід? Складіть рівняння реакції.

З побуту вам відома взаємодія питної соди з оцтом. Поясніть реакцію, що відбувається. Складіть рівняння реакції.

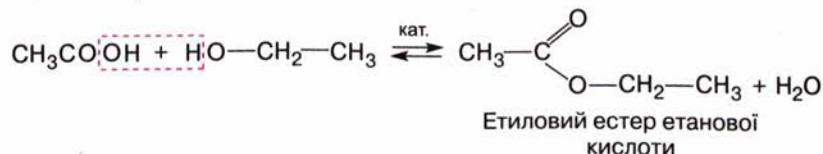
Карбонові кислоти реагують також з амоніаком з утворенням солі:



Загальна назва солей етанової (ацетатної) кислоти — *етаноати* (ацетати).

Реакція естерифікації. Карбонові кислоти реагують зі спиртами. За нагрівання та наявності каталізатора (сульфатної кислоти) відбувається реакція *естерифікації*.

До суміші етанолу із сульфатною кислотою добавимо етанової кислоти і суміш нагріємо. Поширяться приємний запах, що засвідчує утворення речовини, яка належить до класу естерів:

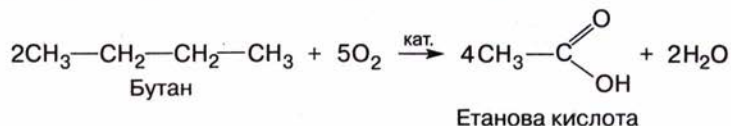


Якщо реакцію проводити в приладі, зображеному на мал. 64, то продукт реакції як летку сполуку можна зібрати під шаром льоду.

ДОБУВАННЯ. Загальний спосіб добування карбонових кислот — окиснення первинних спиртів та альдегідів такими окисниками, як калій перманганат, калій дихромат, нітратна кислота:



У промисловості використовують спосіб добування карбонових кислот окисненням алканів киснем повітря за наявності каталізаторів. Під час реакції розриваються карбон-карбонів зв'язки й утворюється суміш оксигеновмісних сполук, з якої виділяють карбонові кислоти:



Доступність вуглеводневої сировини забезпечує перспективність цього способу.

Які ще карбонові кислоти можуть утворитися в результаті наведеної реакції? Складіть відповідні рівняння реакцій.



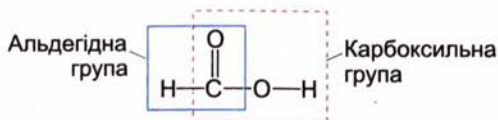
Завдання для самоконтролю.....

1. Які сполуки належать до класу карбонових кислот?
2. Поясніть розподіл електронної густини в карбоксильній групі.
3. Складіть формули ізомерів масляної кислоти.
4. Поясніть утворення водневих зв'язків між молекулами карбонових кислот.
5. Поясніть, чому хлороетанова кислота сильніша за етанову.
6. Натрієву сіль трихлоретанової кислоти використовують як гербіцид. Складіть формулу цієї сполуки.
7. У яких реакціях карбонові кислоти поведуться подібно до неорганічних? Складіть рівняння реакцій.
8. Етанова кислота витискує карбонатну кислоту з її солей. Про що це свідчить? Складіть рівняння реакції.
9. Поясніть відношення карбонових кислот до окисників і відновників. Складіть рівняння реакцій.
10. Карбонові кислоти можна добути:
 - А гідратуванням етену; Б окисненням парафінів; В дегідратацією спиртів; Г окисненням альдегідів.
11. Складіть рівняння таких хімічних перетворень:
Етанол → Етаналь → Етанова кислота → Цинк етаноат.

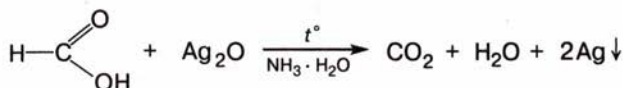


§ 22. ОКРЕМІ ПРЕДСТАВНИКИ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

Метанова (форміатна, мурашина) кислота. Ця сполука має особливості порівняно з іншими карбоновими кислотами, оскільки в її молекулі поєднані альдегідна і карбоксильна групи:



Альдегідна група зумовлює відновні властивості мурашиної кислоти. Наприклад, вона відновлює срібло з амоніакового розчину аргентум(І) оксиду, а сама окиснюється при цьому до карбонатної кислоти, яка відразу розкладається на вуглекислий газ і воду:



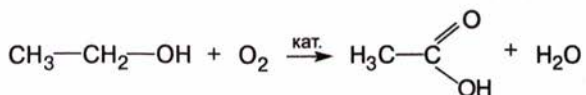
Проведемо цю реакцію. У ретельно вимиту колбу чи пробірку наллємо амоніаковий розчин аргентум(I) оксиду. Обережно по стінках посудини доллємо 1 мл метанової кислоти і злегка нагріємо суміш. На стінках колби утвориться «срібне дзеркало» або випаде чорний осад металічного срібла.

Складіть рівняння реакцій метанової кислоти за карбоксильною групою.

Мурашину кислоту використовують як відновник у техніці, як протраву під час фарбування тканин. Хворі на невралгію послуговуються 1% -м розчином мурашиної кислоти в етиловому спирті (мурашиним спиртом) для розтирання; бджолярі використовують мурашину кислоту для боротьби з хворобами бджіл. Завдяки бактерицидним властивостям мурашина кислота є консервантом зелених кормів для худоби. Широко застосовують її в органічному синтезі.

Етанова (ацетатна, оцтова) **кислота** — найвідоміша з карбонових кислот, що пов'язано передусім з її застосуванням у харчовій промисловості як консерванта і смакової приправи (9% -й розчин). У природних умовах етанова кислота утворюється в результаті бродіння (скисання) вина.

Який хімізм цього процесу? Вам уже відомо, що внаслідок реакції бродіння глюкози утворюється етанол. Але за доступу кисню процес на цьому не припиняється, й етанол окиснюється до етанової кислоти:



Отже, процес спиртового бродіння за наявності кисню переходить у процес оцтовокислого бродіння.

Незважаючи на широке застосування, оцтову кислоту було виділено в практично чистому вигляді лише у XVIII ст., її хімічний склад визначено на початку XIX ст., а структурну формулу — в середині XIX ст.

Оцтову кислоту для технічних потреб добувають окисненням етанолу, бутану, виділяють із продуктів переробки деревини (термічний розклад).

Складіть рівняння згаданих реакцій окиснення.

Галузі застосування етанової кислоти — органічний синтез, виробництво штучного шовку, лікарських засобів, засобів захисту рослин, харчова промисловість.

Пальмітинова і стеаринова кислоти належать до вищих насичених карбонових кислот. Вуглеводневі ланцюги становлять значну частину їхніх молекул. Масштабну модель молекули стеаринової кислоти наведено на мал. 76. У пальмітиновій кислоті в ланцюзі містяться

п'ятнадцять послідовно сполучених атомів Карбону, в стеариновій — сімнадцять:

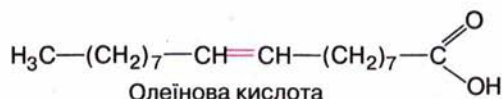


◆ Складіть структурні формули цих кислот.

Вищі карбонові кислоти цікаві з хімічного погляду тим, що беруть участь в утворенні жирів, а натрієві й калієві солі є основою мила (відповідно твердого й рідкого).

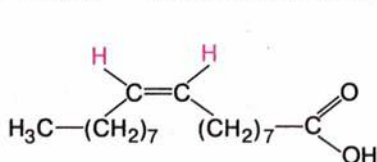
◆ Складіть формулу солі натрій стеарату (твердого мила).

Олеїнова кислота належить до вищих ненасичених карбонових кислот:

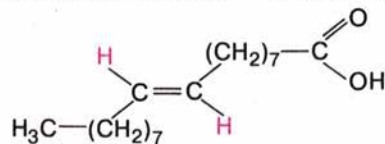


◆ Складіть загальну формулу oleїнової кислоти, порівняйте її з формулою стеаринової кислоти.

Олеїнова кислота існує у вигляді двох геометричних ізомерів: *цис*-ізомер — це власне *олеїнова* кислота, а *транс*-ізомер — *елаїдинова*:



цис-ізомер,
олеїнова кислота ($t_{пл}^*$ 14 °C)

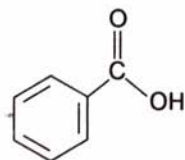


транс-ізомер,
елаїдинова кислота ($t_{пл}^*$ 52 °C)

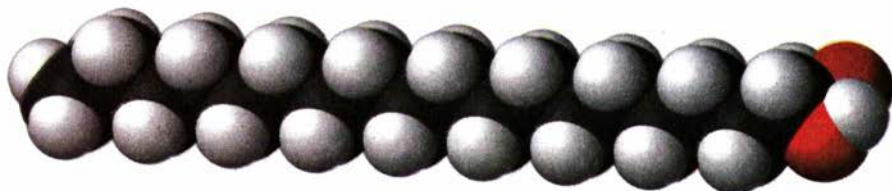
За кратним зв'язком ці кислоти здатні до реакцій приєднання та окиснення.

◆ Складіть рівняння реакції oleїнової кислоти з бромом.

До *ароматичних* карбонових кислот належить **бензойна кислота**:



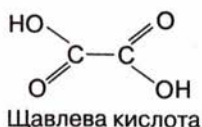
Бензойна кислота



Мал. 76. Масштабна модель молекули стеаринової кислоти

Бензойна кислота у вигляді естерів міститься в деяких оліях. Застосовують її для виробництва ароматичних речовин, барвників, ліків, як антисептичний і протигрибковий засіб у медицині, як харчову добавку (мал. 77).

Щавлева кислота — найпростіша серед *дикарбонових кислот*:



Цікавим з хімічного погляду є відношення щавлевої кислоти до нагрівання: вона розкладається з утворенням монокарбонової метанової (мурашиної) кислоти і вуглекислого газу:



Солі щавлевої (інакше — *оксалатної*) кислоти — *оксалати* містяться в багатьох рослинах, зокрема в щавлі, салаті. Нерозчинні у воді оксалати Кальцію в разі порушення обміну речовин в організмі можуть відкладатися в нирках, спричиняючи нирково-кам'яну хворобу.

Щавлеву кислоту використовують для знищення іржі та накипу на металевих виробках, а також у шкіряному виробництві як протраву.



Мал. 77. Деякі карбонові кислоти та їхні солі використовують як харчові добавки — консерванти й регулятори кислотності: метанова — E 236—238; етанова — E 260—264; пропанова — E 280—283; бензойна — E 210—213



Завдання для самоконтролю.....

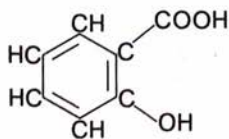
1. Поясніть, як будова молекули метанової кислоти позначається на її властивостях.
2. Що таке оцет з погляду хімії?
3. За яких умов відбувається оцтовокисле бродиння?
4. У чому полягає відмінність між олеїною та елаїдиною кислотами?
5. Доведіть на прикладах різноманітність карбонових кислот. Чим вона зумовлена?
6. Обґрунтуйте галузі застосування карбонових кислот, виходячи з їх властивостей.
7. Наведіть приклади органічних сполук, що містять йонні зв'язки.



Додаткові завдання.....

1. Вищі карбонові кислоти нерозчинні у воді, хоча це полярні сполуки. Поясніть причину цього явища.
2. Порівняйте хімічні властивості спиртів, альдегідів і карбонових кислот. У чому полягає взаємний вплив атомів у карбоксильній групі?
3. Яка кислота сильніша: хлоретанова чи дихлоретанова; хлоретанова чи флуоретанова?

4. Яка реакція відбуватиметься швидше — між магнієм і сульфатною кислотою чи між магнієм і етановою кислотою? Відповідь поясніть.
5. Як відбуватиметься реакція саліцилової кислоти



- з лугом? Складіть рівняння реакції і поясніть відповідь.
6. Складіть рівняння послідовних хімічних перетворень: від метану до етанової кислоти; від етену до етанової кислоти.
 7. Складіть рівняння хімічних реакцій бензойної кислоти.
 8. Парафін — це суміш вищих насичених вуглеводнів, стеарин — суміш стеаринової, пальмітинової та незначної кількості олеїнової кислот. Запропонуйте хімічний спосіб розпізнавання парафіну й стеарину.
 9. Складіть рівняння реакцій за схемою:

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{Br} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\text{NH}_4^+$$
 10. Обчисліть маси безводної етанової кислоти та її 10 %-го розчину, необхідні для приготування 80 %-го розчину оцтової кислоти масою 225 г.

Висновки

- Молекули карбонових кислот містять вуглеводневий залишок і функціональну карбоксильну групу.
- За кількістю карбоксильних груп розрізняють одно-, дво-, багатоосновні карбонові кислоти, за характером вуглеводневого ланцюга — насичені, ненасичені, ароматичні карбонові кислоти.
- Загальна формула одноосновних карбонових кислот — $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$.
- Одноосновні карбонові кислоти ізомерні естерам.
- Карбонові кислоти утворюють асоціати (димери) за рахунок водневих зв'язків.
- Карбоксильна група полярна, через це полегшується відщеплення Гідрогену гідроксильної групи, тобто сполука набуває кислотних властивостей.
- Карбонові кислоти належать до слабких кислот (метанова — середньої сили).
- Карбонові кислоти взаємодіють з металами, основами, основними оксидами, солями, спиртами, змінюють забарвлення індикаторів.
- Одноосновні карбонові кислоти добувають окисненням альдегідів, спиртів, алканів.

ЕСТЕРИ



Наприкінці вивчення теми ви зможете:

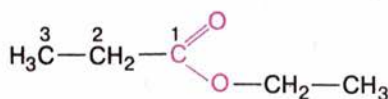
- назвати естери за правилами номенклатури;
- скласти формули естерів, жирів, мила;
- описати фізичні властивості сполук;
- записати рівняння реакцій естерифікації і гідролізу естерів, омилення і гідрування жирів;
- пояснити мийну дію мила;
- пояснити роль жирів у харчуванні людини;
- розповісти про застосування сполук;
- порівняти мило і синтетичні мийні засоби;
- засвоїти терміни: *реакції естерифікації, омилення, синтетичні мийні засоби, детергенти.*

§ 23. ЕСТЕРИ. ЖИРИ. МИЛО

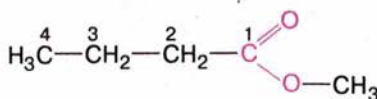
СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ ЕСТЕРІВ. Загальна формула естерів



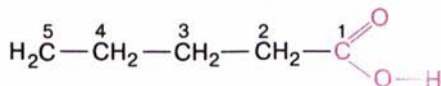
Естерам властиві *структурна ізомерія* карбонового скелета й ізомерія між класами сполук *естери* — *карбонові кислоти*. Наприклад:



Етилпропанат
(етиловий естер
пропанової кислоти)



Метилбутанат
(метильовий естер
бутанової кислоти)



Пентанова кислота

Назви естерів за систематичною номенклатурою утворюють від назви карбонового ланцюга, що містить естерну групу (нумерація — від естерної групи), додаванням назви алкільної групи (префікс) та суфікса -оат-. Інакше кажучи, префікс походить від назви спирту, а корінь — від назви карбонової кислоти, з яких утворився естер.

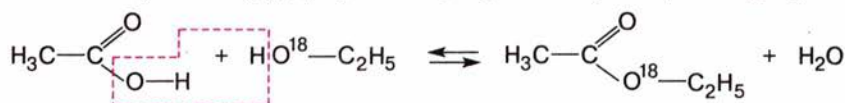


Мал. 78. Модель молекули етилетаноату

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Естери — переважно рідини, безбарвні, мають приємний запах, як правило, малорозчинні у воді. Порівняно з карбоновими кислотами, з яких вони утворюються, естери киплять за значно нижчих температур. Це засвідчує відсутність у них міжмолекулярних водневих зв'язків. Характеристики деяких естерів наведено в табл. 14.

Запах фруктів, квітів зумовлюється переважно естерами (мал. 79). Деякі рослини, наприклад ясенець, виділяють таку велику кількість естерів, що навколо рослини утворюється естерна хмаринка. Оскільки естери — легкозаймісті речовини, то якщо піднести полум'я до цієї хмаринки, вона швидко займеться й згорить, не встигнувши підпалити саму рослину. Подібне явище описане в біблійній оповіді про неопалиму купину — кущ, який горить і не згорає.

РЕАКЦІЯ ЕСТЕРИФІКАЦІЇ. Реакцію між карбоною кислотою і спиртом, унаслідок якої утворюється естер, називають **реакцією естерифікації**. Експериментально, за допомогою методу мічених атомів, доведено, що від молекули карбонової кислоти відщеплюється гідроксильна група, а від молекули спирту — атом Гідрогену, внаслідок цього утворюється молекула води. Якщо важкий ізотоп Оксигену з атомною масою 18 ввести в молекулу спирту, то цей ізотоп можна виявити в молекулі естеру, добутого в результаті реакції естерифікації:



Таблиця 14

Характеристики естерів

Назва		Структурна формула	Температура, °C	
систематична	тривіальна		плавлення	кипіння
Метил-метаноат	Метильовий естер мурашиної кислоти		-99	31
Етил-метаноат	Етиловий естер мурашиної кислоти		-80	54
Пропіл-метаноат	Пропильовий естер мурашиної кислоти		-93	81
Метил-етаноат	Метильовий естер оцтової кислоти		-98	57
Етил-етаноат	Етиловий естер оцтової кислоти		-84	77



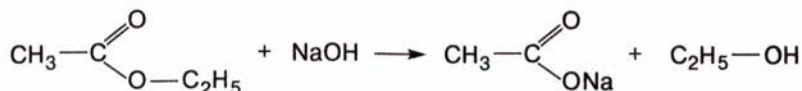
Мал. 79. Естери належать до речовин, що зумовлюють запах фруктів

Ця реакція оборотна: одночасно з естерифікацією відбувається взаємодія естеру з водою, або **гідроліз** (розклад водою) естеру на спирт і кислоту. Після встановлення рівноваги в суміші містяться кислота, спирт, естер і вода.

Пригадайте, що таке хімічна рівновага. За яких умов вона встановлюється?

Оборотність реакції становить певну незручність для добування естерів, а тому, щоб збільшити вихід продукту реакції, треба змістити її рівновагу в потрібному напрямку. Для цього можна збільшувати концентрацію однієї з вихідних речовин. Можна також видаляти із зони реакції один із продуктів, тим самим стимулюючи його утворення. Для видалення естеру його відганяють, а воду видаляють за допомогою осушувальних засобів.

Тепер уявімо, що наша мета — добути кислоту з естеру за допомогою реакції гідролізу. Для цього треба хімічно зв'язати кислоту або спирт, щоб вони не вступали в реакцію естерифікації, і тим самим змістити рівновагу реакції ліворуч. Для зв'язування кислоти можна використати луг, з яким реагуватиме кислота, утворюючи сіль:



Спирт можна відокремити відгонкою, а кислоту добути із солі дією сильнішої кислоти, що витісняє етанову з її солей:



На цьому прикладі ви переконалися, що на основі теоретичних знань можна скерувати синтез і добути потрібну речовину.

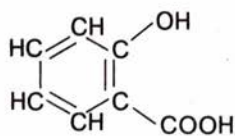
ЗАСТОСУВАННЯ. Як правило, естери мають приємний запах і завдяки цьому використовуються в парфумерній та харчовій промисловості. Наприклад, метиловий естер масляної кислоти має запах яблук, етиловий естер цієї кислоти — запах ананасів, а пентиловий естер етанової кислоти пахне бананами.



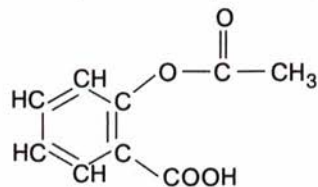
Мал. 80. Модель молекули аспірину

Із цих та інших естерів виготовляють есенції, що їх додають до прохолоджувальних напоїв, цукерок, кремів, парфумерних та косметичних виробів. Оскільки крім природних запахних речовин використовуються й синтетичні, естери добувають у промисловості у великій кількості.

До естерів належить відомий жарознижувальний препарат *аспірин* (ацетилсаліцилова кислота), що є похідною саліцилової кислоти (мал. 80):



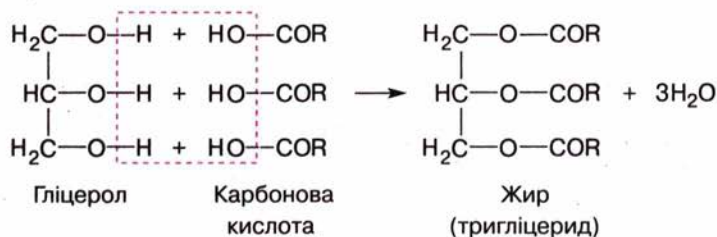
Саліцилова кислота



Аспірин

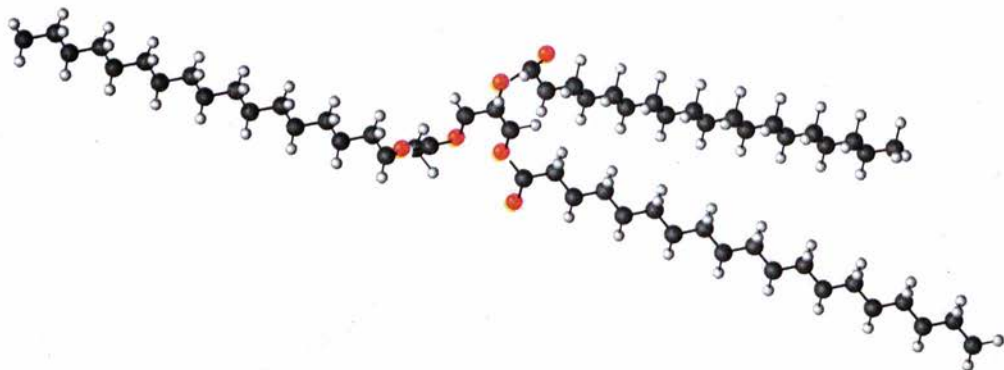
СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ ЖИРІВ. Вам відомо, що серед естерів найбільше значення мають жири, що утворені триатомним спиртом гліцеролом і вищими карбоновими кислотами — стеариною, пальмітиновою, олеїною та іншими.

У загальному вигляді реакція естерифікації з утворенням жиру записується так:



Модель молекули тристеарину наведено на мал. 81.

У першій чверті XIX ст. французький учений М. Шеврель установив хімічний склад жирів, а перший синтез жироподібної речовини здійснив його співвітчизник М. Бертло (1854 р.), нагріваючи гліцерол зі стеариною кислотою.



Мал. 81. Модель молекули тристеарину

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Жири легші за воду, нерозчинні в ній, але розчиняються в неполярних органічних розчинниках.



Лабораторний дослід 11. Розчинність жирів

У 4 пробірки налийте по 1 мл води, етанолу, бензину, етоксигетану і додайте в кожен з них по кілька крапель рідкого жиру. Збовтайте вміст пробірок. У якій пробірці жир розчинився?

Нагрійте пробірку з водою. Чи розчинився жир?
Зробіть висновок.

Властивості жирів залежать від складу і будови карбонових ланцюгів тригліцеридів. Нижче наведено температури плавлення деяких жирів:

Вуглеводнева група	Жир	$t_{\text{пл}}^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$
$-\text{C}_{15}\text{H}_{31}$	Трипальмітин	72
$-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$	Тристеарин	65
$-\text{C}_{17}\text{H}_{33}$	Триолеїн	-4

♦ Поясніть, як залежить агрегатний стан жиру від характеру (насиченості чи ненасиченості) карбонового ланцюга.

♦ Пригадайте з вивченого в 9 класі, що таке олії.

Більшість натуральних жирів складаються із суміші гліцеридів, тому не мають точки плавлення, а плавляться в певному інтервалі температур, тобто поступово розм'якшуються під дією нагрівання.

Цікаво, що до складу молекул жиру морських тварин входять залишки ненасичених карбонових кислот. До складу вершкового масла входять змішані естери насичених і ненасичених кислот (мал. 82).



Лабораторний дослід 12. Доведення ненасиченого характеру рідких жирів

Налийте у дві пробірки по кілька мілілітрів бензинових розчинів рослинного і тваринного жирів. Додайте до них бромної води. Що спостерігаєте? Що засвідчують ваші спостереження?

Випробуйте жири розчином калій перманганату. Зробіть висновок.



П'єр Ежен Марселен Берто
(1827—1907)

Французький хімік, член Паризької академії наук. Один із фундаторів синтетичної органічної хімії. Синтезував нафтален, ацетилен, бензен, фенол, метан, жири та чимало інших сполук. Автор праць у галузі термохімії, хімічної кінетики, агрохімії, історії хімії. Громадський діяч, педагог.



Мал. 82. Ці продукти містять жири

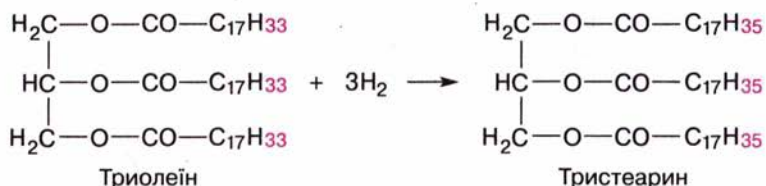
ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИРІВ.

Реакції окиснення. На повітрі, під дією теплоти і світла жири окиснюються до жирних кислот, альдегідів, інших сполук, які й зумовлюють появу неприємних запаху і смаку.

Реакція гідрування. У молекулах рідких жирів за місцем подвійних карбон-карбонових зв'язків можлива реакція приєднання Гідрогену. У результаті цієї реакції ненасичена сполука перетворюється на насичену, а рідкий жир — на твердий.

- ◆ Пригадайте, як відбувається реакція гідрування етену. Складіть рівняння реакції.

Гідрування (тверднення) жирів відбувається за такою схемою:



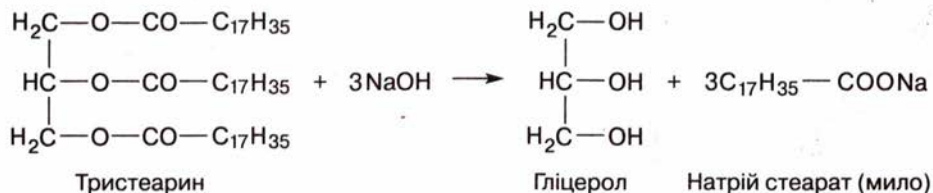
На цьому процесі ґрунтується виробництво маргарину (від грец. *маргароу* — перлина).

- ◆ Підготуйте повідомлення про виробництво маргарину.

Реакція гідролізу. Жири як естери піддаються гідролізу, в результаті утворюються гліцерол та карбонові кислоти.

- ◆ Складіть рівняння гідролізу жиру (в загальному вигляді).

Практичне значення має гідроліз жиру в присутності лугу, внаслідок чого утворюються солі вищих карбонових кислот — *мила*:



Оскільки лужним гідролізом жиру добувають *мило*, цю реакцію називають **омиленням жиру**.

Натрієві солі вищих карбонових кислот — основна складова твердого мила, солі Калію — рідкого мила.

Для добування мила з жиру в промисловості замість лугу використовують соду Na_2CO_3 . Мило, добуте безпосередньо внаслідок реакції жиру із содою, називають *ядровим*, воно відоме як господарське.



Мал. 83. Так виготовляли мило в 1600 р.



Мал. 84. Фасування мила

Туалетне мило відрізняється від господарського наявністю добавок: барвників, ароматизаторів, антисептиків тощо.

Процес виготовлення мила відомий людям здавна (мал. 83, 84). Миловаріння полягало в нагріванні тваринного жиру (сала) з поташем (K_2CO_3), який вимивали з рослинного попелу. Повторити цей стародавній процес ви зможете в лабораторії, спостерігаючи демонстраційний дослід.

МИЙНА ДІЯ МИЛА. СИНТЕТИЧНІ МИЙНІ ЗАСОБИ. Мийна дія мила — це складний фізико-хімічний процес. Щоб з'ясувати його суть, звернемося до відомого вам з курсу фізики явища поверхневого натягу. Якщо рідина прилипає до поверхні й розтікається по ній, то відбувається змочування поверхні рідиною. Якщо ж вона збирається в кульку, то кажуть, що рідина не змочує поверхню (мал. 85, 86). Часточки бруду і вода мають різну хімічну природу: вода — полярна сполука, часточки бруду (жиру), як правило, неполярні. Вода їх не змочує, отже, бруд не змивається. Для поліпшення змочування використовують речовини-посередники, такі як мило. Молекули мила розміщуються між полярними молекулами води і неполярними часточками бруду і тим самим полегшують змочування їх водою.

Запишемо формулу мила в загальному вигляді $R-COONa$. За хімічною природою — це сіль, йонна сполука. Крім полярної частини $-COO^-Na^+$ вона містить неполярну групу $-R$, до складу якої можуть входити від 12 до 17 атомів Карбону.



Мал. 85. Рідина не змочує поверхню



Мал. 86. Жук тримається на поверхні води завдяки поверхневому натягу рідини

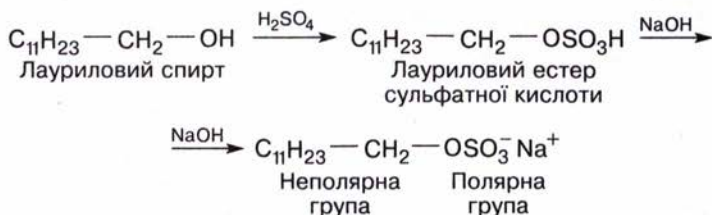
Під час миття молекули мила орієнтуються на забрудненій поверхні так, що полярні групи звернені до полярних молекул води, а неполярні вуглеводневі групи — до неполярних часточок бруду. Останні ніби потрапляють в оточення молекул мила і легко змиваються з поверхні водою (мал. 87).

◆ Пригадайте, що таке твердість води.

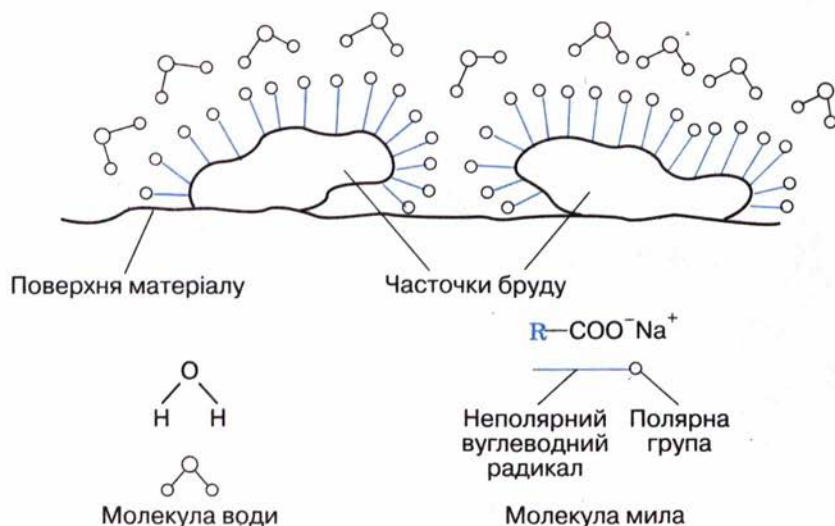
У твердій воді мило втрачає свою мийну дію, оскільки утворюються нерозчинні солі Магнію і Кальцію, які осідають на поверхні:



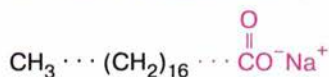
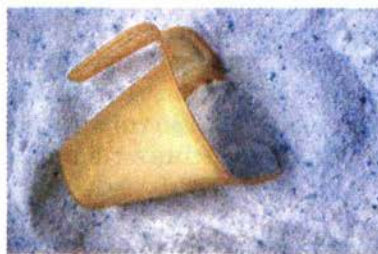
Цього недоліку позбавлені *синтетичні мийні засоби (СМЗ)*, або *де-тергенти* (від англ. *detergent* — мийний засіб). Основу їх становлять речовини, що мають подібну до мила будову молекул: вони містять полярну (йонну) й неполярну вуглеводневу частини (мал. 88). За хімічною природою це дуже різноманітні сполуки, наприклад сіль естеру, утвореного вищим спиртом і сульфатною кислотою:



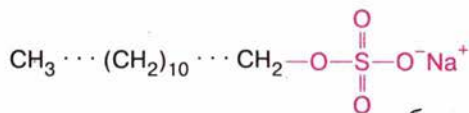
На відміну від мила такі сполуки утворюють розчинні солі Кальцію й Магнію, тобто у твердій воді не втрачають своїх мийних властивостей. У цьому полягає перевага СМЗ над звичайним милом.



Мал. 87. Мийна дія мила



а



б

Мал. 88. Порівняння будови молекул мила (а) і СМЗ (б)

Лабораторний дослід 13.

Порівняння властивостей мила і синтетичного мийного засобу

Приготуйте в колбі або хімічному стакані по 20—25 мл розчинів (1 %-х) господарського мила і будь-якого прального порошку в дистильованій воді. У дві пробірки налийте по 2—3 мл твердої води. Додайте в одну пробірку розчин мила, в іншу — розчин прального порошку і збовтайте їх вміст.

Де утворюється стійкіша піна? Якого засобу доводиться добавляти більше для утворення стійкої піни?

Мило і СМЗ діють на межі поділу твердої та рідкої фаз і належать до так званих *поверхнево-активних речовин* (ПАР).

Широке використання детергентів часто зумовлює забруднення довкілля, зокрема водойм. Річ у тім, що для поліпшення якості до СМЗ додають фосфати, соду, вибілювальні речовини, ароматизатори, іноді ферменти тощо. Потрапляючи зі стічними водами до природних водойм, фосфати перетворюються на речовини, якими живляться мікроорганізми. Вони починають інтенсивно розмножуватися і спричиняють заболочення цих водойм. Тому до сучасних СМЗ ставлять вимогу: після використання вони мають хімічно чи біогенно розкладатися в природі на нешкідливі речовини, що не забруднюють стічних вод. Крім того, ці засоби треба економно використовувати в господарстві.

БІОДИЗЕЛЬ. Біодизельне пальне за хімічною природою — це переважно метилові естери карбонових кислот, добутих із жирів, наприклад, виділених із насіння ріпаку. Побічним продуктом виробництва є гліцерол. Для виробництва біодизеля придатні й соняшникова олія, і тваринний жир, зокрема той, що міститься у відходах м'ясної промисловості.

Вважають, що від нестачі пального людство врятує біодизель. Ми спостерігаємо збільшення площ під посіви ріпаку. Але використання цієї культури для виробництва біодизеля попри всі переваги останнього (високі цетанові числа: до 50—80) супроводжується певними екологічними ризиками: це виснаження землі (доцільно вирощувати ріпак на одному місці раз на 5 років), необхідність обробки рослин отрутохімікатами впродовж усього періоду росту, отже, їх треба транспор-

тувати, зберігати, утилізувати. Збільшення посівних площ під ріпак пропорційно зменшує посівні площі під зерно, отже, зменшується кількість кормів для тварин, знижується їх поголів'я, а водночас — виробництво м'яса. До того ж треба будувати заводи з виробництва біодизеля. Пошук заміників пального триває.

Висновки

- Естери утворюються в результаті реакції між карбоновими кислотами і спиртами (реакція естерифікації).
- Реакція естерифікації оборотна, одночасно з нею відбувається гідроліз естеру.
- Естери широко використовують у харчовій та парфумерній промисловості.
- Жири — це естери гліцеролу і вищих карбонових кислот.
- Тверді жири утворюються насиченими карбоновими кислотами, рідкі — ненасиченими.
- Жири вступають у реакції окиснення, гідрування, гідролізу.
- У результаті омилення жирів утворюється мило.
- Під час миття мило є посередником між полярними молекулами води і неполярними часточками бруду.
- Синтетичні мийні засоби на відміну від звичайного мила зберігають мийну дію у твердій воді.



Завдання для самоконтролю

1. Яка реакція називається реакцією естерифікації?
2. Складіть рівняння реакцій добування згаданих у тексті естерів, що мають запах яблук і бананів.
3. За яких умов можна змістити рівновагу реакції естерифікації у бік утворення естеру; кислоти і спирту?
4. Обчисліть масу естеру, що утвориться в результаті взаємодії етанолу масою 69 г з етановою кислотою, якщо вихід продукту становить 64 %.
5. Поясніть хімічну будову жирів.
6. Чим різняться за складом рідкі й тверді жири?
7. Які особливості реакцій окиснення жирів?
8. Яку хімічну реакцію покладено в основу виготовлення маргарину?
9. Що таке «омилення жиру»?
10. Чим різняться між собою за хімічним складом: тверде мило і рідке; господарське і туалетне?
11. Поясніть мийну дію мила.
12. Чи можна випрати білизну в морській воді з милом? Відповідь поясніть.
13. Позначте переваги синтетичних мийних засобів порівняно з милом:
А економічність; **Б** не забруднюють довкілля; **В** миють у твердій воді; **Г** утворюють стійку піну; **Г** живлять мікроорганізми.



Додаткові завдання

1. Яку сполуку ви можете запропонувати як ароматизатор для виготовлення мила із запахом ананасів? Складіть формулу цієї сполуки.
2. Як хімічним шляхом добути етилетаноат, виходячи з етену? Складіть рівняння послідовних реакцій.
3. Запропонуйте хімічний дослід, за допомогою якого можна відрізнити олію від мінерального мастила.
4. Мило є сіллю слабкої кислоти й сильної основи, синтетичний мийний

засіб — сіль сильної кислоти й сильної основи. Яке значення має ця обставина для прання?

5. Де в побуті відбувається реакція:
Натрій пальмітат \rightarrow Кальцій пальмітат?
6. Кількість речовини трипальмітину, необхідного для добування рідкого мила масою 1 кг, становить:
А 1,2 моль; Б 3,6 моль; В 2,3 моль.

§ 24. СПЕКТРАЛЬНІ МЕТОДИ ВСТАНОВЛЕННЯ СТРУКТУРИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Найперше завдання, що постає перед хіміком-органіком, який синтезував нову сполуку, — це необхідність установлення її хімічного складу. Речовину ретельно очищають, визначають її фізичні властивості (температури плавлення і кипіння, густину, розчинність у різних розчинниках тощо). Щоб визначити, атоми яких елементів містяться в сполуці, виконують якісний елементний аналіз. Прикладом такого аналізу є визначення Карбону, Гідрогену та Хлору під час практичної роботи. Далі з'ясовують співвідношення визначених хімічних елементів у сполуці, тобто кількісний склад молекул. Для цього хіміки розробили спеціальні методи, які ми не розглядаємо.

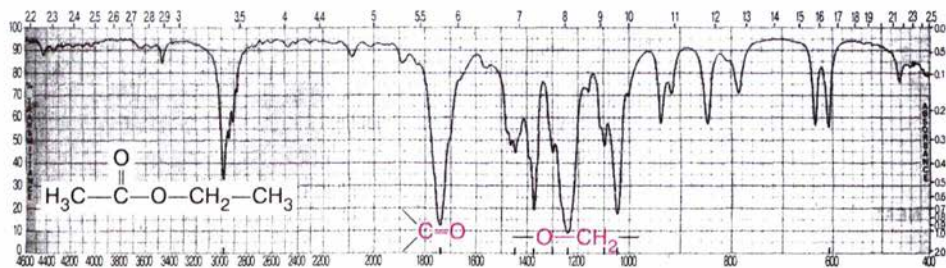
Коли добуто нову сполуку, треба встановити її структуру. Тут сучасному хімікові знадобляться різноманітні хімічні (вивчення реакцій сполуки) та фізичні методи, найважливіші з яких — спектральні.

Методи спектроскопії ґрунтуються на явищі взаємодії речовини з електромагнітним випромінюванням. З курсу фізики вам відомі різні типи електромагнітного випромінювання (назвемо їх у порядку зменшення довжини хвилі): радіохвилі, інфрачервоні (ІЧ-), видимі, ультрафіолетові (УФ-), рентгенівські, гамма-промені. На шкалі електромагнітних хвиль УФ-випромінювання займає діапазон від $0,4 \cdot 10^{-6}$ до $0,5 \cdot 10^{-8}$ м, ІЧ-випромінювання — від $0,76 \cdot 10^{-6}$ до $3,5 \cdot 10^{-8}$ м.

Стикаючись з речовиною, електромагнітні хвилі проходять крізь неї або поглинаються. У разі поглинання енергія хвилі витрачається на зміну внутрішньої енергії речовини: відбувається збудження окремих структурних фрагментів молекул. Зокрема, поглинання в УФ-ділянці спектра пов'язане з тим, що валентні електрони переходять на вищі енергетичні рівні; поглинання в ІЧ-ділянці спричиняє зміни коливальних рухів атомів і груп атомів у молекулі.

Графік, що показує, яка ділянка електромагнітного випромінювання поглинається, називають *спектром речовини*, а ділянку найбільш інтенсивного поглинання — *смугою поглинання*.

ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЯ. Усі органічні речовини поглинають енергію в ІЧ-ділянці й кожна має власний ІЧ-спектр, що є ніби «відбитком пальців» цієї речовини. Складено спеціальні каталоги спектрів, за якими можна порівнювати відомі й невідомі сполуки. Якщо ІЧ-спектри двох речовин збігаються, то це доводить їх ідентичність; якщо знято ІЧ-спектр нової, не відомої раніше сполуки, то аналізують смуги поглинання, звертаючи увагу на їх інтенсивність і довжину електромагнітної хвилі, за якої відбуваються коливання. За певними смугами поглинання можна



Мал. 89. Інфрачервоний спектр етилетаноату

визначити наявність різних груп атомів у молекулі і тим самим отримати інформацію про структуру невідомої речовини.

Кожна група атомів, у якій би сполучі вона не містилася, поглинає хвилі лише певної довжини, яку вимірюють у різних одиницях — від метрів до нанометрів. Але в спектроскопії користуються переважно так званим хвильовим числом, що є величиною, оберненою до довжини хвилі (вимірюють у см^{-1}). Положення смуг поглинання та їхня інтенсивність залежать від хімічного оточення характеристичних груп, тобто атомів чи груп, які до них безпосередньо прилягають.

Розгляньте ІЧ-спектр етилетаноату $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ на мал. 89. Наявність смуги поглинання в ділянці 1742 см^{-1} свідчить про валентні¹ коливання групи $\text{C}=\text{O}$, а в ділянці 1240 см^{-1} — про валентні коливання зв'язку $\text{O}-\text{CH}_2$.

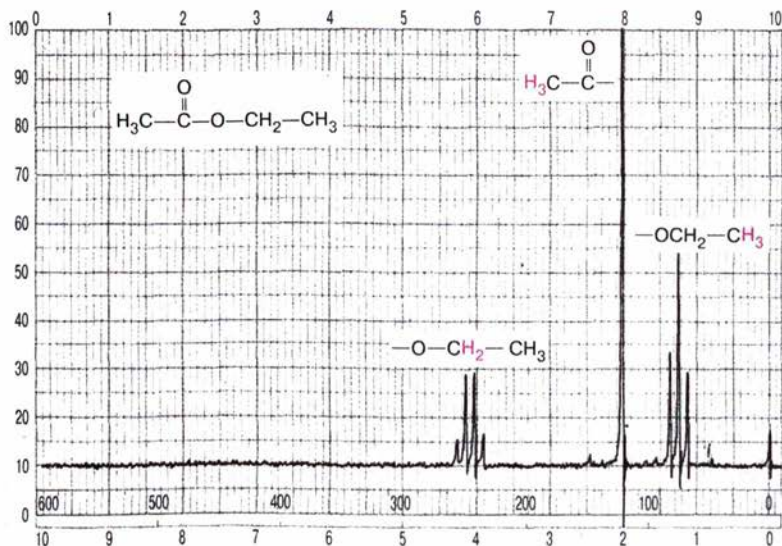
Як отримують ІЧ-спектри речовин? Для цього використовують спеціальні прилади — спектрометри. Потік теплових променів у спектрометрі надходить від керамічного стержня, який розжарюється електричним струмом. Промені спрямовуються на речовину, вміщену в спеціальну кювету, проходять крізь неї, змінюючи свою інтенсивність за рахунок поглинання речовиною, і фіксуються на виході спеціальними пристроями у вигляді графіка залежності інтенсивності поглинання від енергії електромагнітного випромінювання. Процедура триває кілька хвилин.

СПЕКТРОСКОПІЯ ЯДЕРНОГО МАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ (ЯМР)

ґрунтується на тому, що речовина, вміщена в сильне магнітне поле, поглинає випромінювання в ділянці радіохвиль. Але це стосується лише речовин, які містять атоми з ядрами, що мають власний магнітний момент і поведуться як маленькі магніти. Магнетизм властивий ядрам атомів ^1H , ^{13}C , ^{19}F та деяким іншим. Під час поглинання випромінювання власне магнітне поле ядер входить у резонанс із зовнішнім радіочастотним випромінюванням, якщо частота останнього збігається з власною частотою коливань ядер. У стані резонансу ядра переорієнтовуються в магнітному полі. На це затрачається певна енергія, яку фіксує спектрометр і відтворює у вигляді графіка — спектра ЯМР. Коли дія зовнішнього магнітного поля закінчується, ядро повертається до початкового стану.

Важливо, що до складу всіх органічних сполук входять атоми Гідрогену. Вони поглинають радіохвилі різної довжини (частоти) не лише залежно від атомів, з якими безпосередньо сполучені, а й залежно від

¹ Валентні коливання відбуваються вздовж хімічного зв'язку між атомами. Це можна уявити як скорочення та видовження зв'язку.



Мал. 90. ЯМР-спектр етилетаноату

атомів та груп, не зв'язаних з ними хімічно. Оскільки атомів Гідрогену в молекулі є певна кількість і всі вони мають різне оточення, спектр ЯМР має кілька піків різної інтенсивності. Причому чим більше атомів Гідрогену розміщується в однаковому оточенні, тим більшою є площа піка на кривій спектра. Отже, за таким спектром можна робити висновок про розподіл та кількість атомів Гідрогену в молекулі речовини, тобто про її структуру. ЯМР-спектр етилетаноату, зображений на мал. 90, засвідчує резонанс атомів Гідрогену груп $-\text{CH}_3$ і $-\text{CH}_2-$ у фрагменті $-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ і групи $-\text{CH}_3$ у фрагменті $\text{CH}_3-\text{CO}-$.

Сукупна інформація, що її надано ІЧ- та ЯМР-спектрами, дає змогу зробити висновок, що структура сполуки відповідає естеру етилетаноату.

Метод ЯМР прислужився не лише в хімії, його широко використовують у медицині для діагностики захворювань. У спеціальному приладі біологічний об'єкт вміщують у сильне постійне магнітне поле. На об'єкт діють радіочастотним полем, яке резонує з магнітним полем атомів Гідрогену, що входять до складу тканин об'єкта. Місця резонансу, його інтенсивність узагальнюються комп'ютером, який створює на моніторі специфічну «картинку», за якою можна встановити патологічні зміни в об'єкті. Цей метод вважають дуже інформативним і водночас неруйнівним для тканин і органів.

Явище ЯМР відкрили американські фізики Ф. Блох і Е. Пьорселл у 1946 р., за що й отримали Нобелівську премію в 1952 р.



Завдання для самоконтролю

1. Яку інформацію треба зібрати, щоб ідентифікувати органічну сполуку?
2. Що таке спектр речовини?
3. Як отримують ІЧ-спектр речовини?
4. Поясніть фізичну суть явища ЯМР.
5. Підготуйте повідомлення про застосування методу ЯМР у медицині.

ВУГЛЕВОДИ

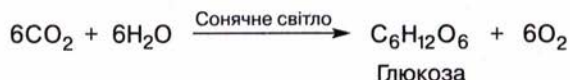


Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- класифікувати вуглеводи;
- скласти формули найважливіших вуглеводів;
- порівняти хімічну будову крохмалю й целюлози;
- описати фізичні властивості сполук;
- записати рівняння реакцій окиснення, відновлення, бродіння, естерифікації, гідолізу вуглеводів;
- розповісти про застосування сполук;
- засвоїти терміни: *моно-, ди-, оліго-, полісахариди, перспективні формули, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза, оптична ізомерія, штучний шовк.*

Вуглеводи — найпоширеніший клас природних органічних сполук і важливий компонент організмів, джерело їхньої енергії та будівельний матеріал. Ви вже знаєте про походження назви *вуглеводи*, хімічний склад і деякі властивості *глюкози, сахарози, крохмалю, целюлози*. Тепер розглянемо ці сполуки докладніше.

Передусім пригадайте, як у природі утворюється глюкоза. Процес фотосинтезу відбувається в рослинних клітинах під впливом сонячної енергії та за участю зеленого пігмента хлорофілу, що вибирає цю енергію. Загалом процес фотосинтезу виражають хімічним рівнянням:



У рослинах із глюкози утворюються сахароза, крохмаль, целюлоза.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВУГЛЕВОДІВ. Залежно від складу вуглеводи поділяють на такі групи:

моносахариди, або прості вуглеводи (до них належать глюкоза, фруктоза, рибоза);

олігосахариди можна розглядати як продукти сполучення кількох молекул моносахаридів. Найважливішими з них є *дисахариди* (сахароза, лактоза);

полісахариди — полімерні сполуки, продукти конденсації великої кількості молекул моносахаридів.

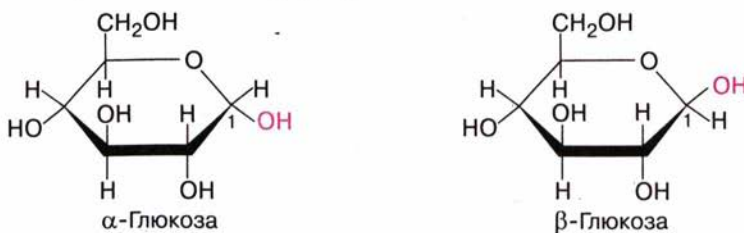
Серед моносахаридів розрізняють *тетрози, пентози, гексози*, молекули яких складаються, відповідно, з чотирьох, п'яти, шести атомів Карбону. Глюкоза і фруктоза належать до гексоз, рибоза — до пентоз.

Належність сполук до класу вуглеводів підкреслюється в їхній назві закінченням -оза.

§ 25. ГЛЮКОЗА

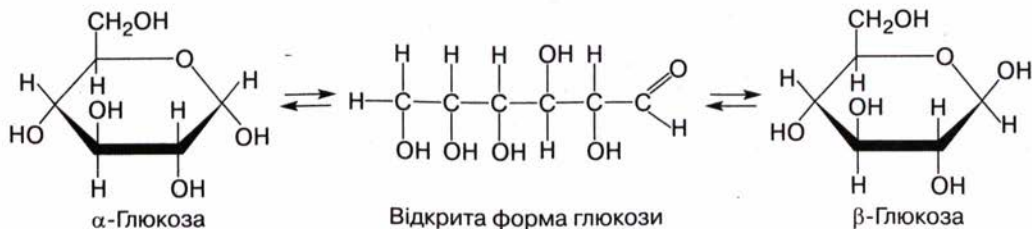
СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Молекулярна формула глюкози $C_6H_{12}O_6$.

У кристалічному стані глюкоза існує у вигляді шестичленних циклів, причому п'ять кутів займають атоми Карбону, а один кут — атом Оксигену. Структуру глюкози прийнято зображувати за допомогою так званих *перспективних формул*:

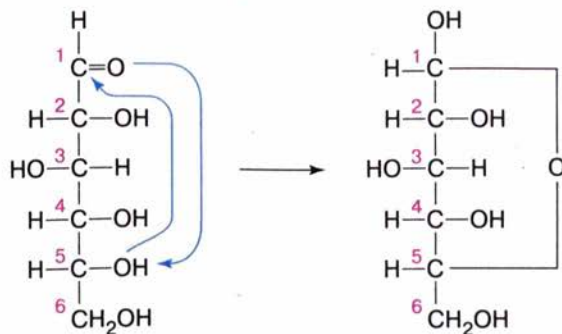


У молекулі глюкози містяться п'ять гідроксильних груп. Спосіб розміщення гідроксильної групи біля першого атома Карбону зумовлює існування двох ізомерів глюкози: α - і β -форм. В α -глюкозі гідроксильна група розміщена під площиною циклу, а в β -глюкозі — над цією площиною.

У водних розчинах разом із циклічними існує в невеликій кількості відкрита форма глюкози:



Схему утворення циклічної форми глюкози наведено на мал. 91.



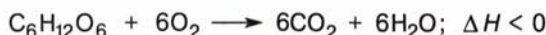
Мал. 91. Схема утворення циклічної форми глюкози

Під час кристалізації співвідношення між α - і β -формами зберігається, а відкрита форма зникає.

У рівняннях хімічних реакцій глюкозу у відкритій формі прийнято зображувати у спрощеному вигляді: $\text{HOCH}_2-(\text{CHOH})_4-\text{CHO}$. Відкрита форма характеризується наявністю в молекулі альдегідної групи.

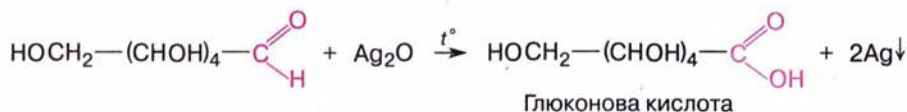
ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Глюкоза — безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодка на смак (пригадайте походження терміна *глюкоза*). У вільному стані міститься в багатьох фруктах, зокрема у винограді (звідси походить інша назва глюкози — *виноградний цукор*), у меду, є вона і в корінні, листках і квітах рослин, у крові людини і тварин (близько 0,1 %).

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Внаслідок **повного окиснення** глюкози сильними окисниками вона перетворюється на вуглекислий газ і воду.



Оскільки молекула глюкози містить функціональні альдегідну й гідроксильні групи, можна припустити, що ця речовина вступатиме в реакції, характерні для альдегідів і багатоатомних спиртів.

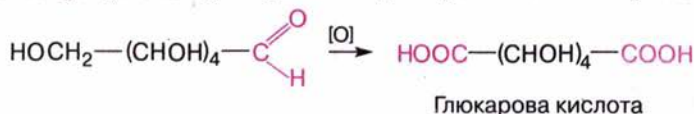
Як альдегід глюкоза реагує з амоніаковим розчином аргентум(I) оксиду (реакція «срібного дзеркала») — альдегідна група **окиснюється** до карбоксильної й утворюється *глюконова кислота*:



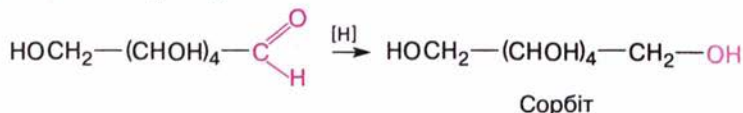
Як альдегід глюкоза окиснюється і в результаті нагрівання з купрум(II) гідроксидом.

◆ Складіть рівняння цієї реакції за аналогією з альдегідами.

Енергійніший окисник (наприклад, концентрована нітратна кислота) окиснює не лише альдегідну, а й первинну спиртову групу відкритої форми глюкози. У результаті утворюється дикарбонова *глюкарена кислота*:



Унаслідок **відновлення** альдегідної групи до спиртової утворюється шестиатомний спирт *сорбіт*:



Ця сполука є заміником цукру в дієті хворих на діабет.

Як багатоатомний спирт глюкоза реагує з купрум(II) гідроксидом .



Лабораторний дослід 14. Взаємодія глюкози з купрум(II) гідроксидом

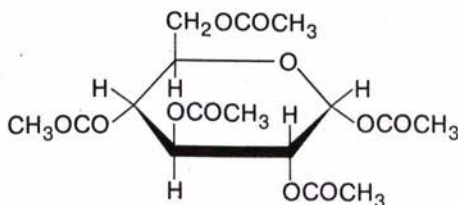
Налийте у пробірку 1 мл розчину натрій гідроксиду і додайте кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. Спостерігайте утворення осаду купрум(II) гідроксиду. До осаду додайте розчин глюкози і суміш збов-

тайте. Спостерігайте утворення прозорого розчину комплексної солі синього кольору.

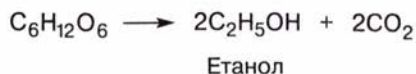
Нагрійте суміш. Що спостерігаєте?

Отже, залежно від умов реакції за допомогою купрум(II) гідроксиду можна виявити і спиртові, й альдегідну групи в молекулі глюкози.

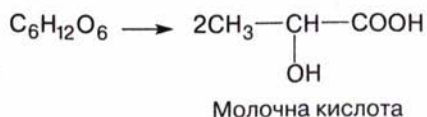
За наявності гідроксильних груп можна припустити, що глюкоза здатна до реакції **естерифікації**. Справді, глюкоза утворює повний естер — пентаетаноат:



Важливою реакцією глюкози є реакція **бродиння**. Під впливом ферментів (природних каталізаторів), що їх виробляють мікроорганізми, відбувається розщеплення молекули глюкози. Зокрема, під дією ферментів дріжджів та без доступу повітря глюкоза перетворюється на етиловий спирт — відбувається *спиртове бродиння*:



Процеси бродиння дуже поширені у природі, залежно від кінцевого продукту є бродиння спиртове, оцтовокисле, молочнокисле та інші види. *Оцтовокисле бродиння* має місце під час скисання вина — утворюється оцтова кислота (див. с. 118). Скисання молока, квашення капусти, силосування зелених кормів для худоби — все це приклади *молочнокислого бродиння*, в результаті якого утворюється молочна кислота:



ДОБУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ. Глюкозу добувають як продукт кислотного гідролізу полісахаридів, наприклад крохмалю.

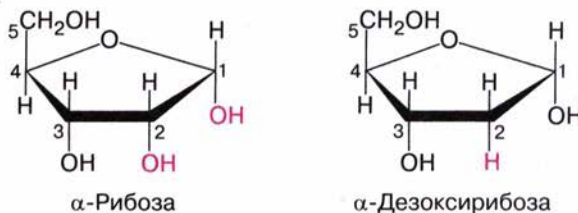
◆ Складіть розповідь про застосування глюкози як поживної речовини, зокрема в медицині.

ІНШІ МОНОСАХАРИДИ. Моносахарид **фруктоза** має таку саму молекулярну формулу, що й глюкоза, а саме $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Отже, глюкоза і фруктоза — *структурні ізомери*, тобто відрізняються хімічною будовою. У водному розчині фруктоза також існує в трьох формах: α -, β - і відкрита. На відміну від глюкози фруктоза утворює не шести-, а п'ятичленний цикл, а у відкритій формі не містить альдегідної групи, тому й не дає реакції «срібного дзеркала».



Фруктоза — найсолодша з вуглеводів, вона втричі солодша за глюкозу. Дуже поширена в рослинному світі, міститься в яблуках, помідорах, у меду (до 50 %). Бджолиний мед складається переважно з глюкози і фруктози.

По п'ять атомів Карбону входять до складу молекул **рибози** $C_5H_{10}O_5$ і **дезоксирибози** $C_5H_{10}O_4$, тобто вони є пентозами. У молекулі дезоксирибози на відміну від рибози до другого атома Карбону замість гідроксильної групи приєднаний Гідроген (*дезоксид* означає «без Оксигену»).



Рибоза є невід'ємною складовою кожного клітинного ядра та цитоплазми і входить до складу рибонуклеїнових кислот, важливих регуляторів синтезу білків у живих організмах. Дезоксирибоза міститься в дезоксирибонуклеїнових кислотах, що є універсальною скарбницею та джерелом спадкової інформації живого організму.

(Структурні формули наведено не для запам'ятовування.)

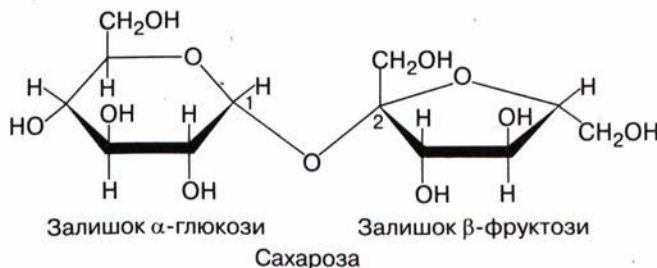


Завдання для самоконтролю.....

1. Який зв'язок існує між назвою і смаком глюкози?
2. Які форми глюкози вам відомі? В яких агрегатних станах вони існують?
3. Чим різняться за хімічною будовою α - і β -форми глюкози?
4. Які функціональні групи визначають здатність глюкози до реакцій окиснення і відновлення, естерифікації?
5. До яких сполук окиснюється і відновлюється глюкоза?
6. У чому полягає подібність глюкози і: гліцеролу; етанолу? Як довести цю подібність експериментально?
7. Під впливом яких речовин відбувається реакція бродіння? Від чого залежить її напрямок?
8. Яке біологічне значення реакції повного окиснення глюкози?
9. У процесі спиртового бродіння розчину глюкози утворився вуглекислий газ об'ємом 112 м³. Якої маси безводний етанол утворився, якщо реакція відбувалася з виходом 85 %?
А 19,55 кг; **Б** 112 кг; **В** 39,1 кг.
10. Наведіть приклади гексоз і пентоз.
11. Чим різняться за хімічною будовою глюкоза і фруктоза?
12. Чому фруктоза не дає реакції «срібного дзеркала»?
13. Поясніть назву вуглеводу «дезоксирибоза».

§ 26. САХАРОЗА

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Молекулярна формула сахарози — $C_{12}H_{22}O_{11}$. Сахароза — *дисахарид*. У її молекулі залишки α -глюкози та β -фруктози сполучені за допомогою зв'язку між атомами C^1 — C^2 через атом Оксигену:



ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Пригадайте вивчене в 9 класі й самостійно схарактеризуйте фізичні властивості сахарози. У разі потреби скористайтеся довідником.

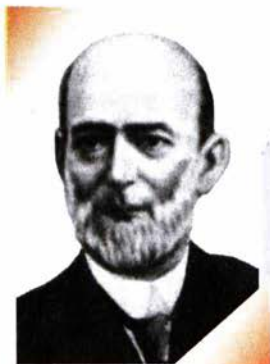
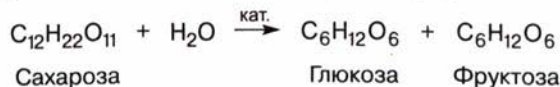
ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакція повного окиснення. Сахароза окиснюється з утворенням вуглекислого газу і води:



У структурі молекули сахарози немає альдегідної групи, це підтверджується експериментально: сахароза не дає реакції «срібного дзеркала».

Реакція гідролізу. Під дією неорганічних кислот сахароза гідролізує до глюкози і фруктози. Прокип'ятимо розчин сахарози з невеликою кількістю сульфатної кислоти, нейтралізуємо кислоту лугом і розчин нагріємо з купрум(II) гідроксидом. Утворюється червоний осад купрум(I) оксиду.

Ця реакція засвідчує наявність альдегідної групи, отже, серед продуктів гідролізу є певна кількість відкритої форми глюкози:



Микола Андрійович Бунге

(1842—1915)

Український хімік. Закінчив Київський університет, став професором цього навчального закладу. Працював у галузі електрохімії та хімічної технології. Досліджував електроліз розчинів неорганічних та органічних сполук, удосконалив методику газового аналізу. Вивчав процес виробництва цукру з цукрових буряків та умови його перебігу. Зробив вагомий науковий внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості.



Мал. 92. Цукровий буряк — джерело сахарози

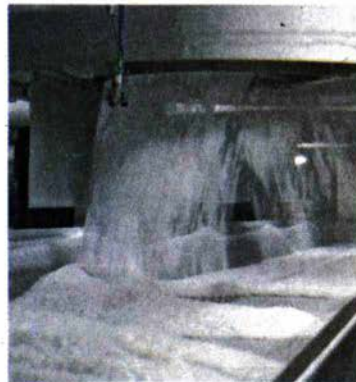
Утворення сахаратів. Сахароза містить вісім гідроксильних груп і, як будь-який спирт, здатна утворювати алканоліати (тривіальна назва — *сахарати*), але за участю максимально трьох спиртових груп. Особливо важливі кальцій сахарати, оскільки цей процес використовують під час промислового виробництва цукру.

До 20 %-го розчину цукру додаммо, перемішуючи, вапняне молоко. Утворюється прозорий розчин сахарату складу $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO$. У результаті нагрівання добутого розчину випадає осад кальцій трисахарату складу $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO$:



ДОБУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ. Сахароза у вигляді тростинного цукру була відома з давніх-давен як лікувальний засіб. У Європі цукор з тростини з'явився в XVI ст., а з цукрового буряку був виділений уперше в середині XVIII ст.

Доведено, що середньорічна потреба людини в цукрі становить близько 30 кг. Оскільки сахароза — цінний харчовий продукт, її добувають у великій кількості. Світове виробництво цукру перевищує 50 млн тонн на рік. Україна виробляє кілька мільйонів тонн цукру на рік із цукрового буряку (мал. 92, 93).



Мал. 93. У цехах цукрового заводу

♦ Добування цукру полягає в його виділенні з природної сировини, очищенні й кристалізації продукту. Пригадайте з курсу хімії 9 класу основні стадії виробництва цукру. Складіть загальну схему виробництва.

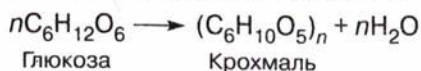


Завдання для самоконтролю.....

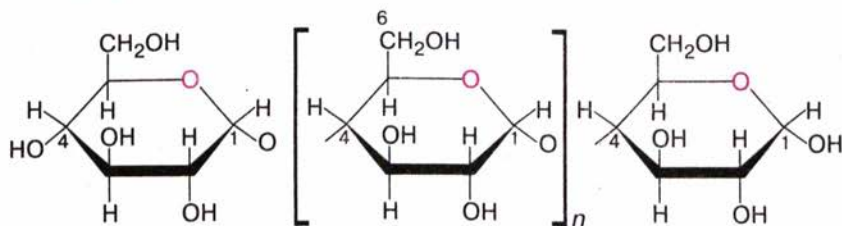
1. Чому сахароза належить до дисахаридів? Як вона утворюється?
2. Чи є в молекулі сахарози альдегідна група? Доведіть це.
3. Які продукти утворюються в результаті гідролізу сахарози?
4. Доведіть, що серед продуктів гідролізу сахарози є сполука з альдегідною групою.
5. Якщо у вашій місцевості вирощують чи переробляють цукрові буряки, розкажіть про це.
6. Цукристість втрачається під час тривалого зберігання коренеплодів. Як, на вашу думку, можна уникнути цього?
7. Із цукрових буряків масою 250 кг одержали 40 кг чистого цукру. Вихід продукту становить 85 %. Вміст цукру в буряках становить:
A 50 %; **Б** 9,41 %; **В** 18,82 %.

§ 27. КРОХМАЛЬ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Склад молекули крохмалю відповідає формулі $(C_6H_{10}O_5)_n$. Це природний полімер, полісахарид, що синтезується в рослинах з глюкози за такою сумарною реакцією:



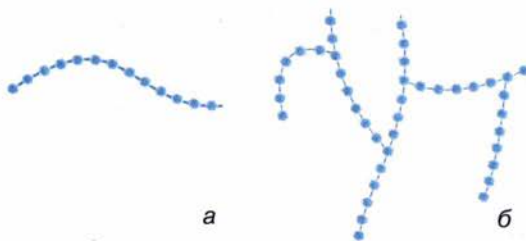
Мономерною ланкою цього полімеру є залишок α -глюкози. Полімерний ланцюг утворюється за допомогою зв'язку між атомами C^1 однієї молекули глюкози і атомом C^4 іншої молекули:



Полімерний ланцюг крохмалю утворюється з мономерних ланок α -глюкози

Крахмаль — не однорідна речовина, а суміш полімерів двох типів: *амілози* (25 %) та *амілопектину* (75 %). Амілоза має лінійні молекули зі ступенем полімеризації $n = 200\text{—}1200$, а амілопектин — розгалужені ($n = 600\text{—}6000$) (мал. 94).

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Крохмаль входить до складу всіх рослин, у деяких його дуже багато. Масова частка крохмалю в бульбах картоплі становить 12—20 %, пшениці — 57—75 %, рису та кукуру-



Мал. 94. Будова полімерних ланцюгів амілози (а) й амілопектину (б)

дзи — 62—82 %. Це резервний полісахарид рослин. У формі крохмалю вуглеводи відкладаються рослинами на запас і використовуються ними як джерело енергії, необхідної, наприклад, для проростання насіння.

У вільному стані крохмаль — білий аморфний порошок, у холодній воді нерозчинний. Якщо суспензію крохмалю у воді нагріти, то крохмаль набрякне й утворить в'язкий розчин. Після його охолодження утворюється клейстер. У цьому можна переконатися на досліді.



Лабораторний дослід 15. Відношення крохмалю до води

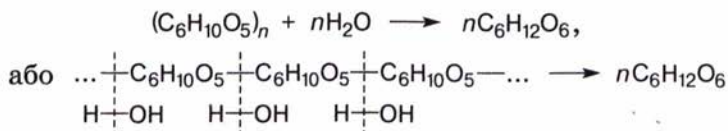
Насипте у пробірку трохи крохмалю, додайте холодної води і розмішайте суміш. Дайте їй відстоятися. Що спостерігається? Чи розчинився крохмаль у холодній воді?

Закип'ятіть воду в склянці. Збовтайте суміш крохмалю з водою і вилийте її з пробірки в гарячу воду. Що спостерігається? Зробіть висновок про відношення крохмалю до води.

Збережіть крохмальний клейстер для наступного досліді.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакція гідролізу. Накопичений рослинами крохмаль розщеплюється під дією ферментів (ферментативний гідроліз) з утворенням глюкози, а в результаті окиснення останньої вивільняється енергія. Процес гідролізу можна відтворити в лабораторії, прокип'ятивши крохмаль із водою за наявності сульфатної кислоти.

До кожної мономерної ланки полімерного ланцюга крохмалю приєднується молекула води, полімерний ланцюг розривається й утворюються молекули глюкози:



Наведене рівняння — сумарне. Насправді гідроліз відбувається послідовно, з утворенням проміжних продуктів — *декстринів*, які мають меншу, ніж у крохмаль, молекулярну масу. Цей процес відбувається під час приготування їжі: варіння і смаження картоплі, випікання хліба тощо. Під час прасування накрохмаленої білизни крохмаль також частково гідролізує з утворенням декстринів. Декстрини легше,

ніж крохмаль, засвоюються організмом. Суміш продуктів часткового гідролізу (декстринів і глюкози) називають *патокою*.

Реакція з йодом. Лінійні молекули амілози, що входить до складу крохмалю, скручуються в спіралі, всередину яких можуть потрапити, як у пастку, молекули сторонніх речовин. У результаті утворюються сполуки за типом «гість—господар». Саме таким зв'язком пояснюють взаємодію йоду з крохмалем (йодокрохмальна реакція).



Лабораторний дослід 16. Взаємодія крохмалю з йодом

До крохмального клейстеру додайте краплю спиртового розчину йоду. Спостерігайте появу синього забарвлення.

Цю реакцію використовують для виявлення крохмалю або йоду. За її допомогою можна, наприклад, контролювати перебіг процесу гідролізу крохмалю. Зі зменшенням кількості молекул крохмалю синє забарвлення поступово переходить у червоне і врешті-решт зникає зовсім.

ДОБУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ. Крохмаль виділяють механічним способом із крохмалевмісних продуктів (злаків, картоплі). Після подрібнення сировини її обробляють водою, відціджують і добуту суспензію відстоюють; далі продукт відділяють від води і висушують.

Проміжні продукти гідролізу крохмалю — суміш декстринів і глюкози (патоку) використовують у кондитерській промисловості для виготовлення цукерок, додають у тісто для печива.

Крохмаль є сировиною для виробництва етилового спирту. З цією метою крохмаль піддають гідролізу, в результаті утворюється глюкоза, яка далі за допомогою спиртового бродіння перетворюється на етанол.

◆ Складіть рівняння послідовних реакцій.

У текстильній промисловості крохмаль використовують для проклеювання тканин, у паперовій — для склеювання паперу і картону, в медицині — для виготовлення присипок, паст, капсул для лікарських препаратів.



Завдання для самоконтролю

1. Поясніть, як утворюється крохмаль у рослинах.
2. Поясніть, чому крохмаль належить до полісахаридів.
3. Чи можна стверджувати, що крохмаль — однорідна речовина? Чому?
4. За яких умов можливий гідроліз крохмалю?
5. До якої сполуки гідролізує крохмаль?
6. Що таке декстрини?
7. Які процеси відбуваються під час приготування крохмалевмісної їжі?
8. Які особливості реакції йоду з крохмалем?
9. Вдома випробуйте на наявність крохмалю: свіжі зрізи картоплі і зеленого яблука, варену ковбасу, плавлений сир, борошно, печиво, зубний порошок, косметичну пудру тощо. Зробіть висновки.
10. Крохмаль є клітинним паливом організму людини. Поясніть це твердження.
11. На яких властивостях ґрунтується добування крохмалю з картоплі?

§ 28. ЦЕЛЮЛОЗА (КЛІТКОВИНА)

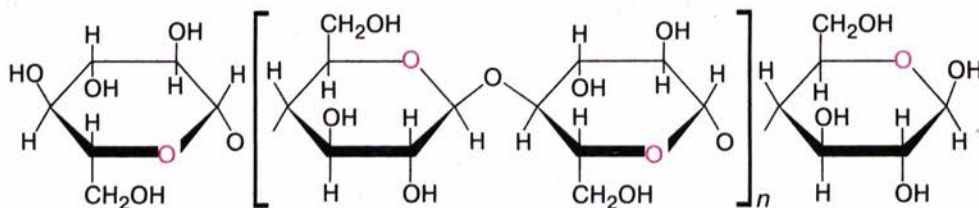
СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. Целюлоза, як і крохмаль, — природний полімер, побудований із ланок складу $-\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5-$, такого самого, як у крохмалю. Загальна формула целюлози, як і крохмалю, — $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, проте молекулярна маса целюлози набагато більша, ніж у крохмалю: n становить 10—14 тисяч.

Вам відома також інша назва целюлози — клітковина.

- ◆ Пригадайте або з'ясуйте за словником походження слова «целюлоза».
- ◆ Складіть розповідь про поширення целюлози у природі.

Молекули целюлози ниткоподібні, лінійні, вона має волокнисту структуру.

Істотною є відмінність складу полімерних ланцюгів крохмалю і целюлози. Так, якщо молекули крохмалю утворені залишками α -глюкози, то молекули целюлози складаються із залишків β -глюкози:



Полімерний ланцюг целюлози утворюється з мономерних ланок β -глюкози

Зверніть увагу, що β -глюкозні залишки по черзі повернені один відносно одного на 180° .

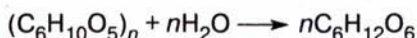
ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Целюлоза — аморфна волокниста речовина, нерозчинна у воді та органічних розчинниках. Не плавиться, але за нагрівання до близько 350°C розкладається — обуглюється.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакція повного окиснення. Целюлоза горить з утворенням вуглекислого газу та води і виділенням енергії:



Під час спалювання деревини, хмизу, соломи тощо відбувається саме ця реакція.

Реакція гідролізу. Як і крохмаль, целюлоза зазнає гідролізу під час нагрівання з розбавленими кислотами, перетворюючись на глюкозу. Сумарне рівняння реакції:

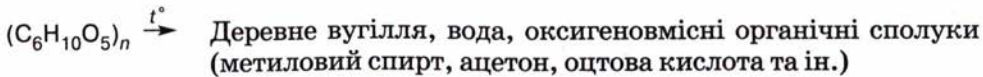


В організмі людини целюлоза, спожита з рослинною їжею, не гідролізується, отже, не засвоюється.

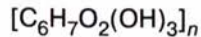
Пригадайте, які тварини здатні перетравлювати целюлозу.

Целюлоза зазнає часткового гідролізу під час силосування соломи, кукурудзи тощо, такі продукти є цінним кормом для сільськогосподарських тварин.

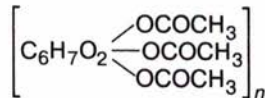
Реакція розкладу. У результаті нагрівання деревини без доступу повітря відбувається розклад целюлози з утворенням деревного вугілля, метанолу і ряду інших цінних оксигеновмісних сполук:



Реакція естерифікації. Гідроксильні групи целюлози можуть брати участь у реакції естерифікації. Щоб показати наявність гідроксильних груп, формулу целюлози записують у такому вигляді:



Естер целюлози — триетаноат (триацетат)



на відміну від целюлози розчиняється в органічних розчинниках, тому з нього можна виробляти волокна і плівку.

ЗАСТОСУВАННЯ. Целюлозу застосовують у вигляді деревини (назвіть, де саме), тканин (яких?), з неї виготовляють папір.

Щоб виготовити папір, целюлозу треба спершу виділити з деревини. Для цього застосовують спеціальні речовини, що розчиняють супутні компоненти, але не розчиняють целюлозу, яку можна виділити фільтруванням.

Велика кількість цінних речовин утворюється в результаті хімічної переробки целюлози: штучний шовк, вибухові речовини, спирти.

Штучний шовк. Нині природні волокнисті матеріали не можуть задовольнити зрослі потреби людства, тому широко використовують їхні замінники, добуті штучно. Серед них — *штучний ацетатний шовк*, що його виробляють із целюлози, виділеної з деревини або відходів бавовнику.

Для переробки целюлози на волокно її переводять у розчинну форму, а саме в естер триацетат. Вам уже відомо, що ця сполука розчиняється в органічних розчинниках. В'язкий розчин продавлюють крізь так звані *фільтери* — пристрої з отворами малого діаметра, що нагадують сітку душа (мал. 95). Тонкі цівки розчину обдувають гарячим повітрям у вертикальній шахті. Розчинник випаровується, а триацетат перетворюється на тонкі нитки, що є основою для скручування товстих ниток, з яких виробляють тканини.



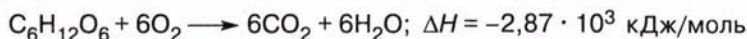
Мал. 95. Фільтера

Іншим видом штучного шовку є *віскозний шовк*. Оскільки у процесі його виробництва целюлоза регенерується, можна вважати, що віскозне волокно більш наближене до натурального порівняно з ацетатним.

Біоетанол. Сучасна наука пропонує використовувати природну целюлозу для розв'язування сировинної та енергетичної проблем людства. Річ у тім, що на земній кулі нагромаджена величезна кількість біомаси рослин, основним компонентом якої є целюлоза. Певні види ферментів (біохімічних каталізаторів) уможливають переробку цієї біомаси (побутових відходів, бадилля рослин, качанів, соломи, тирси, мулу) на *біоетанол*, який можна використовувати як добавку до бензину. Виробництво біоетанолу потребує спеціального оснащення, однак біотехнологічні методи переробки біомаси з енергетичною метою мають значні перспективи.

БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВУГЛЕВОДІВ. Вуглеводи виконують важливі функції в живих організмах. З глюкози та інших моносахаридів, що утворюються в результаті фотосинтезу, в рослинах синтезуються полісахариди крохмаль (енергетичний резерв) і целюлоза (будівельний матеріал клітин).

Вуглеводи посідають чільне місце в раціоні людини, це клітинне паливо організму. Сахароза і крохмаль, спожиті у вигляді їжі, під дією ферментів розщеплюються в організмі до глюкози, а вже вона окиснюється в клітинах з вивільненням енергії. Сумарно цей процес можна описати рівнянням:



Надлишки глюкози відкладаються в печінці у вигляді «запасного» вуглеводу глікогену, близького за структурою до крохмалю. Якщо людина витрачає енергію, наприклад під час фізичних чи розумових навантажень, то глікоген знову перетворюється на глюкозу, яка живить організм. Кожен грам вуглеводів у результаті окиснення в організмі дає 19,2 кДж енергії.

Отже, крохмаль — запасна речовина рослин, а тварини запасують енергію у вигляді глікогену. На думку фахівців, енергетичні потреби людини на 60 % мають задовольнятися за рахунок рослинної їжі, зокрема овочів і фруктів.



Завдання для самоконтролю.....

1. Чим різняться між собою крохмаль і целюлоза: за складом; за хімічною будовою? Складіть порівняльну таблицю.
2. Які продукти утворюються в результаті термічного розкладу целюлози?
3. На якій реакції целюлози ґрунтується виробництво штучного волокна?
4. Позначте назви речовин у схемі реакції:



- A** 1 — метан, 2 — етанол, 3 — глюкоза, 4 — вуглекислий газ;
B 1 — глюкоза, 2 — сахароза, 3 — етанол, 4 — метан;
B 1 — целюлоза, 2 — глюкоза, 3 — етанол, 4 — вуглекислий газ.



Додаткові завдання

1. Поясніть класифікацію вуглеводів. Наведіть приклади.
2. Як за допомогою одного й того самого реактиву можна розпізнати сахарозу і глюкозу?
3. Які з вивчених вуглеводів дають реакцію «срібного дзеркала»? Що це засвідчує?
4. Яку спільну властивість мають оліго- і полісахариди?
5. Яке значення реакцій гідролізу вуглеводів? Відповідь поясніть.
6. Складіть рівняння послідовних реакцій, за допомогою яких можна добути кальцій глюконат з крохмалю.
7. Поясніть залежність властивостей речовини від складу і будови молекул на прикладі крохмалю і целюлози.
8. Поясніть взаємозв'язок органічних та неорганічних речовин на прикладі вуглеводів.
9. Поясніть значення і перспективи біотехнологічної переробки целюлози. Підготуйте повідомлення на цю тему.
10. Чи можна дрова назвати біопаливом?
11. Унаслідок окиснення жирів у організмі виділяється вдвічі більше енергії, ніж під час окиснення вуглеводів. Яке значення це має для підтримання нормальної маси тіла?
12. Визначте речовини, що утворюються в результаті перетворень:

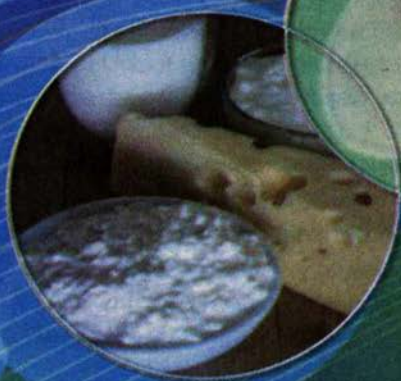
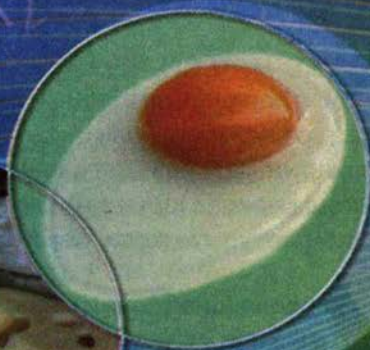
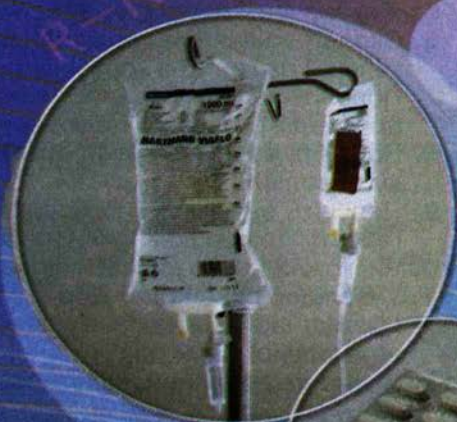


13. Якої маси сахарозу слід гідролізувати, щоб добути фруктозу масою 5 кг?

Висновки

- У природі вуглеводи утворюються завдяки реакції фотосинтезу.
- Вуглеводи поділяються на моно-, оліго- та полісахариди.
- Глюкоза — моносахарид, гексоза. Загальна формула — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
- У кристалічному стані глюкоза існує в циклічній формі (α - і β - глюкоза).
- У розчині частина молекул глюкози перетворюється на відкриту альдегідну форму.
- Глюкоза вступає в реакції відновлення і окиснення, естерифікації, бродиння.
- Фруктоза — ізомер глюкози.
- Рибоза і дезоксирибоза належать до пентоз.
- Сахароза — дисахарид, загальна формула — $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.
- У результаті гідролізу сахарози утворюються глюкоза і фруктоза.
- Крохмаль і целюлоза — природні полімери, полісахариди. Загальна формула цих сполук — $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$.
- Крохмаль і целюлоза різняться між собою будовою мономерів, ступенем полімеризації, просторовою будовою молекул.
- Крохмаль — неоднорідна сполука; він складається з амілози й амілопектину.
- Проміжні продукти гідролізу крохмалю — декстрини, кінцевий продукт — глюкоза.
- Целюлоза вступає в реакції окиснення, гідролізу (до глюкози), термічного розкладу, естерифікації.
- Естери целюлози є основою виробництва штучних волокон.
- Целюлоза є сировиною для використання у процесах біотехнології.
- Вуглеводи — цінні поживні речовини.

НІТРОГЕНОВІСНІ СПОЛУКИ





✓ АМІНИ



✓ АМІНОКИСЛОТИ



✓ БІЛКИ



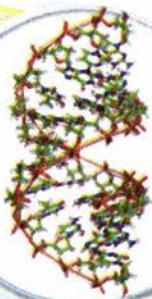
✓ НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ

Багато органічних речовин містять, крім Карбону, Гідрогену, Оксигену, ще й Нітроген. Із попередніх тем вам відомі нітрогліцерол, нітробензен; з курсів хімії та біології 9 класу ви можете пригадати, що Нітроген входить до складу таких важливих сполук, як амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти. Важливими для людини є й аміни, з яких ви розпочнете вивчення нової теми.

Пригадайте:

- які функціональні групи входять до складу амінокислот;
- як амінокислоти сполучаються між собою, утворюючи білки;
- що таке подвійна спіраль ДНК;
- яке біологічне значення білків і нуклеїнових кислот.

НІТРОГЕНОВМІСНІ СПОЛУКИ

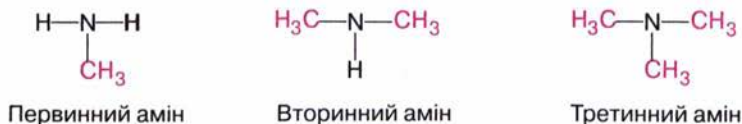


Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- назвати сполуки за правилами номенклатури;
- скласти формули структурних ізомерів амінів, амінокислот;
- пояснити електронну будову амінів і амінокислот;
- пояснити електронну суть взаємного впливу атомів у молекулі аніліну;
- пояснити рівні структурної організації білків і нуклеїнових кислот;
- описати фізичні властивості сполук;
- записати рівняння реакцій амінів як основ і амінокислот як амфотерних сполук;
- пояснити схему утворення нуклеїнових кислот;
- пояснити роль амінокислот і білків у харчуванні людини;
- розповісти про добування та застосування сполук;
- засвоїти терміни: *анілін*, *анілінові барвники*, *біполярний іон*.

§ 29. АМІНИ. АНІЛІН

АЛІФАТИЧНІ АМІНИ. СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. Аміни становлять клас сполук, ознакою якого є наявність функціональної *аміногрупи* —NH_2 . Їх можна розглядати як похідні амоніаку, в молекулі якого один або кілька атомів Гідрогену заміщені на алкільні групи. Залежно від числа заміщених атомів розрізняють *первинні*, *вторинні* та *третинні* аміни:



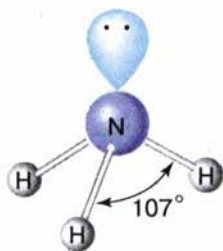
Експериментально встановлено, що молекула амоніаку має форму піраміди, кути між зв'язками становлять 107° (мал. 96). Близькі до них і валентні кути в молекулах амінів — $106\text{—}108^\circ$ (мал. 97, 98).

Порівняємо електронні формули амоніаку NH_3 та метанаміну $\text{CH}_3\text{—NH}_2$:



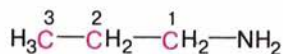
В обох цих сполуках атом Нітрогену має неподілену пару електронів, що впливає на властивості речовин.

НОМЕНКЛАТУРА. ІЗОМЕРІЯ. Назви первинних амінів утворюють поєднанням назви алкану та слова *амін*, перед яким цифрою позначають місце аміногрупи. Назви вторинних і третинних амінів не розглядаємо.



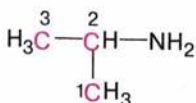
Мал. 96. Валентні кути в молекулі амоніаку

Для амінів характерна *структурна ізомерія* карбонового скелета і положення аміногрупи, а також ізомерія між первинними, вторинними і третинними амінами:

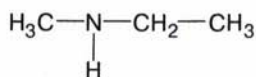


Пропан-1-амін

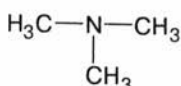
Первинні аміни



Пропан-2-амін



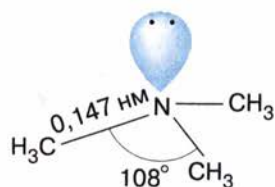
Вторинний амін



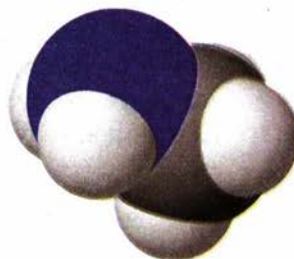
Третинний амін

Ми розглядатимемо первинні аміни, загальна формула яких $\text{R}-\text{NH}_2$.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Серед амінів є гази, рідини, тверді речовини. Нижчі аміни мають запах амоніаку, розчинні у воді. Первинні й вторинні аміни утворюють водневі зв'язки, тому їхні температури кипіння значно вищі, ніж третинних амінів.



Мал. 97. Геометрія молекули третинного аміну



Мал. 98. Модель молекули метанаміну

Складіть схеми утворення водневих зв'язків між молекулами метанаміну.

Характеристики деяких амінів наведено в таблиці 15.

Таблиця 15

Характеристики амінів

Назва	Структурна формула	Температура кипіння, °С
Метанамін	$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}_2$	-6,5
Етанамін	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{NH}_2$	17,0
Пропан-1-амін	$\text{C}_3\text{H}_7-\text{NH}_2$	48,0
Бутан-1-амін	$\text{C}_4\text{H}_9-\text{NH}_2$	78,0

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Пригадайте, які хімічні властивості амоніаку зумовлені наявністю неподіленої електронної пари в атома Нітрогену.

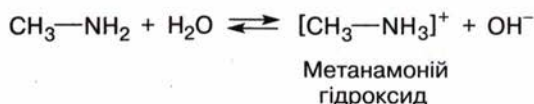
Реакція окиснення. На відміну від амоніаку, який окиснюється киснем повітря лише за наявності каталізатора і горить в атмосфері кисню, аміни горять на повітрі з утворенням азоту, вуглекислого газу і води:



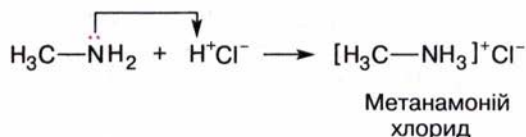
Метанамін

Реакції амінів як основ. Зважаючи на подібність будови молекул амінів та амоніаку, можна припустити, що вони мають і спільні властивості. Вам відомо, що водний розчин амоніаку має лужні властивості, змінює забарвлення індикаторів. Аміни так само взаємодіють з водою. Перевіримо це на досліді.

До розчину метанаміну додамо фенолфталеїн — він забарвлюється в малиновий колір. Отже, розчин має лужні властивості:

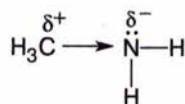


Завдяки наявності неподіленої пари електронів аміни так само, як і амоніак, реагують з кислотами. Якщо до отвору газовідвідної трубки, з якої виділяється метанамін, піднести склянку з хлоридною кислотою або скляну паличку, змочену цією кислотою, то можна спостерігати утворення білої хмаринки солі:

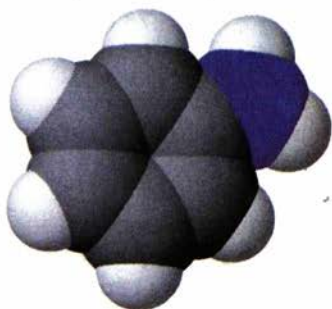


◆ Пригадайте, як утворюється йон амонію, яку роль відіграє неподілена електронна пара.

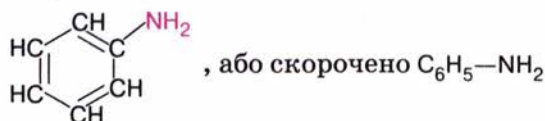
Реакції амінів підтверджують основні властивості цих сполук, через це аміни називають *органічними основами*. Аліфатичні аміни — сильніші основи, ніж амоніак, оскільки під впливом вуглеводневих груп на атомі Нітрогену зростає електронна густина, і він міцніше утримує протон:



АНІЛІН. СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. У разі, якщо аміногрупа сполучена з бензеновим ядром, то утворюється ароматичний амін **феніламін**, або **анілін** (мал. 99):

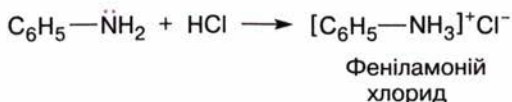


Мал. 99. Модель молекули аніліну



За **фізичними властивостями** анілін — безбарвна оліїста рідина, малорозчинна у воді.

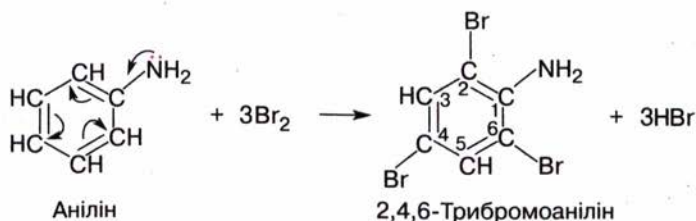
ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ аніліну дещо відмінні від властивостей аліфатичних амінів. Випробування розчинами фенолфталеїну і фіолетового лакмусу засвідчують, що анілін **не змінює забарвлення індикаторів**. Він реагує лише із **сильними кислотами**, утворюючи солі:



Із цього можна зробити висновок, що анілін — слабкіша основа, ніж амоніак та аліфатичні аміни. Така відмінність хімічної поведінки, як ви вже знаєте, пояснюється будовою молекули. Очевидно, наявність у молекулі аніліну бензенового ядра спричиняє послаблення основних властивостей. Інакше кажучи, **бензенове ядро впливає на аміногрупу**.

Проте вам відомо, що вплив атомів у молекулі взаємний, отже, й **аміногрупа впливає на бензенове ядро**. Перевіримо це на досліді, порівнявши дію бромної води на бензен й анілін.

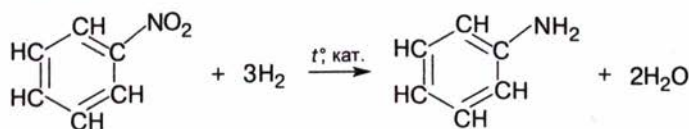
Ви можете пригадати, що бромна вода не діє на бензен, а якщо її додати до розчину аніліну, то утворюється білий осад 2, 4, 6-трибромоаніліну:



Отже, реакції аніліну підтверджують, що завдяки впливу аміногрупи анілін реагує з бромною водою; з іншого боку, через вплив бензенового ядра послаблюються основні властивості аніліну порівняно з аліфатичними амінами.

Зважаючи на велике теоретичне і практичне значення аніліну, розглянемо докладніше його добування і застосування.

ДОБУВАННЯ АНІЛІНУ. Основний спосіб добування аніліну — відновлення нітробензену воднем за температури 250—350 °С та наявності каталізатора:

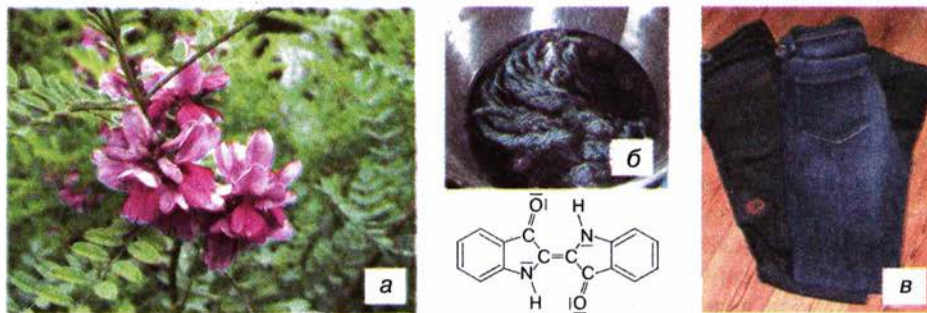


Відновлення можна також проводити металічними залізом, цинком, оловом у середовищі хлоридної кислоти.

Уперше синтез аніліну з нітробензену здійснив російський учений М. М. Зінін у 1842 р., тому реакцію називають *реакцією Зініна*. Відтоді анілін став легкодоступною сировиною для виробництва великої кількості різноманітних органічних речовин.

ЗАСТОСУВАННЯ. Анілін відіграв винятково важливу роль у розвитку синтетичної органічної хімії та хімічної промисловості, зокрема виробництва *анілінових барвників та лікарських засобів*.

Сама назва аніліну пов'язана з барвниками, його вперше було виділено з продуктів розкладу індиго — синього барвника рослинного походження (португ. *anil* — індиго (блакитний)) (мал. 100). Перші



Мал. 100. Природний індиго добувають із рослин (а, б), а джинси фарбують синтетичним індиго (в)

синтетичні барвники мовеїн (фіолетового кольору) та фуксин (червоного кольору) було добуто в результаті хімічних перетворень з аніліну. Поступово він ставав основною сировиною для синтезу інших барвників, що дістали назву *анілінових*.

Розвиток анілінофарбової промисловості потребував великої кількості аніліну як вихідної сировини. Найдешевший спосіб його добування — з бензену, оскільки бензен є одним із продуктів переробки кам'яного вугілля. У результаті реакції нітрування бензену утворюється нітробензен, який за реакцією Зініна відновлюється до аніліну.

Склався такий ланцюг перетворень:

Кам'яне вугілля → Продукти коксування → Бензен →
→ Нітробензен → Анілін → Синтетичні анілінові барвники.

У цьому ланцюзі тісно переплелися теорія і практика, наука і потреби промисловості. Розвиток теоретичних уявлень про взаємозв'язок між будовою та властивостями органічних речовин сприяв з'ясуванню будови барвників, відкрив шлях для їх синтезу та широкого використання. У свою чергу, розвиток хімічних виробництв стимулював розвиток теоретичної органічної хімії. Згодом було розроблено теорію кольоровості органічних речовин, що пов'яже їхній колір та електронну будову.

У розробці теорії кольоровості значна роль належить українським ученим, зокрема А. І. Кіпріанову та його учням. Застосування цієї теорії дало змогу розв'язати такі важливі практичні завдання, як



Микола Миколайович Зінін

(1812—1880)

Російський хімік, випускник, згодом професор Казанського університету, професор Медико-хірургічної академії в Петербурзі. Синтезував низку органічних сполук, вивчав реакції окиснення й відновлення. Відкрив метод відновлення ароматичних нітросполук, що невдовзі став основою нової галузі хімічної промисловості — анілінофарбової. Видатний педагог, засновник казанської школи хіміків. Серед його учнів — О. М. Бутлеров, М. М. Бекетов, О. П. Бородин.

синтез текстильних барвників заданого кольору, а також створення світлочутливих матеріалів для виробництва кольорових фото- та кіноплівок.

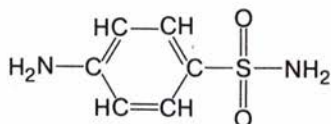
Пошуки дешевої сировини для промисловості сприяли досконалому вивченню складу продуктів переробки кам'яного вугілля, серед яких було виявлено багато цінних сполук, що також використовуються в органічному синтезі.

Анілінофарбова промисловість потребувала і неорганічних речовин, зокрема кислот і лугів. Ці потреби стимулювали паралельний розвиток неорганічного синтезу.

Анілін прислужився не лише промисловості барвників, а й фармацевтичній промисловості. Сам анілін чинить жарознижувальну та знеболювальну дію, проте не використовується як лікарський засіб через високу токсичність, а серед похідних аніліну є багато ліків. Структура аніліну лежить в основі так званих сульфамідних препаратів, як відомі вам ліки бісептол, білий стрептоцид та багато інших.



Мал. 101. Лікарські засоби є продуктами багатоступеневого синтезу



Створення нового лікарського засобу — надзвичайно копітка праця. Із десятків тисяч сполук лише кілька можуть виявити фармакологічну активність, а увійти в медичну практику — лише одиниці. Пошукова робота потребує участі висококваліфікованих фахівців — хіміків-синтетиків, біохіміків, фармакологів, хіміотерапевтів, представників технічних спеціальностей (мал. 101).

Українські вчені мають досягнення в синтезі медичних препаратів. Популярний нині протигрипозний засіб ремантадин було створено за участю українських хіміків.

Андрій Іванович Кіпріанов

(1896—1972)



Український хімік-органік, академік. Закінчив Харківський університет. Працював у Харківському, Київському університетах, очолював Інститут органічної хімії АН України. Один із перших учених-хіміків застосував електронні уявлення для з'ясування залежності властивостей органічних сполук від їхньої будови. На цій основі сформулював теорію кольоровості органічних речовин. Синтезував чимало нових барвників, що їх використовують у промисловості fotocутливих матеріалів. Засновник наукової школи українських хіміків-органіків.

Висновки

- Аміни містять функціональну аміногрупу —NH_2 , сполучену з вуглеводневим залишком.
- Аміни — полярні сполуки.
- Через наявність неподіленої пари електронів у атома Нітрогену алкіламіни виявляють основні властивості й реагують з кислотами і водою.
- Порівняно з амоніаком алкіламіни — сильніші основи, а анілін — слабша основа.
- Анілін виявляє властивості, зумовлені взаємним впливом аміногрупи та бензенового ядра: не діє на індикатори, реагує лише з сильними кислотами, а також з бромною водою.
- Основний спосіб добування амінів — відновлення нітросполук.
- Анілін добувають з нітробензену за реакцією Зініна.
- Анілін та його похідні широко використовують у різних галузях промисловості, зокрема в анілінофарбовій та фармацевтичній.



Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки належать до класу амінів?
2. Чим зумовлена ізомерія амінів? Наведіть приклади.
3. Чим зумовлена здатність метанаміну розчинятися у воді?
4. Як відбуваються реакції горіння амінів?
5. Як відбувається реакція метанаміну з хлоридною кислотою?
6. Як позначається на хімічних властивостях аніліну вплив аміногрупи на бензенове ядро?
7. Поясніть вплив бензенового ядра на аміногрупу в молекулі аніліну.
8. Схарактеризуйте значення реакції Зініна.
9. Яку роль відіграв анілін у розвитку хімічної промисловості?
10. Для виробництва аніліну масою 1 т затратили нітробензен масою 1,35 т та водень об'ємом 800 м^3 . Обчисліть вихід продукту.
11. Порівняйте галузі застосування аніліну й фенолу.
12. Поясніть на прикладі виробництва анілінових барвників, як ви розумієте взаємозв'язок теорії і практики.



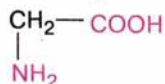
Додаткові завдання

1. Складіть формули ізомерів бутанаміну.
2. Поясніть, чому третинні аміни не утворюють водневих зв'язків.
3. Поясніть, чому аміни виявляють властивості основ.
4. Складіть порівняльну таблицю хімічних властивостей амоніаку й метанаміну.
5. Солі амінів містяться в оселедцевому розсолі. Обробивши його лугом, можна виділити суміш амінів і використовувати їх для дослідів. Складіть у загальному вигляді рівняння реакції, про яку йдеться.
6. Яка основа сильніша: амоніак чи метанамін; анілін чи метанамін? Відповідь поясніть.
7. Назвіть відомі вам йонні органічні сполуки, напишіть їхні формули.
8. Якщо масова частка Нітрогену в аніліні становить 12 %, то масова частка домішок:
A 20,3 %; **B** 15,05 %; **B** 12 %.

§ 30. АМІНОКИСЛОТИ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. З курсів біології і хімії 9 класу вам відомо про роль **амінокислот і білків** у життєдіяльності організмів, знаєте про хімічний склад цих сполук. Коротко нагадаємо про це.

Молекули амінокислот містять дві функціональні групи: карбоксильну —**COOH** та аміногрупу —**NH₂**.



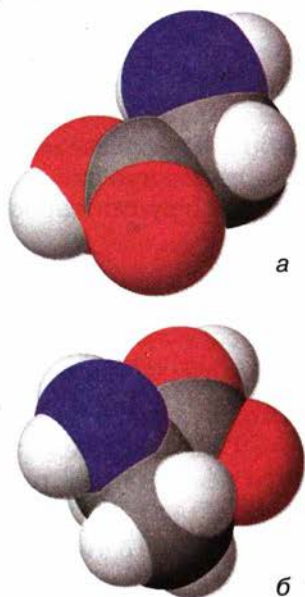
Аміноетанова (амінооцтова) кислота (гліцин)

За складом амінокислоти дуже різномантні, можуть містити дві карбоксильні групи або дві аміногрупи, фенольну (—C₆H₅), гідроксильну (—OH), сульфідну (—S—) та інші групи. Приклади деяких представників амінокислот наведено в таблиці 16.

Таблиця 16

Представники амінокислот

Назва		Структурна формула
систематична	тривіальна	
Аміноетанова	Гліцин (амінооцтова)	H ₂ N—CH ₂ —COOH
2-Амінопропанова	Аланін (α-амінопропанова)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
3-Амінопропанова	β-Аланін (β-амінопропанова)	H ₂ N—CH ₂ —CH ₂ —COOH
2-Аміно-3-метилбутанова	Валін (α-аміноізо-валеріанова)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C—CH—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2,6-Діаміногексанова	Лізін (α-, ε-діамінокапронова)	H ₂ N—(CH ₂) ₄ —CH—COOH NH ₂
2-Аміно-3-гідроксипропанова	Серин (α-аміно-β-гідроксипропанова)	HO—CH ₂ —CH—COOH NH ₂
2-Аміно-3-сульфанілпропанова	Цистеїн (α-аміно-β-меркаптопропанова)	HS—CH ₂ —CH—COOH NH ₂
2-Амінопентадіова	Глутамінова кислота (α-аміноглутарова)	HOOC—CH ₂ —CH ₂ —CH—COOH NH ₂



Мал. 102. Моделі молекул гліцину (а) й аланіну (б)

НОМЕНКЛАТУРА. ІЗОМЕРІЯ. Назви амінокислот за систематичною номенклатурою утворюють від назв відповідних алканів (нумерація від атома Карбону карбоксильної групи) додаванням префікса *аміно-*, суфікса *-ова* і слова *кислота*. Перед назвою цифрами позначають положення замісників (у тому числі й аміногрупи) в алфавітному порядку.

За традиційною номенклатурою до назв відповідних карбонових кислот додають префікс *аміно-*. Місце аміногрупи відносно карбоксильної групи позначають літерами грецького алфавіту: α , β , γ , δ , ϵ (аланін — α -амінопропанова кислота). Для амінокислот, що входять до складу білків, як правило, використовують тривіальні назви, причому скорочені, в тому числі й у латинському написанні: гліцин — *гли*, *Gly*; аланін — *ала*, *Ala*; цистеїн — *цис*, *Cys* і т. д.

Масштабні моделі молекул гліцину і аланіну наведено на мал. 102.

Амінокислотам властиві *структурна ізомерія* карбонового скелета та ізомерія положення аміногрупи.

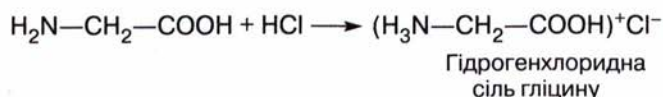
◆ Складіть формули структурних ізомерів α -амінобутанової кислоти і назвіть їх за систематичною номенклатурою.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Амінокислоти на відміну від амінів та карбонових кислот — кристалічні речовини, що мають високі температури плавлення, розчиняються у воді, добре кристалізуються. Цим властивостям більшою мірою відповідає структура амінокислот як «внутрішніх солей», тому формули амінокислот прийнято записувати у вигляді *біполярного йона*:



ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Зважаючи на наявність карбоксильних та аміногруп, можна припустити, що розчини амінокислот діють на **індикатори**. Результат такої дії залежить від того, які групи переважають у молекулі амінокислоти. Розчин аміноетанової кислоти $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ нейтральний, а розчин лізину $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ має лужну реакцію.

РЕАКЦІЇ З КИСЛОТАМИ І ЛУГАМИ. Поєднуючи в собі протилежні за характером основні й кислотні групи, амінокислоти виявляють властивості амфотерних сполук, тобто здатні утворювати солі і з кислотами, і з основами:



ЗНАЧЕННЯ. До складу білків входять 20 α -амінокислот, причому 8 з них належать до *незамінних*. Що це означає? Тоді як рослини синтезують усі необхідні їм амінокислоти з поживних речовин, природа не наділила такою здатністю людину і тварин. Лише деякі необхідні для життєдіяльності амінокислоти організм може виробляти самостійно, інші ж мають надходити з їжею. Нестача незамінних амінокислот призводить до патологічних процесів у організмі.

♦ З курсу біології вам відоме значення амінокислот. Яким має бути склад їжі, щоб організм отримував усі необхідні амінокислоти?

Хворим, виснаженим людям іноді вводять амінокислоти у кров, тим самим полегшується їх засвоєння і підтримуються сили організму. Деякі амінокислоти є ліками.

Для відгодівлі сільськогосподарських тварин використовують синтетичні амінокислоти.

Амінокислоти добувають також *гідролізом білків* (для цього використовують відходи м'ясної промисловості).

Деякі мікроорганізми здатні виробляти амінокислоти. На цьому ґрунтується *мікробіологічний метод* виробництва кормового лізину.



Завдання для самоконтролю.....

1. Чи можна скласти загальну формулу амінокислот?
2. Як утворюється біполярний іон амінокислоти?
3. Схарактеризуйте фізичні властивості амінокислот як йонних сполук.
4. Поясніть дію амінокислот на індикатори.
5. Схарактеризуйте амінокислоти як амфотерні сполуки.
6. У які реакції вступають амінокислоти за: аміногрупою; карбоксильною групою? Складіть рівняння відповідних реакцій.
7. Як утворюється пептидний зв'язок?
8. Складіть формулу трипептиду, утвореного будь-якими амінокислотами, наведеними в таблиці 16.
9. Чому амінокислоти називають «цеглинками» білків?

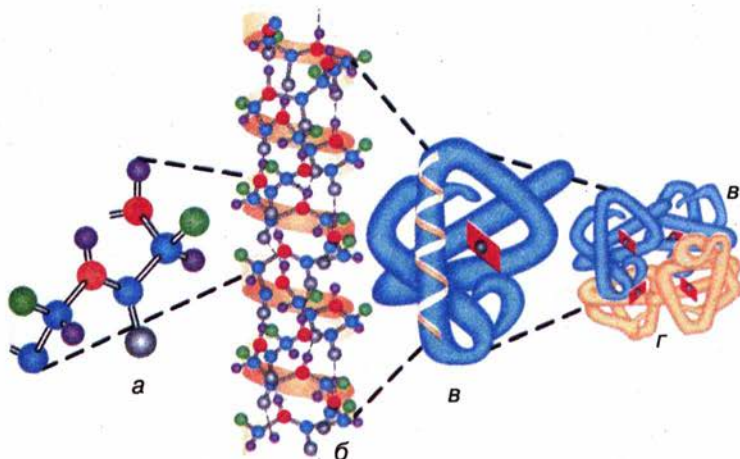
§ 31. БІЛКИ

СКЛАД І БУДОВА. Думку про те, що амінокислоти є «цеглинками», з яких побудовані білки, уперше висловив видатний український біохімік і хімік Іван Якович Горбачевський.

Автором *поліпептидної теорії* будови білків є видатний німецький хімік Е. Фішер. На початку ХХ ст. він синтезував перші поліпептиди (прийнято, що поліпептиди містять до 100 амінокислотних ланок, а білки — понад 100).

У всіх видів живих організмів налічується близько 10^{10} — 10^{12} різних білків. Кожен з них має унікальну, властиву саме йому послідовність амінокислотних залишків і просторову будову. Усе це в сукупності визначає біологічні властивості білка.

За хімічним характером білки є полімерами. На відміну від поліетилену чи целюлози білки мають сталий склад і певне зна-



Мал. 104. Структура білка: а, б, в, г — відповідно первинна, вторинна, третинна, четвертинна структури

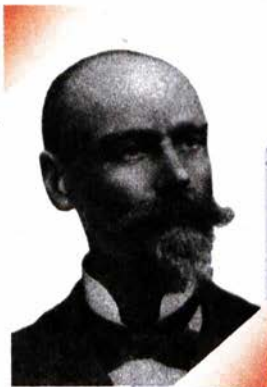
чення відносної молекулярної маси. Для вивчених білків можна скласти загальну формулу, наприклад для білка гемоглобіну — це $C_{3032}H_{4816}Fe_4N_{780}O_{872}S_8$. Заміна хоча б однієї амінокислоти в полімерному ланцюзі на іншу амінокислоту має серйозні наслідки для його функціонування в організмі.

Розрізняють чотири рівні структурної організації білків — *первинну, вторинну, третинну* і *четвертинну* (мал. 104).

Первинну структуру зумовлює послідовність сполучення амінокислотних залишків у молекулі білка.

Самі амінокислоти дуже різняться за складом, містять різні за електронегативністю атоми Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, Сульфуру. Ці атоми взаємодіють між собою, «змушуючи» поліпептидний ланцюг вигинатися і набувати просторової будови. Завдяки утворенню водневих зв'язків між пептидними групами певні ділянки білка можуть скручуватися у формі спіралі (*вторинна* структура білків).

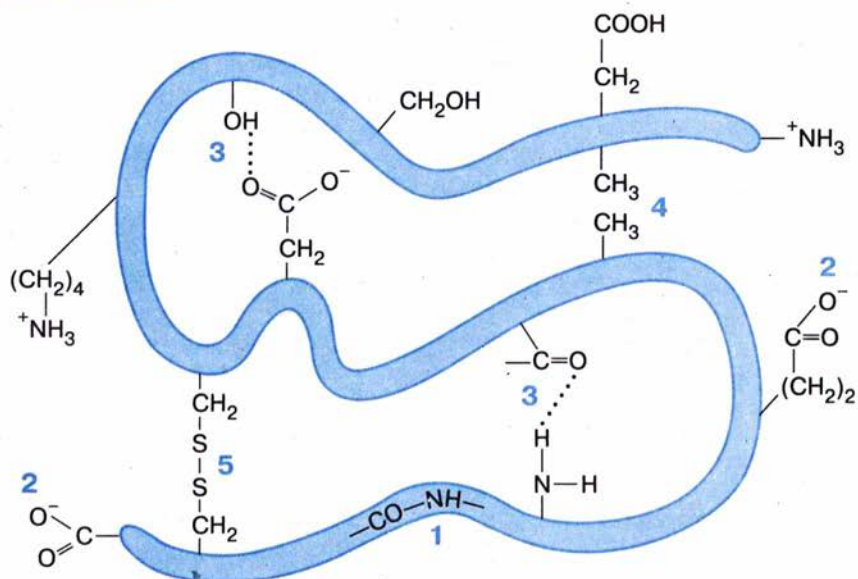
Між ділянками полімерного ланцюга, де є залишки сульфуровмісних амінокислот, можуть утворюватися дисульфідні містки, а між карбоксильними та аміногрупами — сольові містки (мал. 105).



Іван Якович Горбачевський

(1854—1942)

Український учений, академік. Народився в Україні, працював у Відні, Празі, професор, ректор Українського вільного університету в Празі. Наукові праці стосуються органічної хімії та біохімії. Вперше синтезував сечову кислоту і з'ясував шляхи її утворення в організмі. Висловив думку про амінокислотний склад білків. Уперше виділив чисті нуклеїнові кислоти із тваринних організмів. Зробив внесок у розвиток української наукової термінології. Автор підручників з хімії українською мовою.



Мал. 105. Хімічні зв'язки у молекулах білків: 1 — пептидні; 2 — йонні; 3 — водневі; 4 — неполярні; 5 — дисульфідні.

Як наслідок відбувається специфічна просторова орієнтація полімерного ланцюга, яка й зумовлює *третинну* структуру білка.

Деякі білки характеризуються *четвертинною* структурою. У білку гемоглобіні (від грец. *гема* — кров і лат. *globus* — куля) цю структуру утворюють чотири макромолекули, певним чином зорієнтовані одна відносно одної. У складі кожної міститься йон Fe^{2+} . Чотирма рівнями структурної організації характеризується білок волосся β -кератин: це суперспіраль, що нагадує багатожильний кабель.

Через складність будови вивчення білків — надзвичайно важке завдання.

ВЛАСТИВОСТІ. Денатурація. Нагріємо розчин білка курячого яйця і спостерігатимемо, як він зсідатється, або денатурує (від лат. *denaturare* — втрата природних якостей). Саме цей процес **денатурації** ви спостерігаєте під час приготування їжі з м'яса, яєць, риби.



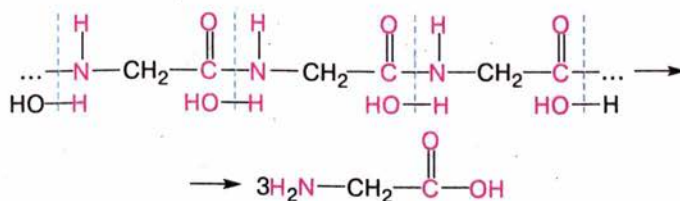
Еміль Герман Фішер
(1852—1919)

Німецький хімік, член Берлінської академії наук. Наукові праці присвячено хімії фізіологічно активних речовин. Синтезував низку вуглеводів, зокрема глюкозу й фруктозу. Встановив, що амінокислоти сполучаються між собою за допомогою пептидних зв'язків з утворенням поліпептидів, уперше добув дипептид. Лауреат Нобелівської премії 1902 р.

З хімічного боку денатурацію спричиняє руйнування слабких міжмолекулярних зв'язків, а отже, вторинної і третинної структур. Білок втрачає властиву йому просторову будову та залежні від неї функції (мал. 106).

У результаті денатурації білки втрачають біологічну активність, живі клітини гинуть. Саме тому висока температура тіла, дія агресивних хімічних сполук на шкіру, яка має білкову природу, небезпечні для організму.

Гідроліз. Це процес, зворотний утворенню поліпептидного ланцюга. Під час гідролізу молекули води приєднуються за місцем пептидних зв'язків, утворюються карбокси- та аміногрупи. Внаслідок цього білок розщеплюється на амінокислоти, з яких він побудований:



Процес гідролізу відбувається під час нагрівання білків з розчинами кислот і лугів, у живому організмі — під дією ферментів.

Розклад. Процес відбувається під дією мікроорганізмів, а продукти розкладу — амоніак, сірководень, фенол, інші речовини — мають неприємний запах, знайомий вам із побуту (протухлі яйце, м'ясо чи риба).

♦ До яких способів вдаються, щоб запобігти розкладу білків у складі їжі?

Для аналітичного виявлення білків використовують так звані кольорові реакції.

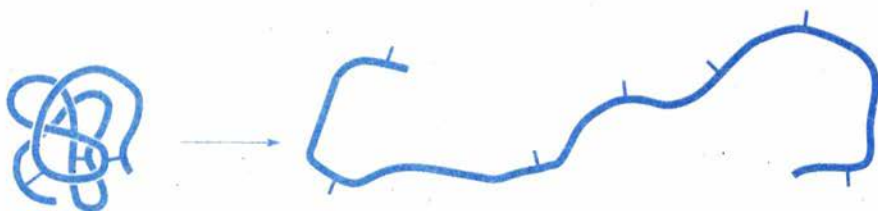
Лабораторний дослід 17. Кольорові реакції білків

Дослід А. До розчину білка курячого яйця у пробірці додайте розчин лугу такого самого об'єму і кілька крапель слабого розчину купрум(II) сульфату.

Що спостерігається? Як змінилося забарвлення розчину?

Дослід Б. До розчину білка у пробірці додайте трохи концентрованої нітратної кислоти.

Що спостерігаєте? Як змінився колір суміші?



Мал. 106. Денатурація білка

Поява жовтого забарвлення в результаті реакції білка з концентрованою нітратною кислотою (**ксантопротейнова реакція**) свідчить про наявність бензенових ядер у структурі білка, червоно-фіолетове забарвлення білка в результаті дії купрум(II) гідроксиду (**біуретова реакція**) засвідчує наявність пептидних зв'язків.

БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ АМІНОКИСЛОТ І БІЛКІВ. Білки є основним будівельним матеріалом тваринних організмів, а саме їх клітин. М'язи, гемоглобін крові, волосся, шкіра, ферменти мають білкову природу.

Властиві кожному організму білки будуються з тих, що надходять з їжею (мал. 107). Проте білки їжі безпосередньо не засвоюються організмом, спершу вони гідролізують до амінокислот під дією речовин, що містяться у травному тракті, потім амінокислоти всмоктуються у кров, а вже з нею переносяться до клітин організму, де синтезуються властиві йому білки.

Проблема синтезу білків *in vitro* давно цікавить учених, хоча досягнення в цій галузі незначні: добуто лише окремі білки нескладної будови. Причину цього ви, напевне, можете пояснити самі. Певний поступ спостерігається завдяки автоматизації процесів синтезу.

Значно більших успіхів досягнуто в розробці методів *мікробіологічного синтезу* білків. Розвинулася нова галузь виробництва — *біотехнологія*, що включає промислові методи, в яких використовують живі організми (переважно мікроорганізми) та біологічні процеси.

Виготовлення дріжджового тіста, вина, пива, оцту, кисломолочних продуктів також належить до біотехнологічних процесів, оскільки відбувається за участю мікроорганізмів.

Унаслідок здатності деяких мікроорганізмів швидко розмножуватися можна нарощувати значну біомасу впродовж короткого часу. До того ж використовується дешева сировина, оскільки живильним середовищем для мікроорганізмів можуть бути неочищені вуглеводні нафти, солома, лузга насіння, тирса, відходи бродильної та целюлозної промисловості тощо.

Сучасна мікробіологічна промисловість виробляє білкові добавки до тваринного корму, вітаміни, антибіотики, ферменти та багато інших корисних речовин.

Щоправда, ця користь іноді обертається негативним впливом на довкілля. Оскільки біотехнологія пов'язана із розмноженням мікроорганізмів, то її відходи, потрапляючи у водойми, ґрунт, можуть завдавати шкоди природним угіддям, порушувати баланс природних процесів. Щоб запобігти цьому, слід дотримувати високої культури виробництва, за якої апаратура для вирощування мікроорганізмів надійно герметизується, а відходи знешкоджуються.



Мал. 107. Співвідношення поживних речовин у збалансованому харчуванні



Завдання для самоконтролю.....

1. Яка хімічна будова білків?
2. Поясніть причини багатоманітності білків.
3. Які чинники визначають первинну, вторинну, третинну і четвертинну структури білка?
4. Схарактеризуйте термічну стійкість білків.
5. Поясніть хімізм процесів гідролізу і розкладу білків.
6. Схарактеризуйте біологічне значення білків.



Додаткові завдання.....

1. Поясніть, як будова амінокислот позначається на їхніх властивостях.
2. Зробіть припущення про хімічні властивості серину.
3. У чому полягає складність вивчення структури білків?
4. Схарактеризуйте значення процесу гідролізу білків, жирів, вуглеводів для функціонування організму.
5. Чи можна повністю замінити білкову їжу на вуглеводну? Чому?

Висновки.....

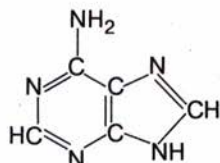
- Усі амінокислоти містять карбоксильну та аміногрупи. Деякі амінокислоти містять інші функціональні групи.
- Амінокислоти існують у вигляді «внутрішніх солей».
- Амінокислоти — амфотерні сполуки.
- Найважливіша властивість амінокислот — утворення поліпептидів.
- Амінокислоти сполучаються між собою за допомогою пептидних зв'язків.
- Білки — це біополімери.
- Білкам властива первинна, вторинна, третинна, деяким — четвертинна структури.
- Білки здатні до гідролізу, розкладу, денатурації.
- Білки можна виявити за допомогою кольорових реакцій.
- Розшифрування складу білків та їх синтез є важливою науковою проблемою.



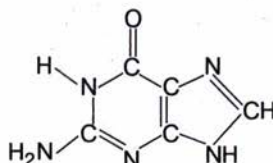
§ 32. НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. У кожній живій клітині містяться нуклеїнові кислоти (НК). Про існування НК відомо давно, однак лише в останні 50 років розкрилося значення цих сполук. НК відкрив швейцарський учений Ф. Мішер у 1868 р. Він також визначив у їх складі наявність Карбону, Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, Фосфору. Чисті нуклеїнові кислоти вперше добув у 90-х роках XIX ст. І. Я. Горбачевський.

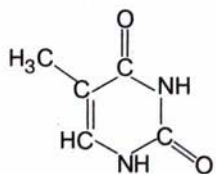
Спершу з'ясувалося, що Фосфор міститься у вигляді залишку ортофосфатної кислоти. Пізніше було виявлено, що до складу НК входять нітрогеновмісні сполуки (*азотисті основи*):



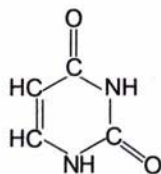
Аденін



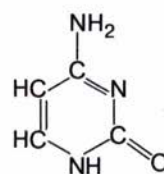
Гуанін



Тимін

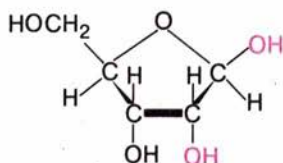


Урацил

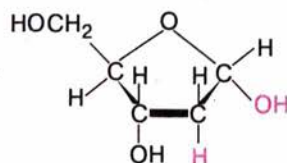


Цитозин

До 1910 р. не було відомо, яким чином сполучені між собою азотисті основи й ортофосфатна кислота, аж поки не виявили, що опосередковують цей зв'язок залишки вуглеводів — моносахаридів. З'ясувалося, що існують два типи НК: до складу одних входить залишок моносахариду рибози, а до складу інших — дезоксирибози. Відповідно кислоти були названі *рибонуклеїною* (РНК) і *дезоксирибонуклеїною* (ДНК).



β-Рибоза



α-Дезоксирибоза

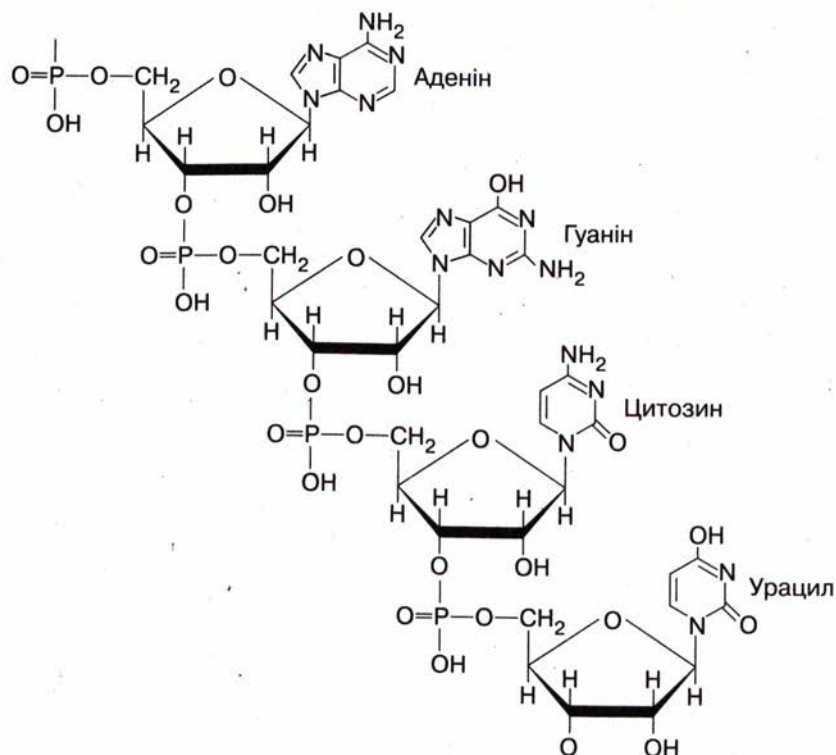
Отже, у складі НК поєднуються азотисті основи, моносахариди й залишок ортофосфатної кислоти. У молекулі НК азотиста основа сполучена з моносахаридом — цей фрагмент називається *нуклеозидом*. Нуклеозид, сполучений із залишком ортофосфатної кислоти, утворює *нуклеотид*. Нуклеотиди є мономерними ланками в полімері НК. У загальному вигляді схему полімерного ланцюга НК можна представити, як на мал. 108.

Хімічну будову полімерного ланцюга РНК (фрагмент) наведено на мал. 109.

ДНК і РНК містять різні азотисті основи. До складу ДНК входять аденін, гуанін, тимін, цитозин, РНК — аденін, гуанін, цитозин, урацил.



Мал. 108. Схема будови нуклеїнової кислоти



Мал. 109. Фрагмент полімерного ланцюга нуклеїнової кислоти

У макромолекулах ДНК і РНК з'єднуються тисячі нуклеотидів. Відносна молекулярна маса НК становить від кількохсот тисяч до кількох мільйонів.

Послідовність розміщення нуклеотидів зумовлює *первинну структуру* НК.

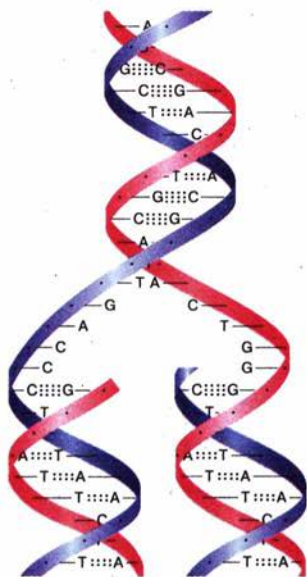
ПОДВІЙНА СПІРАЛЬ ДНК. *Вторинна структура* краще вивчена для ДНК. Це два полінуклеотидні ланцюги, закручені у подвійну спіраль (мал. 110). Кожна азотиста основа одного ланцюга спрямована вглиб спіралі і водневим зв'язком сполучена з азотистою основою іншого ланцюга. Важливим є те, що аденін завжди розміщується в парі з тиміном, а цитозин — з гуаніном (мал. 111).

Отже, азотисті основи ніби доповнюють одна одну. Інакше кажучи, вони розміщуються згідно з *принципом комплементарності* (від лат. *complementum* — доповнення).

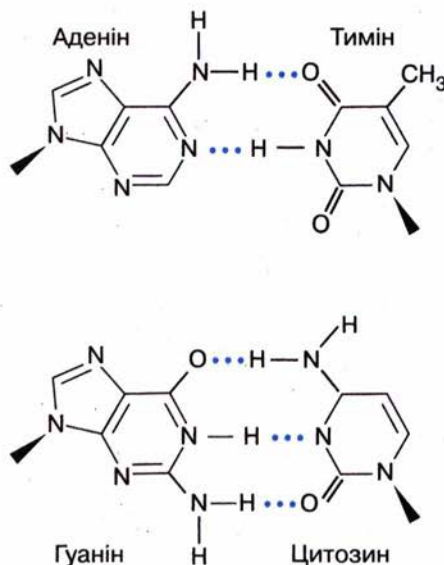
◆ Пригадайте, яку роль відіграють водневі зв'язки у структурі білків.

Модель подвійної спіралі ДНК запропонували в 1953 р. американський учений Д. Уотсон і англійський учений Ф. Крік, за що були удостоєні Нобелівської премії 1962 р. (мал. 112, 113).

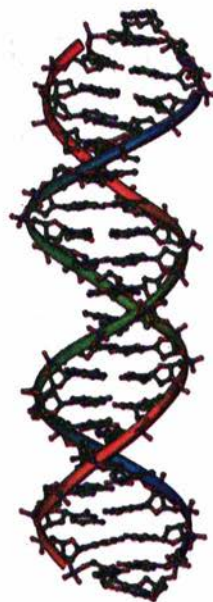
Подвійну спіраль ДНК порівнюють з гвинтовими сходами. «Стояки» сходів — це ланцюги з вуглеводних і фосфатних груп, а власне «східці» утворюють азотисті основи.



Мал. 110. Схема подвійної спіралі ДНК та її реплікації



Мал. 111. Схема утворення водневих зв'язків між азотистими основами паралельних ланцюгів ДНК



Мал. 112. Модель подвійної спіралі ДНК

БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДНК. Подвійна спіраль ДНК зберігає спадкову інформацію, яка записана (закодована) у вигляді послідовності азотистих основ у полінуклеотидному ланцюзі. Передача інформації відбувається завдяки здатності ДНК до *реплікації* (від лат. *replicatio* — відбиття) (мал. 110). ДНК подвоюється, щоб забезпечити дочірню клітину повним набором відповідних молекул. У момент поділу клітини розриваються водневі зв'язки, подвійна спіраль починає розкручуватися, поділяючись на два ланцюги.



Мал. 113. Майбутні нобелівські лауреати Д. Уотсон і Ф. Крік біля першої моделі ДНК

На кожному з них добудовується додатковий ланцюг за рахунок нуклеотидів, що постачаються з навколишнього середовища і розміщуються за принципом комплементарності. Між азотистими основами утворюються нові водневі зв'язки. У результаті відбувається точне відтворення вихідної подвійної спіралі.

Цей процес є молекулярною основою спадковості. Будь-яка помилка у відтворенні подвійної спіралі спричиняє *мутацію* (від лат. *mutatio* — зміна), тобто зміну спадкових структур організму.

ДНК спрямовує синтез білка в організмі. Послідовність азотистих основ у НК визначає послідовність

амінокислотних залишків у білку. Кожній амінокислоті відповідає свій набір азотистих основ. Отже, структура молекул НК визначає структуру молекул білків, що синтезуються в організмі.

Висновки

- Нуклеїнові кислоти — природні полімери.
- Мономерні ланки НК — нуклеотиди — складаються з хімічно зв'язаних нуклеозидів (азотистої основи та вуглеводу) і залишків ортофосфатної кислоти.
- Є два типи НК: рибонуклеїнові (РНК) і дезоксирибонуклеїнові (ДНК). Вони різняться між собою за складом азотистих основ та вуглеводів.
- Кожна НК має властиву тільки їй послідовність нуклеотидів (первинна структура).
- Вторинна структура ДНК — це подвійна спіраль, у якій утворюються водневі зв'язки між азотистими основами.
- Азотисті основи в ДНК розміщені за принципом комплементарності.
- Передача генетичної інформації відбувається завдяки реплікації ДНК.



Завдання для самоконтролю

1. Поясніть склад і хімічну будову НК.
2. Дайте означення понять: *нуклеїнова кислота*; *нуклеотид*; *нуклеозид*.
3. Чим різняться між собою за складом ДНК і РНК?
4. Покажіть на мал. 108 мономерну ланку НК.
5. Як, на вашу думку, відбувається частковий і повний гідроліз НК? Які сполуки при цьому утворюються?
6. Що означає парність азотистих основ у структурі ДНК?
7. Поясніть, як утворюються водневі зв'язки між ланцюгами ДНК.
8. До чого може призвести помилка в послідовності нуклеотидів?
9. Позначте функції ДНК в живому організмі:
А слугує будівельним матеріалом; **Б** акумулює енергію; **В** зберігає генетичну інформацію; **Г** передає генетичну інформацію.
10. Поясніть зв'язок між НК і білками в організмі.
11. Схарактеризуйте значення відкриття структури ДНК, спираючись на знання з курсу біології.
12. Зробіть узагальнення щодо взаємозв'язку між складом, структурою і функціями біологічно активних речовин.

СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ





✓ ПЛАСТИЧНІ МАСИ



✓ СИНТЕТИЧНІ КАУЧУКИ



✓ СИНТЕТИЧНІ ВОЛОКНА

Розрізняють полімери натуральні (природні), штучні та синтетичні. Серед органічних речовин, що ви вивчали, були представники усіх цих груп. До перших належать полісахариди, білки, нуклеїнові кислоти — їх створює сама природа без втручання людини. Другі — це видозмінені природні полімери, наприклад штучний шовк, добутий із целюлози. Треті є продуктами органічного синтезу, вони утворюються з речовин неpolімерної будови, наприклад поліетилен.

Пригадайте:

- що таке реакція полімеризації;
- як називають вихідні низькомолекулярні речовини в реакції полімеризації;
- як називають групи атомів, що повторюються і становлять основу хімічної будови полімерного ланцюга;
- що таке ступінь полімеризації.



СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ

Наприкінці вивчення теми ви зможете:

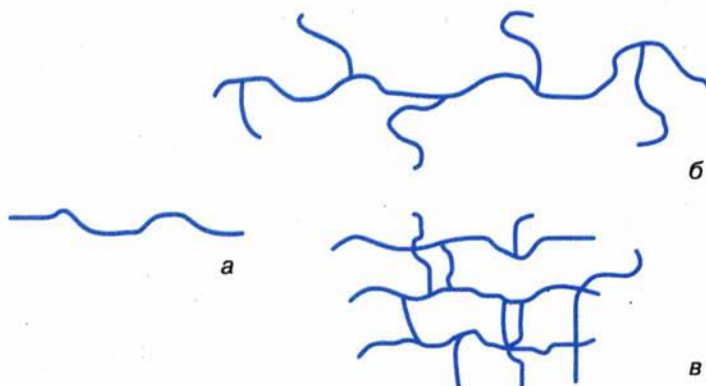
- назвати найважливіші полімери;
- скласти їхні загальні формули;
- навести приклади пластичних мас, синтетичних волокон, синтетичних каучуків;
- класифікувати полімери;
- пояснити застосування синтетичних високомолекулярних сполук;
- порівняти натуральні та синтетичні волокна, природний і синтетичний каучуки;
- засвоїти терміни: *термопластичні, термореактивні полімери, вулканізація каучуку, поліамідні волокна.*



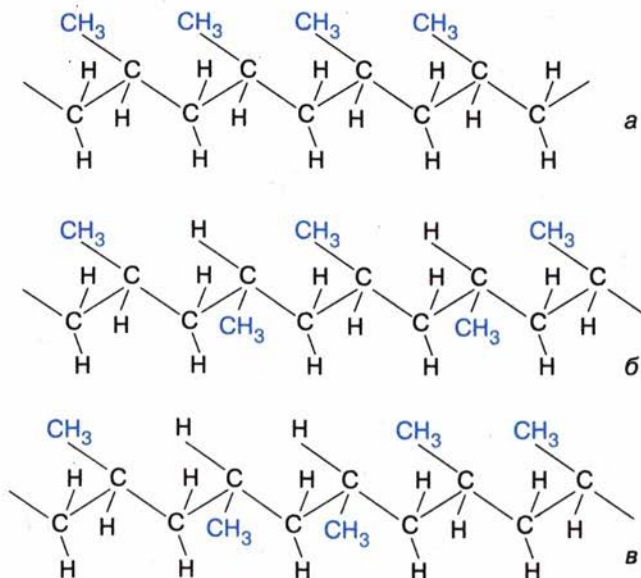
§ 33. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛІМЕРІВ. ПЛАСТИЧНІ МАСИ

БУДОВА ПОЛІМЕРІВ. За будовою полімерного ланцюга розрізняють *лінійні, розгалужені і просторові (сітчасті) полімери* (мал. 114). До перших належать поліетилен, поліпропілен і целюлоза. Лінійну й розгалужену будову має крохмаль, сітчасту — вулканізований каучук.

Залежно від розміщення бічних радикалів чи функціональних груп у полімерному ланцюзі розрізняють *регулярні* (переважно стереорегулярні) та *нерегулярні* полімери. Наприклад, у ланцюзі поліпропілену метильні групи можуть розміщуватися з одного чи з двох боків карбонового ланцюга. Розміщення з різних боків може чергуватися через однакові проміжки або бути хаотичним (мал. 115).



Мал. 114. Схема будови: лінійного (а), розгалуженого (б) і просторового (сітчастого, в) полімерних ланцюгів



Мал. 115. Схема регулярної (а, б) і нерегулярної (в) будови поліпропілену

Характеризуючи будову полімерів, слід брати до уваги також взаємодію між полімерними ланцюгами в масі полімеру. Між молекулами значної довжини виникає взаємодія, в тому числі встановлюються водневі зв'язки.

Ступінь полімеризації, розгалуженість, упорядкованість структури, міжмолекулярні зв'язки — все це позначається на властивостях полімерів.

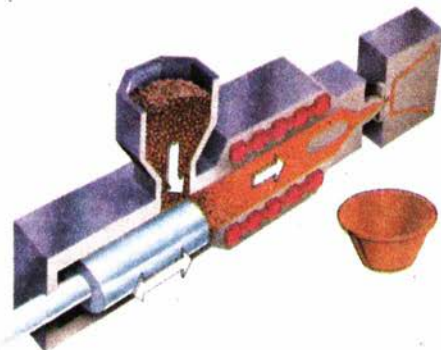
ВЛАСТИВОСТІ полімерів залежать від наявності в речовині молекул різної довжини, а отже, різної маси. Насамперед це стосується плавлення полімерів. Процес плавлення має свої особливості, зумовлені взаємодією між молекулами, що мають значну довжину. У процесі нагрівання в розплавлений стан спершу переходять коротші молекули, потім — довші, отже, плавлення відбувається в широкому діапазоні температур.

За відношенням до нагрівання полімери поділяються на дві групи: термопластичні й терморективні.

Термопластичні полімери під час нагрівання розм'якшуються, в цьому стані їм можна надати будь-якої форми, що зберігається й після охолодження. Важливо, що цей процес оборотний, тобто сформований полімер можна знову нагріти й надати йому іншої форми. Інакше кажучи, термопластичні полімери не втрачають пластичності за багаторазового нагрівання.

На відміну від них *терморективні* полімери в результаті нагрівання втрачають пластичність і після тверднення їх неможливо повернути до початкового стану.

Утилізація полімерів має важливе екологічне та економічне значення. Схарактеризуйте з цих позицій термопластичні й терморективні полімери.



Мал. 116. Виготовлення пластмасових виробів методом лиття

♦ З'ясуйте, з якою метою використовують у пластмасах пластифікатори, стабілізатори, піноутворювачі, антиоксиданти, антистатика, наповнювачі, пігменти.

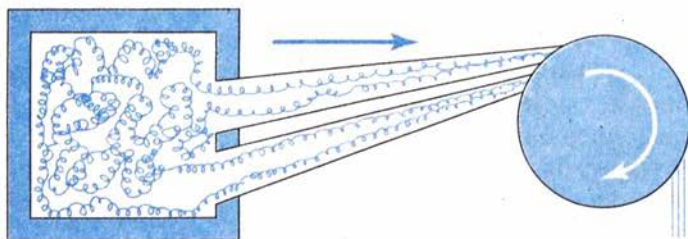
Цінні властивості пластмас: низька густина (легкість) і теплопровідність, хімічна стійкість, здатність до забарвлювання, високі оптичні якості, а також можливість змінювати ці властивості в широких межах унаслідок зміни структури полімерів роблять їх використання економічно вигідним і зручним.

Виготовлення пластмасових виробів відзначається технічною і технологічною простотою — від складних за формою до плівок (мал. 116, 117, 118).

Зразки виробів із пластмас зображено на мал. 119.

Поліетилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ добувають у промисловості полімеризацією етилену (етену), яку можна проводити за різних умов — високого і низького тиску. Властивості полімерів залежать від умов добування. Поліетилен низького тиску (0,2—2,5 МПа, 80—100 °С) має лінійну структуру, молекули в масі полімеру щільно упаковані, тому зростає ступінь кристалічності. Поліетилен високого тиску (150—300 МПа, 200—280 °С) має розгалужену структуру.

Поліетилен — тверда речовина білого кольору, легко забарвлюється в різні кольори, не тоне у воді. Поліетилен високого тиску плавиться за температури 102—105 °С, низького — 125—137 °С.



Мал. 117. «Витягування» полімерних ланцюгів під час виготовлення плівок і волокон

Полімери регулярної будови і просторові мають більшу механічну міцність і хімічну стійкість.

Під впливом зовнішніх чинників (нагрівання, радіації, світла, вологи, механічного напруження тощо) може відбуватися *деструкція* (від лат. *destructio* — руйнування) полімеру з розриванням хімічних зв'язків у макромолекулах. Цей процес призводить до старіння полімерів, вони стають непридатними до експлуатації.

ПЛАСТИЧНІ МАСИ. Щоб виготовити пластмасу, до полімерної маси додають спеціальні речовини.



Мал. 118. Установа з виробництва поліетиленової плівки

За хімічною будовою поліетилен подібний до парафіну, суміші вищих вуглеводнів складу $C_{18}-C_{35}$. Пригадайте, що у структурі таких речовин повторюються групи $-CH_2-CH_2-$. Цим пояснюється подібність речовин: поліетилен масний на дотик, як і парафін.

Як і насичені вуглеводні, поліетилен не проводить електричного струму, стійкий проти дії кислот, лугів, бромної води, окисників.

Поліетилен — термопластичний полімер. У розплавленому стані йому можна надати будь-якої форми, що зберігається після охолодження.

Завдяки описаним властивостям поліетилен набув широкого застосування.



Мал. 119. Зразки виробів із пластмас

Наведіть приклади застосування поліетилену, відомі вам з побуту.

Поліпропілен $(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$ дуже близький за властивостям до поліетилену. Фрагмент ланцюга цього полімеру можна подати такою структурною формулою: $\dots-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\dots$

За фрагментом молекули поліпропілену визначте мономер, мономерну ланку полімеру; напишіть їхні структурні формули.

За участю каталізаторів добувають поліпропілен стереорегулярної будови (див. мал. 115). Цей полімер високоміцний, тому з нього виготовляють деталі машин, труби, плівку, риболовні сітки, побутові вироби, волокна. Недоліками його є чутливість до світла, кисню, крихкість на холоді.

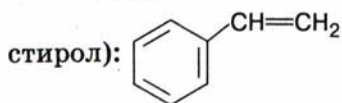
Поліхлорвініл добувають з хлорвінілу:



Пластмаси, що вироблені на основі поліхлорвінілу, використовують як замітники шкіри, з них виготовляють газо- й водогінні труби, технічні волокна, лінолеум, клейонку тощо. Ці матеріали стійкі проти дії кислот, лугів, легко забарвлюються і водночас важко займаються, здатні до самогасіння.

Якими властивостями, на вашу думку, зумовлене використання поліхлорвінілу для виготовлення лінолеуму?

Полістирол $\left[-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}- \right]_n$ — полімер стирену (колишня назва —

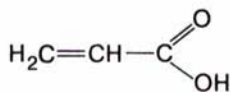


Це термопластичний матеріал, хімічно стійкий, діелектрик, хоча досить крихкий. З нього виготовляють предмети побуту, дитячі іграшки, оздоблювальні матеріали тощо (мал. 120).

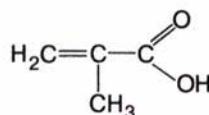
Поліметилметакрилат — полімер, який добувають з метилового естеру метакрилової кислоти.



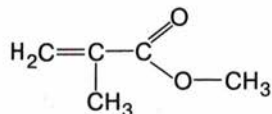
Мал. 120. Жуйна гумка містить полімер стирену — полістирол



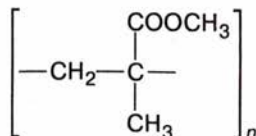
Акрилова кислота



Метакрилова кислота



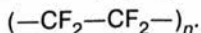
Метилловий естер метакрилової кислоти



Поліметил-метакрилат

Завдяки своїй прозорості цей полімер дістав назву «органічне скло» (інша назва — «плексиглас»). Він стійкий проти ударів, тому ним склять вікна автомобілів, ілюмінатори літаків, теплоходів, виготовляють скло для годинників тощо (мал. 121).

Тефлон, який виробляють з 1,1,2,2-тетрафлуоретену $\text{CF}_2=\text{CF}_2$, має унікальні властивості. Загальна формула полімеру:

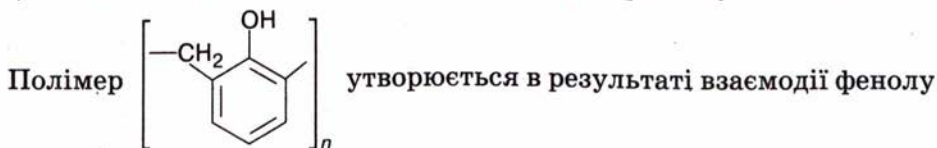


За особливу хімічну стійкість його називають «органічною платиною». Він не розчиняється ні в «царській воді» (суміші нітратної та хлоридної кислот), ні в органічних розчинниках, стійкий проти холоду, нагрівання та світла, неотруйний.

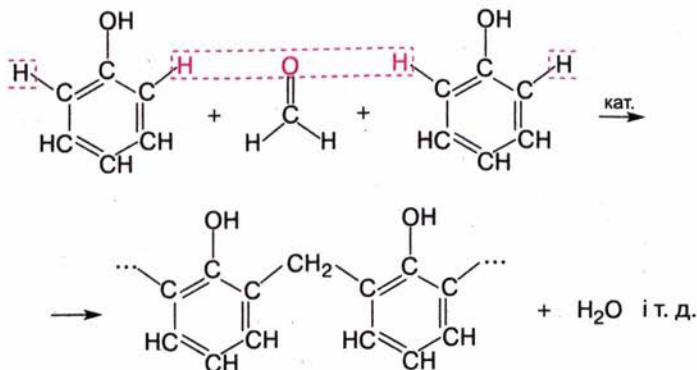
Завдяки цим властивостям з тефлону виготовляють деталі машин і приладів, апаратів, що працюють у хімічно агресивних середовищах та в харчовій промисловості (мал. 122).

Пригадайте, де в побуті використовують вироби з тефлоновим покриттям.

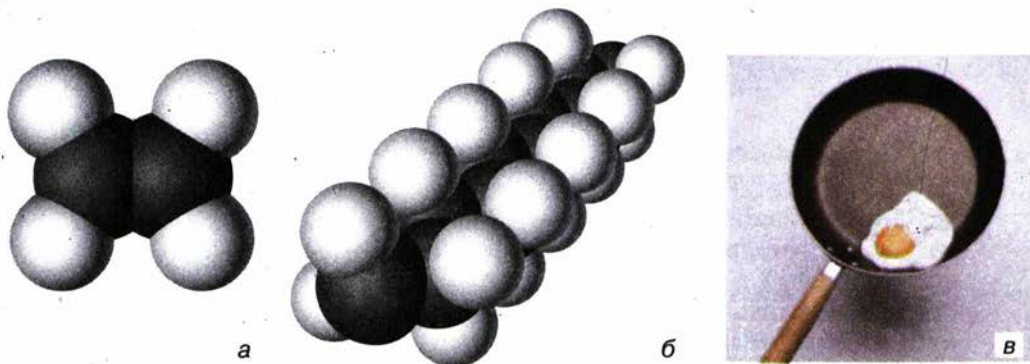
Феноло-формальдегідні пластмаси були добути в XIX ст. й дістали назву «бакеліт» (від прізвища американського хіміка Л. Х. Бакеланда, який на початку XX ст. здійснив цю реакцію у промислових умовах). Хоча це перші в історії пластмаси, їх використовують донині.



й формальдегіду (метаналу):



Мал. 121. Куленепробивне скло виготовляють із полімерних матеріалів



Мал. 122. Моделі молекули тетрафлуоретену (а), фрагмента молекули політетрафлуоретену (б) і виріб з тефлоновим покриттям (в)

Спершу утворюється полімер лінійної будови, а в міру подальшої обробки формується сітчастий полімер, що має термореактивні властивості.

Феноло-формальдегідні пластмаси виготовляють з різними наповнювачами: текстоліт наповнюють бавовняною тканиною, склопластики — скловолокном.

Ці матеріали застосовують у ракето- і машинобудуванні, будівництві. Відходи деревини, що їх оброблено феноло-формальдегідною смолою, перетворюються на матеріал, придатний для виготовлення меблів.

Лабораторний дослід 18. Дослідження властивостей термопластичних полімерів

Дослід А. Термопластичність полімеру.

Нагрійте в полум'ї спиртівки шматочок поліетилену, тримаючи його щипцями. Коли поліетилен розм'якне, надайте йому нової форми й охолодіть. Повторіть спробу.

Чи зберігається форма після охолодження?

Дослід Б. Горючість полімерів.

У полум'ї спиртівки підпаліть шматочок поліетилену. Якого кольору полум'я поліетилену? Чи горить поліетилен поза полум'ям?

Виконайте цей дослід з поліхлорвінілом і полістиролом.

Що спостерігаєте?

Дослід В. Дія на полімери кислоти, лугу, окисника.

У три пробірки налийте розчини сульфатної кислоти, натрій гідроксиду, калій перманганату. У кожен пробірку вмістіть шматочки поліетиленової плівки і збовтайте вміст. Чи відбулися зміни?

Поясніть спостереження.

Завдання для самоконтролю.....

1. Що таке синтетичні полімери?
2. Наведіть приклади лінійного, розгалуженого і просторового синтетичного полімерів.

3. Наведіть приклади природних полімерів лінійної, розгалуженої та просторової будови.
4. Поясніть вплив структури полімерів на їхні фізичні властивості.
5. На які групи поділяють полімери за відношенням до нагрівання?
6. Що таке пластмаси?
7. Назвіть основні галузі застосування пластмас.
8. Схарактеризуйте відомі вам полімери, з яких виготовляють пластмаси (мономер, реакція добування, мономерна ланка).
9. Схарактеризуйте поліетилен високого і низького тиску.
10. Поліпропілен стереорегулярної будови — кристалічна, високоплавка речовина, що утворює міцні волокна, а нестереорегулярний полімер м'який, еластичний. Поясніть це з погляду теорії будови.



Додаткове завдання

Складіть рівняння послідовних реакцій, за допомогою яких можна добути бакеліт, виходячи з коксу.

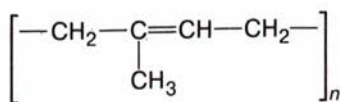
§ 34. СИНТЕТИЧНІ КАУЧУКИ

Упродовж певного часу потреби промисловості задовольнялися природним каучуком, який виготовляли з молочного соку (латексу) каучукового дерева (гевеї) (мал. 123).

Той факт, що природний каучук є полімером дієнового вуглеводню ізопрену $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$, було встановлено в 1910 р.



Хімічна назва полімеру — поліізопрен:



Природний каучук втрачає цю властивість за низької температури, стає твердим і крихким, а за високої температури — липким.

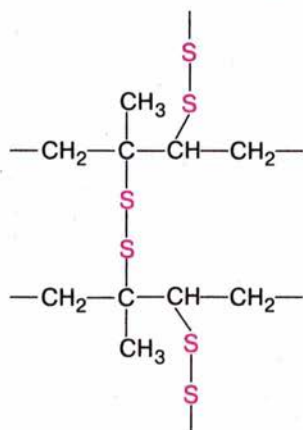
Свого часу це обмежувало його використання, наприклад для виготовлення водонепроникного одягу.

Проблему було розв'язано після відкриття процесу *вулканізації* каучуку. Виявилось, що внаслідок нагрівання каучуку із сіркою утворюється продукт, позбавлений цих вад: міцний, еластичний, стійкий до зміни температури в широкому діапазоні.



Мал. 123. Збирання соку каучукового дерева *Hevea brasiliensis*. Латекс виділяється на зрізі

Під час вулканізації сірка приєднується за місцем подвійних зв'язків, утворюючи дисульфідні містки, що ніби «зшивають» полімерні ланцюги між собою з утворенням полімеру просторової будови:



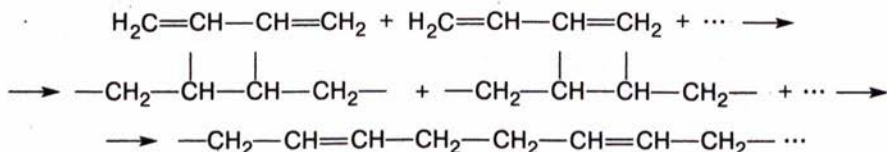
Вулканізований каучук (гума)

З вулканізованого каучуку виготовляють *гуму*, додаючи наповнювачі для поліпшення якості матеріалу. Наповнювачами можуть бути сажа, кремнезем SiO_2 або алюміній оксид Al_2O_3 , що надають гумі пружності та стійкості проти стирання.

Залежно від умісту сірки можна добувати полімери різного ступеня еластичності й твердості. Високовулканізований каучук, відомий під назвою *ебоніт*, відзначається високими твердістю й міцністю.

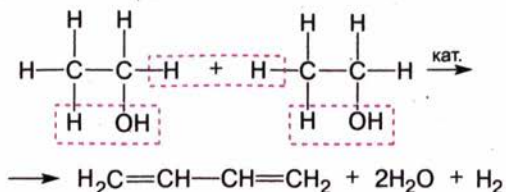
Автомобільний транспорт, що розвивався, інші потреби техніки та й важкодоступність сировини змушували вчених шукати способи добування синтетичного каучуку.

Один із перших синтезів каучуку було проведено в 1931 р. за методом російського хіміка С. В. Лебедева. Це був бутадієновий каучук, що утворювався полімеризацією бутадієну за участю каталізатора (металічного натрію):



Складіть загальну формулу полімеру.

Бутадієн для цього синтезу добували з етилового спирту за реакціями дегідратації та дегідрування:



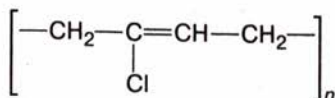
Нині промисловість виготовляє багато різних видів каучуків, за властивостями наближених до натурального. Це стало можливим завдяки застосуванню спеціальних каталізаторів. Сировиною є продукти переробки нафти.

Бутадієновий та ізопреновий — це каучуки загального призначення. Вони використовуються для виготовлення шин та інших гумових виробів для техніки, побуту тощо (мал. 124).



Мал. 124. Цех шинного заводу

До каучуків спеціального призначення належить хлоропреновий:



Це негорючий матеріал, а за властивостями світло-, термо-, масло-стійкості цей каучук переважає натуральний.



Лабораторний дослід 19. Порівняння властивостей каучуку і гуми

Дослід А. Еластичність каучуку і гуми.

Випробуйте шматки каучуку і гуми на розтяг і розрив.

Який матеріал розтягується легше і швидше повертається до початкового стану?

Який матеріал легше розірвати?

Зробіть висновки.

Дослід Б. Відношення каучуку і гуми до розчинників.

Опустіть по шматочку каучуку і гуми в пробірки з бензином. Запишіть пробірки до наступного уроку.

Що спостерігаєте?



Завдання для самоконтролю.....

1. Поясніть відмінність у будові натурального ізопренового й синтетичного бутадієнового каучуку.
2. Зобразіть фрагмент стереорегулярного ланцюга хлоропренового каучуку.
3. У чому, на вашу думку, полягає значення синтезу за методом Лебедева?
4. Назвіть галузі застосування синтетичних каучуків.



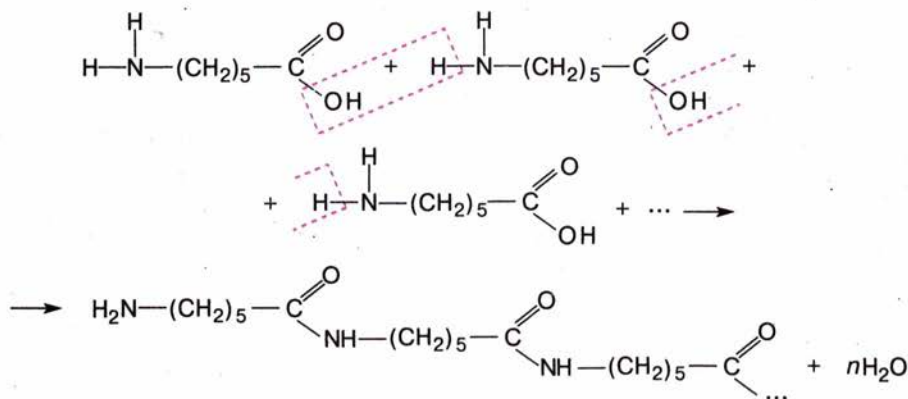
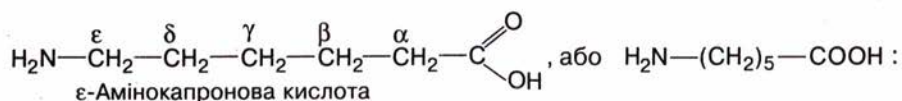
Додаткове завдання.....

Складіть рівняння послідовних реакцій перетворення крохмалю на бутадієновий каучук.

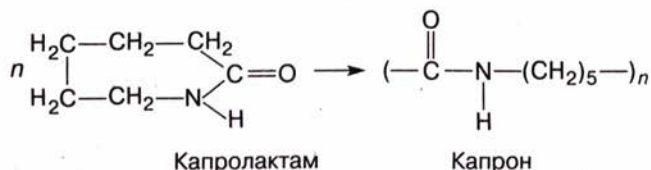
§ 35. СИНТЕТИЧНІ ВОЛОКНА

Як вам відомо, *натуральні волокна* — бавовну, льон, вовну, шовк — виробляють із природних волокнистих матеріалів. Із природного полімеру целюлози добувають *штучні* (ацетатне, віскозне) волокна, а з них виробляють штучний шовк.

Речовини, які здатні утворювати волокна, можна й синтезувати. Якщо бавовна і льон — полімерні матеріали, мономером яких є вуглевод, то вовна і шовк — полімери білкової природи. Їхні макромолекули утворюються в результаті взаємодії амінокислот. З'ясовано, що подібну структуру має полімер ϵ -амінокапронової кислоти



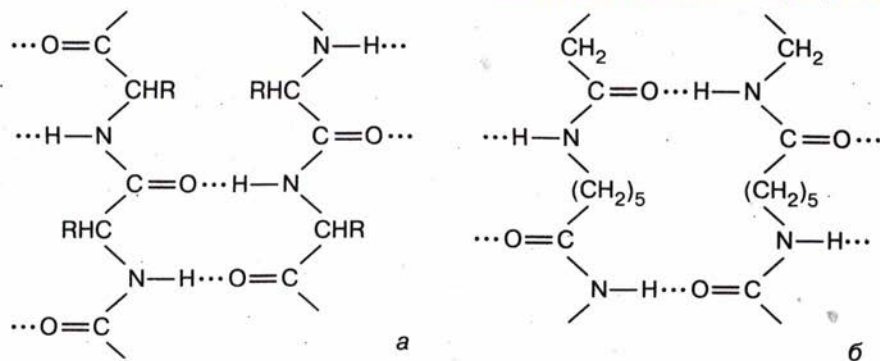
У промисловості для полімеризації використовують не саму ϵ -амінокапронову кислоту, а її похідну — капролактам:



Волокно, що його вироблено з такого полімеру, називають *капроном*.

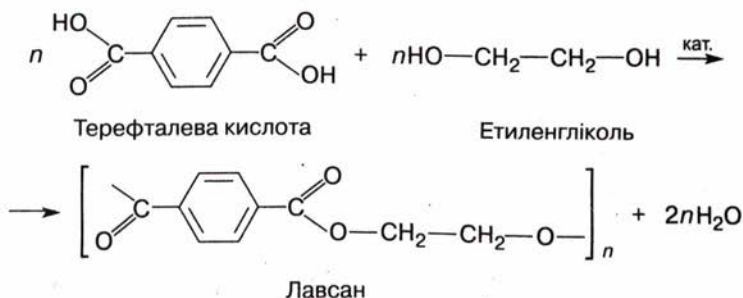
Капрон належить до *поліамідних* волокон, оскільки утворюється за рахунок амідних (пептидних) зв'язків. Подібність структури капрону до природних волокон білкового походження, зокрема шовку, можна виявити, порівнявши загальні схеми їхньої будови (мал. 125).

Бачимо, що в обох структурах є міжмолекулярні водневі зв'язки. Це надає волокнам високої міцності. Крім того, капронове волокно має ще ряд цінних властивостей: не вбирає вологи і через це швидко висихає, стійке проти стирання.



Мал. 125. Фрагмент будови макромолекули натурального шовку (а) і капрону (б)

Іншу групу синтетичних волокон становлять *поліестерні* волокна. Неважко здогадатися, що ця назва відбиває будову полімеру. Справді, у структурі згаданих волокон є естерні зв'язки. Полімер, з якого виробляють відоме вам волокно *лавсан* (або терилен), утворюється внаслідок поліконденсації дикарбонової терефталевої кислоти та етиленгліколю. Взаємодія відбувається між гідроксильними та карбоксильними групами цих сполук:



Лавсанове волокно має цінні властивості: воно міцне, термостійке, на нього не діють розбавлені розчини кислот і лугів.

Капрон і лавсан використовують для пошиття одягу, виготовлення оздоблювальних матеріалів. Застосовують їх і в техніці: з капронової смоли формують деталі різних механізмів, з лавсану роблять фільтрувальні тканини, канати тощо.



Лабораторний дослід 20. Відношення синтетичних волокон до розчинів кислоти і лугу

Налийте у дві пробірки по кілька мілілітрів розбавленої сульфатної кислоти, у дві інші — розчин лугу. Опустіть у різні розчини шматочки тканин з капрону і лавсану. Що спостерігаєте?

Нагрійте вміст пробірок на слабкому вогні. Що спостерігаєте?



Завдання для самоконтролю.....

1. Які види волокон вам відомі?
2. У чому полягає відмінність у хімічній природі бавовни і шовку?
3. Схарактеризуйте структуру капрону. Поясніть, чому він належить до поліамідних волокон.
4. Які переваги і вади капрону?
5. Схарактеризуйте структуру поліестерних волокон. Поясніть їхню назву.
6. Поясніть застосування синтетичних волокон на основі їхніх властивостей.



Додаткове завдання.....

Найлон — поліамідне волокно, утворене внаслідок взаємодії діаміну $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ та дикарбонової кислоти $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$. Складіть хімічне рівняння цього процесу.

Висновки.....

- Полімерні ланцюги бувають лінійної, розгалуженої та просторової будови.
- За відношенням до нагрівання полімери поділяються на термопластичні й термореактивні.
- До синтетичних полімерних матеріалів належать пластмаси, синтетичні каучуки, синтетичні волокна.
- Щоб перетворити полімер на пластмасу, до нього додають спеціальні речовини.
- Поліетилен низького тиску має кращі експлуатаційні властивості порівняно з поліетиленом високого тиску.
- Промисловість виробляє каучуки загального і спеціального призначення.
- Капрон належить до синтетичних поліамідних волокон, а лавсан — до поліестерних.
- Широке застосування пластмас, синтетичних каучуків і волокон зумовлене їхніми унікальними експлуатаційними властивостями.



§ 36. РОЗМАЙТТЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН, ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ НИМИ

Вивчення органічної хімії побудовано за принципом ускладнення структури і функцій речовин — від вуглеводнів до нуклеїнових кислот. Між цими сполуками є величезна кількість представників інших класів, різних за складом, будовою і властивостями. Ви переконалися, що при всьому своєму розмаїтті органічні речовини утворені обмеженим числом хімічних елементів. Природа дуже економно використала «будівельні матеріали» для створення різноманітних структур, здатних виконувати надзвичайно складні функції, аж до біологічних. Спробуємо узагальнити ознаки, що зумовлюють різноманітність органічних речовин.

Насамперед це **характер карбонового ланцюга**. Навіть за однакового числа атомів Карбону можуть утворюватися молекули у формі ланцюга чи кільця.

Інша ознака — **характер міжкарбонів хімічних зв'язків**. Між атомами Карбону можуть установлюватися прості, кратні та ароматичні зв'язки.

Наявність функціональних груп зумовлює існування різних класів органічних речовин — спиртів, альдегідів, карбонів кислот, естерів, амінів тощо. Різноманітності додають і сполуки, які містять кілька функціональних груп — амінокислоти, вуглеводи та багато інших, що їх вивчають у курсі органічної хімії у вищих навчальних закладах.

Для органічних сполук характерне існування гомологічних рядів. Зміна складу молекули на одну лише групу $-CH_2-$ спричиняє появу нової сполуки зі своїми власними константами. Отже, **гомологія** також є однією з причин різноманітності органічних речовин.

Здатність деяких органічних сполук до реакцій **полімеризації** розширяє кількість органічних сполук, насамперед добутих синтезом.

Ізомерія усіх видів — одна з найважливіших причин розмаїття органічних речовин. Навіть за умови одного й того самого складу молекул можливі різні варіанти їхньої хімічної та просторової будови. Для алкану складу $C_{25}H_{52}$ варіантів хімічної будови існує аж 36 797 588. Щоб обчислити кількість структурних ізомерів алканів, які містять від 1 до 100 атомів Карбону, хімікам Київського національного університету імені Тараса Шевченка довелося розробити спеціальну комп'ютерну програму (додаток 2). Зважте, що наведене вище число ізомерів відбиває не всі можливі варіанти будови сполуки, до цього слід додати ще й число можливих конформерів.

Отже, розмаїття органічних сполук, ускладнення їхньої будови і функцій — від метану до ДНК — пов'язане переважно з необмеженими можливостями комбінування структур, взаємного розміщення атомів і фрагментів молекул за умови одного й того самого складу.

Будова, зокрема просторова, визначає специфічні функції білків, нуклеїнових кислот, властивості полімерів, дію лікарських засобів. Завдяки своїй будові біологічно активні речовини посідають вищий рівень організації речовини.

Рівні структурної організації органічних речовин. Сучасна наука розглядає структурну організацію речовини як упорядкованість, єдність і взаємозв'язки її окремих складових. Такими складовими можуть бути елементарні частинки, атоми, молекули, полімери (макромолекули), надмолекулярні утворення. Останні ще називають супрамолекулярними (від лат. *supra* — над). Очевидно, що молекулярні речовини складніші за будовою порівняно з атомними, а полімерні — порівняно з молекулярними. У зв'язку з цим речовини можна розташувати в певному порядку, за рівнями складності — від нижчого до вищого, тобто в їхній ієрархії (від грец. *священний* і *влада*; в широкому розумінні — розташування частин у певному порядку, від вищого до нижчого). Такими рівнями структурної організації хімічних сполук є: атомний, молекулярний, полімерний, супрамолекулярний. Кожний вищий рівень ґрунтується на нижчому і включає його.

Органічна хімія вивчає молекулярний, полімерний і частково супрамолекулярний рівні організації речовин. Метан, етанол, амінокислоти — це молекули; поліетилен, поліпептид — полімери. Білок

у своїй четвертинній структурі є ансамблем молекул, тобто надмолекулярним утворенням, якому властиві специфічні біологічні функції. Його будову вивчає хімія, функції — біологія.

Поняття про рівні структурної організації речовин збагачує наші уявлення про причини їхньої багатоманітності та дає змогу зрозуміти перехід від неживого до живого, оскільки саме рівень організації впливає на здійснення речовинами біологічних функцій.

Розглянемо такий приклад. Хімічний склад білка, послідовність сполучення амінокислот є одними й тими самими в природному й денатурованому білку. Але оскільки в останньому зруйновано вторинну і третинну структури, то такий білок позбавлений біологічних функцій. Для їх здійснення у білка має бути структурна організація не будь-якого, а певного рівня.

Якщо розглядати рівні організації не лише речовин, а матерії в цілому, то атомний рівень організації межує із субатомним (від лат. *sub* — під), тобто рівнем елементарних частинок, який вивчає фізика; супрамолекулярний рівень — з клітинним, організменним та надорганізменним рівнями, які вивчає біологія. Отже, органічні речовини пов'язують у єдиний ланцюг усі рівні організації матерії — від неживої до живої, а органічна хімія як галузь науки є важливою ланкою у зв'язках між природничими науками.

Генетичні зв'язки. За всієї різноманітності органічні речовини здатні до взаємоперетворень. З простіших можна добути складніші, від сполук одного класу перейти до сполук іншого. Окреслимо, наприклад, шлях хімічних перетворень вуглеводнів у амінокислоти (схема 3).

Схема 3



◆ Складіть рівняння реакцій за схемою 3.

◆ Доповніть схему 3 неорганічними сполуками. Зробіть висновок.

Завдяки взаємоперетворенню органічних сполук можна здійснювати синтези, спрямовані на добування речовин із заздалегідь заданими властивостями. Так, з порівняно простих за будовою вуглеводнів можна синтезувати велику кількість складних речовин, потрібних і корисних людині. Вуглеводні є продуктами переробки нафти і природного газу, а тому найдоступнішою хімічною сировиною. Нафтохімічна промисловість забезпечує величезну кількість виробництв — синтетичних каучуків, мийних засобів, волокон, пластичних мас, ліків, засобів захисту рослин та багато інших.



Завдання для самоконтролю.....

1. Складіть формули і назви органічних речовин, що ілюструють ознаки розмаїття органічних сполук.
2. Складіть схему класифікації органічних сполук, наведіть приклади речовин, визначте їхні функціональні групи.
3. Наведіть приклади ізомерії карбонового скелета, положення кратного зв'язку, положення функціональної групи, міжгрупової та міжкласової ізомерії, *цис-*, *транс-*ізомерії. Складіть структурні формули і назви речовин.
4. Наведіть приклади реакцій органічних сполук: гідрування, гідролізу, гідратації, дегідроциклізації, ізомеризації, омилення. Складіть рівняння реакцій.
5. Назвіть речовини, що є основою таких продуктів органічного походження: мило, цукор, оцет, бензин, картопляне борошно, алкоголь, папір, сало, гума, капрон.
6. Складіть кілька схем генетичних перетворень органічних речовин, запропонуйте розв'язати їх вашим однокласникам.
7. Які речовини і яких класів можна було б виявити в колбах, що належали: Миколі Зініну, Миколі Зелінському, Івану Горбачевському, Фрідріху Кекуле, Емілю Фішеру?
8. Прокоментуйте висловлювання одного з літературних героїв А. П. Чехова: «Незабаром хімічним шляхом виготовлятимуть молоко і дійдуть, мабуть, до м'яса!.. З нічого не вартих газів і подібного виготовлятимуть усе, що заманеться!».
9. Уявіть, яким міг бути лист Ф. Велера до Я. Берцеліуса (див. с. 9), якби вчений писав його в наш час. Спробуйте скласти такого листа.

§ 37. ХІМІЯ: НАУКА ДЛЯ ХХІ СТОЛІТТЯ

От і завершується курс хімії, що супроводжував вас із 7 класу. Для когось навчання хімії триватиме й далі, коли ви здобуватимете вищу чи професійну освіту в галузях, так чи інакше пов'язаних із цією наукою, — біології, медицини, екології, фізики, геології, харчової, легкої промисловості, будівельної індустрії, технології та багатьох інших. Хтось більше ніколи не повернеться до вивчення хімічних теорій, внутрішньої будови речовин, закономірностей хімічних реакцій. Але кожного з вас упродовж усього життя оточуватимуть матеріали хімічних виробництв, завдяки яким працюють комп'ютери й мобільні телефони, рухаються автомобілі, проводять медичні обстеження й лікування, з яких виготовляють одяг, якими облаштовують житло, які підвищують врожай і зберігають його. Ви житимете в довкіллі, де відбуваються численні хімічні перетворення, що впливають на повітря, річки, ґрунти і визначають не лише їхній стан, а й стан вашого здоров'я. Вчителі та автори підручників хімії намагалися пояснити вам, як улаштований довколишній світ і як він функціонує — адже саме хімія дає відповіді на ці питання. Саме для того, щоб розуміти внутрішню будову речовин, закони, що керують хімічними явищами в природі, в організмі, в техніці, використо-

увати ці знання з користю для природи, для збереження здоров'я, примноження добробуту суспільства, ви й вивчали хімію.

Спробуйте разом узагальнити знання про здобутки хімії в різних сферах життя, обговорити деякі актуальні проблеми, що їх допомагає розв'язати хімія. Для цього вам треба пригадати вивчене, скориставшись у разі потреби підручником, довідником, енциклопедією, інтернет-ресурсами тощо, і поміркувати над питаннями, які будуть сформульовані нижче.

У наш час відбувається колосальне розширення й поглиблення хімічних знань. Досягнення цивілізації останніх десятиріч тісно пов'язані з успіхами хімії у науковій та виробничій галузях, її вплив на науково-технічний прогрес і розвиток нехімічної сфери діяльності людини є цілком очевидним.

◆ Наведіть власні аргументи на підтвердження або спростування цієї тези.

Простежуючи розвиток хімії, можна виявити очевидну узгодженість рівня цивілізованості практично всіх виробничих і побутових сфер та рівня хімічних знань і розвитку синтетичної хімії. Динаміка цього розвитку вражає — показником може бути зростання кількості синтезованих сполук: 1880 р. — близько 12 тис., 1910 р. — 150 тис., 1940 р. — 500 тис. Нині ніхто не ризикне назвати точну кількість відомих речовин, бо щороку синтезують від 200 до 300 тис. лише органічних сполук. Останніх на сьогодні відомо вже 20 млн і до цього слід додати близько 700 тис. неорганічних сполук.

◆ Поясніть, як ви розумієте такі висловлювання вчених-хіміків щодо багатоманітності речовин:

«Розвиток хімії показав, що різноманітність речовин у природі пояснюється не стільки різноманітністю атомів, скільки різноманітністю сполучень невеликої кількості різних атомів між собою в ансамблі» (В. Ковтуненко).

«Багатоманітність сполук Карбону є дивовижним і єдиним свого роду явищем» (П. Карер).

Синтез нових сполук є найголовнішим напрямом розвитку хімії. Органічний синтез, зокрема, відіграє провідну роль не лише у створенні практично корисних речовин, а й у пізнанні складних взаємодій у біологічних системах на молекулярному рівні, що є надзвичайно важливим завданням сучасного природознавства (мал. 126).

Якщо біолог, геолог, астроном досліджують природу, то хімік-синтетик повинен спершу добути речовину, якої до цього в природі не існувало, дослідити її властивості й перетворення. Видатний французький хімік-органік XIX ст. М. Бертло зазначав: *«Хімія сама створює свої об'єкти»*. Синтетичну хімію іноді порівнюють із мистецтвом. Інший французький хімік, наш сучасник, лауреат Нобелівської премії Ж. М. Лен висловився так: *«Хімік воістину творить нові світи, які не існували, поки не вийшли, оформившись, із його рук, подібно до того, як матеріал, щойно вийшовший з рук майстра, набуває сили й виразності витвору мистецтва»*.

◆ Наведіть ваше власне тлумачення цих висловлювань.



Мал. 126. Усе починається з лабораторії органічного синтезу

Будучи яскраво самобутньою і посідаючи виняткове місце серед інших природничих наук, хімія водночас тісно пов'язана з ними.

Речовина як вид матерії є об'єктом вивчення і хімії, і фізики, і біології. Фізика розглядає дискретну будову речовини, різні її стани, вплив будови на властивості, що «цікавить» також і хімію. У курсі біології вивчають біологічно активні речовини — білки, вуглеводи, жири, нуклеїнові кислоти. Їхня структурна організація є визначальною у здійсненні ними життєво важливих функцій, а пізнати структуру цих речовин можна лише на основі хімічних знань (мал. 127).

Плідність провідних ідей хімії доведено розвитком усіх галузей природознавства, передусім біології. Вам відомо, що органічна хімія розпочиналася з дослідження речовин рослинного і тваринного походження. Завдяки цьому було з'ясовано склад і структуру багатьох біологічних субстанцій. Водночас біологічні субстанції — природні вуглеводи, що становлять основу рослинного світу, є джерелом добування штучних волокон, спиртів, багатьох інших речовин. Саме хімікам належить розшифрування структури і штучне відтворення таких складних біологічних об'єктів, як жири, деякі білки, вуглеводи, вітаміни. Хімія сприяє розумінню перебігу процесів у організмах на молекулярному рівні.

Хімію біологічно активних речовин, що становлять вищий рівень речовинної форми організації матерії, порівнюють з молекулярною інформатикою, предметом якої є збереження й зчитування інформації, записаної в параметрах молекул.



Мал. 127. Модель молекули білка міоглобіну

◆ Пригадайте, як передається генетична інформація, які сполуки беруть участь у цьому процесі.

Відбувається взаємопроникнення біології і хімії: остання, наприклад, використовує природні ферменти як хімічні реагенти в **біотехнологічних** процесах. Величезна кількість біомаси рослин, накопичена на планеті, розглядається в біотехнології як перспективна сировина для добування вуглеводнів та інших органічних речовин, що є сировиною для органічного синтезу.

З хімією пов'язані й успіхи в застосуванні іншої сучасної технології — **нанотехнології**. Карбонові нанотрубки (мал. 128) вже використовують на практиці завдяки їхнім особливим механічним, оптичним і напівпровідниковим властивостям, а в перспективі наносполуки можуть стати основою побудови квантових комп'ютерів.

◆ Підготуйте повідомлення про досягнення біо- й нанотехнології.

Хімія традиційно пов'язана з **виробництвом**, є першопричиною створення виробництв синтетичних барвників, лікарських засобів, харчових добавок. У свою чергу, розвиток хімічних виробництв є стимулом розвитку теоретичної хімії. Пошуки дешевої сировини для промисловості сприяли досконалому вивченню складу продуктів переробки кам'яного вугілля, серед яких було виявлено багато цінних сполук.

Вивчення речовини розпочинається з ознайомлення з її агрегатним станом за звичайних умов і фізичними властивостями, такими як колір, запах, твердість, еластичність, температури плавлення й кипіння. Для багатьох речовин визначальними щодо їхніх властивостей є міжмолекулярна (фізична) взаємодія. Сучасні методи ідентифікації речовин ґрунтуються на вивченні їхніх спектрів у різних діапазонах. Отже, фізичні знання й фізичні методи органічно входять до хімічної науки. Водночас новітні матеріали — продукти синтетичної органічної хімії — «обслуговують» різноманітні галузі **фізики, електроніку, електротехніку**.

Взаємне проникнення знань з фізики, хімії, біології, технологій виявляється і в методах дослідження, що використовуються в цих галузях: ядерний магнітний резонанс, спектроскопія у видимій, ультрафіолетовій та інфрачервоній ділянках спектра, полярографія, хроматографія та ін.



Мал. 128. Карбонові нанотрубки — основа перспективних матеріалів

Хімія тісно взаємодіє з **медициною**, прикладом чого є створення синтетичних лікарських засобів. Протягом багатьох століть хімія була пов'язана з медициною, а нині є «серцем сучасної медицини». Ще у працях алхіміків описано способи виготовлення ліків із трав, олій, смол, воску тощо за допомогою таких хімічних операцій, як екстрагування, настоювання, розчинення, змішування, фільтрування, возгонка тощо.

У XV—XVI ст., коли завдяки географічним відкриттям значно розширилися контакти між

державами і людьми, розповсюдилися і хвороби, які часто набували характеру епідемій. На боротьбу з ними спрямовувалися зусилля тогочасної медицини. Саме в XVI ст. завдяки працям Парацельса було засновано ятрохімію, що використовувала хімічні сполуки як ліки. На той час це були переважно сполуки Стибію, Арсену, Плюмбуму, Меркурію та деяких інших елементів, а також екстракти рослинного і тваринного походження. Пізніше з рослинних продуктів почали виділяти активні речовини, наприклад хінін з кори хінного дерева, морфін з опіуму.

У XIX ст. почали досліджувати фізіологічну дію синтетичних органічних сполук, серед яких було виявлено антисептичні, снодійні, анестезуючі, антипіритичні речовини. З одного боку, створення синтетичних лікарських засобів вплинуло на розвиток усієї медицини. З іншого, хімія лікарських засобів залежала від розвитку хімії кам'яного вугілля, оскільки продукти його переробки, що містяться в кам'яновугільній смолі, є сировиною для органічного синтезу. Таким чином технічні й технологічні проблеми переробки кам'яного вугілля переплелися з проблемами теоретичної і практичної хімії, фармакології, медицини.

Іншим прикладом розв'язування гуманітарної проблеми за допомогою хімії є створення промисловості й застосування синтетичних барвників.

- ◆ Пригадайте, що вам відомо про це, і поясніть, як виникнення промисловості органічного синтезу пов'язане з хімією вугілля.
- ◆ Наведіть приклади взаємозв'язків хімії й геології, хімії й математики, хімії й інших наук і технологій.

Величезну кількість хімічних сполук «задіяно» в розв'язуванні **глобальних проблем людства**: продовольчої, сировинної, енергетичної, екологічної. Саме остання пов'язується суспільною думкою зі здобутками й прорахунками хімії. Створений руками людини світ синтетичних речовин забезпечує її потреби в повсякденному житті, але водночас стає біогеохімічним чинником глобального масштабу. Ідеться не лише про забруднення довкілля під час виробництва й використання продуктів синтетичної хімії, а про непередбачуваність реакції природних об'єктів на вплив цих продуктів. Наприклад, поява нових ліків призводить до формування нових резистентних (стійких) штамів мікроорганізмів.

Вплив хімії на довкілля й наше життя в цілому постійно зростає. Об'єктивно існуючи в техносфері, сучасна людина використовує штучно створені речовини і матеріали, що є продуктами хімічного виробництва. Використання цих продуктів потребує певних хімічних знань, хімічної культури, що стають чинником виживання в реальних умовах екологічних ризиків.

- ◆ Підготуйте повідомлення про вплив хімічних сполук на довкілля, здоров'я людини та про засоби запобігання їх шкідливому впливу.
- ◆ Людство докладає величезних зусиль до пошуку нових джерел енергії (мал. 129). Яка, на вашу думку, роль хімії у розв'язуванні цієї проблеми?



Мал. 129. Ріпак — сировина для виробництва біопалива

Сучасні наукові хімічні знання є підґрунтям реалістичного ставлення до навколишнього світу, в якому значне місце посідає взаємодія людини з різними речовинами. Істинне знання про природу речей, як у високому науковому сенсі, так і в утилітарному, дає змогу позбутися страху перед глобальними проблемами людства, розкрити шляхи їх упередження й розв'язування, оскільки саме хімія володіє методами поліпшення екологічної ситуації, забезпечує людство матеріалами, енергією, засобами боротьби з хворобами.

Вплив хімічних знань на духовну й матеріальну культуру людства не потребує додаткової аргументації. Вивчаючи хімію, ви переконалися, що ці знання використовуються в усіх наукових і технологічних галузях, уся практична діяльність людини пов'язана з використанням природних, штучних і синтетичних речовин і матеріалів, а одвічне прагнення людства до розкриття таємниці живого може здійснитися через пізнання процесів у організмах на молекулярному рівні. Усе це визначає важливу гуманістичну функцію знань з хімії, їхнє місце в загальному світогляді людини, її ставленні до навколишнього світу.

- ◆ Складіть короткі висновки за матеріалами цього параграфа. Висловіть своє ставлення до викладених фактів і положень. Поясніть значення хімічних знань для гармонійного життя в довіклі.
- ◆ Наприкінці вивчення курсу хімії напишіть твір на тему: «Чому я люблю (не люблю) хімію».

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1

Виявлення Карбону, Гідрогену і Хлору в органічних речовинах

Дослід 1. Виявлення Карбону і Гідрогену.

Для роботи потрібні

реактиви: парафін — 0,5 г, порошок купрум(II) оксиду — 1—2 г, вапняна вода — 2—3 мл, безводний купрум(II) сульфат — 2 г;

обладнання і хімічний посуд: пробірка з газовідвідною трубкою, пробірка для вапняної води, нагрівальний прилад, штатив.

Парафін — суміш твердих високомолекулярних насичених вуглеводнів білого або жовтого кольору; $t_{\text{пл}}^{\circ} = 50\text{—}55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

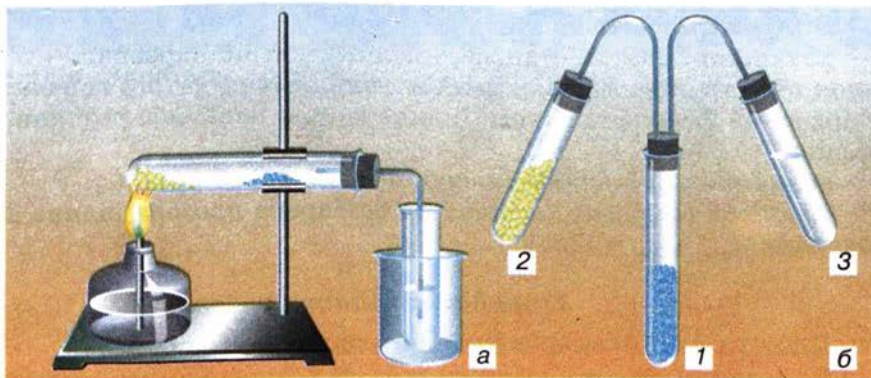
Збирання приладів. Дослід можна проводити у приладі для добування газів (мал. 130, а) або у спеціальному приладі для визначення Карбону і Гідрогену (мал. 130, б).

Порядок виконання дослідів

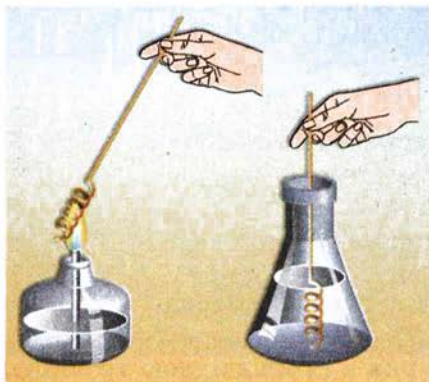
Суміш досліджуваної речовини (парафіну) з купрум(II) оксидом вмістіть у суху пробірку (мал. 130, а) і закріпіть її у штативі в горизонтальному положенні. Обережно внесіть на її стінку безводний купрум(II) сульфат і закрийте пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опустіть у пробірку з вапняною водою.

Обережно нагрівайте пробірку з досліджуваною речовиною. Спостерігайте зміни, що відбуваються з купрум(II) оксидом, купрум(II) сульфатом, вапняною водою. Після цього дослід припиніть.

Увага! Щоб запобігти розтріскуванню пробірки, стежте, щоб після припинення нагрівання рідина не потрапила по трубці у прилад.



Мал. 130. Виявлення Карбону і Гідрогену в органічній сполуці: 1 — суміш досліджуваної речовини з купрум(II) оксидом; 2 — безводний купрум(II) сульфат; 3 — вапняна вода



Мал. 131. Виявлення галогену в органічній сполуці

сильним запахом; $t_{\text{кип}}^{\circ} = 83,5^{\circ}\text{C}$.

Проба Бейльштейна: якщо в полум'я внести окиснену мідну дrottину з органічною речовиною, до складу якої входить галоген, полум'я забарвиться в зелений чи синьо-зелений колір.

Порядок виконання досліду

Кінець мідної дrottини зігніть петелькою або спіраллю діаметра 1—2 мм. Прожарте дrottину в полум'ї доти, доки полум'я стане безбарвним, охолодіть її. Занурте дrottину в досліджувану хлоровмісну речовину і знову внесіть у полум'я (мал. 131). Зелене забарвлення полум'я засвідчує наявність Хлору в сполуці, виданій вам для аналізу.

Увага! Легкозаймисті органічні сполуки тримайте якнайдалі від вогню!

Практична робота 2

Властивості етанової кислоти

Для роботи потрібні

реактиви: розчин етанової кислоти, натрій карбонат — 5 г, порошок або стружка магнію, розбавлений розчин натрій гідроксиду, забарвлений фенолфталеїном, індикаторний папір або розчини індикаторів;

обладнання і хімічний посуд: штатив з пробірками.

Етанова (оцтова) кислота — безбарвна прозора рідина з різким запахом; $t_{\text{кип. безв}}^{\circ} = 118,1^{\circ}\text{C}$.

Порядок виконання роботи

Дослід 1. Дія етанової кислоти на індикатори.

До розчину етанової кислоти додайте розчин лакмусу чи метилового оранжевого.

Як змінилося забарвлення розчину?

Дослід 2. Взаємодія етанової кислоти з основами.

Яку роль відіграє в цьому досліді купрум(II) оксид? З якою метою використовують вапняну воду?

Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються.

Дослід 2. Виявлення Хлору (проба Бейльштейна).

Для роботи потрібні

реактиви: хлоровмісна органічна сполука (хлороформ, дихлороетан — 1 мл), мідний дріт завтовшки 1—2 мм;

обладнання: нагрівальний прилад з відкритим полум'ям.

Хлороформ — безбарвна рідина з характерним запахом; $t_{\text{кип}}^{\circ} = 61,1^{\circ}\text{C}$.

Дихлороетан — безбарвна рідина із

До розчину натрій гідроксиду, забарвленого фенолфталеїном, по краплях добавляйте розчин етанової кислоти до знебарвлення розчину фенолфталеїну.

Що засвідчує цей дослід? Напишіть рівняння реакції.

Дослід 3. Взаємодія етанової кислоти з металами.

У пробірку з розбавленим розчином етанової кислоти вмістіть стружку магнію. Спостерігайте виділення газу.

Який газ виділяється? Напишіть рівняння реакції.

Дослід 4. Взаємодія етанової кислоти із солями.

У пробірку з розчином етанової кислоти додайте сіль кислоти, слабкішої за етанову, наприклад натрію карбонат. Спостерігайте виділення газу.

Який газ виділяється?

Свої спостереження під час дослідів підтвердіть рівняннями реакцій.

Практична робота 3

Розв'язування експериментальних задач

Задача 1. Доведіть експериментально, що в пронумерованих пробірках міститься: а) гліцерол; б) фенол; в) олеїнова кислота.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Напишіть рівняння реакцій.

Задача 2. Доведіть експериментально, що етанова кислота належить до слабких кислот.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Напишіть рівняння реакцій.

Задача 3. Визначте хімічним способом, у якій з виданих вам пробірок міститься кислота: а) метанова; б) етанова.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Напишіть рівняння реакцій.

Задача 4. Добудьте стеаринову кислоту з мила.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Напишіть рівняння реакцій.

ВІДПОВІДІ ДО ДОДАТКОВИХ ЗАВДАНЬ

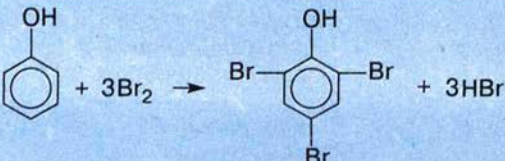
- § 5. 2. Б, В. 3. Б. 6. C_4H_{10} . 7. 2,375 м³. 8. Б. 9. (1) так; (2) ні. 14. Г. 15. А, Г.
§ 6. 5. А, В, Г.
§ 7. 2. А, В, Г. 9. А, В, Г, Д. 11. C_2H_4 .
§ 10. 6. 80 %.
§ 16. 11. 1,2 т. 12. 1,05 т.
§ 17. C_2H_6O .
§ 18. 7. Б.
§ 19. 4. 662 кг. 5. А.
§ 20. 8. В. 9. 60 л.
§ 22. 10. 175 г.
§ 23. 6. А.
§ 25. 10. А.
§ 26. 7. В.
§ 28. 13. 9,5 кг.
§ 29. 8. А.

ДОДАТКИ

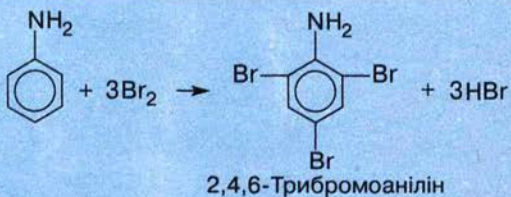
Додаток 1

Якісні реакції на деякі органічні речовини

Речовина	Реактив та ознака реакції	Рівняння реакції
Насичені вуглеводні	За стандартних умов не вступають у хімічні реакції	—
Етен	Знебарвлення розчину калій перманганату	$3\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow 3\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$ Етиленгліколь
	Знебарвлення бромної води	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$ 1,2-Дибромоетан
Етин	Знебарвлення розчину калій перманганату (повільніше порівняно з аналогічною реакцією етену)	$3\text{CH}\equiv\text{CH} + 8\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow 3\begin{array}{c} \text{O} \quad \quad \text{O} \\ \parallel \quad \quad \parallel \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \end{array} + 8\text{MnO}_2 + 8\text{KOH}$ Щавлева кислота
	Знебарвлення бромної води (повільніше порівняно з аналогічною реакцією етену)	$\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$ 1,1,2,2-Тетрабромоетан
	Утворення білого осаду з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду	$\text{HC}\equiv\text{CH} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Ag}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Ag}\downarrow + 4\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ Аргентум ацетиленід
	Утворення червоно-коричневого осаду з амоніачним розчином купрум(I) хлориду	$\text{HC}\equiv\text{CH} + 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Cu}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cu}\downarrow + 4\text{NH}_3\uparrow + 2\text{HCl}$ Купрум(I) ацетиленід
Бензен	Утворення важкої жовтуватої рідини із запахом гіркої мигдалю в результаті дії суміші нітратної і сульфатної кислот	$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HO}-\text{NO}_2 \xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}), t^\circ]{}$ $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Нітробензен

Речовина	Реактив та ознака реакції	Рівняння реакції
Етанол	Утворення жовтого осаду з йодом у лужному середовищі	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH} + 4\text{I}_2 + 6\text{NaOH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CHI}_3 + \text{HCOONa} + 5\text{NaI} + 5\text{H}_2\text{O}$ <p>Йодоформ</p>
Гліцерол	Утворення яскраво-синього розчину з купрум(II) гідроксидом	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—OH} \\ \\ 2\text{CH—OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{—OH} \end{array} + \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{C—O} \quad \text{O—CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{HC—O} \quad \text{O—CH} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{HO—CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C—OH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>Купрум(II) гліцерат</p>
Фенол	Утворення білого осаду з бромною водою	 <p>2,4,6-Трибромфенол</p>
	Утворення фіолетового розчину з ферум(III) хлоридом	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Комплексна сполука}$
Альдегіди	Утворення червоного осаду з купрум(II) гідроксидом під час нагрівання	$\text{R—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{t^\circ}$ $\xrightarrow{t^\circ} \text{R—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
	Утворення «срібного дзеркала» з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду	$\text{R—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array} + 2[\text{Ag(NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{R—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{Ag} \downarrow + 4\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Речовина	Реактив та ознака реакції	Рівняння реакції
Карбонові кислоти	Зміна забарвлення індикаторів лакмусу і метилового оранжевого на червоний колір	$R-COOH \rightleftharpoons R-COO^- + H^+$
Етанова кислота	Утворення темно-червоного осаду з ферум(III) хлоридом	$CH_3COOH + FeCl_3 \rightarrow$ Комплексна сполука
Метанова кислота	Утворення «срібного дзеркала» з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду	$HCOOH + Ag_2O \xrightarrow[NH_3 \cdot H_2O]{t^\circ} CO_2 \uparrow + H_2O + 2Ag \downarrow$
Глюкоза	<p>Проба на альдегідну групу</p> <p>Утворення червоного осаду з купрум(II) гідроксидом під час нагрівання</p>	$CH_2OH-(CHOH)_4-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ}$ $\xrightarrow{t^\circ} CH_2OH-(CHOH)_4-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH + Cu_2O \downarrow + 2H_2O$ <p style="text-align: center;">Глюконова кислота</p>
	<p>Проба на гідроксильні групи</p> <p>Утворення синього розчину з купрум(II) гідроксидом</p>	$\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ C \\ \\ H \\ \\ (CHOH)_2 \\ \\ 2H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ CH_2-OH \end{array} + Cu(OH)_2 \rightarrow$ $\begin{array}{c} O \qquad \qquad O \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ C \qquad \qquad \qquad C \\ \qquad \qquad \qquad \\ H \qquad \qquad \qquad H \\ \qquad \qquad \qquad \\ (CHOH)_2 \qquad (CHOH)_2 \\ \qquad \qquad \qquad \\ H-C-O \qquad \qquad O-C-H \\ \qquad \qquad \qquad \\ H-C-O \qquad \qquad O-C-H \\ \qquad \qquad \qquad \\ CH_2-OH \qquad \qquad CH_2-OH \end{array} + 2H_2O$ <p style="text-align: center;">Купрум(II) глюконат</p>

Речовина	Реактив та ознака реакції	Рівняння реакції
Глюкоза	Утворення «срібного дзеркала» з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду	$\text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow[\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]{t^\circ}$ $\rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + 2\text{Ag}\downarrow$
Крохмаль	Поява синього забарвлення в результаті взаємодії з йодом	
Анілін	Утворення білого осаду з бромною водою	 <p style="text-align: center;">2,4,6-Триброманілін</p>
Білок	Поява фіолетового забарвлення внаслідок взаємодії з купрум(II) гідроксидом	—
	Поява жовтого забарвлення внаслідок взаємодії з концентрованою нітратною кислотою	—

Число ізомерів алканів

Назва	Формула	Число ізомерів
Бутан	C_4H_{10}	2
Пентан	C_5H_{12}	3
Гексан	C_6H_{14}	5
Гептан	C_7H_{16}	9
Октан	C_8H_{18}	18
Нонан	C_9H_{20}	35
Декан	$C_{10}H_{22}$	75
Ундекан	$C_{11}H_{24}$	159
Додекан	$C_{12}H_{26}$	355
Тридекан	$C_{13}H_{28}$	802
Тетрадекан	$C_{14}H_{30}$	1858
Пентадекан	$C_{15}H_{32}$	4347
Ейкозан	$C_{20}H_{42}$	366 319
Пентакозан	$C_{25}H_{52}$	36 797 588
Тріаконтан	$C_{30}H_{62}$	4 111 846 763
Тетракоктан	$C_{40}H_{82}$	62 491 178 805 831

Відносні молекулярні маси (округлені) деяких органічних речовин

Органічні речовини	Радикали	-CH ₃ (15)	-C ₂ H ₅ (29)	-C ₃ H ₇ (43)	-C ₄ H ₉ (57)	-C ₅ H ₁₁ (71)	-C ₆ H ₅ (77)
Вуглеводні; алкани	H (1)	16	30	44	58	72	78
алкени	CH ₂ =CH-(27)	42	56	70	84	98	104
алкіни	CH≡C-(25)	40	54	68	82	96	102
Галогенопохідні вуглеводнів	Cl-(35,5)	50,5	64,5	78,5	92,5	106,5	112,5
	Br-(80)	95	109	123	137	151	157
	I-(127)	142	156	170	184	198	204
Ароматичні вуглеводні	C ₆ H ₅ -(77)	92	106	120	134	148	154
Спирти і феноли	OH-(17)	32	46	60	74	88	94
Етери	CH ₃ -O-(31)	46	60	74	88	102	108
	C ₂ H ₅ -O-(45)	60	74	88	102	116	122
Альдегіди	-CHO (29)	44	58	72	86	100	106
Карбонові кислоти	-COOH (45)	60	74	88	102	116	122
Нітросполуки	-NO ₂ (46)	61	75	89	103	117	123
Аміни: первинні	-NH ₂ (16)	31	45	59	73	87	93
вторинні	CH ₃ NH-(30)	45	59	73	87	101	107

Примітка. В дужках наведено відносні молекулярні маси алкільних та фенільної груп.

Розчинність основ, кислот, амфотерних гідроксидів і солей у воді (за температури 20—25 °С)

Катіон	H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ag ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
Аніон																	
OH ⁻		р	р	р	—	м	р	р	н	н	н	н	—	н	н	н	н
F ⁻	р	м	р	р	р	м	м	м	р	р	м	р	#	м	н	м	р
Cl ⁻	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	р	р	р	р	р
Br ⁻	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	р	р	р	р	р
I ⁻	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	—	м	р	—	р	р
S ²⁻	р	р	р	р	н	#	#	р	н	н	н	н	н	н	#	#	#
SO ₃ ²⁻	р	р	р	р	н	р	м	м	р	м	м	—	#	м	—	—	—
SO ₄ ²⁻	р	р	р	р	м	р	м	н	р	р	м	р	р	р	р	р	р
NO ₃ ⁻	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
PO ₄ ³⁻	р	м	р	р	н	м	н	н	н	м	н	#	#	н	н	н	н
CO ₃ ²⁻	р	р	р	р	м	м	н	н	н	н	н	#	—	н	—	—	—
CH ₃ COO ⁻	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р

Умовні позначення:

«р» — розчинна речовина (розчинність понад 1 г речовини в 100 г води);

«м» — малорозчинна речовина (розчинність від 1 до 0,001 г речовини в 100 г води);

«н» — практично нерозчинна речовина (розчинність менше від 0,001 г речовини в 100 г води);

«—» — речовина не існує;

«#» — речовина існує, але не реагує з водою (її розчинність визначити не можна).

Видатні відкриття в галузі органічної хімії (синхроністична таблиця)

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
IX—X ст.	Праці з алхімії Абу-ар-Разі (лат. Разес)			988 р. Прийняття християнства в Київській Русі
X—XI ст.	IX—XI ст. Добування оцтової кислоти. XI ст. Винайдення дистильційного апарата і добування етилового спирту	XI ст. Винайдення збільшувального скла	1037 р. Спорудження Софійського собору в Києві; перша бібліотека на Русі	1019 — 1054 рр. Князювання Ярослава Мудрого 1054 р. Поділ християнської церкви на православу і католицьку 1096 р. Перший хрестовий похід
XVI ст.	Виникнення ятрохімії, використання хімічних сполук як ліків (Парацельс) Розвиток технічної хімії (твори «Про піро-техніку», «Про мистецтво фарбування») Налагоджено виробництво мила	1543 р. Геліоцентрична система світу (М. Коперник. «Про обертання небесних сфер»)	1501 р. Мікеланджело. «Давид» 1503 р. Леонардо да Вінчі. «Мона Ліза» 1509 р. Е. Роттердамський. «Похвала Глупоті» 1515 р. Рафаель. «Сикстинська мадонна» 1517 р. Друкування «Руської біблії» (Ф. Скорина) 1532 р. Ф. Рабле. «Гаргантюа і Пантагрюель»	1517 р. Початок Реформації в Німеччині 1517—1521 рр. Подорож Ф. Магеллана навколо світу 1550 р. Заснування Запорозької Січі 1558—1603 рр. Правління королеви Єлизавети I (Англія)

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1700—1750	1747 р. Виявлення кристалів цукру в буряках (А. Маргграф)	1700 р. Теорія ймовіроностей (Я. Бернуллі) 1703 р. «Арифметика» Л. Магніцького 1741—1750 рр. Кінетична теорія теплоти (М. Ломоносов, Р. Бойль, Р. Гук, Д. Бернуллі)	1719 р. Д. Дефо. «Робінзон Крузо» 1726 р. Дж. Свіфт. «Подорож Гулівера» 1729 р. Й. С. Бах. «Страсті за Матфеєм»	1709 р. Полтавська битва 1712 р. Конституція П. Орлика 1721 р. Проголошення Росії імперією
1750—1780	1780 р. Киснева теорія горіння (А. Лавуазьє)		1773 р. М. Березовський. «Демофонт»	1757 р. Початок панування Англії на Сході (Індія) 1775 р. Зруйнування Запорозької Січі
1780—1800	1785 р. Встановлення складу болотного газу (К. Бертолле)	1783 р. Перший політ на повітряній кулі (брати Монгольф'є) 1784 р. Парова машина (Дж. Уатт) 1785 р. Закон Кулона	1784 р. Ф. Шиллер. «Підступність і любов» 1785 р. Г. Сковорода. «Сад божественних пісень»; Р. Распе. «Пригоди барона Мюнхгаузена»	1783 р. Визнання незалежності США 1789 р. Узяття Бастилії. «Декларація прав людини і громадянина»
1810—1820	1814 р. Введення символів хімічних елементів (Й. Берцеліус)	1814 р. Потяг на рейках (Дж. Стефенсон)	1816 р. Дж. Россіні. «Севільський цирульник»	1812 р. Битва під Бородіно 1815 р. Битва під Ватерлоо

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1810—1820	1817—1830 рр. Введення формул хімічних сполук (Й. Берцеліус)	1820 р. Закон А. Ампера	1819—1824 рр. Д. Байрон. «Дон Жуан»	1815 р. Священний союз
1820—1830	1823 р. Явище ізомерії (Ю. Лібіх, Ф. Велер) 1828 р. Добування сечовини з амоній цанату (перший синтез органічної речовини, Ф. Велер)	1826 р. Закон Г. Ома 1829—1830 рр. Геометрія М. Лобачевського	1822 р. Е. Делакруа. «Данте і Вергілій» 1829—1830 рр. Ф. Шопен. Фортепіанні концерти	1821—1829 рр. Національно-визвольна боротьба в Греції 1825 р. Повстання декабристів у Росії
1830—1840	1831 р. Відкриття хлороформу 1835 р. Запропоновано термін «альдегід» (Ю. Лібіх)		1831 р. О. Пушкін. «Євгеній Онегін»; А. Стендаль. «Червоне і чорне» 1832 р. В. Гете. «Фауст»	1830 р. Липнева революція у Франції 1836 р. Початок чартиського руху в Англії 1837—1901 рр. Правління королеви Вікторії (Англія)
1840—1850	1842 р. Реакція відновлення нітробензену (М. Зінін) 1844 р. Встановлення гомології органічних сполук (Ш. Жерар)	1841 р. Експериментальне обґрунтування закону збереження енергії (Д. Джоуль)	1840 р. Т. Шевченко. «Кобзар»; М. Лермонтов. «Герой нашого часу» 1842 р. М. Гоголь. «Мертві душі»	1845—1847 рр. Діяльність Кирило-Мефодіївського братства

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1840—1850	<p>1845 р. Синтез оцтової кислоти з елементів (А. Кольбе)</p> <p>Виділення бензену з кам'яновугільної смоли і перетворення його на нітробензен і анілін (А. Гофман)</p> <p>1849 р. Добування першої металорганічної сполуки (Е. Франкланд)</p>		<p>1843 р. В. Беретті. Інститут шляхетних дівчат у Києві</p> <p>1844 р. Т. Шевченко. Офорт «Живописна Україна»</p> <p>1845 р. Р. Вагнер. «Тангейзер»</p> <p>1848 р. В. Теккерей. «Ярмарок суєти»</p> <p>1850 р. Ч. Діккенс. «Девід Копперфілд»</p>	<p>1848—1849 рр. Революції у країнах Європи</p> <p>1848 р. «Маніфест комуністичної партії»</p>
1850—1860	<p>1852 р. Введення поняття валентності (Е. Франкланд)</p> <p>1854 р. Синтез жироподібної речовини (М. Бертло)</p> <p>1855 р. Синтез парафінів (Ш. Вюрц)</p> <p>1856 р. Синтез першого барвника (мовейн, У. Перкін)</p> <p>1857—1860 рр. Дослідження процесів бродиння (Л. Пастер)</p>	<p>1850 р. Друге начало термодинаміки (Р. Клаузіус)</p> <p>1859 р. Ч. Дарвін. «Походження видів». Введення поняття ймовірності (Дж. Максвелл)</p> <p>1860 р. Двигун внутрішнього згоряння (Е. Ленуар)</p>	<p>1851 р. Дж. Верді. «Ріголетто»</p> <p>1855 р. У. Угтмен. «Листя трави»</p> <p>1857 р. Г. Флобер. «Мадам Боварі»; Ш. Бодлер. «Квіти зла»</p>	<p>1851 р. Перша Всесвітня промислова виставка (Лондон)</p> <p>1853—1856 рр. Кримська війна</p> <p>1856 р. Мирний конгрес у Парижі</p> <p>1860 р. Похід «тисячі» Гарібальді</p>

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1850—1860.	<p>1858 р. Встановлення чотиривалентності Карбону і його здатності утворювати ланцюги (А. Кекуле, А. Кулер)</p> <p>1859 р. Застосування спектрального аналізу (Р. Бунзен, Г. Кірхгоф)</p> <p>1860 р. I Міжнародний з'їзд хіміків (м. Карлсруе). Означення поняття атом, молекула, еквівалент</p>			
1860—1870	<p>1861 р. Повідомлення О. Бутлерова на з'їзді німецьких природодослідників і лікарів «Про хімічну будову речовин»</p> <p>1864 р. Передбачення будови і синтез третинного бутилового спирту (О. Бутлеров)</p> <p>Введення позначення хімічних зв'язків рисками (А. Крум-Браун)</p> <p>1865 р. Запропоновано циклічну структуру бензену (А. Кекуле)</p>	<p>1863 р. Закони спадковості (Г. Мендель)</p>	<p>1861 р. Помер Т. Шевченко</p> <p>1863 р. С. Гулак-Артемовський. «Запорожець за Дунаєм»;</p> <p>В. Гюго. «Знедолені»</p> <p>1865 р. Л. Керролл. «Аліса у країні чудес»</p>	<p>1861 р. Скасування кріпацтва в Росії</p> <p>1861—1865 рр. Громадянська війна у США. Президент А. Лінкольн</p> <p>1863 р. Скасування рабства у США. Валуєвський указ про заборону друкування навчальних книжок українською мовою</p>

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1860—1870	<p>1869 р. Повідолення на засіданні Російського фізико-хімічного товариства від імені Д. Менделєєва про відкриття Періодичного закону</p> <p>Правило В. В. Марковнікова</p>	<p>1866 р. І. Сеченов. «Рефлекси головного мозку»</p> <p>1867 р. Винайдення динаміту (А. Нобель)</p>	<p>1866 р. Ф. Достоєвський. «Злочин і кара»</p> <p>1868 р. Ж. Верн. «Діти капітана Гранта»</p> <p>1869 р. Л. Толстой. «Війна і мир»</p> <p>1870 р. Товариство пересувних художніх виставок («передвигники»)</p>	<p>1867 р. К. Марк. «Капітал»</p> <p>1868 р. Товариство «Просвіта»</p> <p>1869 р. Відкриття Суецького каналу</p> <p>1870 р. Франко-пруссська війна</p>
1870—1880	<p>1870—1872 рр. Якісна реакція на галогени у складі органічних сполук (проба Ф. Бейльштейна)</p> <p>1874 р. Закладено основи стереохімії (Я. Вант-Гофф, Ж. Ле Бель)</p> <p>1876 р. Хромофорна теорія органічних барвників (О. Вітт)</p>	<p>1871 р. Ч. Дарвін. «Походження людини»</p> <p>1879 р. Винайдення лампи розжарювання (Т. Едісон)</p> <p>1880 р. Винайдення велосипеда</p>	<p>1873 р. Літературне товариство ім. Т. Шевченка у Львові</p> <p>1874 р. Перша виставка імпресіоністів</p> <p>1875 р. Рисувальна школа М. Мурашка в Києві</p> <p>1876 р. П. Чайковський. «Лебедине озеро»;</p> <p>М. Твен. «Пригоди Тома Сойера»</p> <p>1878 р. І. Репін. «Запорожці пишуть листа турецькому султану»</p> <p>1880 р. О. Роден. «Мислитель»</p>	<p>1871 р. Паризька комуна</p> <p>1876 р. Ємський указ про заборону ввезення з-за кордону книжок українською мовою</p> <p>1877—1878 рр. Російсько-турецька війна</p>

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1880—1890	<p>1881 р. Відкриття реакції гідратації ацетилену (М. Кучеров)</p> <p>1882 р. Синтез сечової (уреатної) кислоти (І. Горбачевський)</p> <p>1883 р. Завершення синтезу індиго (А. Байєр)</p> <p>1885 р. Теорія напруження А. Байєра</p> <p>1887 р. Реакція С. Реформатського</p> <p>1888 р. Відкриття реакції нітрування парафінів (М. Коновалов)</p>	<p>1882 р. Відкриття збудника туберкульозу (Р. Кох)</p> <p>1885 р. Перший автомобіль з двигуном внутрішнього згоряння (Г. Даймлер, К. Бенц)</p> <p>1886—1889 рр. Виявлено електромагнітні хвилі (Г. Герц)</p> <p>1889 р. Апарат для дистиляції нафти (В. Шухов)</p>	<p>1886 р. М. Врубель. «Дівчинка на тлі перського килима»;</p> <p>В. Ван Гог. «Соняшники»</p> <p>1890 р. М. Лисенко. «Тарас Бульба»</p>	<p>1882 р. Троїстий союз</p>
1890—1900	<p>1896 р. Відкриття радіоактивності солей урану (П. Беккерель)</p> <p>1897 р. Встановлення будови кокаїну (Р. М. Вільшetter).</p> <p>Розкриття хімічної суті дії ферментів (Е. Бухнер)</p>	<p>1895 р. Винайдення радіо (О. Попов)</p> <p>Відкриття X-променів (В. Рентген).</p> <p>Створення кінематографа (брати Люм'єр)</p>	<p>1893 р. І. Франко. «Украдене щастя»;</p> <p>М. Пимоненко. «По воду»</p> <p>1898 р. Об'єднання «Світ мистецтва» («Мир мистецтва»)</p> <p>1900 р. О. Мурашко. «Похорони кошового»</p>	<p>1891—1893 рр. Франко-російський союз</p> <p>1894 р. Справа Дрейфуса</p> <p>1899—1902 рр. Британо-бурська війна</p>

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1890—1900		1897 р. Відкриття електрона (Дж. Томсон) 1899 р. Відкриття α - і β -променів (Е. Резерфорд) 1900 р. Теорія кванта (М. Планк)		
1900—1910	1901 р. Синтез дипептиду (Е. Фішер) 1902 р. Синтез метану з карбон(II) оксиду і водню (П. Сабатьє) 1903 р. Синтез снодійного засобу вероналу (Е. Фішер)	1901 р. Теорія імунітету (І. Мечников) 1902 р. Теорія радіоактивного розпаду (Е. Резерфорд, Ф. Содді) 1903 р. Обґрунтування міжпланетних польотів (К. Цюлковський) 1904 р. Теорія індивідуальності хромосом (Т. Бовері, К. Рабль) 1907 р. Кольорова фотографія (Л. Люм'єр) 1907—1916 рр. Загальна теорія відносності (А. Ейнштейн) 1908 р. Лічильник Х. Гейгера	1901 р. А. Чехов. «Три сестри» 1903 р. В. Городецький. Будинок з химерами в Києві 1904 р. О. Блок. «Стихи о прекрасной даме» 1909 р. Д. Лондон. «Мартін Іден» 1910 р. М. Коцюбинський. «Fata morgana»	1904—1905 рр. Російсько-японська війна 1905—1907 рр. Перша революція в Росії

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1910—1920	1916 р. Створення про-тигазу (М. Д. Зелінський, А. Кумант)	1911 р. Відкриття атомного ядра (Е. Резерфорд) 1913 р. Квантова теорія атома (Н. Бор) 1915—1917 рр. Лекції З. Фрейда «Вступ до психоаналізу» 1919 р. Звукове кіно	1912 р. Леся Українка. «Лісова пісня»; Б. Шоу. «Пігмаліон»; Р. Роллан. «Жан Кристоф» 1913 р. К. Малевич. «Чорний квадрат» 1916 р. Ф. Кафка. «Перетворення» 1918 р. П. Тичина. «Сонячні кларнети» 1920 р. М. Хвильовий. «Сині етюди»	1913 р. Формування загонів січових стрільців 1914—1918 рр. Перша світова війна 1916 р. Транссибірська магістраль 1917 р. Лютнева революція в Росії. Жовтневий заколот у Росії. 1917 р. Центральна Рада в Україні. Проголошення УНР 1918 р. Заснування Всеукраїнської Академії наук 1920 р. Взяття більшовиками Києва
1920—1930	1925 р. Макромолекулярна (полімерна) хімія (Г. Штаудінгер)	1922 р. Теорія виникнення життя на Землі (О. Опарін) 1923 р. І. Павлов. «Умовні рефлекси» 1925 р. Квантова механіка (В. Гейзенберг)	1922 р. Театр «Березіль» (Лесь Курбас); Д. Джойс. «Улісс» 1924 р. «Перший маніфест сюрреалізму» (А. Бретон) 1924 р. А. Петрицький. «Інваліди» 1925 р. С. Ейзенштейн. «Броненосець «Потьомкін»»	1922 р. Утворення СРСР. Прихід Муссоліні до влади в Італії 1924 р. Смерть В. Леніна

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1920—1930	<p>1929 р. Синтез геміну (Г. Фішер)</p> <p>1929 р. Гідроліз целюлози (Р. Вільштеттер)</p> <p>1930 р. Виявлення конформації «крісла» в циклогексані (О. Хасель)</p>	<p>1929 р. Відкриття пеніциліну (А. Флемінг).</p> <p>Створення біогеохімічної лабораторії (В. Вернадський)</p> <p>1930 р. Виробництво телевізорів</p>	<p>1927 р. Ф. Кричевський. Триптих «Життя»</p> <p>М. Булгаков. «Біла гвардія»</p> <p>1929 р. Е. Хемінгуей. «Прощавай, зброє!»</p> <p>1930 р. О. Довженко. «Земля»</p>	
1930—1940	<p>1931 р. Створення теорії резонансу (О. Полінг).</p> <p>Добування синтетичного каучуку за методом С. Лебедева</p> <p>1932 р. Початок виробництва синтетичного бензину (Німеччина)</p> <p>1933 р. Синтез вітаміну С (У. Хуорс та ін.)</p> <p>1934 р. Створення теорії ланцюгових реакцій (М. Семенов).</p> <p>Синтез гормону тестостерону (А. Бугенандт, Л. Ружичка)</p> <p>1938 р. Синтез найлону (Каротерс)</p> <p>1939—1940 рр. Встановлення структури хлорофілу (Г. Фішер)</p>	<p>1932 р. Відкриття нейтронів (Д. Чедвік), позитронів (К. Андерсон)</p> <p>1934 р. Штучна радіоактивність (І. Ф. Жоліо-Кюрі).</p> <p>Виділення вірусу в кристалічному стані (У. Стенлі)</p> <p>1940 р. Відкриття резус-фактора.</p> <p>Перші ЕОМ</p>	<p>1931 р. С. Далі. «Сталість пам'яті»</p> <p>1932 р. П. Елюар. «Саме життя»</p> <p>1933 р. Г. Лорка. «Криваве весілля»;</p> <p>М. Куліш. «Маклена Граса»</p> <p>1936 р. С. Прокоф'єв. «Ромео і Джульєтта»</p> <p>1937 р. П. Пікассо. «Герніка»</p> <p>1938 р. Е. М. Ремарк. «Три товариші»;</p> <p>Ж. П. Сартр. «Нудота»</p>	<p>1932—1933 рр. Голодомор в Україні</p> <p>1933 р. Перемога фашистів на виборах у Німеччині</p> <p>1936 р. Громадянська війна в Іспанії</p> <p>1939 р. Початок Другої світової війни</p>

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1940—1950	1945 р. Розшифрування структури пеніциліну (Р. Вудворд) 1949—1954 рр. Розшифрування структури інсуліну (Ф. Сенгер)	1941 р. Ядерний реактор (Е. Фермі) 1948 р. Створення кібернетики (Н. Вінер)	1941 р. Д. Шостакович. «Ленінградська симфонія» 1943 р. А. Сент-Екзюпері. «Маленький принц» 1945 р. Р. Росселліні. «Рим — відкрите місто» 1947 р. А. Камю. «Чума»	1941 р. Напад Німеччини на СРСР 1942—1943 рр. Сталінградська битва 1942 р. Створення УПА 1945 р. Капітуляція Німеччини. Атомне бомбардування Хіросіми і Нагасакі. Створення ООН 1948 р. Прийняття «Загальної декларації прав людини» 1949 р. Створення НАТО
1950—1960	1953 р. Побудова моделі ДНК (Д. Уотсон, Ф. Крік) 1954 р. Розробка способу каталітичної полімеризації етилену за низького тиску (К. Циглер) 1956 р. Синтез ДНК (А. Корнберг) 1960 р. Побудова моделі молекул гемоглобіну (М. Перутц) та міоглобіну (Дж. Кендрю). Синтез хлорофілу (Р. Вудворд)	1952 р. Реакція термоядерного синтезу 1955 р. Виділення вірусу поліомієліту (У. Стенлі) 1957 р. Запуск першого штучного супутника Землі (СРСР) 1958 р. Створення лазера (М. Басов та ін.)	1950 р. П. Неруда. «Всесвітня пісня» 1957 р. Б. Пастернак. «Доктор Живаго»; І. Бергман. «Сунична галявина» 1959 р. Ю. Лавріненко. «Розстріляне Відродження»; М. Рильський. «Голосівська осінь»	1953 р. Смерть Й. Сталіна 1956 р. XX з'їзд КПРС 1957 р. Створення ЄЕС

Дата	Органічна хімія	Інші природничі науки і техніка	Література і мистецтво	Світова історія
1960—1980	1964 р. Синтез інсуліну (Я-Банг та ін.) 1971 р. Синтез вітаміну B ₁₂ (Р. Вудворд) 1975 р. Синтез гена транспортної РНК (Х. Корана)	1961 р. Політ людини в космос (Ю. Гагарін, СРСР) 1963 р. Відкриття квазарів 1967 р. Відкриття пульсарів 1968 р. Трансплантація серця людини (К. Барнард) 1969 р. Висадка людини на Місяці (Н. Армстронг, США)	1965 р. Й. Бродський. «Вірші й поеми» 1967 р. Г. Маркес. «Сто років самотності» 1968 р. О. Гончар. «Собор» 1975 р. М. Глуценко. «Блакитний березень» 1979 р. Ліна Костенко. «Маруся Чурай»	1961 р. Будівництво Берлінського муру 1964—1973 рр. Війна у В'єтнамі 1966—1968 рр. «Культурна революція» в Китаї 1968 р. «Празька весна» 1973 р. Військовий заколот у Чілі 1975 р. Гельсінгська конференція 1978 р. Обрання Папи Іоанна Павла II

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| Байєр А. 40 | Кольбе А. 9 |
| Бертло П. Е. 9, 126 | Коновалов М. І. 9 |
| Берцеліус Й. Я. 8 | Купер А. 11 |
| Бунге М. А. 141 | Кучеров М. Г. 111 |
| Бутлеров О. М. 10 | Марковников В. В. 48 |
| Велер Ф. 8 | Менделєєв Д. І. 14, 69 |
| Горбачевський І. Я. 9, 163 | Реформатський С. М. 9 |
| Зелінський М. Д. 62 | Сабатьє П. 69 |
| Зінін М. М. 156 | Фішер Е. Г. 164 |
| Кекуле Ф. А. 11, 59 | Франкленд Е. 11 |
| Кіпріанов А. І. 9, 157 | Шеврель М. 126 |
| Кірсанов О. В. 9, 65 | Шилов Е. О. 9, 34 |

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- А**
 Адамтан 42
 Азотисті основи 167
 Алкани 25,26
 Алканолати 94
 Алкени 43
 Алкільні замісники 27, 28
 Алкіни 52
 Алкоголь 97,98
 Альдегіди 108, 109
 Амілоза 143
 Амілопектин 143
 Аміни 152
 Аміногрупа 152
 Амінокислоти 159
 Анілін 154
 Антифриз 101
 Арени 58
 Ароматизація 62
 Аспірин 126
 Ацетати 117
- Б**
 Барвники анілінові 156
 Бензен 58, 63
 Бензин 75
 Білки 162
 — структура 163
 Біодизель 131
 Біоетанол 148
 Біотехнологія 148
 Біполярний іон 160
 Бутан 26, 35
 Бутанол 90
- В**
 Взаємний вплив атомів 11, 106, 155
 Волокна
 — натуральні 184
 — синтетичні 184
 — штучні 184
 Вугілля кам'яне 79
 Вуглеводи 136
 Вуглеводні 18
 — ароматичні 58
 — насичені 25
 — ненасичені 43, 52
 Вулканізація 182
- Г**
 Газ
 — коксовий 80
 — природний 31
 — супутній 70
 — чадний 32
 Газойль 75
 Галогенопохідні 33
 Гас 75
 Гексан 26
 Гексахлоробензен 62
 Гексахлороциклогексан (гексахлоран) 61
 Генетичний зв'язок 67
 Гептан 26
 Гібридизація електронних орбіталей 20
 Глікоген 148
 Гліцерол 99
 Глюкоза 137
 Гомологічний ряд 25, 43, 52, 89
 Група
 — альдегідна 108
 — гідроксильна 88
 — естерна 123
 — карбоксильна 113
 — пептидна 161
 — функціональна 87, 88
 Гума 182
- Д**
 Дезоксирибоза 140
 Декан 26
 Декстрини 144
 Делокалізація електронів 60
 Денатурація 164
 Детонація 78
 Динаміт 102
 Дипептид 161
 Дисоціація карбонових кислот 116
 Дихлороетан 49
 Дихлорометан 33
 Додатки харчові 112,121
 Довжина зв'язку 19
- Е**
 Елементи-органогени 5
 Енергія зв'язку 18

- Естери 123, 124
 Етан 22, 26
 Етаналь 108, 112
 Етаноат 117
 Етанол (етиловий спирт) 90, 97
 Етанолят 94
 Етен 23, 43, 49
 Етери 95
 Етил 28
 Етиленгліколь 99
 Етин 23, 52, 55
- Жири**
- рідкі 127
 - тверді 127
- Закон Бутлерова** 12
- Заряд частковий** 19
- Зв'язок**
- водневий 92
 - генетичний (див. Генетичний зв'язок)
 - ковалентний 18
 - пептидний 161
 - подвійний 22
 - полуторний (ароматичний) 60
 - потрійний 23
 - полярність (див. Полярність зв'язку)
 - простий 20
 - просторова напрямленість 19
- Ізобутан** 13
- Ізомери** 13
- Ізомерія** 12
- міжгрупова 44
 - міжкласова 96, 114
 - просторова (стереоізомерія) 44
 - структурна 25, 43, 53, 90, 109, 114, 153, 160
 - *цис*, *транс* (геометрична) 44
- Ізооктан** 78
- Індиго** 156
- Кам'яновугільна смола** (див. Смола кам'яновугільна)
- Капрон 184
- Карбід 55
- Каучук
- натуральний 181
 - * — синтетичний 181
- Кислота карбонова 113, 115
- бензойна 120
 - етанова 119
 - карболова 105
 - метанова 118
 - олеїнова 120
 - пальмітинова 119
 - саліцилова 126
 - стеаринова 119
 - цавлева 121
- Клітковина 146
- Кокс 79
- Коксова піч 80
- Коксування 80
- Комплементарності принцип 169
- Конформації 28, 29
- Крекінг 76
- Крохмаль 143
- Мазут** 75
- Маргарин 128
- Метан 21, 35
- Метаналь 108, 112
- Метанол 90, 96
- Метил 28
- Механізм реакції
- галогенування 33
 - приєднання 47
- Мийні засоби синтетичні 130
- Мило 128
- Моделі молекул 21
- Нафта** 71
- перегонка (див. Перегонка нафти)
- Нафтени 42
- Нафтопродукти 76, 77
- Нафтохімія 76
- Нітробензен 62
- Номенклатура 27
- алканів 25, 27
 - алкенів 44

- алкінів 53
- альдегідів 109
- амінів 152
- амінокислот 160
- естерів 123
- карбонових кислот 114
- спиртів 90
- циклоалканів 39
- Нонан 26
- Нуклеїнові кислоти 167
 - структура 169
- Нуклеозид 168
- Нуклеотид 168

- Октан** 26, 27
- Октанове число 78
- Олія 127

- Парафін** 36
- Парафіни 25
- Патока 145
- Пентан 26
- Перегонка нафти 72, 75
- Пестициди 65
- Піроліз 56
- Пластмаси 176
 - феноло-формальдегідні 179
- Подвійна спіраль ДНК 170
- Поліетилен 176
- Полімери 174
 - термопластичні 175
 - терморективні 175
- Поліметилметакрилат 178
- Поліпептид 161
- Поліпропілен 178
- Полістирол 178
- Поліхлорвініл 178
- Полярність зв'язку 19
- Правило Марковникова 48
- Пропан 26, 35
- Пропен 45
- Пропіл 28

- Радикали** 34
- Реакція
 - бродіння 139, 145
 - відновлення 111, 116, 138
 - галогенування 33
 - гідратації 97, 111
 - гідролізу 128, 141, 144, 146, 165
 - гідрування 46, 128
 - дегідратації 50, 95
 - дегідроксициклізації 63
 - дегідрування 50
 - естерифікації 117, 124, 147
 - заміщення 33, 42, 54, 62, 93, 104
 - Зініна 155
 - ізомеризації 34, 76
 - йодокрохмальна 145
 - Кучерова 111
 - ланцюгова 34
 - окиснення 32, 41, 46, 53, 61, 93, 100, 110, 111, 116, 128, 138, 146, 153
 - омилення 128
 - полімеризації 47
 - приєднання 41, 46, 54, 61, 110
 - розкладу 32, 147, 165
 - «срібного дзеркала» 110, 138
- Ректифікація 73
- Ремантадин 42
- Рибоза 140

- Сажа** 35
- Сахароза 141
- Сечовина 9
- Синтезгаз 35
- Синтетичні мийні засоби (*див. Мийні засоби синтетичні*)
- Смог фотохімічний 82
- Смола кам'яновугільна 80
- Спектроскопія
 - ІЧ 133
 - ЯМР 134
- Спирти
 - багатоатомні 88
 - вторинні 89
 - одноатомні 88
 - первинні 89
 - третинні 89
- Стеарин 122
- Стереохімія 14

Стрептоцид 157
Структурна формула (*див.*
Формула структурна)

Теорія 10
Теорія хімічної будови 10
Тетрахлорометан 33
Тефлон 179
Трипептид 161
Трихлорометан 33

Уротропін 112

Фенол 104
Формалін 112

Формула структурна 11
Фотосинтез 136
Фруктоза 139

Харчові добавки (*див.* Добавки харчові)
Хімічна будова 11
Хлоробензен 62
Хлорометан 33
Хлорофіл 136

Целюлоза 146
Циклоалкани (циклопарафіни) 39
Цукор 142

Шовк штучний 147

Навчальне видання

ВЕЛИЧКО Людмила Петрівна

ХІМІЯ

Підручник для 11 класу
загальноосвітніх навчальних закладів

Академічний рівень

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактори *Н. В. Демиденко, О. В. Іванова*
Художній редактор і дизайнер обкладинки *Н. Г. Антоненко*
Технічний редактор *Ц. Б. Федосіхіна*
Комп'ютерна верстка *Л. О. Кулагіної*
Коректор *Н. Г. Сніцарук*

Формат 70x100 1/16. Умов.-друк. арк. 18,2 + 0,33 форзац.
Обл.-вид. арк. 14 + 0,55 форзац.
Наклад 2000 пр. Вид. № 37439. Зам. № 11-0037.

Видавництво «Освіта», 04053, Київ, вул. Юрія Коцюбинського, 5
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 27 від 31.03.2000 р.

Віддруковано ТОВ «Побутелектротехніка»
Св. ДК № 3179 від 08.05.2008 р.
61024, м. Харків, вул. Ольмінського, 17