

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський державний університет імені Петра Могили

Кулалаєва Н. В.

БІОХІМІЯ ТА БІОХІМІЯ СПОРТУ

**Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
студентів факультету еколого-медичних наук
(зі спеціальності 6.01020302 «Здоров'я людини»)**

Випуск 216



Миколаїв – 2013

УДК 577.1(076)
ББК 28.072
К 90

Рекомендовано до друку вченою радою Чорноморського державного університету імені Петра Могили (протокол № 4 від 12.12.2013 року).

Рецензенти:

Мітрасова О. П. – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природокористування Чорноморського державного університету імені Петра Могили.

Кельїна С. Ю. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екологічної хімії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

К 90

Кулалаєва Н. В.

Біохімія та біохімія спорту : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентів факультету еколого-медичних наук (зі спеціальності 6.01020302 «Здоров'я людини») / Н. В. Кулалаєва. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. – 96 с.
(Методична серія; Вип. 216)

Методичні рекомендації призначено для використання студентами під час підготовки до лабораторних робіт та їх виконання. Наведено методики здійснення біохімічних реакцій та пояснення їх механізмів. Крім того, кожному з робіт доповнено контрольними запитаннями та завданнями, що дозволить глибше опанувати новий матеріал.

Методичні рекомендації також стануть у нагоді всім, хто вивчає природничі науки.

УДК 577.1(076)
ББК 28.072

ISSN 1811-492X

© Кулалаєва Н. В., 2013
© ЧДУ імені Петра Могили, 2013

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Техніка безпеки під час роботи в хімічній лабораторії.....	5
Лабораторна робота № 1. Техніка лабораторних робіт.	
Властивості органічних речовин	8
Лабораторна робота № 2. Теорія будови органічних сполук.....	12
Лабораторна робота № 3. Якісний аналіз органічних сполук.....	21
Лабораторна робота № 4. Властивості вуглеводнів.....	27
Лабораторна робота № 5. Спирти.....	32
Лабораторна робота № 6. Альдегіди і кетони	36
Лабораторна робота № 7. Карбонові кислоти	40
Лабораторна робота № 8. Властивості розчинів.	
Буферні розчини.....	44
Лабораторна робота № 9. Властивості вуглеводів	48
Лабораторна робота № 10. Властивості ліпідів.....	51
Лабораторна робота № 11. Властивості білків	53
Лабораторна робота № 12. Якісне визначення вітамінів	
та властивості гормонів	57
Лабораторна робота № 13. Загальні властивості ферментів	60
Лабораторна робота № 14. Обмін вуглеводів.....	63
Лабораторна робота № 15. Обмін та визначення продуктів	
розщеплення ліпідів.....	66
Лабораторна робота № 16. Ферментативний гідроліз	
і обмін білків.....	70
Лабораторна робота № 17. Водно-сольовий обмін в організмі	
людини. Визначення мінеральних солей	73
Лабораторна робота № 18. Елементи біоенергетики	78
Лабораторна робота № 19. Біохімія м'язів і м'язового	
скорочення	85
Лабораторна робота № 20. Моделювання процесів	
ресинтезу АТФ у м'язах	91
Література для теоретичної підготовки	94

ВСТУП

«Біохімія та біохімія спорту» – одна з фундаментальних наук, знання якої необхідне для плідної творчої діяльності сучасного фахівця. Особливо це важливо для спеціаліста з фізичної реабілітації, який обов'язково повинен знати особливості обміну речовин під час фізичної роботи та відпочинку, уміти оцінювати відповідність фізичних навантажень функціональному стану організму спортсмена та виявляти ознаки перетренування й установлювати оптимальні строки відновлення. Знання закономірностей біохімічних процесів, що відбуваються під час м'язової діяльності та при відновленні, лежить в основі розробки нових методів та засобів збільшення спортивної працездатності, розвитку швидкісно-силових властивостей та витривалості, прискорення відновлення після тренування.

Вивчення дисципліни «Біохімія та біохімія спорту» у вищому навчальному закладі передбачає дві основні мети. Перша – загально-виховна і та, що сприяє розвитку хімічного мислення. Друга – конкретно практична, пов'язана із застосуванням хімічних та біохімічних законів і процесів у практичній діяльності фахівця з означеного напрямку.

Курс доповнено лабораторними заняттями, які сприяють розвитку у студентів навичок експериментування та дослідницького підходу до вивчення предмета, глибшому розумінню та закріпленню теоретичного матеріалу, формуванню природничого світогляду та картини світу.

«Біохімія та біохімія спорту» є базовою дисципліною, пов'язаною з фізикою, хімією, біологією, анатомією та фізіологією людини. До того ж, вона є підґрунтям, яке формує необхідні передумови для подальшого опанування інших медико-біологічних предметів, таких як фізіологія, гігієна, спортивна медицина, валеологія та ін. Вступом до біохімії є елементи органічної хімії, з якими студенти ознайомлюються на початку вивчення курсу.

Навчальна дисципліна «Біохімія та біохімія спорту» є нормативною в галузевому Державному стандарті вищої освіти (галузь знань 0102 «Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини»). Вона є базовою для вивчення багатьох загальноосвітніх та спеціальних дисциплін, які передбачені навчальним планом і необхідні для формування спеціаліста в галузі здоров'я людини.

Техніка безпеки під час роботи в хімічній лабораторії

1. Перед проведенням лабораторно-практичних занять студент зобов'язаний детально вивчити відповідну тему за підручником, конспектом лекцій і методичним посібником, знати властивості реактивів і продуктів реакцій, ретельно, якщо необхідно – за допомогою викладача, продумати хід досліджень, з'ясувати можливу небезпеку під час їх проведення і вжити відповідних заходів щодо її запобігання.

2. Працювати самому в лабораторії студенту забороняється. Він може починати роботу тільки в присутності викладача чи лаборантів.

3. У лабораторії забороняється їсти, пити й палити. Необхідно працювати в чистих халатах, а в деяких випадках – у фартухах. Після виконання роботи слід обов'язково помити руки та привести до ладу робоче місце.

4. У лабораторії слід дотримуватися порядку розміщення обладнання, апаратури та реактивів. Забороняється виносити реактиви з приміщення, переносити їх з витяжної шафи, де, як правило, розміщують сильнодіючі речовини (концентровані кислоти та луги, шкідливі та отруйні речовини), в інше місце.

5. Під час роботи в лабораторії слід дотримуватися тиші, чистоти й порядку розміщення обладнання та реактивів на робочому місці. Крім того, необхідно дотримуватись правил протипожежної безпеки.

6. Склади з легкозаймистими леткими рідинами категорично забороняється розміщувати біля відкритого вогню (спиртівки, газових пальників, увімкнених електронагрівних приладів).

7. Усі досліді з отруйними речовинами або сполуками, які мають неприємний запах, слід проводити у витяжній шафі.

8. Будьте обережними під час кип'ятіння органічних речовин та їх розчинів! Під час нагрівання пробірок із такими рідинами їх отвори слід спрямовувати від себе та від людей, що знаходяться поруч. Такі роботи необхідно виконувати у витяжній шафі. Під час перемішування рідин пробірку не слід закривати пальцем. Для попередження нещасних випадків через можливий викид реакційної суміші не заглядати в пробірку чи колбу зверху.

9. Під час роботи з концентрованими кислотами їх слід вливати у воду малими порціями (бажано по стінці пробірки або колби). Не лейте воду в концентровані кислоти! Розбавляти водою концентровану

сульфатну кислоту треба обережно, безперервно перемішувати, доливаючи її у воду, а не навпаки.

10. Під час роботи з концентрованими розчинами кислот і лугів слід користуватися захисними окулярами та гумовими рукавичками.

11. Категорично забороняється всмоктувати в піпетки розчини кислот, лугів і отруйних речовин. Для цього необхідно користуватися гумовими грушами. Не слід виливати надлишок реактивів із пробірок, колб, хімічних склянок та інших посудин знову в той самий посуд із реактивами, оскільки останні можна забруднити й зіпсувати.

12. Гази, що виділяються, потрібно вивчати здалеку, злегка спрямовуючи потік повітря від приладу до себе. Не вдихайте глибоко виділені гази або пару!

13. Реактиви необхідно зберігати в закритому посуді, на якому є етикетка, де зазначено назву, формулу і концентрацію речовини (для рідин), у деяких випадках – дату виготовлення.

14. Забороняється виливати в раковини умивальників залишки розчинів, що містять сильні кислоти, вогнебезпечні та отруйні речовини, сполуки, що важко змиваються з поверхні (наприклад, сульфатна кислота), їх слід зливати в спеціальні ємності, які щільно закриваються і не б'ються (зокрема, виготовлені з пластмас). Вони знаходяться у витяжній шафі або поряд із раковиною умивальника.

15. Під час роботи з отруйними речовинами та речовинами, що подразнюють органи дихання або мають сильний запах, слід, як правило, користуватися витяжною шафою, а в деяких випадках – гумовими рукавичками й протигазом. Не слід брати і переносити незахищеними руками окремі отруйні речовини (наприклад, фенол). Сипкі реактиви треба набирати спеціальними ложечками або шпателями.

16. Не слід допускати перегонку рідин досуха – можливі вибух і пожежа! Не закривайте наглухо прилади під час проведення робіт, пов'язаних із нагріванням рідин. Можливий вибух!

17. Під час роботи в лабораторії категорично забороняється залишати без нагляду установки, що працюють, пальники, а також електричні нагрівні прилади.

18. Не викидайте в раковини умивальників використані фільтри, папір, розбиті пробірки та уламки скла.

19. Закінчивши роботу, необхідно привести до ладу робоче місце, вимкнути прилади, апаратуру та витяжну шафу, закрити водопровідний кран.

Перша допомога в разі нещасних випадків

У хімічній лабораторії найчастіше доводиться надавати першу медичну допомогу потерпілим при опіках, зокрема:

При кислотних опіках обпечене місце промивають кілька разів водою, потім 5-відсотковим розчином натрій гідрогенкарбонату і знову водою. Уражене й промите місце змазують маззю від опіків або вазеліном, після чого перев'язують.

При опіках лугами обпечене місце промивають значною кількістю води, потім 0,5-відсотковим розчином ацетатної кислоти, після чого ще раз водою, змазують маззю від опіків або вазеліном і перев'язують.

При потраплянні міцних кислот або лугів на одяг тканину негайно промивають кілька разів водою, потім 3-відсотковим розчином натрій гідрогенкарбонату (у випадку потрапляння кислоти) або 1-відсотковим розчином ацетатної кислоти (у разі потрапляння лугу).

При потраплянні кислоти в очі їх слід негайно промити водою впродовж 3-5 хв., потім 3-відсотковим розчином натрій гідрогенкарбонату. Після надання першої допомоги потерпілий повинен негайно звернутися до пункту швидкої допомоги.

При потраплянні їдких лугів в очі їх слід негайно промити водою (як і в попередньому випадку, не допускати, щоб вони зажмурювались) впродовж 3-5 хв., потім насиченим розчином борної кислоти, бажано капнути в кон'юнктиву краплю рицинової олії. Після надання першої допомоги потерпілий негайно повинен звернутися до пункту швидкої допомоги.

При заподіянні травм склом слід вийняти уламки скла з рани, потім прикласти до рани шматочок марлі, змоченої спиртовим розчином йоду або ферум хлориду, накласти пов'язку. При глибоких порізах накласти джгут, зробити тугу пов'язку і відправити потерпілого до пункту швидкої допомоги.

Кожна кімната лабораторії повинна мати аптечку першої допомоги і засоби для гасіння пожежі. У кожній такій кімнаті на видному місці розташовують інструкцію про запобіжні заходи щодо виникнення нещасних випадків і надання першої допомоги потерпілому.

Якщо в лабораторії з будь-яких причин пролито значну кількість легкозаймистої рідини, то необхідно вимкнути всі електронагрівні прилади, відчинити вікна та зібрати пролиту рідину ганчіркою або рушником, місце проливу засипати піском, потім зібрати його дерев'яною лопаткою й винести в спеціально відведене місце.

Лабораторна робота № 1

ТЕХНІКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ. ВЛАСТИВОСТІ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Мета роботи: ознайомитися з порядком та правилами виконання робіт у хімічній лабораторії, інструкцією з охорони праці при виконанні робіт у хімічній лабораторії; дослідити властивості деяких класів органічних сполук.

Загальні правила виконання робіт у хімічній лабораторії

1. До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які пройшли інструктаж з охорони праці згідно з «Інструкцією з охорони праці при виконанні лабораторних робіт в хімічній лабораторії».

2. Досліди слід виконувати згідно з інструкцією, не допускати жодних змін і відхилень від умов, запропонованих у методичних рекомендаціях.

3. Під час лабораторної роботи виконуються досліди і в зошиті записуються:

а) назви дослідів; реакції всіх процесів, якими вони супроводжуються;

б) візуальні ефекти, які спостерігаються, та їхнє пояснення;

в) малюнки пристроїв і схем, якщо вони є, та пояснення до них;

г) необхідні розрахунки;

д) висновки з дослідів і роботи в цілому.

4. Закінчивши роботу, треба прибрати робоче місце, вимити посуд. Прилади і посібники здати черговому.

5. Виконана робота підписується та захищається.

6. Для захисту роботи необхідно підготувати теоретичні питання і вміти розв'язувати задачі з відповідних тем. Необхідна теорія і методи розв'язування задач надаються в лекціях.

Ознайомлення з інструкцією з охорони праці при виконанні робіт у навчальній хімічній лабораторії

Ознайомтеся з правилами роботи в лабораторії і технікою безпеки. Основні положення записати в лабораторному зошиті та зробити відмітку в кафедральному журналі з техніки безпеки.

Теоретична частина **Класи органічних сполук**

В організмі людини більша частина хімічних речовин представлена різноманітними органічними сполуками. Органічні речовини – це

карбонвмісні сполуки, у яких атоми Карбону (С) поєднуються між собою та з іншими атомами (Н, О, N, P, S) або групами атомів. До складу організму входять низькомолекулярні (прості) та високомолекулярні (складні) органічні речовини. Різноманітні високомолекулярні сполуки організму, його клітинні структури складаються з невеликої кількості простих низькомолекулярних органічних сполук, які надходять із зовнішнього середовища в організм або синтезуються в ньому. Такими сполуками є амінокислоти, азотисті основи, глюкоза, жирні кислоти та ін.

Атоми Карбону в органічних сполуках взаємодіють із певними групами атомів – функціональними групами. Функціональні групи – це групи атомів, наявність яких у молекулах надає речовині нові, характерні для цього класу органічних сполук, хімічні властивості. Молекули багатьох органічних речовин можна розглядати як сполуку радикалу з функціональною групою. Радикал (R) – це незмінна група атомів у хімічних реакціях (нейтральна частина молекули, що має неспарений електрон). Основні функціональні групи та відповідні їм класи органічних сполук представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Класи органічних сполук

Назва класу	Структурна формула	Функціональна група
Вуглеводні	$R-CH_3$	немає
Спирти	$R-CH_2-OH$	$-OH$
Альдегіди	$R-C \begin{matrix} // O \\ \backslash H \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} // O \\ \backslash H \end{matrix}$
Кетони	$R'-C \begin{matrix} // O \\ - R'' \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} // O \\ - \end{matrix}$
Карбонові кислоти	$R-C \begin{matrix} // O \\ \backslash OH \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} // O \\ \backslash OH \end{matrix}$
Етери	$R'-CH_2-O-CH_2-R''$	$-CH_2-O-CH_2-$
Естери	$R'-C \begin{matrix} // O \\ \backslash O-R'' \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} // O \\ \backslash O- \end{matrix}$
Аміди	$R-C \begin{matrix} // O \\ \backslash NH_2 \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} // O \\ \backslash NH_2 \end{matrix}$
Аміни	$R-NH_2$	$-NH_2$
Тіоли	$R-SH$	$-SH$

Біохімія та біохімія спорту

Наявність у речовинах певних функціональних груп впливає на проявлення ними біологічної активності та виконання конкретної функції.

У зв'язку з великою кількістю органічних речовин існує чітка система їхньої класифікації. Біоорганічні сполуки класифікують за будовою карбонового ланцюга, за наявністю функціональних груп та за біологічними функціями, які вони виконують в організмі.

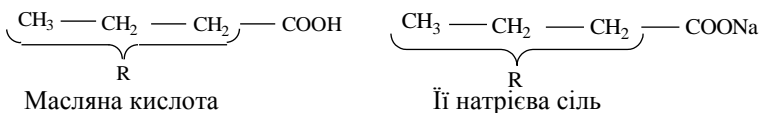
Отже, за останньою класифікацією виділяють чотири основні класи органічних сполук: вуглеводи, ліпіди, білки та нуклеїнові кислоти (табл. 2).

Таблиця 2

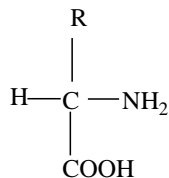
Біологічні функції органічних речовин

Клас біоорганічних сполук	Функції
Вуглеводи	Енергетична
Ліпіди	Енергетична; структурна; синтезуюча
Білки	Структурна; каталітична (ферментативна), транспортна; регуляторна, імунна та ін.
Нуклеїнові кислоти	Збереження спадковості (генетичної інформації); біосинтезуюча

Усі хімічні сполуки позначаються молекулярними (емпіричними) формулами, які відбивають якісний та кількісний склад речовини. У біологічній хімії використовують, як правило, структурні формули, які показують порядок розташування атомів та функціональних груп у молекулі. Наприклад, у молекулах жирних кислот різні радикали поєднуються з функціональною (карбоксильною) групою ($-\text{COOH}$), яка визначає основні хімічні властивості цього класу сполук:



У зв'язку з цим часто загальні формули органічних сполук позначають як радикал із приєднаною функціональною групою. Наприклад, загальна формула амінокислот має такий вигляд:



Практична частина

Дослід 1. Вивчення властивостей гліцерину ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$).

1.1. Розчинення у воді. У пробірку налити 1 мл води, влити туди стільки ж гліцерину і суміш збовтати. Потім додати ще 1 мл гліцерину. Зробити висновок про розчинність гліцерину у воді.

1.2. Якісна реакція на багатоатомні розчинні спирти – взаємодія з купрум(II) гідроксидом. У пробірку налити 2 мл натрій гідроксиду. Додати кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. До купрум(II) гідроксиду, що утворився, додати гліцерину й суміш збовтати. Які зміни відбуваються? Зробити висновок. Написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 2. Вивчення хімічних властивостей ацетатної кислоти.

Налити розчин ацетатної кислоти в три пробірки. У першу пробірку додати 1-2 краплі індикатора метилоранжу та нейтралізувати розчином лугу NaOH. У другу пробірку додати порошку магнію на кінці шпателя. У третю додати 2-3 краплі розчину натрій карбонату Na_2CO_3 . Скласти рівняння відповідних реакцій і пояснити процеси, які відбуваються.

Контрольні запитання та задачі

1. Які типи хімічного зв'язку вам відомі?
2. Як поділяють органічні речовини за будовою карбонового ланцюга?
3. Назвати біологічні функції органічних речовин в організмі.
4. Указати функціональну групу альдегідів.
5. До якого класу органічних сполук належить бутанол?
6. До якого класу органічних сполук належать білки?
7. До якого класу органічних сполук належить пропаналь?
8. Обчислити об'єм CO_2 (н. у.) і масу води, що утворяться при згорянні метану об'ємом 40 м^3 .
9. Обчислити, скільки літрів ацетилену вступить у реакцію з водою при утворенні 10 моль оцтового альдегіду.
10. Відносна густина вуглеводню за воднем дорівнює 15. Визначити молекулярну формулу насиченого вуглеводню.

Лабораторна робота № 2

ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Мета роботи: з'ясувати будову атома Карбону та природу зв'язків, що він утворює; навчитися встановлювати структурну будову органічних сполук та називати їх за номенклатурою.

Теоретична частина

Теорія хімічної будови органічних сполук

О. М. Бутлерова та номенклатура органічних речовин

Кількість відомих органічних речовин нині перевищила 6,5 млн і зростає з кожним днем. Різноманітні органічні речовини щодня реєструються в Міжнародній спілці теоретичної і прикладної хімії (Женева). Їх класифікація має велике теоретичне і практичне значення, полегшує вивчення і практичне використання цих речовин. У її основу покладено хімічну будову молекул органічних сполук, найважливішим структурним елементом яких є карбонові ланцюги, тобто послідовність сполучення між собою атомів Карбону. Залежно від будови такого ланцюга всі органічні сполуки поділяють на ациклічні й циклічні.

Ациклічні сполуки поділяють на насичені і ненасичені, циклічні – на карбоциклічні й гетероциклічні. Більшість органічних сполук, крім атомів Карбону і Гідрогену в складі своїх молекул містять атоми інших хімічних елементів. Атоми або атомні групи, що мають підвищену реакційну здатність, визначають властивості органічних сполук, їх називають *функціональними групами*. Вони характеризують основні фізичні й хімічні властивості цих сполук і є основою, за якою ту чи іншу сполуку відносять до певного класу. До них належать атоми галогенів, гідроксильна, карбонільна, карбоксильна групи, нітро-, аміно-, амід-, нітрильна групи тощо. Молекула органічної речовини може мати у своєму складі одну або кілька таких функціональних груп. Тому й розрізняють органічні сполуки з простими і складними функціями. Прикладом перших сполук може бути спирт (наприклад, CH_3OH – метиловий), других – гідрокси кислота (наприклад, $\text{CH}_3\text{—CHOH—COOH}$ – молочна). Найпростішим класом органічних сполук є вуглеводні. *Вуглеводні* – речовини, молекули яких складаються з двох хімічних елементів: Карбону і Гідрогену. Замінюючи в молекулі вуглеводнів один або кілька атомів на різні функціональні групи (– OH, – HC = O, – COOH, – NH₂ і т. д.), отримують різні класи органічних сполук (спирти, феноли, альдегіди й кетони, карбонові кислоти й аміни тощо).

Основні принципи і правила теорії

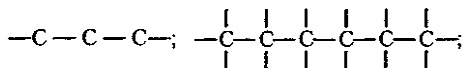
Перший принцип полягає в тому, що в молекулах органічних сполук існує певний порядок хімічного зв'язку атомів, що називається хімічною будовою.

Другим принципом теорії є пояснення явища ізомерії. Правила, що впливають із принципів теорії хімічної будови молекул органічних сполук, можна сформулювати так:

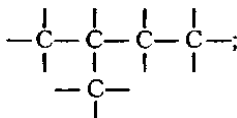
1. В основі теорії хімічної будови молекул органічних сполук є ідея сталої валентності окремих хімічних елементів. Так, Карбон завжди чотиривалентний, Гідроген – одновалентний, Оксиген – двовалентний, Нітроген – три- і п'ятивалентний, галогени – одновалентні і т. ін.

2. Атоми Карбону в молекулах органічних речовин сполучаються між собою за допомогою своїх валентностей, створюючи карбонові ланцюги – прямі і розгалужені, та цикли, а саме:

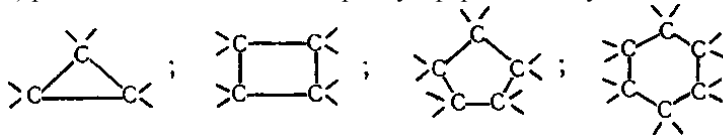
а) нерозгалужені, різні за своєю довжиною:



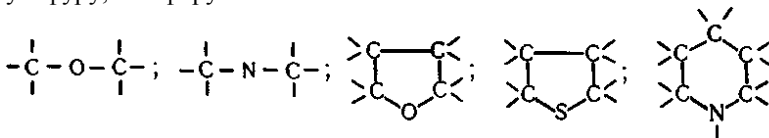
б) розгалужені:



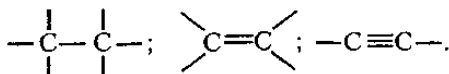
в) різні за кількістю атомів карбону і формою циклу:



3. Атоми Карбону можуть сполучатися між собою в ланцюги і цикли за допомогою інших хімічних елементів – Оксигену, Нітрогену, Сульфуру, Фосфору та ін.:

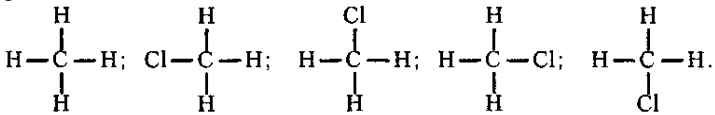


4. Атоми Карбону можуть витрачати на сполучення між собою по одній, дві, три і чотири валентності, утворюючи прості, подвійні і потрійні зв'язки:



Біохімія та біохімія спорту

5. Усі чотири валентності атома Карбону рівноцінні – однозаміщені найпростіших вуглеводнів (метану, етану, пропану і т. д.) не мають ізомерів:



Метан

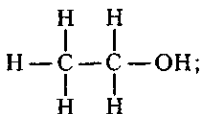
Чотири формули однієї й тієї самої речовини – метил хлориду CH_3Cl

6. Атоми різних хімічних елементів, що входять до складу молекул органічних сполук, не мають вільних валентностей. Валентності атомів Карбону або насичені валентностями інших хімічних елементів, або насичені між собою з утворенням одинарних, подвійних або потрійних зв'язків (приклади див. вище).

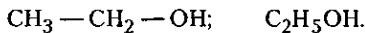
7. Для кожної індивідуальної речовини існує єдина структурна формула, яка відбиває її основні фізичні й хімічні властивості. У деяких випадках для зручності користуються напівструктурними формулами органічних речовин.

8. Ізомерія органічних сполук, за якої дві і більше органічних сполук мають однаковий хімічний склад, молекулярну формулу і молекулярну масу, але різні фізичні й нерідко хімічні властивості, зумовлена різною хімічною будовою їхніх молекул або просторовим розміщенням у них атомів.

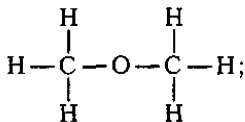
Наприклад, молекулярній формулі $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ відповідає дві речовини. Перша з цих речовин є рідиною, має запах алкоголю, хімічно активна (з лужними металами утворює алкоколяти, при нагріванні з сульфатною кислотою – простий ефір (етер), у суміші з карбоновими кислотами – складні ефіри (естери) тощо). Друга речовина – газ, має специфічний запах, хімічно пасивна (за звичайних умов може лише при нагріванні вступати в реакцію взаємодії з концентрованими галогеноводневими кислотами). Перша з цих речовин належить до класу спиртів, друга – етерів. Керуючись положеннями хімічної теорії будови О. М. Бутлерова, на основі хімічних властивостей для кожної з цих речовин установлюють різні структурні й напівструктурні формули:



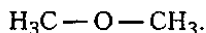
Структурна формула етилового спирту (етанолу) спирту



Напівструктурна формула етилового спирту



Структурна формула ди-
метилового етеру



Напівструктурна формула ди-
метилового етеру

Виведення структурних формул насичених вуглеводнів

Будову та ізомерію органічних сполук найзручніше вивчати на прикладі насичених вуглеводнів (алканів). Найпростішим представником алканів є метан CH_4 .

Усі інші представники алканів є похідними метану або його гомологами (від гр. «homologos» – «подібний»). Вони утворюють гомологічний ряд метану – групу споріднених (з однаковими хімічними властивостями й однотипною структурою молекул) органічних сполук. Кожний наступний гомолог відрізняється від попереднього на групу $-\text{CH}_2-$ (*гомологічну різницю*).

Згідно з теорією хімічної будови органічних сполук О. М. Буглерова, Карбон завжди чотиривалентний, і в молекулі органічних речовин вільних валентностей немає. При утворенні молекул його вільні валентності насичуються або валентностями сусідніх атомів Карбону, або валентностями інших хімічних елементів.

Зі збільшенням у молекулах насичених вуглеводнів кількості атомів Карбону в гомологічному ряду зростає кількість ізомерів. Це пов'язано зі зростанням можливості приєднання вільної валентності первинних, вторинних і третинних атомів Карбону з метильним радикалом. Так, молекулярній формулі C_6H_{14} уже відповідає 5 структурних формул і, відповідно, 5 індивідуальних речовин, для C_7H_{16} буде 9, для C_8H_{18} – 18, для C_9H_{20} – 35, для $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ – 76, для $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ – 159, для $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ – 355, для $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ – 803, для $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ – 1855.

Номенклатура насичених вуглеводнів

Насичені вуглеводні (алкани) називають за трьома номенклатурами: історичною, або тривіальною (від лат. «trivialis» – «звичайний»), раціональною (від лат. «rationalis» – «розумний») та міжнародною, або IUPAC (ІЮПАК) (від англ. «International Union of Pure and Applied Chemistry» – «Міжнародна спілка теоретичної і прикладної хімії»). У деяких випадках живляють четверту номенклатуру – технічну, коли та чи інша органічна речовина має технологічну назву, що використовується у виробників (наприклад, гексахлоран – препарат 666).

Згідно з історичною (тривіальною) номенклатурою, перші чотири представники алканів мають випадкові назви, дані цим сполукам у період їх відкриття (XVII-XVIII ст.): метан, етан, пропан і бутан. Починаючи з п'ятого представника гомологічного ряду – метану, за основу назви алкану беруть корінь слова грецької назви числівника, що вказує на кількість атомів карбону, які входять до складу молекули насиченого вуглеводню, і додають суфікс *-ан*:

пента- (п'ять) – пентан C_5H_{12} ;

гекса- (шість) – гексан C_6H_{14} ;

гепта- (сім) – гептан C_7H_{16} ;

окта- (вісім) – октан C_8H_{18} ;

нона- (виняток: від лат. – «дев'ять») – нонан C_9H_{20} ;

дека- (десять) – декан $C_{10}H_{22}$;

ундека- (одинадцять) – ундекан $C_{11}H_{24}$;

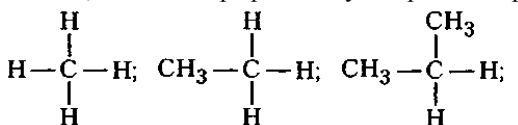
додека- (дванадцять) – додекан $C_{12}H_{26}$ і т. д.

Щоб позначити вуглеводні, які мають молекулу з прямим карбоновим ланцюгом, до загальної назви додають слово «нормальний» або літеру «н». Наприклад, н-бутан, н-пентан, н-гексан, н-гептан і т. д. При складанні назв алканів, молекула яких має розгалужений карбоновий ланцюг, згідно з історичною номенклатурою до загальної назви вуглеводню додають префікс «ізо», наприклад, ізобутан, ізопентани I і II тощо. Історичною номенклатурою алканів зручно користуватися для перших п'яти представників гомологічного ряду, вуглеводнів із нормальною будовою молекули. Вона незручна для наступних вуглеводнів, починаючи з гексану. Наприклад, молекулярній формулі нонану C_9H_{20} відповідає 35 структурних формул: н-нонан та 34 ізононани.

Якщо в будь-якій молекулі алкану відняти один атом гідрогену, то утворюється частина молекули з вільною валентністю – *радикал*. Радикали можуть бути первинними, вторинними і третинними. Вони мають вільні валентності і можуть існувати самостійно частки секунди. Вільні радикали виникають із молекул алканів під дією електромагнітного випромінювання, потоку частинок високих енергій, при нагріванні, за наявності каталізаторів, у ході окисно-відновних реакцій. За основу назви радикала беруть корінь слова відповідного алкану і додають суфікс *-іл* (-ил). Так, радикал метану – метил $-CH_3$, етану – етил $-CH_2-CH_3$, пропану – пропіл $-CH_2-CH_2-CH_3$, бутану – бутил $-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ і т. д. Винятком є назва радикала пентану – аміл $-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$. У разі необхідності зазначають походження радикала – первинний, вторинний чи третинний.

Наприклад, для пропану існує два радикали: первинний пропіл $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ і вторинний пропіл $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$.

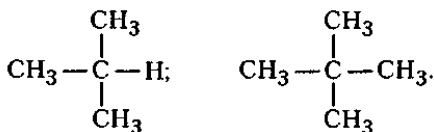
В основу *раціональної номенклатури* алканів покладено припущення, що ці речовини є похідними метану, у молекулі яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на ті чи інші вуглеводневі радикали. Якщо в молекулі вуглеводню є два однакових радикали, то до загальної назви, що складається з назви радикала та метану, додають префікс *ди-* (di-). Якщо в молекулі вуглеводню є три однакових радикали, то таким префіксом буде *три-*, чотири – *тетра-*:



Метан

Метилметан

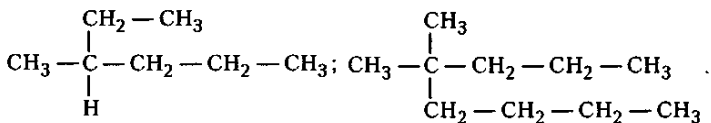
Диметилметан



Триметилметан

Тетраметилметан

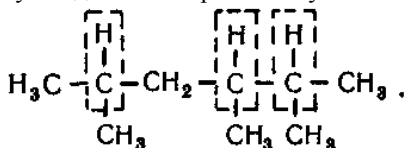
У тих випадках, коли в молекулі найбільш заміщеного метану є кілька різних радикалів, дотримуються правила «старшинства»: у назві спочатку позначають прості радикали, потім більш складні і, нарешті, найскладніші:



Метилетилпропілметан
(метил-етил-пропілметан)

Диметилпропілбутилметан
(диметил-пропіл-бутил-метан)

Якщо кількість атомів Карбону в молекулах алкану значна, під час складання назв виникають труднощі, що робить раціональну номенклатуру незручною і неточною при найменуванні цих сполук. Прикладом може бути один з ізомерів нонану:



З наведеної формули видно, що в молекулі є три третинних карбонових атоми, кожний з яких можна вважати залишком метану.

Найбільш точною номенклатурою є номенклатура IUPAC. Вона виникла у зв'язку з потребами органічної хімії, яка почала інтенсивно розвиватися наприкінці XIX ст. після створення О. М. Бутлеровим теорії хімічної будови органічних сполук (1861 р.).

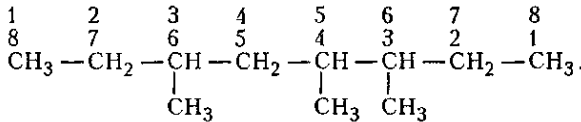
Основні положення міжнародної номенклатури алканів:

1. Назви всіх насичених вуглеводнів закінчуються на *-ан*.
2. За основу назви вуглеводню вибирають найдовший ланцюг атомів Карбону.

3. Положення бічних відгалужень (радикалів), які заміщують атоми Гідрогену в головному ланцюзі, позначають порядковим номером карбонового атома такого ланцюга.

4. Нумерацію атомів Карбону в головному карбоновому ланцюзі здійснюють із того кінця, до якого ближче розміщений замісник-радикал.

5. Якщо при нумерації з обох кінців ланцюга розміщені різні ряди кількох зростаючих чисел, їх порівнюють і віддають перевагу меншому першому числу. Наприклад:



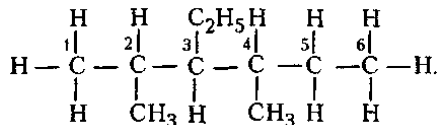
3, 4, 6-Триметилгоктан (але не 3, 5, 6-триметилгоктан)

6. Якщо є два, три чи більше однакових замісників, то положення кожного з них позначають за допомогою арабських цифр, а кількість однакових замісників (радикалів) характеризують або позначають префіксами ди-, три-, тетра-, пента- і т. д.

7. Якщо у складі молекули насиченого вуглеводню є кілька бічних ланцюгів, то їх називають, позначивши префіксами за алфавітом.

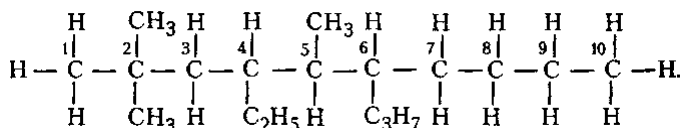
8. Цифри, що показують місце розміщення замісників (радикалів), відділяють одне від одного комами, а від назви радикала – дефісами.

Для прикладу наведемо такі структурні формули двох вуглеводнів, які треба назвати за номенклатурою IUPAC:



Слід писати: 3-етил-, 2,4-диметилгексан.

Слід читати: три-етил, два, чотири-диметилгексан.



Слід писати: 4-етил-2,2,5-триметил-6-пропілдекан.

Слід читати: чотири-етил-, два, два, п'ять-триметил-, шість-пропілдекан.

Практична частина

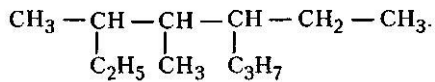
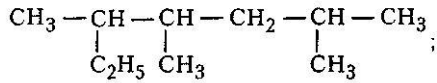
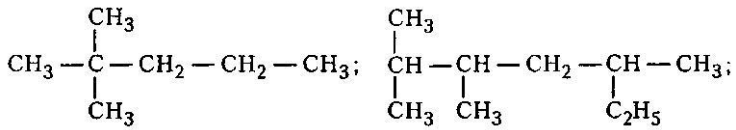
Виконати самостійно тестові завдання відповідно до отриманих варіантів, користуючись теоретичними відомостями.

Контрольні запитання і завдання

1. Назвати основні положення теорії хімічної будови органічних сполук О. М. Бутлерова.
2. Сформулювати основні принципи теорії хімічної будови органічних сполук.
3. Дати визначення терміна «ізомерія». Проілюструвати прикладами.
4. Вивести структурні формули перших п'яти членів гомологічного ряду метану.
5. Які номенклатури органічних сполук вам відомі? Перелічити основні принципи номенклатури, які використовують у сучасній органічній хімії. Навести приклади.
6. Написати молекулярні та напівструктурні формули десяти перших представників гомологічного ряду метану, назвати їх за історичною тривіальною номенклатурою.
7. Дати визначення терміна «радикал». Написати і назвати радикали перших десяти представників гомологічного ряду метану.
8. Написати структурні формули таких алканів і назвати їх за номенклатурою IUPAC:

а) триметилметан;	г) діетилпропілбутилметан;
б) диметилетилметан;	д) триізопропілметан;
в) метилетилпропілбутилметан;	е) ізопропілвторинний амілметан.
9. Написати структурні формули таких алканів і назвати їх за раціональною номенклатурою:

а) 3-етилпентан;	д) 3-етилгексан;
б) 2,4-диметилпентан;	е) 2-метил-3-етил-4-пропілнонан;
в) 3-метил-3-етилпентан;	е) 2-метил-3-етил-4-пропілдектан.
г) 2,2-диметил-3-етилгексан;	
10. Назвати за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC такі вуглеводні:



11. Вивести структурні формули таких алканів та назвати їх за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC:
 C_5H_{12} (три ізомери);
 C_6H_{14} (п'ять ізомерів);
 C_7H_{16} (дев'ять ізомерів);
 C_8H_{18} (вісімнадцять ізомерів).

Лабораторна робота № 3

ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Мета роботи: засвоїти основні поняття органічної хімії; навчитися встановлювати кількісний склад органічних сполук розрахунковим методом.

Теоретична частина

Кожна органічна речовина має єдину структурну формулу, що відображає її основні фізичні й хімічні властивості. Для встановлення структурної формули необхідно добути індивідуальну органічну речовину, очистити та перевірити її чистоту, виконати якісний і кількісний аналізи, вивести її емпіричну й молекулярну формули, після чого на основі її фізичних та хімічних властивостей, даних фізико-хімічного аналізу, враховуючи положення теорії хімічної будови органічних сполук О. М. Бутлерова, установити єдину структурну формулу.

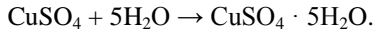
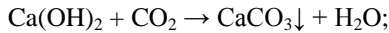
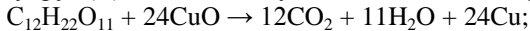
Якісний аналіз органічних речовин дає змогу встановити їх елементний склад, до якого входить Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, рідше – Сульфур, Фосфор, галогени та інші хімічні елементи.

Якісний хімічний аналіз органічних речовин, порівняно з якісним аналізом мінеральних речовин, має деякі особливості. Це зумовлено насамперед тим, що більшість органічних речовин має високу молекулярну масу і не здатна дисоціювати на йони. Тому для відкриття окремих хімічних елементів органічну речовину переводять у мінеральну, руйнуючи її молекулу дією високих температур, мінеральних кислот і лугів, окисників. Потім для виявлення окремих елементів застосовують методи та хімічні реакції, типові для якісного аналізу мінеральних речовин.

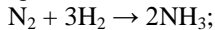
Отже, якісний аналіз органічних речовин складається з двох етапів: мінералізації цих речовин і власне відкриття окремих хімічних елементів за допомогою типових хімічних реакцій для якісного аналізу неорганічних речовин.

Як уже вказувалося, усі органічні речовини містять Карбон. Для того, щоб визначити належність тієї чи іншої речовини до органічних сполук, потрібно передусім відкрити в її складі Карбон. Універсальним методом його виявлення й одночасно Гідрогену є окиснення кожної органічної сполуки купрум(II) оксидом. При цьому речовина руйнується, Карбон окиснюється до карбон(IV) оксиду, Гідроген – до води.

При виявленні у складі сахарози Карбону і Гідрогену під час окиснення з купрум(II) оксидом відбуваються такі хімічні реакції:

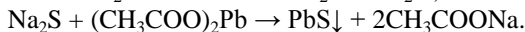
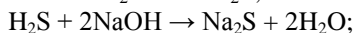
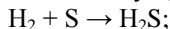


Окрім Карбону та Гідрогену, обов'язковою складовою частиною молекул багатьох органічних речовин (білків, нуклеїнових кислот, амінокислот, амінів тощо) є Нітроген. Досить часто його виявляють аміачним способом, який ґрунтується на руйнуванні молекул нітрогеновмісних органічних сполук розчинами лугів або кислот з утворенням аміаку. Під час такого руйнування молекул білка спочатку утворюються Нітроген і Гідроген, з яких потім синтезується аміак:



До того ж, в організмі тварин міститься в середньому 0,08-0,5 % Сульфуру. Найбільше Сульфуру містять білки (0,8-2,4 %). Сульфур входить до складу молекул коензиму А, біотину, глутатіону, вітаміну В₁, деяких жовчних кислот.

Відкриття Сульфуру у складі органічних речовин ґрунтується на руйнуванні їх молекул лугами або іншими сильнодіючими сполуками з подальшим виконанням кольорових реакцій, що дають змогу візуально виявити Сульфур у вигляді забарвлених мінеральних сполук. При цьому можуть утворюватися сульфіді, які виявляють за допомогою характерного забарвлення. Тобто спочатку руйнується органічна речовина, виділяється Гідроген та Сульфур, утворюється дигідроген сульфід, який взаємодіє з натрій гідроксидом з утворенням натрій сульфіді. Останній взаємодіє з плюмбум(II) ацетатом, унаслідок чого випадає бурувато-чорний осад – плюмбум(II) сульфіді:



Практична частина

Дослід 1. Виявлення Карбону і Гідрогену.

На сухому годинниковому склі приготувати суміш досліджуваної речовини (сахарози) з 1-2 г прожареного купрум(II) оксиду. Суміш перенести в суху пробірку № 1. В іншу пробірку № 2 насипати 0,3-0,5 г безводного купрум(II) сульфату. У пробірку № 3 налити 5-6 мл профільтрованого розчину насиченої вапняної води. Змонтувати прилад і закріпити в тримачі штатива. Суміш у пробірці № 1 поступово нагріти, починаючи з кінця, закритого пробкою. Нагрівання

поступово посилити і далі здійснити в місці розміщення суміші. Через кілька хвилин вапняна вода мутніє, що свідчить про взаємодію з гідроксидом кальцію вуглекислого газу. Посиніння порошку безводного купрум(II) сульфату свідчить про приєднання до нього води з утворенням кристалогідрату купрум(II) сульфату. Зробити висновок та написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 2. Виявлення Нітрогену.

У пробірку налити 2-3 мл розчину білка, додати 1-2 мл 10-відсоткового розчину натрій гідроксиду та нагріти. Білок руйнується і виділяється пара аміаку, який визначають за специфічним запахом або за посинінням лакмусового папірця. Зробити висновок та написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 3. Виявлення Сульфуру сульфідним методом.

У суху пробірку внести 2-3 мг органічної речовини (яєчний білок, частина пір'я, вовни, шерсті тощо). Додати 1-3 мл 10-відсоткового розчину натрій гідроксиду. Органічний Сульфур, що входить до складу білків, переходить у мінеральний. До розчину, який утворився, додати кілька крапель 2-відсоткового розчину плюмбум(II) ацетату. Зробити висновок та написати рівняння відповідних реакцій.

Установлення найпростішої (емпіричної)

формули органічної речовини за даними кількісного аналізу

Після проведення якісного та кількісного аналізів приступають до виведення найпростішої (емпіричної) формули органічної речовини. Найпростіша формула показує співвідношення між кількістю атомів різних хімічних елементів у складі молекули органічної речовини. Наприклад, формула CH_4 свідчить про те, що в молекулі досліджуваної речовини (у нашому випадку метану) на кожний атом Карбону припадає чотири атоми Гідрогену. Органічні речовини C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} та інші представники гомологічного ряду метану мають однакові масові частки Карбону й Гідрогену, а також однакову емпіричну формулу.

Приклад. Для кількісного аналізу взято наважку органічної речовини кількістю 0,1542 г. Після спалювання в апараті Лібиха отримано 0,2257 г CO_2 і 0,0927 г H_2O . Виконаємо такі розрахунки.

1. Скільки Карбону міститься в наважці? Молекулярна маса CO_2 становить 44 г, на частку Карбону в молекулі вуглекислого газу припадає 12 г. Виходячи з цих величин, визначають кількість Карбону:

$$44 \text{ г} - 12 \text{ г};$$

$$0,2257 \text{ г} - x;$$

$$x = (0,2257 \cdot 12) : 44 = 0,0616 \text{ г} = m(\text{C}).$$

Біохімія та біохімія спорту

2. Скільки Гідрогену міститься в досліджуваній речовині? Молекулярна маса води – 18 г. Визначають частку гідрогену в наважці, знаючи, що в 1 моль води вона становить 2 г:

$$18 \text{ г} - 2 \text{ г};$$

$$0,0927 \text{ г} - x;$$

$$x = (0,0927 \cdot 2) : 18 = 0,0103 \text{ г} = m(\text{H}).$$

3. Після визначення цих величин починають визначення масової частки Карбону й Гідрогену в молекулі органічної речовини.

Насамперед виражають у відсотках масову частку Карбону у складі органічної речовини:

$$0,1542 \text{ г} - 0,0616 \text{ г};$$

$$100 \% - x;$$

$$x = (0,0616 \cdot 100) : 0,1542 = 39,92 \% = \omega(\text{C}).$$

Потім визначають масову частку Гідрогену в молекулі досліджуваної речовини:

$$0,1542 \text{ г} - 0,0103 \text{ г};$$

$$100 \% - x;$$

$$x = (0,0103 \cdot 100) : 0,1542 = 6,68 \% = \omega(\text{H}).$$

4. На наступному етапі розрахунків визначають масову частку (у відсотках) Оксигену в молекулі досліджуваної речовини. Для цього виконують такі розрахунки:

$$\omega(\text{C}) - 39,92 \%;$$

+

$$\frac{\omega(\text{H}) - 6,68 \%}{46,6 \%};$$

$$46,6 \%$$

$$\omega(\text{O}) = (100 - 46,6) = 53,4 \%$$

Отже, досліджувана речовина у складі своєї молекули містить 39,92 % Карбону, 6,68 % Гідрогену і 53,4 % Оксигену.

5. Маючи такі дані, починають виведення емпіричної формули досліджуваної речовини. Для цього визначають у молекулі речовини атомні співвідношення кожного хімічного елемента, що входить до її складу. Для цього ділять масову частку у відсотках кожного елемента на його атомну масу:

$$\text{C} = 39,92 : 12 = 3,326; \text{H} = 6,68 : 1 = 6,68; \text{O} = 53,4 : 16 = 3,34.$$

Відповідно до закону кратних відношень, у складі молекули кожної речовини містяться тільки цілі атоми. Для переходу до цілих чисел необхідно всі три члени відношень поділити на найменше число. У нашому прикладі таким є 3,326:

$$\text{C} = 3,326 : 3,326 = 1; \text{H} = 6,68 : 3,326 = 2; \text{O} = 3,34 : 3,326 = 1.$$

Отже, найпростішою (емпіричною) формулою для досліджуваної речовини буде формула CH_2O . Однак вона не відбиває повністю

основних фізичних і хімічних властивостей речовини, для яких характерна така формула. Вона показує, які хімічні елементи входять до складу молекули речовини, а також співвідношення атомів у її молекулі. Таку саму емпіричну формулу мають речовини з різними фізичними і хімічними властивостями: CH_2O – формальдегід; $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ – ацетатна кислота; $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ – молочна кислота; $\text{C}_2\text{H}_{12}\text{O}_3$ – глюкоза та ін. Неважко побачити, що кожна з цих речовин відрізняється від іншої своєю молекулярною масою. Значну частину фізичних і хімічних властивостей речовини відбиває її молекулярна формула.

Установлення молекулярної формули органічної речовини

Молекулярна (справжня) формула характеризує кількість атомів кожного хімічного елемента, що входять до складу молекули органічної речовини.

Після виведення найпростішої формули потрібно вирішити питання: відповідає вона молекулярній формулі чи треба помножити кількість атомів різних хімічних елементів, що входять до її складу, на числа два, три, чотири і т. д. Отже, молекулярна формула показує співвідношення між кількостями різних хімічних елементів у молекулі органічної речовини і власне кількості атомів.

Для встановлення молекулярної формули органічної речовини потрібно насамперед знати молекулярну масу досліджуваної речовини. Молекулярну масу речовини можна визначати за густиною пари, якщо речовина може переходити в пару без розкладання (для цього користуються законом Авогадро, згідно з яким молекулярна маса дорівнює густині речовини за іншим газом, помноженій на молекулярну масу іншого газу: $M_x = D_{\text{H}_2}(M_{\text{ін. газу}})$).

Молекулярна формула дає більш широку інформацію про хімічний склад досліджуваної органічної речовини, ніж емпірична. Однак вона не може повністю охарактеризувати фізичні й хімічні властивості органічних речовин через існування явища ізомерії.

Контрольні запитання і завдання

1. Що таке якісний аналіз органічних речовин? Чим відрізняється якісний аналіз органічних від аналізу мінеральних речовин? Пояснити хімізм виявлення в органічних речовинах Карбону, Гідрогену, Нітрогену, Сульфуру та галогенів.
2. Написати хімізм відкриття Карбону і Гідрогену в складі молекул бутану (C_4H_{10}), гліцерину ($\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$) і глюкози ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) за допомогою оксиду купрум(II) і безводного сульфату купрум(II).

3. Що таке кількісний аналіз органічних речовин? Які його завдання і чим він відрізняється від кількісного аналізу мінеральних речовин? Дати коротку характеристику основних приладів апарату Лібіха. Навести хімізм їх роботи.
4. З яких етапів складається кількісний аналіз органічних речовин? Дати коротку характеристику цих етапів.
5. Обчислити масову частку у відсотках Карбону і Гідрогену та вивести емпіричну формулу за даними кількісного аналізу для кожної з речовин:
 - а) при спалюванні 0,1400 г речовини утворилось 0,4400 г CO_2 і 0,1800 г H_2O (молекулярна маса 78);
 - б) при спалюванні 0,1916 г речовини утворилось 0,3665 г CO_2 і 0,2252 г H_2O (молекулярна маса 46).
6. Установіть молекулярну формулу органічної речовини за такими даними кількісного аналізу:
 - а) масова частка Карбону в невідомій речовині – 30,70 %;
 - б) масова частка Гідрогену в ній – 3,82 %;
 - в) масова частка Оксигену в ній – 20,25 %;
 - г) масова частка Хлору в ній – 45,23 %;
 - д) густина пари за воднем – 39,25.
7. Визначити формулу органічної речовини, якщо відомі масові частки елементів, що складають цю молекулу: $\omega(\text{C}) = 92,32 \%$, $\omega(\text{H}) = 7,7 \%$. Відносна густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 39.
8. Вивести молекулярну формулу вуглеводню за даними: масова частка Карбону дорівнює 85,7 %, відносна густина за воднем 21.
9. Вивести формулу вуглеводню, масова частка Карбону в якому складає 82,8 %, а маса 1 л цього газу (н. у.) – 2,59 г.
10. При спалюванні 29 г органічної речовини утворилось 88 г вуглекислого газу і 45 г води. Відносна густина пари цієї речовини за повітрям дорівнює 2. Установити молекулярну формулу цієї речовини.

Лабораторна робота № 4 ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДНІВ

Мета роботи: вивчити хімічні властивості та будову алканів і алкенів. Визначити вплив кратності зв'язку на властивості цих вуглеводнів.

Теоретична частина

Алкани

Алкани (насичені вуглеводні) – найпростіші вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою простими (σ -) зв'язками, а всі інші валентності насичені атомами Гідрогену. Електронні орбіталі атомів Карбону в молекулах алканів перебувають у стані Sp^3 -гібридизації. У молекулі алканів кожний атом Карбону сполучений із максимальною кількістю атомів Гідрогену, що й дало їм назву «насичені вуглеводні».

Родоначальником алканів є метан CH_4 (болотний (рудниковий) газ). Він – найпростіший вуглеводень. Найчастіше його добувають за реакцією Дюма при термічному розкладанні натрій ацетату лугом:



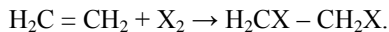
Для членів гомологічного ряду метану існує загальна формула – C_nH_{2n+2} . Починаючи з бутану, члени гомологічного ряду мають ізомери (див. попередню тему). Алкани – інертні в хімічному відношенні речовини. За звичайних умов вони не реагують із галогенами (не знебарвлюють бромну воду), концентрованими кислотами й лугами, окисниками (не знебарвлюють розчин $KMnO_4$) тощо. Це дало підставу назвати їх парафінами (від лат. «parum affinis» – «мало споріднений»).

Для алканів характерні реакції заміщення, у які вони вступають за особливих умов. Так, на сонячному світлі алкани можуть реагувати з хлором і бромом, що призводить до поступового заміщення в їх молекулах атомів Гідрогену на атоми галогенів (реакція металепсії). При нагріванні та підвищеному тиску алкани здатні вступати в реакції заміщення атомів Гідрогену на нітрогрупу, тобто нітруватися (реакція Коновалова). За особливих умов вони можуть реагувати з концентрованою сульфатною кислотою, якщо каталізатором є концентрована нітратна кислота (реакція сульфування). Можливі за певних умов і реакції окиснення, які використовують для промислового добування вищих жирних кислот, сировини для синтезу мийних засобів тощо.

Алкени

Алкени (ненасичені вуглеводні етиленового ряду) містять у складі своєї молекули один подвійний зв'язок. Найпростіший представник алкенів – етилен $H_2C = CH_2$.

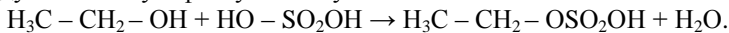
Для молекул усіх алкенів характерна наявність подвійного зв'язку між атомами Карбону, які перебувають у стані Sp^2 -гібридизації. В утворенні такого зв'язку беруть участь одна s - і дві p -орбіталі, що призводить до утворення трьох рівноцінних орбіталей. Гібридизовані орбіталі розміщені в одній площині й спрямовані одна до одної під кутом 120° , утворюючи орбітальний рівнобічний трикутник. Подвійний зв'язок між атомами Карбону алкену (у нашому випадку етилену) утворюється за рахунок двох пар усупільнених електронів. Подвійний зв'язок – сполучення ковалентних σ - і π -зв'язків. У такому подвійному зв'язку σ -зв'язок утворюється за рахунок осевого перекривання Sp^2 -гібридизованих орбіталей, а π -зв'язок – за рахунок бічного перекривання негібридизованих p -орбіталей двох атомів Карбону. Отже, π -зв'язок – легкодоступне джерело електронів, що сприяє електронодонорним властивостям. Зокрема, у реакції приєднання кожний Sp^2 -гібридизований атом Карбону стає Sp^3 -гібридизованим:



Це призводить до перетворення одного π -зв'язку на два σ -зв'язки.

Ненасичені вуглеводні мають загальну формулу C_nH_{2n} . Вони здатні вступати в реакції приєднання водню, галогенів, галогеноводнів (за правилом Марковнікова). Ці сполуки легко окиснюються атомарним киснем. За наявності каталізаторів вступають у реакції полімеризації та ізомеризації. Горять.

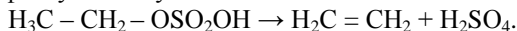
Етилен та його гомологи в лабораторних умовах найчастіше добувають дегідратацією відповідних спиртів. Зокрема, етилен добувають з етилового спирту дією на нього концентрованої сульфатної кислоти при нагріванні (реакцію можна прискорити додаванням у суміш алюмінію оксиду Al_2O_3), шляхом відщеплення від молекули етилового спирту молекули води. Реакція відбувається у два етапи. Спочатку сульфатна кислота утворює з етанолом проміжний продукт – етилсульфатну кислоту:



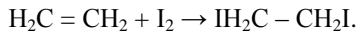
Етиловий спирт

Етилсульфатна кислота

Етилсульфатна кислота при нагріванні до $170^\circ C$ розкладається на етилен і сульфатну кислоту:



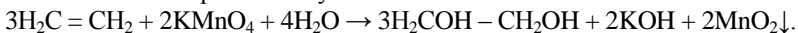
Часто реакцією якісного визначення подвійного зв'язку в алкенів є приєднання галогенів (йоду, броду) та знебарвлення їхніх розчинів, при цьому утворюються насичені галогенопохідні вуглеводнів:



Етилен

1,2-Дійодетан

Також подвійний зв'язок у молекулах органічних речовин виявляють за допомогою реакції Вагнера – окиснення вуглеводню розчином калій перманганату:



Практична частина

Дослід 1. Добування метану.

У суху пробірку внести 10-15 г суміші, що складається з однієї частини натрій ацетату і двох частин натронного вапна (насичений розчин натрій гідроксиду з кальцій оксидом у співвідношенні 1:1). Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою і закріпити у штативі (рис. 1). Суміш нагріти на полум'ї пальника. Спочатку нагріти пробірку, потім – суміш. Метан, що утворюється при цьому, спочатку пропустити в пробірку з водою, потім по черзі в пробірки, заповнені розчинами калій перманганату та йоду з калій йодидом.

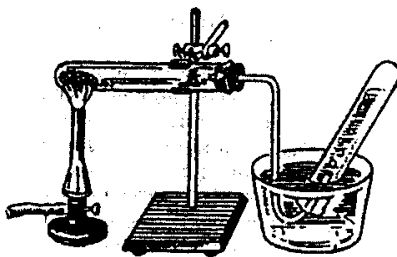


Рис. 1. Прилад для добування метану

Навести схему проведення досліду, пояснити його результати та написати рівняння реакції.

Дослід 2. Відношення метану до реакцій присєднання.

Добутий у досліді 1 метан через газовідвідну трубку пропустити в пробірку, у яку заздалегідь треба налити розчин йоду в розчині калій йодиду.

Зробити висновок та пояснити, чи змінює розчин забарвлення.

Дослід 3. Відношення метану до реакцій окиснення.

Добутий у досліді 1 метан через газовідвідну трубку пропустити в пробірку, у яку заздалегідь налити 2-3 мл 0,5-1-відсоткового розчину калій перманганату. Зробити висновок та пояснити, чи змінює розчин забарвлення.

Дослід 4. Добування етилену.

У суху пробірку внести 2-3 мл заздалегідь приготовленої суміші – 1 частини етилового спирту і 3 частин концентрованої сульфатної кислоти (густина 1,84). Пробірку після внесення 1 г сухого промитого

річкового піску закрити пробкою з газовідвідною трубкою і закріпити у штативі (рис. 2). Якщо є пемза, то нею можна замінити пісок. Пемзу і пісок додають до суміші для рівномірного кипіння та для запобігання викидам речовини з пробірки.

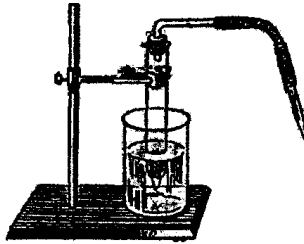


Рис. 2. Установка для добування етилену

Кінець газовідвідної трубки занурити в пробірку з водою. Суміш нагріти. Утворюється етилен, з яким слід провести наступні досліди. Треба пам'ятати, що перші порції утвореного етилену сильно концентровані і вибухонебезпечні, будьте обережні! До того ж, бажано не допускати перегрівання. За високих температур сульфатна кислота може діяти як окисник, що призводить до виділення із суміші, крім етилену, CO_2 і води. Зробити висновок, намалювати установку та навести рівняння відповідних реакцій.

Дослід 5. Приседнання йоду до етилену.

У пробірку налити кілька мілілітрів розчину йоду в калій йодиді. Через газовідвідну трубку в пробірку пропустити етилен, добутий у досліді 1. Які зміни відбуваються в розчині? Пояснити дослід, написати рівняння реакції.

Дослід 6. Окиснення етилену розчином перманганату калію.

У пробірку налити 5 мл 1-відсоткового розчину калій перманганату, підлученого розчином Na_2CO_3 . Через газовідвідну трубку в суміш пропустити етилен, добутий у досліді 1. Розчин калій перманганату спочатку буріє, потім випадає бурий осад манган(IV) оксиду MnO_2 . Відбувається окисно-відновна реакція, під час якої семивалентний манган відновлюється до чотиривалентного, а етилен окиснюється до двоатомного спирту етиленгліколю ($\text{H}_2\text{COH} - \text{CH}_2\text{OH}$). Зробити висновок та написати рівняння реакції.

Контрольні запитання і завдання

1. Сформулювати поняття «гомологічний ряд» метану. Написати молекулярні і напівструктурні формули перших десяти представників гомологічного ряду метану.

2. Написати структурні формули метилдіетилпропілметану, метилпропіламілметану і диметилпропілбутилметану. Назвати ці сполуки за номенклатурою IUPAC.
3. Написати структурні формули таких алканів: 3,4-диметилгексан; 2,3,2-триметилгептан; 2,2,4-триметил-3,5-діетилдекан. Назвати ці сполуки за раціональною номенклатурою.
4. Написати реакції одержання етану і гексану за допомогою реакції Вюрца.
5. Дати характеристику природних джерел добування алканів.
6. Які алкани можна видобути, виходячи з метилброміду і етилброміду, діючи на них металічним натрієм? Написати рівняння відповідних хімічних реакцій.
7. Як змінюються головні фізичні властивості алканів у гомологічному ряду метану?
8. Написати реакції нітрування пропану, 2-метилбутану і 2,4-диметилгексану.
9. Написати реакцію сульфування октану.
10. Які вуглеводні входять до складу бензину, гасу, мазуту? Написати їхні молекулярні формули.
11. Написати структурні формули всіх відомих вам ізомерів вуглеводнів: C_4H_{10} , C_5H_{12} і C_7H_{16} . Назвати ці речовини за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC.
12. Написати структурні формули алкенів та назвати їх за номенклатурою IUPAC: а) метилетилен; б) етилетілен; в) метилетилен; г) етилізопропілетілен.
13. Написати структурні формули алкенів та назвати їх за раціональною номенклатурою:
а) 2-метилпропен-1; б) 2-метилгексен-3;
в) 2,4-диметилгексен-3; г) 2,2,3,5-тетраметилгептен-2.
14. Які лабораторні і промислові способи видобування алкенів вам відомі? Навести приклади.
15. Як змінюються основні фізичні властивості алкенів у гомологічному ряду етилену?
16. Дати коротку характеристику головних хімічних властивостей алкенів. Навести приклади реакцій.

Лабораторна робота № 5

СПИРТИ

Мета роботи: вивчити представників спиртів; визначити вплив функціональної групи на їхні властивості.

Теоретична частина

Спирти (алкоголі) – органічні сполуки, що містять у складі своїх молекул одну або кілька гідроксильних груп -ОН біля насичених атомів Карбону. Залежно від кількості гідроксильних груп, що входять до складу молекули спирту, їх класифікують на одноатомні (алкоголі), двоатомні (гліколи), триатомні (гліцерини) та багатоатомні. За положенням гідроксильної групи в молекулі спирту їх поділяють на первинні, вторинні й третинні. Спирти можуть бути насичені й ненасичені, ациклічні й циклічні, похідними гомологів бензену, циклопарафінів та циклічних терпенів.

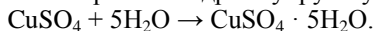
Нижчі одноатомні спирти (від CH_3OH до $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) легко розчиняються у воді. Зі збільшенням довжини карбонового ланцюга розчинність спиртів зменшується. Для нижчих спиртів типовим є спиртовий запах, потім зі збільшенням молекулярної маси з'являється неприємний запах (сивушний), вищі спирти не мають запаху. Густина всіх спиртів менша за одиницю. Спирти – нейтральні сполуки. Реагують із Na, K, Li, Mg, Al та іншими металами з утворенням сполук типу алкоголятів.

У результаті взаємодії спиртів із сильними мінеральними кислотами або кислотами Льюїса утворюються етери (прості ефіри). Етерифікація спиртів органічними й мінеральними кислотами призводить до утворення естерів (складних ефірів). Первинні та вторинні спирти окиснюються або дегідруються за наявності металічних каталізаторів до відповідних альдегідів і кетонів. Третинні спирти стійкі до реакцій окиснення в нейтральному й кислому середовищах, за певних умов розщеплюються до кетонів і кислот із меншою кількістю атомів Карбону. Спирти легко дегідратуються до алкенів. Гідроксильна група молекули спирту може замінюватись на атом галогену, реагуючи з галогеноводнями, PCl_5 , POCl_3 тощо.

Спирти видобувають різними способами. Ряд низькомолекулярних спиртів (етанол, пропанол, бутаноли) видобувають бродінням вуглеводів, метанол – у результаті сухої перегонки тирси. Більшість спиртів видобувають синтетичними методами – з алкенів гідратацією або гідроборуванням із подальшим окисненням, гідролізом відповідних галогенопохідних вуглеводнів, відновленням альдегідів і кетонів, карбонових кислот та естерів.

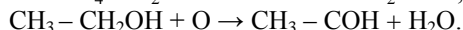
Спирти дуже поширені у вигляді похідних (естерів, частково етерів) у природі. Вони відіграють важливу роль у життєдіяльності тварин і рослин, їх використовують у різних галузях промисловості (як розчинники, сировину для видобування каучуків, органічних барвників, медикаментів, вибухових речовин тощо).

Етиловий спирт-ректифікат містить у своєму складі 95,6 % спирту і 4,4 % води. Вода не може бути виділена зі спирту звичайною перегонкою, оскільки вода і спирт утворюють азеотропну суміш і в такому кількісному співвідношенні перегоняються як одна речовина. Для виявлення води у спирті користуються безводним (прожареним) порошком купрум сульфату білого кольору. При його взаємодії з водою утворюється синій кристалогідрат купрум сульфату:



Розчинність спиртів у воді залежить від їх молекулярної маси. Низькомолекулярні спирти (метанол, етанол, пропаноли) змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях. Починаючи з бутанолів, розчинність спиртів поступово зменшується. Пентаноли у воді не розчиняються. При змішуванні спиртів із водою спостерігається підвищення температури суміші (уперше було відкрите Д. І. Менделєєвим), що зумовлено гідратацією спиртів.

Етанол легко окиснюється киснем повітря, атомарним киснем, що утворюється при розкладанні калій перманганату. Реакція окиснення етанолу відбувається в два етапи:

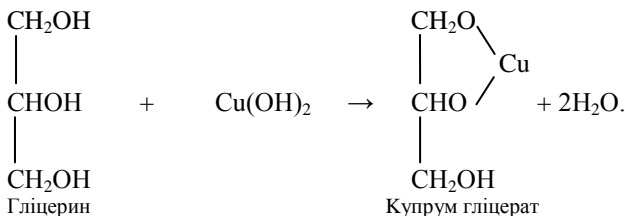
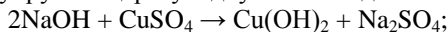


Під час якої утворюється етаналь (оцтовий альдегід), що має температуру кипіння близько 20 °С, дуже легкий і має своєрідний запах.

Гліцерин $\text{HOCH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ – триатомний спирт. Видобувають його гідролізом жиру або синтезують із пропілену. Це безбарвна в'язка рідина, добре розчинна у воді, солодка на смак, кипить при 290 °С.

Гліцерин легко взаємодіє з гідроксидами металів, що призводить до утворення своєрідних алкоголятів – гліцератів.

Утворення купрум гліцерату відбувається в два етапи:



Практична частина

Дослід 1. Відкриття наявності води в етанолі та його зневоднення.

У пробірку налити 1-2 мл етанолу і додати кілька кристаликів прожареного білого порошку купрум сульфату, перемішати струшуванням. Які зміни спостерігаються? Зробити висновок та написати рівняння відповідної реакції.

Дослід 2. Розчинність одноатомних насичених спиртів у воді.

У чотири пробірки налити по 2-3 мл дистильованої води. У кожную з них додати по 4-5 крапель одного зі спиртів – етилового, пропілового, бутилового або амілового, збовтати і спостерігати за їх розчинністю. Записати результати розчинності спиртів у воді.

Дослід 3. Окиснення етанолу розчином калій перманганату.

У пробірку налити 2-3 мл етанолу і додати такий самий об'єм 2-5-відсоткового розчину калій перманганату. Нагріти. Калій перманганат розкладається, при цьому виділяється атомарний кисень, який і окиснює етанол. На дно пробірки випадає осад – манган(IV) оксид. Для прискорення реакції рекомендують додати 2-3 краплі розчину сульфатної кислоти. Зробити висновок, написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 4. Добування купрум гліцерату.

У пробірку внести 1-3 мл 5-10-відсоткового розчину натрій гідроксиду і додати кілька крапель 3-5-відсоткового розчину купрум сульфату. Випадає голубий драглистий осад купрум(II) гідроксиду. Після цього в суміш краплями додати гліцерин, збовтати. Чи спостерігається виникнення темно-синього прозорого розчину купрум гліцерату? Зробити висновок та написати рівняння реакції.

Контрольні запитання і завдання

1. Написати структурні формули всіх спиртів, що відповідають таким молекулярним формулам: C_4H_9OH , $C_5H_{11}OH$, $C_6H_{13}OH$, $C_7H_{15}OH$ і $C_8H_{17}OH$. Назвати спирти за раціональною номенклатурою і номенклатурою IUPAC.
2. Написати хімічні реакції процесу перетворення первинного пропілового спирту на вторинний.
3. Написати рівняння реакцій видобування первинних, вторинних і третинних спиртів.
4. Написати рівняння хімічних реакцій, за допомогою яких видобувають метанол, етанол, пропанол-1 і пропанол-2.
5. Які фізичні та хімічні властивості характерні для одно-, дво- і триатомних спиртів? Чим вони відрізняються один від одного?

6. Написати рівняння реакцій окиснення спиртів:
 - а) 2,3-диметилбутанолу-1;
 - б) 2,4-диметилгексанолу-1;
 - в) 2-метил-пентанолу-1.
7. Дати коротку характеристику головних технологічних процесів видобування етанолу з картоплі.
8. Яке значення мають спирти для народного господарства, хімічної промисловості, медицини й ветеринарії?
9. Які властивості спиртів визначаються утворенням водневого зв'язку?
10. Визначити масові частки елементів, які входять до складу пропанолу-1.

Лабораторна робота № 6

АЛЬДЕГІДИ І КЕТОНИ

Мета роботи: визначити особливості будови альдегідів та кетонів, дослідити хімічні властивості альдегідів.

Теоретична частина

Альдегіди і кетони

Альдегіди і кетони (оксосполуки) – похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену замінені на одну чи декілька карбонільних груп $\text{C}=\text{O}$. В альдегідів одна з валентностей атома Карбону такої групи сполучена з Гідрогеном, друга – з радикалом, у молекулі кетону обидві валентності карбонільної групи сполучені з однойменними або різнойменними радикалами.

Альдегіди і кетони часто розглядають як продукти окиснення спиртів. Причому альдегіди – первинних (звідси і назва – лат. «(alcohol) dehydrogenatus» – «дегідрований спирт»), кетони – вторинних. Альдегіди і кетони поділяють на ациклічні (насичені й ненасичені) та циклічні (похідні циклопарафінів, аренів і циклічних терпенів).

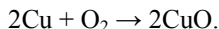
Альдегіди і кетони, крім окиснення спиртів, видобувають й іншими способами – дегідруванням спиртів, омиленням дигалогенозаміщених вуглеводнів, гідратацією алкінів за реакцією Кучерова, сухою перегонкою кальцієвих солей карбонових кислот, омиленням естерів, оксосинтезом, методом Грін'єра тощо.

Альдегіди хімічно більш активні, ніж кетони. Багато хімічних реакцій, типових для альдегідів і кетонів, що виконуються в лабораторії, відбуваються в живих організмах тварин і рослин. До таких реакцій слід віднести реакції приєднання, заміщення, окиснення і конденсації. Особливе місце серед них посідає реакція Канніццаро-Тищенко (реакція дисмутації), яка дуже поширена в метаболічних шляхах біохімічних реакцій анаболізму і катаболізму в живих організмах. Головними продуктами анаеробного гліколізу та глікогенолізу є гліцириновий альдегід і діоксіацетон, з якими пов'язані реакції утворення АТФ у клітинах і тканинах живих організмів.

Хімічні властивості альдегідів і кетонів мають також відмінності. Кетони не можуть відновлювати аміачні розчини аргентуму та купруму, не реагують із фуксинсульфітною кислотою – типовою реакцією на виявлення в розчинах альдегідів. Кетони не вступають у реакцію альдольної конденсації. Вони важче окиснюються, ніж альдегіди, а при їх окисненні утворюються дві більш низькомолекулярні кислоти чи інші оксосполуки, ніж ті, що вступали в реакцію.

Альдегіди і кетони використовують у хімічній промисловості для синтезу пластичних мас, барвників, засобів дезінфекції, медикаментів, реактивів та інших сполук. Окремі альдегіди використовують як засоби дезінфекції (наприклад, формальдегід), фіксатори анатомічних препаратів, у гістологічній та гістохімічній техніці (той самий формальдегід). Окремі кетони є органічними розчинниками (наприклад, ацетон), медикаментами (камфора). Моносахариди також можна віднести до багатоатомних спиртів, що містять у складі молекул альдегідну, наприклад глюкоза, або кетонну, наприклад фруктоза, групи, завдяки чому їх називають альдозами і кетозами.

Етаналь найчастіше видобувають окисненням етанолу. При прожарюванні мідної спіралі або дротини утворюється купрум(II) оксид:



Після занурення прожареної мідної спіралі або дротини в етанол утворюється етаналь і відновлюється мідь:

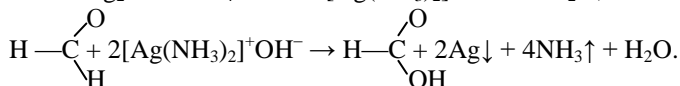
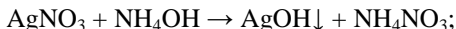


Етанол Етаналь

Якщо в пробірку додати кілька крапель реактиву Шіффа (фуксинсульфітної кислоти), виникає характерне для альдегідів червоно-фіолетове забарвлення.

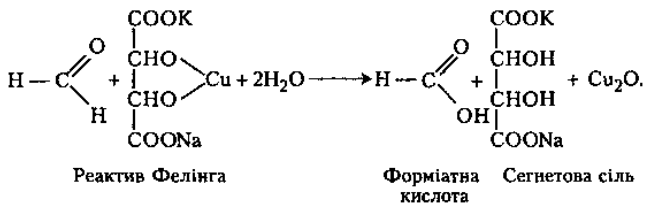
Типовою реакцією, що дає змогу переконливо виявити альдегіди в розчинах, є реакція «срібного дзеркала», її широко використовують у хімічному аналізі для виявлення альдегідів, а також у хімічній промисловості – для виготовлення та відновлення дзеркал.

При утворенні дзеркального шару на стінці пробірки відбуваються такі реакції:



Німецький хімік-органік Г. Х. Фелінг (1812-1885 рр.) запропонував реактив для виявлення в розчинах моносахаридів (альдоз), які містять у складі молекул альдегідну групу.

Між метаналем (етаналем) і реактивом Фелінга відбувається хімічна реакція:



Практична частина

Дослід 1. Окиснення спирту в альдегід. Властивості альдегіду.

На кінці мідної дротини зробити 5-6 витків спіралі. Налити в пробірку не більше 1 мл етилового спирту, розжарити спіраль у полум'ї пальника, щоб мідь вкрилася чорним нальотом оксиду, і швидко опустити спіраль у пробірку зі спиртом. Повторити цю операцію кілька разів. Звернути увагу на запах альдегіду, який утворюється при цьому, і на зміни, що відбуваються зі спіраллю. Скласти рівняння реакцій окиснення спирту в альдегід під дією купрум(II) оксиду. У пробірку додати кілька крапель безбарвного розчину фуксинсульфітної кислоти – виникає червоно-фіолетове забарвлення. Зробити висновок та написати рівняння відповідних реакцій.

Дослід 2. Реакція «срібного дзеркала».

У чисту пробірку налити 2-3 мл 1-2-відсоткової розчину аргентум нітрату, після чого краплями додати 5-відсотковий розчин аміаку до розчинення бурого осаду аргентум гідроксиду. Потім до прозорого розчину краплями додати 1-відсотковий розчин етанолу (близько 1 мл). Суміш нагріти. Через кілька хвилин на стінці пробірки виявляється шар аргентуму у вигляді «срібного дзеркала». Зробити висновок та написати рівняння реакцій.

Дослід 3. Реакція відновлення альдегідами реактиву Фелінга.

У пробірку налити 2-4 мл свіжоприготовованого реактиву Фелінга і додати 0,5-1 мл альдегіду. Суміш нагріти. Вона спочатку забарвлюється в зелений, а потім у жовтий колір. Наприкінці реакції на дно пробірки випадає осад оксиду купруму(I) червоного кольору. Записати спостереження та рівняння відповідної реакції.

Контрольні запитання і завдання

1. Написати структурні формули всіх ізомерних альдегідів і кетонів, що відповідають молекулярній формулі $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$. Назвати ці сполуки за різними номенклатурами.

2. Написати структурні формули оксосполук:
а) пропаналю; б) 3-метилбутаналю;
в) діізопропілкетону; г) 3-метилпентаналю;
д) гептанону-2.
3. Навести схеми синтезу етаналю і пропанону з різних сполук і різними методами.
4. Дати коротку характеристику головних фізичних властивостей альдегідів і кетонів.
5. Розділити хімічними способами суміш пентаналю, валеріанової кислоти і амілового спирту.
6. Написати рівняння реакцій взаємодії бутаналю з:
а) ціанідною кислотою; б) аміаком;
в) етанолом; г) гідроксиламіном.
Назвати продукти реакцій.
7. Написати рівняння хімічних реакцій взаємодії ацетону з гідросульфідом натрію, фенілгідразином і назвати продукти реакції.
8. Навести хімічні реакції, що свідчать про відмінність альдегідів від кетонів.
9. Навести рівняння хімічних реакцій, що ілюструють особливі хімічні властивості метаналю, порівняно з іншими альдегідами.
10. Написати структурні формули альдегідів і кетонів, що мають велике значення для народного господарства, медицини, ветеринарії і тваринництва. Дати їх коротку характеристику.

Лабораторна робота № 7

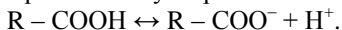
КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

Мета роботи: ознайомитися з хімічними властивостями карбонових кислот.

Теоретична частина

Карбонові кислоти – похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені карбоксильною групою –COOH. Залежно від природи радикала їх поділяють на ациклічні (похідні насичених і ненасичених вуглеводнів, аліциклічних терпенів) і циклічні (похідні циклопарафінів, аренів, циклічних терпенів). За кількістю карбоксильних груп їх поділяють на одно- (монокарбонові), дво- (дикарбонові) та багатоосновні. За наявністю в радикалі одинарних, подвійних і потрійних зв'язків між атомами Карбону, вони поділяються на насичені й ненасичені. У зв'язку з тим, що в радикалах окремих груп карбонових кислот, крім карбоксильної (карбоксильних), можуть бути інші функціональні групи (альдегідна, кетонна, гідроксильна, амінна), їх розрізняють ще й як альдегідо-, кето-, гідрокси- та амінокислоти.

Кислотні властивості карбонових кислот зумовлені їх здатністю дисоціювати у водних розчинах з утворенням йонів Гідрогену:



Одноосновні карбонові кислоти є слабкими кислотами. Найсильнішою з них є формиатна (мурашина) кислота, яка за своїми кислотними властивостями наближається до мінеральних кислот середньої сили. Інші одноосновні кислоти слабкіші від мінеральних. Двоосновні карбонові кислоти сильніші від одноосновних. Ароматичні кислоти сильніші від кислот жирного ряду, що пов'язано зі впливом ароматичного ядра на ступінь дисоціації кислоти.

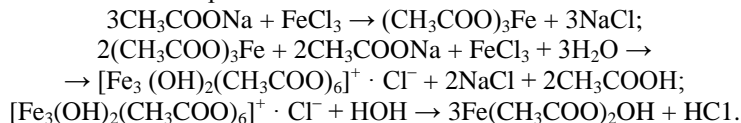
Хімічні властивості карбонових кислот насамперед виявляються в здатності їх дисоціювати. Усі реакції, на які здатні карбонові кислоти, поділяють на чотири групи: реакції атома Гідрогену і карбоксилу, реакції гідроксильної групи карбоксилу, реакції карбоксильної групи в цілому і реакції вуглеводневого радикала.

Карбонові кислоти легко утворюють солі, естери, галогенангідриди, ангідриди, амідні кислот, нітрили. Вищі й середні кислоти в організмі рослин і тварин зазнають β-окиснення. Ненасичені карбонові кислоти, крім хімічних реакцій, типових для всіх карбонових кислот, здатні вступати в реакції приєднання, окиснення і полімеризації.

Більшість карбонових кислот за своїми кислотними властивостями поступаються мінеральним. Константи дисоціації одноосновних карбонових кислот, похідних насичених вуглеводнів, при 25 °С знаходяться в межах від $1,7 \cdot 10^{-4}$ (форміатна) до $1,3 \cdot 10^{-5}$ (вищі жирні кислоти). Введення в радикал електронегативних замісників (наприклад, галогенів, нітрогрупи, ціаногрупи) підвищує ступінь дисоціації (наприклад, ціаноацетатна кислота за своїми кислотними властивостями в 200 разів сильніша за ацетатну). У міру віддаленості таких замісників від карбоксильної групи ступінь дисоціації похідних карбонових кислот зменшується.

Атом Гідрогену карбоксильної групи карбонових кислот здатний заміщуватися на атом металу при взаємодії з лужними металами, їх оксидами та лугами, у результаті чого утворюються відповідні солі. Ця реакція найбільш ілюстративна, оскільки утворюються забарвлені осадки солей.

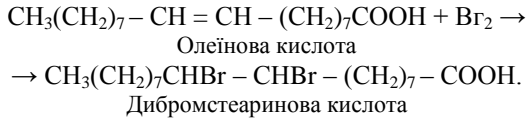
Реакції утворення гідроацетату феруму та його гідролізу відбуваються за такими хімічними рівняннями:



Карбонати – солі карбонатної кислоти, однієї з найслабкіших мінеральних кислот. Ацетатна кислота належить до найсильніших карбонових кислот (після форміатної). Ацетатна кислота за своїми кислотними властивостями слабкіша від хлоридної, нітратної та сульфатної кислот.

Олеїнова кислота $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ – вища ненасичена жирна кислота, входить до складу майже всіх природних естерів гліцерину. Багаті на олеїнову кислоту олії – маслинова (80 % маси залишків ВЖК), мигдалева (77 %) і соняшникова (50-80 %). Олеїнова кислота – оліїста рідина, не розчиняється у воді, розчиняється в органічних розчинниках, кипить при 232 °С, густина $\rho = 0,895$. Добувають її гідролізом жирів і олій. Має всі властивості, характерні для кислот, а також ненасичених вуглеводнів, легко вступає в реакцію окиснення розчином перманганату калію за місцем розривання подвійного зв'язку. Використовується для виготовлення косметичних засобів, ліків, синтетичних каучуків, пластифікаторів тощо.

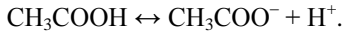
При взаємодії з бромом (бромною водою) відбувається розривання подвійного зв'язку в радикалі олеїнової кислоти і утворюється тверда дибромстеаринова кислота:



Практична частина

Дослід 1. Дисоціація ацетатної кислоти.

У пробірку налити 2-3 мл 3-5-відсоткового розчину ацетатної кислоти. Внести смужку синього лакмусового папірця. Він червоніє. Причина почервоніння лакмусового папірця – дисоціація ацетатної кислоти:



Дослід 2. Добування ферум(III) ацетату та його гідроліз.

У пробірку внести 2-5 мл 10-відсоткового розчину натрій ацетату. Потім краплями додати 1-відсотковий розчин ферум(III) хлориду. Суміш забарвлюється в темно-червоний колір. Під час її нагрівання утворюється драглистий бурий осад ферум гідроацетату. Потім відбувається його гідроліз. Написати свої спостереження та навести рівняння відповідних реакцій.

Дослід 3. Розкладання карбонату натрію ацетатною кислотою.

У пробірку вмістити 2-3 мл 3-5-відсоткового розчину натрій карбонату. Після цього додати кілька крапель 50-відсоткового розчину ацетатної кислоти. Виділяється вуглекислий газ у вигляді бульбашок. Записати спостереження та навести рівняння реакції.

Дослід 4. Присднання бром до олеїнової кислоти.

У пробірку внести 4-5 крапель водної емульсії олеїнової кислоти, додати 3-4 краплі бромної води, ретельно перемішати. Бромна вода знебарвлюється. Записати спостереження та навести рівняння реакції.

Дослід 5. Окиснення олеїнової кислоти (за Вагнером).

У пробірку налити кілька крапель олеїнової кислоти або олії, додати 1-2 мл 0,1-відсоткового розчину KMnO_4 і кілька крапель слабого розчину натрій гідрокарбонату (для створення слабколужного середовища й емульгування олії). Уміст пробірки енергійно збовтати. Рожеве забарвлення поступово зникає. Утворюється бурий осад MnO_2 . Записати спостереження та навести рівняння реакції.

Контрольні запитання і завдання

1. Написати перші десять-п'ятнадцять представників гомологічного ряду насичених одноосновних жирних кислот.
2. Написати рівняння реакцій видобування бутанової (масляної) кислоти:

- а) із відповідного спирту; б) із відповідного нітрилу;
в) із магнійгалогеналкілу; г) з альдегіду.
3. Написати структурні формули всіх ізомерних кислот складу $C_5H_{10}O_2$. Назвати їх за історичною та міжнародною номенклатурами.
 4. Дати коротку характеристику лабораторних і промислових способів видобування одно- і двоосновних насичених карбонових кислот.
 5. Дати характеристику основних фізичних і хімічних властивостей одно- та двоосновних насичених карбонових кислот.
 6. Які з одно- і двоосновних насичених карбонових кислот мають значення для народного господарства, медицини, ветеринарії та життєдіяльності тваринного і рослинного організму? Написати їх структурні формули і дати коротку характеристику.
 7. Написати структурні формули олеїнової, лінолевої і ліноленої кислот. Якими властивостями вони відрізняються від відповідних одноосновних насичених карбонових кислот? Ілюструвати це хімічними реакціями.
 8. Написати структурні формули стеаринової та пальмітинової карбонових кислот.
 9. Які з ароматичних кислот мають значення для промисловості й синтезу лікарських засобів? Написати їхні структурні формули і дати коротку характеристику фізичних і хімічних властивостей.
 10. Який об'єм вуглекислого газу виділиться, якщо обробити ацетатною кислотою розчин натрій карбонату, у якому міститься 10,6 г Na_2CO_3 ?

Лабораторна робота № 8

ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ. БУФЕРНІ РОЗЧИНИ

Мета роботи: ознайомитися зі способами вираження концентрації розчинів, визначенням водневого показника середовища та буферними розчинами.

Теоретична частина

1. Способи вираження концентрації розчинів.

Розчинами називають гомогенні термодинамічно стійкі системи змінного складу, що містять два або більше компоненти, між якими може відбуватися фізична та хімічна взаємодія.

За здатністю до дисоціації (розпаду на йони) розчини розподіляють на два види: розчини неелектролітів, що не проводять електричний струм (розчин глюкози у воді, нафталіну в бензені, толуолу в бензині, пропанолу в етанолі тощо) та розчини електролітів, які проводять електричний струм.

Здатність електроліту дисоціювати характеризується ступенем дисоціації α – відношенням кількості продисоційованих молекул до загальної кількості молекул розчиненої речовини.

До сильних електролітів належать майже всі солі, деякі неорганічні кислоти (HCl, HBr, HI, HNO₃, H₂SO₄) та основи – гідроксиди лужних і лужно-земельних металів. Решта електролітів, у тому числі й більшість органічних кислот, належить до слабких.

До неелектролітів відносяться більшість органічних сполук – вуглеводи, спирти, альдегіди, кетони та ін.

Уміст розчиненої речовини прийнято виражати через масову частку або концентрацію. Позначимо індексом 1 розчинену речовину, індексом 2 – розчинник.

Масова частка розчиненої речовини (ω_1) – це відношення маси m_1 розчиненої речовини до сумарної маси розчину $\Sigma m = m_1 + m_2$. Масову частку, як правило, виражають у частках одиниці або у відсотках.

$$\omega_1 = m_1 / \Sigma m \text{ або } \omega_2 = m_2 / \Sigma m \cdot 100 \%$$

Концентрацією розчину називають кількість (або масу) розчиненої речовини у певному об'ємі розчину або розчинника.

Молярна концентрація (C_M) – кількість молей розчиненої речовини ν_1 , що містяться в 1 л розчину:

$$C_M = \nu_1 / V = m_1 / M_1 V \text{ моль/л,}$$

де M_1 – молярна маса розчиненої речовини, г/моль; V – об'єм розчину, л.

Молярна концентрація пов'язана з масовою часткою речовини співвідношенням:

$$C_M = \frac{\omega\rho}{100 \cdot M_1},$$

де ρ – густина розчину, кг/м^3 , г/см^3 .

2. Визначення кислотності середовища за допомогою індикаторів.

Кислотність та ступінь лужності розчину виражають за допомогою концентрації H^+ -йонів. Водневим показником називається від'ємний десятковий логарифм молярної концентрації іонів Гідрогену (рН), тобто $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. Визначення рН застосовують для характеристики реакції розчинів: нейтральна рН = 7, кисла рН < 7, лужна рН > 7. Експериментально її можна визначити за допомогою індикаторів, табл. 3.

Таблиця 3

Кислотно-основні властивості індикаторів

Індикатор	Реакція середовища		
	Кисла	Нейтральна	Лужна
Метилловий оранжевий	Червоний	Жовто-гарячий	Жовтий
Лакмус	Червоний	Фіолетовий	Синій
Фенолфталеїн	Безкольоровий	Безкольоровий	Малиновий

3. Буферні розчини

Буферні розчини – це розчини, рН яких практично не залежить від розведення, концентрування та мало змінюється при додаванні до них невеликих кількостей кислот або лугів, які не перевищують відповідної межі.

Як правило, буферні розчини містять або слабку кислоту та її сіль, яка утворена сильною основою, або слабку основу та її сіль, яка утворена сильною кислотою. Пояснення дії буферних розчинів ґрунтується на теорії електролітичної дисоціації сильних і слабких електролітів.

Розглянемо як приклад буферний розчин, що містить суміш CH_3COOH та CH_3COONa , при концентрації обох речовин, що дорівнює 0,1 М.

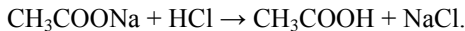
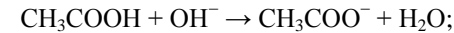
Ацетатна кислота є слабким електролітом і дисоціює за рівнянням $\text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$. Концентрацію йонів Гідрогену такого розчину можна визначити, виходячи з виразу константи дисоціації слабкої кислоти:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}.$$

У розчині кількість молекул, які не дисоціювали, визначається концентрацією кислоти, а кількість аніонів – концентрацією солі,

оскільки вона є сильним електролітом. Отже, концентрація йонів Гідрогену в буферному розчині пропорційна концентрації кислоти та зворотно пропорційна концентрації солі, а рН буферного розчину буде змінюватися лише залежно від відношення концентрації слабкої кислоти та її солі.

При розведенні або при додаванні в буферний розчин невеликих кількостей сильних кислот або основ ацетат-йони CH_3COO^- будуть зв'язувати йони Гідрогену в малодисоційовану ацетатну кислоту, рН розчину практично не зміниться або зміниться незначно.



Буферні властивості проявляються у зв'язуванні йонів Гідрогену або гідроксидних йонів у слабкодисоційовані молекули. Буферна дія зберігається при розведенні та концентруванні буферних розчинів. Кількісне вираження здатності розчину до буферної дії називається буферною ємністю.

Практична частина

Дослід 1. Приготування розчину із заданою масовою часткою.

Для приготування 20 г 4-відсоткового розчину натрій хлориду NaCl потрібно розрахувати необхідну кількість сухої солі та зважити її на технохімічних терезах з точністю до 0,01 г. Розрахувати, виходячи з маси солі, необхідну кількість води та відміряти її об'єм мірною пробіркою.

Взяти плоскодонну колбу та обережно через лійку перенести до неї наважку солі. Потім додати воду невеликими порціями таким чином, щоб усю сіль із лійки змити в колбу. Збовтати колбу декілька разів до повного розчинення солі.

Розрахувати молярну концентрацію утвореного розчину. Густина розчину солі 1,029 г/см³.

Дослід 2. Визначення рН за допомогою індикаторів.

Налити в окремі пробірки розчини HCl, NaOH, Na₂CO₃, NaCl, Al₂(SO₄)₃.

Визначити реакції розчинів за допомогою індикаторів фенолфталеїну, метилоранжу та універсального індикаторного паперу (табл. 3).

Отримані дані занести в таблицю 4.

Таблиця 4

Розчини речовин	Фенолфталеїн		Метилоранж		Універсальний індикатор, рН
	Колір	Реакція середовища, рН	Колір	Реакція середовища, рН	
HCl					
NaOH					
Na ₂ CO ₃					
NaCl					
Al ₂ (SO ₄)					

Дослід 3. Властивості аміачного буферного розчину (NH₄OH + NH₄Cl).

У дві пробірки налити по 1 мл аміачного буферного розчину, виміряти його рН. У першу пробірку прилити 1 краплю 1 М розчину хлоридної кислоти HCl, у другу – 1 краплю 1 М розчину натрій гідроксиду NaOH. Розчини добре перемішати скляними паличками. Визначити рН розчинів універсальним індикаторним папером. Зробити висновок про зміну величини рН цих розчинів.

Дослід 4. Вплив розведення на значення рН буферного розчину.

Налити в пробірку 4 краплі аміачного буферного розчину та розвести вміст пробірки в 25 разів (додати приблизно 5 мл дистильованої води). Визначити рН цього розчину та порівняти його з вихідним. Одержаний розчин розвести ще в 10 разів та знов визначити рН. Зробити висновок про зміну величини рН цих розчинів.

Контрольні запитання і завдання

1. Які розчини відносять до неелектролітів?
2. Навести приклади розчинів електролітів.
3. Як виміряти рН розчину?
4. Назвати буферні розчини, які існують в організмі людини.
5. Скільки грамів солі та води необхідно взяти для приготування 500 г розчину з $\omega_{\text{солі}} = 5\%$?
6. Чому дорівнює ступінь дисоціації сильного електроліту?
7. Чому дорівнює рН кислого середовища?
8. Обчислити C_M розчину, який містить 240 г цинк сульфату в 1 000 мл розчину.
9. Обчислити масову частку розчину, який утворюється при розчиненні 20 г NaCl у 80 г води.
10. Обчислити масову частку розчину, який містить 30 г солі в 300 г розчину.

Лабораторна робота № 9 ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДІВ

Мета роботи: ознайомитися із властивостями вуглеводів і проведенням якісних реакцій на їхні функціональні групи.

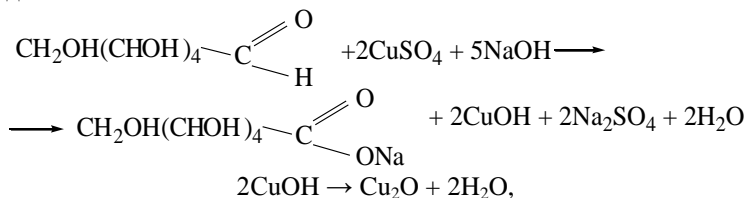
Теоретична частина

Вуглеводи є органічними сполуками, що входять до складу всіх живих організмів. Ці сполуки розподіляють на моносахариди (монози), олігосахариди (в основному дисахариди) та полісахариди.

До моносахаридів ($C_nH_{2n}O_n$, $n = 3 \dots 9$) належать прості кристалічні вуглеводи, які не підлягають гідролізу. Завдяки наявності вільної кетонної або альдегідної функціональної групи моносахариди здатні окиснюватися до відповідних кислот, одночасно відновлюючи солі металів. Ця властивість моносахаридів використовується для низки якісних реакцій.

Отже, розчини гексоз, наприклад глюкози, у лужному середовищі відновлюють при нагріванні купрум(II) оксид до купрум(I) оксиду, а солі окиснюються до альдонових кислот.

Спочатку утворюється осад $Cu(OH)_2$, який при перемішуванні або струшуванні розчиняється, і розчин набуває блакитного кольору. При нагріванні до кипіння утворюється жовтий осад $CuOH$ або червоний Cu_2O . Цю реакцію для глюкози в загальному вигляді можна представити так:



вона отримала назву «реакція Троммера».

Дисахаридами ($C_{12}H_{22}O_{11}$) є вуглеводи, молекули яких складаються з двох залишків моносахаридів однакової або різної природи, з'єднаних між собою глікозидним зв'язком. Найбільш поширені в природі сахароза (буряковий або тростинний цукор); мальтоза (солодовий цукор); лактоза (молочний цукор).

Якісною реакцією на сахарозу є її взаємодія в лужному середовищі з кобальт(II) нітратом, при цьому утворюється комплексна сполука фіолетового кольору.

До полісахаридів (загальна формула $(C_6H_{10}O_5)_n$) належать високомолекулярні вуглеводи, які підлягають гідролізу при нагріванні за наявності кислот або специфічних ферментів, унаслідок чого кожна молекула полісахариду розпадається на велику кількість молекул моносахаридів (глюкози), які можна виявити характерними реакціями на моносахариди (реакцією Троммера).

Полісахариди (крохмаль, глікоген) відрізняються хімічною природою моносахаридних одиниць, які повторюються, ступенем розгалуження та довжиною ланцюга.

Під час взаємодії крохмалю та глікогену з йодом утворюються комплексні адсорбційні сполуки, що набувають у реакції з крохмалем синього, а з глікогеном – червоно-бурого кольору. Ця реакція є якісною на крохмаль і глікоген. Відмінність у кольорі комплексів зумовлена хімічною структурою крохмалю та глікогену. Під час нагрівання забарвлення зникає, але з'являється знову при охолодженні, що свідчить про утворення нестійких комплексів крохмалю і глікогену з йодом. Знебарвлення відбувається також під час додавання NaOH або KOH. Зникнення забарвлення при нагріванні і додаванні лугу зумовлено тим, що в утворенні комплексів бере участь молекулярний йод I_2 , а не йодид-йони.

Практична частина

Дослід 1. Виконання якісної реакції на глюкозу (реакція Троммера).

У пробірку налити 3 мл 5-відсоткового розчину глюкози, 1 мл 5-відсоткового розчину NaOH та 5 крапель 5-відсоткового розчину $CuSO_4$. Спостерігається утворення осаду $Cu(OH)_2$. Розчин перемішати, обережно нагріти в пробірці в полум'ї спиртового пальника до кипіння та утворення жовтого осаду $CuOH$ або червоного осаду Cu_2O . Записати свої спостереження та написати рівняння відповідної реакції.

Дослід 2. Виконання якісної реакції на сахарозу.

У пробірку налити 2 мл 3-відсоткового розчину сахарози, додати 1 мл 5-відсоткового розчину NaOH та 5 крапель 2-відсоткового розчину кобальт(II) нітрату ($Co(NO_3)_2$). Записати свої спостереження.

Дослід 3. Виконання якісної реакції крохмалю і глікогену з йодом.

В одну пробірку вмістити 2 мл 0,1-відсоткового розчину крохмалю, у другу – 2 мл 0,1-відсоткового розчину глікогену.

В обидві пробірки внести по 1-2 краплі розчину Люголю (розчину йоду в йодиді калію). Розчини в пробірках перемішати і спостерігати утворення синього забарвлення у пробірці з крохмалем і червоно-бурого – із глікогеном.

Із кожної пробірки взяти по 1 мл рідин і перенести в нові дві пробірки, куди додати по 1 мл 10-відсоткового розчину NaOH. Спостерігати знебарвлення в кожній пробірці.

Розчини, що залишились у перших двох пробірках, у яких спочатку виникло забарвлення, нагріти на водяній бані. Спостерігати зникнення забарвлення, яке знову з'являється під час охолодження. Зробити висновок.

Дослід 4. Виконання реакції гідролізу крохмалю.

У дві пробірки вмістити по 5 мл 1-відсоткового розчину крохмалю. У першу пробірку внести 2-3 краплі HCl (концентрованої) та кип'ятити її на водяній бані 15 хвилин. Друга пробірка – контрольна.

Далі в обидві пробірки прилити по 2 мл 15-відсоткового розчину NaOH та по 5 крапель 1-відсоткового розчину CuSO_4 і нагріти (здійснити реакцію Троммера).

У пробірці, де здійснювався гідроліз крохмалю під дією HCl при нагріванні спостерігати утворення червоного осаду Cu_2O (реакція Троммера позитивна), а у контрольній пробірці такий осад не утворюється (реакція Троммера негативна). Зробити висновок.

Контрольні запитання та завдання

1. Дати визначення поняття «вуглеводи».
2. Навести класифікацію вуглеводів.
3. Пояснити біологічне значення вуглеводів.
4. Охарактеризувати основні фізичні властивості моносахаридів.
5. Які з вуглеводів підлягають гідролізу? Навести схему процесу.
6. Який вуглевод відкладається в печінці при надмірній кількості глюкози в організмі?
7. За допомогою якого реактиву можна довести експериментально наявність у молекулі глюкози альдегідної і спиртових груп?
8. Який об'єм карбон(IV) оксиду і яка маса етанолу утвориться внаслідок спиртового бродіння глюкози кількістю речовини 7 моль.
9. Розрахувати масові частки елементів, які входять до складу глюкози.
10. Яку масу води необхідно взяти для приготування 200 г розчину сахарози з масовою часткою 5 %?

Лабораторна робота № 10 ВЛАСТИВОСТІ ЛІПІДІВ

Мета роботи: ознайомитися із властивостями ліпідів та вивчити їх склад.

Теоретична частина

Ліпіди – це численна група природних органічних сполук, які містяться в клітинах живих організмів. Вони нерозчинні у воді, але розчинні в неполярних розчинниках (вуглеводнях, етерах, хлороформі та ін.). До ліпідів належать жири та жироподібні речовини рослинного та тваринного походження. По відношенню до дії гідролізуючих реагентів ліпіди поділяють на омилювані (прості – жири, віск; складні – фосfolіпіди, гліколіпіди) та неомилювані (ізопреноїди, простагландини). Омилювані поділяють на прості ліпіди, гідроліз яких призводить до суміші спиртів та кислот, а також складні, гідроліз яких призводить до утворення крім спиртів і карбонових кислот, також фосфатної кислоти, моно- або олігосахаридів.

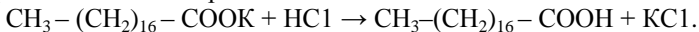
Найбільш поширеними з усіх ліпідів і кількісно превалюючими в тваринних організмах є жири. Жири – це суміш гліцеридів із різною структурою, але з загальними властивостями (нерозчинність у воді, екстракція органічними розчинниками) та біологічними функціями.

Жири (тригліцериди) – це естери гліцерину і різних вищих жирних кислот (ВЖК). Частіше за все до складу жирів входять насичені кислоти – пальмітинова ($C_{15}H_{31}COOH$) та стеаринова ($C_{17}H_{35}COOH$), а з ненасичених – олеїнова ($C_{17}H_{33}COOH$), лінолева ($C_{17}H_{31}COOH$) та ліноленова ($C_{17}H_{29}COOH$).

Жири, багаті залишками ненасичених кислот, як і самі ненасичені кислоти, можуть приєднувати галогени, водень (гідрогенізуватися) та кисень (утворювати оксикислоти). Жири рослинного походження містять більшу кількість залишків ненасичених жирних кислот, ніж жири тваринного походження. Різний ступінь ненасиченості ліпідів може бути виявлений на прикладі насичення бромом вершкового масла або соняшникової олії.

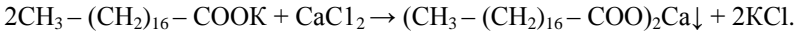
При лужному гідролізі жирів (омиленні) утворюються мила. Для одержання твердого мила виділену суміш ВЖК нейтралізують содою ($NaHCO_3$), а при нейтралізації K_2CO_3 утворюється рідке мило.

При додаванні до мила концентрованої хлоридної кислоти утворюються вільні жирні кислоти:



Вони нерозчинні у воді й накопичуються у верхній частині вмісту посуду.

При додаванні до розчину калієвого мила солей кальцію утворюються нерозчинні солі жирних кислот (кальцієві мила):



Практична частина

Дослід 1. Виявлення ненасиченості ліпідів.

В одну пробірку внести 1 мл розчину соняшникової олії у хлороформі, у другу – 1 мл вершкового масла у хлороформі. Потім у кожен пробірку додати по краплях бромну воду до припинення знебарвлення. Зафіксувати кількість бромної води, яку додано в кожен з пробірок. Зробити висновок.

Дослід 2. Утворення вільних жирних кислот.

У пробірку внести 2 мл розчину калієвого мила, потім додати 0,5 мл $\text{HCl}_{\text{конц}}$. Зробити висновок та записати свої спостереження.

Дослід 3. Утворення нерозчинних кальцієвих мил.

У пробірку внести 2 мл розчину калієвого мила та додати 1 мл CaCl_2 . Записати свої спостереження, зробити висновок та написати рівняння відповідної реакції.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке ліпіди, жири, ліпоїди?
2. Які форми жиру розрізняють в організмі?
3. Вказати на відмінності в структурі та властивостях насичених і ненасичених кислот. Навести приклади.
4. Дати визначення фосfolіпідів.
5. Написати загальну формулу нейтрального жиру.
6. Яка класифікація ліпідів?
7. Чим відрізняються рослинні жири від тваринних?
8. Який енергетичний баланс окиснення ліпідів?
9. Розрахувати масу натрій гідроксиду, яку необхідно взяти при гідролізі тристеарину, щоб одержати стеарат натрію масою 15,3 г.
10. Обчислити масу жиру, витраченого на добування 23 г гліцерину, якщо вважати, що жир – чистий тристеарин, і при гідролізі розкладається лише на 75 %.

Лабораторна робота № 11 ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ

Мета роботи: ознайомлення з методами якісного визначення та процесами осадження білків.

Теоретична частина

Білки – це високомолекулярні нітрогеновмісні органічні сполуки, які складаються із залишків амінокислот, що зв'язані між собою пептидними зв'язками. Зміна числа амінокислотних залишків та послідовності їх розташування в молекулі білка забезпечує можливість утворення великої кількості білків, які розрізняються своїми фізико-хімічними властивостями, будовою та функціями.

Білки (поліпептиди), а також амінокислоти, які здатні утворювати не менше двох пептидних зв'язків ($-\text{CO}-\text{NH}-$), у лужному середовищі за наявності купрум(II) сульфату утворюють комплекси з атомами міді, які набувають фіолетового кольору (біуретова реакція). Цю реакцію використовують для їх якісного визначення.

Завдяки карбоксильним (кислотним) та аміно- (основним) групам молекула білка має амфотерні властивості. При певній реакції середовища кислотні та лужні радикали білкових молекул нейтралізуються, молекула стає нейтральною. Ця величина рН реакції є ізоелектричною точкою білка. Завдяки великим розмірам молекул білки утворюють у воді колоїдні розчини, стійкість яких залежить від наявності в молекулі білка гідратних оболонок та певного електричного заряду.

При руйнуванні гідратних оболонок білкових молекул (при дії водовіднімаючих речовин: концентрованих розчинів солей лужних металів, ацетону, спирту та ін.) розчинність білків знижується, вони випадають в осад, відбувається руйнування колоїдної системи.

При нагріванні та дії солей важких металів білки зсідаються, утворюються осад, які неспроможні до зворотного розчинення. В основі такого незворотного явища – денатурації білка – лежить руйнування його вторинної, третинної та четвертинної структур. Для різних білків температура їх коагуляції неоднакова. Деякі білки коагулюють при 50-55 °С, а інші можуть витримувати нетривале кип'ятіння. Механізм температурної коагуляції та денатурації білків пов'язаний із перебудовою структури макромолекул білка, зокрема колоїдні частинки білка під впливом підвищеної температури з гідрофільних стають гідрофобними. Відбувається глибока та

незворотна зміна вторинної та первинної будови молекул білка. Швидкість коагуляції залежить від наявності в розчині йонів солей та йонів водню.

У дуже кислих та лужних розчинах білки не випадають в осад при нагріванні. При додаванні до кислих розчинів білків нейтральних солей можлива коагуляція.

Під впливом йонів солей важких металів (свинцю, міді, срібла, ртуті та ін.) розчини білків незворотно коагулюють у гель. При цьому частинки дисперсної фази за рахунок значних сил міжмолекулярної взаємодії утворюють у дисперсійному середовищі просторові сітки чи каркаси (структури), тобто розчин білка втрачає стійкість. Йони солей важких металів із білками утворюють міцні комплексні сполуки. При осадженні білків солями важких металів потрібні розведені розчини солей та невелика кількість їх, порівняно із солями нейтральних і лужних металів.

При надлишку плюмбум(II) ацетату ($Pb(CH_3COO)_2$), купрум(II) сульфату ($CuSO_4$) спостерігається розчинність утвореного ними осаду. Таке явище можна пояснити адсорбцією надлишку йонів металу та перезарядженням білкового комплексу.

Важливою властивістю білків є їх розчинність у воді, водно-сольових розчинах та у водних розчинах полярних розчинників. Більшість органічних розчинників (спирт, ацетон, етер, хлороформ) осаджують білки з нейтральних і слабкокислих розчинів. Дія органічних розчинників полягає у зв'язуванні молекул води й дегідратації частинок білка, а також у зменшенні діелектричної сталої водних розчинів та йонізації білків, унаслідок чого знижується їх стійкість у розчинах. Якщо в розчині білка є солі, то осад утворюється швидше й повніше. Йони солі зв'язуються колоїдними частинками білка й зменшують їх заряд, що ще більше знижує стійкість білка в розчині. Коли осадження проводити на холоді й одержаний осад швидко відокремити від спирту, то білок може бути знову розчинений у воді. При тривалому перебуванні в спирті відбувається денатурація білка.

Практична частина

Дослід 1. Виконання біуретової реакції на пептидні зв'язки.

а) У пробірку внести 3 мл 0,01-відсоткового водного розчину аспарагіну, 1 мл 10-відсоткового розчину NaOH та 1-2 краплі 10-відсоткового розчину $CuSO_4$, усе перемішати. Якого кольору набуває вміст пробірки? Зробити висновок та записати свої спостереження.

б) У колбу внести 3 мл 1-відсоткового розчину яєчного білка, 1 мл 10-відсоткового розчину NaOH та 1-2 краплі 1-відсоткового розчину

CuSO_4 , усе перемішати. Якого кольору набуває вміст пробірки? Зробити висновок та записати свої спостереження.

Дослід 2. Осадження білків кип'ятінням.

У 5 пробірок налити по 2 мл розчину яєчного білка. Нагріти вміст першої пробірки. Спостерігати поступове випадіння білка в осад.

У другу пробірку додати одну краплю 1-відсоткової ацетатної кислоти та нагріти. Осад білка випадає швидше й повніше, оскільки білок в цьому випадку знаходиться в ізоелектричній точці.

У третю пробірку додати 0,5 мл 10-відсоткової ацетатної кислоти та нагріти. Осад білка не утворюється навіть при кип'ятінні.

У четверту пробірку додати 0,5 мл 10-відсоткової ацетатної кислоти та 3-4 краплі насиченого розчину натрій хлориду та нагріти. Утворюється осад білка.

У п'яту пробірку додати 0,5 мл 10-відсоткового NaOH та нагріти. Осад білка не утворюється навіть при кип'ятінні.

Результати спостережень занести до таблиці. Зробити висновки та заповнити таблицю.

Таблиця 5

Нейтральне середовище	Слабко кисле середовище (1-відсотковий розчин CH_3COOH)	Кисле середовище (10-відсотковий розчин CH_3COOH)	Кисле середовище + сіль (10-відсотковий $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$)	Лужне середовище (10-відсотковий розчин NaOH)

Дослід 3. Осадження білків іонами важких металів.

У три пробірки налити по 1-2 мл розчину яєчного білка. Додати по краплях у першу – розчин плюмбум(II) ацетату ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$), у другу – купрум(II) сульфату (CuSO_4), у третю – аргентум(I) нітрату (AgNO_3). Записати спостереження.

У пробірку з осадом від плюмбум(II) ацетату і купрум(II) сульфату додати надлишок цих солей. Спостерігати при цьому розчинність осадів. Зробити висновок та записати свої спостереження.

Дослід 4. Осадження білків органічними розчинниками.

У пробірку налити 1 мл 1-відсоткового розчину яєчного білка, 1 мл ацетону або спирту. Додати до пробірки декілька крапель NaCl . Записати спостереження та зробити висновок.

Контрольні запитання та завдання

1. Чому амінокислоти мають амфотерні властивості?
2. Що таке пептидний зв'язок?
3. Що розуміють під первинною структурою білка?

Біохімія та біохімія спорту

4. Які види взаємодій підтримують третинну структуру білкової молекули?
5. Назвати біологічні функції білків.
6. Які основні фізико-хімічні властивості білків?
7. Що таке денатурація білка? Чим вона може бути зумовлена?
8. Які речовини утворюються при гідролізі білків?
9. Білок містить 0,8 % цистеїну $\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\substack{| \\ \text{NH}_2}}{\text{CH}}-\text{COOH}$.

Розрахувати мінімальну молекулярну масу цього білка.

10. Гемоглобін містить 0,34 % феруму. Розрахувати мінімальну молекулярну масу гемоглобіну.

Лабораторна робота № 12

ЯКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВІТАМІНІВ ТА ВЛАСТИВОСТІ ГОРМОНІВ

Мета роботи: отримати уявлення про визначення якісного складу вітамінів та природи гормонів на прикладі інсуліну.

Теоретична частина

Вітаміни – це група низькомолекулярних органічних речовин, які потрібні для нормальної фізіологічної діяльності живого організму. Вони входять до складу простетичних груп багатьох ферментів і виконують каталітичні функції, справляючи значний вплив на ріст, розвиток, продуктивність та здоров'я людини.

Більшість вітамінів в організмі не синтезується або утворюється в таких кількостях, які не забезпечують потреби організму.

Якщо їжа не містить вітамінів, виникають глибокі порушення в процесах обміну речовин, що веде до захворювань, які називаються авітамінозами, якщо вітамінів не вистачає в раціоні – гіповітамінозами. Вони можуть призвести до загибелі організму.

За фізико-хімічними властивостями вітаміни розподіляють на дві групи: вітаміни, які розчиняються в жирах (жиророзчинні) – А, D, E, K, F, та вітаміни, які розчиняються у воді (водорозчинні) – В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₁₂, Н, РР, С, Р.

Відповідно до специфічної будови вітамінів існують реакції їх якісного визначення.

Вітамін А (ретинол) є ненасиченим циклічним одноатомним спиртом, який легко окиснюється з утворенням альдегіду. Його емпірична формула – С₂₀Н₃₀О. У молекулі ретинолу наявні подвійні зв'язки >C=C<, які визначають його окисно-відновні та інші властивості.

При взаємодії розчину риб'ячого жиру в хлороформі, що містить вітамін А, із концентрованою сульфатною кислотою розвивається червоно-буре забарвлення суміші. Імовірно, що в основі цієї реакції лежить здатність сульфатної кислоти руйнувати гідратну оболонку, унаслідок чого з кількох молекул вітаміну утворюється комплекс, який має характерне забарвлення.

Вітамін В₁ (тіамін) є гетероциклічною сполукою, яка містить аміногрупу NH₂⁻, сульфур >S та гідроксидну групу OH⁻.

Розчин тіаміну при додаванні до нього діазореактиву та розчину луку набуває оранжевого або червоного кольору, що пов'язано з

утворенням складної сполуки тіаміну з діазобензолсульфо кислотою.

Вітамін С є ненасиченою гексозою. При дії ферментів він легко окиснюється, віддає атом Гідрогену та перетворюється на дегідроксиаскорбінову кислоту. Цей процес запобігає руйнуванню аскорбінової кислоти та виведенню її з організму. Вітамін С також бере участь в окисно-відновних реакціях тканинного дихання.

Аскорбінова кислота є активним відновником. Так, при взаємодії з калій гексоціанофератом(III) ($K_3[Fe(CN)_6]$) (цю сполуку іноді називають червоною кров'яною сіллю) утворюється калій гексоціаноферат(II) (жовта кров'яна сіль, $K_4[Fe(CN)_6]$), який із йонами Fe(II) дає комплексну сіль $Fe_2[Fe(CN)_6]_3$ синього кольору.

Так само, як і вітаміни, гормони також регулюють метаболізм в організмі людини через ферменти. До гормонів білкової природи належить інсулін. Гормон інсулін – це білок, що складається з 53 амінокислот, які розташовані у двох поліпептидних ланцюгах. Він синтезується в підшлунковій залозі, але дія його короточасна, після чого інсулін швидко руйнується під впливом ферменту печінки – інсулінази. Гормон впливає на обмін вуглеводів, що проявляється зниженням рівня глюкози в крові (гіпоглікемічний ефект). Інсулін полегшує перехід глюкози з крові до клітин, покращує проникність клітинних мембран та активує подальший розпад глюкози. Він також затримує діяльність ферментів, що розщеплюють глікоген у печінці та стимулює процеси синтезу глікогену, жирів та білків й покращує забезпечення клітин енергією. Оскільки інсулін має білкову природу, він дає ряд реакцій, що є специфічними для білків.

Практична частина

Дослід 1. Якісні реакції на вітамін А (ретинол).

У пробірку налити 1 мл розчину риб'ячого жиру та 1-2 мл концентрованої сульфатної кислоти (H_2SO_4). При наявності вітаміну А з'являється синій колір, який змінюється на фіолетовий, а потім на червоно-бурий. Записати результати спостережень.

Дослід 2. Якісна реакція на вітамін В₁ (тіамін).

У пробірку налити 1 мл 1-відсоткового розчину сульфанілової кислоти та 1 мл 5-відсоткового розчину натрій нітрату. Утворюється діазореактив. До нього в пробірку внести 0,5 мл 5-відсоткового розчину тіаміну та по стінці пробірки обережно долити 1 мл 10-відсоткового розчину Na_2CO_3 . На межі двох рідин з'являється кільце оранжевого або червоного кольору. Записати результати спостережень та висновок про присутність вітаміну В₁.

Дослід 3. Якісна реакція на вітамін С (аскорбінову кислоту).

У першу пробірку долити 2 мл розчину вітаміну С (сік капусти, яблука та ін.), у другу – дистильовану воду. В обидві пробірки додати декілька крапель 4,5-відсоткового розчину червоної кров'яної солі ($K_3[Fe(CN)_6]$) і по декілька крапель 1-відсоткового розчину ферум(II) хлориду ($FeCl_2$). За наявності вітаміну С поступово з'являється темно-синій осад. У другій пробірці забарвлення буде цегляне. Зробити висновок про властивості вітаміну С як антиоксиданту.

Дослід 4. Вивчення реакцій, які підтверджують білкову природу гормону інсуліну.

а) Реакція з розведеним розчином NaOH.

У пробірку внести 1-2 мл розчину інсуліну, потім додати по краплях 0,1-відсотковий розчин NaOH. Випадає осад у вигляді пластівців, який розчиняється при додаванні декількох крапель розчину CH_3COOH .

б) Осадження інсуліну сульфосаліциловою кислотою.

У пробірку внести 1 мл розчину інсуліну, потім додати 3-5 крапель розчину сульфосаліцилової кислоти. Випадає осад. Записати свої спостереження та зробити висновок про білкову природу інсуліну.

Контрольні питання та завдання

1. Що таке вітаміни? Чому вітаміни є невід'ємною частиною харчового раціону людини?
2. Яка потреба організму у вітамінах, від чого вона залежить?
3. За якою ознакою класифікують вітаміни? Перелічити основні вітаміни.
4. Які стани організму спостерігаються залежно від забезпечення вітамінами?
5. Навести приклади жиророзчинних вітамінів та пояснити їх значення в регуляції обміну речовин.
6. Навести приклади водорозчинних вітамінів та пояснити їх значення в регуляції обміну речовин.
7. Вказати біологічне значення вітамінів А, D, Е, С та групи В для організму.
8. Перелічити харчові джерела вітамінів.
9. Чому спортсменам при виконанні фізичних навантажень потрібно збільшувати норму вживання вітамінів?
10. У чому подібні та чим розрізняються гормони та вітаміни?

Лабораторна робота № 13

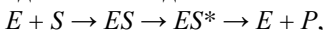
ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТІВ

Мета роботи: вивчити основні властивості ферментів як біологічних каталізаторів та фактори, які впливають на їхню активність.

Теоретична частина

Ферменти (ензими) – це білкові каталізатори, що прискорюють хімічні реакції в клітині. Для кожного ферменту характерна особлива ділянка, яка безпосередньо взаємодіє із субстратом і називається його активним центром. Крім активного, деякі ферменти (в основному регуляторні) мають ще алостеричний центр, який зв'язується з регуляторними ефекторами і, впливаючи на конформацію активного центру, змінює його активність.

Ферментативна активність залежить від низки факторів: концентрації ферменту й субстрату (швидкість ферментативної реакції збільшується зі збільшенням кількості ферменту при високій концентрації субстрату), температури, рН середовища та наявності інгібіторів або активаторів (для ферментів характерна регуляція специфічними низькомолекулярними речовинами та йонами металів). Механізм дії ферментів полягає в утворенні фермент-субстратного комплексу, який проходить такі стадії:



де E – фермент, S – субстрат, ES – фермент-субстратний комплекс, ES^* – активований фермент-субстратний комплекс, P – продукти реакції.

Із підвищенням температури на кожні $10\text{ }^\circ\text{C}$ швидкість ферментативної реакції може зростати у два рази. Кожний фермент має свій температурний оптимум, при якому його активність максимальна. Для більшості з них оптимальна наближається до температури тіла $37\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$.

Швидкість розщеплення крохмалю під дією амілази залежить від температури і визначається за інтенсивністю забарвлення розчину крохмалю або продуктів його перетворення з йодом. При $100\text{ }^\circ\text{C}$ фермент інактивується і гідроліз не відбувається, при цьому розчин набуває синього кольору.

Концентрація водневих йонів теж діє на активний центр ферментів, на ступінь його йонізації, а також на ступінь йонізації субстрату та фермент-субстратного комплексу. Це впливає на структуру, стан ферменту та швидкість реакції. Для кожного ферменту існує

оптимальне значення рН, незначні відхилення від якого сповільнюють або гальмують дію ферменту.

Наприклад, оптимальне значення рН активності ферменту амілази дорівнює 6,8. Вплив значення рН на активність амілази вивчають за допомогою методу, який ґрунтується на здатності крохмалю під час взаємодії з йодом давати синє забарвлення. Продукт розщеплення крохмалю – мальтоза – з йодом забарвлення не дає, і її можна виявити, використовуючи пробу Троммера.

Практична частина

Дослід 1. Вплив температури на активність ферментів.

У чотири пробірки налити по 5 мл 1-відсоткового розчину крохмалю. Першу пробірку помістити на водяну баню (при $t = 100^{\circ}\text{C}$), другу – у термостат із температурою 40°C , третю залишити при кімнатній температурі, четверту поставити на лід.

Через 10-15 хвилин в усі пробірки додати по 1 мл розчину слини, перемішати скляною паличкою та залишити за тих самих умов.

Гідроліз крохмалю контролювати реакцією з йодом (розчин йоду в калій йодиді). Залежно від ступеня гідролізу, на який впливає температура, розчин йоду набуває різного забарвлення. При $38-40^{\circ}\text{C}$ розчин йоду набуває жовтого забарвлення, а при кімнатній температурі та при 0°C – червоного й фіолетово-червоного.

За зміною забарвлення розчину крохмалю з йодом зробити висновок про ступінь гідролізу в кожній із пробірок та заповнити табл. 6.

Таблиця 6

№ проби	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Забарвлення розчину	Висновок
1	100°C		
2	40°C		
3	25°C		
4	0°C		

Дослід 2. Вивчення впливу рН на активність ферменту.

Прополоскати рот 5 мл дистильованої води й виплюнути цю воду. Ополоснути рот дистильованою водою об'ємом 10 мл протягом 1 хвилини, потім цю воду зібрати в пробірку. Довести об'єм зібраного розчину слинної амілази до 20 мл дистильованою водою.

У три пробірки відповідно помістити по 2 мл розчинів $0,01\text{ M HCl}$, $0,01\text{ M NaOH}$ та H_2O .

У кожну пробірку додати по 5 мл розчину крохмалю та 1 мл розведеної слини, перемішати й помістити їх на водяну баню з

Біохімія та біохімія спорту

температурою 37°C на 10 хвилин.

Після інкубації вміст кожної пробірки поділити порівну. До перших фракцій додати по 3-5 крапель розчину йоду в калій йодиді та спостерігати за зміною забарвлення. Із фракціями, що залишилися, провести пробу Троммера.

Результати спостережень занести до таблиці 7.

Таблиця 7

Середовище	pH середовища	Забарвлення розчину	Висновок
1 мл 0,01 м HCl			
1 мл H ₂ O			
1 мл 0,01 м NaOH			

Контрольні запитання та завдання

1. Пояснити роль ферментів у процесі життєдіяльності.
2. Перелічити фактори, від яких залежить швидкість ферментативної реакції.
3. Пояснити особливості дії ферментів як біологічних каталізаторів.
4. Пояснити механізм дії ферментів.
5. На чому заснована класифікація ферментів? Навести приклади ферментів із різних класів.
6. Перелічити та пояснити активатори та інгібітори ферментативних процесів.
7. Як називаються ферменти, що каталізують внутрішньо-молекулярний переніс груп?
8. Як називається частина молекул ферменту, яка відповідає за приєднання речовини та за здійснення ферментативного каталізу?
9. Розрахувати молекулярну масу сукцинатдегідрогенази, до складу якої входять 8 атомів Феруму, якщо їх масова частка складає 0,56 %.
10. Заповнити таблицю.

Таблиця 8

Відмінності між неорганічними каталізаторами та ферментами

Показник	Неорганічні каталізатори	Ферменти
Хімічна природа		
Специфічність		
Оптимум температури		
Оптимум pH		
Тиск		
Зміна структури каталізатора під час реакції		
Збільшення швидкості		

Лабораторна робота № 14

ОБМІН ВУГЛЕВОДІВ

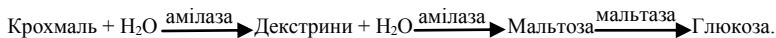
Мета роботи: дослідити гідролітичне розщеплення вуглеводів; порівняти дію неорганічних каталізаторів і ферментів у процесі гідролізу вуглеводів.

Теоретична частина

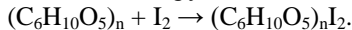
Вуглеводи є основним джерелом енергії, що надходять в організм людини, головним чином, із продуктами рослинного походження: борошном, крупами, картоплею та ін. Людина повинна одержувати на добу не менше 500 г вуглеводів. До найбільш поширених представників вуглеводів належать полісахариди – крохмаль, клітковина та глікоген, дисахариди – мальтоза, сахароза, лактоза, моносахариди – глюкоза, фруктоза, галактоза.

Гідролітичне розщеплення (гідроліз) вуглеводів – крохмалю та глікогену починається в ротовій порожнині під впливом ферментів слини – амілази та мальтази. Оптимум дії цих ферментів лежить у нейтральному та слабколужному середовищі. Тому в шлунку розщеплення практично припиняється, оскільки шлунковий сік має кислу реакцію (рН 1,5-2,5).

У дванадцятипалій кишці й у порожнині тонкої кишки під дією ферментів підшлункової залози і кишкового соку відбувається завершальне розщеплення вуглеводів до моносахаридів. Сік підшлункової залози має лужну реакцію та нейтралізує хлоридну кислоту, яка надходить зі шлунка, а натрій хлорид, що утворюється при цьому, активізує дію амілази. Гідроліз крохмалю під дією ферментів проходить через стадію утворення декстринів – продуктів його неглибокого розщеплення та здійснюється за такою схемою:



У разі взаємодії крохмалю з йодом утворюються комплексні адсорбційні сполуки синього кольору за схемою:



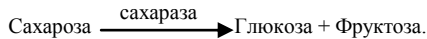
Відсутність кольору при цьому вказує на утворення мальтози або глюкози.

Крохмаль може розщеплюватися до глюкози також при гідролізі з кип'ятінням за наявності концентрованих мінеральних кислот – сульфатної та хлоридної, які в цьому випадку є неорганічними каталізаторами, за такою схемою:



Глюкозу, що утворюється в цьому процесі, можна виявити за допомогою реакції Троммера [8].

Розщеплення дисахаридів – мальтози, сахарози та лактози – відбувається в тонкому кишечнику за участю ферментів мальтази, сахарази та лактази, які виділяються слизовою оболонкою кишечника. Фермент сахараза каталізує гідроліз сахарози до глюкози та фруктози за схемою:



Моносахариди, які при цьому утворюються, також визначають за допомогою реакції Троммера. Далі моносахариди всмоктуються стінками кишок та через капіляри кишкових ворсинок надходять у кров'яне русло. Із током крові вони потрапляють у печінку й інші органи та тканини, де з глюкози синтезується глікоген, утворюються жироподібні речовини, а також відбувається її окиснення.

Практична частина

Дослід 1. Ферментативний гідроліз крохмалю.

У дві пробірки внести 5 мл крохмального клейстеру. В одну з них додати 0,5 мл розчину слини, що містить амілазу, добре перемішати та залишити на 15 хвилин.

Потім у дві пробірки додати по 5 крапель розчину Люголю (0,1-відсотковий розчин I_2 у 0,2-відсотковому розчині KI). У пробірці з амілазою слини розчин поступово знебарвлюється. У пробірці, у якій не було амілази, розчин кольору не змінює, тобто залишається синьо-фіолетовим. Пояснити це явище. Навести схему ферментативного гідролізу крохмалю.

Дослід 2. Кислотний гідроліз крохмалю.

У дві пробірки вмістити по 5 мл 1-відсоткового розчину крохмалю. У першу додати 2-3 краплі розчину концентрованої хлоридної кислоти та кип'ятити її на водяній бані 15 хвилин. Друга пробірка – контрольна.

Потім в обидві пробірки налити по 2 мл 15-відсоткового розчину NaOH та по 5 крапель 1-відсоткового розчину CuSO_4 і нагріти. У пробірці, де здійснювався гідроліз крохмалю за наявності HCl при нагріванні, спостерігається утворення червоного осаду Cu_2O (тобто реакція Троммера позитивна), а в контрольній пробірці такий осад не спостерігається. Зробити висновок про продукти реакції. Навести

схему кислотного гідролізу крохмалю та написати рівняння реакції Троммера.

Дослід 3. Ферментативний гідроліз сахарози.

У дві пробірки налити по 1 мл ферменту сахарази. Уміст однієї з них (контрольний дослід) прокип'ятити 3 хвилини для руйнування сахарази. Після її охолодження в обидві пробірки налити по 3 мл розчину сахарози, перемішати та поставити в термостат (на водяну баню) при температурі 38 °С. Через 15 хвилин із розчинами в пробірках здійснити реакцію Троммера. Зробити висновок про речовини, які утворюються.

Контрольні запитання та завдання

1. Під дією яких ферментів ШКТ відбувається розщеплення полісахаридів та дисахаридів?
2. Навести рівняння гідролізу крохмалю, сахарози та мальтози.
3. Чому в шлунку припиняється розщеплення крохмалю амілазою слини?
4. Який процес називається глікогенолізом і в чому його відмінність від процесу гліколізу?
5. Навести кінцеві продукти гідролізу лактози.
6. Чому процес розпаду глюкози до молочної кислоти називається анаеробним процесом?
7. Молекула мальтози складається із залишків молекул:
 - а) глюкози та фруктози;
 - б) глюкози та рибози;
 - в) двох молекул фруктози;
 - г) двох молекул глюкози.
8. Назвати ферменти, під дією яких відбувається розщеплення вуглеводів у ШКТ:
 - а) мальтаза;
 - б) крохмаль;
 - в) амілаза;
 - г) амінокислота.
9. Який об'єм карбон(IV) оксиду і яка маса етанолу утвориться внаслідок спиртового бродіння глюкози кількістю речовини 7 моль.
10. Обчислити масову частку сахарози в розчині, виготовленому з 5 г сахарози і 145 мл води ($\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/см}^3$).

Лабораторна робота № 15

ОБМІН ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТІВ РОЗЩЕПЛЕННЯ ЛІПІДІВ

Мета роботи: поглибити знання про участь ліпідів у процесах метаболізму та з'ясувати механізм їх ферментативного розщеплення.

Теоретична частина

Завдяки структурній різноманітності ліпідів існує багато способів їх розщеплення та синтезу. Розщеплення жирів до структурних мономерів – гліцерину, жирних кислот та інших складових, які всмоктуються слизовою оболонкою кишок, відбувається за допомогою ферментів – ліпаз. У шлунку перетравлюється лише 3-5 % жирів, оскільки реакція середовища кисла ($\text{pH} = 1,5 \dots 2,5$), у той час як оптимум дії ліпази – це $\text{pH} = 7,8 \dots 8,1$. Основним місцем перетравлювання жирів є дванадцятипала кишка і відділи тонкої кишки. Оскільки ліпази водорозчинні, то необхідно умово гідролітичного розщеплення нерозчинних у воді жирів є їхне диспергування з утворенням тонкої емульсії (емульгування). Диспергування й емульгування жиру відбувається в результаті дії декількох речовин: жовчних кислот, вільних вищих жирних кислот, моно- і дигліцеридів, білків. Гідролітичне розщеплення жирів і жироподібних речовин відбувається в кишечнику під впливом ліпази підшлункової залози, яка виділяється в малоактивній формі й активується жовчю. При чому жовч не лише активує ліпазу завдяки лужному характеру та сприяє емульгуванню жирів, а також підвищує проникність стінок кишок, утворюючи комплексні водорозчинні сполуки з вищими жирними кислотами (нерозчинними у воді) для їх подальшого транспортування. До складу жовчі входять жовчні кислоти, які утворюються в печінці і виділяються з жовчю у вільному стані, до того ж, вони мають властивості поверхнево-активних речовин.

Ці властивості зумовлюють виникнення стійкої емульсії при збовтуванні жиру з розчином жовчі, білка, мила або соди. При цьому в поверхневий водний шар, що оточує жирові краплі, спрямовуються поверхнево-активні частинки жовчних кислот, білка, мила, які охоплюють крапельки жиру та перешкоджають їхньому злиттю. Емульгування жиру содою пояснюється утворенням мила в результаті взаємодії натрій карбонату з наявними в жирі вільними жирними кислотами.

Якщо до розчину жовчі або жовчних кислот додати розчин сахарози та суміш підшарувати концентрованою сульфатною кислотою, то на межі двох рідин з'являється червоне кільце. Під час реакції виникають забарвлені продукти конденсації жовчних кислот із фурфуролом, який утворюється із сахарози (а саме із фруктози) при дії концентрованої сульфатної кислоти.

Під дією ліпази нейтральний жир гідролітично розщеплюється на гліцерин і жирні кислоти. Лецитин під дією фосфоліпаз панкреатичного та кишкового соку гідролітично розпадається на гліцерин, жирні кислоти, фосфорну кислоту та холін. Холестериди під впливом ферменту холестеролестерази розпадаються на холестерин і жирну кислоту.

Якщо до молока додати витяжку з панкреатичної залози, яка містить фермент ліпазу, у лужному середовищі (при додаванні соди) за наявності фенолфталеїну до його слабко-рожевого забарвлення, то через певний час рожевий колір рідини зникне. Це зумовлено утворенням вільних жирних кислот, які нейтралізують доданий луг і викликають знебарвлення фенолфталеїну.

Усмоктування продуктів розщеплення жиру та жироподібних речовин відбувається в кишечнику. Гліцерин добре розчинний у воді та легко всмоктується стінками кишок. Жирні кислоти, навпаки, нерозчинні у воді та всмоктуються лише у вигляді розчинних холейнових кислот – комплексних сполук жирних кислот із жовчними кислотами. У клітинах слизової оболонки кишечника холейнові кислоти знову розпадаються на жовчні та жирні кислоти. З яких і синтезується жир, специфічний для певного організму. Із клітин кишечника утворений жир надходить переважно в лімфатичну систему, частина ж усмоктується безпосередньо в кров (близько 30 %). Жирова емульсія потрапляє через грудну лімфатичну протоку в русло крові та розноситься по всьому організму. Далі гліцерин і жирні кислоти окиснюються в тканинах до CO_2 і H_2O , а хімічна енергія, яка при цьому вивільнюється, використовується для виконання різноманітних фізіологічних функцій та підтримки температури тіла.

Практична частина

Дослід 1. Емульгування жиру.

У п'ять пробірок внести по 20 крапель: у першу – дистильованої води, у другу – жовчі, розведеної вдвічі, у третю – 1-відсоткового розчину яєчного білка, у четверту – 1-відсоткового розчину мила, у п'яту – 1-відсоткового розчину натрій карбонату. У кожену пробірку додати по 2 краплі рослинної олії та ретельно перемішати. У всіх

Біохімія та біохімія спорту

пробірках, крім першої, утворюється стійка емульсія. Пояснити це явище. Результат роботи зафіксувати в таблиці 8. Ступінь емульгування позначити знаками «+» і «-». Зробити висновок.

Таблиця 8

Емульгування жирів

	Вода	Жовч	Білок	Мило	Сода
Рослинна олія					

Дослід 2. Реакція на жовчні кислоти (фурфуролова реакція).

У пробірку прилити 10 крапель розведеного (1:2) розчину жовчі, додати 1 краплю 5-відсоткового розчину сахарози й обережно, по стінці пробірки, нахиленої під кутом 45°, долити рівний об'єм концентрованої сульфатної кислоти. На межі двох шарів рідини з'являється червоне кільце. Пояснити спостережене явище. Зробити висновок.

Дослід 3. Ферментативне розщеплення жиру.

У дві пробірки налити по 20 крапель кип'яченого молока, розведеного 1:1. В одну пробірку додати 2-3 краплі витяжки з панкреатичної залози, в іншу – 2-3 краплі тієї ж витяжки, але попередньо прокип'яченої й охолодженої. У кожную пробірку додати по 1 краплі фенолфталеїну і декілька крапель 10-відсоткового розчину натрій карбонату до появи слабо рожевого забарвлення однакової інтенсивності. Обидві пробірки помістити на водяну баню на 10-15 хвилин при температурі 38-40 °С. Рідина в пробі з активною ліпазою знебарвлюється, у пробі із прокип'яченою витяжкою залишається без зміни. Результати роботи зафіксувати в таблиці 9. Зробити висновок про дію ферменту.

Таблиця 9

Дія ліпази на жири

Фермент (вихідний матеріал)	Субстрат (найменування продукту)	Забарвлення рідини з фенолфталеїном за наявності Na ₂ CO ₃	
		вихідна	кінцева

Контрольні запитання та завдання

1. Під дією яких ферментів ШКТ відбувається розщеплення жирів та ліпідів?
2. Написати реакцію гідролізу триолеїну.
3. Яка роль жовчних кислот у перетравлюванні ліпідів?
4. Яким шляхом транспортується жир від стінки кишечника до тканин?

5. Які тканини є жировими депо?
6. Навести схему гідролізу тристеарину.
7. Розщеплення ліпідів відбувається в:
 - а) ротовій порожнині;
 - б) шлунку;
 - в) тонкому кишечнику;
 - г) товстому кишечнику?
8. Жири – це:
 - а) дипептиди;
 - б) крохмаль;
 - в) складні ефіри ВЖК і гліцерину;
 - г) декстрини.
9. У 100 г тріски в середньому міститься 11,6 г білків і 0,3 г жирів. Розрахувати енергію, що виділятиметься при засвоєнні порції тріски масою 288 г. Калорійність білків 17,1 кДж/г, жирів – 38,8 кДж/г.
10. Яку масу трипальмітину необхідно взяти для добування 0,92 кг гліцерину?

Лабораторна робота № 16

ФЕРМЕНТАТИВНИЙ ПІДРОЛІЗ І ОБМІН БІЛКІВ

Мета роботи: розширити знання про метаболізм білків та з'ясувати роль ферментів у білковому обміні.

Теоретична частина

Серед обмінних процесів організму на особливу увагу заслуговує обмін білків, оскільки всі структурні елементи клітин, тканин і органів людини побудовані з білків. Наявність специфічних фізико-хімічних і біологічних властивостей дозволяє білкам брати участь у формуванні геному клітини. Саме завдяки особливій видовій специфічності білків вони не можуть бути використані організмом у тому вигляді, у якому надходять з їжею.

Весь процес обміну білків включає перетравлювання, усмоктування продуктів розщеплення, внутрішньоклітинний обмін та ресинтез специфічних білків.

Перетравлювання білків починається в шлунку під впливом ферменту пепсину, який активується хлоридною кислотою. Вона створює оптимальні умови середовища для дії цього ферменту (рН 1,0...2,5) і викликає набрякання білка. Під дією пепсину білки розщеплюються на високомолекулярні поліпептиди – пептони. Отже, молоко при додаванні нейтралізованого шлункового соку зсідає. Це зумовлено здатністю пепсину перетворювати казеїноген молока в казеїн, кальцієва сіль якого нерозчинна у воді.

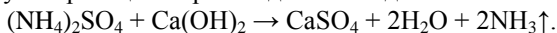
У дванадцятипалій кишці та тонкому кишечнику під дією ферментів підшлункового та кишкового соку перетравлювання білків і пептонів триває. Ферменти, які виділяються підшлунковою залозою: трипсин, хімотрипсин і панкреатопептидаза, каталізують розщеплення пептидних зв'язків у молекулі білка до поліпептидів і проявляють найбільшу активність у нейтральному або слабо лужному середовищі. Лужний сік підшлункової залози та жовч нейтралізують хлоридну кислоту, що надходить зі шлунка, і реакція кишкового середовища стає близькою до нейтральної (рН 6,5...7,0). Поліпептиди, що утворилися, розщеплюються ферментами панкреатичного та кишкового соку на дипептиди й окремі амінокислоти. Гідролітичне розщеплення білків відбувається за схемою:

білки → протеози → пептони → поліпептиди → дипептиди → амінокислоти.

Амінокислоти всмоктуються у кров і з нею розносяться до тканин. Невелика частина амінокислот у кишечнику піддається дії мікробної флори. У результаті гнильного розпаду амінокислоти перетворюються в отруйні для організму продукти: індол, фенол, крезол та інші.

В органах і тканинах амінокислоти використовуються для побудови тканинних білків, ферментів, гормонів, пігментів, пуринових і піримідинових основ, азотистих речовин.

У результаті різних перетворень амінокислот у тканинах організму утворюються кінцеві продукти обміну: аміак, вуглекислий газ і вода. Оскільки аміак – дуже токсична речовина, то навіть незначне збільшення його кількості в крові викликає отруєння організму, особливо нервової системи. Щодоби в організмі людини утворюється 18-23,6 г аміаку. Проте, незважаючи на постійне утворення в тканинах і надходження в кров, концентрація його в крові незначна. У ході еволюції в організмі людини виробилися спеціальні механізми для його знешкодження. До них належить утворення глютаміну, аспарагіну, амідів білків, синтез сечовини, зв'язування аміаку кислотами у вигляді амонійних солей. Для виявлення останніх використовують реакцію їх розкладання з виділенням вільного аміаку:



Практична частина

Дослід 1. Ферментативний гідроліз білка.

У дві пробірки вмістити по 3 мл розчину яєчного білка та підігріти до його зсідання ($t = 85^\circ\text{C}$). У першу пробірку внести 6 мл розчину пепсину, у другу – 6 мл розчину хлоридної кислоти. Через 5-10 хвилин у першій пробірці білок починає розчинятися, а в іншій зміни не відбуваються. Зробити висновок.

Дослід 2. Аналіз шлункового соку.

Одну краплю шлункового соку нанести скляною паличкою на смужку індикаторного паперу. Що відбувається? Зробити висновок про кислотність середовища шлункового соку.

Дослід 3. Зсідання молока під впливом пепсину шлункового соку.

У пробірку внести 5 крапель активного шлункового соку, потім додати 20 крапель дистильованої води та невелику кількість порошку кальцій карбонату до нейтральної реакції на лакмус; рідину профільтрувати. Частину цієї рідини (нейтралізованого шлункового соку) налити в пробірку, прокип'ятити та дати охолонути. У 2 пробірки налити по 10 крапель свіжого молока. В одну пробірку додати 2 краплі нейтралізованого шлункового соку, в іншу – 2 краплі кип'яченого нейтралізованого шлункового соку. Обидві пробірки

Біохімія та біохімія спорту

помістити у водяну баню при температурі 40 °С і стежити за початком зсідання молока. Воно настає тільки в тій пробірці, у якій присутній не кип'ячений фермент, субстрат та йони кальцію. Результати роботи зафіксувати в таблиці 10. Зробити висновки.

Таблиця 10

Зсідання молока під дією шлункового соку

Номер проби	Субстрат	Фермент	Видимі зміни та їх причини
1			
2			

Дослід 4. Виявлення амонієвих солей.

У пробірку налити 2-3 мл реагенту, що містить амоній сульфат $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і 1-2 мл насиченого розчину кальцій гідроксиду $\text{Ca}(\text{OH})_2$, перемішати. Смужку індикаторного паперу змочити дистильованою водою та піднести до отвору пробірки, не торкаючись її стінок. Через деякий час папір здобуває синій колір. Пояснити це явище. Написати рівняння хімічної реакції між амоній сульфатом та кальцій гідроксидом. Зробити висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвати ферменти, під дією яких відбувається розщеплення білків.
2. Які залози травного тракту синтезують ферменти, що впливають на перетравлювання білків?
3. Визначити роль хлоридної кислоти шлункового соку в процесі перетравлювання білків.
4. Які сполуки утворюються в процесі розщеплення білків?
5. Які амінокислоти відносять до незамінних і чому?
6. Назвати кінцеві продукти перетворень амінокислот у тканинах організму. Пояснити біологічне значення синтезу сечовини.
7. Головним шляхом розпаду білків в організмі є:
 - а) переамінування;
 - б) ферментативний гідроліз;
 - в) декарбоксілювання;
 - г) глікогеноліз.
8. Як називаються ферменти, що прискорюють гідроліз дипептидів:
 - а) карбоксипептидаза;
 - б) дипептидаза;
 - в) фосфорилаза;
 - г) мальтаза.
9. Гістидин містить 27,07 % Нітрогену. Обчислити молекулярну масу цієї амінокислоти, якщо до складу її молекули входять три атоми Нітрогену.
10. Яку масу гліцину потрібно використати для добування 14,42 г етилового естеру гліцину, якщо вихід продукту складає 80 %.

Лабораторна робота № 17

ВОДНО-СОЛЬОВИЙ ОБМІН В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ. ВИЗНАЧЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ СОЛЕЙ

Мета роботи: поглибити знання про біологічну роль елементів; вивчити та виконати якісні реакції на визначення хлоридів, фосфатів, сульфатів, йонів кальцію та магнію.

Теоретична частина

Обмін води та мінеральних солей є важливою ланкою метаболічних процесів, які протікають у живих організмах і забезпечують процеси життєдіяльності. Мінеральні речовини використовуються організмом для підтримки постійного рівня осмотичного тиску в біологічних рідинах і тканинах, причому основна роль належить натрій хлориду. Вони беруть участь в утворенні буферних систем біологічних рідин і тканин, підтримуючи сталу реакцію середовища (pH).

Для нормальної життєдіяльності організму необхідне надходження з їжею води, мінеральних речовин: натрію, калію, кальцію, магнію, заліза, міді, цинку, фосфору, сірки, хлору, йоду, бромю, марганцю, фтору, кобальту, нікелю, миш'яку, хрому та ін. Доставка солей особливо необхідна для молодого організму – для нормального розвитку й росту. Без солей кальцію та магнію, фторидів, фосфатів неможливе формування скелету. У травному тракті солі разом із водою всмоктуються в кров і надходять у різні тканини та рідини організму, будучи їхньою необхідною складовою частиною. Вони беруть участь у багатьох процесах обміну між клітинами та позаклітинною рідиною. Деякі органи та тканини здатні вибірково затримувати солі. Залізо депонується в печінці та селезінці, йод – у щитовидній залозі, натрій хлорид – у шкірі, кальцій, фосфор і магній – у кістковій тканині, калій – у м'язах, фтор – у зубній тканині.

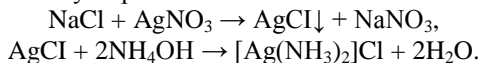
При недостатньому надходженні мінеральних солей у тканини з кишечника мінеральні сполуки знову переходять із сольових депо в кров і поширюються з током крові по всьому організму.

Оскільки фізіологічні функції клітин залежать не тільки від осмотичного тиску та величини pH, а також і від концентрації йонів та їхнього співвідношення, то зміна концентрацій солей у біологічних рідинах неминуче призводить до порушення ряду важливих фізіологічних процесів.

Особлива біологічна роль належить натрію, калію, хлору, кальцію, фосфору, залізу, цинку, магнію. Натрій бере участь у підтримці

осмотичного тиску й збудженості м'язової тканини. Йони калію є антагоністами йона натрію та пригнічують збудження м'язового волокна. Калій бере участь у проведенні нервового збудження. Обидва йони натрію та калію беруть участь у регуляції кислотно-лужної рівноваги. Хлор використовується для утворення хлоридної кислоти в шлунку. У регуляції обміну натрій хлориду бере участь щитовидна залоза, при недостатній функції якої спостерігається затримка хлору та натрію й розвивається мікседема, тобто слизовий набряк. Кальцій фосфат становить неорганічну основу кісткової тканини та бере участь у процесах збудження нервової і м'язової систем, необхідний для нормальної роботи серця, кишкового тракту й інших органів, бере участь у згортанні крові і впливає на проникність кровеносних судин. У регуляції обміну кальцію та фосфору бере участь гормон паращитовидної залози. Вітамін D сприяє відкладенню солей кальцію в кістках. При недостатньому надходженні ряду солей виникають різні захворювання: рахіт, остеопороз, анемія й ін. Наслідком порушення мінерального обміну може бути: відкладення солей у суглобах, у хребцях або утворення каменів у нирках та інше. Тому визначення мінеральних речовин у крові та сечі має в багатьох випадках важливе діагностичне значення.

При додаванні аргентум нітрату до реактиву, що містить хлориди, підкисленого нітратною кислотою, випадає білий осад аргентум хлору, що темніє на світлі, не розчиняється в нітратній кислоті та розчиняється в аміаку за рівняннями:

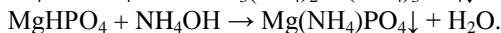
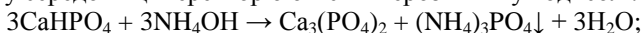


Фосфати утворюються в організмі в результаті розпаду фосфоровмісних органічних речовин (нуклеопроїди, фосфопроїди, фосфатиди, аденозинтрифосфорна кислота, фосфорні ефіри й ін.). Фосфор виділяється із сечею у вигляді однозаміщених і двоаміщених солей калію, натрію, амонію, кальцію та магнію: NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ і т. ін. Кількість солей фосфорної кислоти, виділених із сечею, показує інтенсивність обміну фосфоровмісних сполук і в середньому становить 2,5-3,5 г за добу при перерахуванні на P_2O_5 .

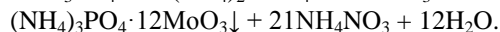
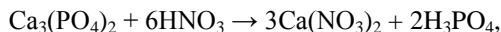
Співвідношення між однозаміщеними та двоаміщеними солями змінюється у зв'язку зі зміною характеру харчового раціону. При м'ясній їжі виділяється більше однозаміщених солей, тому що вивільнювані при розпаді білків йони PO_4^{3-} і SO_4^{2-} зв'язують велику кількість катіонів. При вживанні овочевої їжі спостерігається зворотне явище – із сечею виділяється переважна кількість двоаміщених солей фосфорної кислоти. В овочах наявні у великій кількості солі

органічних кислот, які, окиснюючись в організмі до CO_2 і H_2O , звільняють лужні та лужноземельні метали (катіони). Останні зрушують кислотно-лужну рівновагу в бік утворення двозаміщених солей і призводять до виділення менш кислої сечі. Чим вищий уміст в їжі кислих компонентів (м'ясна їжа), тим більше фосфору та кальцію виводиться із сечею, і навпаки, при високому вмісті лужних компонентів (рослинна їжа) уміст у сечі фосфатів і кальцію знижується, і значна частина їх виділяється через кишечник.

При додаванні до сечі аміаку або лугу виділяється білий аморфний осад, що розчиняється при підкисленні. Утворення осаду зумовлене наявністю в сечі однозаміщених і двозаміщених фосфатів кальцію й магнію, які в лужному середовищі перетворюються в нерозчинні у воді солі:

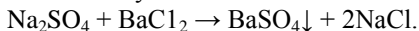


При нагріванні отриманих осадів із розчином амоній молібдату утворюється жовтий кристалічний осад амоній фосфатмолібдату. Молібденова реакція є додатковим доказом наявності в осаді солей фосфатної кислоти.

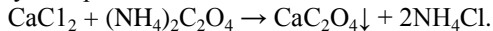


фосфорномолібденовокислий
амоній

При додаванні до сечі, підкисленої хлоридною кислотою, барій хлориду утворюється білий кристалічний осад барій сульфату, нерозчинний у кислотах і в лугах:

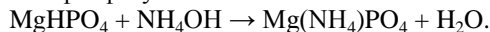


При додаванні до сечі розчину амоній оксалату випадає білий кристалічний осад кальцій оксалату, нерозчинний в ацетатній кислоті, але розчинний у мінеральних кислотах:



амоній оксалат кальцій оксалат

Якщо осад кальцій оксалату відфільтрувати та у фільтрат додати розчин аміаку, то при відстоюванні випадає невеликий кристалічний осад амоніймагній фосфату.



Практична частина

Дослід 1. Виявлення хлоридів.

У пробірку вмістити 1 мл реактиву, що містить хлориди, додати 2 краплі 1-відсоткового розчину аргентум нітрату та 2 краплі

10-відсоткового розчину нітратної кислоти. Випадає білий сирнистий осад аргентум хлориду. Уміст пробірки перемішати, частину мутної рідини перелити в іншу пробірку та додати 1-2 краплі 10-відсоткового розчину аміаку. Сирнистий осад аргентум хлориду розчиняється. До іншої частини мутної рідини додати по краплях 10-відсотковий розчин нітратної кислоти. Розчинення осаду не відбувається. Написати рівняння хімічних реакцій та зробити висновок.

Дослід 2. Виявлення фосфатів.

У пробірку вмістити 20 крапель реактиву, що містить фосфати, додати 2-3 краплі 10-відсоткового розчину нітратної кислоти. До отриманого розчину налити 10-15 крапель молібденового реактиву та кип'ятити. При нагріванні рідина набуває жовтого забарвлення, а при охолодженні випадає жовтий кристалічний осад амоній фосфатмолібдату. Написати рівняння хімічних реакцій та зробити висновок.

Дослід 3. Виявлення сульфатів.

У пробірку вмістити 20 крапель реактиву, що містить сульфати, додати 5 крапель 10-відсоткового розчину хлоридної кислоти та по краплях 5-відсотковий розчин барій хлориду до повноти осадження, тобто доти, поки нова крапля барій хлориду не буде викликати утворення каламуті. Рідину відфільтрувати, і кислий фільтрат помістити у водяну баню на 5-10 хвилин та нагріти. Уміст пробірки стає мутним від виділення нової порції барій сульфату. Написати рівняння хімічної реакції та зробити висновок.

Дослід 4. Виявлення кальцію та магнію.

У пробірку вмістити 1 мл розчину, що містить йони магнію та кальцію, додати 1-2 краплі 10-відсоткового розчину ацетатної кислоти й 2-3 краплі 5-відсоткового розчину амоній оксалату. Випадає кристалічний осад кальцій оксалату. Рідину відфільтрувати, і до фільтрату додати 4 краплі 10-відсоткового розчину аміаку (до лужної реакції на лакмус). Через деякий час випадає осад амоній магній фосфату, який не розчинний в аміаку, але розчинний в органічних і мінеральних кислотах. Написати рівняння хімічних реакцій та зробити висновок.

Контрольні запитання та завдання

1. Яке біологічне значення мінеральних солей для нормальної життєдіяльності організму?
2. Визначити біологічну роль натрію, калію.
3. Охарактеризувати біологічну роль хлоридів.
4. Пояснити біологічну роль фосфатів.
5. Яке значення мінеральних речовин для організму (заліза, сірки і йоду)?

6. Які функції виконує в організмі кальцій:
 - а) структурний компонент кісткової тканини;
 - б) міститься в біологічних рідинах;
 - в) бере участь у процесах м'язового скорочення;
 - г) входить до складу гемоглобіну?
8. У тканинах організму мінеральні речовини знаходяться у вигляді:
 - а) атомів;
 - б) молекул;
 - в) йонів;
 - г) колоїдних частинок.
9. Які маси Натрію та Хлору містяться в 100 г кухонної солі?
10. Добова потреба людини у Ферумі становить 18 мг. Обчислити, скільки шматочків білого хліба потрібно спожити для задоволення добової потреби в цьому хімічному елементі, якщо в одному шматочку міститься 0,8 мг Феруму.

Лабораторна робота № 18

ЕЛЕМЕНТИ БІОЕНЕРГЕТИКИ

Мета роботи: оволодіти методами розрахунку термодинамічних характеристик реакцій обміну речовин та отримати навички розв'язання задач на енергетичний обмін.

Теоретична частина

Процеси життєдіяльності пов'язані з постійними витратами енергії. Енергія необхідна для механічної роботи при скороченні м'язів, для електричної роботи – при генерації та передачі нервових імпульсів, для осмотичної роботи – при секреції, ресорбції та фільтрації речовин на клітинних мембранах, для хімічної роботи – при утворенні нових хімічних зв'язків між атомами в процесі біосинтезу складних органічних сполук. Джерелом енергії для всіх видів біологічної роботи є потенційна хімічна енергія, яка знаходиться в молекулах поживних речовин. Вона вивільнюється в процесі обміну речовин і за допомогою спеціальних молекулярних систем перетворюється в різні види енергії. Термодинамічною системою називається будь-який об'єкт природи, що складається з досить великої кількості структурних одиниць і відокремлений від інших об'єктів природи реальною або уявлюваною границею розділу. Об'єкти природи, що не входять у систему, називаються зовнішнім середовищем. Ізольованою називається система, яка не обмінюється із зовнішнім середовищем енергією та масою. Закритою називається система, яка обмінюється енергією. Відкритою називається система, яка обмінюється із зовнішнім середовищем і масою, і енергією.

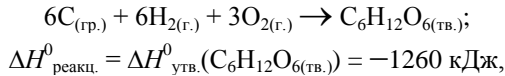
Процеси перетворення енергії в живих організмах повністю підкоряються законам термодинаміки. Вивченням закономірностей перетворення енергії в живих організмах займається біоенергетика – розділ біохімії, який вивчає перетворення і використання енергії в живих клітинах. Живий організм при цьому є відкритою системою, оскільки він постійно обмінюється із зовнішнім середовищем як енергією, так і масою. Відкриті системи ніколи не досягають повної рівноваги, знаходяться у стаціонарному стані, при якому швидкість притоку речовини й енергії відповідає швидкості відтоку із системи.

Для визначення зміни енергії системи застосовуються енергетичні характеристики (термодинамічні функції стану). Важливою їх особливістю є незалежність від способу досягнення даного стану системи.

Внутрішня енергія системи (U) складається з кінетичної й потенційної енергії складових частин молекул, атомів, ядер, електронів. Відповідно до першого закону термодинаміки, алгебраїчна

сума змін кількості всіх видів енергії в будь-якій ізольованій системі дорівнює нулю, тобто $\Delta U = 0$, $U = const$. Зміна внутрішньої енергії закритої системи ΔU обумовлена роботою A , що відбувається при взаємодії системи із середовищем і передачею теплоти Q між середовищем і системою: $\Delta U = Q - A$.

Ентальпія (ΔH) – функція стану системи, збільшення якої дорівнює теплоті, отриманої системою в ізобарному процесі. Ентальпією утворення речовини $A - \Delta H_{\text{утв.}}(A)$ називається тепловий ефект реакції утворення 1 моля речовини A із простих речовин. За стандартних умов ($P^0 = 1$ атм, $T^0 = 298$ °С) функція $\Delta H^0_{\text{утв.}}(A)$ визначена для багатьох речовин і наводиться в довідковій літературі. Наприклад, ентальпією утворення глюкози є тепловий ефект такої реакції:



де $\Delta H^0_{\text{утв.}}(C_6H_{12}O_{6(\text{тв.})})$ – ентальпія утворення глюкози; $\Delta H^0_{\text{реак.}}$ – тепловий ефект реакції за стандартних умов.

Ентальпії утворення простих речовин, наприклад, $H_{2(\text{г.})}$, $O_{2(\text{г.})}$, $C_{(\text{гр.})}$, приймають рівними нулю.

Основою термохімічних розрахунків є закон Гесса. Тепловий ефект реакції, що протікають при сталому тиску або при сталому об'ємі, не залежить від кількості проміжних стадій, а визначається лише вихідним і кінцевим станом системи.

При проведенні термохімічних розрахунків застосовується наслідок із закону Гесса: тепловий ефект (ентальпія) хімічної реакції дорівнює різниці алгебраїчної суми теплот (ентальпій) утворення стехіометричної кількості продуктів та алгебраїчної суми теплот (ентальпій) утворення стехіометричної кількості вихідних речовин. Так, для реакції $n_a A + n_b B \rightarrow n_c C + n_d D$

$$\Delta H^0_{\text{реакц.}} = (n_c \Delta H_C + n_d \Delta H_D) - (n_a \Delta H_A + n_b \Delta H_B).$$

Приклад 1. Окиснення глюкози відбувається з виділенням великої кількості теплоти: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$. Визначити тепловий ефект реакції за стандартних умов, користуючись даними табл. 11.

Таблиця 11

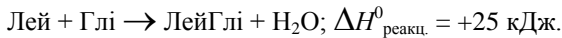
Речовина	CO ₂	H ₂ O	C ₆ H ₁₂ O ₆	O ₂
$\Delta H^0_{\text{утв.}}$, кДж/моль	- 393,5	- 286	- 1260	0

$$\Delta H^0_{\text{реакц.}} = 6 \cdot \Delta H^0_{\text{утв.}}(CO_2) + 6 \cdot \Delta H^0_{\text{утв.}}(H_2O) - \Delta H^0_{\text{утв.}}(C_6H_{12}O_6) - 6 \cdot \Delta H^0_{\text{утв.}}(O_2);$$

$$\Delta H^0_{\text{реакц.}} = 6 \cdot (- 393,5) + 6 \cdot (- 286) - (- 1260) = - 2817 \text{ кДж}.$$

З енергетичної точки зору хімічні реакції поділяють на дві групи: екзергонічні (екзотермічні) та ендергонічні (ендотермічні). Екзергонічні реакції відбуваються з виділенням енергії і мають від'ємне значення ΔH . Такі реакції проходять довільно. До них належить реакція гідролізу. Ендергонічні реакції відбуваються з поглинанням енергії, мають позитивне значення ΔH і можуть протікати тільки при спряженні з екзергонічними реакціями. До таких типів реакцій відносять реакції синтезу, деякі процеси, які проходять усередині клітин та процеси життєдіяльності організму в цілому.

Наприклад, реакція утворення лейцилгліцину (ЛейГлі) з амінокислот лейцину (Лей) і гліцину (Глі) супроводжується поглинанням теплоти, процес ендотермічний:



Ця реакція є одним з етапів утворення білка в організмі.

Напрямок перебігу процесів в ізольованих системах визначає термодинамічна функція ентропія (S), що характеризує ступінь неупорядкованості системи. Згідно з другим законом термодинаміки, енергія може існувати у двох формах: у формі вільної або корисної енергії та у формі енергії, яка не використовується, а розсіюється у просторі. При будь-якій фізичній зміні спостерігається тенденція до розсіювання енергії, тобто до зменшення кількості вільної енергії і до збільшення ентропії. Отже, відповідно до другого закону термодинаміки, в ізольованій системі довільні процеси протікають у бік збільшення ентропії ($\Delta S > 0$).

У ролі критерію довільного перебігу реакції у відкритих і закритих системах використовується термодинамічна функція стану – енергія Гіббса або вільна енергія (G). Зміна енергії Гіббса враховує спільний вплив ентальпійного й ентропійного факторів і розраховується за формулою:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S.$$

В ізобарно-ізотермічних умовах ($P, T = \text{const}$) у системі довільно можуть здійснюватися тільки такі процеси, у результаті яких енергія Гіббса системи зменшується ($\Delta G < 0$). У стані рівноваги енергія Гіббса системи не змінюється ($G = \text{const}, \Delta G = 0$). Ентальпія (ΔH) є мірою загальної кількості тепла в системі. Добуток $T \cdot \Delta S$ – це та частина загальної енергії системи, що не може бути перетворена в роботу та розсіюється у вигляді теплоти в навколишньому середовищі. Зменшення вільної енергії ($-\Delta G$) – це частина загальної енергії системи, що може бути перетворена в роботу, причому для оборотних процесів корисна робота є максимально можливою:

$$-\Delta G = A_{\text{макс}}(P, T = \text{const}).$$

Зміну ентропії й енергії Гіббса можна розрахувати в ході реакції, користуючись співвідношеннями:

$$\Delta S^0_{\text{реакц.}} = \sum S^0_{\text{прод.}} - \sum S^0_{\text{вих. реч-н.}}$$
$$\Delta G^0_{\text{реакц.}} = \sum \Delta G^0_{\text{прод.}} - \sum \Delta G^0_{\text{вих. реч-н.}}$$

де S^0 (речовини) і ΔG^0 (речовини) – табличні (довідкові) дані.

Зміни ентропії та вільної енергії в біологічних процесах пов'язані чіткою залежністю: збільшення ентропії при необоротній хімічній реакції супроводжується зменшенням кількості вільної енергії. Усі біохімічні процеси протікають зі зменшенням ΔG доти, доки не буде досягнуто стану рівноваги, при якому зміна вільної енергії мінімальна, а ентропія максимальна.

Коефіцієнт корисної дії при довільному ізобарно-ізотермічному процесі підкоряється нерівності $\eta \leq \Delta G / \Delta U$, що може бути математичним виразом другого закону термодинаміки для неізованих систем. Прикладом такої реакції може бути окиснення глюкози киснем, яке супроводжується зменшенням енергії Гіббса $\Delta G = -2817$ кДж/моль. Саме в результаті цієї реакції здійснюються різні види роботи в організмі людини. Зменшення вільної енергії системи в результаті окиснення глюкози має приблизно дорівнювати зменшенню внутрішньої енергії $\Delta G \approx \Delta U = -2817$ кДж. Отже, максимальний коефіцієнт корисної дії повинен дорівнювати 1:

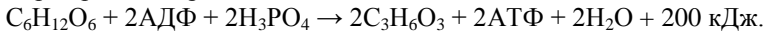
$$\eta_{\text{макс.}} = \Delta G / \Delta U = -2817 / (-2817) = 1.$$

У дійсності η дорівнює приблизно 0,4, тобто 60 % енергії, що виділяється при окисненні глюкози, розсіюється у вигляді теплоти.

У процесі біологічного окиснення при розщепленні органічних молекул виділяється енергія, яка використовується для виконання життєвих функцій. Процес окиснення – це хімічні реакції, при яких відбувається рух електронів від речовини, яка окиснюється (донор електронів) до речовини, яка відновлюється (акцептор електронів). У більшості реакцій біологічного окиснення в ролі акцептора електронів використовується кисень. У таких випадках спостерігається аеробний або дихальний тип енергетики. Існують хімічні реакції, де акцептором є не кисень, а інші речовини. Такі реакції належать до анаеробного типу енергетики. Якщо вся енергія окисної реакції виділяється у вигляді тепла, то це вільне окиснення. Якщо енергія окисних перетворень використовується одночасно для різних реакцій (синтез біоорганічних сполук, утворення високоенергетичного стану клітинних мембран), відбувається спряжене окиснення. Процес енергетичного обміну поділяється на три послідовні етапи. На першому (підготовчому) етапі макромолекули білків, вуглеводів, жирів розпадаються на складові молекули: із крохмалю, глікогену

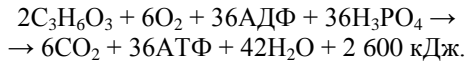
утворюється глюкоза; із ліпідів – гліцерин і жирні кислоти, із білка – амінокислоти. Розпад речовин на цьому етапі супроводжується незначним енергетичним ефектом, оскільки його біологічне значення – підготувати речовини до подальших перетворень. Другий етап енергетичного обміну – неповний або анаеробний – гліколіз, при якому відбувається багатоступеневий процес розпаду речовин.

Розглянемо приклад анаеробного розщеплення глюкози. Гліколіз складається з 13 послідовних ферментативних реакцій. Реакція гліколізу в клітині відбувається за участю фосфатної кислоти та АДФ. Сумарне рівняння реакції:

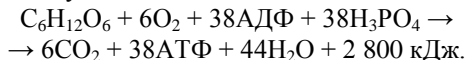


Із виділеної енергії (200 кДж) 80 кДж енергії акумулюється в 2 молях АТФ (в одному молі АТФ акумулюється 40 кДж енергії), 120 кДж розсіюється у вигляді тепла. Таким чином, у процесі гліколізу в АТФ акумулюється 40 % енергії.

Аеробне розщеплення, як і анаеробний етап, є також рядом послідовних ферментативних реакцій. Кожна реакція каталізується специфічним ферментом. Поступовість кисневого розщеплення і виділення енергії надзвичайно важливі для акумулювання енергії в АТФ. Проміжні реакції розщеплення молочної кислоти до кінцевих продуктів (CO_2 і H_2O) ідуть із виділенням енергії. У цьому процесі також беруть участь фосфорна кислота й АТФ. Сумарне рівняння кисневого розщеплення:



У 36 молях АТФ акумулюється $40 \cdot 36 = 1\,440$ кДж енергії, а 1 160 кДж виділяється у вигляді тепла. Таким чином, акумулюється близько 55 % утвореної енергії (1 440 кДж із 2 600). При співставленні безкисневих і кисневих етапів видно, що останній значно ефективніший. Кількість виділеної і акумульованої енергії значно більша, ніж при безкисневому розщепленні. Сумарне рівняння енергетичного обміну має вигляд:



Майже 55 % усієї енергії, що вивільняється при окисненні глюкози, клітина зберігає у формі АТФ. Решта її (45 %) розсіюється у вигляді тепла.

Приклад 2. У процесі дисиміляції в тканинах відбулося розщеплення 6 молів глюкози, з яких повному аеробному розщепленню піддалась тільки половина. Визначити, скільки грамів молочної кислоти і вуглекислого газу утворилось унаслідок реакції. Скільки молів АТФ утворилось, яка кількість енергії і в якому вигляді акумульована в ній?

Дано:

$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6$ молів;

із них 3 молі $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ – повне кисневе розщеплення

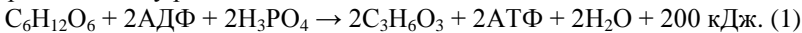
$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)$, $m(\text{CO}_2)$, $\nu(\text{АТФ})$, Q – ?

Розв'язання.

1. Визначаємо кількість глюкози, яка підлягає неповному (анаеробному) розщепленню.

$$6 - 3 = 3 \text{ (молі) } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6.$$

2. Визначаємо масу молочної кислоти ($m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)$), яка утворилась при неповному розщепленні глюкози.



1 моль $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ утворює 2 молі $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$;

3 молі $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ утворює ν молів $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$;

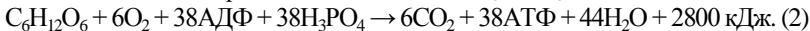
$$\nu = 2 \cdot 3 = 6 \text{ (молів) } \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3.$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 90 \text{ (г/моль);}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = 90 \cdot 6 = 540 \text{ (г)}.$$

Отже, при неповному розщепленні глюкози утворюється:
 $m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = 540$ г.

3. Визначаємо масу CO_2 ($m(\text{CO}_2)$), що утворилась унаслідок повного кисневого розщеплення 3 молів $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.



1 моль $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ утворює 6 молів CO_2 ;

3 молі $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ утворює ν молів CO_2 ;

$$\nu = 6 \cdot 3 = 18 \text{ (молів) } \text{CO}_2.$$

$$M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ (г/моль); } m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 18 = 792 \text{ (г)}.$$

4. Визначаємо кількість речовини АТФ ($\nu(\text{АТФ})$) і кількість енергії (Q), які утворились при повному розщепленні глюкози за рівнянням (2).

а) $\nu(\text{АТФ})$ – ?

1 моль $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ утворює 38 молів АТФ;

3 молі $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ утворює ν молів АТФ;

$$\nu_{\text{повн.}} = 38 \cdot 3 = 114 \text{ (молів) АТФ}.$$

б) Q – ?

1 моль АТФ акумулює 40 кДж;

114 молів АТФ акумулює Q кДж;

$$Q_{\text{повн.}} = 40 \cdot 114 = 4560 \text{ кДж}.$$

Отже, при повному розщепленні 3 молів глюкози утворилось 114 молів АТФ і 4560 кДж енергії.

5. Визначаємо кількість молів АТФ та енергії, що утворюються внаслідок неповного розщеплення глюкози за рівнянням (1).

а) $\nu(\text{АТФ})$ – ?

1 моль $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ утворює 2 молі АТФ;

Біохімія та біохімія спорту

3 моля $C_6H_{12}O_6$ утворює ν молів АТФ;

$$V_{\text{неповн.}} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ (молів) АТФ.}$$

б) Q – ?

1 моль АТФ акумулює 40 кДж;

6 молів АТФ акумулює Q кДж;

$$Q_{\text{неповн.}} = 40 \cdot 6 = 240 \text{ кДж.}$$

6. Визначаємо кількість молів АТФ та енергії, які утворились унаслідок неповного розщеплення 3 молів глюкози та повного розщеплення 3 молів глюкози разом.

$$\nu(\text{АТФ}) = \nu_{\text{неповн.}}(\text{АТФ}) + \nu_{\text{повн.}}(\text{АТФ}) = 6 + 114 = 120 \text{ (молів) АТФ}$$

$$Q = Q_{\text{неповн.}} + Q_{\text{повн.}} = 240 + 4560 = 4800 \text{ (кДж).}$$

Відповідь: $m(C_3H_6O_3) = 540$ (г); $m(CO_2) = 792$ (г);

$\nu(\text{АТФ}) = 120$ молів; $Q = 4800$ кДж.

Практична частина

Виконання варіанту практичної роботи «Елементи біоенергетики. Розрахунок кількості енергії при аеробних та анаеробних процесах».

Контрольні запитання та завдання

1. Дати визначення поняттям: асиміляція, дисиміляція, анаболізм, катаболізм.
2. Що розуміють під обміном речовин організму?
3. Дати визначення поняттю «Енергетичний обмін».
4. Від чого залежать енергетичні потреби людського організму?
5. Що є основним джерелом енергії для людини?
6. Дати характеристику етапам звільнення енергії в організмі.
7. Процеси синтезу складних молекул із більш простих, що супроводжуються споживанням енергії, називаються:
 - а) конденсацією;
 - б) полімеризацією;
 - в) катаболізмом;
 - г) анаболізмом.
8. Яка сполука є головним макроергом в організмі людини:
 - а) аденозинтрифосфат;
 - б) креатинфосфат;
 - в) сахараза;
 - г) фруктозо-6-фосфат?
9. Розрахуйте ΔH^0 згоряння етанолу, якщо відомо, що при згорянні 4,6 г спирту виділяється 137 кДж теплоти. Спалювання проводили в стандартних умовах.
10. М'язи ніг під час бігу за 1 хвилину витрачають 24 кДж енергії. Яку масу глюкози витратять м'язи ніг за 60 хвилин, якщо в першу половину часу в м'язах буде йти повне засвоєння глюкози, а в другу половину – безкисневе?

Лабораторна робота № 19

БІОХІМІЯ М'ЯЗІВ І М'ЯЗОВОГО СКОРОЧЕННЯ

Мета роботи: ознайомитись із типами м'язів, структурною організацією м'язових волокон та механізмом м'язового скорочення.

Теоретична частина

У функціонуванні м'язів найважливішим є те, що в процесі м'язового скорочення відбувається перетворення хімічної енергії АТФ безпосередньо в механічну енергію скорочення та руху. Це явище властиве тільки живим організмам.

У тварин і людини є два основних типи м'язів: поперечносмугасті та гладкі. Поперечносмугасті м'язи прикріплюються до кісток, тобто до скелету, і тому ще називаються скелетними. Кожний поперечносмугастий м'яз складається з декількох тисяч волокон, рівні організації яких подано на рис. 3.

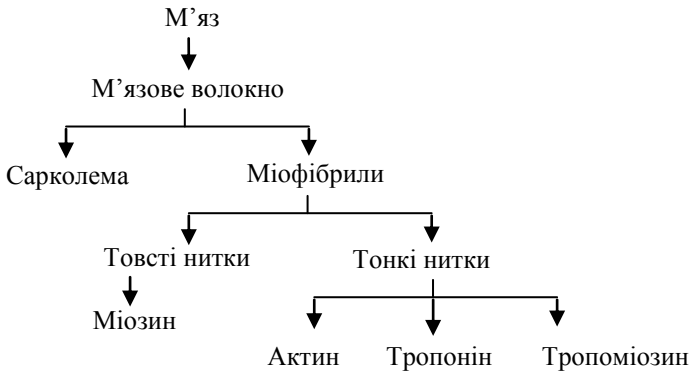


Рис. 3. Рівні структурної організації м'язів

Кожне м'язове волокно оточене клітинною оболонкою – сарколемою. М'язові волокна містять скорочувальні елементи – міофібрили, які займають більшу частину обсягу м'язових клітин, їхній діаметр складає близько 1 мкм. Вони є складними структурами, побудованими, у свою чергу, із великої кількості м'язових ниток (протофібрил, або філаментів) двох типів – товстих і тонких. Товсті нитки мають діаметр 15 нм, тонкі – 7 нм. На рис. 4. подано схему будови міофібрили.

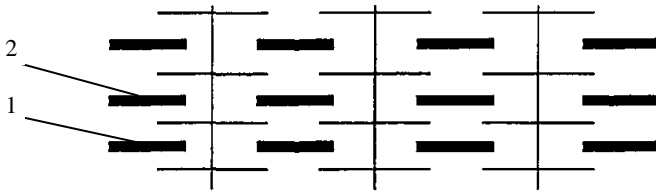


Рис. 4. Схема будови міофібрили
1 – тонкі нитки; 2 – товсті нитки

Ділянка міофібрили, що складається з товстої нитки та двох частин тонких, називається саркомером. Кожна міофібрила складається з декількох сотень саркомерів (до 1 000). Вивчення хімічного складу міофібрил показало, що товсті й тонкі нитки складаються тільки з білків.

Міозин – фібрилярний білок з молекулярною масою близько 490 000, що містить два дуже довгі поліпептидні ланцюги. Ці ланцюги утворюють подвійну спіраль, але на одному кінці ці нитки розходяться та формують кулясте утворення – глобулярну голівку. Тому в молекулі міозину розрізняють дві частини – глобулярну голівку (1) та хвіст (2) (рис. 5).

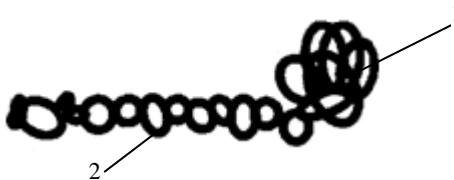


Рис. 5. Схема будови молекули міозину

У голівках міозину є два важливих центри. Один із них каталізує гідролітичне розщеплення АТФ, тобто відповідає активному центру ферменту. Другий центр голівки міозину забезпечує під час м'язового скорочення зв'язок товстих ниток із білком тонких ниток – актином. Тонкі нитки складаються із трьох білків: актину, тропоніну та тропоміозину. Актин – основа тонких ниток – глобулярний білок із молекулярною масою 46 000. Цей білок має дві найважливіші властивості. По-перше, проявляє високу здатність до полімеризації з утворенням довгих ланцюгів, які називаються фібрилярним актином. По-друге, актин може з'єднуватися з міозиновими голівками, що призводить до утворення між тонкими та товстими нитками поперечних містків або спайок. Основою тонкої нитки є подвійна спіраль із двох ланцюгів фібрилярного актину, що містить близько

300 молекул глобулярного актину. Тропоміозин – білок, який також має форму подвійної спіралі, але ця спіраль утворена поліпептидними ланцюгами та за розміром набагато менше подвійної спіралі актину. Тропоміозин розташовується в подвійній спіралі фібрилярного актину. До нього приєднується тропонін і фіксує положення тропоміозину в актині, при якому блокується взаємодія міозинових голівок із молекулами глобулярного актину тонких ниток (рис. 6).

М'язове скорочення є складним механохімічним процесом, у ході якого відбувається перетворення хімічної енергії гідролітичного розщеплення АТФ у механічну роботу, яку виконують м'язи. Цей процес відбувається в такому порядку:

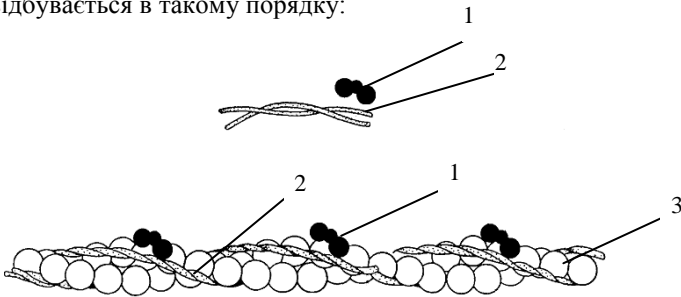


Рис. 6. Схема будови тонкої нитки
1 – тропонін, 2 – тропоміозин, 3 – актинові нитки

1. Джерелом енергії, необхідної для м'язової роботи, є АТФ. Гідроліз АТФ, що супроводжується виділенням енергії, каталізується міозином, який має ферментативну активність.

2. Пусковим механізмом м'язового скорочення є підвищення концентрації йонів Ca^{2+} у саркоплазмі м'язових волокон, що викликає руховий нервовий імпульс.

3. Під час м'язового скорочення між товстими й тонкими нитками міофібрил виникають поперечні містки (спайки).

4. Під час м'язового скорочення відбувається ковзання тонких ниток уздовж товстих, що призводить до вкорочення міофібрил і всього м'язового волокна в цілому.

У наш час молекулярний механізм м'язового скорочення пояснюють гіпотезою «веслового човна» Х. Хакслі. А саме, у м'язі, що перебуває в стані спокою, товсті й тонкі нитки міофібрил між собою не з'єднані, тому що ділянки зв'язування на молекулах актину закриті молекулами тропоміозину. М'язове скорочення відбувається під впливом рухового нервового імпульсу, що викликає значне

підвищення концентрації йонів кальцію в саркоплазмі. Вони приєднуються до тропоніну і змінюють його просторову форму (конформацію). Зміна конформації тропоніну призводить до зміщення молекул тропоміозину уздовж фібрилярного актину і звільнення ділянки актинових молекул, що призначена для зв'язування з міозиновими голівками. У результаті цього між міозином і актином виникає поперечний місток, розташований під кутом 90° .

Утворення зв'язку між актином і міозином супроводжується підвищенням АТФ-азної активності останнього, у результаті чого відбувається гідроліз АТФ:



За рахунок енергії, що виділяється при розщепленні АТФ, міозинова голівка, подібно до шарніра або весла човна, повертається і місток між товстими й тонкими нитками виявляється під кутом 45° , що призводить до ковзання м'язових ниток назустріч одна одній (рис. 7).

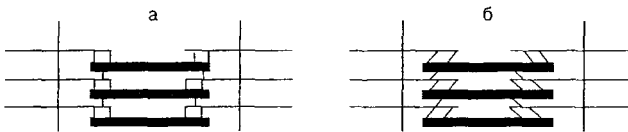


Рис. 7. Схема зміщення ниток міозину та актину під час м'язового скорочення

- а – містки між товстими й тонкими нитками (кут 90°);
б – після повороту містки виявляються під кутом 45°

Зробивши поворот, містки між товстими та тонкими нитками розриваються. АТФ-азна активність міозину внаслідок цього різко знижується, і гідроліз АТФ припиняється. Але, якщо руховий нервовий імпульс продовжує надходити у м'яз і в саркоплазмі зберігається висока концентрація йонів кальцію, поперечні містки знову утворюються. У результаті багаторазового утворення, повороту й розриву містків м'яз може максимально скоротитися, при цьому тонкі нитки нашаровуються. Кожний цикл скорочення (утворення, поворот і розрив містка) вимагає витрати однієї молекули АТФ як джерела енергії, тому витрати АТФ на енергозабезпечення м'язової діяльності дуже великі. Розслаблення м'яза (релаксація) відбувається після припинення надходження рухового нервового імпульсу. При цьому концентрація йонів кальцію в саркоплазмі швидко знижується до вихідного рівня. Останнє викликає зміну конформації тропоніну, що приводить до фіксації молекул тропоміозину в певних ділянках актинових ниток і унеможливорює утворення поперечних містків між

товстими і тонкими нитками. За рахунок пружних сил, що виникають при м'язовому скороченні в колагенових нитках, що оточують м'язове волокно, воно при розслабленні повертається у вихідне положення.

Таким чином, процес м'язового розслаблення (релаксація), так само, як і процес м'язового скорочення, здійснюється з використанням енергії гідролізу АТФ.

Практична частина

Завдання 1. Замалювати рисунок та підписати назви складових структурної організації м'язів (рис. 8).

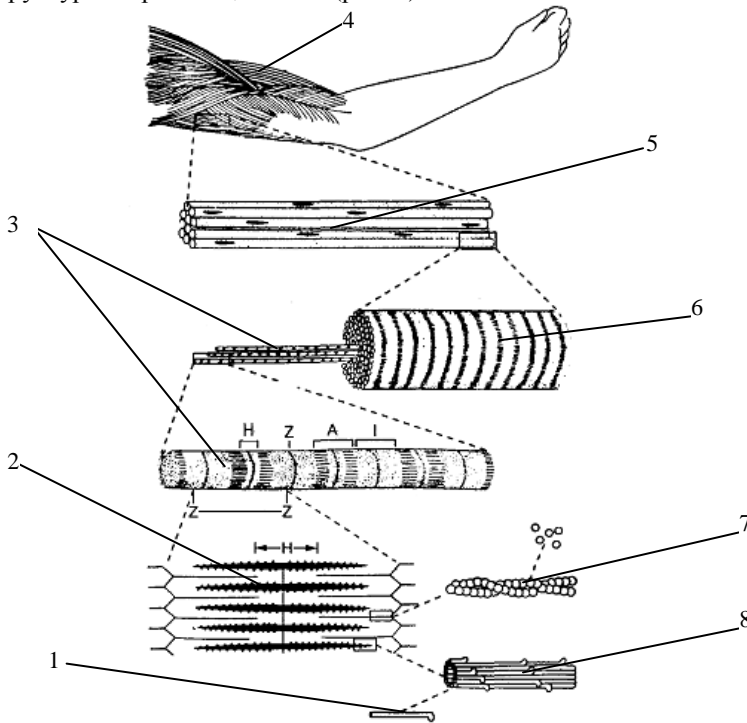


Рис. 8. Структурна організація м'язів

Завдання 2. Дати визначення поняттям:

I варіант: м'язи, саркоплазма, протофібрили, тонкі протофібрили, міозин, тропонін, скорочення м'язів, синапс.

II варіант: м'язові волокна, сарколема, міофібрили, товсті нитки, актин, тропоміозин, мітохондрії.

Біохімія та біохімія спорту

Завдання 3. Пояснити, яким чином електричні імпульси нервової системи перетворюються на хімічні реакції.

Завдання 4. Пояснити механізм та навести схему скорочення м'язового волокна.

Завдання 5. Провести порівняльний аналіз біохімічних характеристик білків та заповнити таблицю.

Таблиця 12

Біохімічні характеристики	Білок	
	Міозин	Актин
Молекулярна маса		
Форма існування		
Тип протофібрил		
Розчинність у воді		
Функції в організмі		
Каталізуюча активність		

Контрольні запитання та завдання

1. Який уміст води, білків, ліпідів, вуглеводів та мінеральних солей у м'язовій тканині?
2. Які макроергічні сполуки містяться у м'язовій тканині, вказати їх концентрацію та локалізацію.
3. Пояснити структурну будову скорочувальних елементів м'язового волокна – міофібрил.
4. Які хімічні реакції забезпечують м'язове скорочення?
5. Які хімічні перетворення відбуваються при розслабленні м'язів?
6. Пояснити механізм «веслувального човна» як основну гіпотезу скорочення м'язів.
7. Яким чином відбувається енергозабезпечення м'язового скорочення?
8. Які біохімічні зміни відбуваються в окремих органах, системах та тканинах під час м'язової роботи?
9. Йони Ca^{2+} беруть участь у біохімічних процесах при м'язовому скороченні. З якими білками взаємодіє Ca^{2+} при цьому:
а) тропоніном тонких ниток; б) актином тонких ниток;
в) міозином товстих ниток; г) тропоміозином тонких ниток?
10. Які йони беруть участь у м'язовому скороченні:
а) Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- ; б) Na^+ , K^+ , Cl^- ;
в) Na^+ , Mg^{2+} , P^{5+} ; г) Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ?

Лабораторна робота № 20

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РЕСИНТЕЗУ АТФ У М'ЯЗАХ

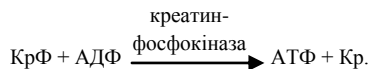
Мета роботи: ознайомитися з джерелами енергії в м'язах та вивчити шляхи ресинтезу АТФ при виконанні фізичних вправ різної потужності.

Теоретична частина

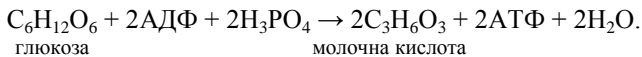
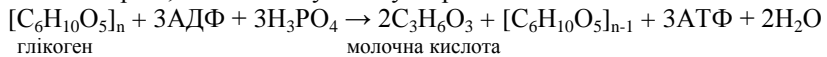
Безпосереднім джерелом енергії для м'язової діяльності є АТФ. Хімічна енергія в процесі м'язового скорочення перетворюється в механічну роботу м'язів. Запаси АТФ у м'язах можуть забезпечити виконання інтенсивної роботи тільки за невеликий проміжок часу (0,5-1,5 с). Подальша робота виконується тому, що відбувається відновлення (ресинтез) АТФ. Ресинтез АТФ здійснюється під час реакцій, які відбуваються без участі кисню (анаеробний механізм), або за участю вдихуваного кисню (аеробний механізм). Кожний із механізмів має свої метаболічні та біоенергетичні особливості. Залежно від інтенсивності та тривалості виконання фізичних вправ застосовуються різні механізми ресинтезу АТФ [6].

До анаеробних шляхів ресинтезу АТФ можна віднести такі.

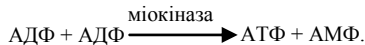
1. Креатинфосфокіназний механізм, який забезпечує ресинтез АТФ за рахунок перефосфорилування між креатинфосфатом з АДФ:



2. Гліколітичний механізм, який забезпечує ресинтез АТФ в процесі ферментативного анаеробного розщеплення глікогену м'язів, або глюкози крові, який закінчується утворенням молочної кислоти:



3. Міокіназний механізм, під час якого здійснюється ресинтез за рахунок реакції перефосфорилування між двома молекулами АДФ за участю фермента міокінази:



Аеробний механізм ресинтезу АТФ містить реакції окиснювального фосфорилування, які відбуваються в мітохондріях.

4. Окиснення глюкози: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 38\text{АТФ.}$

5. Окиснення ВЖК: $C_{15}H_{31}COOH + 23O_2 \rightarrow 16CO_2 + 16H_2O + 130ATФ$.

Кожен механізм має різні енергетичні можливості. Відносний їх внесок в енергетику різних вправ показано на рис. 9.

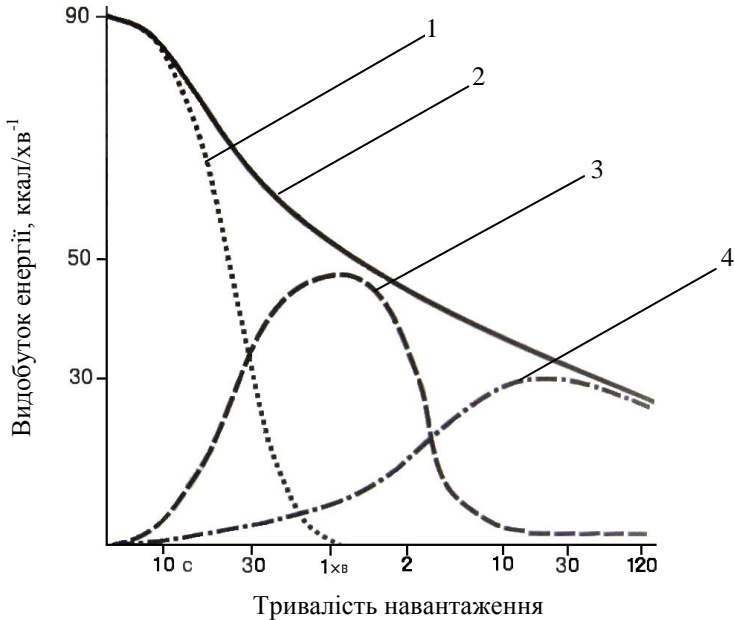


Рис. 9. Внесок механізмів анаеробного та аеробного енергоутворення в енергетику різних вправ
1 – АТФ, КрФ; 2 – загальний видобуток енергії;
3 – анаеробний гліколіз; 4 – аеробне окиснення

Максимальні вправи можуть бути виконані протягом 30 с (джерела енергії – запаси креатинфосфата й АТФ), субмаксимальні – 5 хвилин (анаеробний гліколіз), великої потужності – 50 хвилин (гліколіз та аеробне окиснення), помірної потужності – 5 годин (аеробне окиснення).

Критеріями оцінювання механізмів енергоутворення є максимальна потужність, швидкість розгортання, метаболічна ємність та ефективність.

Максимальна потужність – це найбільша швидкість утворення АТФ у цьому метаболічному процесі. Вона лімітує граничну інтенсивність роботи, яка виконується за рахунок цього механізму.

Швидкість розгортання оцінюється часом досягнення максимальної потужності цього шляху ресинтезу АТФ від початку роботи.

Метаболічна ємність відображує загальну кількість АТФ, яка одержується в цьому механізмі ресинтезу. Ємність лімітує об'єм виконуваної роботи.

Метаболічна ефективність – це та частина енергії, яка накопичується в макроергічних зв'язках АТФ. Вона визначає економічність виконаної роботи.

Практична частина

Виконання варіанту практичної роботи «Моделювання процесів ресинтезу АТФ у м'язах». Зробити висновок про значення вивчених процесів при різних механізмах енергоутворення та заповнити таблицю 13. Провести порівняльний аналіз, який показує особливості механізмів енергоутворення при виконанні фізичних вправ різної потужності.

Таблиця 13

Критерії	Анаеробні механізми			Аеробний механізм
	КрФ	Міокіназний	Гліколітичний	Окисне фосфорилування
Потужність				
Ефективність				
КПД				
Ферменти				
Енергетичні субстрати				
Послідовність підключення при виконанні фізичних вправ (1, 2, 3, 4)				

Контрольні запитання та завдання

1. Що розуміють під механізмами ресинтезу АТФ?
2. За якими критеріями оцінюють енергетичні можливості шляхів ресинтезу АТФ?
3. Як змінюється креатинфосфокіназний шлях ресинтезу АТФ у процесі роботи?
4. Навести ключові ферменти гліколітичного шляху ресинтезу АТФ та його енергетичні можливості?
5. Назвати основні енергетичні субстрати, реакції та енергетичний вихід аеробного механізму ресинтезу АТФ.
6. Чому аеробний шлях ресинтезу АТФ має невелику швидкість розгортання?
7. Навести послідовність підключення різних механізмів енергозабезпечення під час виконання м'язової роботи.

Література для теоретичної підготовки

1. Явоненко О. Ф. Біохімія: [підручник для студентів спеціальності «Фізична культура» педагогічних університетів] / О. Ф. Явоненко, Б. В. Яковенко. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2002. – 380 с.
2. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. – Киев : Олимпийская литература, 2000. – 503 с.
3. Михайлов С. С. Спортивная биохимия : [учебник для вузов и колледжей физической культуры] / С. С. Михайлов. – 2-е изд., доп. – М. : Советский спорт, 2004. – 220 с.
4. Шевряков М. В. Практикум з біологічної хімії : [навч.-метод. посіб] / М. В. Шевряков, Б. В. Яковенко, О. Ф. Явоненко. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2003. – 204 с.
5. Копильчук Г. П. Біохімія : [навчальний посібник] / Г. П. Копильчук, О. М. Волощук, М. М. Марченко. – Чернівці : Рута, 2004. – 224 с.
6. Меньшиков В. В. Биохимия : [учебник для институтов физической культуры] / В. В. Меньшиков, Н. И. Волков. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 384 с.
7. Миронович Л. М. Біоорганічна хімія: Скорочений курс : [навч. посібник] / Л. М. Миронович. – К. : Каравела, 2008. – 184 с.
8. Волков Н. И. Теория и практика интервальной тренировки в спорте / Н. И. Волков, А. В. Королев, М. Хосни. – М. : ВА им. Ф. Э. Дзержинского, 1995. – 196 с.
9. Ермолаев М. В. Биологическая химия / М. В. Ермолаев, А. Г. Ильичева. – М. : Медицина, 1990. – 263 с.
10. Мохан Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Р. Мохан, М. Глессон, Гринхафар. – Киев : Олимпийская литература, 2001. – 285 с.

ДЛЯ НОТАТОК

Наталя Валеріївна
Кулалаєва

БІОХІМІЯ ТА БІОХІМІЯ СПОРТУ

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
студентів факультету еколого-медичних наук
(зі спеціальності 6.01020302 «Здоров'я людини»)

Випуск 216

Редактор *С. Куршико*.
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *А. Іщенко*.
Друк *О. Мішалкіна*. Фальцювально-палітурні роботи *Ю. Шаповалова*.

Підп. до друку 25.12.2013 р.
Формат 60x84¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Умовн. друк. арк. 5,58. Обл.-вид. арк. 4,18.
Тираж 100 пр. Зам. № 4353.

Видавець і виготовлювач: ЧДУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chdu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3460 від 10.04.2009 р.