Міністерство освіти і науки України
Уманський національний університет садівництва
Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра біології

Н.О. Ляховська

Методичні вказівки до лабораторних занять з органічної хімії

для студентів ОР бакалавр спеціальностей
202 Захист і карантин рослин та
203 Садівництво та виноградарство
денної форми навчання

Умань 2021

УДК 547

Підготували:
викладач кафедри біології **Н.О. Ляховська**

Розглянуті і затверджені на засіданні кафедри біології (протокол № 1 від 26. 08. 2021 р.)

Схвалено науково-методичною комісією факультету плодоовочівництва, екології та захисту рослин Уманського НУС (протокол № 1 від 31.08. 2021 р.)

Рецензенти:
Галушко С.М. – *к.х.н.,* доц. Уманського державного педагогічного університету ім. П. Тичини

Л.В. Розборська – к.с.-г.н, доцент кафедри біології Уманського національного університету садівництва

Ляховська Н.О. Методичні вказівки до лабораторних занять з органічної хімії для студентів ОР бакалавр спеціальностей 202 Захист і карантин рослин та 203 Садівництво та виноградарство денної форми навчання / Н.О. Ляховська − Умань : Візаві, 2021 – 50 с/

Зміст

Вступ……...4

Правила роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії……..5

Вказівки до виконання лабораторних робіт ……6

Л.Р.1. Методи виділення і очищення органічних речовин…….…..8

Л.Р.2. Вуглеводні…….……..…14

Л.Р.3. Одноатомні та багатоатомні спирти…….……...20

Л.Р.4. Оксосполуки. Альдегіди і кетони…….25

Л.Р.5. Карбонові кислоти…….……..…29

Л.Р.6. Естери, діпіди, мила……...32

Л.Р.7. Властивості простих і складних вуглеводів……...36

Л.Р.8. Нітрогеновмісні органічні сполуки…….41

Л.Р.9. Гетероциклічні сполуки. Нуклеїнові кислоти…….47

Література……..52

ВСТУП

Лабораторні роботи – це форма організації навчання, яка дає можливість експериментально підтвердити вивченні теоретичні положення, експериментально перевірити формули, розрахунки, ознайомитись з методикою проведення експериментів, досліджень. В ході роботи формуються уміння спостерігати, порівнювати, аналізувати, робити висновки і узагальнення, самостійно проводити дослідження, користуватися різними способами вимірювань, оформляти результати у вигляді таблиць, схем тощо. Одночасно формуються професійні вміння і навички роботи з різними приладами, реактивами і іншими засобами для проведення дослідів, оволодіння різними методиками визначення показників якості.

Органічна хімія є нормативною дисципліною і вивчається в циклі хімічних дисциплін після вивчення неорганічної та аналітичної хімії. Вона використовує знання цих наук, а також знання з математики, фізики, біології та інших природничих наук.

Органічна хімія є базовою дисципліною для підготовки майбутніх фахівців-біологів. Вона є фундаментальною основою для вивчення таких дисциплін як біохімія, мікробіологія, фізіологія, біотехнологія, фітофармакологія, селекція, ветеринарія та інших, пов'язаних з процесами зберігання та переробки сільськогосподарської продукції. В результаті вивчення дисципліни студенти набувають певні компетентності.

Інтегральна компетентність:

здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми професійної діяльності у галузі біологічних наук і на межі предметних галузей, що передбачає застосування теорій та методів природничих наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

Спеціальні (фахові) компетентності:

Здатність застосовувати знання та вміння з математики, фізики, хімії та інших суміжних наук для вирішення конкретних біологічних завдань.

Програмними результатами навчання:

Застосовувати моделі, методи і дані фізики, хімії, екології, математики у процесі навчання та забезпечення професійної діяльності.

Знати та розуміти основні терміни, концепції, теорії і закони в галузі біологічних наук і на межі предметних галузей.

Правила роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії

1. Робоче місце тримати в чистоті і порядку, дотримуватися правил техніки безпеки. На столі не тримати зайвих речей.
2. Працювати в хімічній лабораторії в захисному халаті.
3. Під час виконання лабораторних дослідів бути максимально обережним, пам'ятаючи, що неохайність, неуважність, недостатня обізнаність із властивостями речовин може спричинити нещасний випадок.
4. Уважно читати етикетку на посуді з речовиною, яку берете для досліду.
5. Реактиви, дистильовану воду, електроенергію використовувати економно.
6. Реактиви для дослідів слід брати тільки в тих кількостях, які зазначені в інструкції, або у такій кількості, щоб вона закрила лише дно пробірки, а розчин зайняв не більше 1/6 об'єму пробірки.
7. Під час користування реактивами дотримуватись правил:

а) склянки загального користування тримати закритими і відкривати тільки під час роботи;

б) невикористані реактиви не висипати і не виливати в ті ж склянки, з яких вони взяті;

в) залишки розчинів, що містять Аргентум, Меркурій, Плюмбум, Бром, Йод виливають в спеціальні зливні склянки у витяжній шафі;

г) при наливанні рідин брати посудину з реактивом так, щоб етикетка знаходилася з боку долоні, краплю рідини слід зняти з краю посудини іншою посудиною, щоб рідина, яка стікатиме по склу, не псувала етикетку і не опекла руку;

д) посудину, з якої взяли реактив, відразу ж закрити пробкою і поставити на місце;

е) не міняти пробки чи кришки від реактивів;

є) піпетки для вимірювання точного об'єму розчину повинні бути сухими.

8. Без дозволу викладача не проводити не заплановані досліди.
9. Під час нагрівання розчинів у пробірці користуватися пробіркотримачем і стежити за тим, щоб отвір пробірки не був спрямований

у бік обличчя та працюючих поряд, бо рідина через перегрівання може викинутися з пробірки.

10. При нагріванні пробірку спочатку прогрівають по всій довжині, а потім там, де речовина.

11. Скляні посудини, які нагрівають на електроплитці, повинні бути зовні сухими і ставати їх необхідно на холодну плитку.

12. Скляний посуд, в якому проводять нагрівання, кип'ятіння, прожарювання, повинен бути термостійким, про що свідчить відповідне маркування.

13. У мірному скляному посуді нагрівати, кип'ятити, прожарювати не бажано, так як він деформується і втрачає точність.

14. Не заглядати в посудину, в якій нагрівається речовина чи відбувається реакція, і не нахилятись над посудиною, в яку наливається будь-яка рідина, робити це потрібно на віддалі від себе.

15. Ніякі речовини не пробувати на смак.

16. Для визначення запаху речовини направляти повітря до себе рухом руки. Сильні отрути нюхати не можна!

17. Всі досліди з отруйними, неприємно пахучими і концентрованими речовинами проводити у витяжній шафі.

18. Розбавлення концентрованих кислот проводять доливанням кислоти у воду (а не навпаки) невеликими порціями при постійному перемішуванні.

19. З концентрованими кислотами (особливо сульфатною) працювати тільки у витяжній шафі, використовувати невеликі порції і тримати на витягнутих руках.

20. Активні метали, такі як натрій, не можна брати незахищеними руками, щоб не отримати опік.

21. Гарячий посуд ставити на керамічну плитку чи спеціальну підставку.

22. Спиртівки з рідким спиртом перед використанням підготувати до роботи – підняти диск з гнітом і випустити пари спирту, які зібралися в резервуарі. Для припинення горіння накрити полум'я, підставивши кришку чи ковпачок збоку, не дмухати на вогонь.

23. Не вживати їжу в хімічній лабораторії.

24. При потраплянні їдких речовин (кислот, лугів) на шкіру потрібно швидко змити їх великою кількістю проточної води. Для нейтралізації залишків кислоти обробити вражену ділянку розчином харчової соди, а залишків лугу – 1%-им розчином оцтової кислоти. Через 1-2 хвилини знову змити проточною водою і накласти суху серветку.

25. Після закінчення роботи прибрати своє робоче місце, ретельно вимити руки, відключити воду, вимкнути електроприлади.

Вказівки до техніки виконання лабораторних робіт

До проведення хімічного експерименту ставляться підвищені вимоги:

теоретична підготовка до лабораторного хімічного експерименту є частиною самостійної домашньої роботи студентів. Записи в зошиті включають: назву роботи та дату її виконання, коротке теоретичне обґрунтування експерименту, умови його виконання, рівняння реакцій, розрахунки результатів, висновки та відповіді на поставлені запитання.

Під час виконання хімічного експерименту слід дотримуватись правил:

1. Перед проведенням дослідів скласти план-конспект експерименту.

2. Дотримуватись запобіжних заходів, перелічених в інструкції з техніки безпеки. Виконувати експеримент лише в захисному одязі.

3. Робоче місце в лабораторії (хімічний стіл з покриттям з лінолеуму або оброблений спеціальними речовинами, які надають стійкості проти дії хімічних реактивів) слід тримати в чистоті та порядку. На лабораторному столі можуть бути лише конспекти, письмове приладдя, прилади для виконання експерименту.

4. При користуванні хімічними реактивами слід дотримуватись таких правил:

а) реактиви загального користування не можна довго залишати на своєму робочому місці або перекладати з однієї полиці на іншу;

б) всі склянки з розчинами тримати закритими і відкривати їх тільки під час використання;

в) сухі реактиви брати лише чистим шпателем, спеціальною ложкою, сухою пробіркою;

г) невикористані залишки реактивів забороняється виливати назад у склянки, з яких вони взяті; їх збирають у спеціально призначений для цього посуд;

д) при роботі з концентрованими кислотами чи лугами під посудину з ними підкладають пластинки, стійкі проти дії агресивного середовища; якщо розлилася кислота або луг їх потрібно спочатку засипати піском або витерти

ганчіркою, а потім змити залишки водою і, в разі потреби, нейтралізувати це місце;

е) для нагрівання розчинів у хімічній лабораторії слід використовувати лише стандартизовані нагрівні прилади: газові пальники, спиртівки, водяні та піщані бані, муфельні печі.

5. Після закінчення роботи кожен студент зобов'язаний прибрати своє робоче місце, вимкнути всі газові та електричні прилади, ретельно вимити посуд і здати його черговому і лаборанту.

6. Зміни при проведенні експерименту без дозволу викладача заборонені.

Лабораторна робота № 1

Методи виділення і очищення органічних сполук

Інформаційна частина

Органічні речовини, що виділені із природних джерел чи одержані синтетично, часто забруднені різними домішками. Тому, перш ніж вивчати властивості органічних сполук, необхідно одержати їх у чистому вигляді.

Для виділення і очищення органічних сполук застосовуються такі методи: кристалізація, сублімація, екстракція, перегонка, хроматографія (на папері, на колонках з адсорбентом, тонкошарова) та ін. Показниками ступеню чистоти одержаної органічної речовини є фізичні константи: температура плавлення (загустіння), температура кипіння (замерзання), густина, показник заломлення світла, молекулярна рефракція та ін.

Перекристалізація – один з найпоширеніших методів очищення твердих речовин, а також розділення, сумішей. Принцип даного методу ґрунтується на різній розчинності речовин в розчиннику залежно від його температури.

Процес кристалізації включає :

1) приготування нагрітого насиченого розчину речовини у відповідному розчиннику;

2) фільтрування гарячого розчину від нерозчинених домішок,

3) охолодження розчину, яке призводить до кристалізації,

4) відділення кристалів від маточного розчину,

5) сушка кристалів.

Для успішного проведення кристалізації важливе значення має правильний вибір розчинника. Одна з головних вимог до розчинника полягає в тому, щоб останній розчиняв речовину, яку потрібно кристалізувати, значно краще при нагріванні, ніж на холоді. Розчинник не повинен розчиняти домішки (в такому випадку їх можна буде відфільтрувати) або, навпаки, повинен розчиняти їх дуже добре (тоді при охолодженні розчину вони не випадуть разом з основним продуктом і залишаться в маточному розчині).

Дослід 1. Перекристалізація бензойної кислоти

В конічну колбу місткістю 150-200 мл помістити близько 1 г забрудненої бензойної кислоти, долити 30-50 мл дистильованої води і нагріти до кипіння. Гарячий розчин швидко відфільтрувати і охолодити під проточною водою. Випадають білі кристали бензойної кислоти, які відфільтровують під вакуумом. Для цього в лійку Бюхнера вкласти паперовий фільтр, змочити його дистильованою водою і включити насос, щоб папір щільно прикрив отвори лійки. Одержані кристали разом з маточним розчином перенести на фільтр і знову ввімкнути насос. Після відокремлення розчину кристали добре промити дистильованою водою, вийняти їх разом з папером і висушити в ексикаторі. Чистоту перекристалізованої бензойної кислоти визначають за температурою плавлення.

Температурою плавлення речовини називають температуру рівноваги фаз тверда речовина – рідина під час процесу плавлення. Визначити цю температуру можна в процесі плавлення або в процесі застигання розплаву тому що, якщо виключено переохолодження, температура застигання співпадає з температурою плавлення.

Часто за температуру плавлення приймають інтервал температур між появою перших крапель рідини і повним переходом твердої речовини в рідкий стан. Для чистих індивідуальних сполук цей інтервал вимірюється частками градуса. В присутності домішок точка плавлення речовини знижується. Відсутність зниження температури плавлення суміші речовини,

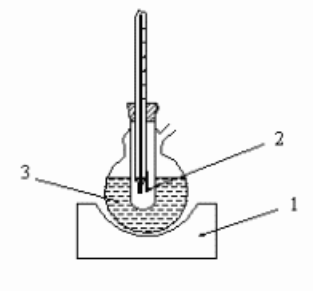
що досліджують, з стандартною речовиною розглядається як доказ їх ідентичності (або їх повної взаємної нерозчинності).

Між температурою плавлення речовини та її молекулярною будовою є певна залежність.

Для економії часу спочатку визначають приблизну температуру плавлення. Кілька дрібних кристалів речовини поміщають на кульку термометра в горизонтальному положенні. Термометр нагрівають на закритій електроплитці. У момент початку плавлення кристалів відзначають показання термометра.

Дослід 2. Визначення температури плавлення бензойної кислоти

Точну температуру плавлення твердої речовини можна визначати при нагріванні на колбонагрівачі (1) сульфатної кислоти (3) в приладі, зображеному на рисунку.



Запаяний з одного кінця капіляр (2), у який поміщають речовину, має внутрішній діаметр 0,8-1,0 мм і довжину 35-45 мм. Капіляр наповняють речовиною так, щоб щільний шар його займав 3-4 мм. Для утворення щільного шару речовини капіляр кидають запаяним кінцем униз через скляну трубку діаметром 10 мм і висотою 60-80 см, що стоїть вертикально на годинному склі. Капіляр (2) за допомогою гумового кільця прикріплюють до термометра і поміщають у прилад.

При визначенні температури плавлення нагрівання ведуть спочатку зі швидкістю 4-6 град/хв., а ближче до температури плавлення - від 1 до 2 град/хв. Варто фіксувати температурний інтервал від появи рідкої фази до повного розплавлювання речовини в капілярі. Ознакою чистоти речовини є чітка температура плавлення (інтервал не перевищує 0,5 град). Практично вважається припустимим, коли речовина плавиться в межах 1-2 град.

Сублімацію (або возгонку) застосовують для очищення твердих речовин, які при нагріванні минаючи рідку фазу (не плавлячись), переходять у пару, яка при охолодженні легко знову конденсується у твердий стан. Домішки при цьому не сублімуються.

Дослід 3. Сублімація бензойної кислоти

0,5 г бензойної кислоти, забрудненої піском, ретельно розтерти в ступці, перенести в порцелянову чашку і накрити скляною лійкою. Отвір лійки закрити ватою, а саму лійку покрити тканиною, змоченою холодною водою. Чашку поставити на кільце штатива з металевою сіткою і нагрівати на полум'ї спиртівки. Бензойна кислота сублімується, її пари, стикаючись зі стінками лійки, охолоджуються і на стінках лійки утворюються білі блискучі кристали. Чистоту сублімованої бензойної кислоти визначають за температурою плавлення.

Екстракція основана на використанні різниці в розчинності органічних речовин і домішок в тому чи іншому розчиннику. Підбирають відповідний розчинник, який добре розчиняє необхідну речовину і погано розчиняє домішки. Частіше за все в лабораторії органічної хімії екстрагування проводять з водних розчинів. Для виділення органічних речовин, що розчинені у воді, використовують ділильну лійку. Як розчинники органічних сполук часто використовують ефір, ацетон, бензол, хлороформ, чотирихлористий вуглець та ін.

Дослід 4. Екстрагування бензойної кислоти

Для одержання бензойної кислоти влити у ділильну лійку 1-2 мл розчину бензоату натрію, додати 2-3 краплі концентрованої хлоридної кислоти. В результаті реакції обміну утворюються білі кристали бензойної кислоти:

$$C_6H_5COONa + HCl = C_6H_5COOH + NaCl$$

Щоб виділити кислоту з водного розчину в лійку влити 5-6 мл діетилового ефіру та інтенсивно перемішати. Бензойна кислота краще розчиняється в ефірі, тому переходить в нього з водного розчину. Ділильну лійку закріпити лапці штатива, дати суміші відстоятися. Водний і ефірний шари не змішуються, тому чітко видно межу їх поділу. Далі зняти корок з лійки, відкрити кран і злити нижній водний шар суміші в стакан чи колбу. Кілька крапель ефірної витяжки помістити на годинникове скельце і поставити у

витяжну шафу для випаровування ефіру. Через деякий час на склі утворюються кристали бензойної кислоти.

Паперова хроматографія – хроматографічний метод розділення й аналізу сумішей речовин, заснований на їхньому розподілі між рухомою і нерухомою фазами; як носій нерухомої рідкої фази використовують папір.
Для хроматографіних цілей застосовується спеціальний папір, до якого висуваються наступні вимоги: папір повинен бути хімічно чистим, однорідним по щільності, з волокнами однакової довжини, що забезпечує потрібну швидкість руху розчинника.

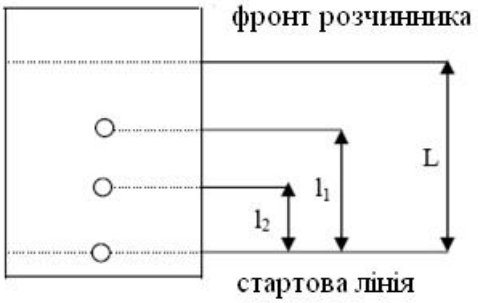
Для водорозчинних речовин в якості рухомої фази застосовуються органічні розчинники, насичені водою, яка служить нерухомою фазою. Нерозчинні у воді речовини повинні хроматографуватися водними розчинами органічних речовин, а нерухомою фазою є неполярні органічні розчинники.
Рухома фаза просувається уздовж аркуша паперу, головним чином за рахунок капілярних сил.

Залежно від способу подачі розчинника розрізняють:
1) висхідна хроматографія (проявник рухається знизу нагору)
2) низхідна (потік рухається зверху вниз, при цьому внесок у рух вносить гравітаційна сила);
3) радіальна хроматографія.
Для чіткого поділу при хроматографуванні необхідно, щоб напрямок руху розчинника збігався з напрямком волокон. При проведенні висхідної лінійної паперової хроматографії на смужку паперу на деякій відстані від нижнього її краю наносять одну або кілька крапель досліджуваного розчину. Пляму підсушують, папір занурюють нижнім кінцем у розчинник таким чином, щоб місце, де нанесені краплі розчину (стартова лінія) залишалася трохи вище поверхні розчинника). Верхній кінець паперу закріплюють.

Компоненти суміші, просуваючись разом з рухливою фазою, беруть участь у багаторазових актах іонного обміну, розподілу між рухомою та нерухомою фазами, утворення осадів та їх розчинення та ін. При цьому, кожен компонент рухається з певною швидкістю, відмінною від швидкості руху інших компонентів, завдяки чому відбувається поділ суміші. Після того як фронт рухомої фази пройде певну відстань, папір виймають із камери та висушують. Речовини після поділу можуть бути відкриті по властивому їм забарвленню. Однак часто хроматограми виходять безбарвні. В цьому випадку можна провести визначення хроматограми розчином реактиву, що

дає кольорові сполуки з компонентами аналізованої суміші. Часто такий метод використовують для визначення неорганічних іонів, що утворюють із тим самим реактивом по-різному забарвлені сполуки.

Для кількісної оцінки рухливості речовини в хроматографічній системі використовують коефіцієнт рухливості Rf, рівний відношенню відстані l, пройденої речовиною, до відстані, пройденої розчинником L:



Rf можна визначити експериментально: на хроматограмі вимірюють відстань l від лінії старту речовини до центру плями і відстань від лінії старту до лінії фінішу розчинника – L. Величина Rf характеризує становище зони речовини на хроматограмі. Зазвичай коефіцієнт рухливості лежить в межах Rf = 0-1. Оптимальне значення становить 0,3 - 0,7.

Умови хроматографування підбираються так, щоб величина Rf відрізнялася від нуля і одиниці. Для відтворюваності і строго постійних умов хроматографування Rf = const. Розділення речовин практично можливо, якщо $Rf(1) - Rf(2) \geq 0{,}1$

На рухливість речовини в умовах хроматографії на папері впливає не тільки коефіцієнт розподілу (D = Cs/Cm, де Cm і Cs – концентрації речовини в рухомій і нерухомій фазах відповідно), але і взаємодія їх з волокнами паперу, характеристика паперу і умова проведення експерименту.

Паперову хроматографію використовують для розділення та аналізу неорганічних та органічних компонентів природних та промислових речовин (наприклад, визначають смоли в нафтопродуктах, рідкісноземельні елементи в гірських породах та мінералах). Цей метод набув велике значення в дослідженні білків, вуглеводів, жирів, антибіотиків, гормонів, каротиноїдів, алкалоїдів та багатьох інших природних сполук.

Дослід 5. Розділення пігментів зеленого листя тонкошаровою хроматографією

У ступку покласти зелений листок, додати 1 мл етанолу і розтерти до однорідної маси. Спиртову витяжку набрати капіляром і нанести на хроматографічну пластину кілька крапель на відстані 1 см від її нижнього

краю. В хроматографічний циліндр налити суміш розчинників бензену і ацетону (5:1) висотою 3-5 мл і закрити кришкою, до якої прикріплена хроматографічна пластина. Нижній кінець пластинки занурити в розчинник не більше, ніж на 2-3 мм і залишити доки він підніметься майже до верхнього краю пластинки. Потім вийняти її, обережно відмітити верхню межу розчинника і обвести олівцем плями пігментів. Виміряти відстань від лінії старту до центру плями (X) і до фронту розчинника. Замалюйте хроматографу і обчисліть величину R_1 для сполук: хлорофілу А (синьо-зелена пляма), хлорофілу В (жовто-зелена), ксантофілу (блідо-жовта), каротину (оранжева), лютеїну (яскраво-жовта). Вимірювання проводити поки пластинка ще волога, так краще розрізнити кольори.

Лабораторна робота № 2

Вуглеводні

Інформаційна частина

Вуглеводні – це органічні сполуки, молекули яких складаються з атомів двох елементів – карбону і гідрогену.

Кожний тип вуглеводнів утворює свій ***гомологічний ряд*** – послідовність подібних за будовою і властивостями сполук, склад якої відображається спільною загальною формулою.

За будовою карбонового ланцюгу всі вуглеводні поділяються на такі ряди:

Аліфатичні вуглеводні (інша назва – **ациклічні вуглеводні**), які мають незамкнуту структуру – нормальну чи розгалужену;

Циклічні вуглеводні, в основі будови яких лежить замкнутий ланцюг. В свою чергу, циклічні вуглеводні включають:

Карбоциклічні вуглеводні, замкнутий ланцюг яких може бути насиченим чи ненасиченим;

Ароматичні вуглеводні, в основі будови яких лежить бензенове кільце складу C_6H_6.

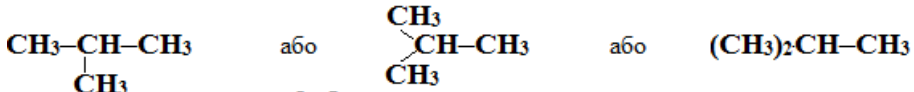
Залежно від характеру хімічних зв’язків між атомами карбону вуглеводні можуть бути такими:

Насичені вуглеводні, в яких атоми карбону сполучені одинарними σ-зв’язками;

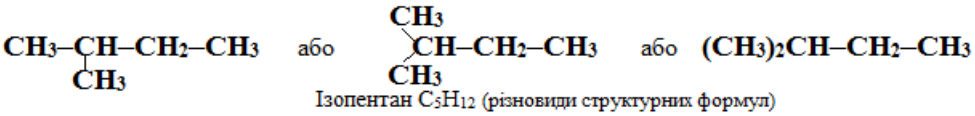
Ненасичені вуглеводні, що містять кратні зв'язки – подвійні (один σ- і один π-), потрійні (один σ- і два π-зв'язки) чи їх комбінацію.

Насичені аліфатичні вуглеводні утворюють гомологічний ряд **алканів** з загальною формулою C_nH_{2n+2} (табл. 1). Інша назва алканів – *парафіни* (від грецького *para affinis*, тобто позбавлені хімічної спорідненості, малоактивні) – свідчить про їх невисоку реакційну здатність.

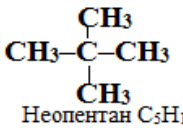
Номенклатура алканів. Згідно із замісниковою номенклатурою IUPAC для перших чотирьох членів гомологічного ряду алканів *офіційно затверджені тривіальні назви*: метан CH_4, етан C_2H_6, пропан C_3H_8, бутан C_4H_{10}, а також для розгалужених алканів – ізобутану, ізопентану і неопентану:



Ізобутан (різновиди запису структурних формул)



Ізопентан C_5H_{12} (різновиди структурних формул)



Неопентан C_5H_{12}

Назви решти алканів з нормальним (нерозгалуженим) ланцюгом складаються із кореня грецького чи латинського числівника, який зазначає кількість атомів С в головному ланцюгу, із додаванням суфікса *-ан*. Іноді перед назвою алкану нормальної будови додають букву «*н*-», щоб підкреслити його нерозгалужену структуру: наприклад, *н*-пентан $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$.

Алкани з розгалуженим ланцюгом вважаються похідними алкану нормальної будови, в яких один (чи декілька) атомів гідрогену заміщені вуглеводневим радикалом.

Ненасичені аліфатичні вуглеводні з одним подвійним зв'язком в головному ланцюзі утворюють гомологічний ряд **алкенів** з загальною формулою C_nH_{2n}, де $n \geq 2$. Інші назви алкенів – **етиленові вуглеводні**, **олефіни**.

Номенклатура алкенів. При утворюванні назви етиленового вуглеводню, суфікс *-ан* відповідного алкану замінюють на *-ен* (чи *-єн*), який вказує на подвійний зв'язок: ет*ан* $CH_3–CH_3$, ет*ен* $CH_2=CH_2$. У назвах сполук з більш довгим ланцюгом після суфікса (через дефіс) необхідно вказувати ***локант*** –

номер атома С в карбоновому ланцюгу, від якого починається подвійний зв’язок.

Ненасичені аліфатичні вуглеводні з двома подвійними зв’язками в головному ланцюгу утворюють гомологічний ряд **алкадієнів** з загальною формулою C_nH_{2n-2}, де n ≥ 3. Інші назви алкадієнів – **дієнові вуглеводні**, **діолефіни**.

Класифікація алкадієнів. Залежно від взаємного розташування двох подвійних зв′язків алкадієни поділяються на три групи:

- ***ізольовані алкадієни***, в яких подвійні зв′язки в ланцюгу розділені однією чи декількома метиленовими групами (–CH_2–):

$$>C=CH-(CH_2)_n-CH=C< \quad , \quad \text{де n = 1,2,3....}$$

Ізольовані алкадієни виявляють хімічні властивості, подібні до звичайних алкенів з тією лише різницею, що в реакцію може вступати не один, а два подвійних зв′язки незалежно один від одного;

- **кумульовані алкадієни**, в яких обидва подвійні зв′язки знаходяться поруч і належать одному атому карбону, наприклад:

$$CH_2 = CH = CH_2$$

пропадієн (ален)

Цю групу алкадієнів часто називають *аленовими вуглеводнями* за першим членом гомологічного ряду; аленові вуглеводні є нестійкими сполуками, вони швидко ізомеризуються в алкіни, тому не мають самостійного значення;

- **спряжені алкадієни**, в яких подвійні зв′язки розділені лише одним σ-зв′язком С–С:

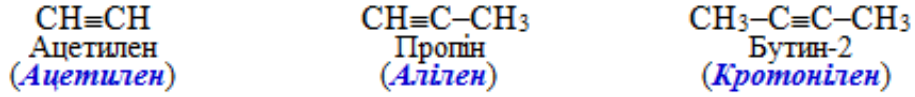
$$>C = CH - CH =C<$$

Саме спряжені алкадієни мають найважливіше значення в органічному синтезі, вони зустрічаються в багатьох біологічно активних природних речовинах (вітаміни, терпени тощо).

Номенклатура алкадієнів. Назви алкадієнів утворюються як похідні від назв відповідних алканів при заміщенні суфікса *-н* закінченням *-дієн*, після якого через дефіс вказуються локанти – номери атомів карбону, з яких починаються подвійні зв′язки. При цьому головний ланцюг нумерують таким чином, щоб до нього входили обидва подвійних зв′язки, а атоми карбону, сполучені подвійними зв′язками, одержали найменші номери.

Ненасичені аліфатичні вуглеводні з одним потрійним зв'язком в головному ланцюгу утворюють гомологічний ряд **алкінів** з загальною формулою CnH2n–2, де n ≥ 2. Інші назви алкінів – **ацетиленові вуглеводні**.

Номенклатура алкінів. Відповідно до вимог IUPAC назви алкінів утворюють шляхом заміненння суфіксів *-ан* у назвах алканів на *-ін* **(**чи *-ин*) із вказуванням номеру атома карбону, з якого починається потрійний зв′язок. Деякі алкіни частіше називають за *тривіальною номенклатурою*, наприклад:

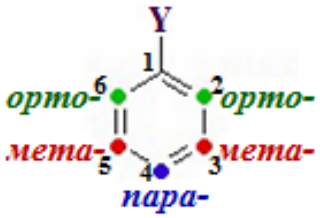


Ацетиленові вуглеводні з потрійним зв'язком у крайньому положенні об'єднуються спільною назвою – ***термінальні алкіни***.

Ароматичні вуглеводні, або **арени –** це карбоциклічні вуглеводні, в основі будови яких лежить бензенове кільце.

Класифікація і номенклатура ароматичних вуглеводнів. За кількістю бензенових кілець арени поділяються на дві групи.

1) Моноядерні арени, до них належить сам бензен C_6H_6 та його гомологи, в яких один чи декілька атомів гідрогену заміщені на бокові ланцюги (насичені чи ненасичені). Назви гомологів бензену утворюють від родопочаткової структури – *бензену* (стара назва, яка зустрічається досить часто, – *бензол*), перед якою наводять назви радикалів у бокових ланцюгах та їх положення. Для багатьох моноядерних аренів вживають *тривіальні назви*, які набули настільки широкого розповсюдження, що їх було введено в правила номенклатури IUPAC. Якщо бензенове кільце містить два однакові радикали, то залежно від їх взаємного розташування використовують додаткові префікси – *орто-* (2,6-положення відносно головного замісника Y), *мета-* (3,5-положення) і *пара-* (4-положення):



2) Поліядерні арени складаються з декількох бензенових ядер. Вони, у свою чергу, поділяються на *конденсовані*, в яких бензенові кільця мають спільні атоми карбону) і *неконденсовані, або ізольовані*, в молекулах яких бензинові цикли розділені σ-зв'язком чи метиленовою групою $–CH_2–$ (однією чи двома).

Практична частина

Дослід 1. Одержання метану та дослідження його властивостей

В суху пробірку насипати суміш, розтерту в ступці (1 г натронного вапна, 0,5 г ацетату натрію, 0,5 г каталізатора (порошок цинку)), закрити її корком з газовідвідною трубкою. Закріпити пробірку в штативі похило отвором донизу, щоб вода, утворена при нагріванні суміші, не змочувала її. Газовідвідну трубку повернути отвором догори і нагріти суміш. Метан не має кольору і запаху, горить безбарвним полум'ям. Тому, щоб виявити його утворення, потрібно піднести до отвору газовідвідної трубки запалений сірник, а потім шматок фільтрувального паперу. Якщо папір загорається або починає тліти, то метан виділяється і горить.

Далі газовідвідну трубку повернути донизу і занурити її отвір у пробірку з розчином калій перманганату. Пропустити метан крізь розчин протягом хвилини, спостерігати чи відбулося його знебарвлення.

Зробити висновок про хімічні властивості метану і алканів уцілому. Скласти рівняння відповідних реакцій.

Дослід 2. Добування етену (етилену) та дослідження його властивостей. Якісна реакція на подвійний зв'язок

У пробірку налити приблизно 3 мл етанолу, додати 1 мл концентрованої сульфатної кислоти (обережно по стінці пробірки) і трішки сухого піску для рівномірного кипіння суміші. Пробірку закрити корком з газовідвідною трубкою і закріпити штативі похило отвором догори. Газовідвідну трубку занурити в пробірку з 2-3 міліграми розчину калій перманганату, підкисленого (3-5 крапель) розбавленою сульфатною кислотою.

Пробірку із спиртом і кислотою обережно нагріти на слабкому вогні, спостерігати виділення бульбашок газу і знебарвлення розчину калій перманганату. Продовжуючи нагрівання обережно вийняти газовідвідну трубку з розчину і повернути її отвором догори, підпалити газ, що виділяється. Етен горить яскравим світним полум'ям. Запишіть спостереження і складіть рівняння реакцій горіння та окиснення етену.

Дослід 3. Одержання етину (ацетилену), якісна реакція на потрійний зв'язок

У пробірку з отвором у дні помістити невеликий жмуток вати, а на нього шматочок кальцій карбіду. Закрити пробірку корком з газовідвідною трубкою і герметично помістити її в конічну колбу з водою. Пробірка повинна ледь торкатися води, щоб вата змочувалася поступово. Газовідвідну трубку занурити в пробірку з розчином калій перманганату, підкисленого розбавленою сульфатною кислотою. Спостерігайте бурхливу взаємодію кальцій карбіду з водою і знебарвлення розчину калій перманганату.

Змінити газовідвідну трубку на коротку і пряму та підпалити ацетилен. Порівняйте горіння етину, етену і метану. В чому різниця? Поясніть явища на основі розрахунку масової частки карбону в молекулах цих вуглеводнів. Складіть рівняння реакцій горіння та окиснення етину. Запишіть спостереження. Зробіть висновки про хімічні властивості вуглеводнів.

Контрольні питання

1. Навести приклади гомологів та ізомерів алканів, алкенів, алкінів, аренів.
2. Напишіть структурні формули ізомерів речовини, формула якої C_6H_{14} . Назвіть їх за систематичною номенклатурою.
3. Вкажіть типи реакцій, характерних для алканів, алкенів, алкінів, аренів. Складіть рівняння відповідних реакцій.
4. Напишіть молекулярні формули:
   а) диброметану; б) тетрахлорпропану;
   в) трихлорбутану; г) тribромгексану.
5. Складіть напівструктурні формули речовин:
   а) 2,4-диметил-2-гексен; б) 3-етил-4,4-диметил-2-гексен;
   в) 2,2,5-триметил-3-гептину; г) 3-етил-4-метил-3,4-дихлор-1-пентину.
6. Напишіть структурні формули можливих ізомерів для речовини, формула якої C_5H_8. Назвіть їх за систематичною номенклатурою, вкажіть тип ізомерії.

7. Напишіть рівняння хімічних реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення:

а) октан → бутан → бутин → бутен → бутан → бромбутан;

б) етан → етен → етанол → карбон (4) оксид
↓
етин → хлоретан → бутан → нітробутан;

в) оксид кальцію → карбід кальцію → ацетилен → оцтовий альдегід → оксид гідрогену ↓
тетрахлоретан

8. Напишіть структурні формули п'яти ізомерів, що містять бензенове ядро, і мають такий склад:

а) $C_9H_{11}Br$; б) $C_{10}H_{14}$; в) C_8H_9OH.

Назвіть їх за систематичною номенклатурою.

9. Напишіть структурну формулу 1,4-диетилбензену та формули ізомерів цієї сполуки, що мають у бензиновому ядрі:

а) два різних радикали;

б) один замісник розгалуженої будови.

10. Яку масу бензену можна отримати з ацетилену, добутого з кальцій карбіду масою 128 г (масова частка домішок у якому 3,4%)

Лабораторна робота № 3

Одноатомні та багатоатомні спирти

Інформаційна частина

Спирти – це органічні сполуки, до складу яких входить одна або кілька гідроксильних груп –ОН, сполучених з вуглеводневим радикалом. Якщо гідроксильні групи –ОН сполучені із ароматичним ядром, то такі сполуки називаються фенолами.

Загальна формула одноатомних спиртів та фенолів, що мають у своєму складі лише одну гідроксильну групу, R-OH.

В залежності від природи та будови радикалу R вони бувають: **насиченими, ненасиченими, ароматичними** тощо.

Спирти можуть утворювати свої гомологічні ряди. Так, спирти насиченого ряду мають загальну формулу $C_nH_{2n+1}OH$.

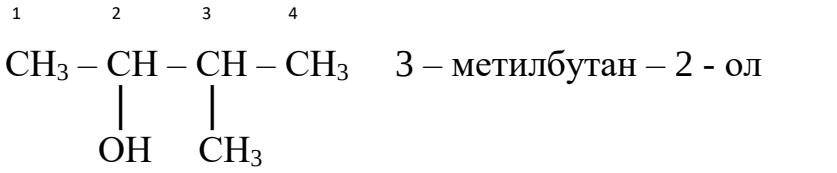
В залежності від кількості гідроксильних груп спирти поділяють на: **одноатомні** (з одним гідроксилом), **дво-, трьохатомні, багатоатомні.**

В залежності від того, з яким атомом карбону сполучена гідроксильна група, розрізняють: **первинні, вторинні, третинні спирти.**

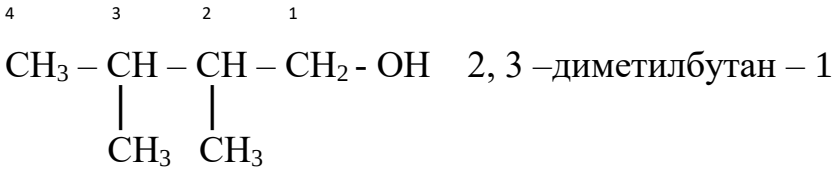
За систематичною номенклатурою назва складається з назви алкану з таким самим числом атомів С і суфікса – *ол*;

Після назви алкану зазначають номер атома С, з яким сполучена група –ОН.

пропан – 1 – ол (раніше: 1 – пропанол)

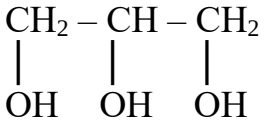


3 – метилбутан – 2 - ол

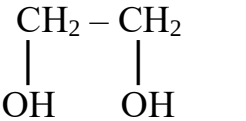


2, 3 –диметилбутан – 1 - ол

Якщо в молекулі кілька груп – ОН, то пишуться суфікси – *діол,* - *триол.*



Пропан - 1,2,3 – триол



Етан – 1,2 – діол

Для спиртів характерна **ізомерія**:

- розгалуження карбонового ланцюга;
- положення гідроксильних груп;
- положення кратного зв'язку (для ненасичених спиртів);
- міжкласова (одноатомним спиртам ізомерні етери (прості ефіри)).

Практична частина

Дослід 1. Виявлення присутності води в спирті та одержання абсолютного спирту

В суху пробірку насипати 1-2 г безводного купрум(II) сульфату, додати 2 мл етанолу, перемішати суміш, інтенсивно струшуючи пробірку. Спостерігайте зміну кольору порошку з білого на блакитний. Одержаний зневоднений

(абсолютний) спирт використати в наступному досліді. Складіть рівняння відповідної реакції.

Дослід 2. Взаємодія етанолу з натрієм

Одержаний в попередньому досліді етанол обережно злити в суху пробірку, помістити в нього шматочок металічного натрію розміром з горошину. Закрити отвір пробірки пальцем і спостерігати за інтенсивним виділенням бульбашок водню. По закінченню реакції піднести запалений сірник до отвору пробірки, прийнявши палець. Що спостерігаєте? У пробірці утворюється безбарвна в'язка желеподібна маса етилату натрію. Додати до нього 1 мл дистильованої води і 1-2 краплі фенолфталеїну.

Пояснити зміну забарвлення індикатора. Складіть рівняння реакцій етанолу з натрієм, етилату натрію з водою та горіння водню.

Дослід 3. Окиснення первинних, вторинних і третинних спиртів

В три пробірки налити по 1 мл розчині калій перманганату і по 5 крапель розбавленої сульфатної кислоти. Потім в першу пробірку додати 5 крапель етанолу (первинний спирт), в другу – 5 крапель ізопропілового спирту (вторинний), в третю – 5 крапель третинного бутилового спирту. Всі пробірки струсити і нагріти на полум'ї спиртівки до зміни кольору розчину. Запишіть спостереження і складіть рівняння окиснення спиртів враховуючи, що первинні спирти окиснюються до альдегідв. вторинні – до кетонів, а третинні – спочатку з утворенням алкенів, а потім, з розривом подвійного зв'язку. до кетонів та карбонових кислот з коротшими карбоновим ланцюгами, ніж у вихідних спиртів.

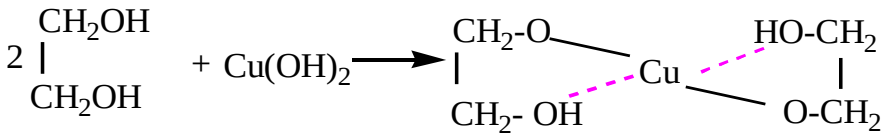
Дослід 4. Взаємодія спиртів з кислотами (реакція естерифікації)

У одну пробірку налити 1 мл розчину неорганічної кислоти (хлоридної чи сульфатної), а в другу – 1 мл органічної (наприклад етанової). В обидві пробірки додати 2-3 краплі метилового оранжевого, спостерігати зміну забарвлення. Далі в кожну з пробірок долити по 1 мл етанолу, перемішати, злегка підігріти. Спостерігати зміну забарвлення розчинів і характерний запах утворених естерів. Запишіть спостереження і складіть рівняння відповідних реакцій.

Дослід 5. Якісна реакція на багатоатомні спирти

У двох-, трьох- і багатоатомних спиртів, на відміну від одноатомних, з

гідроксидами деяких важких металів, наприклад з гідроксидом міді, гліколі утворюють комплексні гліколяти. При цьому не розчинний у воді $Cu(OH)_2$ в гліколі легко розчиняється, утворюється яскраво-синій прозорий розчин :



етиленгліколь гліколят купрум(II)

У пробірку налити 10 крапель 3% розчину купрум(II) сульфату і долити 1 мл 5% розчину натрій гідроксиду. До свіжоприготовленого блакитного драглистого осаду купрум(II) гідроксиду додати 3-4 краплі пропантриолу (гліцерину). Перемішати суміш, струшуючи пробірку. Спостерігати зміни, що відбулися у пробірці. Запишіть спостереження, складіть рівняння реакції.

Дослід 6. Взаємодія пропантриолу (гліцерину) з металічним натрієм (проводити у витяжній шафі)

В суху пробірку налити 2-3 мл гліцерину, закріпити її вертикально в лапці штатива. Обережно додати до гліцерину невеликий шматочок натрію і злегка підігріти пробірку на полум'ї спиртівки до появи в ній іскри. Припинити нагрівання, закрити вікно витяжної шафи і спостерігати енергійну реакцію звуглення гліцерину. Напишіть спостереження і рівняння реакції.

Дослід 7. Окиснення гліцерину калій перманганатом (проводити у витяжній шафі)

В порцеляновій ступці розтерти приблизно 2 грами сухого калій перманганату, згорнути його докучі і додати 2-3 краплі гліцерину. Через кілька секунд гліцерин спалахує і швидко згорає. Запишіть спостереження і рівняння реакції.

Контрольні питання

1. Які речовини називають спиртами? Як їх класифікують?
2. Особливості номенклатури спиртів.
3. В які реакції можуть вступати насичені одноатомні спирти?
4. Яка якісна реакція на багатоатомні спирти?

5. Яка з наведених формул відповідає калій етаноляту:

а) C_2H_4K б)C_2H_4OK в) C_2H_5OK г) C_2H_6OK д) C_2H_6K

6. Вкажіть зв'язок, що існує між молекулами спиртів:

а) ковалентний; б) йонний;

в) водневий; г) донорно-акцепторний

7. Яка з наведених речовин може використовуватись для якісного виявлення гліцерину:

а) металічний натрій; б) купрум(II) гідроксид;

в) арґентум нітрат; г) калій перманганат.

8. Напишіть рівняння хімічних перетворень згідно схеми:

Пропан → пропен → пропанол-1 → етилпропаноат

↓

хлорпропан

9. Складіть формули речовин за назвами:

а) 2,2,4,4-тетраметил-1-пентанол; б) 1,3,5-гексантриол

в) 2-метил, 2-етил-1-пентанол; в) гексангексаол

10. Запропонуйте кілька промислових і лабораторних способів одержання етанолу.

11. Обчисліть масу етанолу, добутого при взаємодії з водою 100 л етилену, що містить 10% домішок, які не піддаються гідратації.

12. Яка маса гліцерину прореагувала з натрієм, якщо утворилося 672 л водню, практичний вихід якого 90%?

Лабораторна робота № 4

Оксосполуки. Альдегіди і кетони

Інформаційна частина

До оксосполук належать органічні речовини, які в своєму складі містять карбонільну групу C=O.

Альдегідами називають сполуки, в молекулі яких карбонільна група зв'язана з алкільним чи арильним радикалом і атомом Гідрогену, Загальна формула альдегідів R – COH.

Кетонами називають сполуки, в молекулі яких карбонільна група C=O зв'язана з двома вуглеводневими радикалами: R – CO – R.

В залежності від характеру радикалів, що входять в молекулу альдегідів і кетонів, розрізняють насичені, ненасичені, циклічні, ароматичн,і гетероциклічні оксосполуки. Кетони можуть бути, крім цього, змішаного типу.

Альдегіди і кетони належать до числа найбільш реакційноздатних органічних сполук, причому альдегіди активніші, ніж кетони. Висока активність оксосполук пов'язана з особливостями будови карбонільної групи C = O. Це зумовлює наявність двох реакційних центрів: електрофільного біля карбону і нуклеофільного – біля атома оксигену

Практична частина

Дослід 1. Одержання оцтового альдегіду окисненням етанолу виявлення його в розчині

В пробірку беруть 0,5 г дихромату калію; доливають 2 мл сульфатної кислоти (1:5) і 2 мл спирту, обережно перемішують. Пробірку закривають корком з газовідвідною трубкою, кінець якої занурюють в пробірку-приймач з 2 мл дистильованої води.. Реакційну суміш обережно нагрівають до кипіння так, щоб вона не потрапила в пробірку-приймач і щоб рідина з пробірки-приймача не затягнулася в реакційну суміш. При цьому змінюється забарвлення. після припинення виділення бульбашок газу вийняти газовідвідну трубку з пробірки-приймача і лише потім припинити нагрівання. Про утворення етаналю (оцтового альдегіду) свідчить різкий характерний запах.

Виявляють етаналь якісною реакцією з фуксинсульфітною кислотою,

в результаті приєднання до неї альдегіду утворюється забарвлена в малиновий колір хіноїдна група. Для цього в пробірку наливають 1 мл розчину фуксинсульфітної кислоти і краплинами доливають одержаний розчин до збільшення об'єму в 1,5-2 рази. Поступово рідина набуває малинового кольору. За його інтенсивністю роблять висновок про кількість добутого альдегіду. Ця реакція дуже чутлива на альдегіди, а з кетонами відбувається дуже повільно.

Дослід 2. Реакція окиснення реактивом Фелінга

Для приготування реактиву Фелінга змішують 1 мл розчину сульфату купруму (3,5 г Си$0$$_4$ в 50 мг води – фелінг №1) з 1 мл розчину виннокислого калію-натрію у воднолужному розчині (17,3 г сегнетової солі і 6 г їдкого натру в 50 мл води – фелінг №2). При цьому утворюється хелатна сполука яскраво-синього кольору. Разом з молекулами води це реактив Фелінга.

В дві пробірки наливають по 1-2 мл розчину альдегіду, доливають рівний об'єм реактиву Фелінга, струшують, і обережно нагрівають до повного зникнення синього забарвлення і виділення цегляно-червоного осаду оксиду купруму (I). Напишіть рівняння реакції взаємодії досліджуваних альдегідів з фелінговим реактивом.

Дослід 3. Реакція «срібного дзеркала» (окиснення альдегідної групи)

Альдегіди легко окиснюються у відповідні кислоти. Так, при взаємодії альдегідів із слабким окисником аміачним розчином оксиду аргентуму(1) відбувається випадання металічного. срібла. Частина його осідає на очищеній поверхні скла, утворюючи так зване срібне дзеркало:

$CH_3COH + Ag_2O \rightarrow CH_3COOH + 2Ag$

Наливають 1/3 частину пробірки концентрованого розчину гідроксиду натрію і обережно кип'ятять 1-2 хв, щоб очистити стінки пробірки. Після цього добре миють водопровідною водою і ополіскують дистильованою.

У вимиту пробірку наливають 2 мл формальдегіду і свіжоприготовлений аміачний розчин оксиду аргентуму. Останній готують в окремій пробірці: 8-10 крапель розчину нітрату аргентуму + 2-4 краплини 1% розчину гідроксиду натрію і до зникнення осаду кілька крапель концентрованого розчину аміаку.

Пробірку тримають напівгоризонтально і обертаючи пальцями, обережно нагрівають на полум'ї спиртівки не доводячи до кипіння.

Записати результати спостережень.

Дослід 4. Одержання йодоформу з оцтового альдегіду

До 1-2 мл розчину оцтового альдегіду, одержаного в досліді 1, додають 1 мл 2%-ого розчину йоду і потім кілька крапель 5%-ого розчину натрій гідроксиду до зникнення забарвлення йоду. При цьому спостерігається помутніння розчину і після відстоювання утворення світло-жовтого осаду йодоформу з характерним запахом. Напишіть рівняння реакції утворення йодоформу з оцтового альдегіду.

Дослід 5. Одержання і виявлення ацетону в розчині

В суху пробірку вміщують 4-5 г сухого ацетату кальцію. Закривши корком з газовідвідною трубкою, укріплюють пробірку в лапці штативу майже горизонтально так, щоб дно пробірки було дещо вище, ніж її отвір. Легким постукуванням досягають утворення каналу над шаром солі в пробірці, газовідвідну трубку занурюють в пробірку-приймач з 2-3 мл дистильованої води. Пробірку-приймач вміщують в склянку з холодною водою. Ацетат кальцію нагрівають спочатку обережно, потім сильно прожарюють протягом 5- 7 хвилин. Сіль при цьому частково обвуглюєгься і чорніє. Пара одержаного ацетону розчиняється у воді. Коли об'єм рідини в пробірці-приймачі збільшується майже вдвоє, виймають газовідвідну трубку з пробірки-приймача. а потім припиняють нагрівання.

а) Виявляють ацетон в розчині якісною реакцією на метильну групу, сполучену безпосередньо з карбонільною групою (йодоформна реакція). Для цього до розчину ацетону доливають 1 мл розчину йоду і кілька крапель 5%-ого розчину натрій гідроксиду до зникнення забарвлення йоду. При наявності ацетону з'являється помутніння і випадає після відстоювання світло-жовтий осад йодоформу з характерним запахом.

б) Після повного охолодження пробірки до залишку доливають 2-3 мл хлоридної кислоти (1:5). Виділення оксиду карбону(IV) вказує на утворення карбонату кальцію. Вихідний ацетат кальцію при підкисленні не виділяє газу.

Напишіть рівняння: реакції одержання ацетону з ацетату кальцію, якісної реакції виявлення ацетону.

Дослід 6. Кольорова реакція ацетону з нітропрусидом натрію (проба Легаля)

Метилкетони утворюють з нітропрусидом натрію забарвлені сполуки,

колір яких при підкисленні посилюється.

На предметне скло наносять І краплю нітропрусиду натрію, краплю води і 1 краплю водного розчину ацетону. При додаванні і краплі розчину гідроксиду натрію суміш забарвлюється в червоний колір, який від додавання краплі розчину оцтової кислоти набуває вишнево-червоного відтінку. Опишіть спостереження.

Дослід 7. Дія ацетону на пластмаси

а) В суху пробірку вміщують 5-6 крапель ацетону і при помішуванні скляною паличкою розчиняють маленький шматок кіноплівки (целулоїду). Коли розчин стане в'язким, змочують в ньому вату і натирають гладкий шматок дерева. Після звітрювання ацетону на дереві залишається плівка лаку.

б) Два шматочки очищеної кіноплівки змочують з країв ацетоном, через 1-2 хв накладають кінці плівки один на другий і злегка стискають. Після висихання шматки плівки міцно склеюються. Якими властивостями ацетону можна пояснити дані досліди?

Контрольні питання

1. Написати структурні формули наступних сполук:

а) 2-метилпентаналь-1; б) 2,3-диметилбутаналь-1;

в) пентанон-3; г) 2-метилгецтанон-4;

2. Написати рівняння реакції, дати назву утворених речовин при окисленні наступних сполук:

а) етилбутилкетону;

б) ізомасляного альдегіду;

в) капронового альдегіду.

3. Запропонуйте схеми одержання ацетону:

а) з н-пропилового спирту;

б) пропілену.

4. Вивести формули всіх ізомерів пентаналю і дати їм назви.

5. Запропонуйте схеми одержання альдегіду.

а) з пропану;

б) з метану.

6. Із ацетату кальцію одержати кетон і написати для нього реакції з п'ятихлористим фосфором, синильною кислотою, гідросульфітом натрію, гідроксидаміном.

Лабораторна робота № 5

Карбонові кислоти

Інформаційна частина

Карбонові кислоти – це органічні речовини, в молекулах яких вуглеводневий радикал сполучений з функціональною карбоксильною групою - COOH.

За кількістю карбоксильних груп вони поділяються на:

одноосновні CH_3 – COOH – етанова кислота;

двоосновні HOOC – COOH – щавлева кислота;

багатоосновні HOOC – CH_2 – C(OH)(COOH) – CH_2 – COOH – лимонна кислота.

За характером радикалу карбонові кислоти бувають:

насичені C_3H_7 – COOH – бутанова (масляна) кислота;

ненасичені $C_{17}H_{33}COOH$ – олеїнова кислота;

ароматичні C_6H_5COOH – бензойна кислота.

Карбонові кислоти, залишки яких входять до складу жирів, називаються **вищими жирними кислотами**: $C_{17}H_{35}COOH$ – стеаринова. $C_{15}H_{31}COOH$ – пальмітинова, $C_{17}H_{33}COOH$ – олеїнова тощо.

Назви карбонових кислот за системою IUPAC походять від насичених (чи ненасичених) вуглеводнів з такою ж кількістю атомів карбону з додаванням суфіксу –ов, закінчення –а та слова кислота. Наприклад:

CH_4 – метан H – COOH – метанова кислота;

$CH_2 = CH – CH_3$ – пропен $CH_2 = CH – COOH$ – пропенова кислота.

Крім систематичних назв використовують тривіальні – мурашина, оцтова, валеріанова та інші.

Карбонові кислоти – хімічно активні речовини. За функціональною карбоксильною групою виявляють кислотні властивості, деякі змінюють забарвлення індикатора, а за радикалом вступають в реакції заміщення атомів

гідрогену. Ненасичені кислоти реагують з воднем, перетворюючись на насичені.

Практична частина

Дослід 1. Одержання оцтової кислоти з ацетату натрію

В пробірку насипати 2 г кристалічного ацетату натрію і додати 2-3 мл конц. сульфатної кислоти. Суміш нагріти. При цьому виділяється пара оцтової кислоти, яку виявляють за запахом. Скласти рівняння реакції.

Дослід 2. Утворення і гідроліз ацетату феруму(III)

В пробірку помістити кілька кристаликів ацетату натрію, 3 краплі води, 2 краплі розчину хлориду феруму (III). Розчин забарвлюється в червоно-коричневий колір внаслідок утворення ацетату феруму (III). Суміш нагріти до кипіння. Випадають пластівці основних солей феруму червоно-бурого кольору і гідроксиду феруму (III). Записати спостереження і рівняння реакції. Зробити висновок про силу оцтової кислоти.

Дослід 3. Відношення карбонових кислот до окисників

В окремі пробірки налити по 1-2 мл 2% розчинів кислот: мурашиної, оцтової, щавлевої, молочної. В кожну додати по 1 мл сульфатної кислоти (1:5) та по 1 мл 0,5% розчину калій перманганату. Всі пробірки енергійно струсити і спостерігати швидкість процесу окиснення за зміною забарвлення розчину. Напишіть рівняння окиснення:

а) мурашиної кислоти, враховуючи, що в її молекулі міститься альдегідна група;

б) щавлевої кислоти, враховуючи, що спочатку йде реакція декарбоксилювання і утворюється мурашина кислота, яка піддається подальшому окисненню;

в) молочної кислоти, враховуючи, що вона є гідроксикислотою, яка окиснюється до кетокислоти

Дослід 4. Взаємодія карбонових кислот з активними металами та їх оксидами

У кілька пробірок налити метанову і етанову кислоти, до них додати невеликі шматочки різних металів – натрію, калію. цинку, алюмінію, оксидів кальцію.

цинку, алюмінію. Опишіть спостереження, зробіть висновок про силу органічних кислот, порівнявши їх з неорганічними. Складіть рівняння відповідних реакцій.

5. Одержання солі бензойної кислоти

У пробірку налити 2 мл розчину бензойної кислоти, додати 1 мл розчину хлориду феруму(III). Записати спостереження і рівняння реакції

Контрольні питання

1. Які речовини називають карбоновими кислотами? Як їх класифікують?
2. Особливості номенклатури карбонових кислот.
3. Які реакції характерні для карбонових кислот?
4. В чому суть реакції етерифікації?
5. Назвіть вищі жирні кислоти. Де вони застосовуються?
6. Складіть напівструктурні формули таких речовин:

а) 2,2-диметилпентанова кислота; б) 2,2,3,3-тетрабромгексанова кислота;

в) 2-метил,3-фенілпентанова кислота; г) 3-метил,3-хлоргексанова кислота

7. Складіть формули ізомерів гептанової кислоти. Назвіть їх за систематичною номенклатурою

8. У чотирьох пробірках містяться такі речовини: мурашина кислота, метанол, пропанова кислота та оцтовий альдегід. За допомогою яких хімічних реакцій можна розпізнати ці речовини. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

9. Здійсніть перетворення, дайте назву речовинам:

$C_8H_{18} \rightarrow C_4H_{10} \rightarrow C_4H_9Cl \rightarrow C_4H_9OH \rightarrow C_3H_7COH \rightarrow C_3H_7COOH$

$CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3COH \rightarrow CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2Ca \rightarrow CH_3COOH$

$CH_3OH \rightarrow H\text{-}COH \rightarrow H\text{-}COOH \rightarrow CO_2 \rightarrow CO \rightarrow CH_3OH$

10. Складіть рівняння реакцій між такими речовинами:

а) 2-метилбутанова кислота і хлор; б) пропанова кислота і 2-пропанол;

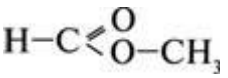
в) мурашина кислота і сода; г) 3-метилпентанова кислота і барій;

д) олеїнова кислота і водень; е) масляна кислота і їдкий натр.

Лабораторна робота № 6

Естери, ліпіди, мила

Естерами називають продукти заміщення гідроксидних груп кислот на залишок спирту -OR. Загальна формула R – O – R. Вони можуть бути утворені як органічними, так і неорганічними кислотами:

 метилметаноат

$C_2H_5 – O – NO_3$ етилнітрат

Естери широко розповсюджені в природі, але звичайно в невеликих кількостях. Вони є ароматоутворюючими компонентами квітів, плодів, ягід. Особливу увагу слід приділити ліпідам. До них відносяться естери і жироподібні речовини рослинного і тваринного походження. їх поділяють дві підгрупи: прості ліпіди (жири) і складні ліпіди, до яких відносять фосфатиди, цереброзиди.

Природні жири класифікують за вмістом в них головних кислот. Характерно, що ця класифікація збігається з класифікацією жирів за біологічним походженням. Іншими словами, жири, що містяться в біологічно споріднених організмах, часто мають і хімічну подібність.

В природі жири знаходяться в насінні, їх мало в плодах і овочах. В живому організмі ліпіди виконують різноманітні функції. їм належить важлива роль у формуванні та старінні організму. Ліпіди є важливим компонентом страви, багато в чому визначаючи її харчову цінність та смакову якість. Велика роль ліпідів у різноманітних процесах харчової технології. Псування зерна, продуктів його переробки при зберіганні (прогіркнення) в першу чергу пов’язане із змінами його ліпідного комплексу.

Ліпіди, виділені з ряду рослин і тварин – основна сировина для одержання найважливіших харчових і технічних продуктів (олій, тваринних жирів, зокрема, вершкового масла, маргарину, жирних кислот).

Мила – це натрієві і калієві солі високомолекулярних карбонових кислот. Практичне значення мають солі кислот з 10-20 атомами карбону в молекулі. 4%-ий розчин мила використовується в боротьбі з тлями та трипсами.

Зараз використання мила в побуті і техніці обмежується, бо воно замінюється синтетичними миючими засобами (детергентами). Це обумовлено їх великою

миючою здатністю, низькою вартістю, економічною вигодою, доступністю сировини порівняно з милами. Для виробництва мил використовуються харчові жири, що веде до зменшення харчових ресурсів.

Практична частина

Дослід 1. Одержання естерів

а) *Добування етилацетату*

В пробірку наливають 2 мл «льодяної» оцтової кислоти і такий же об'єм етилового спирту-ректифікату. До суміші додають І мл концентрованої сульфатної кислоти, кидають 1-2 шматочки пемзи для рівномірного кипіння і закривають корком з газовідвідною трубкою. Кінець трубки занурюють в пробірку-приймач з дистильованою водою. Реакційну суміш нагрівають (регулюючи рівномірне кипіння) до тих пір, поки в пробірці-приймачі не з'явиться шар оцтово-етилового естеру над водою. Після цього забирають пробірку-приймач і припиняють нагрівання суміші.

Напишіть рівняння реакції утворення етилацетату.

б) *Добування ізоамілацетату (грушевої есенції)*

Повторити дослід, замінивши етиловий спирт ізоаміловим (3-метилбутанол-1). Запишіть результати досліду і рівняння реакції. Утворений естер спливає на поверхню. Його присутність виявляють за "фруктовим" запахом.

Дослід 2. Гідроліз ізоамілацетату

Верхній шар одержаного в попередньому досліді ефіру відбирають піпеткою і поміщають в пробірку 1-2 краплі його, потім доливають 5-6 крапель концентрованого розчину гідроксиду натрію і поміщають пробірку у водяну баню. Обережно нагрівають пробірку доти, поки не зникне запах і шар естеру.

Поясніть процес гідролізу естеру і напишіть рівняння реакції.

Дослід 3. Омилення жиру лугом у водному розчині

У велику пробірку наливають 2 мл олії, 2 мл 40%-го розчину гідроксиду натрію і 1 мл етилового спирту. Спирт добавляють для збільшення розчинності олії і прискорення гідролізу. Суміш нагрівають на водяній бані 5-10 хвилин. Закінчення гідролізу визначають за розчинністю

гідролізату в гарячій дистильованій воді. Якщо в пробі помітні крапельки жиру, гідроліз продовжують. В пробірці утворюється клеєве мило, в склад якого входять мило, гліцерин, надлишок гідроксиду натрію і вода. Щоб відділити мило, його висолюють підливши гарячий насичений розчин хлориду натрію. Вміст пробірки перемішують скляною паличкою і охолоджують водою під краном. Мило спливає наверх. Пояснюється це тим, що додавання іонів натрію зменшує дисоціацію мила, і зняттям гідратних оболонок з колоїдних частинок мила. Шар мила виймають паличкою на фільтрувальний папір, вбирають воду. Рідину, що залишилась в пробірці фільтрують і виявляють гліцерин у фільтраті.

Для цього до 1 мл фільтрату добавляють кілька краплин сульфату купруму(II) і добре струшують. Про присутність гліцерину свідчить розчинення блакитного осаду гідроксиду купруму(II) і утворення гліцерату купруму(II) яскраво-синього кольору. Зробіть висновок.

Дослід 4. Гідроліз і обмінні реакції мила

а) Шматочок одержаного мила розчиняють в 6 мл гарячої води, розчин розливають в 3 пробірки. В одну добавляють ацетат плюмбуму(II), в другу – хлорид кальцію, в третю – сульфат купруму(II). В кожній пробірці випадає осад. Зробіть висновок про миючу дію мила в твердій воді. Підтвердіть рівнянням реакції.

б) Шматочок мила розчиняють в 1 мл спирту і добавляють 2 краплі фенолфталеїну. В пробірку поступово добавляють дистильовану воду. З'являється слабо малинове забарвлення. В міру добавляння води інтенсивність зростає. Чому? Підтвердіть рівнянням реакції.

Дослід 5. Одержання бензойноетилового естеру

В пробірку кладуть декілька кристаликів бензойної кислоти, додають 4 краплі етилового спирту і *2.* краплі сульфатної кислоти. Вміст пробірки струшують і обережно нагрівають до кипіння. Виливають одержану безбарвну рідину в пробірку з холодною водою. Відчувається характерний запах бензойноетилового естеру (етилбензоату). Частина бензойної кислоти, що не вступила в реакцію випадає у вигляді кристалів. Рівняння реакції естерифікації:

$C_6H_5COOH + C_2H_5OH \rightarrow C_6H_5CO\text{-}O\text{-}C_2H_5 + H_2O$

Дослід 6. Гідроліз аспірину

Декілька кристаликів аспірину розчиняють в 3-5 мл води. Розчин поділяють на дві частини і одну з них доводять до кипіння, що триває 2-3 хвилини, а потім охолоджують. При додаванні в кожну пробірку, кількох крапель 1%-ого хлориду феруму(III) фіолетове забарвлення з'являється в одній. В якій? Запишіть результат досліду і реакцію гідролізу аспірину. Аспірин є естером саліцилової (за фенольним гідроксидом) та оцтової кислот.

Контрольні питання

1. Назвіть наступні сполуки:

а) $CH_3 – CO – O – C_5H_{11}$;

б) $C_4H_9 – CO – O – CH_2- CH_2 – CH_3$

в) $C_6H_5 – CO – O – CH_3$;

г) $CH_3 – CH (CH_3) – CO – O – C_3H_7$.

2. Напишіть наступні формули:

а) етилбутаноату;

б) ізопропілпропаноату.

3. Напишіть структурні формули ізомерів етерів складу $C|H_{)0}O$. Дайте їм назву.

4. Напишіть рівняння реакцій утворення кислого й середнього естеру з янтарної кислоти і етилового спирту.

5. Напишіть формулу жиру пальмитодистеарину і рівняння реакції гідролізу його в присутності їдкого натру.

6. Чим відрізняються за складом тверді і рідкі жири, розчинні і нерозчинні мила?

7. Напишіть рівняння реакцій утворення єстерів:

а) з молочної кислоти і етилового спирту;

б) із гліколевої кислоти та ізопропилового спирту;

в) із валеріанової кислоти та пропанолу;

г) із 2,3-диметилпентанової кислоти та гептанолу.

8. Обчисліть масу тристеарину, необхідного для добування 184 кг гліцерину, враховуючи, що практичний вихід його 90%.

9. До розчину, що містить 100 г етанолу, долили розчин масою 400 г з масовою часткою етанової кислоти 25%. Обчисліть масу утвореного естеру. Дайте йому назву.

10. Здійснити перетворення:

а) пропан → 1-хлорпропан → 1-пропанол → пропілметаноат → натрій метаноат;

б) гліцерин → тристеарин → стеаринова кислота → мило → гліцерин.
11. Знайдіть в літературних джерелах і запишіть формули і назви естерів, що мають запах квітів, фруктів, прянощів.
12. Напишіть приклади застосування естерів у харчовій промисловості, парфумерно-косметичній промисловості, медицині (ароматерапія), у виробництві побутових засобів.

Лабораторна робота № 7

Властивості простих і складних вуглеводів

Мета: поглибити теоретичні знання з питань, що стосуються класифікації, властивостей моно-, ди-, полісахаридів, їх значення; засвоїти теоретичний матеріал стосовно біологічної ролі вуглеводів та їх похідних; набути вміння виконувати експеримент по виявленню вуглеводів у пробах і дослідженню їх властивостей, а також навички навчально-дослідницької роботи.

Інформаційна частина

Вуглеводи – біохімічні сполуки, які утворюються в рослинах як первинні продукти фотосинтезу та є важливою складовою частиною живих організмів. Вуглеводи за хімічною будовою – це поліоксиальдегіди, поліоксикетони, їх полімери та похідні. Назва “Вуглеводи” не відповідає хімічний будові і поряд з нею вживаються інші: “Цукри”, “Сахариди”, “Глікани”.

За здатністю до гідролізу вуглеводи поділяють на моносахариди (прості цукри), олігосахариди (олігомери, що складаються з кількох залишків моносахаридів) та полісахариди (полімери, що складаються з багатьох залишків моносахаридів).

Моносахариди не підлягають гідролітичному розщепленню з утворенням менших молекул вуглеводів. Їх загальна формула CnH_2nOn. За кількістю атомів карбону в молекулі моносахариди поділяються на групи. Найбільш поширеними є гексози та пентози. Під час їх перетворення в живих організмах утворюються тріози, тетрози, гептози. Найбільше значення в організмі людини мають тріози, пентози і гексози.

За розміщенням карбонільної групи моносахариди поділяють на ряди структурних ізомерів: альдози та кетози. Вони можуть існувати у двох формах: лінійній (ациклічній) і циклічній. Ці форми знаходяться у динамічній рівновазі, їх взаємоперетворення називається таутомерією. **Олігосахариди** – містять від 2 до 10 залишків моносахаридів. У цю групу входять дисахариди, трисахариди і ін. Серед дисахаридів найбільше значення мають мальтоза, лактоза, сахароза. **Полісахариди** – високомолекулярні вуглеводи, які складаються із великої кількості моносахаридів. Вони поділяються на гомополісахариди (входять моносахариди тільки одного типу) і гетерополісахариди (входять моносахариди різного типу). Найважливішими полісахаридами є крохмаль, глікоген, клітковина (целюлоза), пектинові речовини.

З точки зору харчової цінності вуглеводи поділяють на

- ті, що засвоюються (моно та олігосахариди);

- не засвоюються (целюлоза, геміцелюлоза, інулін, пектин, камеді, слизи).

Вуглеводи, які не засвоюються в організмі людини ,не утилізуються, але вони досить важливі для травлення і складають групу харчових волокон.

Практична частина

Дослід 1. Виявлення наявності декількох гідроксильних груп у вуглеводах (якісна реакція на багатоатомні спирти)

Вуглеводи при взаємодії з гідроксидами важких металів дають таку ж реакцію, як і багатоатомні спирти, що підтверджує наявність в їхніх молекулах декількох гідроксильних груп.

У 4 пробірки наливають по 10 крапель 10 % розчину NaOH і додають по 10 крапель 5%-го розчину $CuSO_4$. Спостерігається утворення осаду купрум(II) гідроксиду ($Cu(OH)_2$) із слабо-синім забарвленням. В 1 пробірку додати 3 краплі 1%-го розчину глюкози, в 2 – 1%-го р-ну фруктози, в 3 – 1%-го р-ну сахарози, в 4 - 1%-го р-ну лактози. Вміст всіх пробірок струсити. Спостерігати розчинення осаду купрум(II) гідроксиду і утворення розчинів синього кольору. Розчинення осаду відбувається за рахунок взаємодії $Cu(OH)_2$ з гідроксильними групами вуглеводів з утворенням розчинних комплексних сполук. **Розчини залишають для наступного досліду.** Записати рівняння реакцій, спостереження, висновок.

Дослід 2. **Виявлення відновлювальної здатності вуглеводів**

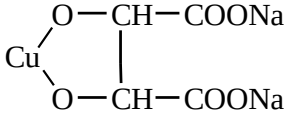
Всі вуглеводи, що мають вільну карбонільну групу (з вільним глікозидним гідроксилом), дають ряд характерних реакцій, заснованих на окисненні цієї групи і відновленні деяких слабких окисників: оксидів купруму, арґентуму, ін. Олігосахариди , що дають такі реакції, носять назву таких, що редукують, в протилежність нередукуючим олігосахаридам, що не містять вільної карбонільної групи. Із збільшенням молекулярної маси редукуюча здатність спадає (полісахариди її практично не проявляють). Реакції окиснення сахаридів легко відбувається в лужному середовищі і важче в нейтральному і особливо в кислому середовищі.

Отримані в досліді 1 розчини комплексних сполук купрум(II) з вуглеводами, перемішати і нагрівати обережно до кипіння.

а**)** У тих пробірках, де знаходяться вуглеводи, що редукують, утворюється спочатку жовтий осад купрум(I) гідроксиду (CuOH), який при подальшому нагріванні переходить в червоний осад купрум(I) оксиду (Cu_2O).

б) *Окиснення вуглеводів реактивом Фелінга.*

Під час нагрівання досліджуваного вуглеводу з реактивом Фелінга при наявності редукуючих вуглеводів утворюється червоно-бурий осад. Реактив Фелінга - це суміш купрум(II) сульфату і лужного розчину сегнетової солі:



Реакція зумовлена окисненням вуглеводу (наприклад, глюкози) і відновленням гідроксиду купруму(II) у гідроксид купруму(I) який розкладається на воду і оксид купруму(I) червоно-бурого кольору:

Сегнетова сіль зв’язує надлишок гідроксиду купруму(II). Сахароза, на відміну від глюкози, фруктози, лактози, мальтози та інших редукуючих вуглеводів, дає негативну реакцію, бо дві монози, які входять до її складу, сполучені за рахунок своїх напівацетальних гідроксилів. Позитивну реакцію дають тільки ті вуглеводи, які мають альдегідну групу або вільний напівацетальний гідроксил.

У одну пробірку помістити 5-6 крапель розчину глюкози, у другу – стільки ж розчину фруктози, в третю – розчин сахарози, в четверту –

лактози. Потім у кожну пробірку додати рівний об’єм розчину реактиву Фелінга. Вміст пробірок перемішати і нагріти. Звернути увагу на появу жовто-червоного осаду купрум(I) оксиду. Скласти рівняння відповідних реакцій. Які вуглеводи цією реакцією визначаються?

в**)** *Окиснення вуглеводів аміачним розчином оксиду аргентуму (реакція срібного дзеркала).*

До 2-3 крапель глюкози додати 1-2 краплі аміачного розчину аргентум оксиду. Нагріти. Спостерігати виділення або чорного осаду або, якщо стінки пробірки були чисті, наліт срібла на стінках пробірки. (Під час нагрівання пробірку не можна струшувати, тому що срібло виділиться не на стінках пробірки, а у вигляді осаду). Провести реакції з іншими вуглеводами, розчином меду.

При окисненні моносахаридів у лужному середовищі утворюється суміш продуктів окиснення внаслідок руйнування моносахаридів. Записати рівняння окиснення глюкози до глюконової кислоти, спостереження, висновок.

Дослід 3. Реакція Селіванова на кетози

При нагріванні з концентрованими мінеральними кислотами (хлоридною, сульфатною) молекули гексоз поступово розщеплюється, утворюючи суміш різних продуктів. У числі інших речовин вони утворюють оксиметилфурфурол, який конденсується з резорцином, утворюючи сполуки з певним забарвленням. Кетози перетворюються на оксиметилфурфурол набагато швидше, ніж альдози, що обумовлює швидкість появи забарвлення і її інтенсивність в розчинах фруктози і сахарози. Ця реакція дозволяє швидко виявити в суміші сахаридів наявність кетогексоз.

У 5 пробірок помістити по 4 краплі реактива Селіванова. В 1 пробірку помістити 4 краплі 1%-го розчину глюкози, в 2 – 1%-го р-ну фруктози в 3 – 1%-го р-ну сахарози, в 4 - 1%-го р-ну лактози, в 5 – 0,5%-го р-ну меду. Всі пробірки обережно повільно нагріти. Спостерігати за появою забарвлення. У присутності кетогексоз з'являється червоне забарвлення.

Дослід 4. Відкриття крохмалю

а) У пробірку помістити 5 крапель крохмального клейстеру і 1 краплю

розчину йоду. Звернути увагу на колір суміші. Нагріти розчин, а потім остудити. Пояснити явища, що спостерігаються.

б) провести йод-крохмальну реакцію на сирій та вареній картоплі, макаронах, хлібові. Пояснити явища.

Дослід 5. Дослідження гідролізу крохмалю

У 8 пробірок поміщають по одній краплі розчину йоду і 2 мл води. У іншу пробірку помістити 20 крапель 0,5% розчину крохмалю і 10 крапель 2н розчину H_2S0_4 і поставити для гідролізу на водяну баню. Перед початком гідролізу і через кожних 3 хвилини відбирають піпеткою краплю розчину і переносять в пробірку з розчином йоду. Послідовні проби виявляють поступову зміну забарвлення при реакції з йодом (синю, синьо-фіолетову, червоно-фіолетову, червонувато-оранжеву, оранжеву і жовту). Гідроліз крохмалю закінчують, коли крохмальний клейстер не даватиме кольорової реакції з йодом. Відзначають загальну тривалість гідролізу.

Крохмаль з йодом дає синє забарвлення обумовлене утворенням адсорбційних сполук йоду з амілозою. Декстрини, залежно від величини ланцюжка, з йодом забарвлюються у фіолетові, червоні, оранжеві кольори. Мальтоза і глюкоза не змінюють забарвлення йоду.

Після того як реакційна суміш перестане давати забарвлення з йодом, суміш кип’ятять ще 2-3 хвилини, охолоджують і нейтралізують 10% розчином гідроксиду натрію. До отриманого розчину доливають рівний об’єм розчину Фелінга і нагрівають. Який можна зробити висновок на підставі реакції з реактивом Фелінга? Представити схему гідролізу крохмалю. Записати спостереження і висновки.

Контрольні питання

1. Загальна характеристика вуглеводів, їх класифікація.
2. Фізіологічне значення вуглеводів.
3. Дайте характеристику моносахаридів, наведіть формули їх основних представників. Розповсюдження моносахаридів в природі, біологічна роль.
4. Якими якісними реакціями можна виявити фруктозу і глюкозу?
5. Дайте характеристику дисахаридів, напишіть реакцію утворення із моносахаридів сахарози і мальтози. Розповсюдження дисахаридів в природі, їх використання в харчовій галузі.
6. Якісна реакція на сахарозу.

7. Охарактеризуйте полісахариди (крохмаль, глікоген, пектинові речовини, клітковина). Розповсюдження полісахаридів в природі, біологічна роль, використання в харчовій галузі.
8. Загальна характеристика вуглеводів.
9. Функції вуглеводів у харчових продуктах.
10. Наслідки надлишку та дефіциту вуглеводів, які засвоюються (доступні вуглеводи).
11. Фізіологічна роль харчових волокон.
12. Шляхи зниження цукру у харчовому раціоні.
13. Обмін вуглеводів.
14. Перетворення вуглеводів під час виробництва харчових продуктів.
15. Методи визначення вуглеводів у харчових продуктах.
16. Якими якісними реакціями можна виявити крохмаль і глікоген?
17. Запишіть рівняння хімічних перетворень, назвіть речовини:

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow C_4H_{10} \rightarrow C_4H_9Cl \rightarrow C_4H_9OH$

18. Запишіть рівняння молочно-кислого бродіння глюкози.

19. Назвіть вуглевод, який належить до кетогексоз:

а) крохмаль; б) цукроза; в) глюкоза; г) фруктоза д) целюлоза.

Лабораторна робота № 8

Нітрогеновмісні органічні сполуки

Інформаційна частина

Нітрогеновмісні органічні сполуки – це такі речовини, в молекулах яких атоми нітрогену безпосередньо сполучені з атомами карбону. До них належать: аміни, аміди, амінокислоти, білки.

Аміни – похідні аміаку, в молекулі якого один або кілька атомів гідрогену заміщені на вуглеводневий радикал.

Аміди – похідні карбонових кислот, в молекулах яких гідроксил карбоксильної групи заміщений н аміногрупу. Найбільш відомим амідом є карбамід, або сечовина $NH_2 – CO – NH_2$.

Амінокислоти — це хімічні речовини, молекули яких одночасно містять аміногрупу $–NH_2$ (в деяких випадках – іміногрупу =NH) та карбоксильну групу –COOH. За тим, до якого атому вуглецю приєднана аміно- (або іміно-) група, амінокислоти поділяються на α, β, γ і т.д. При цьому α-амінокислотами називаються такі, в яких карбоксильна та

аміногрупа приєднані до одного і того ж атому вуглецю; β-амінокислотами – такі, де аміногрупа приєднана до атому вуглецю, сусіднього з тим, до якого приєднана карбоксильна; γ-амінокислотами — такі, де аміногрупа приєднана через один атом вуглецю від карбоксильної, і так далі.

Залишок амінокислоти — це те, що лишається від амінокислот при втраті ними молекули води в ході формування пептидного зв'язку (коли аміногрупа втрачає іон H+, а карбоксильна — іон OH-).

Амінокислоти є структурними одиницями, з яких побудовані протеїни (білки). Завдяки пептидним зв'язкам вони формують полімерні ланцюги, що називаються поліпептидами (якщо вони відносно короткі), або повноцінні білкові молекули.

До складу протеїнів входять 20 α-амінокислот, які кодуються генетичним кодом і називаються протеїногенними або стандартними амінокислотами. Окрім них в організмі продукуються і інші амінокислоти, що називаються непротеїногенними або нестандартними.

Амінокислоти називають звичайно як замісники відповідних карбонових кислот, позначаючи положення аміно групи буквами латинського алфавіту. Застосовується також систематична номенклатура, а для найпростіших – емпіричні назви:

$CH_2(NH_2)$-COOH – амінооцтова кислота, аміноетанова кислота, глікокол, гліцин.

CH_3-$CHNH_2$-COOH – амінопропіонова кислота, 2-амінопропанова кислота, аланін.

Амінокислоти проявляють властивості як кислот так і амінів. Проте в ланцюзі перетворень сильно впливає наявність двох груп.

1. Амінокислоти утворюють солі з лугами. Солі амінокислот з тяжкими металами можуть мати комплексний характер. Таку будову мають наприклад інтенсивно сині солі міді.

2. Подібно до інших кислот амінокислоти утворюють складні ефіри, хлорангідриди, аміди і т. д.

3. Амінокислоти утворюють солі з неорганічними кислотами. Ці солі звичайно добре кристалізуються.

4. При дії азотистої кислоти амінокислоти утворюють оксикислоти.

5. Аміногрупа в амінокислотах легко ацілюється при дії ангідридів або галогенангідридів кислот:

6. В сучасній хімії та біології амінокислот та білків важливу роль відіграє реакція зі зміною кольору(зміна забарвлення на синє).

7. Реакції поліконденсації

α-Амінокислоти при взаємодії між собою утворюють аміди, які називають пептидами.

Білки — складні високомолекулярні природні органічні речовини, що складаються з амінокислот, сполучених пептидними зв'язками.
Зазвичай білки є лінійними полімерами — поліпептидами, хоча інколи мають складнішу структуру. Невеликі білкові молекули, тобто олігомери поліпептидів, називаються пептидами. При утворенні білка в результаті взаємодії α-аміногрупи ($-NH_2$) однієї амінокислоти з α-карбоксильною групою (-COOH) іншої амінокислоти утворюються пептидні зв'язки.

За ступенем розчинності у воді білки бувають **розчинними** (гідрофільними) і **нерозчинними** (гідрофобними). До останніх відносяться більшість білків, що входять до складу біологічних мембран, тобто інтегральних мембранних білків, які взаємодіють з гідрофобними ліпідами мембрани.

За складом виділяють **прості і складні білки**. Прості білки містять тільки амінокислоти, зв'язані в ланцюжки. На відміну від них складні білки мають також неамінокислотні групи. Ці додаткові групи у складі складних білків називаються простетичними групами. Деякі простетичні групи служать кофакторами, необхідними для роботи ферментів. Інші, такі як полісахаридні ланцюжки, допомагають білку приймати потрібну конформацію і додають додаткову стабільність. Прикладами органічних простетичних груп в складі білків служать гем (в складі гемоглобіну), тіамін, біотин та інші. Неорганічні простетичні групи найчастіше складаються з іонів металів, найпоширенішими з яких є цинк, магній і молібден. За типом простетичної групи складні білки поділяють на глікопротеїни, ліпопротеїни, хромопротеїни, нуклеопротеїни, фосфопротеїни, металопротеїни та деякі інші.

Практична частина

Дослід 1. Гідроліз сечовини

До 1 мл 15%-ого розчину сечовини додати 2 мл баритової або вапняної води. Суміш нагріти до кипіння і утворення білого осаду карбонату. До отвору пробірки піднести вологий папірець універсального індикатора. Спостерігати зміну кольору індикатора і появу специфічного запаху. Який газ виділяється

в результаті гідролізу? Пояснити зміну кольору індикатора. Напишіть рівняння реакцій гідролізу сечовини і утворення карбонату.

Дослід 2. Розклад сечовини при нагріванні (утворення біурету)

В суху пробірку насипати приблизно 0,5 г сечовини і нагріти. Сечовина спочатку плавиться з виділенням аміаку, а потім речовина в пробірці густішає і твердне навіть при подальшому нагріванні. Пробірку охолодити, додати в неї 2 мл підігрітої дистильованої води, інтенсивно перемішати суміш і злити рідину в іншу пробірку. Утворився каламутний розчин біурету. До нього добавити розчин гідроксиду натрію до зникнення каламуті і 1-2 краплі розчину купрум(II) сульфату. З'являється червоне забарвлення комплексної солі, утвореної біуретом і сіллю купруму:

$(NH_2 – CO – NH – CO – NH_2) \cdot 2NaOH \cdot Cu(OH)_2$

Дослід 3. Утворення солі гліцину з купрум(II) оксидом

В пробірку налити 5 мл розчину гліцину (глікоколу) і додати приблизно 1 г купрум(II) оксиду. Суміш нагрівати протягом кількох хвилин, спостерігаючи появу синього забарвлення. Гарячий розчин відфільтрувати у фарфорову чашку і випарити на водяній бані до початку кристалізації. Охолоджені кристали мідної солі гліцину блакитного кольору.

Дослід 4. Біуретова реакція

Одна з кольорових реакцій на білки, яка є якісною реакцією на пептидний зв'язок. Таку ж реакцію дають пептиди. При дії на речовини білкової природи розчином купрум(II) сульфату і лугом утворюються комплексні сполуки фіолетового кольору. Дипептиди дають синє забарвлення, трипептиди – фіолетове, тетрапептиди і поліпептиди – червоне.
В одну пробірку влити 1-2 мл розчину білка, в другу – стільки ж розчину желатини. В обидві пробірки долити такий же об'єм розчину лугу і 2-3 краплі розчину купрум(II) сульфату. Суміші інтенсивно перемішати. Як змінився колір сумішей в пробірках? Який висновок можна зробити про склад досліджуваних пептидів за фіолетовим кольором?

Дослід 5. Ксантопротеїнова реакція білків

Якісна реакція на вільні чи конденсовані бензенові ядра. Такою реакцією можна виявити в білках амінокислоти триптофан, фенілаланін, тирозин.

Реакція нітрування ароматичних ядер цих амінокислот супроводжується утворенням сполук жовтого забарвлення.

До 1-2 мл розчину курячого білка додати 0,2-0,3 мл концентрованої нітратної кислоти. Суміш нагріти і кип'ятити протягом 1-2 хвилин і спостерігати утворення розчину і осаду жовтого кольору. До охолодженої суміші долити надлишок концентрованого розчину аміаку. Колір змінюється на жовто-гарячий. Дослід повторити з розчином желатини.

Дослід 6. Відкриття сульфуру і амінного нітрогену в білках

У пробірку налити 1 мл розчину білку і 2-3 мл розчину натрій гідроксиду. Суміш прокип'ятити протягом 2-3 хв, щоб відбулася реакція лужного гідролізу, в результаті якої розриваються пептидні зв'язки, вивільняється аміак і сірководень. Аміак можна виявити за запахом, а сірководень розчином солі плюмбум. Утворення темно-коричневого кольору свідчить про наявність сульфуру. Цією реакцією виявляють сульфовмісні амінокислоти – цисти, цистеїн.

Дослід 7. Реакції осадження білків

А) осадження спиртом.

У пробірку налити 1-2 мл розчину білка і стільки ж етанолу. Випадає осад, що пояснюється дегідратацією молекул білка під дією спирту. Це призводить до зменшення їх стійкості в розчині.

Б) осадження солями важких металів.

В дві пробірки налити по 1-2 мл розчину білка. В одну додати кілька крапель купрум(II) сульфату, в другу – плюмбум(II) ацетату. В обох пробірках випадають осади, які не розчиняються при додаванні води.

Ці реакції використовують для осадження шкідливих солей важких металів з харчових продуктів та при отруєннях солями плюмбум і меркурію.

Дослід 8. Зсідання білків при нагріванні

У пробірку налити 3-4 мл розчину білка. Помістити в неї термометр так, щоб ртутна кулька була занурена в розчин. пробірку з білком помістити в термостійку склянку або колбу з водою, поставити на азбестову сітку і нагріти на сильному полум'ї спиртівки. При появі помутніння або дрібних

пластівців нагрівання припинити і записати температуру, при якій почалося згортання білка. Для точності експерименту дослід повторюють 2-3 рази.

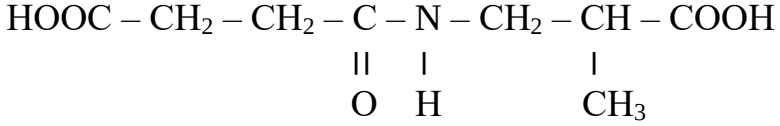
Контрольні питання

1. Напишіть структурні формули можливих ізомерів для сполук складу:
   а) $C_4H_{11}N$ б) $C_5H_{13}N$
   Назвіть їх, вкажіть які з них первинні, вторинні, третинні.
2. Напишіть структурні формули таких сполук:
   а) 3-метил-2-амінопентан;
   б) 1,4-бутандіамін;
   в) диетилпропіламонійбромід;
   г) бутилетилметиламін.
3. Напишіть рівняння реакцій:
   а) горіння метиламіну;
   б) взаємодії пропіламіну з водою;
   в) взаємодії пропіламіну з нітритною кислотою.
4. Складіть рівняння реакцій взаємодії аміноетанової кислоти з:
   а) хлоридною кислотою;
   б) натрій гідроксидом;
   в) хлором (під дією розсіяного світла);
   г) натрієм.

Назвіть утворені речовини за систематичною номенклатурою.

5. Складіть формули і дайте назву ізомерів речовини, формула якої CH_3-CH_2-CH_2-CH_2–CH_2-$CH(NH_2)$-COOH.
6. Напишіть формулу трипептиду, утвореного 1-амінопропановою кислотою.
7. Напишіть структурні формули таких амінокислот:
   а) 5-аміно, 2,3- диметилгексанова;
   б) 2,5- диамінопентанова;
   в) 5-аміно, 2,2- диметилгексанова;
   г) п-амінобензойна.

8. Назвіть продукти реакції, що утворяться в результаті гідролізу, яка має хімічну формулу:



Лабораторна робота № 9

Гетероциклічні сполуки. Нуклеїнові кислоти

Інформаційна частина

Гетероциклічні сполуки – це сполуки, що містять у своїх молекулах кільця (цикли), в утворенні яких крім атомів карбону беруть участь і атоми інших елементів.

Відомі гетероциклічні сполуки з участю більшості елементів періодичної системи. Найчастіше зустрічаються п’яти та шестичленні гетероцикли. Складніші гетероциклічні сполуки побудовані з двох і більше конденсованих циклів.

Багаточисельні гетероциклічні сполуки відіграють важливу роль в біології, медицині, сільському господарстві, тощо. Гетероциклічні сполуки входять до складу найважливіших природних сполук: геміну і хлорофілу, нуклеїнових кислот, амінокислот, алкалоїдів, антибіотиків, вітамінів, тощо. Багато гетероциклічних сполук є пестицидами, що широко використовуються в сільському господарстві (інсектициди, гербіциди, тощо).

Найважливіше значення мають гетероцикли, що містять атоми N, S, O. Властивості гетероциклів визначаються гетероатомами. Вони в значній мірі залежать від характеру циклу і наявності в циклі кратних зв’язків.

Тому, починаючи вивчення гетероциклічних сполук, слід приділити більше уваги питанню будови гетероциклів, а потім детально вивчити властивості, способи одержання, значення окремих груп гетероциклічних сполук (фурану, тіофену, піролу, піридину, пурину та інших груп).

При вивченні гетероциклічних сполук звернути увагу на будову таких біологічно важливих речовин, як хлорофіл, гемін, серотонін, вітамін РР? алкалоїди, антибіотики, тощо.

Практична частина

Дослідження похідних фурану

Дослід 1. Одержання фурфуролу з пентозанів

Фурфурол – похідний альдегід фурану. Це рідина з характерним запахом печеного хліба. Похідні фурану широко розповсюджені в природі.

Наприклад, в багатьох цукрах оксидна форма залишків моносахаридів має форму фурану (фураноза).

Фуран і фурфурол одержують в результаті кислотного гідролізу вуглеводів (пентозанів) при нагріванні відходів деревини, соломи, соняшникового лушпиння, кукурудзяних качанів, висівок та ін. з сірчаною кислотою.

Полісахариди при гідролізі розпадаються на моносахариди. Якщо віднята від пентози 3 молекули води, утвориться фурфурол. Він легко переганяється з водяною парою. Для виявлення його в парі використовують реакцію з оцтовокислим аніліном - утворюється речовина яскраво-червоного кольору. Фурфурол застосовується для одержання пластмас.

Матеріали: висівки, вишневий клей, тирса (дослід можна проводити з різними природними матеріалами), хлоридна кислота (1:1), анілін, оцтова кислота (конц.).

Біля 1 г матеріалу зміщують при струшуванні в пробірці з 2-3 мл хлоридної кислоти і обережно доводять до кипіння. Утворення фурфуролу встановлюють за запахом (запах печеного хліба) і за забарвленням фільтрувального паперу, змоченого ацетатом аніліну, в червоний колір, якщо його потримати в парі суміші, що кипить.

Для одержання ацетату аніліну в окремій пробірці змішують рівні об’єми (по кілька крапель) аніліну і оцтової кислоти. Одержаною рідиною змочують шматок фільтрувального паперу.

Написати рівняння реакції одержання фурфуролу.

Дослід 2. Утворення піролу з янтарної кислоти

Похідні піролу широко розповсюджені в природі. Вони входять до складу багатьох фізіологічно важливих речовин (хлорофілу, гемоглобіну крові, амінокислот, алкалоїдів тощо).

Матеріали: янтарна кислота (в порошку), аміак (25%-ний), цинковий або алюмінієвий порошок, хлоридна кислота (конц), соснова скіпка (паличка). Дослід проводиться у витяжній шафі.

В невелику фарфорову чашку насипають 1 г янтарної кислоти, доливають 2-3 мл води і при перемішуванні скляною паличкою, додають 1-2 мл розчину аміаку до появи його стійкого запаху. До одержаного розчину янтарнокислого амонію додають 1-2 г цинкового або алюмінієвого пилу,

перемішують суміш і випарюють її на полум'ї спиртівки майже досуха при постійному перемішуванні. Одержану масу очищують зі стінок чашки і пересипають в суху пробірку. Суміш в пробірці нагрівають полум'ям спиртівки спочатку обережно, потім сильніше. В пару піролу, що виділяється, вносять соснову паличку, змочену хлоридною кислотою, яка забарвлюється в червоний колір. Це якісна реакція на пірол.

Напишіть рівняння реакції перетворення янтарної кислоти в пірол.

Дослідження піридину

Піридин та його гомологи широко розповсюджені в природі (містяться в кам'яновугільній смолі, олії, входять до складу алкалоїдів, вітамінів, коферментів).

Піридин являє собою рідину з різким запахом, добре розчинну у воді. Водний розчин піридину має слабку лужну реакцію, що пояснюється утворенням основи піридину, яка дисоціює.

Піридин і його гомологи легко утворюють солі з кислотами. Піридин утворює сполуку з таніном, що має кислотні властивості.

По відношенню до окисників піридин, як і подібний до нього за будовою бензол, досить стійкий.

Дослід 3. Розчинність піридину у воді

Матеріали: піридин, хлорид феруму (III) (1%-ний розчин), пікринова кислота (насичений розчин), перманганат калію (0,5%-ний розчин), карбонат натрію (5%-ний розчин), танін (10%-ний розчин), лакмусовий папірець (червоний).

Змішують 1 мл піридину і 5 мл води. Утворюється прозорий розчин, в який занурюють смужку червоного лакмусового паперу. Що спостерігається? Чому? Відмітьте характерний запах піридину.

Дослід 4. Основні властивості піридину

До 0,5-1 мл розчину піридину додають 0,5-1 мл розчину хлориду феруму (Ш). Спостерігається виділення гідроксиду феруму (III).
Опишіть спостереження і складіть рівняння реакції.

Дослід 5. Стійкість піридину до дії окисників

Змішують рівні об’єми (по 0,5-1 мл) розчинів піридину, перманганату калію і соди. Знебарвлення перманганату калію не відбувається ні на холоді, ні при нагріванні суміші до кипіння.

Дослід 6. Утворення пікрату піридину

До 1-2 мл розчину пікринової кислоти додають кілька крапель розчину піридину. стоянні протягом кількох хвилин поступово виділяються голчасті кристали пікрату піридину. При додаванні ще 1-1,5 мл розчину піридину (надлишку) кристали розчиняються.

Дослід 7. Виділення кофеїну з чаю

Кофеїн відноситься до похідних пурину. За будовою кофеїн є 1,3,7-триметил - 2,6-діоксипурином. В значних кількостях кофеїн міститься в кофейних зернах та чайному листі. Він збуджує і підвищує серцеву діяльність, застосовується в медицині. При надмірному вживанні кофеїн шкідливий.

Матеріали: сухий чай, танін (10%-ний розчин), розчин йоду в йодиді калію.

В фарфоровий тигель насипають близько 0,5 г висушеного чаю, накривають годинниковим склом і обережно нагрівають. Спочатку виділяється водяна пара, потім сублімується кофеїн, який осідає у вигляді кристалів на склі. При нанесенні на скло краплі розчину таніну спостерігається утворення білого осаду, при нанесенні на скло краплі розчину йоду в йодиді калію з’являється коричневий осад.

Нуклеїнові кислоти

Нуклеїнові кислоти (ДНК і РНК) є складними сполуками-полінуклеотидами. При гідролізі вони розпадаються на мононуклеотиди, які складаються з азотистих основ, пентоз і фосфорної кислоти.

Нуклеїнові кислоти, що містять в молекулах залишки рибози, називаються рибонуклеїновими кислотами (РНК), а ті, що містять залишки дезоксирибози дезоксирибонуклеїновими (ДНК),

Нуклеїнові кислоти мають складну будову. Молекула ДНК являє собою подвійну, закручену навколо однієї осі спіраль з двох полінуклеотидних ланцюгів.

В молекулі РНК частина гюлінуклеотидного ланцюга спіралізована, частина ж залишається у вигляді лінійної структури на відміну від

молекули ДНК.

ДНК містяться переважно в ядрах клітин, їх функції пов’язані з передачою спадкових ознак. РНК міститься переважно в протоплазмі клітини і в малих кількостях в ядрі.

Контрольні питання

1. Поняття про ароматичність гетероциклічних систем,
2. Напишіть схему взаємних перетворень фурану, тіофену і піролу за Ю.К. Юрьєвим.
3. Пірол як структурна одиниця порфіринів.
4. Триптофан і продукти його метаболізму.
5. Пасивність піридину в реакціях електрофільного заміщення.
6. Реакція піридину як третинного аміну
7. Загальна уява про алкалоїди.
8. Поняття про антибіотики.
9. Пірімідинові основи, що входять до складу нуклеїнових кислот. Напишіть їх таутомерні форми.
10. Пуринові основи, що входять до складу нуклеїнових кислот.
11. Напишіть можливі типи водневих зв’язків між молекулами аденін-тимін, гуанін-цитозин.
12. Похідні піранів.

Література

1. Григоренко О.О. Сучасні методи органічного синтезу: підр. для хім. фак-ту / О.О. Григоренко, О.В. Шабликіна. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2020. – 572 с.
2. Пивоваренко В.Г. Механізми органічних реакцій у розчинах: навч. посіб. / В.Г. Пивоваренко – К.: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 303 с.
3. Очеретенко Л.Ю. Карбонові кислоти. УДАУ: Оперативна поліграфія, 2019. 45с.
4. Мітрясова О.П. Органічна хімія: навч. посіб. / О.П. Мітрясова. – К.: Кондор, 2018. – 418 с.
5. Очеретенко Л.Ю., Бардіж Н.І., Замаховська С.С. Практикум з органічної хімії в 2-х частинах / Л.Ю. Очеретенко, Н.І. Бардіж, С.С. Замаховська. – Умань: Візаві, 2018. – 175 с.
6. Зименковський Б.С. Біологічна і біоорганічна хімія / Б.С. Зименковський, В.П. Музиченко, І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова – К.: Медицина, 2017. – 272 с.
7. Черних В.П. Органічна хімія. Тести з поясненнями: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В.П. Черних, Л.А. Шемчук, Т.О. Колеснікова,. – Х.: НФаУ, 2017. – 460 с.
8. Губський Ю.А. Біоорганічна хімія. – Вінниця.: Нова книга, 2014.
9. Кононський О.І. Органічна хімія: підручник К.: ДАКОР, 2013. 568 с.
10. Буря О.І. Органічна хімія. Дніпропетровськ.: Січ, 2011. – 174 с.
11. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія: навч. посібн. / Ю О. Ластухін, С.А. Воронов – Львів: Центр Європи, 2011. – 864 с.
12. Мітрясова О.П. Вступ до органічної хімії.: «В.Д. Професіонал», 2007. – 396 с.
13. Стеценко О.В., Виноградова Р.П. Біоорганічна хімія. – К.: Вища шк., 2002. – 328с.
14. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 2001. – 528 с.
15. Маковецький П.С. Курс органічної хімії: Навчальний посібник. К.: Вища шк., 1980. – 474 с.