

Міністерство освіти і науки України
Національна академія наук України
Національний центр «Мала академія наук України»

Хіміко-біологічна лабораторія
«Ex Lab»

Збірник навчально-методичних матеріалів
для учнів 9-11 класів

Хімія

Вода. Розчини

Будова органічних сполук

Полімери. Будова і властивості

Біологічно активні сполуки

Київ 2019

УДК 54-145.2:546:547-3

ББК 24я721

Розглянуто та рекомендовано до друку науково-методичною радою
Національного центру «Мала академія наук України»
(протокол № 1 від 05.02.2019)

Рецензенти:

О. В. Слісенко – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України;

А. М. Буткевич – методист лабораторії хіміко-біологічних наук та наук про Землю НВЦ Національного центру «Мала академія наук України».

Хіміко-біологічна лабораторія «Ex Lab». Збірник навчально-методичних матеріалів для учнів 9-11 класів. Хімія / [за редакцією Т. В. Пещеріної]. – К.: НЦ МАНУ, 2019. – 56 с.

Укладачі:

канд. хім. наук І.М. Ткаченко;

канд. хім. наук О.Л. Толстов;

канд. хім. наук І.М. Бей.

Збірник містить загальні теоретичні відомості, що необхідні для успішного розв'язку задач, методичні вказівки, рекомендації та розв'язки типових завдань з різних напрямів хімії для занять в рамках позашкільної освіти. В збірнику додатково представлені завдання для самостійного виконання з метою закріплення та поглиблення отриманих знань з хімії. Посібник адресований учням 9-11 класів загальноосвітніх шкіл та учням Малої академії наук.

УДК 54-145.2:546:547-3

ББК 24я721

© Міністерство освіти і науки України, 2019

© Національний центр «Мала академія наук України», 2019

ЗМІСТ

Передмова	4
Тема 1. Вода. Розчини. Кількісний склад розчинів. Електролітична дисоціація. Гідроліз. Дисперсні системи	
Теоретичні відомості	6
Типові завдання та приклади їх розв'язків	12
Завдання для самостійного розв'язку	16
Тема 2. Органічні речовини. Будова органічних сполук. Хімічний зв'язок в органічних сполуках. Ізомерія	
Теоретичні відомості	18
Типові завдання та приклади їх розв'язків	20
Завдання для самостійного розв'язку	29
Тема 3. Високомолекулярні сполуки: будова та рівні структурної організації. Біологічно активні сполуки	
Теоретичні відомості	31
Типові завдання та приклади їх розв'язків	37
Завдання для самостійного розв'язку	51
Перевір себе. Відповіді на завдання	54
Рекомендована література	56

Шановні старшокласники!

Одним із пріоритетів діяльності НЦ «Мала академія наук України» (НЦ МАН) є розвиток наукових напрямів природничого, фізико-математичного і технічного профілів, який потребує повноцінного забезпечення ефективним і сучасним лабораторним та навчально-методичним інструментарієм. З цією метою Мала академія наук України активно працює над створенням мультидисциплінарного лабораторно-дослідницького навчального комплексу «ExLab», на базі якого послідовно здійснює реалізацію ряду науково-освітніх проектів, серед яких всеукраїнські профільні школи Малої академії наук України, спеціалізовані короткострокові навчальні курси для старшокласників, а також низка всеукраїнських дослідницьких проектів.

Одним із головних завдань, які ставить перед собою НЦ МАН є формування інтерактивного освітнього середовища, забезпечення умов для проведення досліджень, в тому числі в дистанційному режимі, що сприяє розширенню цільової учнівської аудиторії.

Навчально-виховний процес у профільних школах та на спеціалізованих курсах здійснюється за спеціально розробленими програмами і навчальними планами, які органічно поєднують колективну та індивідуальну форми роботи.

На сьогодні для формування науково-дослідницьких завдань на базі мультидисциплінарного навчально-дослідного лабораторного комплексу «ExLab» використовуються сучасне навчальне та науково-дослідне обладнання провідних світових брендів: IKA, OHAUS, PolyScience, LabHeat, KNF, Hanna, ULAB та інш. До складу «ExLab» також входить мобільна лабораторія, що оснащена необхідними засобами контролю якості навколишнього середовища,

Креативність змісту навчання передбачає також навчально-розвивальні програми, що спрямовані на формування і розвиток інтелектуальних умінь, комунікативних здібностей, навичок самоуправління й самоорганізації, необхідних для творчої самореалізації учнів.

До викладання в школах та участі в освітніх програмах МАН залучаються відомі закордонні вчені, науковці НАН України, науково-педагогічні

працівники закладів вищої освіти, педагогічні працівники МАН України, відомі діячі науки, техніки та культури держави.

Узагальнюючи досвід роботи хімічних шкіл та курсів позашкільної освіти НЦ «Мала академія наук України», був підготовлений збірник навчально-методичних матеріалів, у якому представлені завдання, методичні рекомендації та розв'язки задач з різних напрямів хімії. За допомогою збірника ви маєте змогу самостійно вирішити завдання з хімії, перевірити свій рівень знань і в подальшому долучитися до науково-дослідницької діяльності.

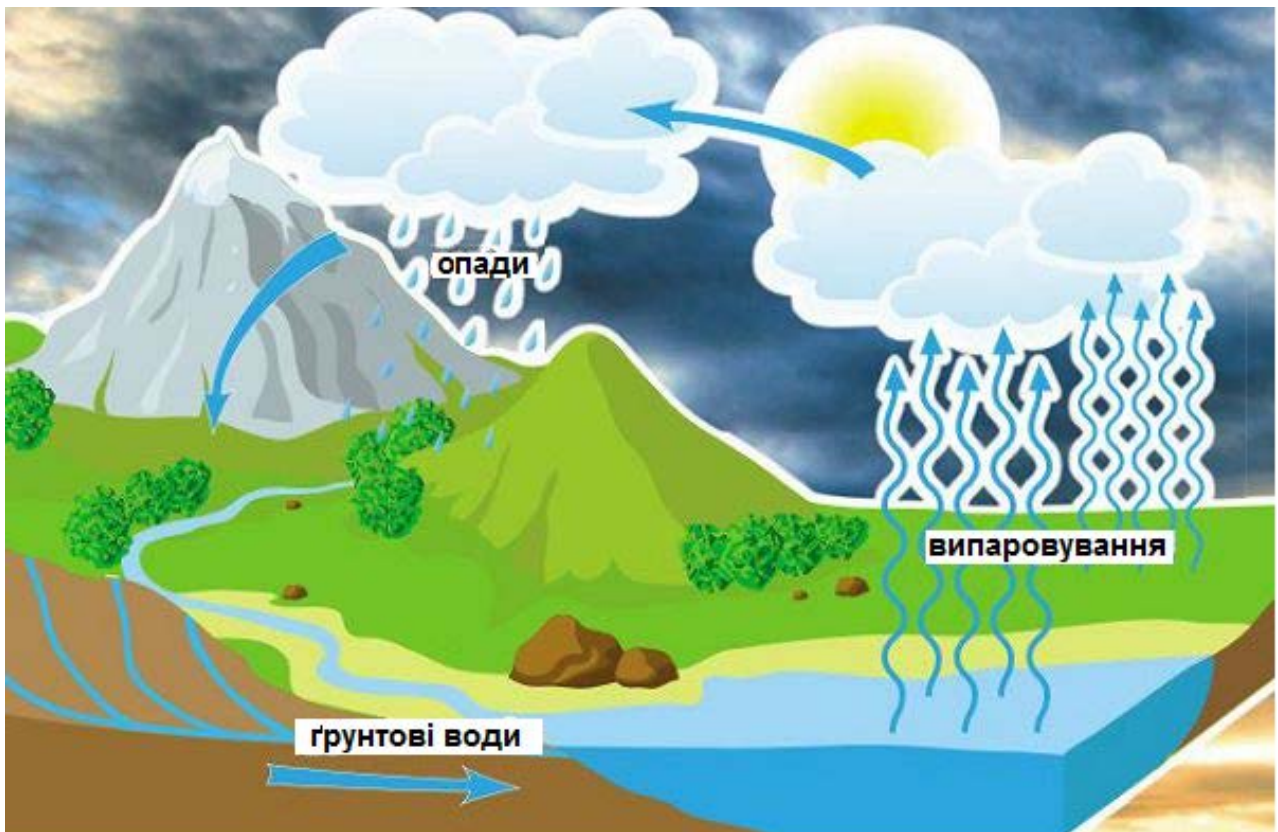
***Пещеріна Тетяна Вікторівна,**
заступник директора з навчально-виховної роботи
Національного центру «Мала академія наук України»*

ТЕМА 1

ВОДА. РОЗЧИНИ. КІЛЬКІСНИЙ СКЛАД РОЗЧИНІВ. ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ. ГІДРОЛІЗ. ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вода – найпоширеніша речовина на землі (водою вкрито біля 70 % поверхні Землі) і, безумовно, одна із найважливіших речовин потрібних для рослинного та тваринного життя. Власне виникнення самого життя пов'язують з водою. Одна з головних, і в той же час унікальних, властивостей води є те, що густина води при переході з твердого стану в рідкий не зменшується, як майже у всіх інших речовин, а збільшується. В іншому випадку, всі водойми б промерзали на всю їхню глибину, і все різноманіття життя, яке ми наразі знаємо, у воді було б неможливе. Цікаво, що вода має аномально високе значення питомої теплоємності ($C_p \sim 4,18 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$) і тому є регулятором температури на Землі.



Вода є універсальним розчинником для багатьох сполук. Більшість біохімічних процесів в живих організмах йде у водних розчинах. В розчинах хіміки проводять і більшість хімічних реакцій. Для цього використовуються широкий набір різноманітних розчинників, і воду в тому числі.

Розчини – це гомогенна (однорідна) система змінного складу, що складається із розчинника (розчинників) і розчиненої речовини (речовин). Розчини бувають газоподібними, рідкими (є найбільш поширеними) і твердими.

Вміст розчиненої речовини (або речовин) у розчиннику характеризує така фізична величина як концентрація розчину. Для кількісної характеристики розчину, як правило, застосовують наступні вираження концентрації: *масова, об'ємна та мольна частки, молярна і нормальна концентрації*.

Масова частка (ω або $\omega\%$) – відношення маси розчиненої речовини ($m_{\text{реч.}}$) до маси розчину ($m_{\text{розч.}}$):

$$\omega = m_{\text{реч.}}/m_{\text{розч.}} \text{ або } \omega\% = (m_{\text{реч.}}/m_{\text{розч.}}) \cdot 100\% \quad (1)$$

Об'ємна частка (φ або $\varphi\%$) – відношення об'єму розчиненої речовини ($V_{\text{реч.}}$) до суми об'ємів усіх компонентів розчину ($V_{\text{розч.}}$):

$$\varphi = V_{\text{реч.}}/V_{\text{розч.}} \text{ або } \varphi \% = (V_{\text{реч.}}/V_{\text{розч.}}) \cdot 100\% \quad (2)$$

Масову та об'ємну частки виражають у частках від одиниці або у відсотках.

Молярна концентрація (C або C_M) – кількість розчиненої речовини (ν), що виражається в молях, яка знаходиться в розчині об'ємом (V) 1 л (моль/л):

$$C = \nu/V \quad (3)$$

Молярність розчину позначається літерою M (2M NaOH – в 1 л розчину міститься 2 моль лугу).

Нормальна концентрація (C_N) – кількість еквівалентів розчиненої речовини ($\nu_{\text{екв}}$), що виражається в молях, в 1 л розчину (моль/л):

$$C_N = \nu_{\text{екв}}/V \quad (4)$$

Молярність і нормальність розчинів співпадають для одноосновних кислот і однокислотних основ. Якщо кислота, наприклад, трьохосновна, то нормальність її втричі більша за молярність (1 моль $H_3PO_4 = 3$ моль еквівалентів H_3PO_4).

Менш вживаною, порівняно з попередніми, є молярна концентрація (C_m) – число молів розчиненої речовини, що міститься в 1 кг розчинника (моль/кг).

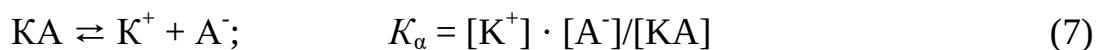
$$C = \nu/m \quad (5)$$

Електролітична дисоціація. Усі речовини, за поведінкою в розчині, можна розділити на 2 категорії: (1) *неелектроліти* (не проводять електричний струм, переважно органічні сполуки) та (2) *електроліти* (проводять електричний струм – кислоти, основи, солі). Для пояснення поведінки в розчинах електролітів в 1887 р. лауреат Нобелівської премії, шведський хімік Сванте Арреніус запропонував теорію електролітичної дисоціації.

Електроліти можуть бути сильним, середніми та слабкими. Для кількісної характеристики сили електролітів використовують ступінь дисоціації (α) та константу дисоціації (K_α). *Ступінь дисоціації* – це відношення числа молекул (n), які розпалися на іони, до загального числа молекул (N) в розчині:

$$\alpha = n/N \quad (6)$$

Для сильних електролітів $\alpha \geq 30\%$, для середніх $\alpha \geq 3 - 30\%$, для слабких $\alpha \leq 3\%$. Характерною особливістю слабких електролітів є встановлення у розчині рівноваги між іонами (катіонами K^+ та аніонами A^-) та молекулами розчиненої речовини. Власне K_α представляє собою константу рівноваги слабких електролітів:



де $[K^+]$, $[A^-]$ і $[KA]$ концентрації в розчині катіонів, аніонів та недисоційованих молекул відповідно.

Для характеристики водних розчинів часто необхідно використовувати концентрації іонів H^+ та OH^- . Більш зручною формою для вираження концентрацій цих іонів є *водневий (pH) і гідроксильний (pOH) показники*, які

визначаються через десятковий логарифм молярної концентрації відповідного іону, взятого з протилежним знаком:

$$pH = -\lg[H^+] \quad (8)$$

$$pOH = -\lg[OH^-] \quad (9)$$

Хоча ці показники взаємозамінні, більш поширеним на практиці є все ж таки показник pH.

Слід пам'ятати, що для водних розчинів підтримується співвідношення $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$, тоді $pH + pOH = 14$. Отже, у нейтральному розчині, в якому концентрації H^+ та OH^- однакові, $[H^+] = [10^{-7}]$, тоді $pH = -\lg[10^{-7}] = 7$. В розчинах кислот $pH < 7$, для лужного розчину $pH > 7$.

Для слабких електролітів значення α , K_α та концентрація розчину (C) пов'язані виразом, яке називається *законом розбавлення Оствальда*:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_\alpha}{C}} \quad (10)$$

Отже, для знаходження концентрації $[H^+]$ можемо записати:

$$[H^+] = \alpha C = C \sqrt{\frac{K_\alpha}{C}} = \sqrt{K_\alpha \cdot C} \quad (11)$$

А тому значення pH просто обчислити за формулою:

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg\sqrt{K_\alpha \cdot C} \quad (12)$$

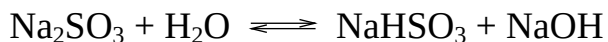
Експериментально точне значення pH можна визначити за допомогою спеціальних пристроїв – pH-метрів. Приблизне значення pH можна оцінити за допомогою індикаторних сполук (фенолфталеїн, лакмус, метилоранж) та універсального індикаторного паперу.

Гідроліз солей. Гідроліз – хімічна реакція іонного обміну між водою та розчиненою в ній речовиною. Не всі солі піддаються гідролізу.

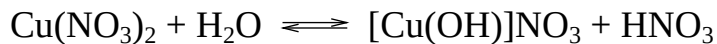
Розчинні солі, які утворені сильними кислотою та основою, у воді не гідролізуються (значення pH таких розчинів дорівнює 7).

Розчинні солі, які утворені сильною основою і слабкою кислотою

(наприклад, Na_2SO_3), у водному розчині гідролізуються по аніону ($pH > 7$):



Розчинні солі, які утворені слабкою основою і сильною кислотою (наприклад, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$), у водному розчині гідролізуються по катіону ($pH < 7$):



Солі, які утворені слабкими основою і кислотою, можуть гідролізуватися як по аніону, так і по катіону. Значення pH таких розчинів визначається відносною силою утворених кислот і основ.

Дисперсні системи. Якщо розчини – це гомогенні системи, то гетерогенні системи, що складаються з двох або більше фаз з чітко вираженою поверхнею розділу між ними, отримали назву – *дисперсні системи*. Такі системи складаються з дисперсних фази та середовища.

Дисперсна фаза (ДФ) – частинки подрібненої речовини, які знаходяться в меншій кількості, у порівнянні з дисперсійним середовищем, і є переривчатою фазою. *Дисперсійне середовище (ДС)* – безперервне середовище, в якому рівномірно розподілена дисперсна фаза. Дисперсійне середовище переважає за своєю масою (об'ємом) дисперсну фазу.

Дисперсні системи з частинками більше 1000 нм називають грубодисперсними, а з частинками в діапазоні значень від 1 до 1000 нм – колоїдними. Слід зазначити, що власне розчини (молекулярні/істинні) теж можна розглядати як дисперсні системи з розмірами частинок менше 1 нм. В залежності від агрегатного стану дисперсної фази і дисперсійного середовища (ДФ/ДС відповідно) розрізняють *аерозолі* (рідина або тверде тіло/газ), *піни* (газ/рідина), *емульсії* (рідина/рідина), *золі* (тверде тіло/рідина), *тверді піни* (газ/тверде тіло), *гелі* (рідина/тверде тіло) та *тверді золі* (тверде тіло/тверде тіло).

Окремі приклади дисперсних систем



туман

ДС – газ / ДФ – рідина



пічний дим

ДС – газ / ДФ – тверде тіло



морська піна

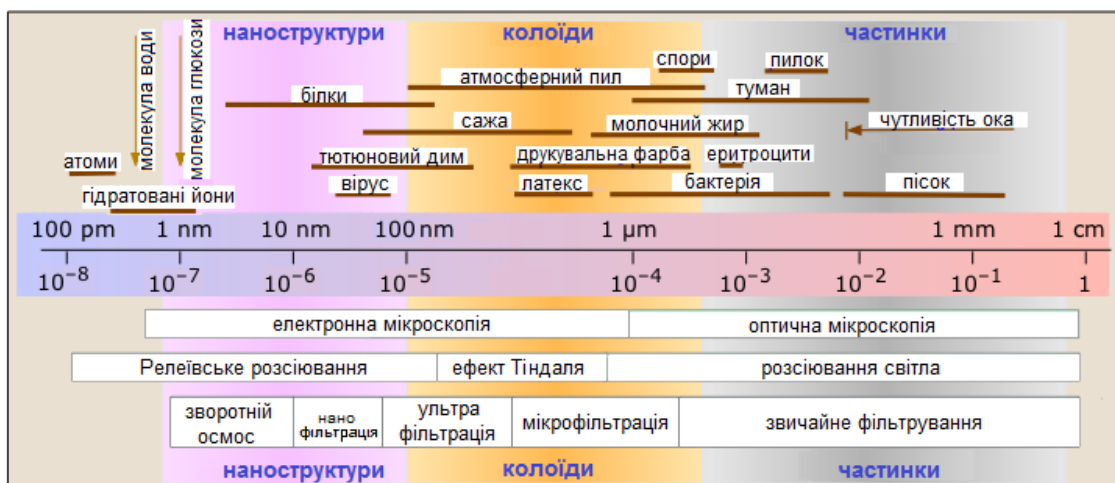
ДС – рідина / ДФ – газ



пінопласт

ДС – тверде тіло / ДФ – газ

Порівняльна характеристика впливу дисперсності частинок різної природи на їхні оптичні властивості та здатність до фільтрації представлена на рисунку:



* *Ефект Тіндалля* – оптичне явище, зумовлене здатністю колоїдних розчинів розсіювати світло. При пропусканні променів світла через кювету з колоїдними розчинами, збоку чітко видно яскравий світловий конус (конус Тіндалля).

ТИПОВІ ЗАВДАННЯ ТА ПРИКЛАДИ ЇХ РОЗВ'ЯЗКІВ

Задача № 1.1. Молекулярна маса води дорівнює 18. Проте така маса характерна для найбільш розповсюдженої «легкої води». Наведіть приклади (мінімум чотири) молекулярної формули води з відносною молекулярною масою – 20.

Розв'язок.

1. Якщо ми говоримо про одну і ту ж сполуку, але різну її молекулярну масу, то, очевидно, що йдеться мова про різний ізотопний склад вказаної речовини.

2. Формула води – H_2O . Гідроген має два стабільні ізотопи, а саме протій (H або ^1H) та дейтерій (D або ^2H). Як досить стабільний ізотоп водню, можна розглядати і «надважкий» тритій (T або ^3H , період напіврозкладу ~ 12 років). Оксиген, в свою чергу, має три стабільні ізотопи – власне ^{16}O , а також ^{17}O та ^{18}O .

3. Таким чином, можемо навести чотири прикладів молекулярних формул води з відносною молекулярною масою 20.

1. $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$. 2. D_2^{16}O ($^2\text{H}_2^{16}\text{O}$). 3. $^1\text{HT}^{16}\text{O}$ ($^1\text{H}^3\text{H}^{16}\text{O}$). 4. $^1\text{HD}^{17}\text{O}$ ($^1\text{H}^2\text{H}^{17}\text{O}$).

Задача № 1.2. Що містить більшу масу елемента Оксигену: 1 кг повітря або 250 г води?

Розв'язок.

Примітка. На перший погляд задача здається простою. Кожен учень знає, що до складу повітря входить 21% кисню. Проте хто не врахував, що 21% – це об'ємна, а не масова частка кисню, прийде до помилкової відповіді. Слід пам'ятати, що масова частка кисню складає біля 23% ($32/29 \cdot 21\%$). Лише після цього, розв'язок задачі стає елементарним.

1. Знаходимо масу елемента O, що міститься в 250 г води:

$$m(\text{O}) = 250 \cdot 16/18 = 222,2 \text{ г.}$$

2. Знаходимо масу елементу О, що міститься в 1 кг повітрі:

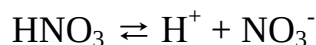
$$m(\text{O}) = 1000 \cdot 0,23 = 230 \text{ г.}$$

Отже, в 1 кг повітря маса Оксигену більша, ніж у 250 г води.

Задача № 1.3. Визначте, який розчин має більшу кислотність: 0,006 М розчин HNO_3 або 0,23 М розчин CH_3COOH (константа дисоціації ацетатної кислоти при 25 °С складає $1,86 \cdot 10^{-5}$).

Розв'язок.

1. Нітратна кислота HNO_3 є сильним електролітом, а тому в розведених розчинах повністю дисоціює на іони:



2. Маємо, концентрація іонів $[\text{H}^+]$ дорівнює загальній концентрації кислоти:

$$C(\text{HNO}_3) = C(\text{H}^+) = C(\text{NO}_3^-) = 0,006 \text{ моль/л } (6 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3).$$

3. Звідси (див. рівняння (8)) 0,006 М розчин HNO_3 має

$$p\text{H} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 6 \cdot 10^{-3} = 2,22.$$

4. Кислота CH_3COOH є слабким електролітом і в розведених розчинах дисоціює на іони незначною мірою.

5. Значення $p\text{H}$ для 0,23 М розчину CH_3COOH розраховуємо за вищенаведеною формулою (12): $p\text{H} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg\sqrt{K_a \cdot C}$

$$p\text{H} = -\lg\sqrt{1,86 \cdot 10^{-5} \cdot 0,23} = 2,7$$

6. Таким чином, маємо $p\text{H}$ (0,006 М HNO_3) < $p\text{H}$ (0,23 М CH_3COOH), а це означає, що 0,006 М розчин HNO_3 має більшу кислотність.

Задача № 1.4. При нейтралізації 2%-го розчину NaOH масою 20 г розчином HCl виділилося 570 Дж теплоти. В той же час, при нейтралізації 25 мл розчину H_2SO_4 додаванням 80 мл розчину KOH виділилося 1140 Дж теплоти. Розрахуйте молярні концентрації використаних розчинів H_2SO_4 та KOH ?

Розв'язок.

1. Сильні кислоти та основи в розведених розчинах практично повністю іонізовані, отже, можемо записати рівняння нейтралізації в іонному вигляді:



2. Знаходимо масу (m) та, відповідно, кількість речовини (ν) для NaOH.

$$m_{\text{реч}} = w_{\text{реч}} m_{\text{розч}} \quad \nu = m/M$$

$$\nu(\text{NaOH}) = 0,02 \cdot 20 / 40 = 0,01 \text{ моль}$$

3. Тепловий ефект (Q) реакції: 570 Дж на 0,01 моль іонів OH^- або 57000 Дж/моль.

4. Знаходимо значення ν для H^+ та OH^- у випадку реакції розчину H_2SO_4 з KOH.

$$57000 \text{ Дж/моль} = 1140/\nu; \quad \nu = 0,02 \text{ моль}$$

Звідси $\nu(\text{KOH}) = 0,02$ моль. В реакціях нейтралізації (якщо немає додаткових умов): $\nu(\text{OH}^-) = \nu(\text{H}^+) = 0,02$ моль. Оскільки H_2SO_4 є двохосновною кислотою, то $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \nu(\text{H}^+) = 0,01$ моль.

5. Знаходимо молярні концентрації (C) H_2SO_4 та KOH за формулою $C = \nu/V$:

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,01/0,025 = 0,4 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{KOH}) = 0,02/0,080 = 0,25 \text{ моль/л}$$

Задача № 1.5. При розчиненні в одному об'ємі води 450 об'ємів газоподібного HCl отримали розчин з густиною 1,21 г/см³. Знайдіть відсоткову і молярну концентрації отриманого розчину соляної кислоти.

Розв'язок.

1. Якщо 1 об'єм води буде становити 1 л, то в 1 л води буде розчинено 450 л HCl.

2. Знаходимо кількість речовини та масу HCl, що міститься в 450 л:

$$\nu(\text{HCl}) = 450 / 22,4 = 20,09 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 20,09 \cdot 36,5 = 733,26 \text{ г}$$

3. Знаходимо масу отриманого розчину:

$$m(\text{розчину}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{HCl}) = 1000 + 733,26 = 1733,26 \text{ г}$$

4. Знаходимо масову частку HCl у відсотках:

$$\omega\%(\text{HCl}) = 733,26/1733,26 \cdot 100 = 42,3\%$$

5. Знаходимо об'єм отриманого розчину:

$$V(\text{розчину}) = m/\rho = 1733,26/1,21 = 1432,4 \text{ мл} = 1,4324 \text{ л}$$

6. Знаходимо молярну концентрацію отриманого розчину:

$$C(\text{HCl}) = 20,09/1,4324 = 14 \text{ моль/л}$$

Задача № 1.6. Теоретично, гідроліз алюміній сульфату може відбуватися за 3-ма ступенями, проте практично зупиняється на першому ступеню. В той же час, при змішуванні розчинів $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ та Na_2CO_3 в осад випадає $\text{Al}(\text{OH})_3$. Поясніть чому та наведіть відповідні рівняння.

***Розв'язок.** Примітка. Гідроліз солей посилюється, якщо один з іонів, що утворився в результаті гідролізу, утворює слабкий електроліт.*

1. Розглянемо гідроліз солі $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, що утворена слабкою основою і сильною кислотою ($\text{pH} < 7$):

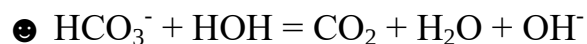
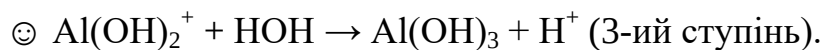


2. Розглянемо гідроліз солі Na_2CO_3 , що утворена слабкою кислотою і сильною основою ($\text{pH} > 7$):

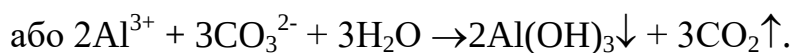
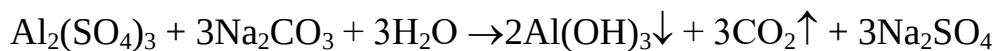


3. Утворені іони H^+ та OH^- зв'язуються в слабкий електроліт H_2O . Тому ступінь гідролізу солей збільшується (згідно принципу Ле Шательє), тобто гідроліз однієї солі підсилює іншу. Як наслідок гідроліз солей проходить до кінця:





4. Отже, запишемо повне рівняння реакції:



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗКУ

(1) Розрахуйте, скільки теплоти виділиться при спалюванні 100,8 л (н.у.) стехіометричної суміші водню з киснем, якщо теплота утворення води (у вигляді рідини) дорівнює 285,8 кДж/моль.

(2) Водний розчин об'ємом 0,750 мл містить 90 г етанолу ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Розрахуйте молярну концентрацію (C) розчину?

(3) Яку масу глюкози слід розчинити у 325 мл води для отримання 0,258 М розчину?

(4) Шматок цукру-рафінаду масою 4 г розчинили в 350 мл води за температури 80 °С. Яка молярна концентрація отриманого розчину? Густина води при 80 °С складає 0,975 г/мл.

(5) Кристалічну соду (натрон) масою 71,5 г розчинили в 80 мл води. Отриманий розчин було оброблено розчином HCl (масова частка гідроген хлориду, $\omega\%$ – 36,5) і як наслідок виділилось 3,36 л газу. Визначте масові частки утворених речовин в розчині.

(6) Визначте ступінь дисоціації (α) форміатної кислоти в її 0,46 %-му (по масі) водному розчині ($\rho = 1$ г/мл), якщо сумарна концентрація усіх частинок, утворених кислотою (молекули, іони) в розчині дорівнює 0,11 моль/л.

(7) Визначте концентрацію водневих та гідроксильних іонів в розчині при значенні рН 6,9.

(8) Знайдіть рН 0,08 М розчину NaOH.

(9) Який об'єм NaOH з концентрацією 2,43 моль/л необхідно для нейтралізації 25,0 г розчину H_2SO_4 (масова частка кислоти – 12,45%).

(10) Органічну кислоту (молекулярна формула – $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) масою 0,25 г розчинили у воді об'ємом 25,0 cm^3 . Для повної нейтралізації отриманого розчину було використано розчин NaOH ($C = 0,105$ моль/ dm^3) об'ємом 37,2 cm^3 . Скільки кислотних атомів Гідрогену містить одна молекула невідомої кислоти?

ТЕМА 2

ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ. БУДОВА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК В ОРГАНІЧНИХ СПОЛУКАХ. ІЗОМЕРІЯ

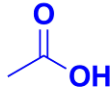
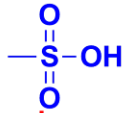
ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Основою органічної хімії є *структурна теорія* (теорія хімічного складу та просторової будови органічних сполук), яка була розроблена у другій половині ХІХ в. Так, у 1861 р. О.М. Бутлеров на з'їзді науковців і лікарів у м. Шпейєрі доповів основні положення структурної теорії, а саме:

1. Атоми в органічних молекулах сполучені між собою у певній послідовності відповідно до їхніх валентностей.
2. Властивості речовин залежать не лише від їхнього якісного та кількісного складу, але і від хімічної будови молекул.
3. Органічні речовини з однаковим якісним та кількісним складом, але з різною хімічною будовою, мають назву *ізомери* і характеризуються індивідуальними властивостями.
4. За властивостями органічних речовин можна встановити їх хімічну будову і передати їх формулами.
5. Властивості кожного атому в молекулі залежать не лише від його природи, але і від його оточення.

Для класифікації органічних сполук використовують поняття «вуглецевий скелет» (каркас органічної молекули, вуглецевий або карбоновий ланцюг) і «функціональна група». Вуглецеві ланцюги можуть бути лінійними (не замкнутими, аліфатичними) або замкнутими в цикл (циклоаліфатичними чи ароматичними). Крім того, вуглецеві ланцюги можуть бути розгалуженими (хоча би один атом Карбону зв'язаний з трьома або чотирма атомами Карбону) або нерозгалуженими. Сполуки, що містять лише С-С зв'язки називають насиченими; сполуки з $C=C$ або/та $C\equiv C$ – ненасиченими. Сполуки, молекули яких складаються з лише з Карбону та Гідрогену, називають *вуглеводнями*.

Функціональна група (або функційна) – це структурний фрагмент (активний центр) молекули, яка відповідає за її властивості та належність до певного класу органічних речовин. Найважливіші функціональні групи:

Гідроксильна —OH (Спирти, феноли)	Альдегідна  (Альдегіди)	Карбонільна  (Кетони)	Карбоксильна  (Карбонові кислоти)	Нітрогрупа  (Нітросполуки)
Аміногрупа —NH_2 (Аміни)	Нітрильна $\text{—C}\equiv\text{N}$ (Нітрили)	Тіольна, (сульфгідрильна) —SH (Тіоли (меркаптани))	Сульфогрупа  (Сульфокислоти)	Галогени $\text{—F ; —Cl ; —Br ; —I}$ (Галогенопохідні)

Сполуки, що мають подібну будову молекул, подібні хімічні властивості, але різняться за складом на одну, або кілька метиленових (CH_2) груп (гомологічна різниця), називаються *гомологами*. Ряд таких сполук називається *гомологічний ряд*.

Для назв всіх органічних сполук використовують наразі найпоширенішу та універсальну міжнародну (систематичну) номенклатуру – міжнародна номенклатура IUPAC (ІЮПАК). Для назв сполук широко використовують і так звані тривіальну (емпіричну) та раціональну номенклатури. Неопентан, тетраметилметан та 2,2-диметилпропан – приклади назв однієї і тієї ж сполуки за тривіальною, раціональною та систематичною (її ще називають замісничою) номенклатура ми, відповідно. В основу систематичної номенклатури покладено три найважливіші ознаки: будова карбонового ланцюга, характер зв'язків між атомами Карбону та природа функціональних груп.

Одне з основних положень структурної теорії пов'язано з явищем ізомерії, що є однією з причин різноманітності та численності органічних сполук. Розрізняють два основних типи ізомерії – структурна та просторова. Структурні ізомери відрізняються один від одного 1) будовою карбонових скелетів, 2) положенням функціональної групи, 3) положенням кратного зв'язку, 4) за класами органічних сполук (міжкласова ізомерія). Просторові ізомери (стереоізомери) можна розділити на два класи: 1) *цис/транс*-ізомери та 2)

оптичні ізомери (оптична ізомерія характерна для молекул, які мають хоча б один атом Карбону, що зв'язаний з чотирма різними замісниками/функціональними групами).

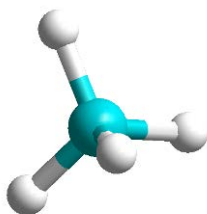
Усі хімічні реакції супроводжуються розривом і утворенням хімічних зв'язків. По типу (за механізмом) розриву зв'язків реакції в органічній хімії поділяють на:

- *радикальні (гомолітичні* – відбувається «симетричне» роз'єднання пари електронів з утворенням радикалів. Даний механізм характерний для неполярних (C–C) та малополярних (C–H) зв'язків) та

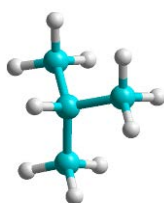
- *іонні (гетеролітичні* – «несиметричний» розрив зв'язку, в результаті чого пара електронів залишається біля одного з атомів (аніон). Цей механізм характерний для сильно полярних зв'язків).

ТИПОВІ ЗАВДАННЯ ТА ПРИКЛАДИ ЇХ РОЗВ'ЯЗКІВ

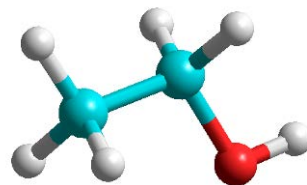
Задача № 2.1. Використовуючи наступні моделі молекул органічних речовин



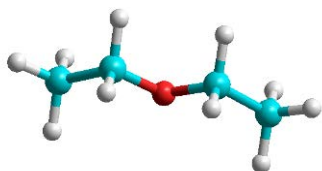
а



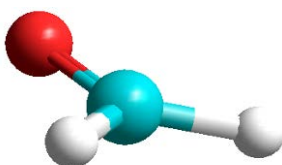
б



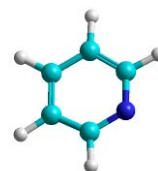
в



г



д



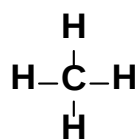
є

запропонуйте їхні структурні формули та назвіть їх.

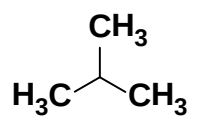
***Розв'язок.** Примітка. При вирішенні цієї задачі слід розуміти, що для всіх речовин одні й ті самі атоми мають однаковий колір на всіх наведених тут зображеннях. До того ж, окрім взаємного розташування атомів в молекулі,*

при визначенні (певною мірою інтуїтивного) структурних формул речовин необхідно враховувати і їхню форму (лінійна, пірамідальна, тетраедрична тощо).

1. Видно, що речовина (а) складається з одного більшого за розміром чотирьохвалентного атому ціанового кольору та відповідно чотирьох маленьких атомів одного типу. Враховуючи, як видно зі зображення, що речовина має тетраедричну форму, то очевидно, що це – **метан**:



2. Вже розуміючи, що ціановий колір відповідає атомам Карбону, а сірий колір атомам Гідрогену, то очевидно, що структура (б) відповідає **метилпропану** (інша назва речовини – ізобутан):



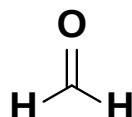
3. Речовина (в). Тут маємо інший двовалентний атом червоного кольору, який пов'язаний як з Гідрогеном, так і Карбоном. Аналізуючи прості структурні формули органічних речовин, стає зрозумілим, що на роль «червоного» атому більш за все підходять атоми Оксигену або Сульфуру. Отже, маємо **етанол** (1) або **етантиол** (2):



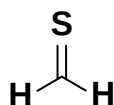
4. Згідно з розмірковуваннями, наведеними раніше, маємо, що сполука (г) – це **етоксиетан** (або діетиловий етер) (1) або **1,1-тіобісетан** (або діетилсульфід) (2):



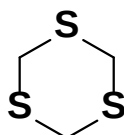
5. Роздивляючись структуру молекули видно, що до атому Карбону приєднані атом Оксигену (Сульфуру) через подвійний зв'язок та два атоми Гідрогену за допомогою одинарних зв'язків. Отже молекула (д) може бути або **метаналем** (формальдегід):



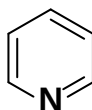
або **метантиалем** (тіоформальдегід):



Проте остання сполука у звичайних умовах є нестабільною та легко утворює тіоформальдегідний тример – 1,3,5-тритіан:



6. Враховуючи, що сполука (є) має циклічну структуру, а біля атомів Карбону знаходяться лише по одному атому Гідрогену, то зрозуміло, що ця сполука є ароматичною. В циклічній системі ароматичних сполук наявність атомів Оксигену та Сульфуру неможлива, а «синій» атом, за відсутності приєднаного до нього Гідрогену, повинен мати валентність 3. З найбільшою вірогідністю таким умовам задовольняє атом Нітрогену, а ароматична сполука, що зображена на рисунку (є) має назву – **піридин**:



«Сусіди» по групі VA Періодичної системи хімічних елементів Д.І. Менделєєва також здатні утворювати «екзотичні» сполуки, що відповідають структурі (є), які у випадку Фосфору та Арсенію мають назви **фосфінін** (1) та **арсінін** (2), відповідно:

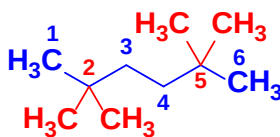


А як ви думаєте, якщо замінити атом Нітрогену в піридині на атом Бору, чи отримаємо стабільну речовину борабензол?

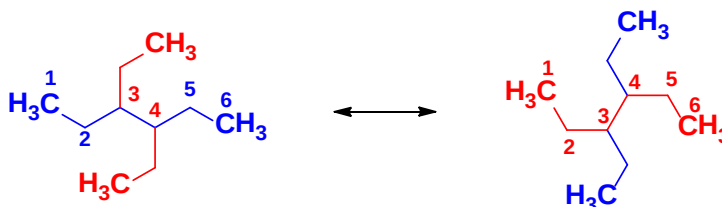
Задача № 2.2. Напишіть усі можливі структурні формули ізомерів 2,2,5,5-тетраметилгексану, які мають два етильні (Et) замісники.

Розв'язок.

1. Зобразимо структурну формулу вихідної сполуки 2,2,5,5-тетраметилгексану:

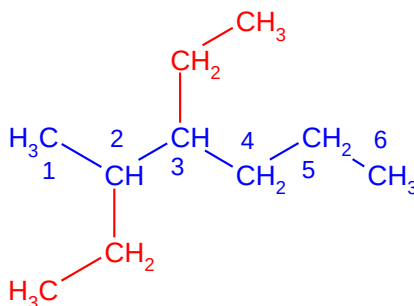


2. Позначення Et є загальноприйнятим в органічній хімії скороченням етильного замісника (радикалу) $-C_2H_5$. На перший погляд здається, що існує декілька ізомерів 2,2,5,5-тетраметилгексану з двома Et замісниками, які можуть знаходитися у положеннях 2 та 3, 2 та 4, 2 та 5, 3 та 4. Але, насправді, можливий лише один ізомер – **3,4-диетилгексан**:

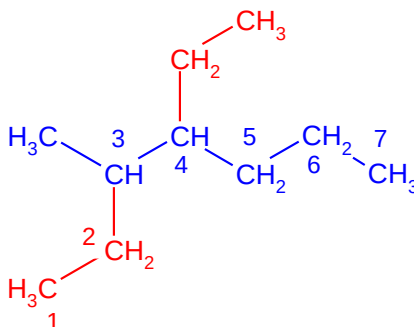


Чому саме так?

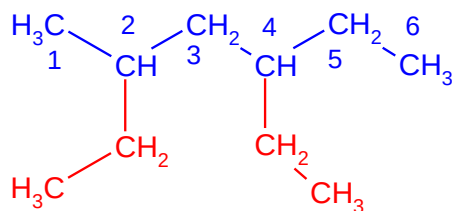
3. Спробуємо розмістити обидва Et-радикали в положення 2 та 3:



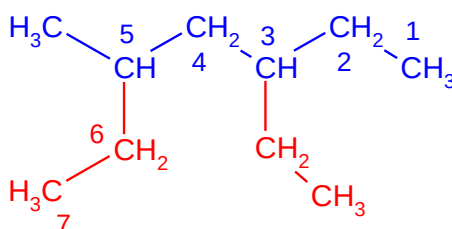
Обираючи найдовший карбоновий ланцюг в отриманій структурі ми помітимо, що один з Et-радикал увійде безпосередньо до складу основного ланцюга молекули, а замісниками стануть метальний (Met) та другий Et-радикали. Отриманий вуглеводень отримує назву 4-етил-3-метилгептан:



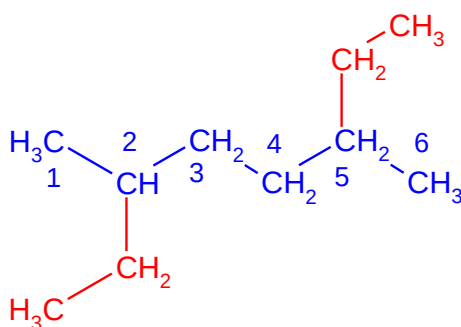
4. Розміщуючи етильні радикали в положенні 2 та 4:



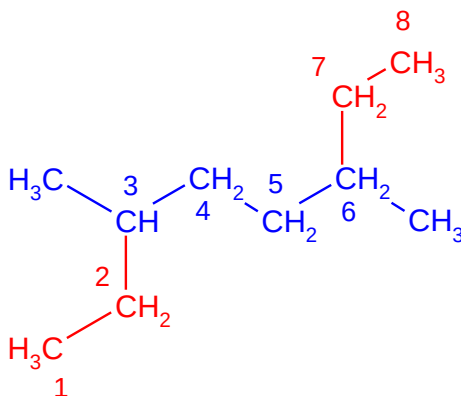
ми повинні змінити порядок нумерації та обрати найдовший карбоновий ланцюг. Як результат, отриманий вуглеводень буде мати назву не 2,4-диетилгексан, а 3-етил-5-метилгептан:



5. В останньому випадку, коли ми помістимо Et-радикали поблизу кінців карбонового скелету гексану в положення 2 та 5:

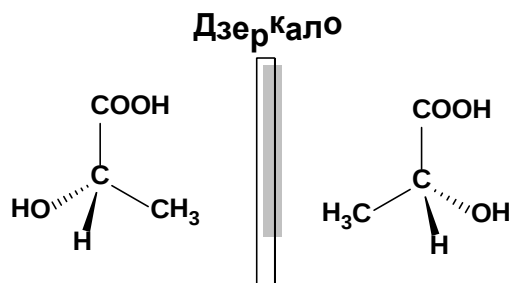


то обидва Et замісники увійдуть безпосередньо до складу основного ланцюга, а замісниками вже стануть метильні (Met) радикали. Таким чином ми отримаємо вуглеводень 3,6-диметилгептан:



Задача № 2.3. Енантіомери – це стереоізомери, які є дзеркальним відображенням один одного, а тому відрізняються тільки векторними

властивостями (просторовим положенням функціональних груп). Молекулярна формула та структура, а також всі скалярні властивості (наприклад температури плавлення і кипіння) енантіомерних речовин є однаковими. Так, енантіомери D- і L-молочної кислоти (див. рисунок) мають однакові температури плавлення і кипіння, але різне положення замісників у просторі.



Розчинність вказаних речовин та, наприклад, швидкість етерифікації обох кислот при взаємодії з етиловим спиртом теж є однаковими. Однак якщо приготувати розчини D- і L-молочних кислот і пропустити через ці розчини промінь плоскополяризованого світла, то він відхилиться на один і той же кут: наліво в першому випадку і направо – в другому.

У той же час розчин молочної кислоти, яку виділив ще в 1870 р. шведський хімік В. Шеєле, не обертає площину поляризації світла. Як ви думаєте чому?

Розв'язок:

Виділена молочна кислота представлена еквімолярною сумішшю D- і L-молочних кислот. Такі суміші називають рацемічні – їх розчини не обертають площину поляризації світла, так як 50% молекул обертають вправо, а інші 50% молекул обертають вліво. Отже, спостерігаємо нульовий сумарний ефект.

Задача № 2.4. При спалюванні органічної речовини масою 6 г отримано CO_2 масою 13,2 г та H_2O масою 7,2 г. Відносна густина парів речовини за повітрям дорівнює 2,07. Визначте склад речовини.

Розв'язок. В цілому, існує декілька прикладів оформлення розв'язку задачі з хімії. Нижче наведено один із найбільш типових прикладів оформлення розв'язку задач.

Дано:

$m(\text{речовини}, \text{C}_x\text{H}_y) = 6 \text{ г},$

$m(\text{CO}_2) = 13,2 \text{ г},$

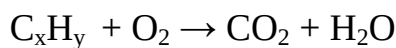
$m(\text{H}_2\text{O}) = 7,2 \text{ г},$

$D_{\text{повітря}} = 2,07.$

Знайти:

формулу речовини (C_xH_y)

Розв'язок:



$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = D_{\text{повітря}} \cdot M_{\text{повітря}}; D_{\text{повітря}} = 29 \text{ г/моль}$$

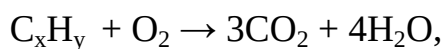
$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = 29 \cdot 2,07 = 60 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{C}_x\text{H}_y) = 6/60 = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = 13,2/44 = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 7,2/18 = 0,4 \text{ моль}$$

$$0,1 : 0,3 : 0,4 = 1 : 3 : 4, \text{ отже}$$



$$\text{тоді } x = 3, \text{ а } y = (4 \cdot 2) = 8.$$

$M(\text{C}_3\text{H}_8) = 44 \text{ г/моль}$, але $M(\text{речовини}) = 60 \text{ г/моль}$,
значить речовина містить 1 моль атомарного кисню.

Відповідь: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.

Задача № 2.5. В наявності є декілька невизначених ізомерних Оксиген-вмісних органічних сполук, масовий відсотковий вміст Оксигену у яких складає 21,62%, а їх густина парів за азотом дорівнює 2,64. Пари одного з ізомерів спочатку пропустили через нагріту трубку з купрум (II) оксидом, в результаті чого оксид почервонів, а потім поглинули амоніачним розчином аргентум оксиду (реактив Толленса), при цьому з розчину випав осад. Теж саме повторили для решти ізомерів. Ізомери, пари яких при пропусканні над купрум (II) оксидом не змінювали його забарвлення, обробили концентрованою сульфатною кислотою. Про суміш яких ізомерів йде мова? Запишіть їх структурні формули, назвіть їх та напишіть всі згадані рівняння реакцій.

Розв'язок.

1. Знаходимо молярну масу кожного з ізомерів:

$$M_{\text{(ізомеру)}} = D_{\text{N}_2} \cdot M_{\text{N}_2} \quad M_{\text{(ізомеру)}} = 2,64 \cdot 28 = 74 \text{ г/моль}$$

2. Знаходимо масу Оксигену:

$$m(\text{O}) = 74 \cdot 0,2162 = 16 \text{ г/моль}$$

Отже, кожен ізомер містить лише один атом Оксигену.

3. Враховуючи те, що як мінімум один із ізомерів реагує з CuO та Ag_2O , то очевидно, що ця сполука є спиртом, загальна формула яких R-OH , де R – вуглеводневий радикал.

4. Кожен ізомер містить лише один атом Оксигену, а отже і одну гідроксильну групу. Знаходимо масу вуглеводневого радикалу, зв'язаного з гідроксильною групою:

$$M(\text{OH}) = 17 \text{ г/моль, тоді } M(\text{R}) = 74 - 16 = 57 \text{ г/моль}$$

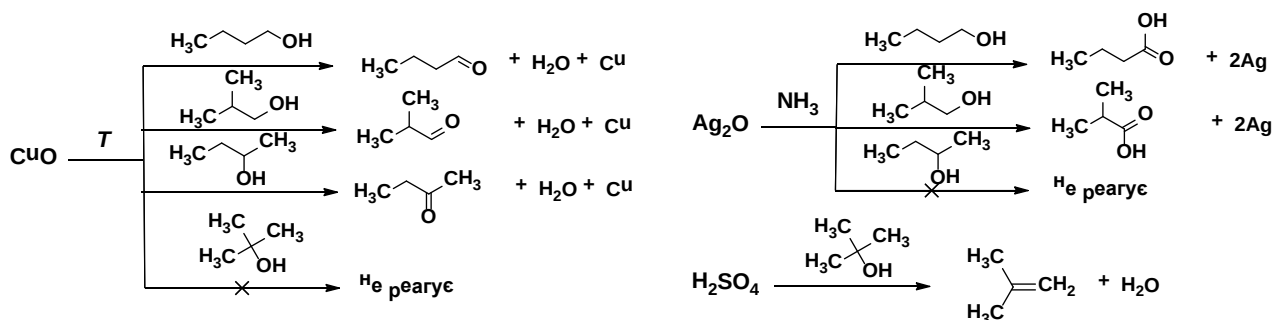
5. Враховуючи що $A_r(\text{C}) = 12$, то максимально можлива кількість атомів C дорівнює 4 ($57/12 = 4,75$). Знаходимо кількість атомів Гідрогену: $57 - (4 \cdot 12) = 9$. Отже, ймовірна загальна формула для ізомерних сполук – $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.

Кількість атомів C не може дорівнювати 3, адже тоді кількість атомів H буде становити $57 - 36 = 21$, а це не має сенсу з точки зору органічної хімії.

6. Наведеній формулі відповідають наступні структурні формули:

- | | |
|--|--|
| (1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ | бутан-1-ол (бутанол-1, н-бутиловий спирт). |
| (2) $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CH}_2\text{OH}$ | 2-метилпропан-1-ол (2-метилпропанол-1, ізобутиловий спирт). |
| (3) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{-OH}$ | бутан-2-ол (втор-бутиловий спирт). |
| (4) $(\text{CH}_3)_3\text{C-OH}$ | 2-метилпропан-2-ол , (трет-бутиловий спирт). |

7. Відомо, що купрум (II) оксид окиснює первинні спирти до альдегідів, які дають реакцію срібного дзеркала з $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, а вторинні спирти окиснюються до кетонів. Третинні спирти не піддаються окисненню купрум (II) оксидом, але під дією концентрованої H_2SO_4 дані сполуки дегідратують (їхні молекули втрачають H_2O). Отже загалом маємо наступні хімічні рівняння:

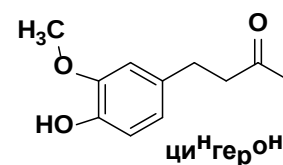
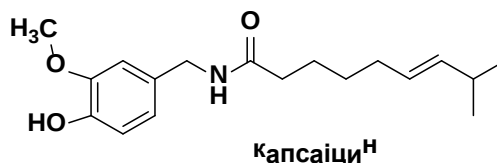
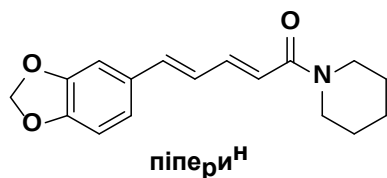


Зрозуміло, що загальній формулі $C_4H_{10}O$ можуть відповідати й інші органічні ізомерні сполуки, наприклад, етери (діетиловий, метилпропіловий та метилізопропіловий етери). Але етери не реагують з CuO , Ag_2O та H_2SO_4 (хоча з останньою речовиною етери можуть утворювати донорно-акцепторні комплексні сполуки).

Задача № 2.6. Активним компонентом чорного (а також білого) перцю є піперин, який і викликає відчуття пекучості в роті. Перець чилі своєю пекучістю зобов'язаний капсаїцину. Речовина цингерон відповідає за пекучість імбиру. Спробуйте знайти і зобразити структурні формули вказаних активних сполук. Що спільного в них є? Розглядаючи формули, дайте відповідь на наступне питання: що більшою мірою відповідає за силу (хоча це поняття і відносне) пекучості?

Розв'язок.

1. Зображуємо формули:



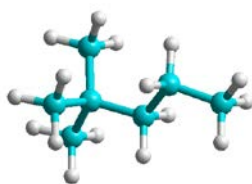
2. Для всі вказаних молекул головною спільною ознакою є наявність Оксиген-вмісного ароматичного фрагменту, а саме залишку пірокатехолу, а також аліфатичного карбонового ланцюга з карбонільною групою.

3. Якщо брати до уваги те, що імбир є менш пекучим (принаймні для більшості тих, хто його пробував на смак), то, очевидно, виходячи з наведених формул, за силу пекучості відповідає як наявність зв'язку C–N, так і довжина вуглецевого ланцюга.

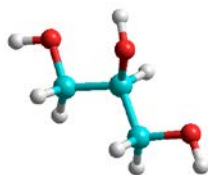
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗКУ

(1). Які сполуки (назвіть ці сполуки та зобразіть їхні структурні формули) можуть відповідати формулі C_5H_{12} ? Який з наведених ізомерів є газом?

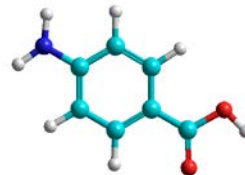
(2). Використовуючи наступні моделі молекул органічних речовин



а



б



в

запропонуйте їхні структурні формули та назвіть їх.

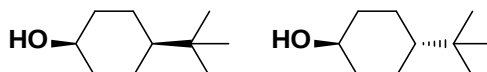
(3) Зобразіть дві молекули, які відповідають формулі $C_5H_{10}O_2$ та:

- а) є карбоновими кислотами;
- б) є естерами;
- с) містять альдегідну та гідроксильну групи;
- д) містять кетонну та етерну групи.

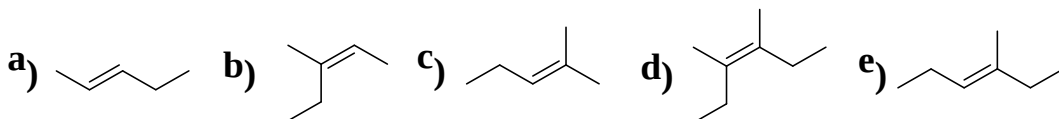
(4) Для речовини C_4H_9Br відомо 4 структурні ізомери. Яка назва, згідно з номенклатурою IUPAC, є правильною для одного з чотирьох ізомерів:

- а) 1-бром-2-метилпропан; б) 3-бромбутан; в) 2-бром-2-метилбутан;
- г) 2-бром-1-метилпропан.

(5) Чи є *цис-4-трет-бутилциклогексан-1-ол* та *транс-4-трет-бутилциклогексан-1-ол* хіральними сполуками?



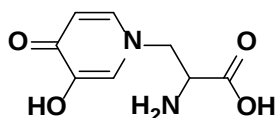
(6) Яка з нижченаведених сполук не має стереоізомерів?



(7) Відносна молекулярна маса органічної речовини складу $C_xH_yO_z$ дорівнює 88. При повному спалюванні 0,44 г вказаної речовини утворилося 560 мл CO_2 (н.у.). Визначте молекулярну формулу речовини та напишіть її можливі структурні ізомери.

(8) Відносна молекулярна маса органічної речовини складу $C_xH_yO_z$, яка здатна реагувати з ацетатною кислотою, дорівнює 62. Визначте можливу молекулярну формулу речовини.

(9) Мімозин – природний продукт, який знайдено у великих кількостях в бобових рослинах. Показано, що ця сполука може викликати гальмування росту волосся, а також випадіння волосся у мишей. Формула мімозину наступна:



Які функціональні групи представлені в мімозині. Підрахуйте скільки σ - та π -зв'язків є в молекулі мімозину.

(10) Яку формулу має етиленовий вуглеводень, якщо для повного його спалювання кількістю 0,5 моль було витрачено 33,6 л кисню (н.у.)?

ТЕМА 3

ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ: БУДОВА ТА РІВНІ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ СПОЛУКИ

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Високомолекулярні сполуки – хімічні сполуки з молекулярною масою від декількох тисяч до декількох мільйонів. Переважна більшість високомолекулярних сполук є *полімерами* (від грец. πολύ – багато; μέρος – частина). Полімери – це високомолекулярні сполуки, молекули яких (макромолекули) складаються з великого числа однакових повторюваних угруповань (елементарних ланок). Кількість елементарних ланок в молекулі полімеру називається ступенем полімеризації. Речовини, молекули яких здатні утворювати складові (елементарні, повторювальні, мономерні) ланки полімерів мають назву *мономери*.

Полімери – особливий вид матеріалів, що мають, в залежності від будови макромолекул, найрізноманітніші властивості і застосовуються в різних сферах життя і діяльності людини: в промисловості і сільському господарстві, в науці і техніці, у всіх видах транспорту. Сучасна медицина, як і наш повсякденний побут, неможливо уявити без використання широкого кола полімерних матеріалів.



Які ж властивості відрізняють полімери від низькомолекулярних сполук? Внаслідок великої довжини і гнучкості макромолекул, полімери характеризуються пружно-еластичними властивостями. Більшість полімерів при видаленні розчинника з розчину здатні до формування плівок і волокон, тоді як низькомолекулярні сполуки як правило кристалізуються з утворенням великих кристалів або дрібнодисперсних кристалічних порошків.

Результат видалення розчинника з розчинів різних сполук



Низькомолекулярні сполуки



Високомолекулярні сполуки



Полімери не піддаються перегонці і перекристалізації. Слід пам'ятати, що висока молекулярна маса полімерів поняття відносна, а самі полімери не мають чітко визначеної молекулярної маси, а тому характеризуються середньою молекулярною масою і ступенем полімеризації (середня кількість хімічно зв'язаних молекул мономерів в молекулі полімеру з «середньою» молекулярною масою).

Основними реакціями, які ведуть до отримання полімерів, є реакції полімеризації (ланцюгова полімеризація) та поліконденсації (ступенева полімеризація).

За походженням полімери поділяють на

- природні (існують в природі; інша назва – *біополімери*): натуральні каучуки, полісахариди (целюлоза, пектин), білки (ферменти, натуральний шовк), нуклеїнові кислоти.

- синтетичні полімери (не існують в природі, є продуктом нафтохімічного синтезу): поліетилен, поліпропілен, полістирол, поліуретани та ін.

- штучні або напівсинтетичні (отримують модифікуванням природних полімерів): нітроцелюлоза, ацетат целюлози, модифікований крохмаль та ін.

За хімічною природою розрізняють *органічні* (складаються з атомів С, Н, О, N і Галогенів), *неорганічні* (не містять зв'язків С–Н) і *елементорганічні* (поєднують органічні та неорганічні групи). За формою (топологією, архітектурою) макромолекул виділяють лінійні, розгалужені та сітчасті полімери.

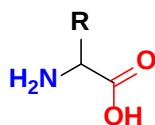
застосування полімерів, їх поділяють на еластomers (гуми), пластики та волокна.

Полімери можуть бути кристалічними (або більш точно частково кристалічними, адже повністю кристалічних полімерів не існує) та аморфними. Окремо слід виділити мезоморфний стан полімерів, або більш відомий як рідкокристалічний. Взагалі існує безліч різних класифікацій полімерів за різними ознаками: гідрофобні та гідрофільні полімери, іоногенні та неіоногенні полімери тощо, які застосовуються фахівцями за потреби.

Слід відзначити, що одним із основних аспектів сучасної науки про полімери є встановлення їхньої ролі в біологічних процесах, тобто вивчення структури, властивостей та функцій таких активних біополімерів як білки (поліпептиди), полісахариди, нуклеїнові кислоти. Виділяють і змішані біополімери, до складу яких входять полісахариди та білки, білки та ліпіди, або інші варіанти поєднання біополімерних структур. Біополімери утворюються в процесі біосинтезу в клітинах живих організмів і є важливими активними будівними блоками або іншими функціональними елементами живої природи.

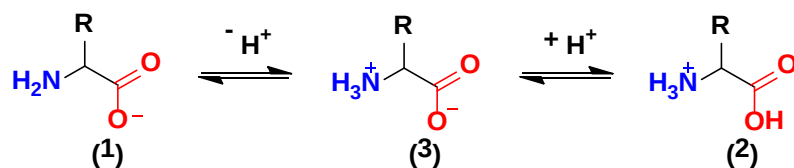
Білки – біоорганічні високомолекулярні сполуки, що побудовані із залишків амінокислот, об'єднаних амідними (пептидними) зв'язками ($-\text{CO}-\text{NH}-$). Білки є найбільш розповсюдженими з усіх класів біомолекул. Вони входять до складу всіх клітинних компонентів мікроорганізмів, рослин, тварин (ядра, біологічні мембрани, цитоплазма) та міжклітинних структур. Білковий склад живих клітин ускладнюється пропорційно до ступеня складності геному та етапу еволюційного розвитку організму.

Мономерами для побудови білків (поліпептидного ланцюга) є амінокислоти загальної формули:



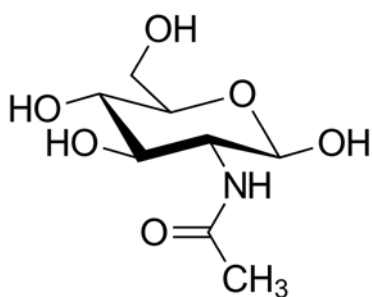
Неймовірно, але «цеглинками» для всього розмаїття білків в живих організмах є лише 20 амінокислот.

У водному середовищі амінокислоти існують у вигляді рівноважної суміші, що складається з аніонної (1), катіонної (2) форм та біполярного іона (цвіттер-іона) (3):



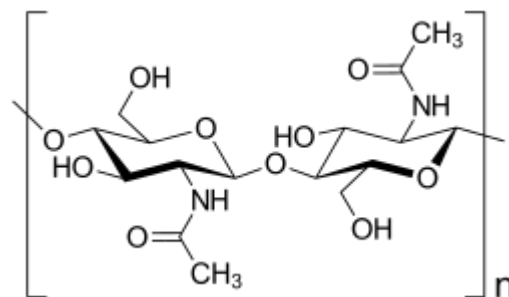
Поліпептидні ланцюги білкових молекул здатні до формування впорядкованих конформацій (просторових структур), які стабілізуються водневими та іншими слабкими фізико-хімічними зв'язками. Утворені конформації забезпечують певні рівні структурної організації білків, що відображаються в різних формах будови білкових молекул. Виділяють 4 рівня просторової організації білків. Під *первинною структурою* білка розуміють послідовність розташування амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі. *Первинна структура* підтримується міцним ковалентним пептидним зв'язком. *Вторинна структура* білка забезпечується складанням лінійної молекули в більш компактні спіральні або складчасті просторові форми. *Третинна структура* білка забезпечує розташування спіральних та складчастих ділянок молекули у просторі в певному порядку та утворюється за допомогою зв'язків, що виникають між амінокислотними залишками, які розташовані на великій відстані. *Четвертинна структура* білків виникає в разі, коли кілька білкових молекул сполучаються між собою утворюючи єдиний білковий комплекс, який виконує певні функції.

Вуглеводи – біоорганічні сполуки, що за своєю хімічною будовою є альдегідо- та кетопохідними багатоатомних спиртів, або поліоксиальдегідами та поліоксикетонами. Вуглеводи, що відповідають зазначеним хімічним структурам і не піддаються гідролізу (тобто розщепленню водою на більш прості сполуки), є простими вуглеводами, або *моносахаридами*. Вуглеводи, що здатні гідролізуватися до моносахаридів, мають назву складних вуглеводів – *олігосахаридів* та *полісахаридів*.



моносахарид N-ацетилглюкозамін

мономер біополімеру хітину



полісахарид хітин

головний компонент екзоскелету членистоногих

Полісахариди – складні вуглеводи, які за хімічною структурою є полімерами, побудованими із залишків (мономерів) багатьох тисяч молекул моносахаридів (глюкоза, фруктоза тощо) та їх похідних, об'єднаних за допомогою реакції поліконденсації. За особливостями хімічної будови ці сполуки поділяються на гомополісахариди, збудовані з мономерів одного типу (крохмаль, глікоген, целюлоза, декстрин, хітин, пектини) та гетерополісахариди – кополімери різних моносахаридів (пектини, глікозамінглікани).

Нуклеїнові кислоти, а саме дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) та рибонуклеїнова кислота (РНК) – біополімери, які мають загальну назву *полінуклеотиди*. Мономерною ланкою в таких полімерах є *нуклеотиди* (мононуклеотиди) – трикомпонентні сполуки, які побудовані з азотистої основи пуринового чи піримідинового ряду, залишків пентоз (рибози або дезоксирибози) та залишків ортофосфорної кислоти.

Нуклеїнові кислоти разом із білками належать до класу інформаційних біомакромолекул, які виконують ряд унікальних біологічних функцій, не властивих іншим біополімерам: забезпечують збереження і передавання нащадкам генетична інформації, беруть безпосередню участь у механізмах її реалізації шляхом програмування матричного синтезу всіх білків індивідуального організму.

Як і білки, нуклеїнові кислоти мають декілька рівнів просторової структурної організації. Так, *первинна структура* ДНК — кількість, якість і порядок розташування залишків дезоксирибонуклеотидів у полінуклеотидному

ланцюзі. *Вторинна структура ДНК* – це просторова організація полінуклеотидних ланцюгів в її молекулі. Згідно з моделлю Дж. Уотсона та Ф. Кріка, запропонованою у 1953 році, молекула ДНК складається з двох полінуклеотидних ланцюгів, орієнтованих азотистими основами один проти одного та правозакручених навколо спіральної осі з утворенням подвійної спіралі:



<https://io9.gizmodo.com/dnas-double-helix-discovery-turns-60-how-monumental-i-494023216>

Подвійна спіраль характерна для більшості молекул ДНК. Одноланцюгову ДНК містять деякі віруси. Кільцеві форми ДНК, які більш характерні для бактерій, мають назву – плазміді. У живій клітині подвійна спіраль ДНК не має вигляду розгорнутої молекули, а додатково згорнута в просторі, утворюючи певні *третинні структури* – суперспіралі.

ТИПОВІ ЗАВДАННЯ ТА ПРИКЛАДИ ЇХ РОЗВ’ЯЗКІВ

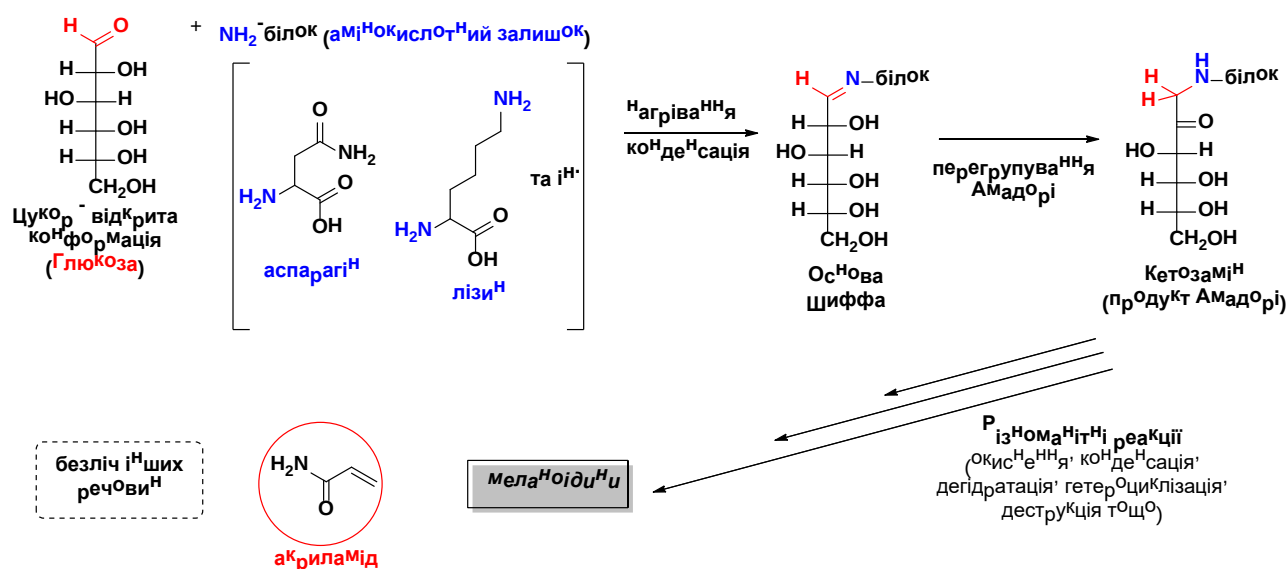
Задача № 3.1. Складно уявити життя сучасної людини без кулінарії. Кожного разу, коли ви або ваші близькі підходите до плити, щоб створити черговий кулінарний шедевр, або коли просто куштуєте ароматну каву, то стикаєтеся з результатами однієї хімічної реакції. Завдяки цій реакції ми маємо незабутній аромат свіжозвареної кави, випеченого хліба або смаженого м’яса, на хлібі або відбивній з’являється



золотиста скоринка, а страви набувають характерного смаку. Про яку реакцію йде мова? Назвіть основні продукти цієї реакції. Чи всі продукти цієї реакції є смачними та корисними?

Розв'язок.

Мова йде про реакцію Майара. Реакція Майара – це хімічна реакція між амінокислотами та вуглеводами, яка, як правило, відбувається при нагріванні і має декілька стадій. Спочатку відбувається конденсація різних вуглеводів (цукрів) із амінокислотними залишками білків, а утворена основа Шиффа самовільно перегрупується (перегрупування Амадорі) в відповідний кетозамін:



Далі може відбуватися безліч інших різноманітних реакцій. Основний продукт реакції Майара – це меланоїдини. Свіжоприготовлені кава, какао, квас, хліб, жарені м'ясо та риба ... ми завжди оточені реакцією Майара та її продуктами – меланоїдинами. За приблизними розрахунками людина вживає близько 10 г меланоїдинів кожен день. За хімічною природою меланоїдини – це широкий спектр полімерів різноманітної будови, хімічна структура яких також містить гетероциклічні та хіноїдні угруповання. Механізм їх утворення складний і до кінця не вивчений.

Чому? В умовах приготування їжі утворюється занадто багато проміжних продуктів, які взаємодіють між собою і вихідними речовинами. Утворення

меланоїдинів супроводжується появою безлічі речовин, що мають сильний, іноді різкий, запах: фурфуролу, оксиметилфурфуролу, ацетальдегіду, формальдегіду, ізовалеріанового альдегіду, метилглюксалу, діацетилу та інших. Їх унікальне сполучення надає незабутній, апетитний аромат свіжоспеченого хліба, плову, шашлику тощо.

Проте, за високих температур (близько 180 °C), в результаті реакції Майара за участі аспарагін-вмісних білків, можливе утворення канцерогенного акриламід. Особливо це стосується приготування таких смачних та популярних продуктів як чіпси та картопля фрі. В цілому, не слід пересмажувати будь-які продукти з метою уникнення утворення шкідливих речовин внаслідок небажаних напрямів перебігу всюдисущої реакції Майера.

Задача № 3.2. Для визначення хімічної будови органічних речовин природного походження **A** та **B** були проведені наступні реакції:

- 1) взаємодія **A** з хлорангідридом трифторацетатної кислоти, внаслідок чого отримали речовину **B**, яка в реакції з фосфор пентахлоридом дає продукт **Г**;
- 2) реакція **B** з метанолом, в результаті чого утворюється речовина **Д**;
- 3) взаємодія утворених сполук **Г** і **Д** дає речовину **Е**, яка при обробці лугом дає сполуку **Ж**.

Додатково було встановлено, що сполуки **A**, **B** і **Ж** можуть взаємодіяти з HCl, HNO₂ та KOH. Також відомо, молекула речовини **A** містить у 2 та 2,5 рази менше атомів Оксигену, ніж молекули **B** та **Ж**, відповідно. Кількість атомів Карбону в молекулі **Ж** дорівнює 6, що складає суму атомів Карбону в молекулах речовин **A** і **B**. В залежності від кислотності середовища, сполуки **A**, **B** та **Ж** можуть існувати в трьох формах: позитивно та негативно зарядженій, а також нейтральній.

Визначте хімічні формули всіх речовин та напишіть рівняння зазначених реакцій. Наведіть продукти реакцій речовини **A** з HCl, HNO₂, KOH.

Розв'язок.

Вирішення такого типу задач потребує не лише ґрунтовних знань з хімії,

але й інтуїтивного мислення. Навіть просто відгадавши (хоча без ґрунтовних знань з хімії це буде важко зробити) одну з речовин, далі можна легко знайти відповіді на всі наступні питання поставленої задачі.

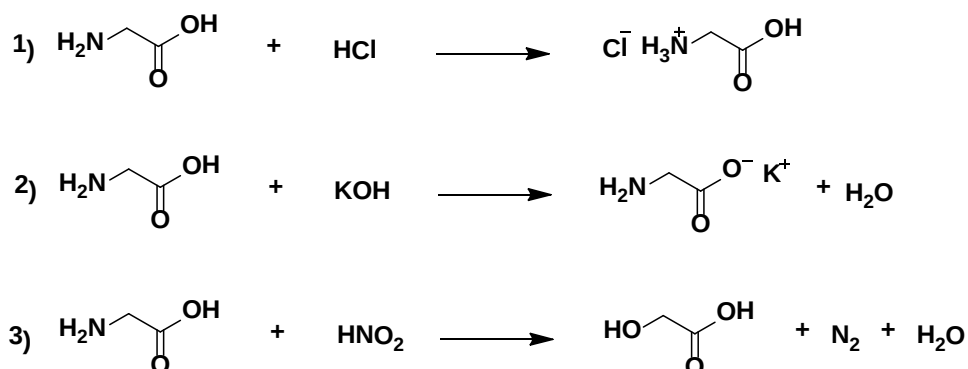
Отже, наводимо орієнтовний хід розв'язку задачі.

1. При аналізі наведених реакцій стає очевидним, що в цілому, сполука **Ж** складається з певним чином функціоналізованих вихідних природних органічних сполук **А** та **Б**. До того ж слід враховувати і те, що кількість атомів Карбону в **Ж** дорівнює сумі цих атомів Карбону в сполуках **А** і **Б**. Так як сполуки **А**, **Б** і **Ж** можуть реагувати з кислотою та основою, то, очевидно, що ці сполуки є біфункціональними. Більш того, зазначені речовини реагують і з нітритною кислотою та можуть перебувати в трьох станах. Отже, очевидно, що вихідні сполуки **А** та **Б** є амінокислотами, а сполука **Ж** представляє собою дипептид.

2. Розгляд можливих комбінацій з урахуванням як загальної кількості атомів Карбону (наприклад, **А** – містить 2 атоми Карбону, тоді **Б** – 4 атоми С), а також співвідношення атомів Оксигену (**А:Б** = 1:2), дозволяє встановити, що сполука **А** – це *гліцин* (2-аміноацетатна кислота або 2-аміноетанова кислота), **Б** – *аспарагінова кислота* (2-амінобутандіова кислота):



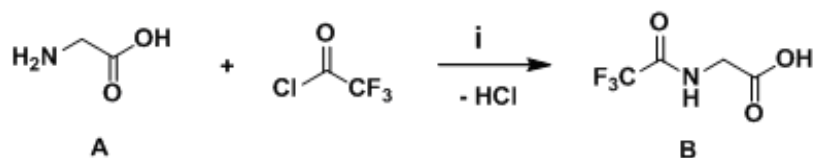
3. Запишемо рівняння реакцій гліцину з HCl, KOH і HNO₂:



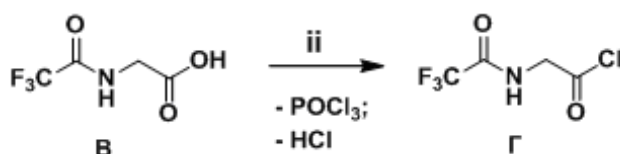
Реакція амінокислот з нітритною кислотою використовується для кількісного визначення вмісту амінокислот шляхом вимірювання об'єму азоту, що утворюється в результаті цієї реакції (метод Ван-Слайка).

4. Далі записуємо рівняння реакцій для визначення сполук **В** – **Ж**.

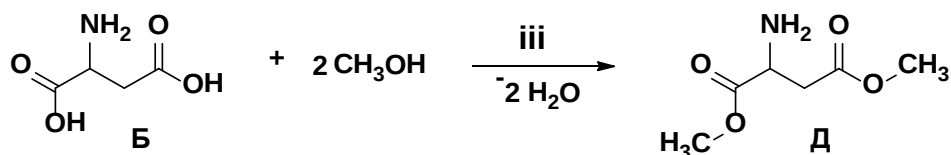
Реакція (i) – традиційна реакція *хімічного* захисту аміногрупи гліцину від небажаних хімічних взаємодій, в результаті якої утворюється 2-(2,2,2-трифлуорацетамід)ацетатної кислоти (сполука **В**):



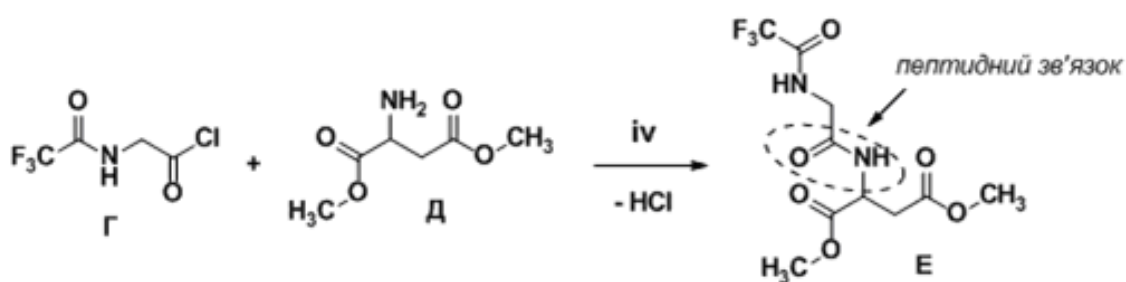
Реакція (ii) – активація карбоксильної групи гліцину з утворенням 2-(2,2,2-трифлуорацетамід)ацетил хлориду (сполука **Г**):



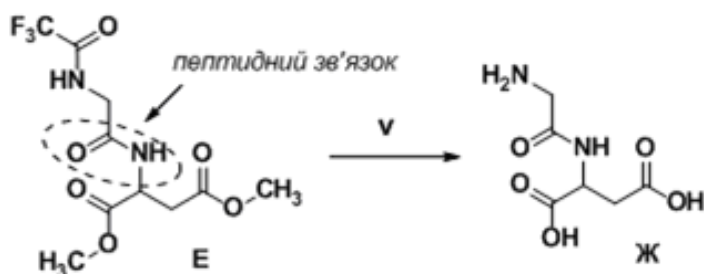
Реакція (iii) – *хімічний* захист –COOH групи амінокислоти **Б** з утворенням диметилового естеру аспарагінової кислоти (сполука **Д**):



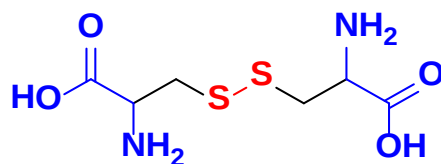
Реакція (iv) – синтез сполуки **Е** (захищений дипептид) за рахунок утворення пептидного зв'язку:



Наступне зняття захисту з –NH₂ і –COOH груп та відповідним утворенням дипептиду **Ж** відображено на Реакції (v):



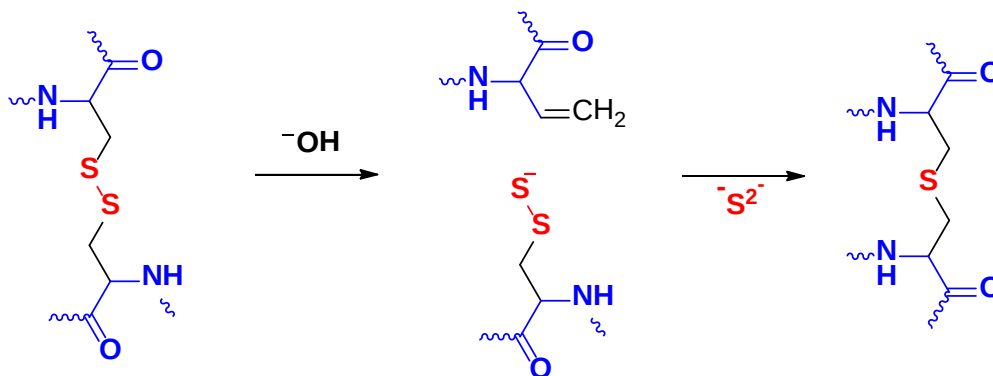
Задача № 3.3. Цистин – це сірковімсна амінокислота, що містить дві карбоксильні та дві аміно групи:



Цистин в організмі людини знаходиться у складі білків, а характерною особливістю вказаної амінокислоти є наявність в її структурі дисульфідного (цистинового) зв'язку, який відіграє важливу роль у формуванні та стабілізації третинної структури білків. Так, великий вміст (до 20 %) цистину, а отже і дисульфідних зв'язків, в кератині, основному білку людського волосся, забезпечує його високу жорсткість. Перетворення цистинових зв'язків на більш міцніші –S– зв'язки (лантїонїнові зв'язки) є одним із методів укріплення волосся. Який механізм такого перетворення? Напишіть схему реакції. Як в результаті перетворення зміниться структура макромолекули кератинового білку?

Розв'язок.

1. Перетворення дисульфідних зв'язків на лантїонїнові відбувається внаслідок обробки кератину водними розчинами лугів (чи просто киплячою водою) за наступною схемою:

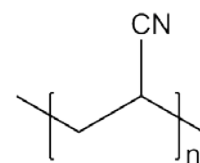


2. Процес видалення одного атому Сульфуру з молекули цистину з утворенням лантїонїнового зв'язку, відомий як *лантїонїзація* або кератинове випрямлення волос. Цей процес дозволяє укріпити та випрямити волосся хімічним шляхом:

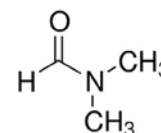


3. Внаслідок лантїонїзації гідроліз пептидних зв'язків майже не відбувається (звичайно за «жорстких» умов – при кислотному гідролізі та за підвищених температур, молекули білків (поліпептидів) можна повністю зруйнувати по пептидним зв'язкам), а тому поліпептидні ланцюги кератинового білку залишаються незмінними, але дещо змінюється його первинна і, відповідно, вторинна та третинна структури.

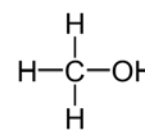
Задача № 3.4. При додаванні до розчину відомого промислового полімеру поліакрилонїтрилу в органічному розчиннику N,N-диметилформаміді невеликої кількості метанолу спостерігається суттєве зниження в'язкості η зазначеного полімеру. Поясніть причину цього явища.



поліакрилонїтрил



N,N-диметилформамід



метанол

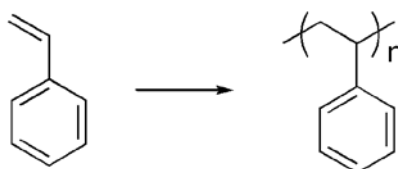
Теоретичні відомості. Однією з найбільш важливих властивостей розчинів полімерів є в'язкість, яка в порівнянні з розчинами низькомолекулярних речовин є дуже високою. В'язкість (внутрішнє тертя) – властивість рідких, а також газуватих і твердих тіл чинити опір їх течії – переміщення одного шару тіла відносно іншого під дією зовнішніх сил. В'язкість полімерів залежить від температури, непропорційно змінюється з концентрацією розчину і пов'язана з молекулярною масою полімерів.

Розв'язок.

Ефективна довжина полімерного ланцюга, або розмір макромолекули

полімеру, який вона займає в розчині внаслідок міжмолекулярної взаємодії з розчинником (слід знати, що молекула полімеру в розчині ніколи не має форму ланцюги – зазвичай це клубок різного розміру) залежить від термодинамічної якості розчинника, а саме його термодинамічної спорідненості з полімером (іншими словами, здатності розчинника розчиняти/сольватувати макромолекули полімеру), від молекулярної маси полімеру та від температури розчину. Зміна будь якої з цих характеристик веде до зміни розмірів і форми макромолекулярних клубків полімеру. А це в свою чергу призводить до зміни гідродинамічних властивостей полімерних розчинів. Метанол (метиловий спирт) не є розчинником для поліакрилонітрилу, тому при додаванні його до розчину вказаного полімеру в N,N-диметилформаміді він погіршує термодинамічні властивості цього розчинника. Внаслідок цього полімерні ланцюги поліакрилонітрилу утворюють щільніші, а отже і менші за розміром молекулярні клубки, що призводить до зменшення гідродинамічного опору та, відповідно, до зменшення в'язкості вихідного розчину поліакрилонітрилу.

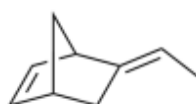
Задача № 3.5. При типовій радикальній полімеризації, наприклад стиролу, утворюється відповідний полімер – полістирол:



Аналогічним чином напишіть продукти полімеризації таких мономерів, як

(1) α -метилстирол та

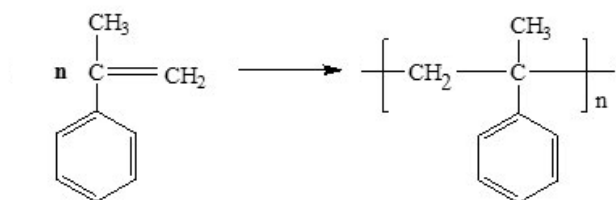
(2) біциклический алкен – етиліденнорборнен, за умови полімеризації останнього лише по ненасиченому зв'язку в циклі:



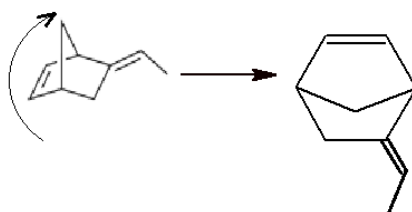
Вкажіть область застосування кополімерів етиліденнорборнену. З якою метою інший кратний зв'язок етиліденнорборнену при одержанні кополімерів на його основі залишають незмінним?

Розв'язок.

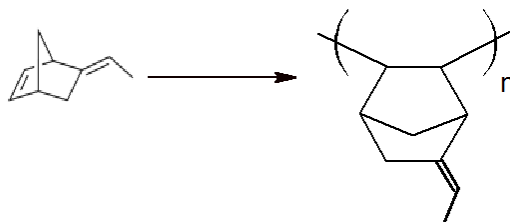
1. Використовуючи аналогію з полімеризацією стиролу, реакція полімеризації α -метилстиролу можна записати наступним чином:



2. У випадку з етиліденнорборненом необхідно «прикласти» невеликі зусилля та «розвернути» молекулу на 90° за годинниковою стрілкою для отримання більш «зручного» положення цієї молекули:



3. Далі процес полімеризації відбувається за вже відомою схемою:



Етиліденнорборнен у сучасній промисловості є важливим мономером при синтезі етиленпропілендієнового каучуку (відомий як EPDM) – основного полімеру для виробництва різноманітних теплостійких гумотехнічних виробів з підвищеним терміном експлуатації.



Ненасичений зв'язок в кожному етиліденнорборненому фрагменті кополімерів (каучуків) на його основі надає можливість проводити додаткове зшивання макромолекул каучуків при одержанні гум (просторово зшитих каучуків) для покращення їхніх механічних та інших властивостей, наприклад міцності, жорсткості, стійкості до агресивних середовищ тощо.

Задача № 3.6. Речовину **A** з густиною за повітрям 2,16 спалили в надлишку кисню. Газоподібні продукти згорання послідовно пропустили через надлишкові кількості розчинів аргентум нітрату (склянка №1) та вапняної води (склянка №2). Як наслідок, продукти згорання повністю поглинулися та в обох склянках випали осади. Якщо в процесі поглинання продуктів згорання поміняти послідовність склянок (тобто розчинів поглиначів), то в склянці з вапняною водою осад утвориться, а в склянці з аргентум нітратом – ні. В промисловості сполуку **A** отримують з речовин **B** (старий спосіб) або **B** (основний спосіб). Визначте речовину **A** та наведіть рівняння зазначених вище реакцій. Назвіть речовини **B** і **B** та наведіть схеми реакцій синтезу із них речовини **A**. Який основний продукт отримують із сполуки **A** (напишіть рівняння реакції) та за яким механізмом?

Розв'язок.

1. Знаходимо молекулярну масу сполуки **A**.

$$M(A) = D_{\text{повітря}} \cdot M_{\text{повітря}} \quad M_{\text{повітря}} = 29 \text{ г/моль}$$
$$M(A) = 2,16 \cdot 29 = 62,6 \text{ г/моль.}$$

2. Утворення осадів в склянках №1 та №2 свідчить про те, що при згоранні **A** утворились карбон (IV) оксид CO_2 , а також якийсь гідроген галогенід (HX). Отже, на даному етапі можемо записати загальну формулу речовини **A**: $\text{C}_x\text{H}_y\text{X}_z$.

3. Єдиними галогеном для речовини **A** з $M = 62,6 \text{ г/моль}$) може бути лише Cl , при чому, очевидно, що $z = 1$. Бром та Йод не підходять, тому що $Ar(\text{Br})$ дорівнює 80, а для Йоду це значення відповідно ще більше. Флуор F також не може входити до складу речовини **A**, оскільки при взаємодії HF з аргентум нітратом осад не утворюється внаслідок високої розчинності AgF у воді.

Отже, молекулярна маса для вуглеводневої частини молекули **A** складає:

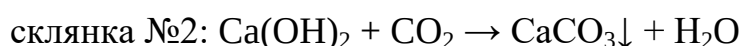
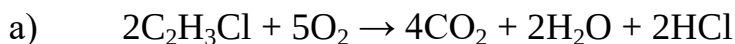
$$M(C_xH_y) = 62,6 - 35,1 = 27,1$$

Прості підрахунки вказують, що єдиним вірним рішенням є: $x = 2$, а $y = 3$.

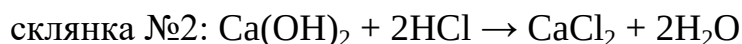
Таким чином записуємо формулу речовини **A**: **C₂H₃Cl** або **CH₂=CHCl** (**хлоретен** або **вінілхлорид**).

*Слід зауважити, що при розв'язку такого типу задач треба пам'ятати, що загальна формула вихідної речовини може містити, наприклад і Оксиген. Тоді б мали - C_xH_yO_pHal_z. Проте в даному випадку було очевидно, що сполука **A** не містить Оксигену, хоча б тому, що навіть уявна сполука COCl має молекулярну масу вже 63,5.*

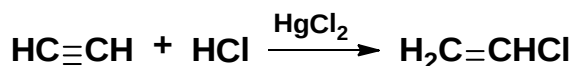
4. Далі наводимо відповідні рівняння реакції:



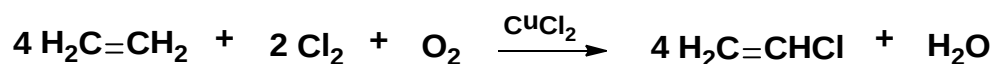
в) при зміні послідовності склянок осад в склянці №1 не утворюється, оскільки HCl взаємодіє з Ca(OH)₂:



5. Вінілхлорид – один з основних багатотоннажних продуктів в хімічній промисловості. Вперше, вінілхлорид отримав німецький хімік Юстус Лібіх дегідрохлоруванням дихлоретану спиртовим розчином лугу. Проте, першим комерційним способом отримання вінілхлориду в промисловості було каталітичне (як каталізатор використовували сполуки ртуті) гідрохлорування ацетилену:



Наразі, основним промисловим методом отримання вінілхлориду є окиснювальне хлорування етену:

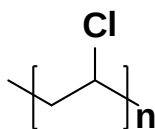


Перевагами основного способу є використання значно дешевшої вуглеводневої сировини – етену, а також відсутність необхідності використання

високотоксичних сполук ртуті. Отже, речовина **Б** – це **ацетилен** або етин ($\text{HC}\equiv\text{CH}$), а сполука **В** – **етилен** або етен ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$).

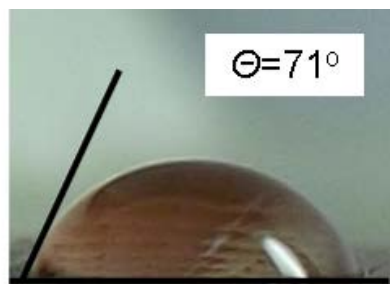
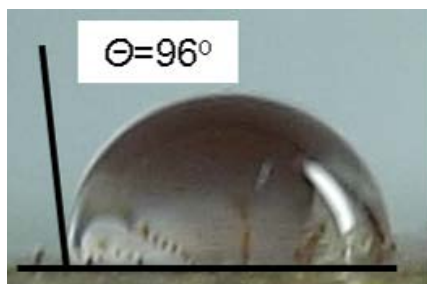
6. Майже весь вінілхлорид, що виробляється в промисловості використовується для виробництва полімеру – **полівінілхлориду (ПВХ)**. В даному випадку вінілхлорид є мономером. ПВХ отримують полімеризацією вінілхлориду за радикальним механізмом:

$\text{R}^\bullet$ (радикал) + $\text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2-\text{CHCl}^\bullet + \text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}^\bullet$ і так далі. Як результат реакції отримують ПВХ:



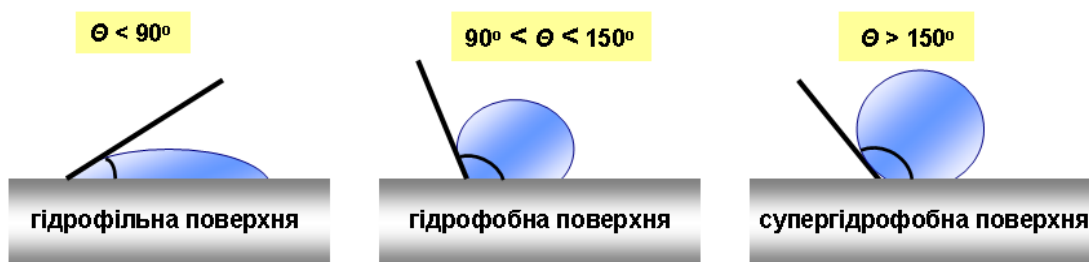
Обрив полімерного ланцюга, що росте, відбувається, як правило, за рахунок взаємодії двох радикалів (димеризація або рекомбінація) або шляхом переносу атому Гідрогену з однієї молекули до іншої (диспропорціонування).

Задача № 3.7. При проведенні лабораторної роботи, була отримана полімерна плівка. Для цього, спочатку полімер розчинили в розчиннику, розчин полімеру вилили на спеціальну (наприклад, з політетрафторетилену або Тефлону) підкладку, яку потім помістили в сушильну шафу для випаровування розчинника. Отриману таким чином плівку розрізали навпіл і дали двом учням для вимірювання крайового кута змочування (θ) її поверхні водою. Як результат, перший учень отримав значення $\theta = 96^\circ$, тоді як другий учень несподівано отримав значення $\theta = 71^\circ$ (див. рисунок)



Обидва учні використовували однакову методику вимірювання. Запропонуйте пояснення такої розбіжності.

Теоретичні відомості. За інтенсивністю взаємодії полімерних матеріалів з водою, полімери можна умовно поділити на два класи – гідрофільні (притягують воду) та гідрофобні (відштовхують воду). Гідрофільність і гідрофобність поверхні полімерного матеріалу кількісно оцінюється крайовим кутом змочування Θ . Цей кут вимірюється між поверхнею матеріалу та краплею води наступним чином:



Якщо $\Theta < 90^\circ$, то поверхня матеріалу є гідрофільною. Чим менше значення крайового кута змочування, тим більш гідрофільною є поверхня. На гідрофільних поверхнях спостерігається розтікання краплі води. Якщо $\Theta > 90^\circ$, то поверхня є гідрофобною. Гідрофобність можна розглядати як малий ступінь гідрофільності. Окремо слід розглянути випадок, коли значення $\Theta > 150^\circ$ – ці поверхні мають назву супергідрофобних. Іноді ця поведінка, за аналогією до окремих об'єктів живої природи, має назву *ефект лотоса*.



Краплини води на поверхні листя лотоса



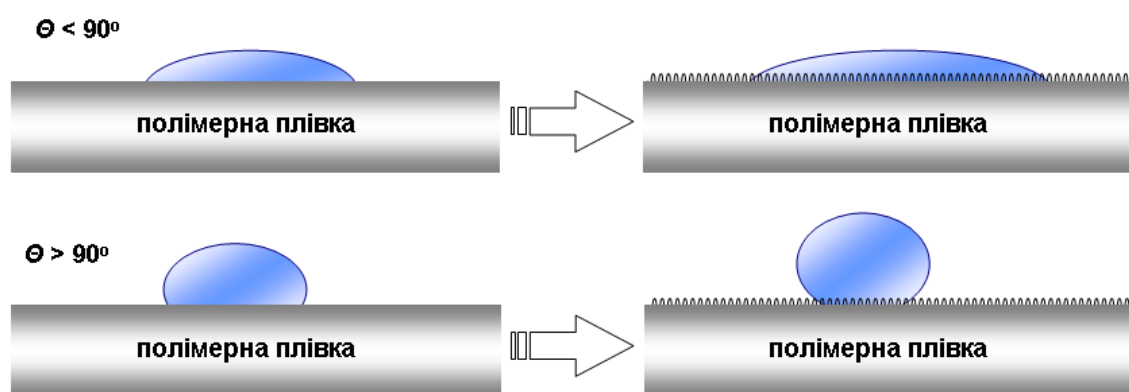
Супергідрофобна полімерна поверхня

Розв'язок.

Перше можливе пояснення. При випаровуванні розчинника, полімерні ланцюги «упаковуються» певним чином, що залежить, як правило, від хімічної природи використаного полімеру. Проте, не менш важливим фактором, є поверхня з якою взаємодіють макромолекули при отриманні плівок. В даному випадку, була використана підкладка з політетрафторетилену. Отже одна

частина макромолекул (назвемо їх «нижні макромолекули» плівки) досліджуваного полімеру знаходилась в тісному контакті з макромолекулами Тefлону, а інша частина («верхні макромолекули») були безпосередньо в контакті з повітрям. Макромолекули, які знаходяться між «верхніми» і «нижніми» макромолекулами, в даному випадку, не беремо до уваги, адже при вимірюванні крайового кута змочування важлива лише поверхня плівки. Отже, очевидно, що в структурі досліджуваного полімеру містяться як гідрофобні групи (наприклад бензольні ядра), так і гідрофільні (наприклад естерні зв'язки). А тому на поверхні полімерної плівки, яка контактувала з гідрофобним Тefлоном, в результаті гідрофобно-гідрофобних взаємодій утворюється шар, збагачений гідрофобною складовою полімеру. І навпаки. Таким чином, можна зробити висновок, що перший учень вимірював крайовий кут змочування поверхні плівки, яка контактувала з Тefлоном, а другий досліджував поверхню плівки, яка контактувала з повітрям.

Друге можливе пояснення. При створенні, наприклад, супергідрофобних поверхонь, хімічна будова полімеру відіграє важливу, але не вирішальну роль. В цьому випадку важливо так модифікувати поверхню матеріалу, щоб вона мала шорсткість практично на молекулярному (нанорозмірному) рівні. При цьому слід пам'ятати, якщо матеріал гідрофільний ($\theta < 90^\circ$), то надання шорсткості поверхні такому матеріалу веде до подальшого зменшення значень θ . Але, якщо матеріал гідрофобний ($\theta > 90^\circ$), то шорсткість поверхні може значним чином підвищити значення θ :



Таким чином при поясненні задачі можливе використання обох підходів. Зазвичай Тefлон, використаний для отримання полімерної плівки, має

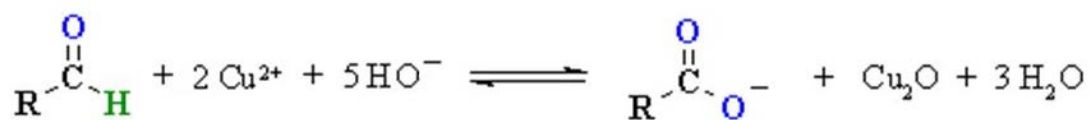
шорохувату поверхню. При отриманні плівки, Тефлон відіграв роль «ливарної форми» або матриці, що надала поверхні полімерної плівки певної шорсткості. Крім того, слід розуміти, що в окремих випадках використаний розчинник, випаровуючись, може також впливати на властивості поверхні полімерної плівки. Саме тому, дві поверхні однієї і тієї ж плівки завжди мають різні значення крайового кута змочування Θ .

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗКУ

(1) Деякі грибки, що руйнують дерева, містять блакитний фермент лаказу. Цей фермент містить 0,39% купруму за масою. Яка молекулярна маса лакази, якщо одна молекула цього ферменту містить 4 атоми Купруму?

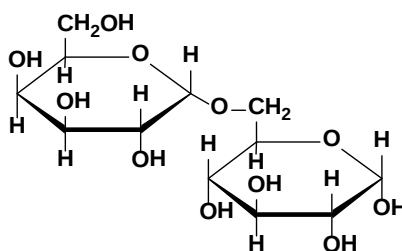
(2) *Гідролізне число* целюлози (Z_H) або, іншими словами, здатність целюлози піддаватися гідролізу, може бути визначене як різниця *мідних чисел* зразка целюлози до і після кип'ятіння в 5%-му розчині H_2SO_4 протягом 2 годин. Бавовняна та деревна целюлози були піддані частковому кислотному гідролізу. Яка із наведених видів целюлоз більш доступна до дії гідролізуючих агентів, якщо мідне число бавовни до кип'ятіння в 5%-му розчині H_2SO_4 дорівнювало 0,3, а після кип'ятіння – 2,4, тоді як мідне число деревної целюлози до обробки дорівнює 0,6, а після – 3,7.

Довідка. *Мідне число* целюлози – показник, що характеризує реакційну здатність целюлози (точніше її кінцевих альдегідних груп) при взаємодії з солями купруму (II):



Після проведення гідролізу, мідне число целюлози вказує на ступінь руйнування її макроланцюгів, що складаються з мономерів – молекул глюкози.

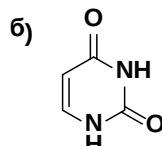
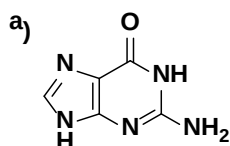
(3) Мелібіоза – це дисахарид, який в 30 разів солодший за сахарозу. Мелібіоза має наступну проекцію Хеуорса:



Використовуючи літературу, спробуйте відповісти на наступні запитання:

- а) З яких моносахаридів складається мелібіоза?
- б) Який тип глікозидних зв'язків зв'язує два моносахариди?
- с) Структура мелібіози представляє собою α - чи β -мелібіозу?

(4) Визначте кожну з наведених нижче основ. Вкажіть, яка з основ є в структурі РНК, а яка – в ДНК.



(5) Для повного гідролізу дипептиду масою 9,6 г знадобилося 900 мг води. Яка структура зазначеного дипептиду, якщо під час гідролізу утворилася лише одна амінокислота.

(6) За хімічною природою вовна майже на 98 % складається з фібрилярного білку кератину. Після попередньої обробки вовни гідроген пероксидом, гідроліз кератину пришвидшується. Поясніть причину цього явища.

(7) Для отримання однаково міцних волокон з поліетилентерефталату та поліпропілену для останнього необхідно використати більш високомолекулярні полімери. Чому?

(8) “Супер клей” містить етил-2-цианопропеноат (чи просто етилцианоакрилат), який легко полімеризується під дією слідів вологи або спиртів. Утворений полімер забезпечує міцне з'єднання між двома поверхнями різних матеріалів.





Хімічна структура полімеру «Кевлар», який застосовується для виготовлення бронежилетів, являє собою чергування залишків двох низькомолекулярних сполук-мономерів: *пара*-фенілендіаміну та терефталевої кислоти. Напишіть реакції утворення а) полімеру на основі етил 2-ціаноакрилату та б) Кевлару.

(9) Напишіть рівняння реакції утворення природного каучуку. Визначте середній ступінь полімеризації природного каучуку, якщо його середня молекулярна маса дорівнює 250000.

(10) Найбільш розповсюдженими полімерами, як не дивно, є неорганічні полімери. У вигляді чого такі полімери зустрічаються в природі? Наведіть приклади.

ПЕРЕВІР СЕБЕ

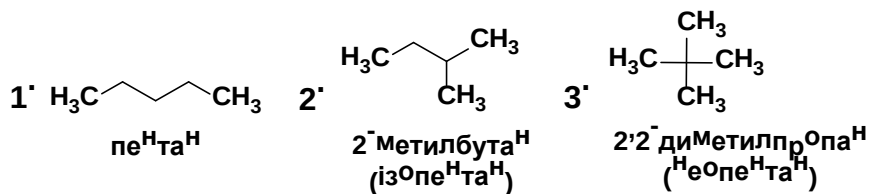
Відповіді на завдання

Тема 1

- (1) 857,4 кДж.
- (2) $C = 2,6 \text{ М}$.
- (3) $m = 15,1 \text{ г}$.
- (4) $C_m = 0,034 \text{ моль/кг}$.
- (5) $\omega\% (\text{NaCl}) = 16,08$; $\omega\% (\text{HCl}) = 1,43$.
- (6) $\alpha = 10\%$.
- (7) $[\text{H}^+] = 1,26 \cdot 10^{-7} \text{ моль/дм}^3$ та $[\text{OH}^-] = 7,94 \cdot 10^{-8} \text{ моль/дм}^3$.
- (8) $\text{pH} (\text{NaOH}) = 12,9$.
- (9) $V (\text{NaOH}) = 52,23 \text{ мл}$.
- (10) Три.

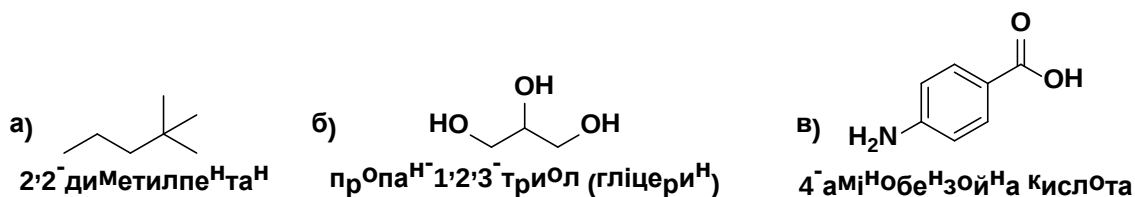
Тема 2

(1)

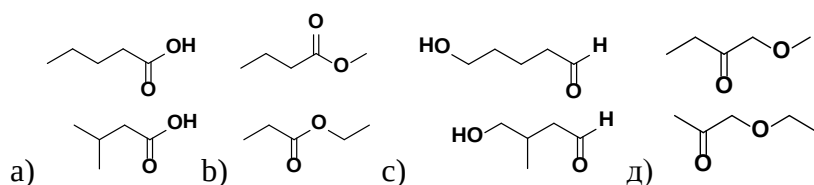


Неопентан – газ.

(2)



(3)



(4) А.

(5) Ні, оскільки обидві молекули мають площину симетрії.

(6) сполука С.

(7) $C_5H_{12}O$ або $C_nH_{2n+2}O$, а значить це насичений спирт або етер, ізомерні структури яких легко написати власноруч.

(8) $HOCH_2CH_2OH$

(9) Карбонільна, карбоксильна, гідроксильна та дві амінні групи; σ -зв'язків – 24, а π -зв'язків – 4.

(10) C_2H_4 .

Тема 3

(1) $M = 6,52 \times 10^4$ г/моль.

(2) Деревна целюлоза ($Z_H = 3,1$). Для бавовняної целюлози Z_H складає лише 2,1.

(3) а) Галактоза (з лівого боку) та глюкоза; б) α -1,6-глікозидний зв'язок; в) α -мелібіоза.

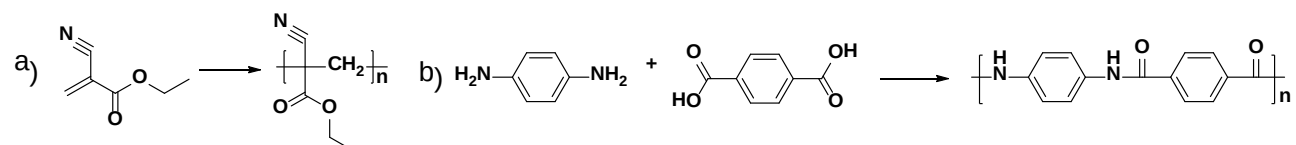
(4) а) Гуанін – пуринова основа, яка знаходиться як в РНК, так і ДНК. б) Урацил – піримідинова основа, яка знаходиться лише в РНК.

(5) Серин-серин.

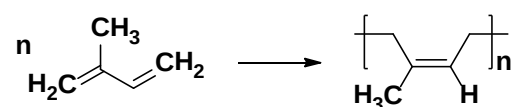
(6) Кератин має високий вміст амінокислоти цистину, а отже і дисульфідних зв'язків, які під дією окисника руйнуються з утворенням сульфоцистеїнових груп ($S-SO_3^-$). Зазначені групи інтенсивно гідратуються, що приводить до значного набрякання полімерного субстрату, а тому полегшується доступ гідролізуючого агента до пептидних зв'язків.

(7) Поліетилентерефталат в своєму складі має значно полярніші групи, а отже у волокні формуються більш міцні міжмолекулярні зв'язки нековалентної природи (водневі, диполь-дипольні). При однаковому ступені орієнтації міцність волокон залежить від сумарної енергії міжмолекулярних і міжструктурних зв'язків в полімері. У випадку поліпропілену, макромолекули якого мають малополярні групи зі значно меншою енергією міжмолекулярних зв'язків, для реалізації подібних до поліетелентерефталату енергетичних ефектів він повинен мати більш довгі полімерні ланцюги.

(8)



(9)



Середній ступінь полімеризації = $250000/68$ (маса мономерної ланки) = 3676.

(10) Пісок, скло, кераміка, графіт, кварц, слюда, тальк, асбест тощо.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Некрасов Б. В. Основы общей химии. Т 1. – Изд-во «Химия», 1973. – 656 с.
2. Timberlake, K. C. Chemistry: an introduction to general, organic, and biological chemistry, 11th ed. – Pearson, 2012, - 750 p.
3. Березан О.В. Збірник задач з хімії: для учнів серед. загально-освіт. навч. закл. – Т.: Підручники і посібники, 2009. – 320 с.
4. Неділько С.А., Попель П.П. Загальна й неорганічна хімія: задачі та вправи. Навч. посібник. – К.: Либідь, 2001. – 400 с.
5. Степин Б.Д., Аликберова Л.Ю. Занимательные задания и эффектные опыты по химии. – М.: Дрофа, 2002. – 432 с.
6. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – Київ: Вища школа, 1992. – 503 с.
7. McMurry J. Fundamentals of Organic Chemistry, 7 ed. – Cengage Learning, 2010. – 672 p.
8. Гольдфарб Я.Л., Ходаков Ю.В., Додонов Ю.Б. Сборник задач и упражнений по химии Учебное пособие для учащихся 7-10 классов. – 6-е изд. – М.: Просвещение, 1988. – 192 с.
9. Лекутер П., Берресон Д. Пуговицы Наполеона. Семнадцать молекул, которые изменили мир. Пер. с англ. - М.: Астрель: CORPUS, 2013.
10. Преображенский Н.А., Евстигнеева Р.П. (ред.). Химия биологически активных природных соединений. - М.: Химия, 1976. – 456 с.
11. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. Хімія та технологія полімерів. Підручник. – Львів: Видавництво «Баскет Бід», 2006. – 496 с.
12. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1981. – 656 с.
14. Каррер П. Курс органической химии, 13 изд., пер. и доп. - Л.: Гос. научно-техн. изд-во химической литературы, 1960. – 1216 с.