

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Н. В. Мурликіна, О. І. Упатова, О. Г. Уклеїна

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Лабораторний практикум Вправи і завдання

Навчальний посібник

Харків
ХДУХТ
2014

УДК 547(076.5)

ББК 24.2

М 91

Рецензенти:

д-р хім. наук, проф., завідувач кафедри органічної хімії Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна В. Д. Орлов,

канд. техн. наук, доц., завідувач кафедри загальної хімії Харківського національного університету будівництва та архітектури Ю. М. Данченко

Рекомендовано до друку вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі як навчальний посібник (протокол № 11 від 24.06.2014 р.).

За авторською науково-методичною редакцією

Мурликіна Н. В.

М 91

Органічна хімія. Лабораторний практикум. Вправи і завдання : навч. посібник / Н. В. Мурликіна, О. І. Упатова, О. Г. Уклеїна. Харк. держ. ун-т. харч. та торгівлі. – Харків : ХДУХТ, 2014. – 211 с.

ISBN 978-966-405-342-3

Органічна хімія є основою фундаментальної, загальнопрофесійної, спеціальної підготовки студентів напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія». З метою організації ефективної самостійної роботи студентів з органічної хімії кожен розділ посібника містить теоретичну частину, завдання для самостійної та індивідуальної роботи. Засвоєння теоретичних і практичних основ органічної хімії дозволить сформуванню у студентів комплекс хімічних знань і навиків, спрямованих на активне формування професійних компетенцій, необхідних для виконання виробничих функцій майбутніх фахівців.

УДК 547(076.5)

ББК 24.2

© Мурликіна Н. В., Упатова О. І.,
Уклеїна О. Г., 2014

© Харківський державний університет
харчування та торгівлі, 2014

ISBN 978-966-405-342-3

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Органічна хімія» є нормативною дисципліною циклу математичної, природничо-наукової підготовки студентів, які навчаються за напрямом 6.051701 «Харчові технології та інженерія». Як фундаментальна дисципліна в хімічній освіті вона вивчається з метою сприяння активному формуванню професійних компетенцій, спрямованих на виконання виробничих функцій майбутніх фахівців. Засвоєння теоретичних і практичних основ органічної хімії дозволить сформуванню у студентів комплекс хімічних знань і навичок щодо структури речовин, їх перетворень і можливих сфер застосування; оволодіти навичками системного аналізу якості сировини та продуктів із метою прогнозування зміни комплексу властивостей у процесі переробки, зберігання та виробництва продуктів. Органічна хімія викладається з урахуванням сучасного рівня розвитку хімічної науки та вимог до підготовки висококваліфікованих інженерів-технологів.

Навчальний посібник, до якого увішли теоретичні і довідкові матеріали, лабораторний практикум, вправи і завдання з 9 тем дисципліни, складено згідно з робочою програмою дисципліни «Органічна хімія», розробленою на підставі галузевого стандарту вищої освіти України відповідно до вимог освітньо-професійної програми підготовки фахівців за напрямом 6.051701 «Харчові технології та інженерія» за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр».

У вступі навчального посібника викладено правила техніки безпеки під час роботи в лабораторії органічної хімії, відомості щодо лабораторного обладнання й посуду, які застосовують під час лабораторних робіт, інформацію щодо організації самостійної роботи студентів з підготовки до лабораторних робіт, їх протоколювання. У наступних розділах наведено найважливіші методи виділення і добування органічних речовин у чистому вигляді, якісного елементного аналізу органічних речовин, коротку інформацію щодо загальної характеристики класів органічних сполук, їх будови і властивостей. Увагу студентів спрямовано на ознайомлення з номенклатурою, ізомерією, фізичними і хімічними властивостями, індивідуальними особливостями представників гомологічних рядів, генетичними зв'язками між різними класами органічних сполук.

Лабораторні роботи з органічної хімії є важливим етапом навчального процесу студентів і сприяють активному міцному засвоєнню знань, набуванню й удосконаленню навичок практичної підготовки. Лабораторний практикум складено на підставі багаторічного науково-педагогічного досвіду викладання органічної хімії у вищих навчальних закладах, а також з урахуванням науково-методичних основ організації і проведення лабораторного експерименту.

Більшість реакцій, поставлених на лабораторних роботах, є пробірковими і не потребують складного лабораторного обладнання, унікальних реактивів, значних матеріальних витрат, проте вимагають бездоганної техніки їх виконання, яку

слід удосконалювати впродовж вивчення дисципліни. До практикуму включено лише безпечні, ретельно підібрані досліди, які пропонуються для виконання у відповідній логічній послідовності. Студентам у доступній і зрозумілій формі наводиться техніка і методика проведення різних видів навчального експерименту, призначеного характеризувати будову речовин, властивості основних класів органічних сполук, ілюструвати способи їх промислового добування і розкривати основи їх практичного використання.

Підготовка до лабораторної роботи передбачає здійснення студентами цілого комплексу самостійних заходів різного ступеня ускладнення й креативності — вивчення методик проведення дослідів або експерименту й хімізму реакцій, що лежать в їх основі, підбір схем реакцій, які відповідають зазначеним перетворенням, пошук інформації щодо очікуваних спостережень у ході перебігу реакцій, а також прогнозування і попереднє формулювання висновків з лабораторної роботи.

Значну роботу авторів у напрямку пошуку сучасних методик викладання органічної хімії, проведення навчального експерименту було зорієнтовано на технології навчання, в основі яких є самостійна діяльність. З метою організації ефективної самостійної роботи студентів з органічної хімії кожний розділ посібника містить теоретичну частину і завдання для індивідуальної роботи з відповідних тем — «Контрольні завдання» теоретичного, практичного або експериментального характерів. Виконання індивідуальної роботи передбачає глибоке опрацювання теоретичного матеріалу як розглянутого в межах лекційного часу, так і самостійно.

Посилення активних, креативних започаткувань у навчальному процесі через організацію науково-дослідної та інноваційної роботи студентів є важливим чинником формування особистості майбутнього спеціаліста-професіонала. Зокрема у поданому навчальному посібнику студентам пропонується тематика пріоритетних напрямів науково-дослідної роботи, у якій відображено сучасні тенденції розвитку і проблематика як органічної хімії, так і хімії в цілому.

У цьому навчальному виданні викладено результати впровадження у навчальний процес із дисципліни за темою науково-дослідної роботи кафедри загальної та харчової хімії 10-11-12Б (№ 0110U006621) «Удосконалення науково-методичного забезпечення хімічної підготовки фахівців для харчової індустрії шляхом використання інформаційно-комунікаційних технологій» та дисертаційних досліджень «Удосконалення технології м'ясних січених виробів шляхом використанням емульгаторів ацилгліцеринної природи», виконаної в межах науково-дослідної роботи ХДУХТ «Розробка наукових принципів регулювання властивостей сировини тваринного походження в технологіях харчової продукції масового споживання» 3-13-БО.

Автори сподіваються, що запропонований студентам навчальний посібник допоможе успішно вивчити і засвоїти органічну хімію, а також стане в нагоді під час вивчення дисциплін циклу професійної та практичної підготовки.

ПРАВИЛА РОБОТИ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

До лабораторних занять у хімічній лабораторії студенти допускаються лише після докладного інструктажу з техніки безпеки (ТБ).

Недотримання елементарних правил роботи і вимог ТБ, недбалість, невміле поводження з лабораторною технікою і незнання властивостей речовин, з якими доведеться працювати, неминухо може призвести до нещасних випадків.

Слід пам'ятати найтипівіші приклади небезпеки у роботі в лабораторії органічної хімії: отруєння кислотами, лугами, фенолом, газами; опіки термічні, їдкими речовинами, розчинами кислот чи лугів, непогашеним вапном, йодом, рідким бромом; порізи, удари; потрапляння в очі сторонніх тіл, їдких рідин; ураження електричним струмом тощо.

Студенти повинні дотримуватися таких вимог, а саме:

до початку роботи:

– розпочинати виконання дослідів лише після ретельного ознайомлення з умовами та технікою їх виконання, властивостями і призначенням усіх використовуваних реагентів і розчинників;

– знаходитися й працювати в навчальній лабораторії лише в спеціальному одязі (білих халатах);

під час роботи:

– не виходити з лабораторії без дозволу викладача, не вживати їжу в лабораторії;

– перед використанням будь-яких речовин для дослідів уважно розглянути етикетку на склянці, у якій зберігаються реактиви, для запобігання помилок, що можуть призвести до нещасних випадків;

– досліди проводити з тими кількостями й концентраціями речовин у посуді за тих умов і послідовності, які зазначені методикою;

– насипати або наливати реактиви слід на столі;

– забороняється брати реактиви незахищеними руками, для цього використовувати фарфорові ложки, шпателі або совочки;

– не дозволяється просипаний або пролитий випадково реактив зсипати або зливати назад у тару до основної кількості реактивів;

– усі операції з легкозаймистими речовинами, концентрованими кислотами та лугами і роботу з металічним натрієм проводити лише у витяжній шафі;

– забороняється залишати без нагляду запалені спиртівки, а також увімкнені електронагрівальні прилади;

– під час нагрівання рідин не зазирати в посудину (навіть у пробірку) згори, бо в разі можливого викидання нагрітої речовини можуть бути нещасні випадки;

– для уникнення викиду киплячої рідини з реакційної посудини нагрівання її проводити рівномірно, часто перемішуючи, заздалегідь помістивши на дно посудини 2–3 кип'ятільних камінці (дрібні шматочки пористого неорганічного матеріалу, наприклад, неглазурованої облицювальної плитки);

– нагрівання пробірок з речовинами проводити поступово і рівномірно,

тримати пробірку за допомогою спеціального затискувача похило, періодично струшуючи, спрямовуючи отвір пробірки від себе та від інших людей, які працюють у лабораторії;

– не визначати речовину за запахом, нахилившись над отвором посудини і сильно вдихаючи пару чи газ, що виділяються, і визначати лише наступним чином — легким рухом долоні над отвором посудини спрямувати пару або газ до носа і вдихати обережно;

– закріплювати посуд у тримачах штатива, обережно обертаючи посуд навколо осі, доки не з'явиться незначне ускладнення в обертанні;

після закінчення роботи:

– залишки кислот, лугів, сірчистих сполук, вогнебезпечних рідин, а також розчини, одержані в результаті дослідів, зливати в призначені для цієї мети склянки (не виливати в раковини);

– вимити лабораторний посуд, розставити штанглази і склянки з робочими розчинами на їх місця, витерти робочу поверхню столу, закрутити водопровідні крани, вимкнути електроприлади, витягну вентиляцію і погасити світло в лабораторії;

– ретельно вимити руки з милом.

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ В НАВЧАЛЬНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ТА ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Меблі. Основні меблі в лабораторії органічної хімії — лабораторні столи й стільці, витяжні шафи, мийка, шафи для реактивів, приладів та іншого обладнання, необхідного для ефективного проведення занять.

Лабораторний стіл — основне робоче місце для виконання лабораторних робіт з органічної хімії. У кожному столі є шухляди для речей студента, посуду та приладів. На столі розміщені приставка для реактивів, розетки для вмикання електронагрівальних приладів.

Лабораторні стільці повинні мати конструкцію, яка дає змогу змінювати їх висоту залежно від зросту студента і вільно повертатися на різні боки.

Витяжні шафи — спеціальні шафи, обладнані примусовою вентиляцією, герметичні, мають розетки для з'єднання з електромережею тощо. У них зберігаються мінеральні та органічні концентровані кислоти, отруйні речовини і речовини з неприємним запахом (наприклад, бромна вода, нітробензен, фенол, формалін), леткі сполуки і легкозаймисті речовини (наприклад, бензин, діетиловий етер тощо). Витяжними шафами, як правило, користуються для проведення лабораторних робіт, під час яких утворюються і виділяються отруйні речовини (наприклад, акролеїн), можливе розбризкування сильнодіючих кислот (сульфатної, хлоридної, нітратної) або лугів (калій і натрій гідроксидів), утворення уламків скла, що можуть потрапити на шкіру і в очі (наприклад, під час проведення проби Лассеня з визначення вмісту в органічних речовинах Нітрогену) та інших небезпечних для студентів і працівників кафедри робіт. У лабораторії

передбачено мати окремі столи для приладів, обладнання, реактивів.

Прилади і посуд. Практикум з органічної хімії включає основні різновиди експерименту: синтез органічних речовин, виділення та очищення органічних речовин, ідентифікацію органічних речовин.

Для проведення лабораторного експерименту з органічної хімії в лабораторії мають бути наступні прилади, а саме: посуд і лабораторне приладдя — пробірки, хімічні стакани, колби тощо (рис. 1–3, 5–10), штативи (рис. 4); прилади для зважування — аналітичні, торсійні ваги (рис. 11–14); приладдя для перемішування (рис. 15); приладдя для нагрівання — термостат і сушильна шафа, піщані, повітряні, водяні та масляні ogrivniki (рис. 16–20), приладдя та скляний посуд спеціального призначення — ексикатори (рис. 21), холодильники (рис. 22, 23), приладдя для фільтрування і відсмоктування (рис. 24–25, 27), промивалки (рис. 25), крапельні лійки (рис. 28), ділильні лійки (рис. 29), прилади для простої перегонки (рис. 30) та інші.

Синтез органічних речовин

Реакційні посудини

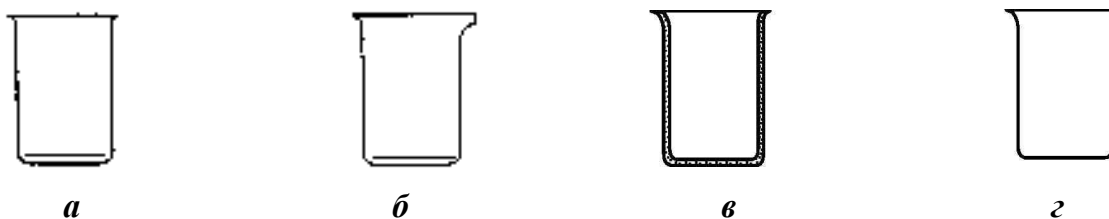


Рисунок 1 – Хімічні стакани:

a – без носика; *б* – з носиком; *в* – фарфоровий; *г* – скляний термостійкий

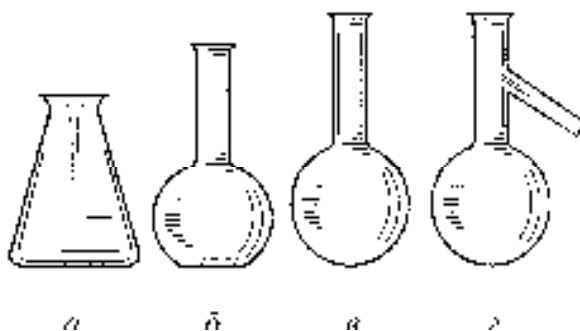


Рисунок 2 – Колби:

a – конічна (Ерленмейєра); *б* – плоскодонна; *в* – круглодонна;
г – з бічним відводом (Вюрца)

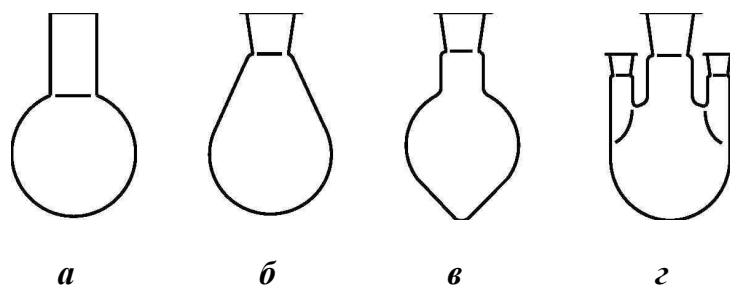


Рисунок 3 – Реакційні колби:

a – круглодонна; *б* – грушоподібна; *в* – гостродонна; *г* – багатогорла

Лабораторне приладдя

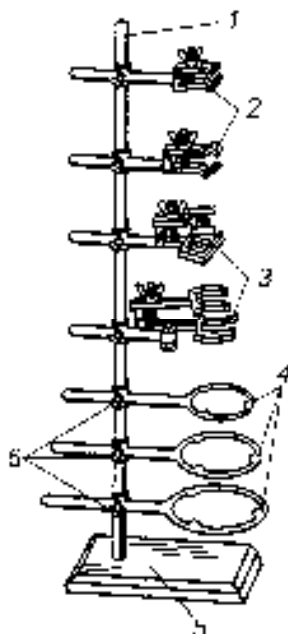


Рисунок 4 – Лабораторний штатив:

1 – стержень; 2 – тримачі для пробірок; 3 – тримачі для бюреток, холодильників тощо; 4 – кільця різного діаметра; 5 – основа; 6 – муфти

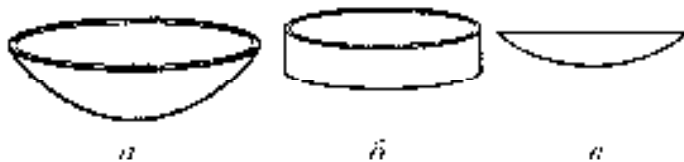


Рисунок 5 – Посуд: *a* – фарфорова чашка; *б* – чашка Петрі; *в* – годинникове скло

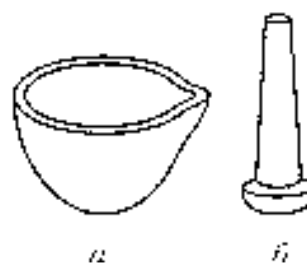


Рисунок 6 – Фарфоровий посуд: *a* – ступка; *б* – товкачик

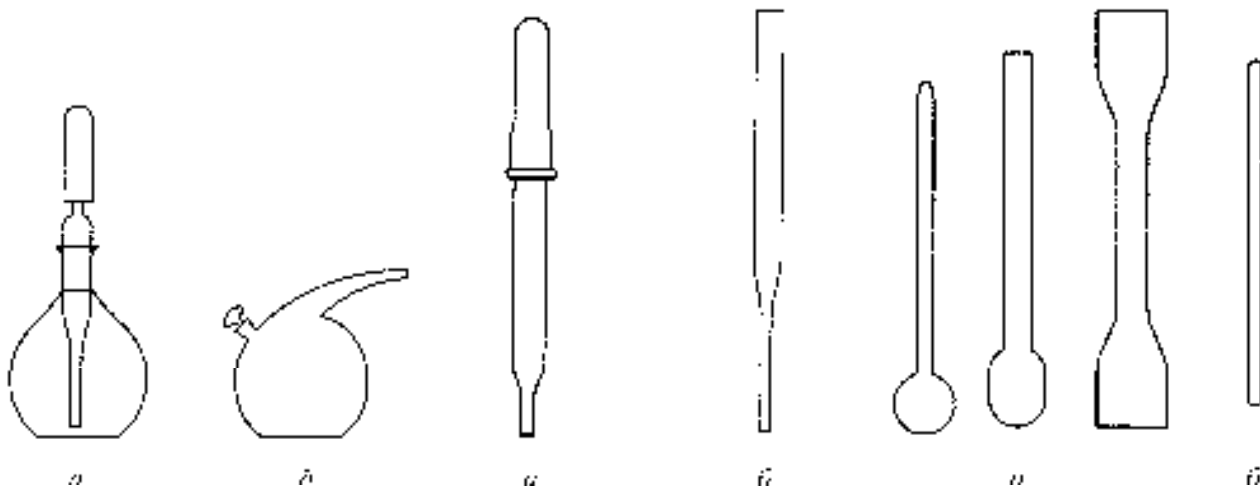


Рисунок 7 – Крапельниці:

a – з піпеткою;
б – з носиком

Рисунок 8 – Піпетки:

a – крапельна (медична);
б – капілярна

Рисунок 9 – Приладдя:

a – шпателі; *б* – скляна паличка

Прилади і посуд для зважування



Рисунок 10 – Бюкса — склянка з притертою кришкою для зважування

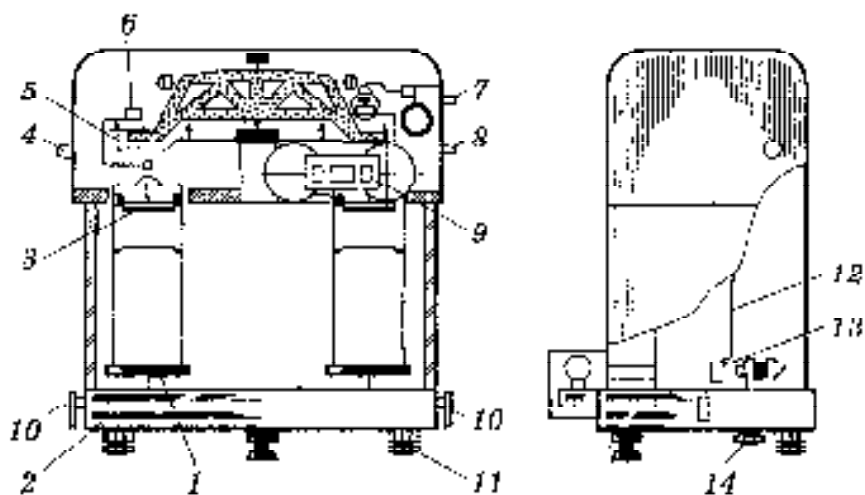


Рисунок 11 – Аналітичні терези ВЛР-200:

1 – чашки; 2 – підкладина; 3 – демпфери;
4; 7; 8, 10, 14 – ручки; 5 – призми; 6 – серга;
9 – екран; 11 – гвинти; 12 – стрілка; 13 – шкала

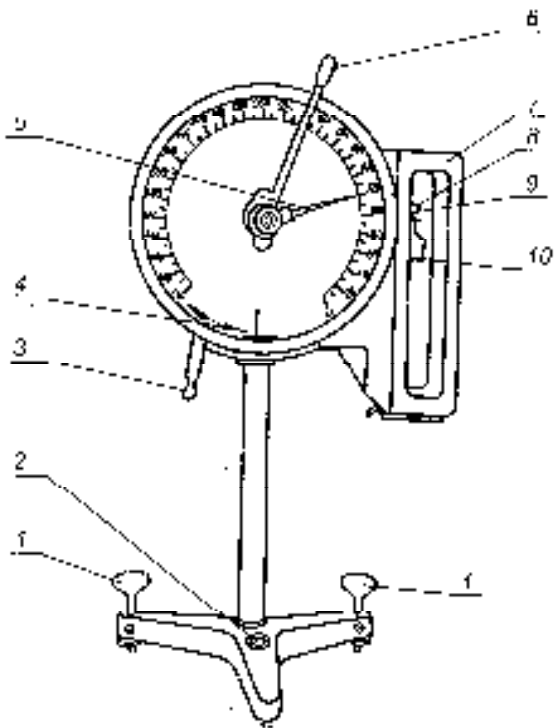


Рисунок 12 – Торсійні терези

- 1 – гвинт; 2 – рівень сферичний;
- 3 – важіль; 4 – стрілка контрольна;
- 5 – стрілка відлікова; 6 – хомутик;
- 7 – кришка; 8 – коромисло;
- 9 – гачок; 10 – чашка

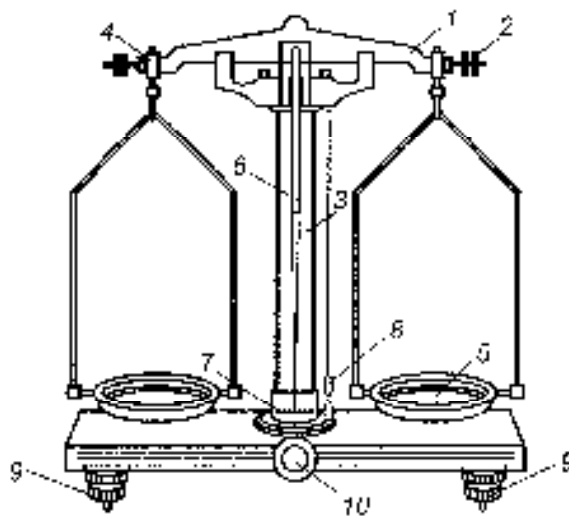


Рисунок 13 – Технохімічні терези

- 1 – коромисло;
- 2 – важелі для балансування;
- 3 – опорна колонка;
- 4 – серга; 5 – чашка; 6 – стрілка;
- 7 – шкала; 8 – прямовис;
- 9 – установочний гвинт;
- 10 – ручка аретира

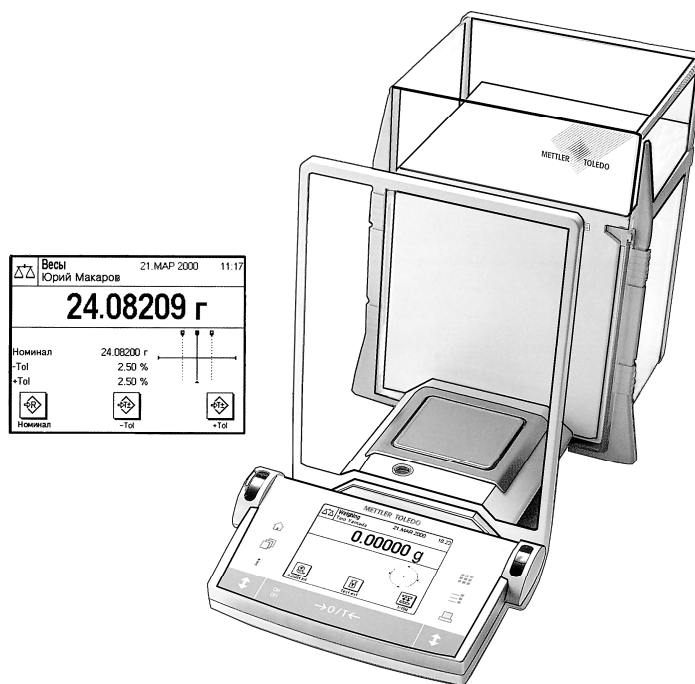


Рисунок 14 – Аналітичні терези нового покоління компанії METTLER TOLEDO

Терези нового покоління (рис. 14) характеризуються унікальною технологією зважування, сполучають точність і відтворюваність результатів вимірювання, здатність ураховувати умови праці в лабораторії та індивідуальні особливості співробітників. В одному корпусі передбачено поєднання декількох установок (близько десяти) користувачів для різноманітних задач, що розв'язуються в лабораторії. Легким дотиком до екрана можна активізувати один з варіантів цих установок. Убудована система *SmartTrac* дозволяє швидко брати наважку заданої маси, а завдяки системі *SmartSens* можна зважувати навіть не доторкуючись до терезів: тарування, відкривання і закривання дверцят здійснюється автоматично.

Приладдя для перемішування

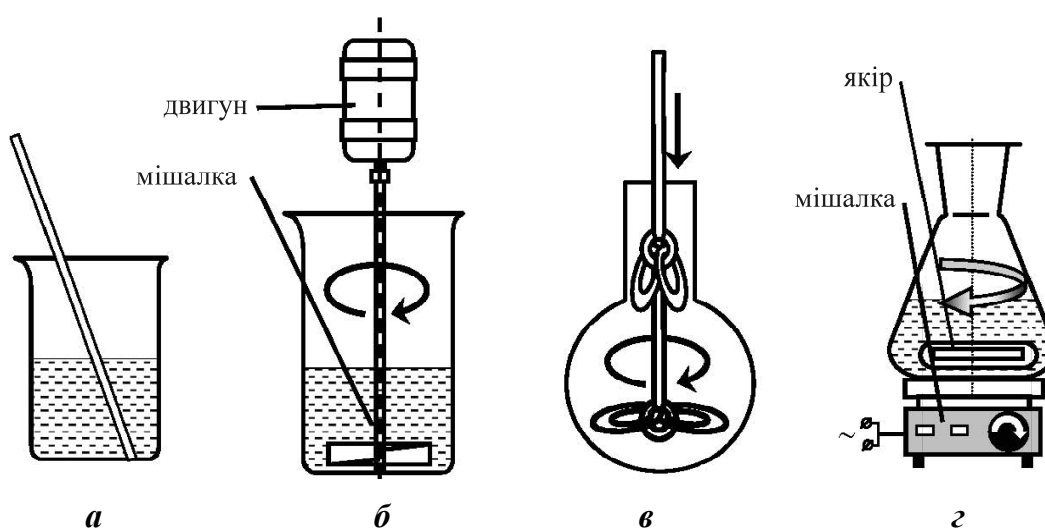


Рисунок 15 – Мішалки:

a – скляні палички; *б* – пропелерні; *в* – лопатні; *г* – магнітні

Приладдя для нагрівання

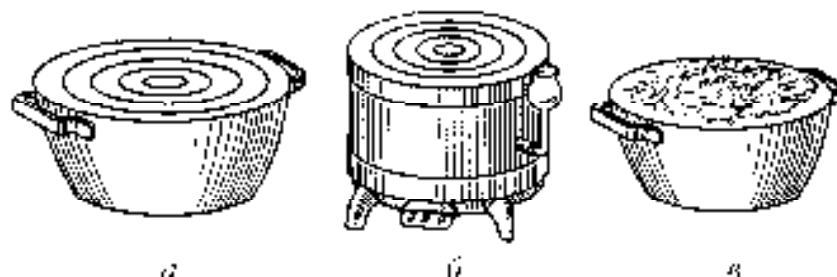


Рисунок 16 – Огрівники:

a – водяний простий; *б* – водяний з електропідгрівом і показником рівня води; *в* – піщаний



Рисунок 17 – Одрівник повітряний

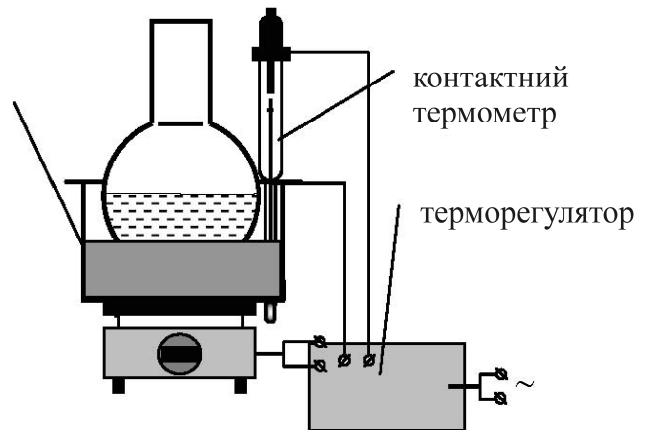


Рисунок 18 – Одрівник водяний

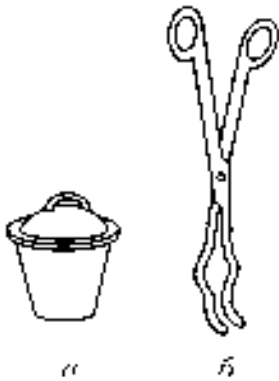


Рисунок 19 – Приладдя:

a – тигель; *б* – тигельні щипці

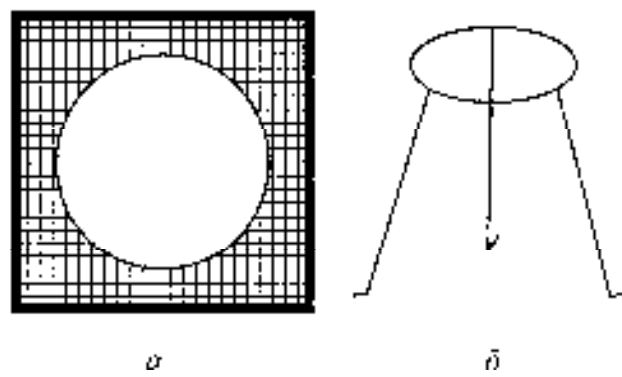


Рисунок 20 – Приладдя:

a – азбестова сітка; *б* – тринога

Приладдя для зберігання висушених речовин

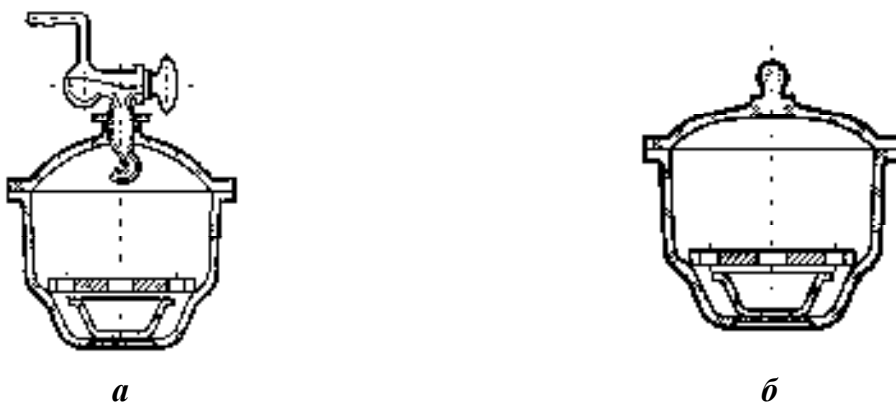


Рисунок 21 – Ексикатори:

a – з краном вакуумний; *б* – без крана

Приладдя для конденсації

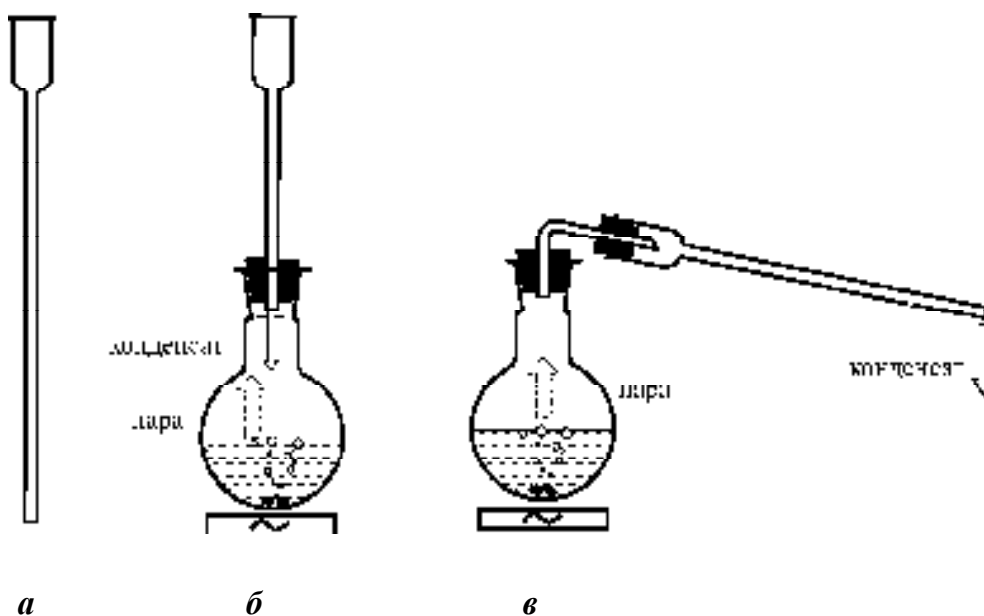


Рисунок 22 – Холодильники:

a – прямий повітряний; *б* – зворотний; *в* – низхідний

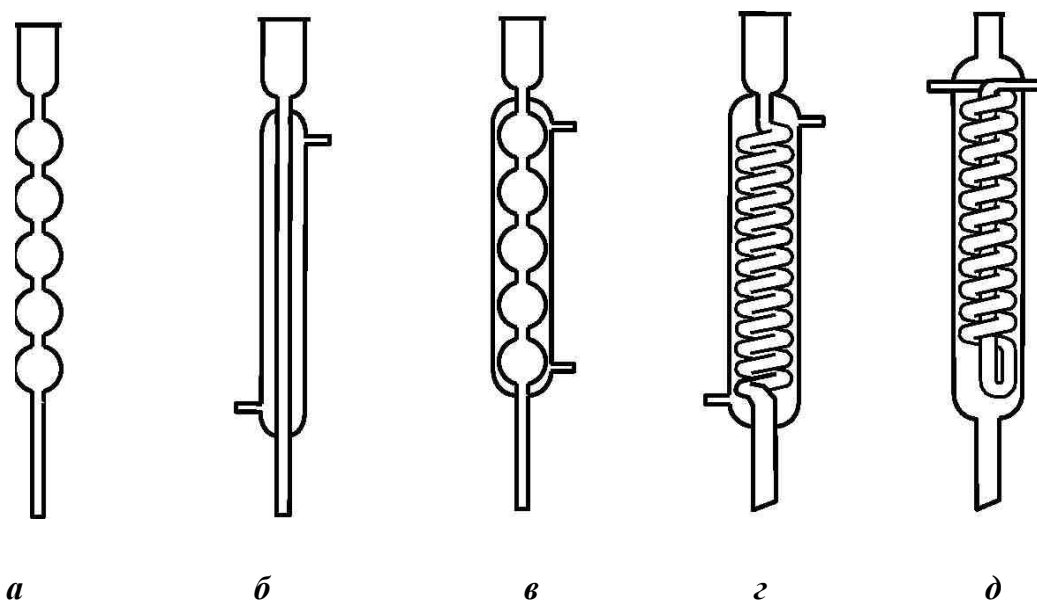


Рисунок 23 – Холодильники:

a – кульковий; *б* – прямий – холодильник Лібіха; *в* – зворотний – кульковий водяний; *г* – низхідний – змійовиковий; *д* – Димрота

Виділення та очищення органічних речовин

Виділення твердих речовин із реакційної маси. Фільтрування та відсмоктування

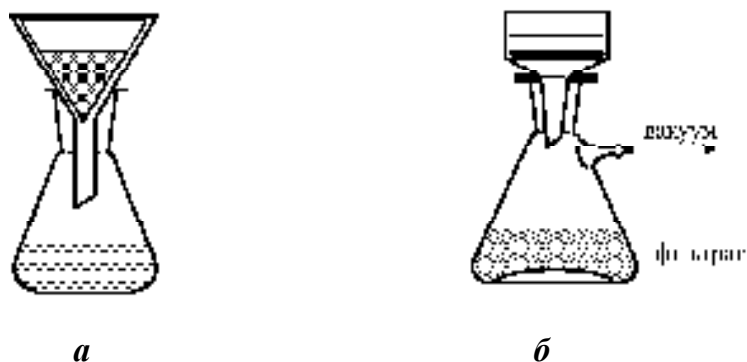


Рисунок 24 – Виділення твердих речовин із реакційної маси:

a – фільтрування крізь складчастий паперовий фільтр;
б – відсмоктування за допомогою колби Бунзена і лійки Бюхнера

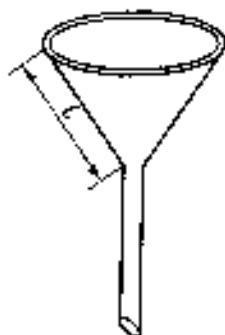


Рисунок 25 – Конічна лійка

l – довжина «твірної» лійки



Рисунок 26 – Промивалка

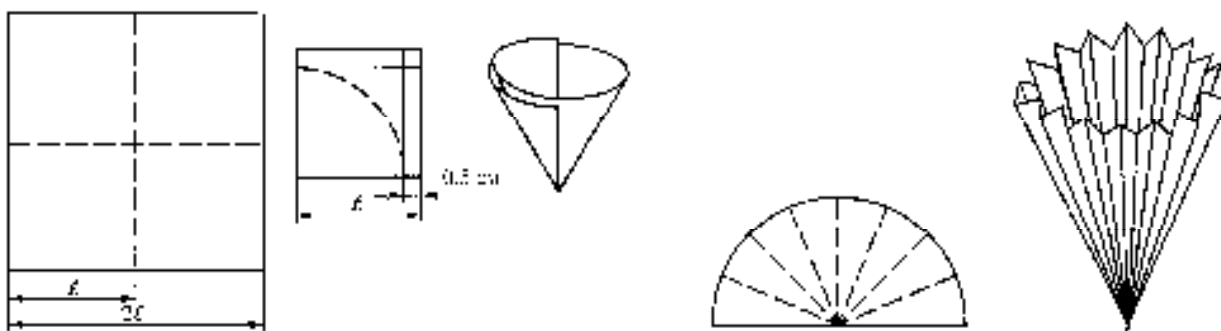


Рисунок 27 – Виготовлення *a* – простого і *б* – складчастого фільтра,

l – довжина «твірної» лійки

Виділення рідких речовин із реакційної маси. Екстракція

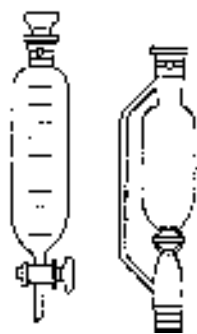


Рисунок 28 – Крапельні лійки

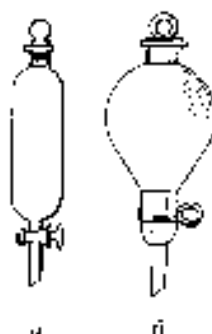


Рисунок 29 – Ділильні лійки:
a – циліндрична; *б* – конічна

Виділення рідких речовин із реакційної маси. Перегонка

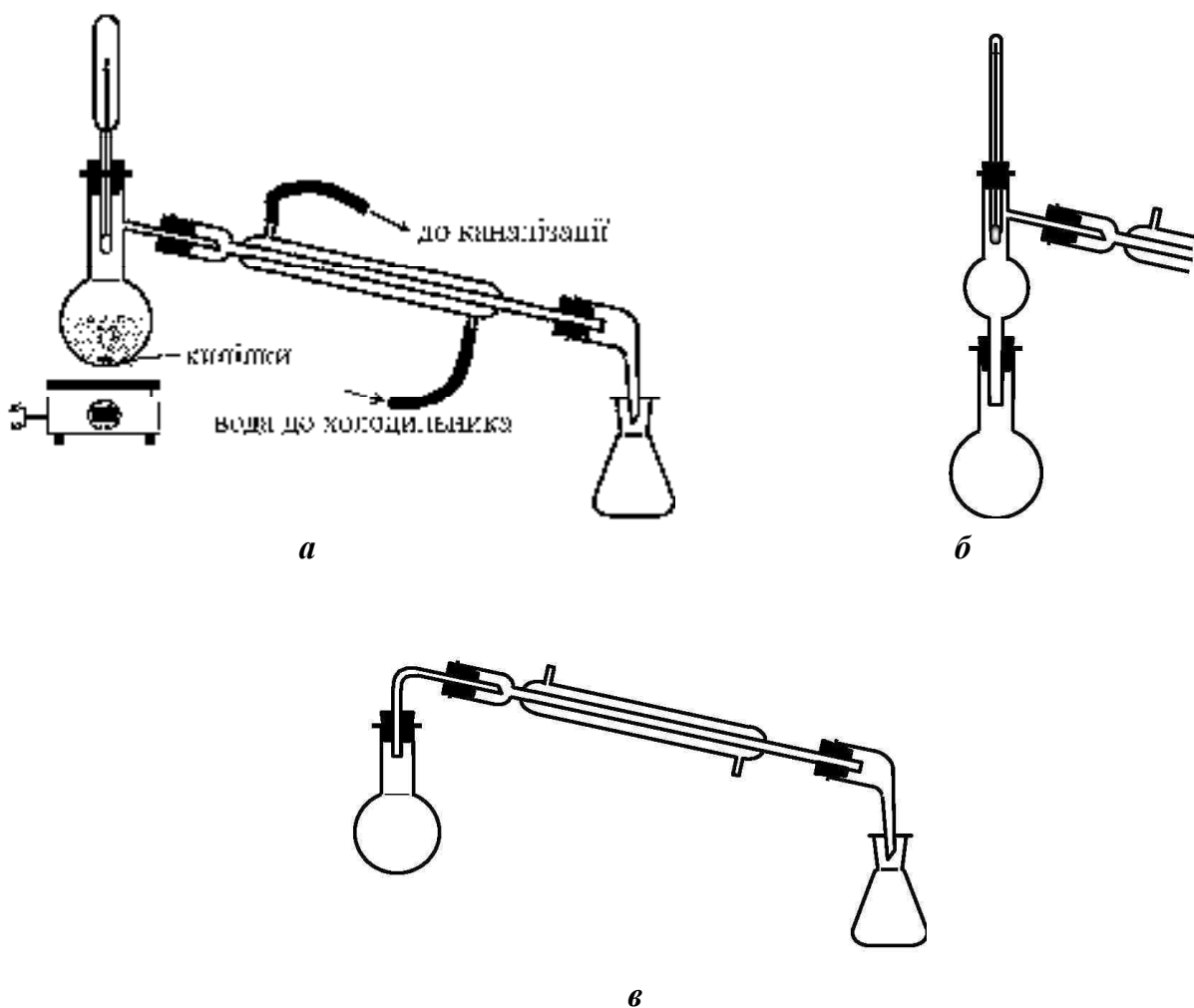


Рисунок 30 – Прилад для простої перегонки:

a – перегонна колба (колба Вюрца), пробка з термометром для визначення температури пари, низхідний холодильник із відводом (алонжем), приймач;
б – перегонна колба з насадкою Вюрца; *в* – пробка із зігнутим відводом

Порядок підготовки та оформлення лабораторної роботи

До кожної лабораторної роботи студент готується самостійно і заздалегідь.

Порядок підготовки складається з таких етапів:

- опрацювання лекційного матеріалу за темою лабораторної роботи;
- виконання тренувальних вправ і завдань, тестів за відповідною темою;
- виконання індивідуального домашнього завдання;
- письмове оформлення в лабораторному журналі методики виконання дослідів або експерименту, схем реакцій, спостережень.

Порядок оформлення лабораторного журналу наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порядок оформлення лабораторного журналу

Дата	Умови проведення дослідів	Схема реакції	Спостереження і висновки
28.01	Лабораторна робота №1 <i>Назва роботи</i> Дослід 1. <i>Назва дослідів</i>	<i>Схема реакції</i>	<i>Спостереження і висновки</i>
	Дослід 2. <i>Назва дослідів</i>	<i>Схема реакції</i>	<i>Спостереження і висновки</i>
11.02	Лабораторна робота №2 <i>Назва роботи</i> Дослід 1. <i>Назва дослідів</i>	<i>Схема реакції</i>	<i>Спостереження і висновки</i>
	Дослід 2. <i>Назва дослідів</i>	<i>Схема реакції</i>	<i>Спостереження і висновки</i>

Індивідуальні завдання розміщено після кожної лабораторної роботи під заголовком «Контрольні завдання».

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I

ВУГЛЕВОДНІ Й ОКСИГЕНОВМІСНІ ПОХІДНІ

1 ВСТУП

1.1 Виділення та очищення органічних речовин

Вивчення властивостей і будови органічних сполук неможливе без попереднього виділення речовин в індивідуальному стані із сумішей або природних об'єктів і їх очищення від домішок.

Методи виділення та очищення залежать від фізичних та хімічних властивостей органічних речовин. Найбільш поширеними в лабораторній практиці є методи перекристалізації твердих речовин, очищення органічних речовин простою перегонкою та перегонкою з водяною парою, екстракція та інші.

Перекристалізацію застосовують для очищення твердих речовин. Порівняно з іншими методами вона найбільш універсальна, відносно мало трудомістка, за умов правильного проведення забезпечує високий ступінь очищення. Цей метод ґрунтується на різній розчинності органічних сполук (речовин, що очищують, і домішок) у певному розчиннику чи суміші розчинників. Бажаного ступеня очищення речовини досягають, регулюючи її концентрацію в розчині, градієнт температури (швидкість охолодження) під час кристалізації, тепло- і масообмін із зовнішнім середовищем тощо.

Сублімацією називається процес випаровування твердої речовини з наступною конденсацією його пари безпосередньо у вигляді твердої речовини, минаючи рідку фазу. Сублімація можлива для речовин, тиск пари яких над твердою фазою порівняно великий. Цю властивість мають речовини з молекулярними кристалічними ґратками, у яких діють порівняно слабкі сили Ван дер Ваальса. Сублімацію застосовують для очищення тих органічних речовин, кристалізація яких ускладнена.

Метод перегонки застосовується для очищення й розділення суміші рідин, які відрізняються за температурами кипіння. Цей метод доцільний лише в тому випадку, коли речовина, яку переганяють, є стійкою до нагрівання і практично не розкладається за температури кипіння. Перегонка — це процес, який включає часткове випаровування суміші і подальшу конденсацію утвореної пари. Якщо речовини мають відносно невисокі температури кипіння, то перегонка здійснюється за атмосферного тиску, а рідини з високими температурами кипіння дистилюють в умовах зниженого тиску.

Перегонку за атмосферного тиску доцільно застосовувати для рідин із температурою кипіння від 40 до 150 °С, оскільки за температури вищої за 150 °С більшість органічних сполук розкладаються, а інші — з температурами кипіння нижчими за 40 °С, переганяються зі значними втратами. Зниження тиску викликає зменшення температури кипіння рідини і навпаки — підвищення тиску приводить до зростання температури кипіння. Вважається, що зниження атмосферного тиску на 10 мм рт. ст. викликає зменшення температури кипіння порівняно з температурою кипіння за 760 мм рт. ст. на 0,5 °С.

Для виділення й очищення нерозчинних і малорозчинних у воді висококиплячих речовин, які розкладаються під час перегонки за атмосферного тиску, застосовують перегонку з водяною парою. Це найефективніший метод очищення таких речовин від смолистих домішок, а також розділення природних масел і смол на фракції.

Екстракція — процес вилучення одного або кількох компонентів із розчинів або з твердих сумішей за допомогою вибіркового розчинника (екстрагентів). Спосіб ґрунтується на різній розчинності речовин у розчиннику або у двох різних розчинниках, які не змішуються між собою.

Розчинник для екстрагування повинен відповідати певним вимогам:

- екстрагент і розчин повинні значно відрізнитися за густиною;
- розчинність речовини, яку видаляють в екстрагенті, має бути значно вищою, ніж у розчині;
- екстрагент повинен мати не дуже високу температуру кипіння.

Екстракція включає стадію змішування початкового розчину з екстрагентом, стадію механічного розділення (розшарування) двох фаз — екстракту, збагаченого компонентом, що вилучається, і залишку початкового розчину (рафінату); видалення екстрагенту з обох фаз і його регенерацію з метою повторного використання.

Лабораторна робота №1

Виділення та очищення органічних речовин

Прилади та реактиви:

прилад для перегонки, прилад для визначення температури плавлення, стакани хімічні на 100 та 250 мл, колби круглодонні на 250 мл, ділильні лійки на 150 мл, лійки скляні діаметром 30...50 мм, маленькі фарфорові ступки з товчачиками, скляні трубки довжиною 40...50 см, скляні капіляри, скло предметне, гумові кільця для прикріплення капілярів до термометра, кип'ятильні камінці, фільтрувальний папір.

Бензойна кислота, технічна
Нафтален, х.ч.
Нафтален, технічний
Хлороформ

CuSO₄, 5% розчин
I₂ (розчин у KI)

ДОСЛІД 1. Кристалізація бензойної кислоти

Пробірку заповнити на одну чверть водою, додати невелику кількість (0,5 г) технічної бензойної кислоти й обережно нагріти до кипіння (рис. 1.1). Швидко, не допускаючи охолодження розчину, відфільтрувати його від домішок у склянку чи пробірку крізь фільтр, що розміщений у скляній лійці (рис. 25). Безпосередньо перед цим змочити фільтр у лійці невеликою кількістю гарячої води, щоб уникнути різкого охолодження розчину. У фільтраті після охолодження виділяються кристали чистого продукту. Кристали відцідити та висушити між аркушів фільтрувального паперу.

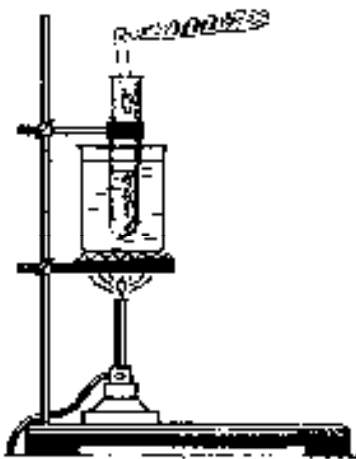


Рисунок 1.1 – Приладдя для кристалізації бензойної кислоти

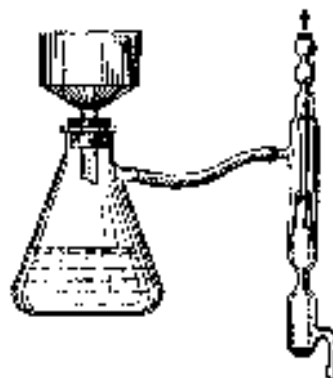


Рисунок 1.2 – Фільтрування розчину перекристалізованої бензойної кислоти

Звернути увагу! За умов повільного охолодження фільтрату утворюються великі кристали, а за умов швидкого — дрібні й менш чисті.

ДОСЛІД 2. Сублімація нафталену

Близько 0,5 г подрібненого технічного нафталену помістити в суху склянку, яку закрити круглодонною колбою з водою (рис. 1.3). Склянку з нафталеном повільно нагріти. Сублімований чистий продукт зібрати та визначити його температуру плавлення.

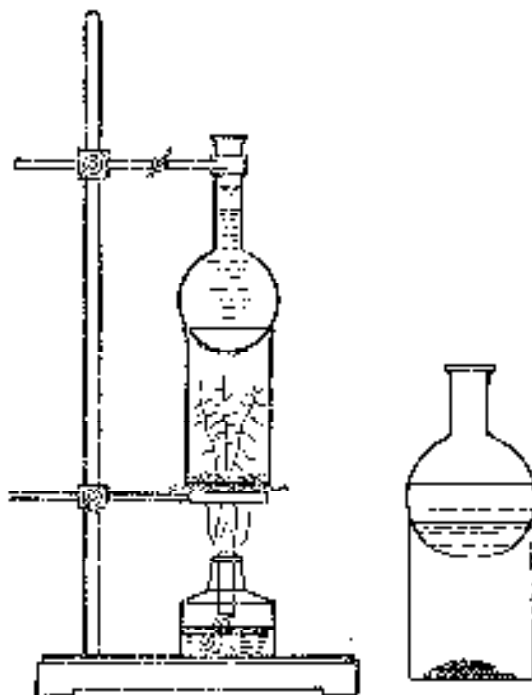


Рисунок 1.3 – Приладдя для сублімації нафталену

ДОСЛІД 3. Перегонка за атмосферного тиску

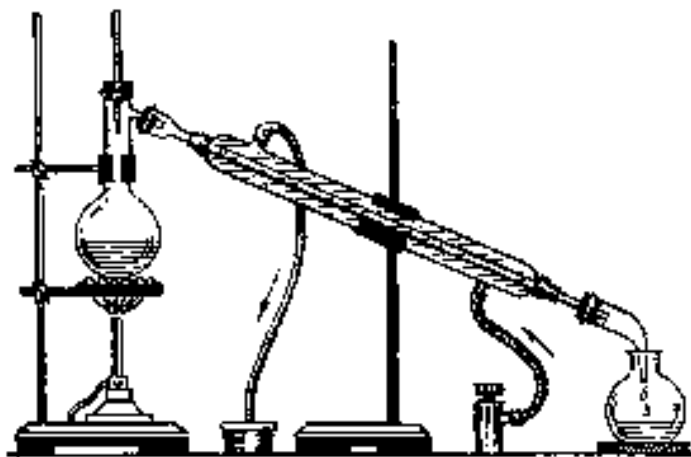


Рисунок 1.4 – Прилад для перегонки

У колбу Вюрца приладу для перегонки (рис. 1.4) на $1/2$ об'єму налити рідини, вкинути 2–3 кип'ятільних камінці, закрити колбу пробкою з термометром і розпочати нагрівання. Початком перегонки вважати момент надходження до приймача перших крапель дистилату. У цей самий момент зазначити й записати температуру кипіння $T_{\text{кип}}$ рідини.

ДОСЛІД 4. Визначення температури плавлення

У ступці подрібнити невелику кількість досліджуваної речовини й помістити її на предметне скло. Притискуючи до речовини відкритий кінець капіляра, вдавити речовину в капіляр. Щоб речовина перемістилася на дно капіляра, його кидають запаяним кінцем у скляну трубку довжиною 40...50 см, поставлену вертикально на стіл. Таким способом необхідно внести до капіляру шар речовини висотою 5...8 мм.

За допомогою гумового кільця прикріпити капіляр із речовиною до термометра так, щоб шар речовини знаходився на рівні ртутної кульки термометра. Вставити термометр у прилад для визначення температури плавлення (рис. 1.5), слідкуючи за тим, щоб термометр і капіляр не торкалися стінок пробірки приладу.

Нагрівати прилад спочатку можна зі швидкістю 4...6 °С за хвилину, а за температури, близької до температури плавлення досліджуваної речовини, — зі швидкістю 1...2 °С за хвилину.

За речовиною в капілярі необхідно спостерігати безперервно: поява першої краплі розплаву є початком плавлення речовини. Температурний інтервал від появи рідкої фази до повного розплавлення речовини в капілярі характеризує $T_{\text{пл}}$ даної речовини.

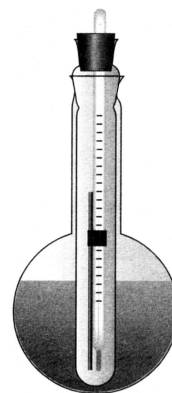


Рисунок 1.5 – Прилад для визначення температури плавлення

ДОСЛІД 5. Екстрагування (екстракція)

У ділильну лійку ємкістю 100 мл помістити приблизно 30 мл розчину йоду в калій йодиді (I_2 в KI), а потім додати 10 мл хлороформу. Закрити лійку пробкою та енергійно струсити, намагаючись, щоб рідини змішалися. Перевернути лійку краном догори й обережно відкрити його — таким чином відбувається вирівнювання тиску. Струшування повторити декілька раз. Упродовж процесу екстракції йод переходить до хлороформового шару.

Закріпити лійку у штатив і дати суміші повністю відстоятися. Після чіткого розділення шарів нижній шар злити через кран, а верхній, що залишився в лійці (розчин йоду в хлороформі), вилити крізь верхній отвір до сухої колби.

1.2 Якісний елементний аналіз органічних речовин

Визначення елементного складу органічних речовин ускладнюється тим, що вони, в основному, мають молекулярну будову. Тому визначенню елементів має передувати їх звільнення із системи ковалентних зв'язків, тобто розклад органічної речовини, у результаті якого утворюється ряд простих неорганічних сполук з іонною будовою.

Першим етапом елементного аналізу органічних сполук є один із способів розкладу речовини, що зазвичай ґрунтується на її окисненні, відновленні або поєднанні цих процесів, що призводить до повної деструкції досліджуваної сполуки. До таких способів належать сплавлення з окисниками, відновлення металами, піроліз, «сухе» (за високих температур) або «мокре» (за наявності сульфатної кислоти) спалювання, нагрівання в інертних газах тощо. Другим етапом — визначення елементного складу речовин, які були утворені в результаті розкладу органічної сполуки. Для цього застосовують звичайні методи аналізу газів і розчинів іонних сполук, як і в неорганічному аналізі.

Лабораторна робота №2

Якісний елементний аналіз органічних речовин

Прилади та реактиви:

штативи універсальні з лапками для пробірок, спиртівки, сухі пробірки з газовідвідною трубкою, маленькі сухі тугоплавкі пробірки, фарфорові чашки малі, фарфорові ступки малі з товчачиками, фільтрувальний папір, скляні лійки діаметром 30...50 мм, мідний дріт, щипці тигельні.

Мука	NaCl, кристалічний
Цукор	CuO, кристалічний
Крохмаль	Ba(OH) ₂ , насичений розчин
Шкіра, шматочки	Na, металічний
Хлороформ	FeSO ₄ ·7H ₂ O, кристалічний
Натрій нітропрусид, 0,1 моль/л розчин	HCl, 10% розчин
Плюмбум етаноат (плюмбум ацетат), 10% розчин	NaOH, 10% розчин
	AgNO ₃ , 1% розчин
	HNO ₃ , 10% розчин

ДОСЛІД 1. Визначення органічної речовини пробою на обвуглювання

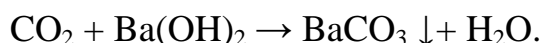
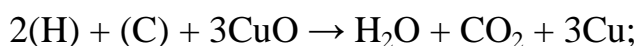
Дослід проводити у витяжній шафі! У фарфорову чашку помістити близько 0,1 г органічної речовини (борошно, цукор, крохмаль тощо), в іншу чашку — таку ж кількість неорганічної речовини (кухонна сіль). Обидві чашки поставити на електроплитку і прожарити.

Занотувати спостереження.

ДОСЛІД 2. Виявлення Карбону і Гідрогену в органічній речовині

У сухій пробірці з газовідвідною трубкою змішати близько 1 г купрум(II) оксиду і 0,2 г органічної речовини (борошно, цукор, крохмаль, шкіра тощо). Пробірку нагріти над полум'ям спиртівки, зануливши кінець газовідвідної трубки до іншої пробірки з 2 мл прозорої баритової води $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Через деякий час $\text{Ba}(\text{OH})_2$ каламутніє, а на верхній частині стінок пробірки, яку нагрівали, помітні краплі конденсаційної води.

Хімізм процесу



Занотувати спостереження. Зробити висновок щодо наявності або відсутності у досліджуваній речовині Карбону та Гідрогену.

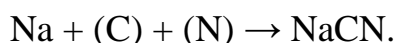
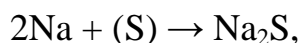
ДОСЛІД 3. Виявлення Сульфуру і Нітрогену в органічній речовині

Дослід проводити у витяжній шафі!

Близько 0,2 г досліджуваної органічної речовини (3–4 шматочки шкіри), шматочок висушеного від гасу металічного натрію розміром із просяну зернину помістити в суху термостійку пробірку. Пробірку обережно нагріти до сплавлення досліджуваної речовини з натрієм. Розклад речовини супроводжується спалахом. Після виникнення спалаху пробірку нагрівають до червоного каління 1...2 хв. Розжарений кінець пробірки швидко занурити у фарфорову чашку з 10 мл дистильованої води так, щоб вона тріснула. Шматочки сплаву для покращення розчинення подрібнити товкачиком і відфільтрувати крізь складчастий фільтр. Фільтрат застосувати для подальшого виявлення Сульфуру і Нітрогену.

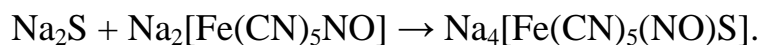
Хімізм процесу

Під час сплавлення з металічним натрієм Сульфур і Нітроген (в органічній сполуці) із ковалентно зв'язаних перетворюються на аніони розчинних солей і переходять до фільтрату.



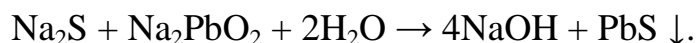
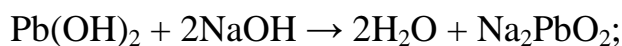
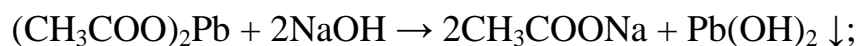
Виявлення Сульфуру

А. До 0,5 мл фільтрату додати 0,5 мл свіжовиготовленого розчину нітропрусиду натрію $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$. У присутності іону S^{2-} з'являється червоно-фіолетове забарвлення, яке поступово змінюється на інший колір.



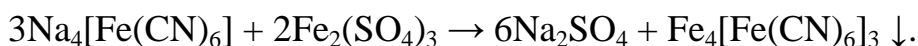
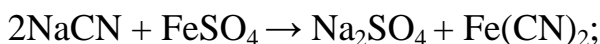
Занотувати спостереження. Зробити висновок щодо наявності або відсутності Сульфуру в досліджуваній органічній речовині.

Б. До 10 крапель розчину плюмбум(II) етаноату (плюмбум ацетату) долити розбавлений розчин натрій гідроксиду до розчинення осаду плюмбум(II) гідроксиду, що утворився спочатку. До одержаного розчину натрій плюмбіту додати 2–3 краплі фільтрату, зібраного після розтріскування розжареної пробірки. Якщо фільтрат містить іони S^{2-} , унаслідок утворення осаду PbS з'являється буре кільце.



Занотувати спостереження до лабораторного журналу.

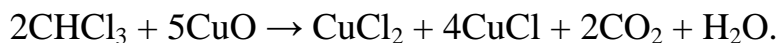
Виявлення Нітрогену. До 2 мл фільтрату, який одержано після розтріскування розжареної пробірки зі сплавом, додати 10–15 кристалів залізного купоросу $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Суміш нагріти майже до кипіння, далі охолодити й підкислити розбавленою хлоридною кислотою кількістю 0,2 мл. Якщо фільтрат містить іони CN^- , випадає синій осад берлінської блакиті.



Занотувати спостереження. Пояснити причину такого факту, як випадіння осаду негайно після додавання кристалів залізного купоросу, урахувавши, що середовище фільтрату сильно лужне, бо для сплавлення було взято надлишок металічного натрію. Зазначити склад цього осаду, якщо відомо, що в заліжному купоросі обов'язково є домішки ферум(III) сульфату, й обидві солі реагують з лугом. Урахувати утворення берлінської блакиті. Навіщо слід підкислювати суміш? Що відбувається при цьому (рівняння реакції)? Чи розчиняється в хлоридній кислоті берлінська блакить? Який характер осаду, що випав після додавання залізного купоросу, кристалічний чи аморфний? У зв'язку з цим відзначити роль нагрівання суміші та повільного охолодження перед підкисленням. Зробити висновок про наявність Нітрогену в речовині.

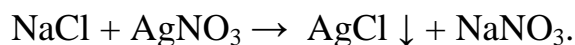
ДОСЛІД 4. Виявлення галогенів в органічній речовині

А. Проба Ф.Ф. Бейльштейна. Мідний дріт прожарити в полум'ї пальника до припинення забарвлення полум'я. Охолоджений дріт занурити в досліджувану речовину (хлороформ чи ін.) і знову внести в полум'я пальника. Якщо речовина містить галоген, полум'я забарвлюється яскравим зеленим кольором у результаті утворення летких галогенових сполук Купруму.



Занотувати спостереження. Зробити висновок про можливу присутність у речовині атомів галогену, ураховуючи, що деякі речовини, які його не містять, також забарвлюють полум'я пальника на зелений колір у присутності міді.

Б. Відщеплення галогену дією лугу. До 1 мл досліджуваної речовини (хлороформ) додати 2 мл розчину лугу NaOH і, струшуючи, обережно нагріти суміш до початку кипіння. Після охолодження верхній (водний) шар злити в іншу пробірку і додати розбавленої нітратної кислоти до кислої реакції за індикаторним папером та долити 3-4 краплі розчину аргентум нітрату. У присутності іону галогену з'являється осад (AgCl — білого, AgBr — кремового, AgI — жовтого кольору).



Занотувати спостереження. Зробити висновок про присутність атомів галогену в молекулі досліджуваної речовини. За кольором осаду визначити природу галогену. Чи можна за пробєю Бейльштейна визначити природу галогену?

2 ВУГЛЕВОДНІ

2.1 Алкани — насичені вуглеводні

Загальна характеристика гомологічного ряду алканів. Алкани — насичені вуглеводні з відкритим (нециклічним) ланцюгом, у молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою σ -зв'язком.

Алкани утворюють гомологічний ряд — ряд сполук, подібних за своєю будовою та властивостями, який відповідає загальній формулі C_nH_{2n+2} . Першим членом цього ряду є метан CH_4 . Кожен наступний член ряду відрізняється від попереднього на групу $-CH_2$, яка називається гомологічною різницею.

Для алканів, як і для інших органічних сполук, застосовують такі види номенклатури: тривіальну, раціональну, систематичну або міжнародну (IUPAC).

Тривіальні або емпіричні назви органічних сполук були найпершими й давалися речовинам згідно з природними джерелами одержання або способами добування, ім'ям першовідкривача тощо. За раціональною номенклатурою алкани розглядаються як похідні метану, у якому атом або декілька атомів Гідрогену заміщені на радикали. Назву складають із назв радикалів, які з'єднані з цим атомом Карбону, а в кінці додають слово «метан». Відповідну кількість однакових радикалів позначають грецькими числівниками.

Номенклатура IUPAC включає певні положення і правила, згідно з якими утворюють назви алканів. В основу номенклатури покладені назви насичених вуглеводнів. Клас сполук позначається функціональним закінченням. Так, назви ациклічних насичених вуглеводнів мають закінчення *-ан*. (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Номенклатура нерозгалужених алканів

Формула	Систематична IUPAC
CH_4	Метан
CH_3-CH_3	Етан
$CH_3-CH_2-CH_3$	Пропан
$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$	Бутан
$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	Пентан
$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$	Гексан
$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$	Гептан
$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$	Октан
$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$	Нонан
$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$	Декан

Проте будову ізомерів подібні назви не відображають. Щоб назвати ізомери з розгалуженим ланцюгом, необхідно знати назви найпростіших одновалентних органічних радикалів, тобто залишків, які утворюються в результаті відриву атому Гідрогену від насичених вуглеводнів. Одновалентні радикали називають, замінюючи закінчення *-ан* насичених вуглеводнів на *-іл* і часто позначають як $-R$ або $-Alk.$ (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Номенклатура поширених радикалів алканів

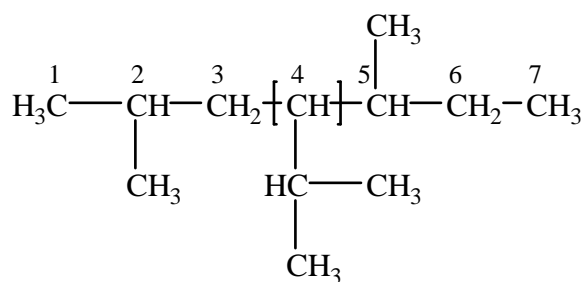
Формула	Систематична IUPAC
$-CH_3$	Метил
$-C_2H_5$	Етил
$H_3C-CH_2-CH_2-$	Пропіл
$ \begin{array}{c} H_3C-CH- \\ \\ CH_3 \end{array} $	Ізопропіл
$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-$	Нормальний бутил або <i>n</i> -бутил
$ \begin{array}{c} H_3C-CH_2-CH- \\ \\ CH_3 \end{array} $	Вторинний бутил або <i>втор</i> -бутил
$ \begin{array}{c} H_3C-CH-CH_2- \\ \\ CH_3 \end{array} $	Первинний ізобутил
$ \begin{array}{c} CH_3 \\ \\ H_3C-C- \\ \\ CH_3 \end{array} $	Третинний ізобутил або <i>трет</i> -бутил

Номенклатура розгалужених алканів підпорядкована таким правилам:

1. Для побудови назви вибирають найдовший ланцюг атомів Карбону (головний ланцюг) і нумерують його арабськими цифрами (локантами), починаючи з того кінця, до якого ближче розміщений замісник.

2. Положення замісників у головному ланцюгу позначають номером карбонового атома, біля якого знаходиться замісник. Указують номер карбонового атома (цифру), потім через дефіс назву радикалу, розташованого біля цього атома. Якщо одна й та сама алкільна група (радикал) повторюється, то в назві перед нею ставлять помножуючі префікси ди-, три-, тетра- тощо і позначають цифрою кожний алкіл окремо.

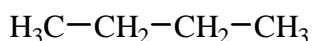
3. У кінці називають вуглеводень головного ланцюга з нормальною будовою атомів Карбону. Наприклад:



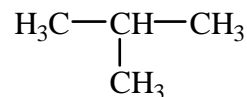
2,5-Диметил-4-ізопропілгептан

ізопропіл-втор-бутил-ізобутил-метан (за раціональною номенклатурою)

Ізомерія алканів. Для алканів характерна структурна ізомерія, а саме ізомерія карбонового ланцюга, що зумовлена різним порядком сполучення атомів Карбону. Тільки перші три сполуки гомологічного ряду насичених вуглеводнів не мають ізомерів — для них можливим є тільки один єдиний порядок зв'язку між атомами. Бутан C_4H_{10} існує у вигляді двох ізомерів:



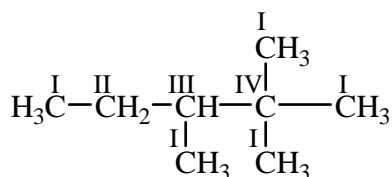
n-Бутан



2-Метилпропан

Зі збільшенням числа атомів Карбону в молекулах алканів число можливих структурних ізомерів збільшується. Так, для пентану C_5H_{12} відомо три ізомери, для октану C_8H_{18} — 18, а для декану $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ — 75. Звичайно, не всі вони знайдені у природних джерелах або синтезовані.

Атом Карбону в алканах залежно від числа інших атомів Карбону, з якими він сполучений, може бути первинним, вторинним, третинним і четвертинним, наприклад:



2,2,2-Триметилпентан

Первинний атом Карбону сполучений тільки з одним суміжним атомом Карбону, вторинний — з двома, третинний — з трьома і четвертинний — з чотирма.

Якщо в карбоновому ланцюгу є тільки первинні і вторинні атоми Карбону, то такий ланцюг називається нормальним або нерозгалуженим. Якщо в ланцюгу є третинні і четвертинні атоми Карбону, то ланцюг — розгалужений, і до назви алкану приєднують префікс *ізо-*, наприклад, ізобутан.

Лабораторна робота №3

Алкани — насичені вуглеводні

Прилади та реактиви:

штативи універсальні з лапками для пробірок, пробірки з газовідвідними трубками, сухі пробірки, спиртівка, скляні палички.

Суміш для одержання метану	КМnO ₄ , 0,5% розчин
Br ₂ (розчин у тетрахлорметані CCl ₄)	NH ₃ , 25% розчин
Насичені вуглеводні (пентан, гексан, октан)	Br ₂ в H ₂ O (бромна вода)

ДОСЛІД 1. Одержання метану та вивчення його властивостей

Суху пробірку на 1/5 об'єму заповнити сумішшю для одержання метану, що складається з однієї частини натрій етаноату і двох частин натронного вапна (насичений розчин натрій гідроксиду з кальцій оксидом за співвідношення 1:1), закрити пробкою з газовідвідною трубкою, закріпити в штативі та нагрівати. Газ, що виділяється, пропустити у дві, заздалегідь підготовлені пробірки, в одній з яких знаходиться 2 мл розчину калій перманганату, в іншій — 2 мл бромної води. Потім, не припиняючи нагрівання, підпалити газ, що виділяється на кінці газовідвідної трубки.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій одержання та горіння метану.

ДОСЛІД 2. Хімічні властивості насичених вуглеводнів

А. У дві пробірки внести по 10 крапель насиченого вуглеводню і додати в першу пробірку 1 мл бромної води, в другу — 1 мл розчину калій перманганату.

Занотувати спостереження.

Б. У дві сухі пробірки налити по 1 мл насиченого вуглеводню і додати по 1 мл розчину броду в тетрахлорметані. Одну пробірку виставити на світло або опромінити кварцовою лампою, другу помістити в темне місце. Коли колір броду в пробірці, яка опромінюється, зникне, порівняти її з пробіркою, яка була в темноті. Скляну паличку змочити концентрованим амоніаком та піднести до отвору пробірки, що опромінювалася.

Занотувати спостереження. Пояснити вплив опромінення світлом на реакцію бродування. Написати схеми відповідних реакцій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть структурні формули ізомерних вуглеводнів складу C_8H_{18} з шістьма атомами Карбону в головному ланцюгу. Назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

2. Напишіть структурні формули таких вуглеводнів:

- а) 3,3-диметилгексан;
- б) 2-метил-4-ізопропілгептан;
- в) 2,2,6-триметиллоктан;
- г) 3-етилпентан.

Визначте, які з них є ізомерами.

3. Напишіть структурні формули таких вуглеводнів:

- а) 2-хлор-2,3,4-триметилгексан;
- б) диметилетилізопропілметан;
- в) *втор*-бутил-*трет*-бутилметан;
- г) 2,2,3,3-тетраметилпентан.

Які атоми Карбону називають первинними, вторинними, третинними та четвертинними?

4. Напишіть структурні формули двох найближчих гомологів гептану, що мають у молекулі: а) два третинних атоми Карбону; б) один четвертинний атом Карбону.

5. Напишіть структурні формули ізомерів вуглеводню складу C_5H_{12} і позначте в них первинні, вторинні, третинні, четвертинні атоми Карбону.

6. Скільки первинних, вторинних і третинних атомів Карбону містить головний ланцюг 2,3-диметилгексану? Назвіть цей вуглеводень за раціональною номенклатурою.

7. Яка з наведених нижче сполук містить по одному вторинному й одному третинному атому Карбону:

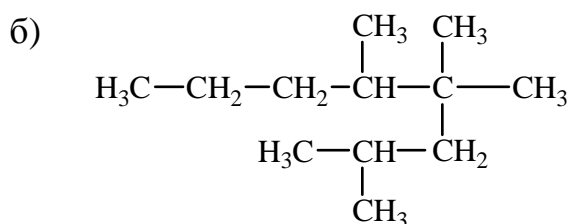
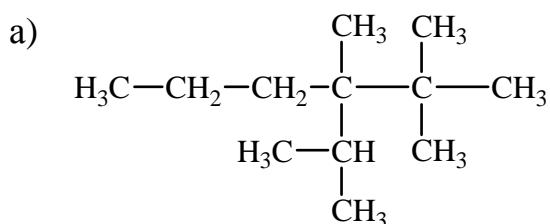
- а) $(CH_3)_3C-CH_2-CH_3$;
- б) $(CH_3)_2CH-CH_2-CH_3$;
- в) $(CH_3)_2CH-C(CH_3)_3$?

8. Напишіть структурні формули наступних сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) метилетилізопропілметан;
- б) диметилізобутилметан;
- в) етилізопропілізобутилметан;
- г) метилпропіл-*трет*-бутилметан.

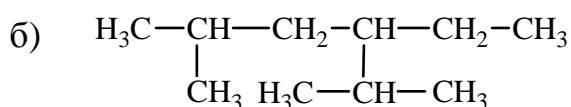
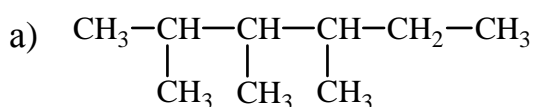
9. Напишіть структурні формули всіх вуглеводнів, що ізомерні триметилпропілметану, і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

10. Дайте назву вуглеводням за двома номенклатурами:



Напишіть для цих вуглеводнів схеми реакції нітрування.

11. Дайте назву вуглеводням за двома номенклатурами:



Напишіть схеми реакцій їх взаємодії з 1 моль хлору. Визначте кількість первинних, вторинних і третинних атомів Карбону в молекулах.

12. Напишіть структурні формули сполук, які містять такі групи:

- дві ізопропільні;
- одну ізобутильну;
- трет*-бутильну і *втор*-бутильну;
- дві *втор*-бутильних.

13. Напишіть структурні формули сполук, які містять такі групи:

- етильну, *n*-пропільну, ізопропільну;
- одну *втор*-бутильну; дві *трет*-бутильні;
- дві ізопропільних і *втор*-бутильну.

14. Зазначте помилки в назвах даних вуглеводнів і дайте їм правильну назву за двома номенклатурами:

- 2-етил-6-ізопропілгексан;
- 2,2-диметил-4-ізопропілпентан.

15. З яких галогенопохідних можна одержати *n*-гексан за реакцією Вюрца? Зазначте найбільш доцільний шлях синтезу.

16. Дією металічного натрію на йодетан і 2-йодпропан одержить вуглеводень складу C₅H₁₂ (синтез Вюрца). Напишіть його ізомери і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

17. Які сполуки утворюються дією металічного натрію на суміш:

- йодистого метилу з йодистим ізопропілом;
- йодистого ізобутилу з йодистим пропілом.

Напишіть схеми реакцій і назвіть одержані сполуки.

18. Одержіть реакцією Вюрца такі вуглеводні:

- а) 2,6-диметилгептан;
- б) 3,4-диметилгексан;
- в) 2,5-диметилгексан.

Обґрунтуйте відповідь, у яких випадках утворюється суміш вуглеводнів.

19. Які первинні галогеналкіли за умов взаємодії з металічним натрієм можуть утворювати лише вуглеводні наступної будови:

- а) 2,7-диметилоктан;
- б) 3,8-диметилдекан;
- в) 2,5-диметилгексан?

20. Зазначте всі галогеналкіли, які за умов взаємодії з металічним натрієм утворюють такі вуглеводні:

- а) 3-метилпентан;
- б) 2,3-диметилпентан;
- в) 2-метилбутан.

21. Визначте будову вуглеводню C_8H_{18} , якщо його можна одержати за методом Вюрца з первинного галогеналкілу як єдиний продукт реакції та утворити третинну нітропохідну в результаті реакції нітрування цього вуглеводню

22. Під дією яких реагентів можна перетворити 1-йод-2-метилбутан на насичений вуглеводень:

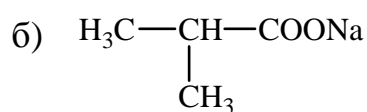
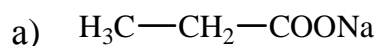
- а) з тим же числом атомів Карбону;
- б) з подвійним числом атомів Карбону?

Напишіть схеми реакцій і назвіть одержані сполуки.

23. Напишіть схему одержання ізобутану різними способами. Напишіть рівняння реакції ізобутану з 1 моль хлору.

24. Одержіть 2-метил-3-етилгексан гідруванням ненасиченого вуглеводню і відновленням галогенпохідної.

25. Напишіть схеми реакцій і назви вуглеводнів, що утворюються за умов сплавлення з лугами таких солей:



26. Якою є формула карбонової кислоти, з натрієвої солі якої можна одержати ізобутан?

27. Напишіть рівняння реакції 2-метилпентану з 1 моль хлору. Напишіть і назвіть за міжнародною номенклатурою 5 ізомерів одержаної сполуки.

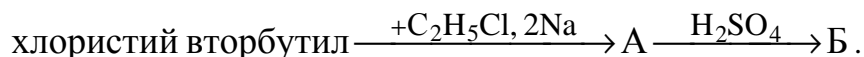
28. Який з двох вуглеводнів, *n*-гексан чи 2-метилпентан, буде легше нітруватися в умовах реакції Коновалова? Відповідь обґрунтуйте.

29. Напишіть реакцію сульфування метилізопропілметану. Назвіть одержаний продукт за міжнародною номенклатурою.

30. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

- а) пропан \rightarrow 2,3-диметилбутан;
- б) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} \rightarrow$ 2-нітробутан.

31. Використовуючи структурні формули, напишіть рівняння реакцій, що відповідають наступній схемі перетворень і назвіть одержані продукти:



32. Напишіть схеми одержання 2,3-диметилбутану різними способами. Напишіть рівняння реакції 2,3-диметилбутану з 1 моль бром.

33. Зазначте всі галогеналкіли, які за умов взаємодії з металічним натрієм утворюють 2,9-диметилдекан. Обґрунтуйте відповідь, який галогеналкіл слід використовувати найдоцільніше.

34. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

- а) етан \rightarrow 2-нітробутан;
- б) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH} \rightarrow$ 2,3-диметилбутан.

35. Напишіть схеми реакцій хлорування і нітрування для таких вуглеводнів:

- а) 3-метилпентан;
- б) 2,3-диметилпентан;
- в) 2-метилбутан.

36. Одержіть реакцією Вюрца такі вуглеводні:

- а) 2,3-диметилбутан;
- б) 4,5-диметилпентан;
- в) 2,9-диметилдекан.

Обґрунтуйте відповідь, у яких випадках утворюється суміш вуглеводнів.

2.2 Алкени

Загальна характеристика гомологічного ряду алкенів. Алкени, олефіни або етиленові вуглеводні, — ненасичені вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені подвійним зв'язком С=С.

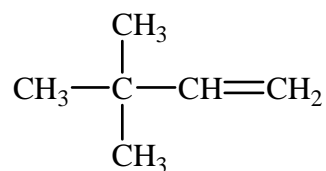
Алкени містять на два атоми Гідрогену менше, ніж алкани, і тому називаються ненасиченими вуглеводнями. Алкени утворюють гомологічний ряд, загальна формула якого C_nH_{2n} . Найпростішим представником цього ряду є етилен — C_2H_4 або $H_2C=CH_2$. Наступними виступають пропілен — C_3H_6 або $H_2C=CH-CH_3$, бутилен — C_4H_8 та ін.

Таблиця 2.3 – Номенклатура нерозгалужених алкенів

Формула	Систематична ІUPAC
$H_2C=CH_2$	Етен
$H_2C=CH-CH_3$	1-Пропен
$H_2C=CH-CH_2-CH_3$	1-Бутен
$H_3C-CH=CH-CH_3$	2-Бутен
$H_2C=CH-CH_2-CH_2-CH_3$	1-Пентен
$H_3C-CH=CH-CH_2-CH_3$	2-Пентен
$H_2C=CH-(CH_2)_3-CH_3$	1-Гексен
$H_2C=CH-(CH_2)_4-CH_3$	1-Гептен
$H_2C=CH-(CH_2)_5-CH_3$	1-Октен
$H_2C=CH-(CH_2)_6-CH_3$	1-Нонен
$H_2C=CH-(CH_2)_7-CH_3$	1-Децен

Для найпростіших алкенів використовують тривіальні назви — етилен, пропілен, бутилен або раціональні назви (як похідні етилену).

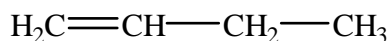
За номенклатурою ІUPAC назви алкенів утворюють від назв відповідних алканів заміною закінчення *-ан* на *-ен*. Головний ланцюг повинен обов'язково включати подвійний зв'язок, і його нумерацію починають з того кінця, ближче до якого розташований подвійний зв'язок. Положення його в ланцюгу молекули позначають цифрою. Цифру прийнято ставити перед назвою головного ланцюга, але дозволяється й після закінчення *-ен*. Якщо є замісники, називають номер карбонового атома, далі — назву радикала біля нього. Радикали називають за ступенем їх ускладнення. Наприклад:



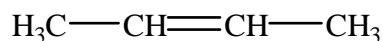
3,3-Диметил-1-бутен
трет-бутилетилен (за раціональною номенклатурою)

Назви залишків алкенів (радикалів) утворюють приєднанням до назви алкену закінчення *-іл*. Допускається використання тривіальних назв деяких залишків алкенів. Наприклад, етен має один радикал $-\text{CH}=\text{CH}_2$, який називається етеніл або вініл; пропен утворює два радикали: $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ — пропеніл і $-\text{H}_2\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ — аліл.

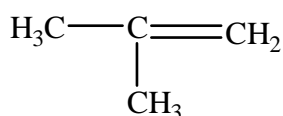
Ізомерія алкенів. Для алкенів є характерною структурна ізомерія, а саме ізомерія карбонового ланцюга та ізомерія положення подвійного зв'язку. Так, для бутену C_4H_8 відомо три ізомери:



1-Бутен

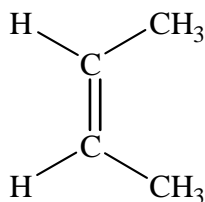


2-Бутен

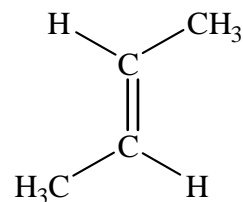


Ізобутилен або 2-метилпропен

Крім структурної ізомерії, для алкенів також характерна стереоізомерія (просторова), а саме геометрична *цис-транс*-ізомерія, яка зумовлена неможливістю вільного обертання атомів Карбону відносно подвійного зв'язку. Так, 2-бутен існує у вигляді *цис*- і *транс*-ізомерів, які відрізняються взаємним розташуванням замісників відносно площини подвійного зв'язку:



Цис-2-бутен



Транс-2-бутен

У *цис*-ізомера замісники (наприклад, $-\text{CH}_3$) розташовані з одного боку від подвійного зв'язку, у *транс*-ізомера — із різних боків. Геометричні ізомери відрізняються за своїми фізичними та хімічними властивостями. Цей вид ізомерії характерний для аренів та аліциклічних сполук.

Лабораторна робота №4

Алкени

Прилади та реактиви:

штативи універсальні з лапками для пробірок, пробірки з газовідвідною трубкою, сухі пробірки, спиртівка.

Етанол

Бромна вода

H_2SO_4 , концентрована

KMnO_4 , 0,5% розчин

ДОСЛІД 1. Одержання та властивості етилену

Зібрати прилад для одержання етилену, який показано на рис. 2.1, у витяжній шафі. У суху пробірку налити 1 мл етанолу й обережно по стінці пробірки долити 2 мл концентрованої сульфатної кислоти, кинути в пробірку одну кипілку. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, закріпити в лапці штативу й обережно нагріти до кипіння. Газ, що виділяється, пропустити у дві пробірки, які містять: перша — 1 мл бромної води, друга — 1 мл розчину калій перманганату. Потім газ на кінці газовідвідної трубки підпалити. Не слід запалювати перші порції утвореного етилену, оскільки вони досить концентровані і вибухонебезпечні.

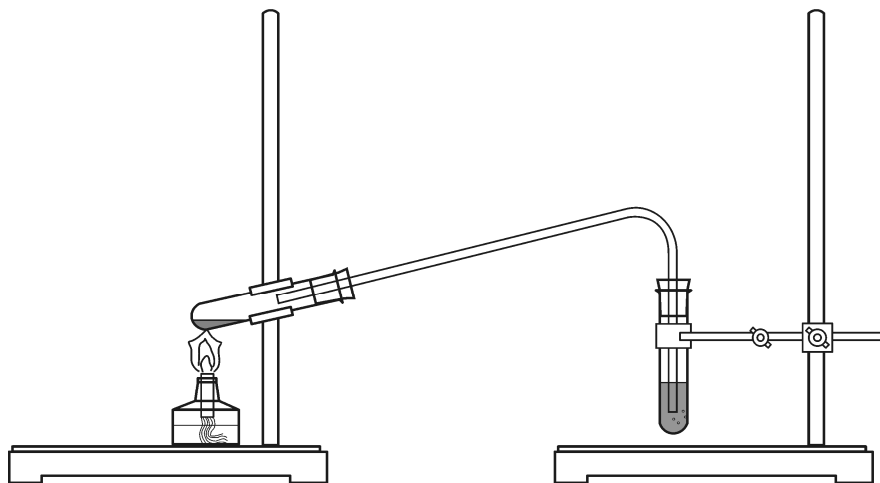
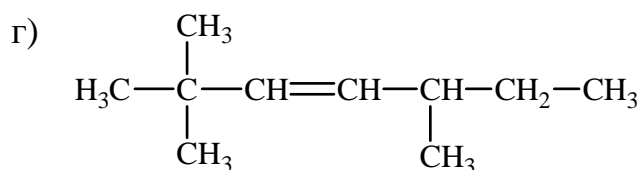
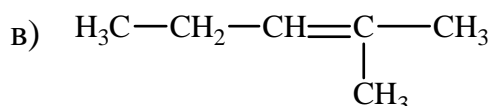
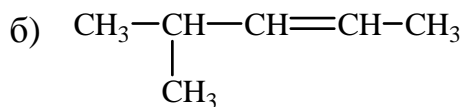
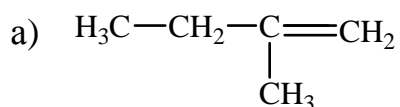


Рисунок 2.1 – Прилад для одержання етилену

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції одержання етилену із спирту та його взаємодію з бромом, розчином калій перманганату, схему реакції горіння етилену.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Дайте назву таким сполукам за двома номенклатурами:



2. Напишіть структурні формули ізомерних алкенів складу C_5H_{10} (5 ізомерів) і назвіть їх за міжнародною та раціональною номенклатурою.

3. Напишіть структурні формули ізомерних алкенів складу C_6H_{12} і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

4. Напишіть структурні формули таких сполук:

- 3-метил-1-пентен;
- сим*-метил-ізопропілетилен;
- 2,2,5-триметил-3-гексен;
- цис*-метилізобутилетилен.

5. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- тетраетилетилен;
- сим*-діізопропілетилен;
- несим*-пропіл-*втор*-бутилетилен;
- триметилетилен.

6. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за раціональною номенклатурою:

- 3,4-диметил-3-гексен;
- 2,3,5-триметил-2-гексен;
- 2,2,5,5-тетраметил-3-гексен;
- 2-метил-3,4-діетил-3-гексен.

7. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- метилетилізобутилетилен;

- б) *сим*-етилізопропілетилен;
- в) *несим*-етил-*втор*-бутилетилен;
- г) діетил-*трет*-бутилетилен.

8. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за раціональною номенклатурою:

- а) 2,3-диметил-1-пентен;
- б) 2,2,4-триметил-3-гексен;
- в) 2,5,5-триметил-3-гептен;
- г) 3-етил-2-пентен.

9. Назвіть за двома номенклатурами такі сполуки:

- а) $(\text{CH}_3)_2\text{C} = \text{CHC}_2\text{H}_5$;
- б) $(\text{CH}_3)_2\text{C} = \text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$;
- в) $\text{CH}_3\text{CH} = \text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)_2$;
- г) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH} = \text{C}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$.

10. Напишіть структурні формули всіх вуглеводнів, що ізомерні триметилетилену, і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

11. Напишіть схеми реакцій одержання алкенів із таких сполук:

- а) 2-бром-2-метилбутану;
- б) 3-хлор-2,3-диметилгексану;
- в) 1,2-дибромпентану;
- г) ізобутилового спирту.

Назвіть одержані алкени.

12. Напишіть схеми реакцій одержання алкенів із таких сполук:

- а) 2-бутанол;
- б) 2-хлор-2-метилпентан;
- в) 1,2-дибром-2,3-диметилпентан;
- г) третинний пентиловий спирт.

Назвіть одержані алкени.

13. Запропонуйте декілька способів одержання 1-пентену з різних органічних сполук.

14. Наведіть схеми реакцій, за допомогою яких можна одержати 2-метил-2-гексен із відповідних спиртів та алкілгалогенідів.

15. Зазначте реакцію дегідратації вторинного бутилового спирту. Назвіть одержану сполуку і напишіть реакцію взаємодії її з такими реагентами:

- а) бромною водою;
- б) озоном.

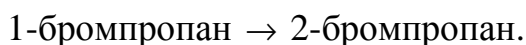
16. Запропонуйте схеми одержання із пропену таких сполук:

- а) 2-пропанолу;

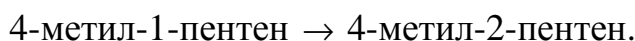
- б) 1,2-пропандіолу;
в) гексану;
г) 2,3-диметилбутану.

17. На 2-метилбутан подійте 1 моль бром. Для одержаної сполуки напишіть схему реакції зі спиртовим розчином калій гідроксиду. Назвіть алкен і напишіть для нього схему реакції полімеризації.

18. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



19. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

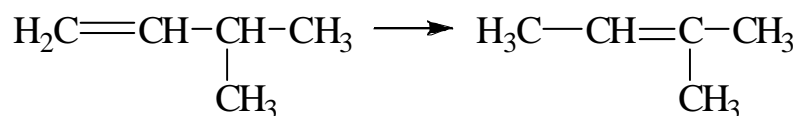


Напишіть реакції їх окиснення водним розчином KMnO_4 і хромовою сумішшю.

20. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

- а) 1-пентанол \rightarrow 2-пентен;
б) 1-бром-3-метилбутан \rightarrow 2-метил-2-бутен.

21. За допомогою яких реакцій можна здійснити перетворення:



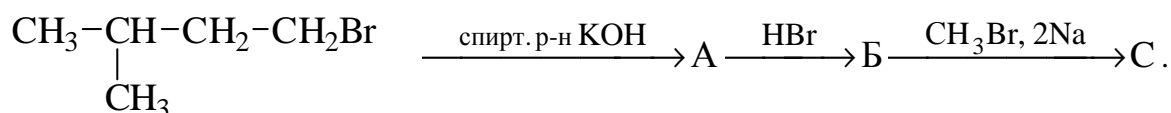
22. Напишіть структурну формулу *несим*-диметилетилену та формули його ізомерів. Для одного з них напишіть схему окиснення розчином калій перманганату. Назвіть продукт реакції.

23. Визначте будову алкену, озонід якого утворює в умовах гідролізу ацетон і пропіоновий альдегід. Відповідь підтвердіть схемами відповідних реакцій.

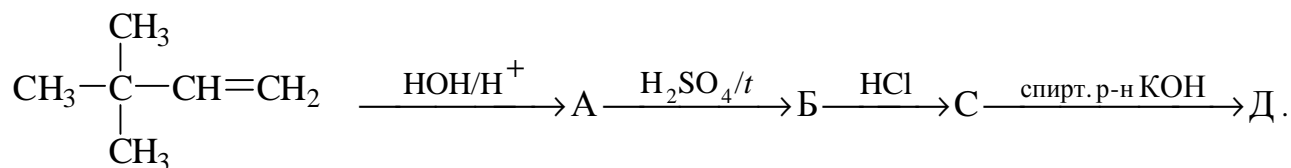
24. Визначте будову алкену, який в умовах окиснення хромовою сумішшю утворює два кетони:



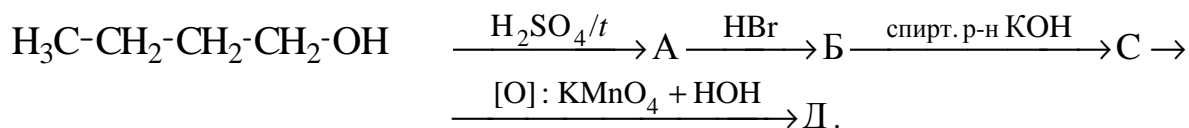
25. Напишіть схеми реакцій, що відповідають таким перетворенням, і назвіть одержані продукти:



26. Напишіть схеми реакцій, що відповідають таким перетворенням, і назвіть одержані продукти:



27. Напишіть схеми реакцій, що відповідають таким перетворенням, і назвіть одержані продукти:



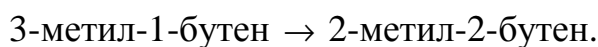
28. За допомогою якісних реакцій доведіть наявність пропену в суміші з пропаном. Напишіть схеми реакцій і назвіть продукти.

29. Визначте будову вуглеводню складу C_5H_{10} , якщо відомо, що він знебарвлює бромну воду, у результаті взаємодії з HBr утворює третинну бромпохідну, а за умов окиснення хромовою сумішшю — ацетон і оцтову кислоту. Відповідь підтвердіть схемами відповідних реакцій.

30. Визначте будову вуглеводню складу C_6H_{12} , якщо відомо, що він знебарвлює бромну воду, в умовах гідратації утворює третинний спирт складу $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$, а за умов окиснення хромовою сумішшю — ацетон і пропанову кислоту. Відповідь підтвердіть схемами відповідних реакцій.

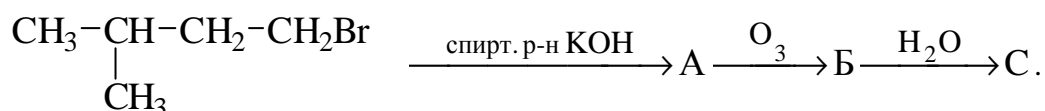
31. Визначте будову алкєну, за умов озонолізу якого утворюються два альдегіди: етаналь і пропаналь. Відповідь підтвердіть рівняннями відповідних реакцій.

32. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

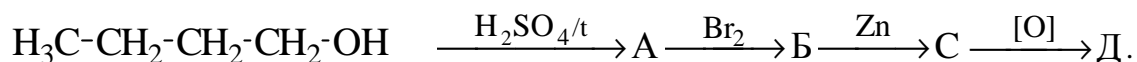


Напишіть реакції їх окиснення хромовою сумішшю.

33. Напишіть схеми реакцій, що відповідають таким перетворенням, і назвіть одержані продукти:



34. Напишіть схеми реакцій, що відповідають таким перетворенням, і назвіть одержані продукти:



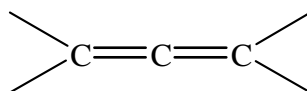
2.3 Алкіни. Алкадієни

Загальна характеристика гомологічного ряду алкадієнів. Алкадієни — ненасичені вуглеводні, молекули яких містять два подвійних зв'язки. Їх загальна формула C_nH_{2n-2} , де $n \geq 3$.

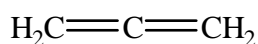
Залежно від взаємного розташування подвійних зв'язків у молекулі алкадієни поділяють на три групи:

– дієни, у молекулах яких обидва подвійні зв'язки знаходяться біля одного карбонового атома, називають дієнами з аленовими або кумульованими зв'язками;

найпростіший скелет молекули:



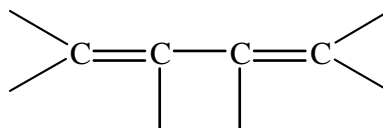
найпростіша сполука:



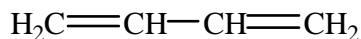
Пропадієн, тривіальна назва — ален

– дієни, у молекулах яких подвійні зв'язки розділені одним простим зв'язком, називають спряженими чи кон'югованими;

найпростіший скелет молекули:



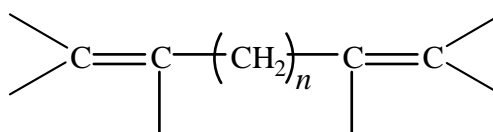
найпростіша сполука:



1,3-Бутадієн або дивініл

– дієни, у молекулах яких подвійні зв'язки розділені більш ніж одним простим зв'язком, називаються дієнами з ізольованими зв'язками.

найпростіший скелет молекули:

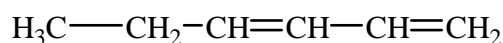


найпростіша сполука:



1,4-Пентадієн

За номенклатурою IUPAC обидва подвійні зв'язки повинні входити до головного ланцюга. Нумерацію карбонового ланцюга починають таким чином, щоб цифри подвійних зв'язків отримали найменші значення. У кінці назви додається закінчення *-дієн*. Наприклад:



1,3-Гексадієн.

Загальна характеристика гомологічного ряду алкінів. Алкіни — ненасичені вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені потрійним зв'язком $-C\equiv C-$. Вони утворюють гомологічний ряд загальної формули C_nH_{2n-2} . Найпростішим представником алкінів є етин (ацетилен) C_2H_2 .

За номенклатурою IUPAC назви алкінів утворюють від назв відповідних алканів заміною функціонального закінчення *-ан* на *-ін* (*-ин*). Головний карбоний ланцюг повинен обов'язково включати потрійний зв'язок, навіть якщо він і не найдовший. Нумерацію ланцюга починають із того кінця, ближче до якого знаходиться потрійний зв'язок.

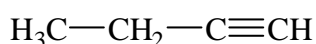
За раціональною номенклатурою алкіни називають як похідні ацетилену. Нижче наводяться формули і назви деяких вуглеводнів ряду ацетилену (табл. 2.4):

Таблиця 2.4 – Номенклатура деяких нерозгалужених алкінів

Формула	Номенклатура	
	Систематична IUPAC	Раціональна
$CH\equiv CH$	Етин	Ацетилен
$CH_3-C\equiv CH$	Пропін	Метилацетилен
$H_3C-CH_2-C\equiv CH$	1-Бутин	Етилацетилен
$H_3C-C\equiv C-CH_3$	2-Бутин	Диметилацетилен

Назви радикалів алкінів утворюють шляхом додавання закінчення *-іл* до назви вуглеводню. Допускається використання тривіальних назв деяких залишків алкенів. Наприклад, $HC\equiv C-$ — етиніл або ацетиленіл; $CH_3-C\equiv C-$ — 1-пропініл; $HC\equiv C-CH_2-$ — 2-пропініл або пропаргіл.

Ізомерія алкінів. Для алкінів характерна структурна ізомерія, а саме ізомерія карбонового ланцюга та ізомерія положення потрійного зв'язку. Наприклад, молекула бутину C_4H_6 існує у вигляді двох ізомерів:



1-Бутин



2-Бутин

Лабораторна робота №5

Алкени. Алкадієни

Прилади та реактиви:

прилад для одержання ацетилену, штативи з пробірками.

Кальцій карбід

Na_2CO_3 , 10% розчин

Бромна вода

Cu_2Cl_2 , амоніачний розчин

Гідроксиламіна гідрохлорид, 20% розчин

KMnO_4 , 0,5% розчин

ДОСЛІД 1. Одержання та властивості ацетилену

Зібрати прилад для одержання ацетилену, як показано на рис. 2.2. До колби Вюрца внести кілька шматочків кальцій карбіду і по краплях доливати воду з крапельної лійки. Газ, що виділяється, пропустити послідовно у три пробірки, які містять: перша — 1 мл бромної води, друга — суміш 1 мл води, 0,5 мл розчину натрій карбонату і 0,5 мл розчину калій перманганату, третя — 1 мл купрум(І) хлориду, попередньо знебарвленого кількома краплями розчину гідроксиламіна гідрохлориду.

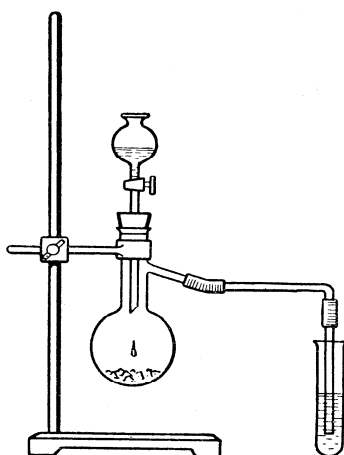
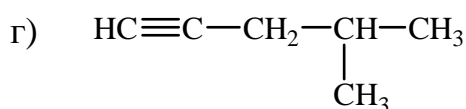
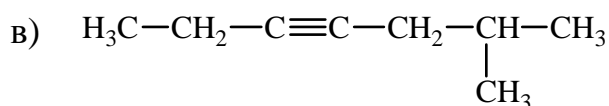
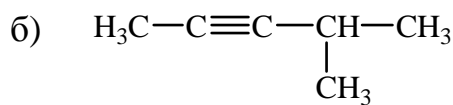
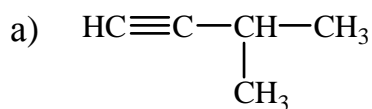


Рисунок 2.2 – Прилад для одержання ацетилену

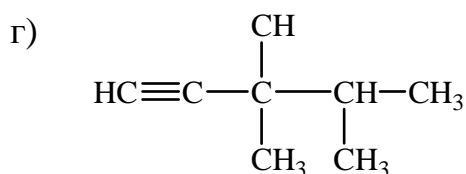
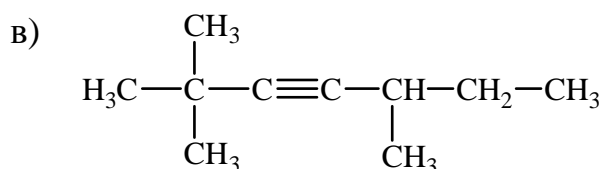
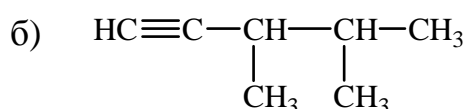
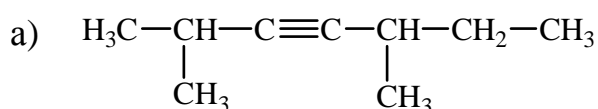
Занотувати спостереження. Написати схеми реакції одержання ацетилену та реакцій його взаємодії з бромною водою, амоніачним розчином купрум(І) хлориду, лужним розчином калій перманганату.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

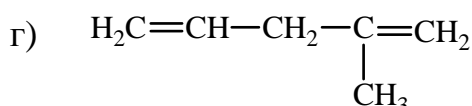
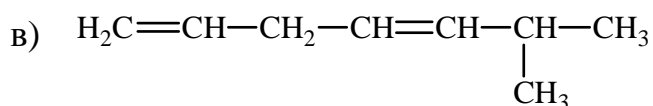
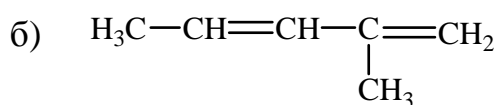
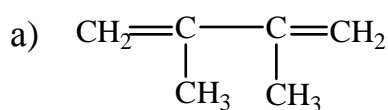
1. Назвіть за раціональною та міжнародною номенклатурою такі сполуки:



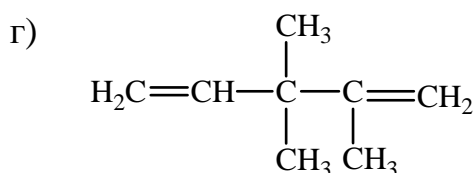
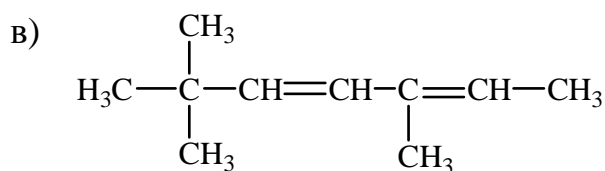
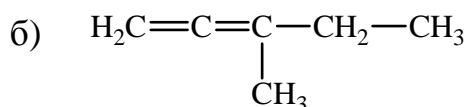
2. Назвіть за раціональною та міжнародною номенклатурою такі сполуки:



3. Назвіть за міжнародної номенклатурою такі вуглеводні:

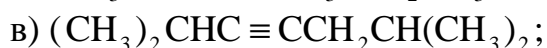


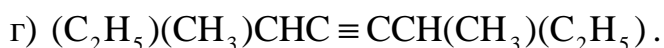
4. Назвіть за міжнародної номенклатурою такі вуглеводні:



Зазначте, до якого типу алкадієнів належать ці сполуки.

5. Назвіть наступні сполуки за систематичною і раціональною номенклатурою:





6. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за раціональною номенклатурою:

- а) 1-пентин;
- б) 2-гексин;
- в) 4-метил-2-пентин;
- г) 2,5-диметил-3-гептин.

7. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за раціональною номенклатурою:

- а) 2,5-диметил-3-гексин;
- б) 3,4-диметил-1-пентин;
- в) 2,2,5-триметил-3-гексин;
- г) 3,5-диметил-1-гексин;
- д) 3,3-диметил-1-бутин.

8. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) метилетилацетилен;
- б) діізопропілацетилен;
- в) *трет*-бутилацетилен;
- г) *втор*-бутилізобутилацетилен.

9. Напишіть структурні формули таких вуглеводнів:

- а) ізобутилацетилен;
- б) діізопропілацетилен;
- в) етил-*втор*-бутилацетилен;
- д) 2-метил-1,4-гексадієн;
- е) 2-метил-3-етил-1,3-пентадієн.

10. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) діетилацетилен;
- б) етилізопропілацетилен;
- в) метил-*втор*-бутилацетилен;
- г) етил-*трет*-бутилацетилен.

11. Напишіть структурні формули таких вуглеводнів:

- а) 2-метил-1,4-гексадієн;
- б) 2-метил-3-етил-1,3-пентадієн;
- в) 3,5-диметил-1,3-гексадієн;
- д) 3-метил-1,5-гептадієн;
- е) 2,5-диметил-3-етил-1,3-гексадієн.

12. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 1,2-бутадієн;

- б) 2,3-диметил-1,3-бутадиєн;
- в) 2,5-диметил-1,4-гексадиєн;
- г) 2-метил-1,5-гептадиєн;
- д) 2,5,5-триметил-1,3-гексадиєн.

Визначте дієни з кумульованими, спряженими та ізольованими подвійними зв'язками.

13. Напишіть структурні формули ацетиленових і дієнових вуглеводнів складу C_5H_8 (7 ізомерів) і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

14. Напишіть структурні формули ізомерних алкінів складу C_6H_{10} і назвіть їх за міжнародною і раціональною номенклатурою.

15. Напишіть структурні формули всіх вуглеводнів, що ізомерні діізобутилацетилену, і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

16. Напишіть структурні формули всіх ацетиленових вуглеводнів, що утворюють за умов гідрування 2,2-диметилпентан. Назвіть їх за систематичною та раціональною номенклатурою.

17. Напишіть схеми реакцій одержання з відповідних дибромпохідних алканів таких сполук:

- а) етилацетилен;
- б) етилізопропілацетилен;
- в) 2,3-диметил-1,3-бутадиєн;
- г) 1,3-пентадиєн.

18. Напишіть схеми реакцій і назви сполук, які одержано дією спиртовим розчином луку на:

- а) 1,2-дибромбутан;
- б) 1,1-дибромбутан;
- в) 1,4-дибромбутан;
- г) 3,3-дихлор-2,4-диметилпентан.

19. Напишіть схеми реакцій і назви дієнових вуглеводнів, що утворюються дією спиртовим розчином калій гідроксиду на:

- а) 1,4-дихлор-2-метилбутан;
- б) 1,4-дихлор-3-метилпентан.

Для одного з одержаних дієнових вуглеводнів напишіть схему реакції з 1 моль бромом.

20. Наведіть схеми реакцій одержання 2-метил-3-гексину з різних органічних сполук.

21. Напишіть схеми взаємодії 2-метил-1,3-пентадієну і 3-метил-1,2-пентадієну з 2 моль:

- а) бромом;
- б) гідрогенброміду;
- в) водню.

Схеми реакції взаємодії запишіть за стадіями: спочатку приєднання 1 моль реагенту, далі — приєднання ще 1 моль реагенту. Назвіть усі проміжні та кінцеві продукти реакції.

22. Які дієнові вуглеводні та їх похідні застосовують для синтезу каучуку? Відповідь обґрунтуйте, навівши схеми відповідних реакцій.

23. За запропонованою схемою напишіть відповідні реакції одержання хлоропренового каучуку:



24. Напишіть схеми реакції взаємодії ізопропілацетилену з наступними реагентами:

- а) бромна вода кількістю 1 моль;
- б) гідрогенхлорид HCl кількістю 1 моль;
- в) синильна кислота HCN ;
- г) вода у присутності солі ртуті і сульфатної кислоти;
- д) купрум(I) хлорид Cu_2Cl_2 .

25. Які з наступних сполук реагують за умов нагрівання з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду:

- а) етилацетилен;
- б) 2-бутин;
- в) 4-метил-2-пентин;
- г) метилізопропілацетилен;
- д) 3,3-диметил-1-пентин.

Напишіть відповідні схеми реакцій.

26. Напишіть формули і назви органічних сполук, які одержують взаємодією 1-бутину з такими реагентами:

- а) HCl (1 моль);
- б) H_2O (H^+ , Hg);
- в) Br_2 (2 моль);
- г) $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$.

27. Напишіть схеми реакцій гідратації у присутності сульфатної кислоти і ртуті(II) сульфату таких сполук:

- а) метилацетилен;
- б) диметилацетилен;
- в) метилетилацетилен;
- г) метилізопропілацетилен.

Назвіть одержані сполуки.

28. Напишіть схеми реакцій 2,4-гексадієну з такими реагентами:

- а) HCl (1 моль);

- б) Br_2 (1 моль);
- в) $\text{KMnO}_4(\text{H}_2\text{O})$;
- г) O_3 .

29. Напишіть схеми озонолізу сполук:

- а) 1,4-пентадієн;
- б) 1,3-пентадієн;
- в) 2-метил-2,5-гептадієн;
- г) 2-метил-1,5-гептадієн.

Назвіть одержані сполуки.

30. Наведіть схеми відповідних реакцій, за допомогою яких можна відрізнити пентан, 1-пентен і 1-пентин. Назвіть продукти реакції.

31. Наведіть схему реакції, за допомогою якої можна відрізнити бутин-1 і бутин-2. Назвіть продукт реакції.

32. Визначте будову вуглеводню складу C_5H_8 , якщо відомо, що він з амоніачним розчином купрум(I) оксиду дає осад червоного кольору, а за умов окиснення хромовою сумішшю перетворюється на ізомасляну кислоту. Відповідь підтвердіть відповідними схемами реакцій.

33. Алкін, що має формулу C_6H_{10} , дає за умов гідрування 2-метилпентан; в умовах реакції М.Г. Кучерова приєднує 1 моль води з утворенням кетону, за умов нагрівання не реагує з амоніачним розчином купрум(I) оксиду. Визначте будову цього вуглеводню і напишіть схеми зазначених реакцій.

34. Визначте будову речовини складу C_6H_{10} , якщо відомо, що вона не реагує з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду, а за умов нагрівання з водою, що містить сульфатну кислоту і меркурій(II) сульфат, дає суміш двох кетонів — етилпропілкетону і метилізобутилкетону. Відповідь підтвердіть відповідними схемами реакцій.

35. Визначте будову вуглеводню складу C_7H_{12} , якщо відомо, що він не реагує з амоніачним розчином купрум(I) оксиду, а за умов окиснення хромовою сумішшю утворює етанову і 2-метилбутанову кислоти. Відповідь підтвердіть відповідними схемами реакцій.

36. Визначте будову речовини складу C_6H_{10} , якщо відомо, що вона не реагує з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду, а за умов нагрівання з водою, що містить сульфатну кислоту і меркурій(II) сульфат, утворює етилпропілкетон. Відповідь підтвердіть відповідними схемами реакцій.

37. Наведіть схеми реакцій одержання 3,4-диметил-1-гексину з різних органічних сполук.

2.4 Аліциклічні вуглеводні. Терпени

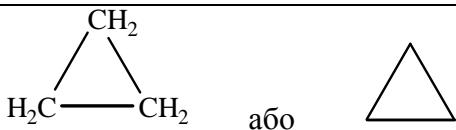
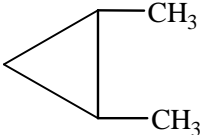
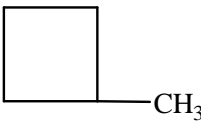
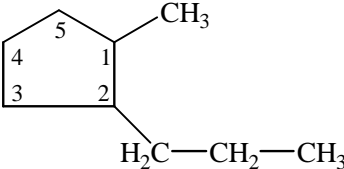
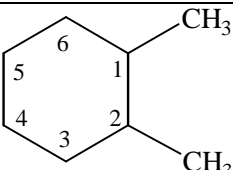
Загальна характеристика аліциклічних вуглеводнів. Аліциклічні сполуки — вуглеводні, у молекулах яких ланцюги атомів Карбону замкнені у цикли.

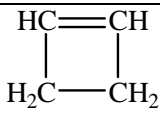
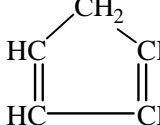
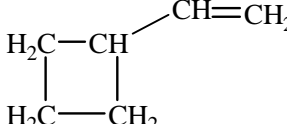
За властивостями вони близькі до аліфатичних вуглеводнів, тому в назві мають аналогічний префікс *али-*. Аліциклічні сполуки можуть бути насиченими (циклоалкани) чи ненасиченими (циклоалкени і циклоалкадієни) залежно від відсутності або наявності подвійного зв'язку.

Склад циклоалканів визначається загальною формулою C_nH_{2n} . Як і в молекулах алканів, атоми Карбону в циклоалканах з'єднані між собою σ -зв'язками. Найпростіший циклопарафін має в циклі три атоми Карбону і позначається формулою C_3H_8 . Циклічні сполуки, які містять у циклі один або більше кратних зв'язків (подвійних, потрійних), називаються ненасиченими.

За міжнародною номенклатурою назви аліциклічних вуглеводнів утворюють від назв відповідних (за числом атомів Карбону) вуглеводнів, додаючи префікс *цикло-*: циклопропан, циклобутан тощо. Нумерацію проводять таким чином, щоб замісники отримували найменші номери. Із метою спрощення написання формул циклічні сполуки умовно зображують у вигляді геометричних фігур, у яких число кутів відповідає числу атомів Карбону в циклі.

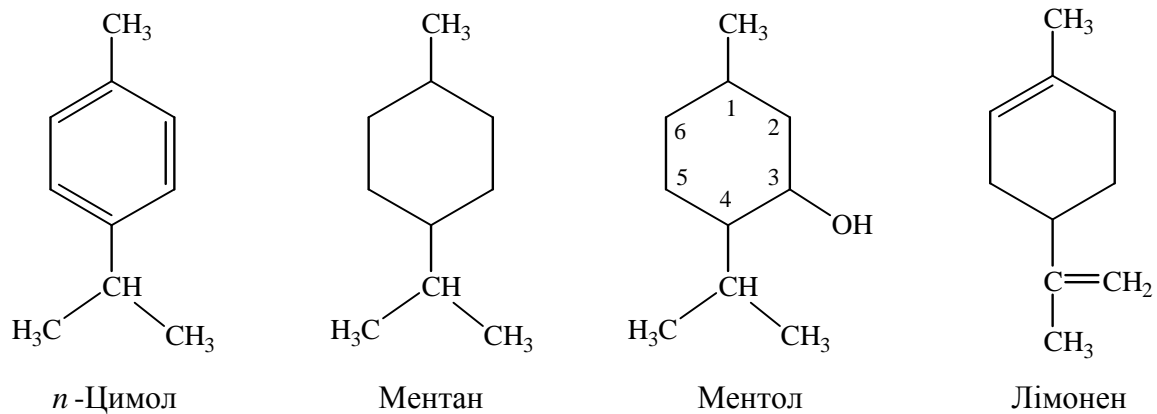
Таблиця 2.5 – Номенклатура аліциклічних вуглеводнів

Формула	Систематична IUPAC
1	2
	Циклопропан
	Диметилциклопропан
	Метилциклобутан
	1-Метил-2-пропілциклопентан
	1,3-Диметилциклогексан

1	2
	Циклобутен
	1,3-Циклопентадієн
	Вінілциклобутан

Терпени — природні сполуки, молекули яких побудовані з ізопренових фрагментів. До терпенів належать як вуглеводні, так й оксигеновмісні похідні, а саме спирти, альдегіди, кетони. Терпени є складовою частиною ефірних олій рослинного походження (трояндова, цитринова, м'ятна, лимонна, гвоздична тощо), смоли хвойних дерев (скипидар).

Терпени поділяються на моноциклічні, біциклічні, трициклічні тощо. До основних моноциклічних терпенів належать похідні повністю або частково гідрованого *n*-цимолу: ментан, лімонен, терпінени, ментол тощо. За правилами IUPAC найпростішим циклічним терпенам надаються напівсистематичні назви з фіксованою нумерацією атомів Карбону циклу. У зв'язку з громіздкістю таких назв здебільшого вживаються емпіричні назви:



Серед біциклічних терпенів особливе значення мають α -пінен (основна складова скипидару), камфора тощо:



Лабораторна робота №6

Аліциклічні вуглеводні. Терпени

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками.

Циклогексан

KI, 5% розчин

Скипидар

KMnO₄, 0,5% розчин

Крохмальний клейстер, 1% розчин

Бромна вода

ДОСЛІД 1. Відношення циклогексану до бромної води та розчину калій перманганату

У дві пробірки налити по 5 крапель циклогексану. У першу пробірку додати 1 мл бромної води, у другу — 1 мл розчину калій перманганату. Пробірки струсити.

Занотувати спостереження. Пояснити причину міцності циклу в циклогексані. Зобразити в журналі конформації циклогексану.

ДОСЛІД 2. Властивості α -пінену скипидару

У дві пробірки внести по 5–6 крапель скипидару. У першу пробірку додати 0,5 мл бромної води, у другу — 0,5 мл розчину калій перманганату. Пробірки струсити.

Занотувати спостереження. Написати в журналі рівняння реакцій взаємодії α -пінену з бромом і калій перманганатом.

ДОСЛІД 3. Окиснення α -пінену скипидару киснем повітря

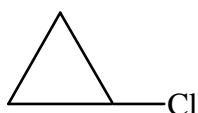
У пробірці змішати кілька крапель розчину крохмального клейстеру з 3 краплями розчину калій йодиду. Потім додати 3 краплі скипидару і суміш струсити.

Занотувати спостереження. Пояснити появу синього забарвлення. Написати схеми послідовних реакцій окиснення α -пінену до пероксиду, оксиду і далі — до піненгліколю.

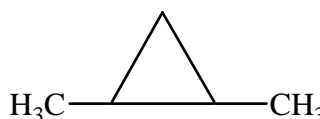
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

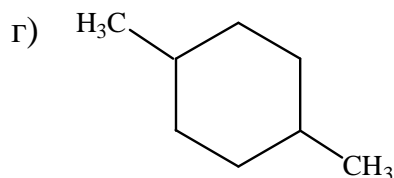
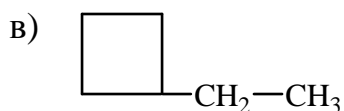
1. Назвіть сполуки за міжнародною номенклатурою:

а)



б)





2. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 1,3-диметил-2-етилциклопентан;
- б) 1-метил-4-ізопропілциклогексан;
- в) 1,4-диметил-1-циклогексен;
- г) 1-метил-1,3-циклопентадієн;

3. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 1,4-диметил-3-етилциклогексан;
- б) 2,3,5-триметил-1-циклогексен;
- в) 1,5-диметил-3-ізопропілциклопентан;
- г) 2-етил-1,3-циклобутадієн.

4. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 3,4-диметил-1-циклопентен;
- б) 1,2,4-триметил-1-циклогексен;
- в) 1-метил-3-ізопропілциклобутан;
- г) 1-метил-2,3-діетилциклогептан.

5. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) метилциклопентан;
- б) 1,5-диметил-1-ізопропілциклопентан;
- в) 3-етил-1-циклопентен;
- г) 2-метил-1-циклогексанол.

6. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 2,4-диметилциклопентанол;
- б) 3-бромциклобутанон;
- в) 2-метилциклобутанкарбонова кислота;
- г) 2-етил-1,3-циклогексадієн.

7. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 4-хлорциклогексанол;
- б) 2-етил-1-циклобутанон;
- в) циклопентиламін;
- г) 4-оксициклогексанкарбонова кислота.

8. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 2-метилциклопентанон;
- б) 2-хлорциклобутанон;
- в) 2-метилциклопропанкарбонова кислота;
- г) 3-оксоциклогексанкарбонова кислота.

9. Напишіть структурні формули ізомерів циклогексану складу C_6H_{12} (6 ізомерів) і назвіть їх.

10. Напишіть структурні формули ізомерних циклоалканів складу C_6H_{12} із шестичленним, п'ятичленним і чотиричленним кільцем. Назвіть ці сполуки.

11. Напишіть структурні формули та назви сполук із чотиричленним циклом, що ізомерні циклооктану.

12. Напишіть структурні формули *цис*- і *транс*-ізомерів таких сполук:

- а) 1,2-дибромциклопропан;
- б) 1,3-диметилциклобутан;
- в) 1-метил-3-етилциклопентан.

13. Напишіть структурні формули наступних сполук і назвіть їх ізомери, які відрізняються положенням подвійного зв'язку:

- а) метилциклобутен;
- б) метилциклопентен;
- в) метилциклогексен.

14. Напишіть формули геометричних ізомерів (*цис-транс*) 1,2-дибромциклопропану. Чим зумовлено цей вид ізомерії?

15. Напишіть формули геометричних (*цис-транс*) ізомерів 1-метил-2-етилциклобутану.

16. Напишіть схеми реакцій одержання наступних циклоалканів з відповідних дигалогенопохідних вуглеводнів:

- а) метилциклопропан;
- б) 1,2-диметилциклобутан;
- в) етилциклобутан;
- г) 1,4-диметилциклопентан.

17. Наведіть схеми реакцій, за допомогою яких можна одержати метилциклогексан, і напишіть для нього реакції окиснення.

18. Напишіть схеми реакцій взаємодії з 1 моль броду таких сполук:

- а) циклопропан;
- б) циклогептан;
- в) циклопентен;
- г) циклогексидієн-1,3.

19. З циклогексану одержіть циклогексен і напишіть схеми реакцій взаємодії циклогексену з такими реагентами:

- а) 1 моль хлору;
- б) розчином калій перманганату.

20. Напишіть схеми реакцій α -пінену з такими реагентами:

- а) 1 моль хлору;
- б) гідрогенбромідом.

21. Напишіть рівняння реакцій лімонену з такими реагентами:

- а) водою в кислому середовищі;
- б) бромною водою;

в) воднем.

22. На прикладі циклопропану і циклопентану поясніть різну реакційну здатність циклоалканів (реакція з хлором, воднем тощо).

23. Порівняйте стійкість циклопропану, циклобутану, циклопентану і циклогексану. Відповідь підтвердіть відповідними реакціями.

24. На прикладі циклобутану зазначте реакції, що перебігають із розривом циклу і збереженням циклу. За яких умов відбуваються ці реакції?

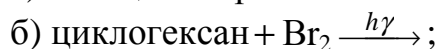
25. Напишіть реакцію окиснення циклопентану і циклобутану.

26. Напишіть реакцію бромовання циклогексану.

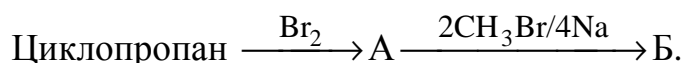
27. Напишіть структурні формули та назви сполук, що утворюються в результаті таких реакцій:



28. Напишіть структурні формули та назви сполук, що утворюються в результаті таких реакцій:



29. Напишіть формули будови проміжного та кінцевого продуктів у схемі:



30. Напишіть найпростіші реакції, за допомогою яких можна розрізнити такі сполуки:

а) циклопропан і пропан;

б) циклопропан і циклопропен;

в) 1,2-диметилциклопропан і циклопентан;

г) циклобутан і 1-бутен.

31. Напишіть найпростіші реакції, за допомогою яких можна розрізнити такі сполуки:

а) циклобутан і бутан;

б) циклопентан і циклопентен;

в) циклопентан і 1-пентен;

г) 1,2-диметилбутан і циклогексан.

2.5 Арени

Загальна характеристика гомологічного ряду аренів. Арени — вуглеводні, молекули яких містять стійке циклічне угруповання — бензенове кільце (ядро), атоми Карбону якого сполучені між собою ароматичним зв'язком.

Залежно від числа бензенових ядер у молекулі, арени поділяються на моноядерні і багатоядерні.

Найпростішою моноядерною ароматичною сполукою є бензен, молекулярна формула якого C_6H_6 . Молекула бензену має будову плоского шестикутника (рис. 2.3), у якому всі зв'язки між атомами Карбону однакові за довжиною $l = 0,140$ нм. У той час, як l_{C-C} для алканів становить $0,154$ нм, а для алкенів — $0,134$ нм. Атоми Карбону бензенового ядра знаходяться у стані sp^2 -гібридизації, кути між зв'язками дорівнюють 120° , і всі шість атомів Карбону знаходяться в одній площині. У кожного атома Карбону залишається по одному негібризованому p -електрону. Ці шість p -електронів розміщені перпендикулярно площині кільця з паралельними вісями і, перекриваючись своїми бічними поверхнями, утворюють суцільну електронну хмару — π -хмару:

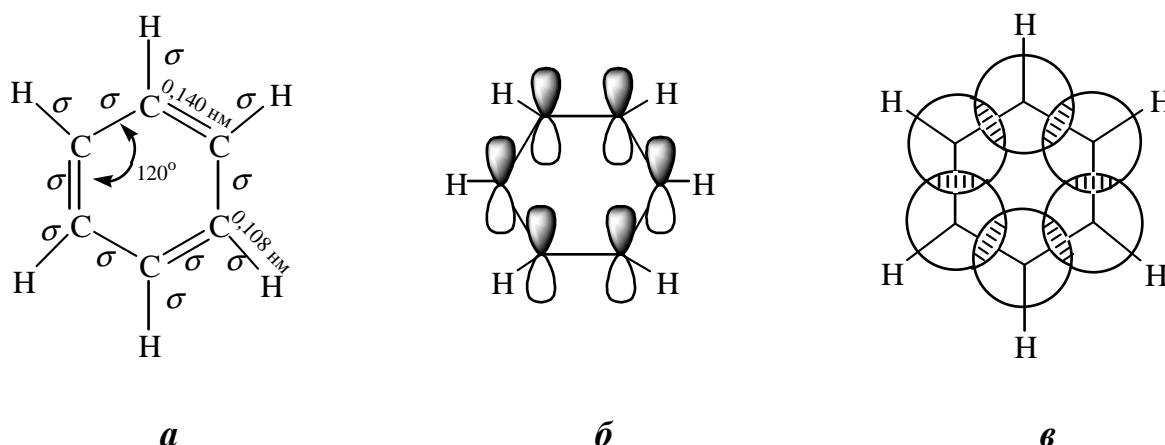


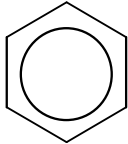
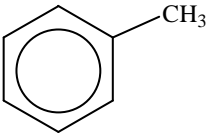
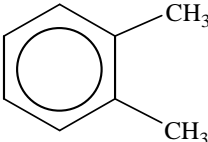
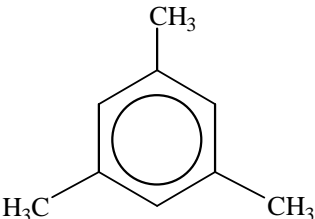
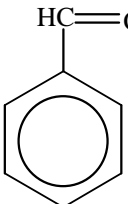
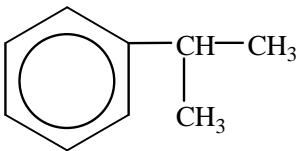
Рисунок 2.3 – Будова бензену:

a – структурна формула; *б* – вигляд моделі збоку; *в* – вигляд моделі зверху

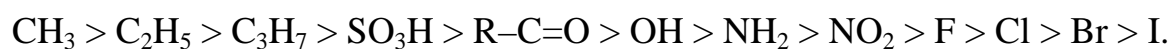
Внаслідок такого перекривання p -електронів утворюються дві суцільні електронні хмари, одна з яких лежить вище, а друга нижче площини молекули, утворюючи шестиелектронний π -зв'язок, спільний для всіх атомів Карбону.

Гомологами бензену вважають його похідні, у молекулах яких атоми Гідрогену заміщені на радикали. Загальна формула цих вуглеводнів C_nH_{2n-6} . Назва аренів складається з назви замісника і слова -бензен. Правилами IUPAC дозволяється використовувати для деяких аренів їх тривіальні назви.

Таблиця 2.6 – Номенклатура поширених аренів

Формула	Систематична IUPAC	Тривіальна
	Бензен	Бензол
	Метилбензен	Толуол
	1,2-Диметилбензен	<i>o</i> -Ксилол
	1,3,5-Триметилбензен	Мезитилен
	Етенілбензен	Стирол
	Ізопропілбензен	Кумол

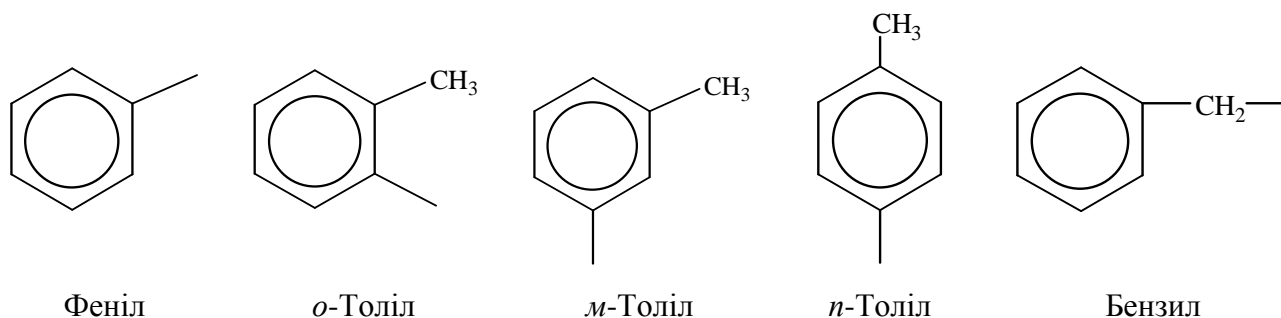
За наявності в бензеновому кільці двох і більше замісників їх положення позначають цифрами. Нумерацію атомів Карбону бензенового кільця здійснюють таким чином, щоб замісники мали якомога менші номери. У дизаміщених аренах поряд із цифровим позначенням положення замісників застосовують також префікси: *орто*- (*o*-) положення — 1,2; *мета*- (*m*) положення — 1,3; *пара*- (*p*) положення — 1,4. Вуглеводневі залишки в назвах ароматичних сполук розміщуються як префікси за алфавітним порядком або за їх старшинством. Старшинство замісників визначається в ряду:



«Старший» замісник у переліку вказується останнім. Якщо назва однієї з груп у сполученні зі словом *-бензен* відповідає тривіальній назві, то сполуку називають як похідну цієї тривіальної сполуки.

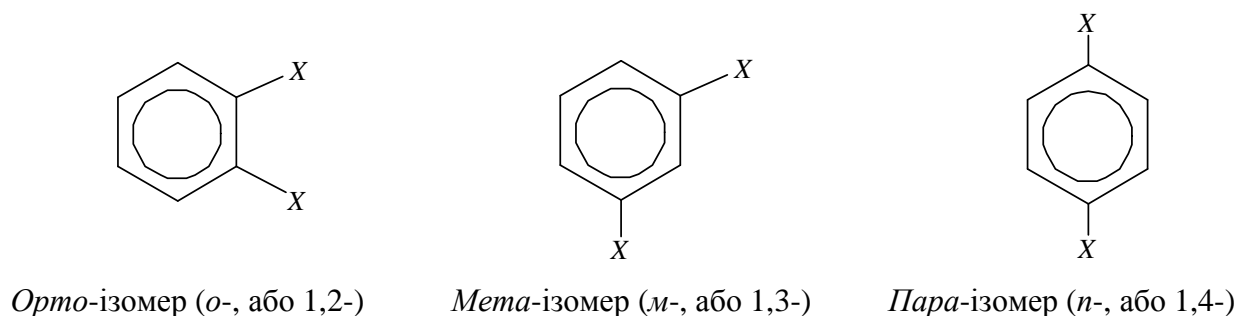
Вищі гомологи бензену найчастіше розглядають як похідні аліфатичних вуглеводнів, що містять як замісник бензенове ядро.

Арили — одновалентні ароматичні залишки, які можуть мати вільну валентність як у бензеновому ядрі, так і в бічному ланцюгу:

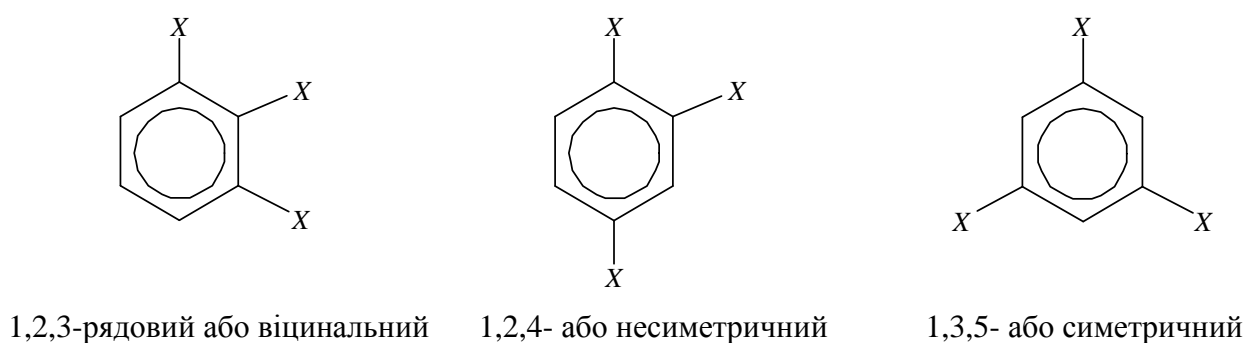


Ізомерія аренів. Для аренів характерна структурна ізомерія вуглеводневих замісників, які сполучені з бензеновим кільцем, а також ізомерія їх взаємного розташування.

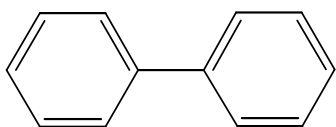
Для двозаміщених аренів існує три типи ізомерів: *орто*-, *мета*-, *пара*-.



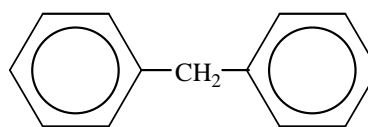
Три замісники в бензеновому кільці зумовлюють існування трьох ізомерів:



Загальна характеристика багатоядерних аренів. Багатоядерними ароматичними сполуками називають речовини, які мають у молекулі два або декілька бензенових ядра, які з'єднані між собою карбоновим зв'язком. Розрізняють сполуки з ізольованими бензеновими ядрами, у молекулах яких бензенові ядра з'єднані або безпосередньо, або аліфатичним ланцюгом. Наприклад:

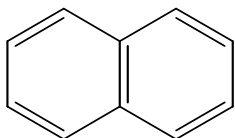


Біфеніл

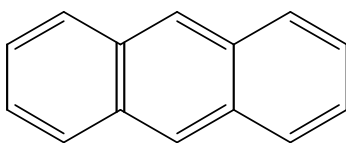


Дифенілметан

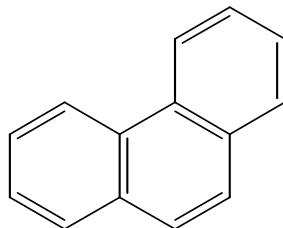
Сполуки з конденсованими бензеновими ядрами, у молекулах яких бензенові цикли мають спільні *орто*-карбонові атоми, наприклад:



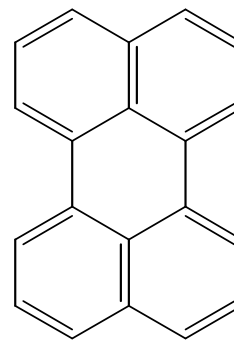
Нафтален



Антрацен



Фенантрен



Перилен

Лабораторна робота №7

Арени

Прилади та реактиви:

мікроскоп, водяні бані, спиртівки, пробірки з газовідвідними трубками, сухі пробірки, предметні та покривні скельця, склянки з льодом, хімічні склянки на 50 мл, вата, штативи універсальні.

Суха суміш бензойної кислоти
з натронним вапном (1:2)
Хлороформ
Етанол
Бензен
Ксилен
Толуен
Нафтален

H_2SO_4 , 2 моль/л розчин
 H_2SO_4 , концентрована
 HNO_3 , концентрована
Бромна вода
 Br_2 , 3% розчин у CCl_4
 NaCl , насичений розчин
 KMnO_4 , 0,5% розчин

ДОСЛІД 1. Одержання бензену з бензенової кислоти

У сухій пробірці з газовідвідною трубкою нагріти близько 4 г сухої суміші бензенової кислоти з натронним вапном. Кінець газовідвідної трубки занурити у пробірку-приймач, яка охолоджується у склянці з льодом. Нагрівати спочатку обережно, далі — інтенсивно до зникнення білих ділянок суміші у пробірці. Дослідити запах відгону.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій утворення бензену й описати його фізичні властивості.

ДОСЛІД 2. Властивості бензену

Розчинність бензену. Дослідити розчинність бензену у воді, етанолі, хлороформі. Для кожного досліду брати 3–5 крапель бензену та 1 мл розчинника.

Відношення бензену до бромної води і розчину калій перманганату. У дві пробірки внести по 5 крапель бензену. У першу пробірку додати 1 мл бромної води, у другу — 1 мл розчину калій перманганату. Пробірки струсити.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому не змінилося забарвлення реагентів та чому після струшування з бромною водою шар бензену забарвився.

ДОСЛІД 3. Окиснення аренів

У три пробірки налити по 1 мл розчину калій перманганату, додати по 0,5 мл сульфатної кислоти (2 моль/л) і додати: у першу пробірку 0,5 мл бензену, у другу — 0,5 мл толуену, у третю — 0,5 мл ксилену. Струсити.

Занотувати спостереження. Записати рівняння окиснення толуену і ксилену.

ДОСЛІД 4. Бромовання аренів

У три сухі пробірки помістити: у першу — 1 мл бензену, у другу — 1 мл толуену, у третю — 0,5 г нафталену. Далі в кожен пробірку долити по 1 мл розчину броду в тетрачлорметані (Br_2 у CCl_4) і струсити. Обережно нагріти на водяній бані до початку кипіння і залишити у штативі на 5 хв.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій бромовання толуену і нафталену.

ДОСЛІД 5. Нітрування бензену

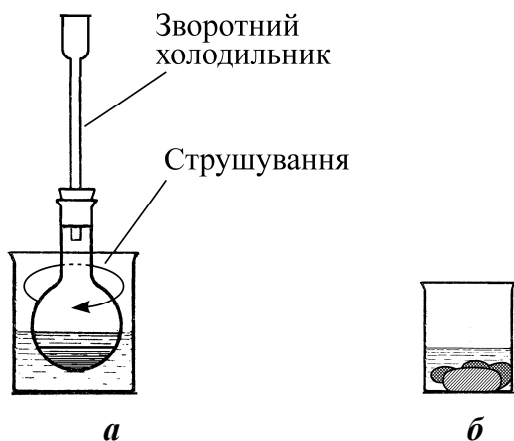


Рисунок 2.4 – Прилад для синтезу нітробензену:

a – струшування реакційної колби; *б* – краплі нітробензену у воді

На рис. 2.4 показано прилад для синтезу нітробензену. У сухій пробірці або колбі обережно змішати 1,5 мл концентрованої нітратної кислоти і 2 мл концентрованої сульфатної кислоти. Пробірку охолодити зовні водою. До охолодженої до кімнатної температури нітруючої суміші додати по краплях, обережно струшуючи, 1 мл бензену. Щоб розпочати реакцію, пробірку з реакційною сумішшю помістити в стакан з гарячою водою на 3...5 хв. — до закінчення нітрування (рис. 2.4 *a*). З метою кращого перемішування реагуючих рідин пробірку впродовж цього часу слід струшувати. Після

закінчення реакції вміст пробірки вилити у стакан з 10...15 мл води (рис. 2.4 б). Нітробензен виділяється у вигляді важкого масла і має характерний запах.

Занотувати спостереження. Написати схему та зазначити механізм реакції нітрування бензену. Описати фізичні властивості нітробензену.

ДОСЛІД 6. Сульфування аренів

У три сухі пробірки налити по 3 мл концентрованої сульфатної кислоти та додати у першу пробірку 1 мл бензену, у другу — 1 мл толуену, у третю — близько 0,5 г нафталену та струсити. Прогріти пробірки 5...7 хв. на водяній бані так, щоб бензен не википав. Після повного розчинення толуену і нафталену вилити вміст пробірок у три склянки та додати у кожну 10 мл насиченого розчину натрій хлориду. Через деякий час з'являться кристали натрієвих солей арилсульфонових кислот. Кристали солі розглянути під мікроскопом.

Занотувати спостереження. Пояснити відмінність у поведінці бензену. Написати схеми реакцій сульфування толуену і нафталену.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) *o*-ксилен;
- б) 1,2,3-триметилбензен;
- в) *n*-етилстирен;
- г) 1-бутил-3-етилбензен;
- д) пропенілбензен;
- ж) 2-метилантрацен.

2. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) *n*-діізопропілбензен;
- б) 1,4-диметил-2-етилбензен;
- в) *o*-етилтолуен;
- г) *втор*-бутилбензен;
- д) β -метилнафтален;
- ж) алілбензен.

3. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 1,5-диметилнафтален;
- б) α,β -дифенілетан;
- в) вінілбензен;
- г) 1-ізопропіл-4-метилбензен;
- д) 2,4-динітрохлорбензен;
- ж) *n*-діізопропілбензен.

4. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) дифенілметан;
- б) 3-фенілпентан;

- в) фенілацетилен;
- г) *транс*-дифенілетилен;
- д) 1,4-диметилнафтален;
- ж) *n*-етилстирен.

5. Напишіть структурні формули всіх ізомерних аренів складу C_8H_{10} і назвіть їх за міжнародною номенклатурою.

6. Напишіть структурні формули і назви гомологів бензену складу C_9H_{12} (8 ізомерів).

7. Напишіть структурні формули всіх ізомерів метилетилбензену і назвіть їх.

8. Напишіть рівняння реакцій Вюрца-Фіттіга для таких пар сполук:

- а) *пара*-бромтолуен і ізопропіл бромід;
- б) *орто*-хлортолуен і хлорбензен;
- в) бромистий бензил і бромбензен.

Назвіть одержані сполуки.

9. Напишіть рівняння реакцій Фріделя-Крафтса для таких пар сполук:

- а) бензен й ізопропіл хлорид;
- б) нафтален і брометил;
- в) толуен і хлорбензен.

Назвіть одержані сполуки.

10. Напишіть реакції, що відповідають схемі одержання з метану етилбензена.

11. Запропонуйте схеми синтезу етилбензену з таких сполук:

- а) етилциклогексан;
- б) бензен;
- в) бромбензен;
- г) октан.

12. Напишіть рівняння реакцій бромовання у присутності каталізатора таких сполук:

- а) ізопропілбензен;
- б) *пара*-нітротолуен;
- в) бензенсульфо кислота;
- г) бензенова кислота.

Назвіть одержані сполуки.

13. Напишіть схеми реакцій нітрування в ядро таких сполук:

- а) етилбензен;
- б) нітробензен;
- в) хлорбензен;
- г) *орто*-толуенсульфо кислота.

Назвіть одержані сполуки.

14. Напишіть схеми таких реакцій:

- а) бромовання бензену і толуену;
- б) сульфування толуену і нафталену;

в) нітрування бензенової кислоти.

Назвіть одержані сполуки.

15. Напишіть схеми мононітрування таких сполук:

- а) ізопропілбензен;
- б) фенол;
- в) бромбензен;
- г) бензенсульфо кислота;
- д) *m*-нітротолуен.

16. Напишіть схеми моноссульфування таких сполук:

- а) толуен;
- б) бензенова кислота;
- в) хлорбензен;
- г) *m*-бромнітробензен;
- д) *o*-нітротолуен.

17. Напишіть схеми реакцій, що перебігають у результаті взаємодії етилбензену з такими реагентами:

- а) H_2 (Ni, t, p);
- б) $KMnO_4$ (H_2SO_4);
- в) Cl_2 (Fe);
- г) CH_3Br ($FeBr_3$);
- д) CH_3COCl ($FeCl_3$).

18. Напишіть схеми реакцій толуену з такими реагентами:

- а) Cl_2 ($FeCl_3$);
- б) концентрована HNO_3 (концентрована H_2SO_4);
- в) Cl_2 (світло);
- г) $KMnO_4$ (H_2SO_4);
- д) C_2H_5Cl ($AlCl_3$).

19. Напишіть схеми реакцій взаємодії стирену з такими реагентами:

- а) Br_2 (H_2O);
- б) Br_2 (Fe);
- в) $KMnO_4$ (H_2O);
- г) $KMnO_4$ (H_2SO_4);
- д) HBr .

20. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену:

- а) *para*-толуенсульфо кислота;
- б) *орто*-, *мета*- і *пара*-хлорбензенсульфо кислота.

21. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену:

- а) *орто*-, *мета*-, *пара*-нітротолуен;
- б) *орто*-, *мета*-, *пара*-бромбензенові кислоти.

22. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену та інших реагентів таких сполук:

- а) *n*-трет-бутилтолуен;
- б) *n*-нітrostирен;
- в) *n*-бромбензенсульфо кислота;
- г) *m*-бромбензенсульфо кислота.

23. Одержіть реакцією Фріделя-Крафтса з бензену феніл-*n*-толілметан.

24. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену та інших реагентів таких сполук:

- а) *n*-ізопропілтолуен;
- б) *n*-хлорстирен;
- в) 3,5-динітробензенова кислота;
- г) *n*-хлорбензенова кислота.

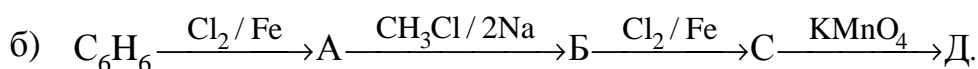
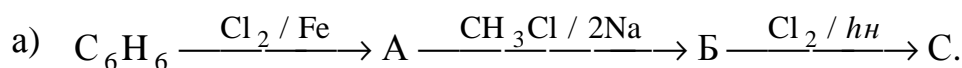
25. Напишіть структурні формули та назви ароматичних вуглеводнів складу C_7H_8 , C_8H_{10} , C_9H_{12} , під час окиснення яких утворюється бензенова кислота. Наведіть схеми відповідних реакцій окиснення.

26. Напишіть структурну формулу та назву вуглеводню C_9H_{10} , який під час окиснення хромовою сумішшю перетворюється на бензенову кислоту, а в умовах окиснення за Вагнером утворює 3-феніл-1,2-пропандіол. Наведіть схеми відповідних реакцій.

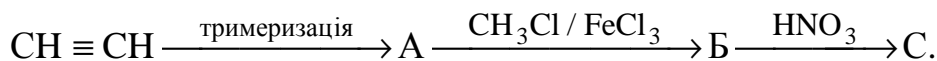
27. Зазначте реакції, за допомогою яких можна розрізнити:

- а) бензен і циклогексан;
- б) бензен і 1-гексен;
- в) толуен і *n*-гептан;
- г) хлорбензен і етилбензен.

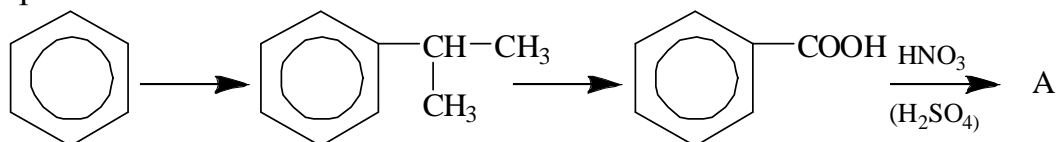
28. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



29. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



30. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



3 ГІДРОКСИСПОЛУКИ

3.1 Спирти. Етери

Загальна характеристика спиртів. Похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або декілька атомів Гідрогену заміщені гідроксильною групою –ОН, називаються спиртами. Залежно від кількості гідроксильних груп розрізняють одноатомні й багатоатомні спирти, від будови вуглеводневого залишку — насичені, ненасичені, циклічні й ароматичні спирти, від положення гідроксильної групи в молекулі — первинні, вторинні та третинні спирти.

Одноатомні насичені спирти утворюють гомологічний ряд, загальна формула якого $C_nH_{2n+1}OH$.

За міжнародною номенклатурою IUPAC назви (табл. 3.1) одноатомних спиртів утворюють від назв відповідних вуглеводнів із додаванням функціонального закінчення *-ол*. Цифрою вказують номер Карбону, біля якого знаходиться гідроксильна група. Атоми Карбону головного найдовшого ланцюга нумерують із того кінця, до якого ближче знаходиться гідроксильна група.

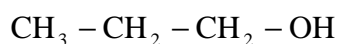
Також для спиртів поширена радикально-функціональна номенклатура, згідно з якою до назви вуглеводневого залишку (радикалу) додають слово «спирт», наприклад, метиловий спирт. У назвах спиртів за радикально-функціональною номенклатурою зазначають одночасно й положення гідроксильної групи, наприклад, вторинний бутиловий спирт, третинний бутиловий спирт. За раціональною номенклатурою спирти розглядають як похідні карбінолу (метилового спирту), у молекулі якого атоми Гідрогену заміщені на вуглеводневі радикали.

Таблиця 3.1 – Номенклатура поширених одноатомних спиртів

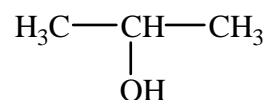
Формула	Радикально-функціональна	Раціональна	Систематична IUPAC
1	2	3	4
$CH_3 - OH$	Метиловий спирт	Карбінол	Метанол
$CH_3 - CH_2 - OH$	Етиловий спирт	Метилкарбінол	Етанол
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$	Пропіловий спирт	Етилкарбінол	1-Пропанол
$\begin{array}{c} H_3C - CH - CH_3 \\ \\ OH \end{array}$	Ізопропіловий спирт	Диметилкарбінол	2-Пропанол
$CH_3 - (CH_2)_2 - CH_2 - OH$	Бутиловий спирт	Пропілкарбінол	1-Бутанол
$\begin{array}{c} H_3C - CH_2 - CH - CH_3 \\ \\ OH \end{array}$	Вторинний бутиловий спирт	Метилетилкарбінол	2-Бутанол

1	2	3	4
			Циклогексанол
$C_6H_5 - CH_2 - OH$	Фенілметиловий спирт або бензиловий спирт	Фенілкарбінол	Фенілметанол
$C_6H_5 - \overset{\beta}{C}H_2 - \overset{\alpha}{C}H_2 - OH$	β -Фенілетиловий спирт	Бензилкарбінол	2-Фенілетанол

Ізомерія одноатомних спиртів. Для одноатомних спиртів характерна структурна ізомерія, а саме ізомерія карбонового ланцюга та ізомерія положення гідроксильної групи. Наприклад, пропанол існує у вигляді двох ізомерів:



1-Пропанол



2-Пропанол

Лабораторна робота №8

Спирти. Етери

Прилади та реактиви:

спиртівки, циліндри на 50 і 100 мл, термометр хімічний на 100 °С, сухі пробірки, спіраль з мідного дроту, закріплена у гумовій пробці, універсальний лакмусовий папір, фільтрувальний папір.

Етанол	$CuSO_4$, безводний
Бутанол	Na, металічний
Аміловий спирт	$KHSO_4$, кристалічний
Етиленгліколь	NaOH, 10% розчин
Гліцерин, безводний	Сіль Мора, 10% розчин
Гліцерин, 50% розчин	H_2SO_4 , 10% розчин
Діетиловий етер, чистий	$K_2Cr_2O_7$, 15% розчин
Діетиловий етер, технічний	$CuSO_4$, 10% розчин
Фуксинсульфітна кислота, розчин	HCl, 0,1% розчин
Фенолфталеїн, спиртовий розчин	KI, 3% розчин
	KCNS, 1% розчин

ДОСЛІД 1. Розчинність спиртів у воді

Дослідити розчинність у воді таких спиртів: етилового, бутилового, амілового, етиленгліколю, гліцерину. В 1 мл води розчинити 5 крапель відповідного спирту. Визначити лакмусом, фенолфталеїном реакцію середовища одержаних розчинів спиртів.

Занотувати спостереження. Пояснити зміну розчинності спиртів у гомологічному ряду та залежно від кількості гідроксильних груп. Навести схему утворення міжмолекулярних водневих зв'язків «спирт–вода–спирт–вода».

ДОСЛІД 2. Зневоднення етилового спирту

У суху пробірку помістити пучку (близько 0,5 г) порошку безводного купрум(II) сульфату (білого кольору) і додати 0,5 мл етанолу. Суміш перемішати та трохи підігріти. Злити спирт у суху, чисту пробірку для наступного дослідів.

Занотувати спостереження. Пояснити реакції утворення кристалогідрату купрум(II) сульфату — мідного купоросу.

ДОСЛІД 3. Одержання і гідроліз натрій етилату

У суху пробірку налити 1 мл етанолу (або взяти спирт із дослідів 2) і додати маленький шматок металічного натрію, який перед цим обсушити від гасу фільтрувальним папером. Коли весь натрій прореагує, долити 1 мл води і додати 1–2 краплі розчину фенолфталеїну.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій утворення натрій етилату і його гідроліз. Пояснити, чому алкоголяти піддаються гідролізу.

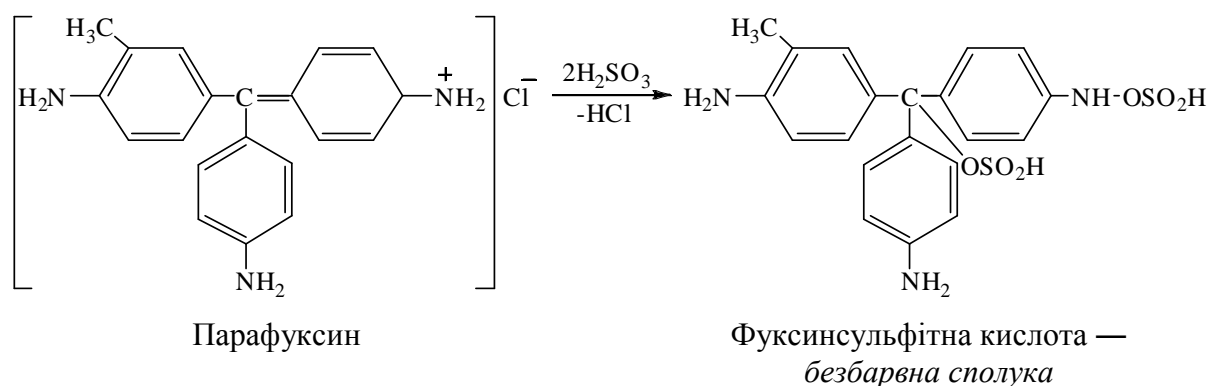
ДОСЛІД 4. Окиснення етанолу купрум(II) оксидом

У суху пробірку помістити 10 крапель етанолу. Спіраль із мідного дроту нагріти над полум'ям горілки до червоного кольору і ще гарячою занурити до пробірки зі спиртом. Відзначити запах, який з'явився в пробірці. Додати в пробірку 10 крапель розчину фуксинсульфітної кислоти.

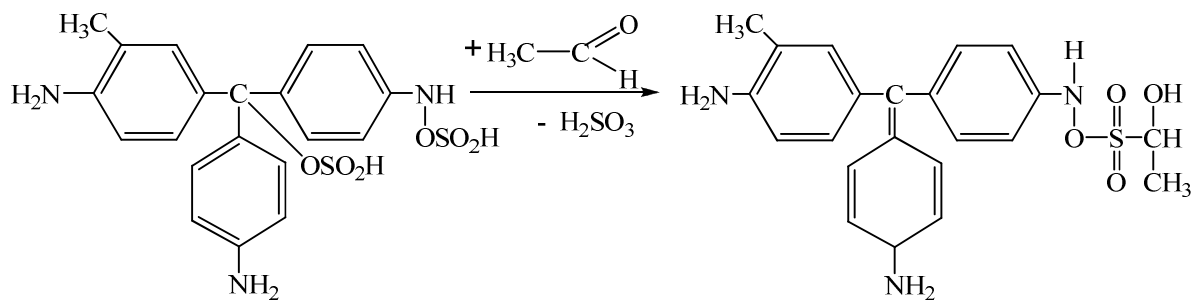
Занотувати спостереження. Зазначити, чи присутній «яблучний запах» оцтового альдегіду. Написати схему реакції окиснення етанолу до етаналу, який забарвлюється у присутності фуксинсульфітної кислоти. Написати схему реакції взаємодії етаналу з фуксинсульфітною кислотою, яка з альдегідами реагує за нижченаведеною схемою.

Хімізм процесу

Спочатку утворюється фуксинсульфітна кислота:



Після додавання альдегіду відбувається відновлення кольору:



Сполука червоно-фіолетового кольору

ДОСЛІД 5. Контракція спирту

У циліндр на 100 мл помістити 50 мл етилового спирту і заміряти його температуру. Потім долити 50 мл води і знову заміряти температуру. Після охолодження суміші до початкової температури спирту виміряти її об'єм.

Занотувати спостереження. Записати температуру й об'єм до і після змішування спирту з водою. Навести схему утворення міжмолекулярних водневих зв'язків «спирт–вода–спирт».

ДОСЛІД 6. Дегідратація гліцерину — акролеїнова проба

У суху пробірку внести 1 г кристалічного калій гідрогенсульфату KHSO_4 (калій бісульфату) і додати 4–5 крапель безводного гліцерину. Суміш нагріти до появи чорного кольору. Обережно дослідити запах.

Занотувати спостереження. Відзначити запах акролеїну. Написати схему дегідратації гліцерину.

Якщо KHSO_4 відсутній, дослід провести таким чином: у суху пробірку помістити близько 1 г кристалічної солі KCl або NaCl , додати 2–3 краплі гліцерину і 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти. Суміш нагріти на спиртівці.

ДОСЛІД 7. Утворення купрум гліцерату

У пробірці змішати 1 мл розведеного розчину натрій гідроксиду з 0,5 мл розчину купрум(II) сульфату. До одержаного осаду додати 1 мл водного розчину гліцерину.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції утворення купрум(II) гідроксиду і його взаємодії з гліцеином. Відзначити колір розчину купрум гліцерату.

ДОСЛІД 8. Виявлення пероксидів у діетиловому етері

Провести паралельні досліди з чистим і технічним етером.

А. До 1 мл етеру додати 0,5 мл розчину хлоридної кислоти і 0,5 мл розчину калій йодиду. Суміш перемішати.

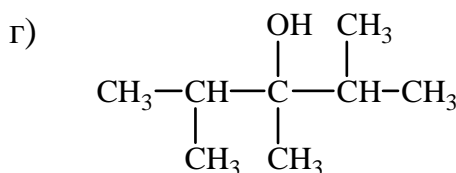
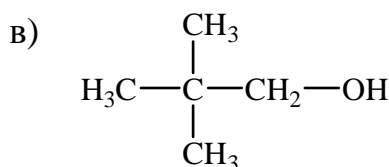
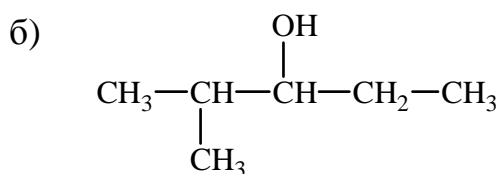
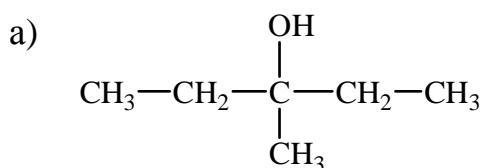
Занотувати спостереження. Пояснити причину появи бурого кольору вільного йоду. Написати схему реакції окиснення калій йодиду до вільного йоду за присутності пероксидів.

В. До 1 мл етеру додати 1 мл розчину солі Мора і 5–6 крапель розчину калій роданіду КСНС. Суміш перемішати.

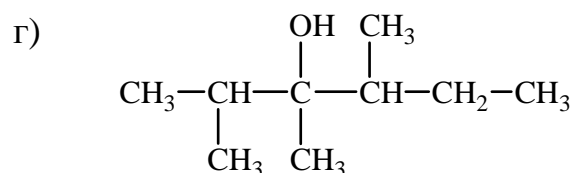
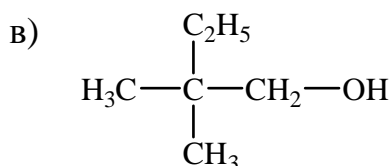
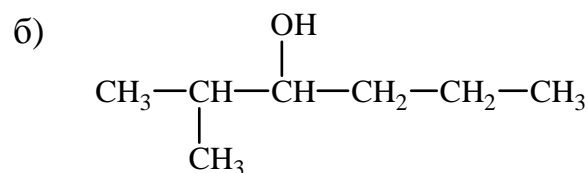
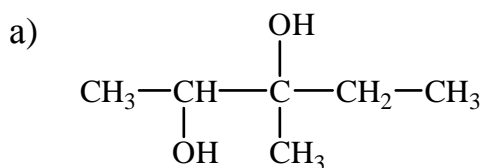
Занотувати спостереження. Пояснити причину появи червоного кольору ферум(III) роданіду. Написати рівняння реакції утворення гідропероксиду під час окиснення етеру. Написати схему реакції окиснення іону Fe^{2+} солі Мора до Fe^{3+} під дією гідропероксиду.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Назвіть сполуки за міжнародною і раціональною номенклатурою:



2. Назвіть сполуки за міжнародною і раціональною номенклатурою:



3. Напишіть структурні формули наступних сполук і назвіть їх за раціональною номенклатурою:

- 2-пентанол;
- 2-метил-2-бутанол;
- 4-метил-2-пентанол;
- 2,3-диметил-3-пентанол;
- 2,2,4-триметил-3-гексанол.

4. Напишіть структурні формули наступних сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- диметилізопропілкарбінол;
- пропілізопропілкарбінол;
- бутил-*трет*-бутилкарбінол;
- ізопропілізобутилкарбінол.

5. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 3,3-диметил-1-бутанол;
- б) 2-етил-1,3-гександіол;
- в) 4-пентен-1-ол;
- г) 3-бутин-2-ол;
- д) 2,2,3-триметил-3-пентанол.

Серед перелічених спиртів зазначте насичені одноатомні, двохатомні і ненасичені спирти.

6. Напишіть структурні формули всіх ізомерних спиртів складу C_3H_8O . Зазначте первинні, вторинні і третинні спирти. Назвіть їх за радикально-функціональною, раціональною і міжнародною номенклатурою.

7. Напишіть структурні формули всіх ізомерних спиртів складу $C_4H_{10}O$. Зазначте первинні, вторинні й третинні спирти. Назвіть їх за радикально-функціональною, раціональною і міжнародною номенклатурою.

8. Напишіть структурні формули і назви первинних спиртів складу $C_5H_{12}O$ (4 ізомери).

9. Напишіть структурні формули всіх ізомерних ароматичних спиртів складу $C_9H_{12}O$ і назвіть їх.

10. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) ізобутиловий спирт;
- б) *втор*-бутиловий спирт;
- в) *трет*-бутиловий спирт;
- г) *трет*-пентиловий спирт;
- д) аліловий спирт;
- е) ізопропіловий спирт.

Назвіть ці сполуки за міжнародною номенклатурою.

11. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 1-метоксибутан;
- б) 1-етокси-2-метилпропан;
- в) 1-пропокси-3-метилбутан;
- г) 3-метокси-1-пропен;
- д) 2-метоксипропан.

Назвіть ці сполуки за раціональною номенклатурою.

12. З яких ненасичених сполук можна одержати такі спирти:

- а) 2-метил-2-бутанол;
- б) 3-етил-2,3-пентадіол;
- в) 3-метил-2,3-бутандіол.

Наведіть схеми відповідних реакцій. Для спирту «в» зазначте схеми реакцій з металічним натрієм і фосфор(V) хлоридом PCl_5 .

13. Напишіть схеми реакції послідовного одержання етилового спирту з ацетилену (через стадію гідратації ацетилену).

14. Напишіть схеми одержання 2-бутанолу з таких сполук:

- а) 2-хлорбутану;

- б) *n*-бутану;
- в) 1-бутену;
- г) 2-бутанону;
- д) 2-бутину.

15. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна перетворити 1-бутанол на 2-бутанол. За допомогою яких реакцій можна відрізнити ці спирти?

16. Який ізомер вуглеводню складу C_5H_{10} в умовах послідовної дії спочатку гідрогенброміду, а потім — водного розчину натрій гідроксиду, дає 3-метил-2-бутанол?

17. Запропонуйте схеми одержання третинного ізоамілового спирту різними способами і напишіть схему реакції його окиснення.

18. Напишіть схеми реакцій, які характеризують властивості етилового спирту (окиснення, внутрішньо- і міжмолекулярна дегідратація). Дайте назви всім сполукам.

19. Які сполуки можна одержати внутрішньомолекулярною дегідратацією і окисненням таких спиртів:

- а) 2-метил-1-бутанол;
- б) 3-метил-2-бутанол.

Наведіть схеми відповідних реакцій.

20. З ізопропілового спирту одержать:

- а) пропілен;
- б) діізопропіловий етер;
- в) бромистий ізопропіл;
- г) ацетон.

Наведіть схеми відповідних реакцій.

21. Напишіть схеми реакцій внутрішньомолекулярної і міжмолекулярної дегідратації 2-бутанолу в присутності сульфатної кислоти. Назвіть продукти реакцій.

22. Дегідратацією відповідних спиртів одержать такі сполуки:

- а) метилпропіловий етер;
- б) дибутиловий етер;
- в) 2-бутен.

23. Які три етери можна одержати з етилового і вторинного пропілового спиртів у присутності концентрованої сульфатної кислоти? Назвіть одержані сполуки.

24. Напишіть схеми реакцій взаємодії бензилового спирту з такими сполуками:

- а) *Na* металічний;
- б) PCl_5 ;
- в) $KMnO_4$;
- г) $(CH_3CO)_2O$.

25. Напишіть схеми реакцій одержання з пропілового спирту таких сполук:

- а) 1,2-пропандіол;

- б) ацетон;
- в) пропанова кислота;
- г) *n*-гексан.

26. Напишіть схеми реакцій взаємодії алілового спирту з такими сполуками:

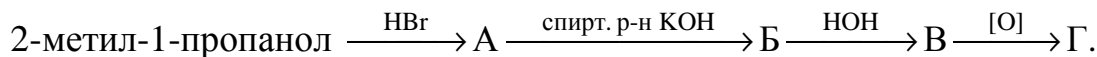
- а) H₂ (Ni);
- б) Br₂ (CCl₄);
- в) KMnO₄ (H₂O);
- г) KMnO₄ (H₂SO₄);
- д) Cu (200 °C);
- е) HBr (2 моль).

27. Напишіть схеми реакцій, що перебігають під час взаємодії таких пар сполук:

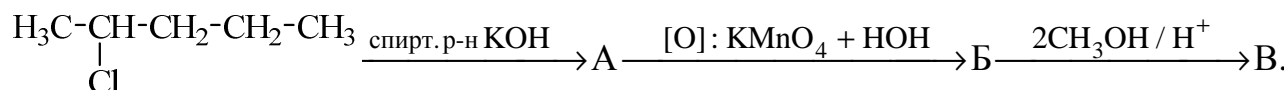
- а) 2-пропанол і етин;
- б) *трет*-бутиловий спирт і пропанова кислота;
- в) 3-метил-2-бутанол і Cu (за температури 200 °C);
- г) 1,2-пропандіол і купрум(II) гідроксид.

28. За допомогою яких реакцій можна відрізнити пропанол, 1,2-пропандіол і 1,2,3-пропантріол? Наведіть схеми відповідних реакцій.

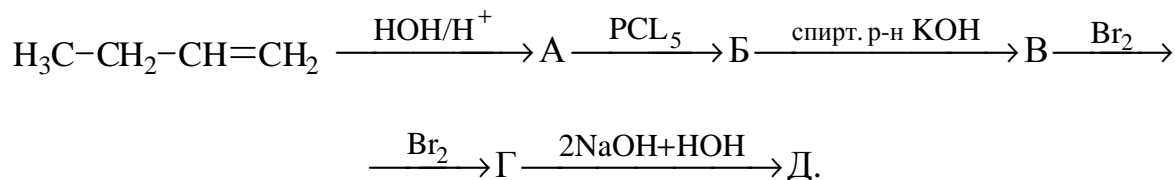
29. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



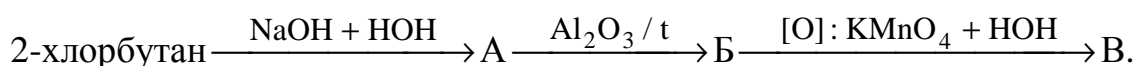
30. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



31. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:

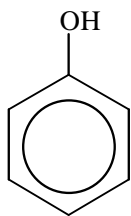


32. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:

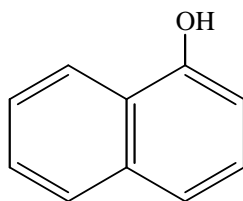


3.2 Феноли і нафтоли

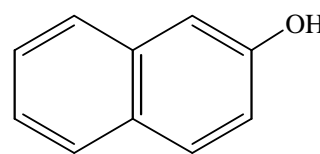
Загальна характеристика фенолів. Феноли — гідроксипохідні ароматичних вуглеводнів, у молекулах яких один або декілька атомів Гідрогену ароматичного ядра заміщені на гідроксильні групи. Залежно від природи ароматичної сполуки розрізняють феноли — похідні бензену, нафтоли — похідні нафталену, антроли — похідні антрацену тощо.



Фенол
(гідроксибензен)



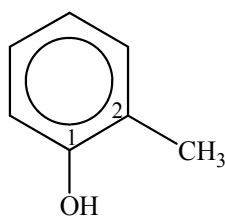
α -Нафтол
(1-гідроксинафтален)



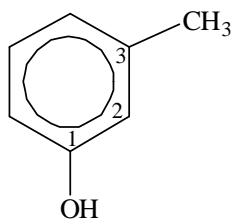
β -Нафтол
(2-гідроксинафтален)

Залежно від кількості гідроксильних груп розрізняють одно-, дво-, триатомні і більшої атомності феноли.

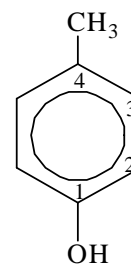
За систематичною номенклатурою IUPAC феноли розглядають як заміщені бензени, починаючи нумерацію від атома Карбону, з яким сполучена гідроксильна група, і у такому напрямку, щоб сума локантів була мінімальною. Однак здебільшого для фенолів збережено тривіальні назви, які досі широко застосовуються. Наприклад,



o-Крезол
(2-метил-1-гідроксибензен)

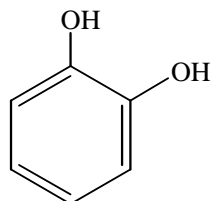


m-Крезол
(3-метил-1-гідроксибензен)

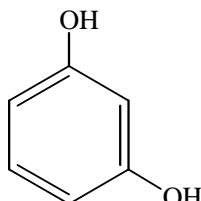


p-Крезол
(4-метил-1-гідроксибензен)

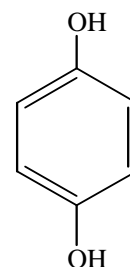
Ізомерія фенолів. Ізомерія одноатомних фенолів зумовлена будовою і положенням замісників в ароматичній сполуці. Ізомерія дво- і триатомних фенолів також залежить від взаємного розташування гідроксигруп в ароматичному кільці.



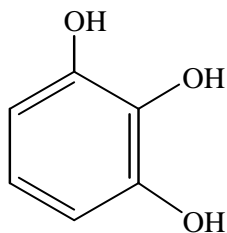
Пірокатехін
(1,2-дигідроксибензен)



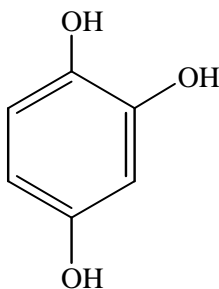
Резорцин
(1,3-дигідроксибензен)



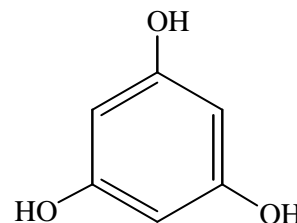
Гідрохінон
(1,4-дигідроксибензен)



Пірогалол
(1,2,3-тригідроксibenzen)



Гідроксигідрохінон
(1,2,4- тригідроксibenzen)



Флороглюцин
(1,3,5-тригідроксibenzen)

Лабораторна робота №9

Феноли і нафтоли

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками.

Водний розчин фенолу

Гідрохінон, 1% розчин

FeCl₃, 1% розчин

Бромна вода

ДОСЛІД 1. Бромовання фенолу

У пробірку налити 1 мл водного розчину фенолу і долити надлишок бромної води (до верху пробірки) до появи білої каламуті.

Занотувати спостереження. Написати рівняння реакції бромовання фенолу до 2,4,6-трибромфенолу. Пояснити, чому ця реакція перебігає відносно легко.

ДОСЛІД 2. Якісна реакція фенолу з ферум(III) хлоридом

У пробірку налити 1 мл водного розчину фенолу і прилити 1–2 краплі розчину ферум(III) хлориду.

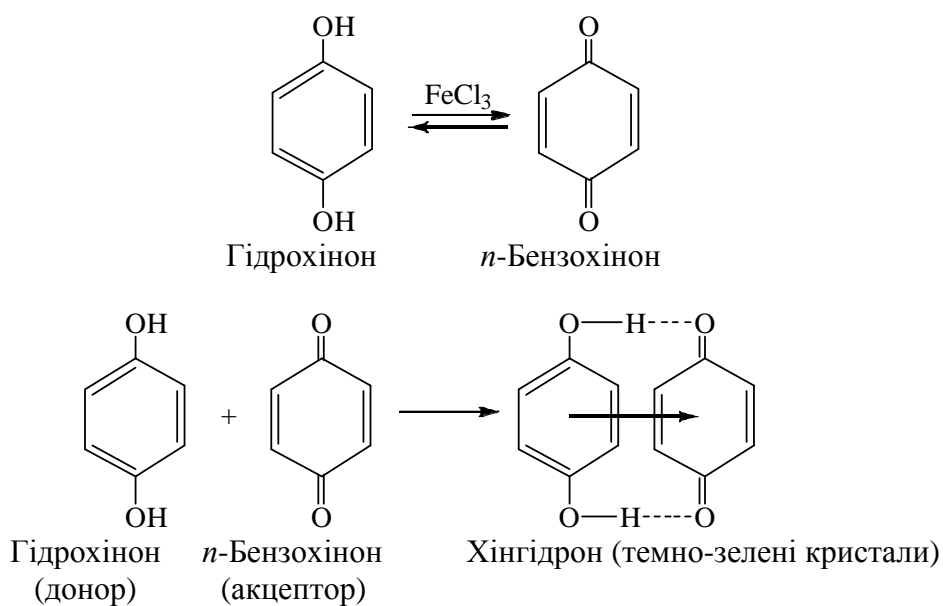
Занотувати спостереження. Написати рівняння реакції взаємодії фенолу з ферум(III) хлоридом. Зазначити, якого кольору одержаний розчин.

ДОСЛІД 3. Реакція гідрохінону з ферум(III) хлоридом — утворення хінгідрону і *n*-бензохінону

До 1 мл розчину гідрохінону (свіжовиготовленого) додати 3–4 краплі розчину ферум(III) хлориду й енергійно струшувати впродовж 2...3 хв. до появи темно-зеленого кристалічного осаду хінгідрону. Потім додати надлишок розчину ферум(III) хлориду до розчинення осаду.

Хімізм процесу

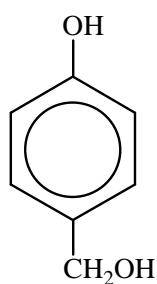
Під час окиснення гідрохінону може утворюватися хінгідрон — комплексна сполука з перенесенням заряду:



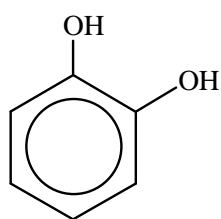
Занотувати спостереження. Написати схему реакції послідовного окиснення гідрохінону ферум(III) хлоридом. Зазначити колір *n*-бензохінону.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

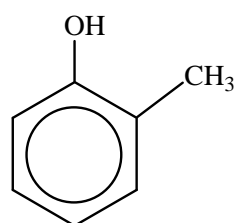
1. Назвіть такі сполуки:



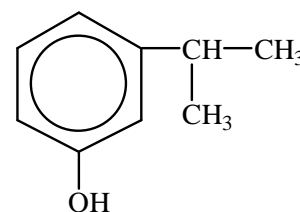
а)



б)

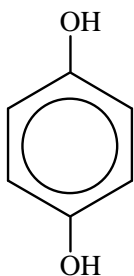


в)

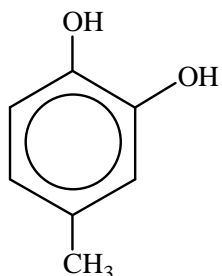


г)

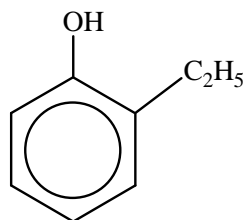
2. Назвіть такі сполуки:



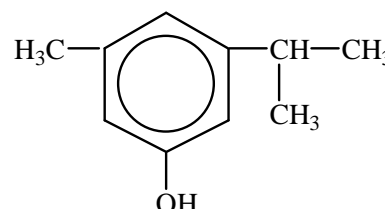
а)



б)



в)



г)

3. Напишіть структурні формули таких сполук:

а) *n*-хлорфенол;

б) 2,4-динітрофенол;

- в) 2,4,6-трибромфенол;
- г) *m*-гідроксибензиловий спирт;
- д) 2,4-фенолдисульфокислота.

4. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) *n*-нітрофенол;
- б) *m*-бромфенол;
- в) *o*-крезол;
- г) *m*-метоксифенол;
- д) 1-феніл-1-пропанол.

5. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) *m*-крезол;
- б) 2,5-метил-1-гідроксибензен;
- в) 5-метил-2-ізопропіл-1-гідроксибензен (тимол);
- г) *n*-метоксифенол;
- д) 1,2,3-тригідроксибензен.

6. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) *n*-крезол;
- б) *o*-фенолсульфокислота;
- в) пікринова кислота;
- г) ацетофенон;
- д) β -нафтол.

7. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) метилфеніловий етер (анізол);
- б) алілфеніловий етер;
- в) дифеніловий етер;
- г) феноксіоцтова кислота;
- д) метиловий етер β -нафтол.

8. Наведіть структурні формули всіх ізомерних двохатомних фенолів складу $C_6H_6O_2$ і назвіть їх.

9. Наведіть структурні формули всіх ізомерних триатомних фенолів складу $C_6H_6O_3$ і назвіть їх.

10. Напишіть формули та назви ароматичних спиртів складу $C_8H_{10}O$. Для вторинного спирту наведіть схеми реакцій з такими реагентами:

- а) PCl_5 ;
- б) Na;
- в) CuO (*t*) .

11. Напишіть формули та назви ароматичних оксисполук складу C_7H_8O . Які з них не дають забарвлення з ферум(III) хлоридом? Зазначте ізомер, що належить до етерів.

12. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену таких сполук:

- а) резорцину;

- б) *o*-бромфенолу;
- в) *n*-нітрофенолу.

13. Напишіть схеми реакції одержання з бензену таких сполук:

- а) *o*-крезолу;
- б) *m*-нітрофенолу;
- в) бензилового спирту.

14. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену:

- а) *n*-крезолу;
- б) *n*-метилбензилового спирту.

Наведіть схеми реакцій, за допомогою яких можна відрізнити ці сполуки.

15. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену таких сполук:

- а) пікринової кислоти;
- б) *n*-фенолсульфо кислоти;
- в) *m*-бромфенолу.

16. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену таких сполук:

- а) дифеніловий етер;
- б) *m*-нітроанізол.

17. Напишіть схеми реакцій взаємодії таких пар сполук:

- а) *m*-крезол і луг;
- б) резорцин і бромна вода;
- в) оксигідрокінон і надлишок оцтового ангідриду.

Назвіть одержані сполуки.

18. Напишіть схеми реакцій, що перебігають між парами таких сполук:

- а) *o*-нітрофенол і хлор;
- б) ізопропіл йодид і натрій фенолят;
- в) β -нафтол і калій гідроксид.

Назвіть одержані сполуки.

19. Напишіть схеми реакцій взаємодії таких пар сполук:

- а) *n*-хлорфенол і оцтовий ангідрид;
- б) *m*-нітрофенол і бромна вода;
- в) гідрокінон і натрій гідроксид;
- г) α -нафтол і металічний натрій.

Назвіть продукти реакцій.

20. Напишіть схеми реакцій взаємодії таких пар сполук:

- а) фенолят натрію і карбонатна кислота;
- б) резорцин і нітратна кислота (у присутності H_2SO_4);
- в) *n*-нітрофенол і сульфатна кислота;
- г) α -нафтол і калій гідроксид.

Назвіть продукти реакцій.

21. Напишіть схеми реакції гідрування:

- а) резорцину;

- б) 2,4-диметилфенолу;
- в) бензилового спирту.

Назвіть одержані сполуки.

22. З якими з наведених сполук будуть реагувати бензиловий спирт і фенол:

- а) PCl_5 ;
- б) NaOH ;
- в) Na ;
- г) Br_2 ;
- д) CH_3OH .

Напишіть схеми відповідних реакцій.

23. Напишіть схеми реакцій *n*-крезолу з такими реагентами:

- а) NaOH ;
- б) FeCl_3 ;
- в) CH_3COCl ;
- г) PCl_5 ;
- д) ClCH_2COOH (KOH , H_2O).

Назвіть продукти, що утворюються.

24. Напишіть схеми реакцій нітрування, сульфування та галогенування таких речовин:

- а) *n*-нітрофенолу;
- б) *m*-фенолсульфо кислоти.

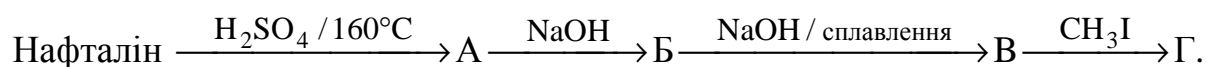
25. Напишіть схеми реакцій *m*-етилфенолу з такими реагентами:

- а) Na ;
- б) FeCl_3 ;
- в) $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$;
- г) PCl_5 ;
- д) Cl_2 (*t*).

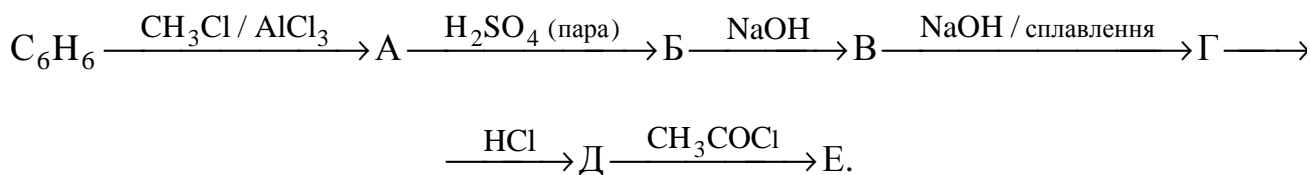
Назвіть продукти, що утворюються.

26. Визначте будову речовини складу $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$, яка не дає забарвлення з ферум(III) хлоридом, а під час взаємодії з PCl_5 утворює сполуку складу $\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}$; в умовах окиснення калій перманганатом перетворюється на сполуку складу $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$, яка розчиняється у водному розчині лугу. Наведіть відповідні схеми реакцій.

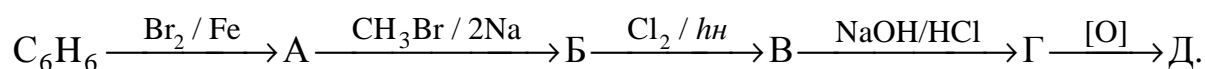
27. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



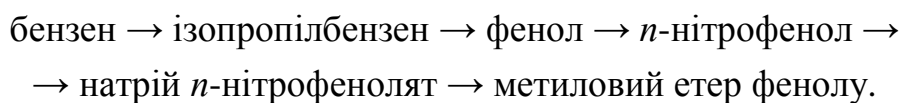
28. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



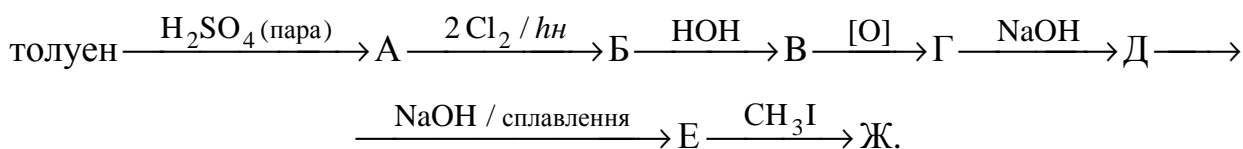
29. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



30. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



31. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



32. Напишіть схеми реакцій *m*-крезолу з такими реагентами:

- а) КОН;
- б) FeCl₃;
- в) CH₃COCl;
- г) PCl₅;
- д) Cl₂ (Fe).

33. Напишіть схеми реакцій *n*-ізопропілфенолу з такими реагентами:

- а) NaOH;
- б) Cl₂ (світло);
- в) CH₃COCl;
- г) PCl₅;
- д) ClCH₂COOH (KOH, H₂O).

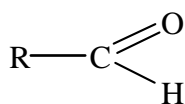
34. Напишіть схеми реакцій взаємодії таких пар сполук:

- а) *n*-бромфенол і ацетилхлорид;
- б) *m*-нітрофенол і бромна вода;
- в) гідрохінон і калій гідроксид;
- г) резорцин і металічний натрій.

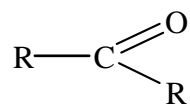
4 ОКСОСПОЛУКИ

Загальна характеристика оксосполук. Оксосполуки — похідні вуглеводнів, молекули яких містять оксогрупу $\begin{array}{c} | \\ \text{—C=O} \end{array}$, яка також називається карбонільною групою.

До оксосполук належать два класи органічних сполук — альдегіди і кетони. Альдегідами називаються сполуки, у яких оксогрупа сполучена з вуглеводневим залишком і Гідрогеном, кетонами — якщо вона сполучена з двома вуглеводневими залишками:



Альдегід



Кетон

Група $\begin{array}{c} \text{—C=O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$, що міститься в альдегідах, називається альдегідною групою і розглядається як функціональна група альдегідів.

Група $\begin{array}{c} | \\ \text{—C=O} \end{array}$ у молекулі кетонів називається кетогрупою і є функціональною групою кетонів.

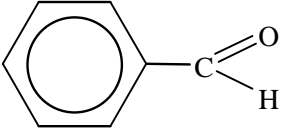
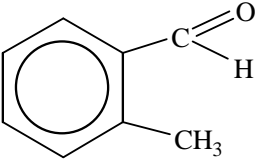
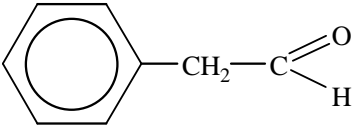
Залежно від характеру вуглеводневих радикалів, які входять до молекул оксосполук, розрізняють насичені, ненасичені, циклічні, ароматичні й гетероциклічні альдегіди і кетони. Кетони, крім того, бувають змішаного типу: радикали, з якими зв'язана кетогрупа, можуть належати до різних класів вуглеводнів.

За номенклатурою IUPAC назви альдегідів утворюються від назв відповідних вуглеводнів із додаванням функціонального закінчення *-аль*, а кетонів — додаючи закінчення *-он*. Нумерація ланцюга альдегідів починається з Карбону карбонільної групи, а кетонів — з кінця ланцюга, ближче до якого розташована карбонільна група. За тривіальною номенклатурою альдегіди називають за відповідними кислотами, на які вони перетворюються під час окиснення, із додаванням у кінці назви слова «альдегід». Для кетонів часто застосовується радикально-функціональна номенклатура, згідно з якою назви кетонів складають (за алфавітом) із назв радикалів, які зв'язані з карбонільною групою, з додаванням слова «кетон».

Таблиця 4.1 – Номенклатура поширених альдегідів і кетонів

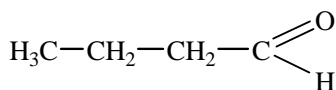
Формула	Номенклатура	
	Тривіальна	Систематична IUPAC
1	2	3
Альдегіди		
$\begin{array}{c} \text{H—C=O} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	Мурашиний альдегід (формальдегід)	Метаналь
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C—C=O} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	Оцтовий альдегід (ацетальдегід, метилформальдегід)	Етаналь

Продовження табл. 4.1

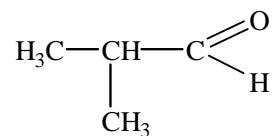
1	2	3
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Пропіоновий альдегід (пропіональдегід)	Пропаналь
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Масляний альдегід (бутиральальдегід)	Бутаналь
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Ізомасляний альдегід	2-Метилпропаналь
$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Валеріановий альдегід	Пентаналь
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Ізовалеріановий альдегід (β -метилмасляний)	3-Метилбутаналь
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	α -Метилмасляний альдегід	2-Метилбутаналь
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Акриловий альдегід (акролеїн)	2-Пропеналь
$\text{H}_2\text{C}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Метакриловий альдегід (α -метакролеїн)	2-Метилпропеналь
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Кротоновий альдегід (β -метакролеїн)	2-Бутеналь
	Бензойний альдегід (бензальдегід)	Фенілметаналь
	<i>o</i> -Толуїловий альдегід	2-Метилбензальдегід
	Фенілоцтовий альдегід	2-Фенілетаналь

1	2	3
Кетони		
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	Диметилкетон (ацетон)	Пропанон
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Метилетилкетон	2-Бутанон
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Метилпропілкетон	2-Пентанон
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	Метилізопропілкетон	3-Метил-2-бутанон
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Діетилкетон	3-Пентанон
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_5$	Ацетофенон (метилфенілкетон)	1-Фенілетанон
$\text{C}_6\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_5$	Бензофенон (дифенілкетон, бензоїлбен- зен дифенілметанон)	Дифенілметанон

Ізомерія оксосполук. Ізомерія альдегідів пов'язана з будовою карбонового ланцюга молекули і починається з альдегідів, вуглеводневий залишок яких містить три і більше атомів Карбону. Наприклад, бутаналь існує у вигляді двох ізомерів:

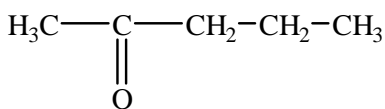


Бутаналь

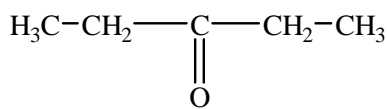


2-Метилпропаналь

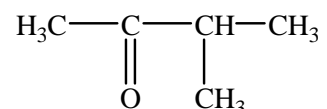
Для кетонів характерна ізомерія карбонового ланцюга та ізомерія положення функціональної групи — оксогрупи, наприклад:



2-Пентанон



3-Пентанон



3-Метил-2-бутанон

Лабораторна робота №10

Оксосполуки

Прилади та реактиви:

мікроскопи, водяна баня, пробірки з газовідвідними трубками, предметні і покривні скельця, склянки з льодом, кипілки, штативи універсальні з лапками.

Формалін	H ₂ SO ₄ , 20% розчин
Оцтовий альдегід, 20% розчин	NaOH, 3%, 10%, 30% розчини
Бензальдегід (крапельниці)	Амоніак, 10% розчин
Ацетон, 20% розчин	K ₂ Cr ₂ O ₇ , кристалічний
Ацетон (крапельниці)	AgNO ₃ , 1% розчин (крапельниці)
Етиловий спирт	CuSO ₄ , 5% розчин
Солянокислий гідроксиламін, 50% розчин	I ₂ у KI (розчин Люголя)
Фуксинсульфітна кислота, розчин	NaHSO ₃ , насичений водно-спиртовий розчин
2,4-Динітрофенілгідразин, ДНФГ	
Натрій нітропрурид, 20% свіжовиготовлений розчин (крапельниці)	

ДОСЛІД 1. Одержання оцтового альдегіду окисненням спирту

У пробірку помістити близько 0,2 г калій біхромату, 1–2 кипілки і 1 мл 20% сульфатної кислоти. Швидко долити 1 мл етилового спирту, заклавши пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої занурено у пробірку з 2 мл води, яку слід охолоджувати у склянці з льодом. Обережно нагріваючи реакційну суміш, відігнати альдегід. Потім до відгону додати 2 мл розчину фуксинсульфітної кислоти.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому в пробірці оранжевий колір змінюється на зелений. Написати схему реакції окиснення спирту й одночасного відновлення хрому. Відзначити запах оцтового альдегіду.

ДОСЛІД 2. Окиснення альдегідів амоніачним розчином аргентум(I) оксиду — реакція срібного дзеркала

У дві ретельно вимиті пробірки внести по 5–6 крапель розчину аргентум нітрату і по 10–12 крапель розчину амоніаку. Потім в одну пробірку додати 0,5 мл розчину альдегіду (мурашиного або оцтового), а в іншу — 0,5 мл ацетону. Обидві пробірки, не струшуючи, нагріти на водяній бані.

Занотувати спостереження. Пояснити різницю перебігу реакцій з оцтовим альдегідом і ацетоном. Написати схему реакції срібного дзеркала.

ДОСЛІД 3. Окиснення альдегіду купрум(II) гідроксидом

У пробірку налити 1 мл розчину альдегіду (мурашиного або оцтового), 10 крапель 10% натрій гідроксиду і по краплях долити 5% розчин купрум(II) сульфату до появи осаду купрум(II) гідроксиду. Нагріти пробірку на водяній бані, спостерігаючи зміну кольору осаду.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції. Відзначити, що осадки мають такі кольори: $\text{Cu}(\text{OH})_2$ — блакитний, CuOH — жовтий, а Cu_2O і Cu — червоний.

ДОСЛІД 4. Окиснення бензальдегіду киснем повітря

Одну краплю бензальдегіду помістити на предметне скельце і розмазати тонким шаром за допомогою скляної палички. За 10...15 хв утворюються кристали бензойної кислоти, після чого її слід розчинити у воді та визначити реакцію розчину на лакмус.

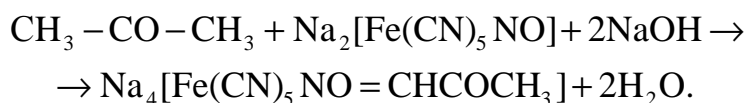
Занотувати спостереження. Відзначити запах бензальдегіду. Написати схему реакції окиснення бензальдегіду до бензойної кислоти.

ДОСЛІД 5. Взаємодія кетонів з натрій нітропрусидом — проба Лібена

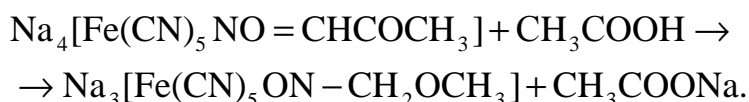
У пробірку внести 1 мл розчину кетону (ацетон), додати 5–10 крапель розчину натрій нітропрусида, після чого — краплю розчину натрій гідроксиду. Після додавання кількох крапель 2 н. розчину ацетатної кислоти (або концентрованої) забарвлення змінюється.

Хімізм процесу

Ацетон із натрій нітропрусидом утворює в лужному середовищі продукти реакції, забарвлені на оранжево-червоний колір:



Після дії ацетатної кислоти утворюється продукт реакції червоного або вишнево-червоного кольору:



Занотувати спостереження. Відзначити зміну забарвлення суміші. Написати схеми відповідних реакцій.

Звернути увагу! Наведена реакція застосовується для відкриття та кількісного визначення кетонів.

ДОСЛІД 6. Одержання 2,4-динітрофенілгідразону ацетону

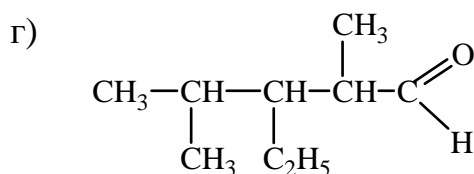
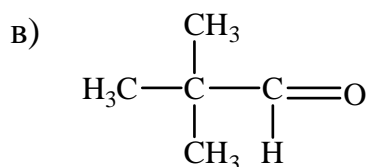
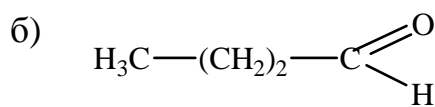
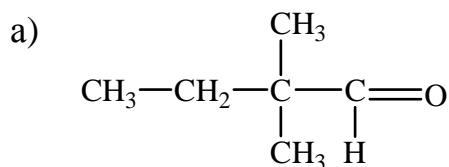
У пробірці змішати 0,5 мл ацетону, 3...5 мл води і долити 1...2 мл розчину 2,4-динітрофенілгідразину. Перемішати.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції.

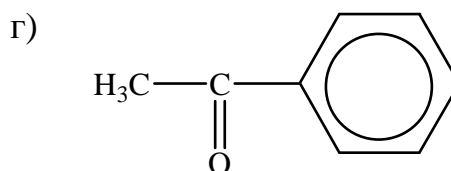
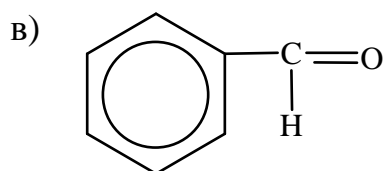
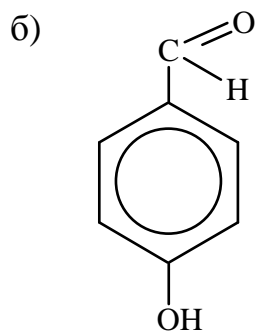
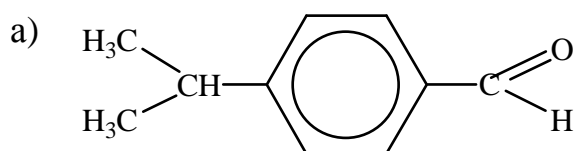
Звернути увагу! Ця реакція використовується для ідентифікації кетонів (альдегідів), оскільки одержані продукти є кристалічними речовинами, які можна виділити та визначити за температурами плавлення.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

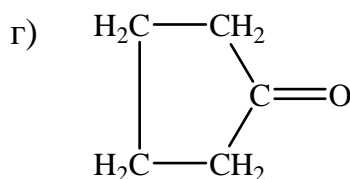
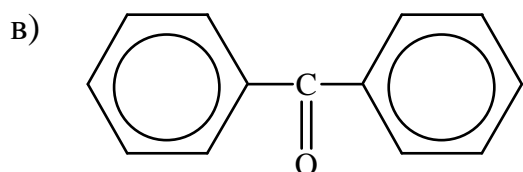
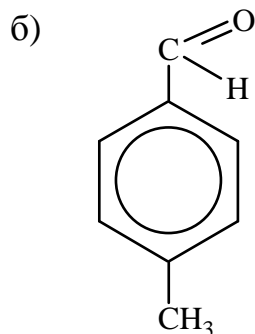
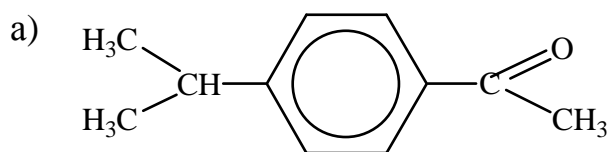
1. Назвіть карбонільні сполуки за міжнародною номенклатурою:



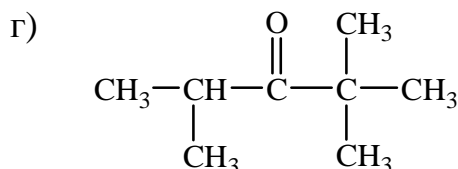
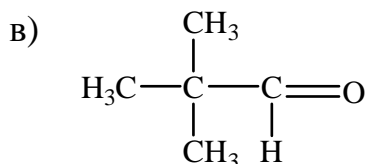
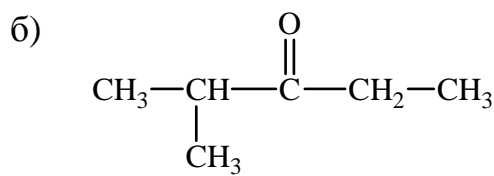
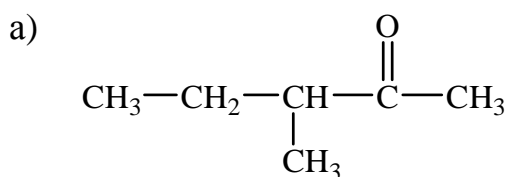
2. Назвіть такі оксисполуки:



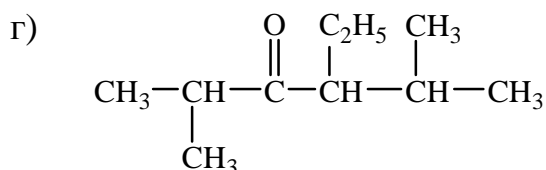
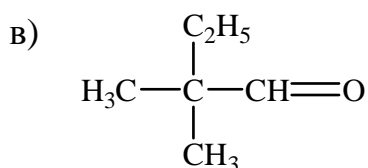
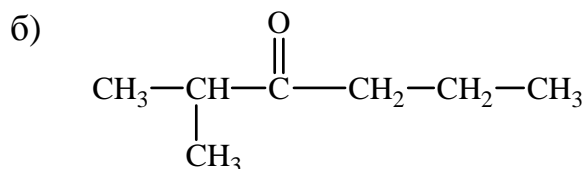
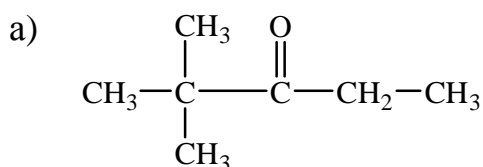
3. Назвіть такі оксисполуки:



4. Назвіть сполуки за міжнародною та радикально-функціональною номенклатурою:



5. Назвіть сполуки за міжнародною та радикально-функціональною номенклатурою:



6. Напишіть структурні формули та назви оксосполук жирного ряду складу $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ (5 ізомерів).

7. Напишіть структурні формули та назви оксосполук ароматичного ряду складу $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ (5 ізомерів).

8. Напишіть структурні формули таких сполук:

- 3-пентеналь;
- метилізобутилкетон;
- 3-метил-2-бутеналь;
- 2-4-пентадіон;
- o*- і *n*-толуїлові альдегіди;
- n*-метоксибезальдегід;
- феніл-*n*-толількетон;
- 4,4-дибромбензофенон.

9. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- β -броммасляний альдегід;
- ізовалеріановий альдегід;
- етилізобутилкетон;
- етилвінілкетон;

- д) β -фенілпропіоновий альдегід;
- е) акролеїн;
- ж) β -хлорпропіоновий альдегід.

10. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 3-метилбутаналь;
- б) 2-пентанон;
- в) 4-метил-2-гексанон;
- г) 3-бутеналь;
- д) 4-пентин-2-он;
- е) 4-метилбензальдегід;
- ж) 4-оксибутаналь.

11. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) фенілоцтовий альдегід;
- б) терефталевий альдегід;
- в) кротоновий альдегід;
- г) діацетил;
- д) метилфенілкетон;
- е) феніл-*о*-толілкетон;
- ж) ізоропіл-*трет*-бутилкетон.

12. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 4-метоксифенілкарбальдегід;
- б) 2-метилпентен-2-аль;
- в) 2,2-дифенілпропаналь;
- г) 3-метокси-4-гідроксибензальдегід (ванілін);
- д) 2,2,6-триметил-4-гептанон;
- е) 2,4-пентадіон;
- ж) 4-пентен-2-он.

13. Напишіть структурні формули наступних сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) дибутилкетон;
- б) ізомасляний альдегід;
- в) β -бромізовалеріановий альдегід;
- г) β -метилмасляний альдегід;
- д) γ -метилвалеріановий альдегід;
- е) феніл-*м*-толілкетон;
- ж) ди-*втор*-бутилкетон.

14. Напишіть структурні формули ізомерних метилкетонів загальної формули $C_6H_{12}O$ і назвіть їх.

15. Напишіть структурну формулу ненасиченого альдегіду 2,6-нонандієналю (є у фіалковому листі і в огірках). Які речовини одержують в умовах його озонолізу?

16. Напишіть структурні формули чотирьох кетонів складу $C_7H_{14}O$, які в головному ланцюгу мають п'ять атомів Карбону, і назвіть їх. Для одного з цих ізомерів напишіть схеми таких реакцій:

- а) окиснення;
- б) відновлення.

Назвіть одержані сполуки.

17. Напишіть структурні формули ізомерних альдегідів і кетонів складу C_4H_8O і назвіть їх. Для одного з цих ізомерів напишіть схеми реакцій взаємодії з такими реагентами:

- а) синильною кислотою;
- б) воднем у присутності нікелю.

Напишіть схеми реакцій і назвіть одержані сполуки.

18. Напишіть схеми реакцій окиснення таких спиртів:

- а) 3-метил-2-бутанол;
- б) 3-метил-1-бутанол;
- в) метилфенілкарбінол;
- г) β -фенілетиловий спирт;
- д) *пара*-бромбензиловий спирт.

Назвіть одержані сполуки і зазначте ті, які дають реакцію срібного дзеркала.

19. Напишіть схеми реакцій гідролізу таких сполук:

- а) 1,1-дибром-3-метилбутан;
- б) 2,2-дихлор-3-фенілбутан.

Назвіть одержані сполуки і визначте ті, які дають забарвлення з фуксинсульфітною (фуксинсірчистою) кислотою.

20. Одержіть із бензену *орто*-, *мета*- і *пара*-бромбензойні альдегіди.

21. З відповідних ацетиленових вуглеводнів одержіть за реакцією гідратації (у присутності $HgSO_4$ і H_2SO_4) 3-метил-2-пентанон та 4-метил-2-пентанон і напишіть схеми реакцій їх відновлення.

22. Напишіть схеми одержання ізомасляного альдегіду і метил-*втор*-бутилкетону різними способами (окиснення спиртів, гідроліз дигалогенопохідних вуглеводнів, піроліз солей карбонових кислот тощо).

23. Запропонуйте декілька способів добування дибутилкетону і напишіть для нього схеми реакцій:

- а) окиснення;
- б) відновлення;
- в) взаємодії з синильною кислотою;
- г) взаємодії з фенілгідразином.

Назвіть одержані продукти.

24. Напишіть структурну формулу і назву сполуки C_4H_8O , яка, реагуючи із синильною кислотою, дає оксинітрил, а в умовах відновлення — первинний ізобутиловий спирт. Наведіть схеми відповідних реакцій.

25. Наведіть схеми одержання бензальдегіду з таких сполук:

- а) бензену;
- б) толуену;
- в) бензилового спирту;
- г) бензойної кислоти.

Напишіть для бензальдегіду реакції, що характерні лише для ароматичних сполук.

26. Для бензойного альдегіду напишіть схеми таких реакцій:

- а) срібного дзеркала;
- б) окиснення купрум(II) гідроксидом за умов нагрівання;
- в) відновлення;
- г) утворення гіdraзону.

27. Для *мета*-толуїлового альдегіду напишіть схеми таких реакцій:

- а) срібного дзеркала;
- б) утворення фенілгіdraзону;
- в) утворення оксиму;
- г) утворення оксинітрилу.

28. Напишіть схеми реакцій бутаналу і 2-бутанону з такими реагентами:

- а) CH_3MgI ;
- б) PCl_5 ;
- в) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{H}_2\text{SO}_4, t)$.

Назвіть сполуки, що утворюються.

29. Напишіть схеми реакцій одержання 2-метилпропаналу з відповідних сполук і взаємодії цього альдегіду з такими реагентами:

- а) CH_3MgCl ;
- б) NaHSO_3 ;
- в) $\text{Ag}(\text{NH}_3)\text{OH}$;
- г) NH_2OH ;
- д) $\text{H}_2(\text{Ni})$;
- е) CH_3OH .

Назвіть продукти реакцій.

30. Напишіть схеми реакцій альдольної та кротонової конденсації пропіонового альдегіду, пам'ятаючи, що найбільш реакційноздатним є α -гідрогеновий атом. Поясніть механізм альдольної конденсації.

31. Для масляного альдегіду напишіть схеми таких реакцій:

- а) срібного дзеркала;
- б) альдольної конденсації;
- в) взаємодії з натрій гідрогенсульфітом;
- г) утворення 2,4-динітрофенілгіdraзону.

Назвіть одержані сполуки.

32. Для 3-метилбутаналу напишіть схеми таких реакцій:

- а) окиснення;
- б) відновлення;
- в) альдольної та кротонової конденсації;
- г) естерної конденсації.

33. Напишіть схеми реакцій взаємодії ізомасляного альдегіду і метилізопропілкетону з такими реагентами:

- а) H_2 (Ni);
- б) PCl_5 ;
- в) NH_2NH_2 ;
- г) $Cu(OH)_2 (t)$;
- д) CH_3OH (2 моль).

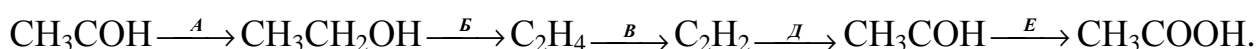
Назвіть продукти реакцій.

34. Напишіть схеми одержання з бензену таких сполук:

- а) *m*-нітроацетофенон;
- б) *p*-гідроксіяцетофенон;
- в) *p*-нітробензальдегід.

Для останньої сполуки напишіть схему реакції бензоїнової конденсації.

35. Наведіть схеми реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення:



36. Напишіть схеми реакцій одержання ізомасляного альдегіду з відповідних сполук і взаємодії цього альдегіду з такими реагентами:

- а) HCN;
- б) $NaHSO_3$;
- в) $Si(OH)_2 (t)$;
- г) NH_2NH_2 ;
- д) H_2 (Ni);
- е) CH_3OH .

Назвіть продукти реакцій.

37. Напишіть структурну формулу і назву сполуки $C_5H_{10}O$, яка не реагує з натрій гідрогенсульфітом, в умовах відновлення утворює вторинний спирт, а під час окиснення — суміш етанової і пропанової кислот. Наведіть схеми відповідних реакцій.

38. Напишіть структурну формулу і назву сполуки $C_5H_{10}O$, яка, реагуючи із синильною кислотою, дає оксинітрил, а в умовах відновлення — 2,2-диметил-1-пропанол. Наведіть схеми відповідних реакцій.

39. Наведіть схеми одержання із бензену *орто*-, *мета*- і *пара*-толуїлові альдегіди.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II

ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ ТА ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ

5 ГОМО- І ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

Карбонові кислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або декілька карбоксильних груп $\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$. Карбонові кислоти також можуть містити й інші функціональні групи (—OH ; —C=O тощо), тоді вони є гетерофункціональними. Карбонові кислоти за природою вуглеводневих залишків поділяють на аліфатичні (насичені й ненасичені), циклічні, ароматичні та гетероциклічні. За кількістю карбоксильних груп, які визначають основність сполук, кислоти поділяють на одноосновні, двоосновні та багатоосновні.

5.1 Одноосновні карбонові кислоти

Загальна характеристика одноосновних карбонових кислот. Загальна формула ряду одноосновних (монокарбонових) насичених карбонових кислот $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ або R—COOH , де R — одновалентний залишок (радикал) насичених вуглеводнів. Такі кислоти є монофункціональними.

До ненасичених належать кислоти, у вуглеводневому радикалі яких міститься один або декілька подвійних чи потрійних зв'язків. Найбільше значення мають кислоти ряду етилену. Загальну формулу ненасичених одноосновних кислот з одним подвійним зв'язком можна записати як $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{COOH}$.

За номенклатурою IUPAC назви кислот утворюють від назви відповідного вуглеводню з тим же числом атомів Карбону, що і в головному ланцюгу кислоти з урахуванням атома Карбону карбоксильної групи, і додаванням до нього функціонального закінчення *-ова* і слова «кислота». Нумерацію атомів Карбону головного ланцюга розпочинають від карбоксильної групи.

За раціональною номенклатурою одноосновні карбонові кислоти розглядають як похідні оцтової кислоти, у якої атоми Гідрогену вуглеводневого залишку —CH_3 заміщені на вуглеводневі радикали.

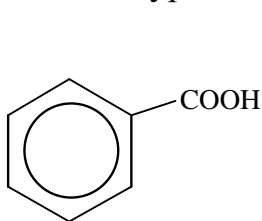
Для позначення кислот часто застосовуються і тривіальні назви. Походження тривіальних назв кислот часто пов'язано з джерелом їх поширення в природі. Так, мурашина кислота знаходиться в мурашках (лат. *formica* — мурашка), масляна (бутиратна) — у згірклому маслі (лат. *butyrum* — олія), капронова входить до складу козячого жиру (лат. *caper* — коза) тощо.

Таблиця 5.1 – Номенклатура одноосновних насичених карбонових кислот

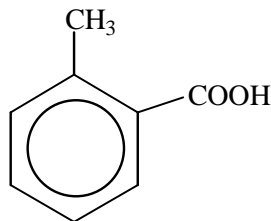
Формула	Номенклатура		
	Тривіальна	Раціональна	Систематична IUPAC
1	2	3	4
$\text{H—C}\begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$	Мурашина	–	Метанова

1	2	3	4
$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Оцтова	Оцтова	Етанова
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	Пропіонова	Метилоцтова	Пропанова
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Масляна (бутиратна)	Етилоцтова	Бутанова
$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{COOH}$	Ізомасляна (ізобутиратна)	Диметилоцтова	2-Метил-пропанова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Валеріанова	Пропілоцтова	Пентанова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Капронова	Бутилоцтова	Гексанова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Пальмітинова	–	Гексадеканова
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Стеаринова	–	Октадеканова
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$	Акрилова	–	Пропенова
$\text{H}_2\text{C}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{COOH}$	Метакрилова	–	2-Метилпропенова
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Вінілоцтова	Вінілоцтова	3-Бутенова

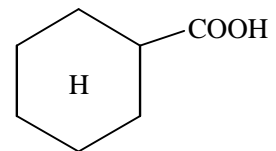
Ароматичні й циклопарафінові кислоти найчастіше називають за тривіальною номенклатурою:



Бензенова або
бензенкарбонова кислота



o-Толуенкарбонова
кислота



Циклогексанкарбонова
кислота

Одновалентні залишки кислот загальної формули $\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$, які утворені вилученням із карбоксильної групи гідроксильної групи $-\text{OH}$, називають кислотними радикалами або ацилами. За номенклатурою IUPAC назву ацилу складають із назви алкану і закінчення *-oil*. За тривіальною номенклатурою назви ацилів будують від кореня латинських назв кислот і закінчення *-il*.

Таблиця 5.2 – Номенклатура ацилів кислот — оксоалкілів

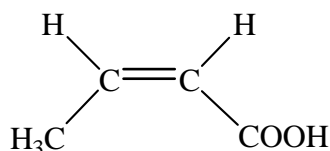
Формула	Номенклатура	
	Систематична IUPAC	Тривіальна
$\text{H}-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Метаноїл	Форміл
$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Етаноїл	Ацетил
$\text{H}_3\text{CCH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Пропаноїл	Пропіоніл
$\text{H}_3\text{CCH}_2\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	Бутаноїл	Бутирил
$\begin{matrix} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \end{matrix} \\ \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	2-Метилпропаноїл	Ізобутирил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$	–	Бензоїл

Якщо з карбоксильної групи вилучити атом Гідрогену, то утворюється ацилоксигрупа. За номенклатурою IUPAC її назва складається з назви алкану і закінчення *-оат*.

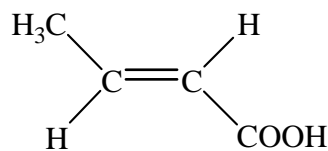
Таблиця 5.3 – Номенклатура ацилоксигруп (ацилатних груп) кислот

Формула	Номенклатура	
	Систематична IUPAC	Тривіальна
$\text{H}-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \\ \text{O}- \end{matrix}$	Метаноат	Форміат
$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \\ \text{O}- \end{matrix}$	Етаноат	Ацетат
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \\ \text{O}- \end{matrix}$	Пропаноат	Пропіонат
$\text{H}_3\text{CCH}_2\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{=} \\ \text{O} \\ \diagdown \\ \text{O}- \end{matrix}$	Бутаноат	Бутират

Ізомерія одноосновних карбонових кислот. Ізомерія насичених одноосновних кислот зумовлена будовою карбонового ланцюга і починається з кислот, вуглеводневий залишок яких містить три і більше атомів Карбону. Для ненасичених кислот ізомерія пов'язана з будовою карбонового ланцюга й положенням кратних зв'язків. Також для ненасичених кислот характерною є просторова ізомерія, зокрема геометрична *цис-транс*-ізомерія, наприклад:



Цис-2-бутенова кислота (ізокротонова)



Транс-2-бутенова кислота (кротонова)

Ізомерія ароматичних кислот визначається будовою і положенням вуглеводневих замісників, які сполучені з бензеновим кільцем.

Лабораторна робота №11

Одноосновні карбонові кислоти

Прилади та реактиви:

водяна баня, пробірки з газовідвідними трубками, сухі пробірки, штативи універсальні з лапками для пробірок, універсальний індикаторний папір.

Метанова кислота, концентрована
 Етанова кислота, концентрована
 Пропанова кислота, концентрована
 Бензойна кислота, концентрована
 Олейнова кислота, концентрована
 Стеаринова кислота, концентрована
 Плюмбум етанат, 2% розчин
 Фенолфталеїн, спиртовий розчин
 Мило, 10% спиртовий розчин
 Мило, водний розчин

CaCl₂, 2% розчин
 KMnO₄, 0,5% розчин
 H₂SO₄, концентрована
 H₂SO₄, 10% розчин
 HNO₃, концентрована
 Ba(OH)₂, насичений розчин
 Бромна вода

ДОСЛІД 1. Розчинність кислот у воді

У пробірки внести по 5–6 крапель або декілька кристалів досліджуваних кислот і додати у кожену 10 крапель води. Якщо розчинення не спостерігається, пробірку підігріти. За допомогою індикаторного паперу визначити реакцію середовища одержаних розчинів кислот.

Занотувати спостереження. Зробити висновок щодо зміни сили карбонових кислот у гомологічному ряду на підставі порівняння значень рН їх розчинів. Для однієї з кислот написати схему дисоціації.

ДОСЛІД 2. Окиснення метанової кислоти

У пробірку налити 0,5 мл метанової (мурашиної) кислоти, 1 мл розчину сульфатної кислоти і 1 мл розчину калій перманганату. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої занурено у пробірку з 2 мл розчину барій гідроксиду. Суміш обережно нагріти до появи білої каламуті баритової води.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій окиснення кислоти й утворення барій карбонату.

ДОСЛІД 3. Розклад метанової кислоти під дією концентрованої сульфатної кислоти

У сухій пробірці з газовідвідною трубкою обережно нагріти суміш 0,5 мл метанової кислоти і 1 мл концентрованої сульфатної кислоти. Газ, що виділяється під час реакції, запалити на кінці газовідвідної трубки.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій розкладання кислоти і горіння CO — карбон(II) оксиду (чадного газу).

ДОСЛІД 4. Визначення ненасиченості олеїнової кислоти

У дві пробірки налити по 0,5 мл олеїнової кислоти і додати в першу пробірку — 0,5 мл бромної води, у другу — 0,5 мл розчину калій перманганату. Пробірки інтенсивно струсити.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій взаємодії олеїнової кислоти з бромом і калій перманганатом.

ДОСЛІД 5. Перетворення олеїнової кислоти на елаїдинову кислоту — «елаїдинова проба»

У пробірку налити 1...2 мл олеїнової кислоти, додати 1 мл концентрованої нітратної кислоти і кілька шматочків мідного дроту (0,1...0,2 г) як каталізатор. Пробірку закрити пробкою й обережно нагріти на спиртівці у витяжній шафі, періодично випускаючи вийманням пробки утворені під час нагрівання газу. Після закінчення виділення піни, нагрівання припинити. Пробірку щільно закрити пробкою і залишити в штативі у витяжній шафі. Під дією оксидів Нітрогену і Купруму, що утворились під час нагрівання, рідка олеїнова кислота перетворюється на тверду елаїдинову кислоту.

Занотувати спостереження. Написати схему переходу *цис*-форми олеїнової кислоти на *транс*-форму елаїдинової кислоти.

ДОСЛІД 6. Гідроліз мила

У суху пробірку налити 1 мл спиртового розчину мила і додати 1–2 краплі розчину фенолфталеїну (звернути увагу на колір розчину). Потім долити в пробірку 8...10 мл дистильованої води.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому забарвлення фенолфталеїну не з'являється в спиртовому розчині мила. Написати схеми реакції гідролізу натрій стеарату або пальмітату.

ДОСЛІД 7. Добування вищих жирних кислот з їх солей

У пробірку налити 2...4 мл 1% водного розчину мила і краплями додавати 10% водний розчин сульфатної кислоти.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції взаємодії натрій стеарату або натрій пальмітату з сульфатною кислотою.

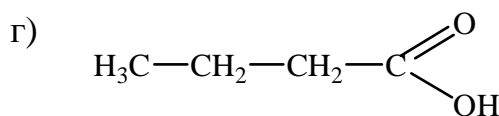
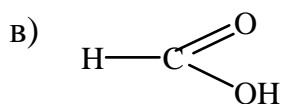
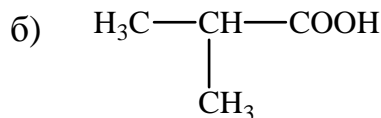
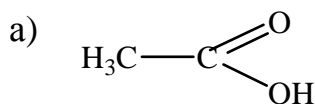
ДОСЛІД 8. Обмінні реакції мила

У три пробірки налити по 1 мл водного розчину мила і додати в першу пробірку — 1 мл водопровідної води, у другу — 1 мл розчину кальцій хлориду CaCl_2 , у третю — 1 мл розчину плюмбум(II) етаноату $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$.

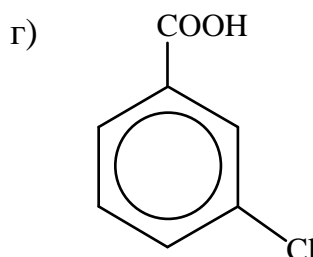
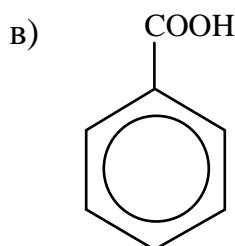
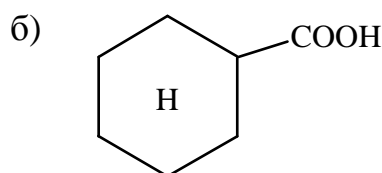
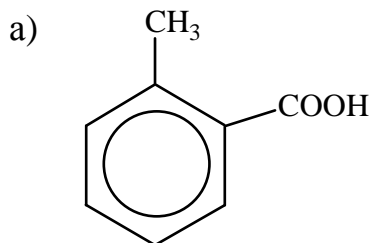
Занотувати спостереження. Пояснити причину утворення осадів. Написати рівняння реакцій взаємодії натрій стеарату з кальцій гідрокарбонатом; кальцій хлоридом і плюмбум(II) етаноатом.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Назвіть наступні кислоти за міжнародною та раціональною номенклатурою:



2. Назвіть такі кислоти:



3. Напишіть структурні формули та назви ізомерних жирних кислот складу $C_5H_{10}O_2$ (4 ізомери).

4. Напишіть структурні формули та назви ізомерних ароматичних кислот складу $C_8H_8O_2$ (4 ізомери).

5. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) γ -хлормасляна кислота;
- б) ізовалеріанова кислота;
- в) етиловий естер оцтової кислоти;
- г) хлорангідрид мурашиної кислоти;
- д) фенілоцтова кислота;
- е) α -метилпропіонова кислота;
- ж) β -бромкапронова кислота.

6. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 3-метилпентанова кислота;
- б) 3-етилбензойна кислота;
- в) ізопропілетаноат;
- г) *o*-толуїлова кислота;
- д) магній бутират;
- е) 2-метилциклогексанова кислота;
- ж) 2-оксипропанова кислота.

7. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за міжнародною номенклатурою:

- а) калій форміат;
- б) ізопропіловий естер пропіонової кислоти;
- в) α -метилмасляна кислота;
- г) магній пропіонат;
- д) бутилацетат;
- е) амід ізомасляної кислоти;
- ж) β -бромізовалеріанова кислота.

8. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 2,2-диметилпропанова кислота;
- б) диметилоцтова кислота;
- в) 2-хлор-3-метилпентанова кислота;
- г) етилпропаноат;
- д) бензоїлбромід;
- е) ізопропіловий естер монохлороцтової кислоти;
- ж) *m*-сульфобензойна кислота.

9. Яким із перелічених кислот характерна *цис-транс*-ізомерія:

- а) 2-бутенова кислота;
- б) 3-бутенова кислота;
- в) 3-метил-2-бутенова кислота;

г) 9-октадеценова кислота.

Наведіть формули ізомерів зазначених вище кислот.

10. Складіть формули естерів, що ізомерні пентановій кислоті, і назвіть їх.

11. Напишіть схеми реакцій окиснення таких сполук:

- а) 2-метилпентаналь;
- б) *n*-толуїловий альдегід;
- в) *o*-нітротолуен;
- г) етилпропілкетон;
- д) бензиловий спирт.

Назвіть одержані сполуки.

12. Напишіть структурні формули і назвіть за міжнародною номенклатурою кислоти, які утворюються в результаті окиснення наступних сполук:

- а) 3-метилбутаналь;
- б) ізобутиловий спирт;
- в) 2,2-диметилпропаналь;
- г) 2-бутанон;
- д) 2-метил-3-пентанон.

13. Напишіть структурні формули і назвіть за міжнародною номенклатурою кислоти, які є продуктами таких реакцій:

- а) $C_2H_5 - CH = CH - C_2H_5 \xrightarrow{KMnO_4 / H_2SO_4} ;$
- б) $CH_3 - CH(CH_3) - CH_2OH \xrightarrow{KMnO_4 / H_2O} ;$
- в) $CH_3 - C(CH_3) = CH - CH(CH_3)_2 \xrightarrow{KMnO_4 / H_2SO_4} ;$
- г) $CH_3 - CH_2 - CH(CH_3) - CHO \xrightarrow{Cu(OH)_2} ;$
- д) $CH_3 - (CH_2)_2 - COOC_2H_5 \xrightarrow{H^+ / H_2O} .$

14. Напишіть схеми реакцій одержання оцтової кислоти із бромометану за допомогою нітрильного синтезу, і напишіть реакції її взаємодії з такими сполуками:

- а) етанол (у присутності концентрованої сульфатної кислоти);
- б) фосфор(V) хлорид;
- в) магній оксид.

Назвіть одержані сполуки.

15. Напишіть схеми реакцій одержання пропіонової кислоти з 1-хлорпропану і схеми її взаємодії з такими сполуками:

- а) етиловий спирт (у присутності концентрованої сульфатної кислоти);
- б) фосфор(V) хлорид;
- в) крейда.

Назвіть одержані сполуки.

16. Напишіть схеми реакцій одержання масляної кислоти з 1-бутанолу і схеми її взаємодії з такими сполуками:

- а) метанол (у присутності концентрованої сульфатної кислоти);
- б) амоніак;
- в) сода.

Назвіть одержані сполуки.

17. Напишіть схеми реакцій одержання валеріанової кислоти з амілового спирту і схеми її взаємодії з такими сполуками:

- а) 2-бутанол (у присутності концентрованої сульфатної кислоти);
- б) фосфор(V) хлорид;
- в) кальцій оксид.

Назвіть одержані сполуки.

18. Напишіть схеми реакцій одержання наступних кислот за допомогою магнійорганічного синтезу і назвіть вихідні сполуки:

- а) *m*-метилбензойна кислота;
- б) фенілоцтова кислота.

19. Напишіть схеми реакцій одержання з толуену фенілоцтової кислоти за допомогою нітрильного і магнійорганічного синтезу.

20. Напишіть схеми одержання з пропіонової кислоти її похідних:

- а) солі кальцію;
- б) хлорангідриду;
- в) ізопропілового естеру;
- г) ангідриду;
- д) нітрилу.

21. Напишіть схеми реакцій одержання з бензену таких сполук:

- а) 3,5-динітробензоїлхлорид;
- б) 4-сульфобензойна кислота;
- в) 3-бром-4-метилбензойна кислота.

22. Напишіть схеми реакцій одержання *орто*-, *мета*-, *пара*-нітробензойних кислот із толуену і назвіть проміжні сполуки.

23. Напишіть схеми реакцій одержання ізовалеріанової кислоти такими способами:

- а) нітрильний спосіб;
- б) окиснення альдегіду;
- в) магнійорганічний синтез;
- г) окиснення кетону.

Назвіть вихідні і проміжні сполуки.

24. Напишіть схеми реакцій утворення ізоамілового естеру ізовалеріанової кислоти — ізоамілізовалеріату, з відповідного спирту й неорганічних реагентів.

25. Запишіть структурну формулу речовини, склад якої $C_5H_{10}O_2$, якщо її водний розчин має кислу реакцію, а в умовах нагрівання її натрієвої солі з лугом утворюється ізобутан.

26. Дві речовини мають склад $C_3H_6O_2$. Одна з них реагує з натрій карбонатом з виділенням CO_2 ; інша речовина не реагує з натрій карбонатом, але в умовах нагрівання взаємодіє з водним розчином $NaOH$ з утворенням метанолу. Запишіть структурні формули і назви цих речовин.

27. Напишіть схеми реакцій послідовного одержання етилового естеру ізомаляної кислоти — етилізобутирату, виходячи з 4-метил-2-пентанону (через стадії одержання кислоти і спирту).

28. Напишіть схеми реакцій взаємодії розчину калій перманганату з такими кислотами:

- а) мурашина кислота;
- б) олеїнова кислота;
- в) акрилова кислота;
- г) *n*-етилбензойна кислота;
- д) 2-гексенова кислота.

Назвіть одержані сполуки.

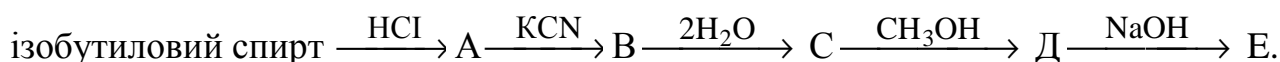
29. Напишіть схеми реакцій взаємодії таких пар сполук:

- а) натрій бутират і розведена сульфатна кислота;
- б) калій олеат і кальцій гідрогенкарбонат;
- в) калій пальмітат і вода (гідроліз).

30. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



31. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення, і назвіть усі продукти:



5.2 Двоосновні карбонові кислоти. Похідні карбонових кислот

Загальна характеристика двоосновних карбонових кислот. Двоосновні (дикарбонові) кислоти містять у молекулі дві карбоксильні групи і є монофункціональними. Гомологічний ряд насичених двоосновних кислот може бути виражений загальною формулою $C_nH_{2n}(COOH)_2$. Найбільше значення мають кислоти з функціональними групами, які знаходяться наприкінці нормального карбонового ланцюга, тобто кислоти наступної будови: $HOOC-(CH_2)_n-COOH$.

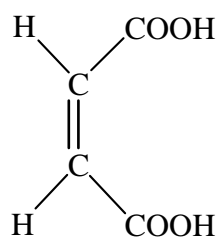
За номенклатурою ІУРАС назви кислот утворюють від назви відповідного насиченого вуглеводню (з тією ж кількістю атомів Карбону) додаванням закін-

чення *-діова* і слова «кислота» (або дикарбонова). Проте для двоосновних кислот переважно використовують тривіальні назви.

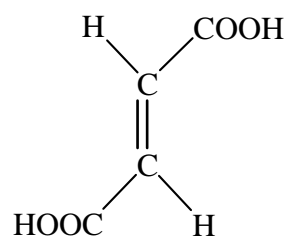
Таблиця 5.4 – Номенклатура поширених насичених двоосновних кислот

Формула	Тривіальна	Систематична IUPAC
HOOC – COOH	Щавлева	Етандіова
HOOC – CH ₂ – COOH	Малонова	Пропандіова
HOOC – (CH ₂) ₂ – COOH	Бурштинова	Бутандіова
HOOC – (CH ₂) ₃ – COOH	Глутарова	Пентандіова
HOOC – (CH ₂) ₄ – COOH	Адипінова	Гександіова

Ізомерія двоосновних карбонових кислот. Структурна ізомерія насичених аліфатичних двоосновних карбонових кислот зумовлена будовою карбонового ланцюга, ненасичених — будовою ланцюга і положенням подвійних зв'язків. Для ненасичених кислот має місце геометрична *цис-транс*-ізомерія, наприклад:

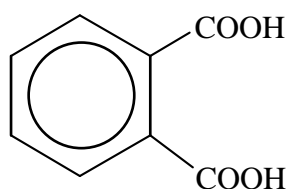


Малеїнова кислота
цис-бутендіова

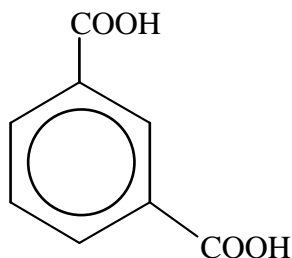


Фумарова кислота
транс-бутендіова

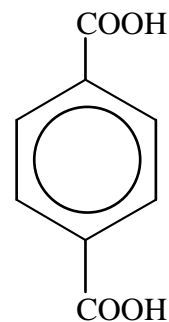
Ізомерія ароматичних двоосновних кислот також пов'язана із взаємним розміщенням карбоксильних груп у бензеновому ядрі (*орто*-, *мета*- і *пара*-ізомери), наприклад:



Фталева кислота
орто-фталева



Ізофталева кислота
мета-фталева



Терефталева кислота
пара-фталева

Лабораторна робота №12

Дикарбонові кислоти. Похідні карбонових кислот

Прилади та реактиви:

штативи універсальні з лапками для пробірок, водяна баня, пробірки з газовідвідними трубками, піпетки на 1...2 мл, сухі пробірки, спиртівка, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папір.

Етандіова (щавлева) кислота, кристалічна	HCl, 10% розчин
Метанова (мурашина) кислота	Ba(OH) ₂ , насичений розчин
Етанова (оцтова) кислота	NaOH, 10% розчин
Ізовалеріанова кислота	Фенолфталеїн, спиртовий розчин
Оцтовий ангідрид	H ₂ SO ₄ , концентрована
Фталевий ангідрид, кристалічний	
Етиловий спирт	
Бутиловий спирт	
Ізобутиловий спирт	
Ізоаміловий спирт	
Ізоаміловий спирт.	
Фенол, кристалічний	

ДОСЛІД 1. Розклад щавлевої кислоти

У суху пробірку помістити близько 0,5 г кристалічної щавлевої кислоти і додати 2 мл концентрованої сульфатної кислоти. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої занурено у пробірку з 2 мл барій гідроксиду. Суміш обережно нагріти до рівномірного кипіння. Коли баритова вода скаламутніє, газовідвідну трубку вийняти з пробірки і газ, що виділяється на кінці трубки, запалити.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій розкладання щавлевої кислоти, утворення барій карбонату і горіння чадного газу — карбон(II) оксиду CO.

ДОСЛІД 2. Гідроліз оцтового ангідриду

У пробірці змішати 1 мл оцтового ангідриду та 1 мл води. Суміш нагріти на водяній бані. Потім краплю суміші нанести на смужку універсального індикаторного паперу.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції гідролізу оцтового ангідриду. Відзначити появу характерного запаху продуктів реакції.

ДОСЛІД 3. Утворення естерів — реакція естерифікації

У сухій пробірці змішати спирт, карбонову кислоту і концентровану сульфатну кислоту (кількісне співвідношення наведено у табл. 5.5). Суміш прогріти на киплячій водяній бані впродовж 5 хв, періодично струшуючи. Після охолодження реакційну суміш вилити у склянку з водою.

Таблиця 5.5 – Співвідношення реагентів у реакції естерифікації

Назва естеру	Запах	Об'єм вихідних продуктів, мл		
		Карбонова кислота	Спирт	Сульфатна кислота
Бутилформіат	вишня	2	1	0,5
Етилацетат	фрукти	2	2	1,0
Бутилацетат	фрукти	2	1	0,5
Ізоамілацетат	груша	2	1	0,5
Етилізовалеріат	яблуко	2	2	0,5

Занотувати спостереження. Написати схему реакції утворення відповідного естеру.

ДОСЛІД 4. Гідроліз естеру

У пробірку налити 3...4 мл води й додати 1 краплю розчину натрій гідроксиду і 1–2 краплі розчину фенолфталеїну. Суміш нагріти, а потім долити 3...5 мл естеру, який одержано в досліді 3. Суміш енергійно струшувати до знебарвлення.

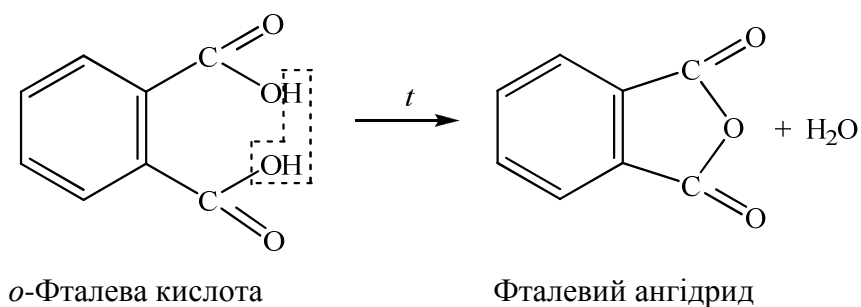
Занотувати спостереження. Написати схему реакції гідролізу естеру. Пояснити, чому зникає колір фенолфталеїну. Написати схему реакції нейтралізації лугу.

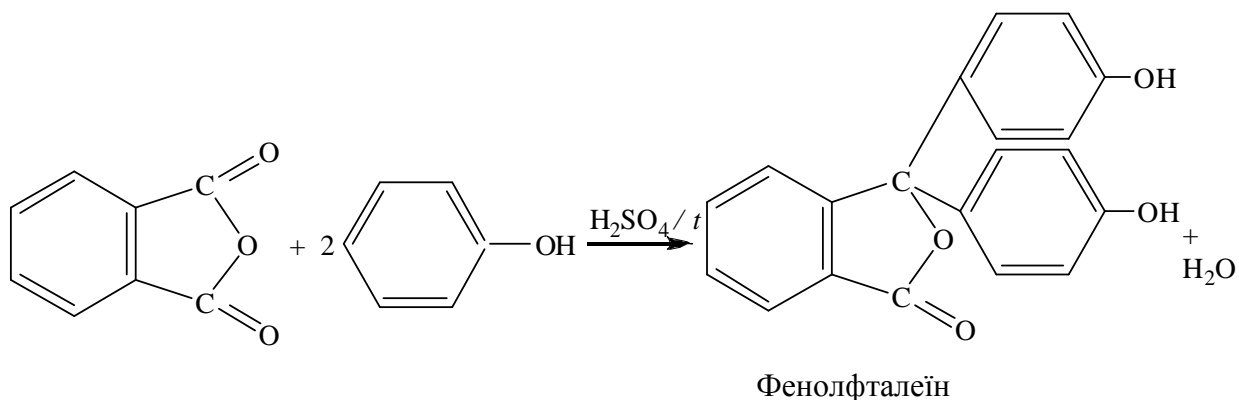
ДОСЛІД 5. Одержання фенолфталеїну

У сухій пробірці змішати приблизно 0,1 г фталевого ангідриду з 0,2 г кристалічного фенолу, додати 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти й обережно нагріти суміш упродовж 5...6 хв (нагрівання здійснювати у витяжній шафі). Після охолодження суміші долити 3 мл етанолу. У другій пробірці до 2...3 мл розчину натрій гідроксиду додати кілька крапель добутого розчину фенолфталеїну і визначити колір розчину. Якщо в розчин внести 0,5 мл сульфатної або хлоридної кислоти, відбувається нейтралізація і колір розчину змінюється.

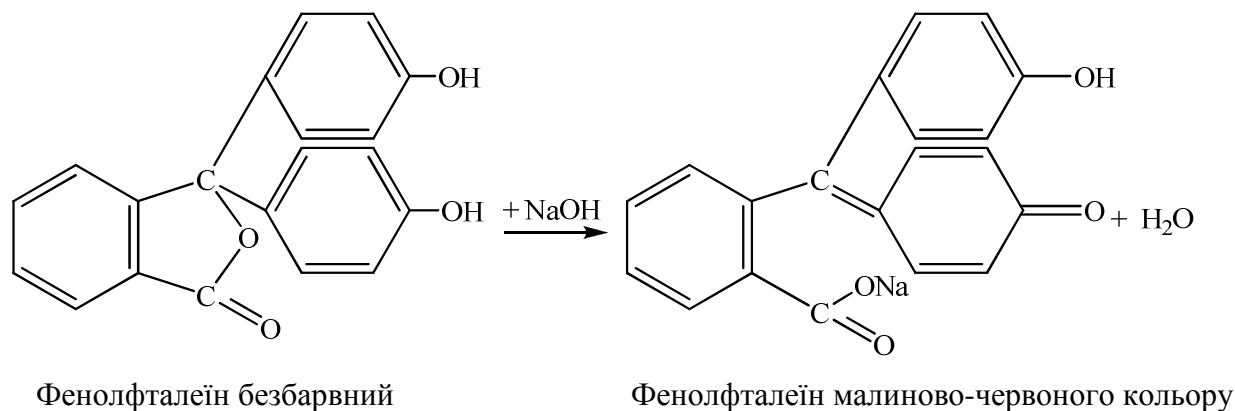
Хімізм процесу

Реакції одержання фенолфталеїну:

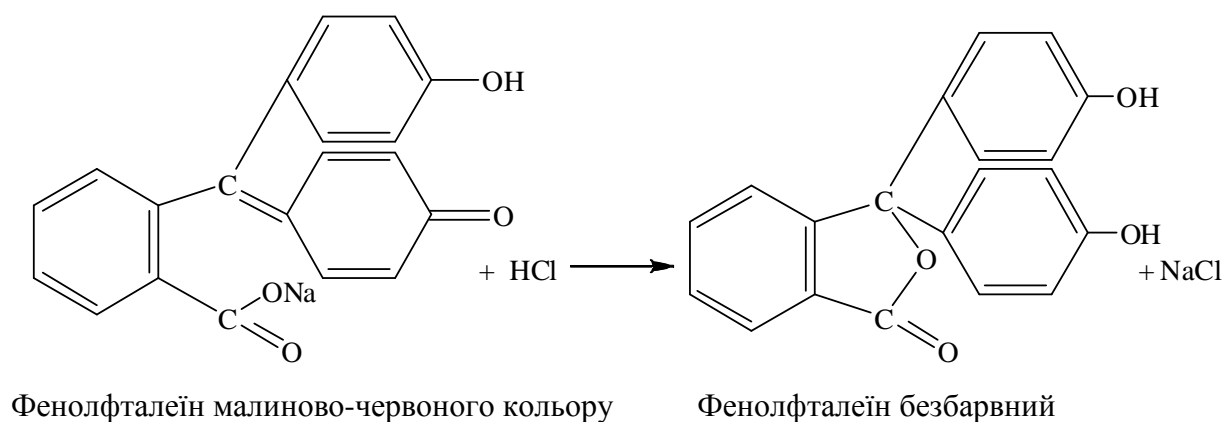




Реакції перетворення молекули фенолфталеїну залежно від середовища. У лужному середовищі молекула фенолфталеїну перебудовується на натрієву сіль, у якій утворюється хіноїдне ядро (хромофорне угруповання), що за наявності ауксохромної групи — гідроксильної групи —ОН, зумовлює малиново-червоне забарвлення:



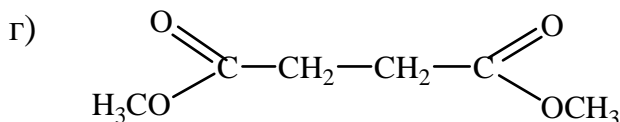
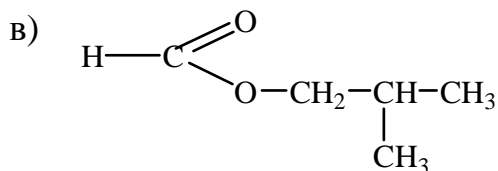
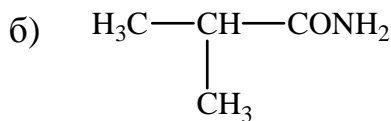
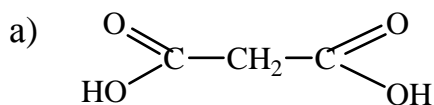
Якщо до суміші додати розчин кислоти, вона нейтралізується; у випадку додавання її у надлишку виникає кисле середовище, у якому руйнується хіноїдна структура молекули з утворенням безбарвної молекули фенолфталеїну:



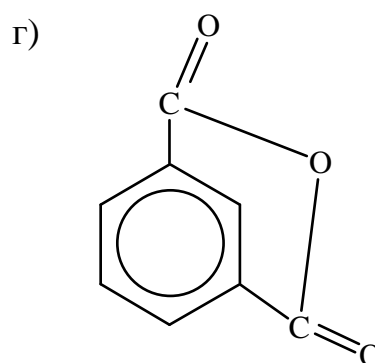
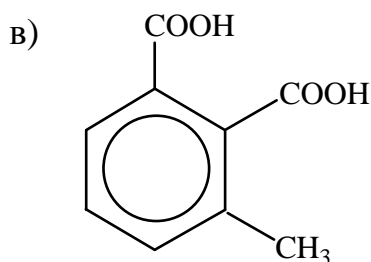
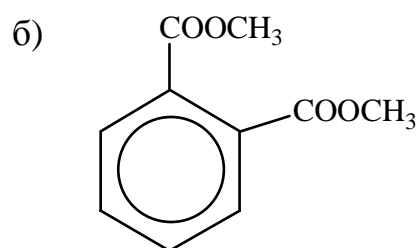
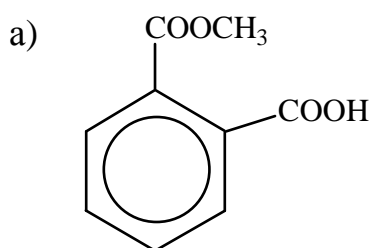
Занотувати спостереження. Написати схеми відповідних реакцій.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Назвіть наступні кислоти і їх похідні:



2. Назвіть наступні кислоти і їх похідні:



3. Напишіть структурні формули таких сполук:

- 3-метилпентандіова кислота;
- 1,4-бензендикарбонова кислота;
- діізопропіловий естер пропандіової кислоти;
- фталева кислота;
- магнієва сіль бутандіової кислоти;
- моноамід адипінової кислоти;
- диметилмалонова кислота.

4. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- β -хлорбурштинова кислота;
- кисла натрієва сіль малонової кислоти;
- діетиловий естер щавлевої кислоти;
- монохлорангідрид малонової кислоти;
- терефталева кислота;

- е) α -метилглутарова кислота;
- ж) ангідрид бурштинової кислоти.

5. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 2-етилбутандіова кислота;
- б) 1,2-бензендикарбонова кислота;
- в) дипропіловий естер пентандіової кислоти;
- г) терефталева кислота;
- д) калієва сіль бутандіової кислоти;
- е) повний амід адипінової кислоти;
- ж) монобромангідрид етандіової кислоти.

6. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) α -броммалонова кислота;
- б) кисла калієва сіль щавлевої кислоти;
- в) диметилловий естер бурштинової кислоти;
- г) монохлорангідрид фталевої кислоти;
- д) амід терефталевої кислоти;
- е) β -метилглутарова кислота;
- ж) ангідрид адипінової кислоти.

7. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) кальцієва сіль малонової кислоти;
- б) неповний нітрин адипінової кислоти;
- в) діамід метафталевої кислоти;
- г) хлорангідрид ізомасляної кислоти;
- д) ангідрид бурштинової кислоти.

8. Напишіть структурні формули та назви ізомерних естерів складу $C_5H_{10}O_2$ з нормальною будовою (4 ізомери).

9. Напишіть схеми послідовних реакцій утворення бурштинової кислоти з метану.

10. Напишіть схеми послідовних реакцій утворення таких кислот з бромтану:

- а) малонова кислота;
- б) бурштинова кислота;
- в) фталева кислота.

11. Напишіть схеми послідовних реакцій утворення таких кислот з малонового естеру:

- а) масляна кислота;
- б) диметилоцтова кислота.

12. Напишіть схеми реакцій одержання акрилової кислоти такими способами:

- а) дегідрогалогенуванням галогенопохідної кислоти;
- б) дегідратацією оксикислоти;
- в) із ацетилену.

13. Напишіть схеми реакцій одержання з пропану:

- а) пропілового естеру масляної кислоти;
- б) ангідриду ізомасляної кислоти.

14. Одержіть щавлеву кислоту окисненням відповідного двоатомного спирту і напишіть схеми реакцій цієї кислоти з такими сполуками:

- а) етиловим спиртом у присутності концентрованої сульфатної кислоти;
- б) кальцій гідрогенкарбонатом;
- в) амоніаком у надлишку.

15. Напишіть структурні формули і назвіть за міжнародною номенклатурою кислоти, які є продуктами таких реакцій:

- а) $C_2H_5CH=CHCH_2COOH \xrightarrow{KMnO_4/H_2SO_4}$;
- б) $CH_3CH(OH)CH_2OH \xrightarrow{KMnO_4/H_2O}$;
- в) *o*-ксилол $\xrightarrow{O_2, t}$;
- г) $(COO)_2Mg \xrightarrow{HCl}$;
- д) $COOCH_3(CH_2)_2COOCH_3 \xrightarrow{H^+/H_2O}$.

16. Напишіть схеми реакцій одержання кальцій оксалату (етандіоату), використовуючи такі пари сполук:

- а) оксіоцтова кислота і пропілацетат;
- б) хлорангідрид оцтової кислоти і натрій пропіонат.

17. Наведіть схеми реакцій одержання з нафталіну фталевої кислоти і напишіть для неї реакції з такими сполуками:

- а) $SOCl_2$;
- б) $NaOH$;
- в) $NH_3 (t)$;
- г) під час нагрівання;
- д) $C_2H_5OH (HCl)$.

18. Речовина, склад якої $C_5H_8O_4$, має кислотні властивості, з метанолом у присутності сульфатної кислоти утворює сполуку $C_7H_{12}O_4$, а за умов нагрівання виділяє CO_2 і утворює сполуку $C_4H_8O_2$. Напишіть структурну формулу вихідної речовини і назвіть її.

19. Речовина, склад якої $C_5H_8O_4$, має кислотні властивості, з етанолом у присутності сульфатної кислоти утворює сполуку $C_9H_{16}O_4$, а за умов нагрівання — H_2O і сполуку $C_5H_6O_3$. Напишіть структурну формулу вихідної речовини і назвіть її.

20. Напишіть реакції терефталевої кислоти з метиловим спиртом і назвіть естери, що утворюються. Яка сполука утворюється в умовах переестерифікації диметилтерефталату етиленгліколем? Яке практичне значення вона має?

21. Напишіть схеми реакцій та назви сполук, що утворюються в результаті взаємодії пропандієвої кислоти з такими реагентами:

- а) Na_2CO_3 ;
- б) PCl_5
- в) NH_3 (*t*);
- г) під час нагрівання;
- д) CH_3OH .

22. Напишіть схеми одержання з бурштинової кислоти її похідних:

- а) солі магнію;
- б) неповного бромангідриду;
- в) дипропілового естеру;
- г) ангідриду;
- д) повного аміду.

23. Напишіть схеми реакцій та назви сполук, що утворюються в результаті взаємодії терефталєвої кислоти з такими реагентами:

- а) PCl_5 ;
- б) Br_2 (Fe);
- в) NH_3 (*t*);
- г) HNO_3 (H_2SO_4);
- д) CH_3OH .

24. Напишіть схеми реакцій та назвіть сполуки, які утворюються в результаті:

- а) взаємодії пропаноїл хлориду з натрій пропаноатом;
- б) нагрівання амонійної солі *para*-толуенкарбонєвої кислоти;

25. Напишіть схеми реакцій і назвіть сполуки, які можна добути нагріванням таких кислот:

- а) щавлевої;
- б) метилмалонової;
- в) глутарової;
- г) ортофталєвої.

26. Напишіть схеми реакцій бурштинового ангідриду з такими сполуками і назвіть продукти взаємодії:

- а) водою;
- б) етанолом;
- в) амоніаком.

27. Напишіть схеми реакцій і назви сполук, що утворюються в результаті взаємодії фталєвого ангідриду з такими реагентами:

- а) H_2O ;
- б) гліцеринєм;
- в) NH_3 (*t*);
- г) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

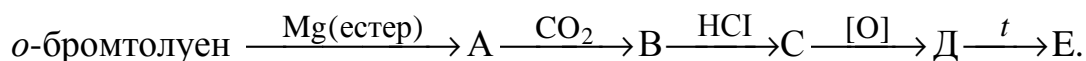
28. Напишіть схеми реакцій наступних пар сполук і назвіть продукти їх взаємодії:

- а) валеріанова кислота і фосфор(V) хлорид;
- б) *орто*-хлорбензойна кислота і тіоніл хлорид;
- в) повний хлорангідрид глутарової кислоти і надлишок ізопропанолу.

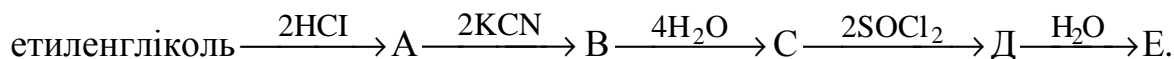
29. Напишіть схеми реакцій наступних пар сполук і назвіть продукти їх взаємодії:

- а) пропіонілхлорид і вода;
- б) бутирилхлорид і амоніак;
- в) бензоїлхлорид й ізопропіловий спирт;
- г) малеїновий ангідрид й етиловий спирт.

30. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення, і назвіть усі продукти:



31. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення, і назвіть усі продукти:



32. Напишіть схеми одержання з малонової кислоти її похідних:

- а) солі кальцію;
- б) повного хлорангідриду;
- в) діетилового естеру;
- г) ангідриду;
- д) неповного амідру.

33. Напишіть схеми реакцій та назви сполук, що утворюються в результаті взаємодії фталевої кислоти з такими реагентами:

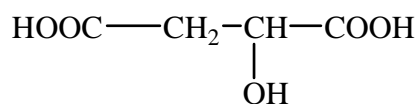
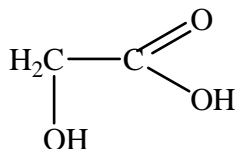
- а) CH_3OH ;
- б) Br_2 (Fe);
- в) NH_3 (*t*);
- г) HNO_3 (H_2SO_4);
- д) PCl_5 .

34. Напишіть схеми реакцій наступних пар сполук і назвіть продукти їх взаємодії:

- а) амід пропіонової кислоти і вода;
- б) бурштиновий ангідрид і амоніак;
- в) бензоїлхлорид і вода;
- г) фталевий ангідрид і метиловий спирт.

5.3 Гідроксикислоти

Загальна характеристика гідроксикислот. Гідроксикислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одночасно дві функціональні групи: гідроксильну і карбоксильну. Залежно від кількості карбоксильних груп розрізняють одно-, дво- та багатоосновні гідроксикислоти, а від кількості гідроксильних груп, включаючи й гідроксильні групи, які входять до карбоксильних груп, — дво-, три-, та багатоатомні оксикислоти.



Гліколева — одноосновна, двоатомна кислота Яблучна — двоосновна, триатомна кислота

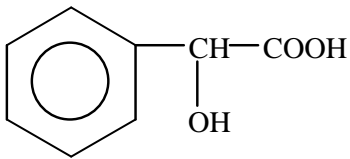
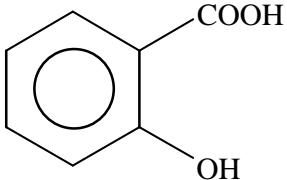
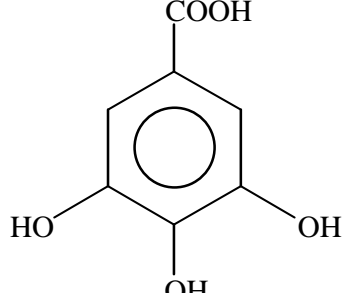
За будовою вуглеводневого радикалу гідроксикислоти поділяють на аліфатичні (насичені й ненасичені), циклічні, ароматичні, гетероциклічні.

Для назв гідроксикислот широко використовують тривіальну (історичну), раціональну і систематичну номенклатури. За номенклатурою IUPAC назви гідроксикислот утворюють від назви відповідної карбонової кислоти з додаванням префікса *гідрокси-* (*дигідрокси-*, *тригідрокси-* тощо) і зазначенням номера атома Карбону, з яким сполучена гідроксигрупа. Нумерацію атомів карбонового ланцюга починають з атома Карбону карбоксильної групи.

За раціональною номенклатурою до тривіальної назви відповідної карбонової кислоти додають префікс *гідрокси-*, а положення гідроксильної групи визначають літерами грецького алфавіту. Гідроксикислоти часто називають тривіальними назвами, походження яких, як правило, пов'язано з природним джерелом їх знаходження. Назви для ряду поширених гідроксикислот наведено у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Номенклатура поширених гідроксикислот

Формула	Тривіальна	Раціональна	Систематична IUPAC
1	2	3	4
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Гліколева	Гідроксіоцтова	Гідроксіетанова
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Молочна	α -Гідроксипропіонова	2-Гідроксипропанова
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	–	β -Гідроксипропіонова	3-Гідроксипропанова
$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{COOH}$	Яблучна	α -Гідроксибурштинова	2-Гідроксибутанова

1	2	3	4
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	Винна	α,β -Дигідрокси- бурштинова	2,3-Дигідрокси- бутандіова
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \end{array}$	Лимонна	–	3-Гідрокси-3-кар- боксіпентандіова
	Мигдальна	Фенілгідроксіоцтова	Фенілгідроксіетанова
	Саліцилова	<i>орто</i> -Гідрокси- бензенова	2-Гідроксибензенкар- бонова
	Галова	3,4,5-Тригідрокси- бензенова	3,4,5-Тригідрокси- бензенкарбонова

Ізомерія гідроксикислот. Для гідроксикислот характерні структурна ізомерія карбонового ланцюга, ізомерія положення гідроксигрупи і стереоізомерія, просторова ізомерія, (від грецького *stereos* — просторовий), а саме — оптична ізомерія.

Оптична ізомерія зумовлена просторовою асиметрією будови молекул. Структурною ознакою асиметричної сполуки є наявність у молекулі одного або декількох асиметричних (хіральних точніше) атомів Карбону, які у стані sp^3 -гібридизації сполучені з чотирма різними атомами або групами атомів. Такий атом Карбону називається хіральним. Органічні сполуки, молекули яких містять хіральний атом Карбону, є оптично активними. Оптична активність речовин — це їх здатність обертати площину поляризованого світла, тобто відхиляти її на певний кут α (вимірюється за допомогою приладу — поляриметра). Для порівняння оптичної активності різних сполук уведено поняття питомого кута обертання $[\alpha]_D^{20}$, вимірюваного за 20 °С відносно D-лінії Натрію (589 нм):

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{\alpha}{l \cdot C}, \quad (5.1)$$

де α — експериментально визначений кут відхилення, град.;
 l — довжина трубки (кювети), дм;
 C — концентрація оптично активної речовини, г/мл.

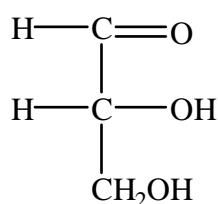
Оптично активні речовини існують у вигляді оптичних ізомерів, які відрізняються між собою розташуванням атомів або груп атомів у просторі навколо хірального атома Карбону. Їх число визначається за формулою 5.2:

$$N = 2^n, \quad (5.2)$$

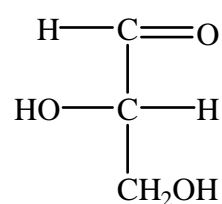
де n — число хіральних атомів Карбону.

Виявляється, що завжди є два ізомери, які відносяться один до одного як предмет до свого дзеркального відображення. Такі сполуки називають оптичними антиподами (дзеркальними ізомерами) або енантіомерами. Хімічні, фізичні властивості енантіомерів однакові, вони обертають площину поляризованого світла на однаковий кут, але за різними напрямками: правообертаючі позначають як (+)-ізомери, а лівообертаючі — (–)-ізомери. Крім цього, енантіомери різняться своєю фізіологічною дією. Система, яка містить еквімолекулярну кількість антиподів, оптично неактивна (не здатна обертати площину поляризації), і називається рацемічною або рацематом.

Для визначення конформації молекул оптичних ізомерів існують D- і L-стереохімічні ряди. Приналежність оптичних ізомерів гідроксикарбонільних сполук (гідроксикислот, вуглеводів) до D- або L-ряду визначають шляхом порівняння їх з ізомерами гліцеринового альдегіду, умовно прийнятого за еталон (стандарт):



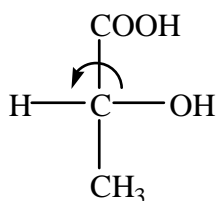
D-(+)-гліцериновий альдегід



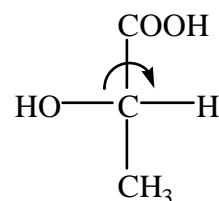
L-(–)-гліцериновий альдегід

Позначення D- і L- використовують для гідроксикислот, амінокислот і вуглеводів. За наявності у цих сполуках декількох хіральних атомів їх відносять за емпіричним правилом до D- або L-ряду за верхнім хіральним атомом Карбону для гідроксикислот, амінокислот і за нижнім — для вуглеводів.

Наприклад, молочна кислота існує у вигляді двох оптичних ізомерів:



D-(–)-молочна кислота



L-(+)-молочна кислота

Лабораторна робота №13

Гідроксикислоти

Прилади та реактиви:

спиртівки; штативи універсальні з лапками для пробірок; бюретки на 25 мл, закріплені в штативах; водяні бані; сухі пробірки; пробірки з газовідвідними трубками; скляні лійки; універсальний індикаторний папір; скляні палички.

Саліцилова кислота, насичений розчин	Фенолфталеїн, спиртовий розчин
Фуксинсульфітна кислота	H ₂ SO ₄ , концентрована
Молочна кислота	KOH, 1% розчин
Винна кислота, 10% розчин	CuSO ₄ , 10% розчин
Ацетилсаліцилова кислота (аспірин), кристалічна	NaOH, 10% розчин
Сегнетова сіль (калій-натрій виннокислий), 5% розчин	FeCl ₃ , 2% розчин
Танін, насичений розчин	

ДОСЛІД 1. Розклад молочної кислоти концентрованою сульфатною кислотою

У суху пробірку налити 1 мл молочної кислоти й обережно по стінках пробірки долити 1 мл концентрованої сульфатної кислоти. Пробірку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, закріпити в лапці штативу й обережно нагріти до кипіння. Кінець газовідвідної трубки занурити у пробірку з 2 мл розчину фуксинсульфітної кислоти. Після появи рожевого забарвлення фуксинсульфітної кислоти, трубку вийняти з рідини і підпалити газ, що виділяється з трубки.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій розкладу молочної і мурашиної кислот, а також схеми реакції горіння CO. Пояснити причину забарвлення фуксинсульфітної кислоти.

ДОСЛІД 2. Утворення кислої і середньої калієвих солей винної кислоти

У пробірку налити 1 мл розчину винної кислоти і додати 1–2 краплі розчину фенолфталеїну. З бюретки по краплях, постійно збовтуючи, додати розчин калій гідроксиду до утворення білого осаду солі (звернути увагу на відсутність забарвлення суміші).

Після чого долити з бюретки надлишок розчину калій гідроксиду до зникаючого малинового забарвлення, спостерігаючи розчинення осаду.

Занотувати спостереження. Відзначити утворення та розчинення осаду, зміну кольору суміші. Написати схеми реакцій утворення кислої та середньої солей винної кислоти — калій гідротартрату і тартрату відповідно. Пояснити, чому не забарвився фенолфталеїн на стадії утворення кислої солі.

ДОСЛІД 3. Взаємодія виннокислої солі з купрум(II) гідроксидом — утворення реактиву Фелінга

У пробірці змішати 0,5 мл розчину купрум(II) сульфату з 2 мл розчину натрій гідроксиду. До одержаного блакитного осаду купрум(II) гідроксиду додати 2 мл розчину сегнетової солі (калій-натрій виннокислий) й енергійно струсити.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій утворення й розчинення осаду купрум(II) гідроксиду. Пояснити, чому сегнетова сіль розчиняє осад купрум(II) гідроксиду.

ДОСЛІД 4. Виявлення фенольного гідроксилу в саліциловій кислоті

У пробірці змішати декілька крапель розчину саліцилової кислоти з 1–2 краплями розчину ферум(III) хлориду.

Занотувати спостереження. Пояснити причину появи фіолетового забарвлення. Написати схеми реакції.

Звернути увагу! Проведена якісна реакція використовується для виявлення різноманітних фенолокіслот у природних сполуках.

ДОСЛІД 5. Доказ відсутності фенольного гідроксилу в ацетилсаліциловій кислоті (аспірині)

У пробірці розчинити декілька кристалів аспірину з 10–15 краплями води. Додати до одержаного розчину 1–2 краплі розчину ферум(III) хлориду.

Занотувати спостереження. Пояснити причину відсутності фіолетового забарвлення. Написати структурну формулу аспірину.

ДОСЛІД 6. Гідроліз ацетилсаліцилової кислоти

Пробірку з сумішшю, що одержана під час досліду 5, нагріти 1...2 хв на спиртівці.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому після нагрівання розчину утворюється фіолетове забарвлення. Написати схеми реакції гідролізу аспірину.

Звернути увагу! Проведена реакція використовується для визначення якості аспірину.

ДОСЛІД 7. Реакції таніну

Танін — природна рослинна сполука (дубильна речовина), побудована галовою кислотою і глюкозою.

Окиснення таніну

До 3–5 крапель розчину таніну додати 2–3 краплі розчину натрій гідроксиду і струсити суміш упродовж 3...4 хв.

Занотувати спостереження. Написати структурну формулу галової кислоти.

Звернути увагу! Поліфеноли легко окиснюються киснем повітря, особливо в лужному середовищі. Подібні реакції окиснення перебігають також у харчових продуктах, які містять поліфеноли, — потемніння чищеної картоплі, розрізаних яблук тощо.

Якісна реакція з ферум(III) хлоридом

До 3–5 крапель розчину таніну додати 1 краплю розчину ферум(III) хлориду.

Занотувати спостереження.

Звернути увагу! Іони Fe^{3+} у зазначеній реакції є не лише кольоровим реагентом на фенольні гідроксили галової кислоти, а ще й окиснюють її як багатоатомну фенольну сполуку.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть структурні формули таких кислот:

- а) β -гідроксимасляна;
- б) 3,4-дигідроксипентанова;
- в) 3-гідрокси-2-метил-4-гексенова;
- г) гідроксициклопропанова;
- д) 2-гідрокси-3-метилбензойна;
- е) δ -гідроксикапронова.

Яка з них дає забарвлення з ферум(III) хлоридом?

2. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 3-гідроксипентанова кислота;
- б) β -гідроксимасляна кислота;
- в) α,β -дигідроксивалеріанова кислота;
- г) 3-гідрокси-2-метилгексанова кислота.

Для кислот, що є оптично-активними сполуками, наведіть проєкційні формули їх енантіомерів.

3. Назвіть сполуки за систематичною номенклатурою:

- а) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$;
- б) $\text{COONCH}(\text{Cl})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$;
- в) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$;
- г) $\text{ONCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$;
- д) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COCl}$;
- е) $\text{COONCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CONH}_2$.

4. Визначте сполуки, для яких характерна оптична активність, напишіть проєкційні формули їх енантіомерів — дзеркальних ізомерів:

- а) 2,3,3-триметилбутанол-1;
- б) 2,3-дигідроксипропанова кислота;
- в) 2,2-дихлорпропанова кислота.

5. Напишіть структурні формули наступних сполук і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) β -гідроксипропіонова кислота;
- б) α -гідроксіізомасляна кислота;
- в) γ -гідроксивалеріанова кислота;
- г) α,β -дигідроксикапронова кислота;
- д) α -гідроксималонова кислота;
- е) γ -гідроксиглутарова кислота;
- ж) β -гідроксибурштинова кислота.

6. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 2-гідрокси-3-бутенова кислота;
- б) α -гідроксикапронова кислота;
- в) 2-гідроксибутандіова кислота;
- г) 2,3-дигідроксипентанова кислота.

Для кислот, що є оптично-активними сполуками, наведіть проєкційні формули їх енантіомерів.

7. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) 3-гідрокси-3-метилпентанова кислота;
- б) 2-гідрокси-3-етилбензойна кислота;
- в) β -гідроксіізовалеріанова кислота;
- г) 2-гідрокси-4-гексенова кислота;
- д) α,β -дигідроксиглутарова;
- е) 2-гідроксициклогексанова кислота;
- ж) 2-гідроксипропандіова кислота.

Поясніть, які з наведених кислот існують у вигляді оптично активних ізомерів.

8. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) етиловий естер гідроксіетанової кислоти;
- б) діамід винної кислоти;
- в) хлорангідрид β -гідроксималяної кислоти;
- г) метиловий естер 3-гідроксибензойної кислоти;
- д) ізопропіловий етер β -гідроксіізомасляної кислоти;
- е) лактон δ -гідроксикапронової кислоти.

9. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) бромангідрид α -гідроксипропіонової кислоти;
- б) діамід α -гідроксибурштинової кислоти;
- в) лактон γ -гідроксивалеріанової кислоти;
- г) метиловий естер α,β -дигідроксикапронової кислоти;
- д) етиловий етер α -гідроксималонової кислоти;
- е) кальцієва сіль α -гідроксиглутарової кислоти.

10. Напишіть структурні формули та назви ізомерних моногідроксимасляних кислот. Для двох із них напишіть схеми реакцій дегідратації в умовах нагрівання.

11. Напишіть структурні формули ізомерних гідроксикислот складу $C_5H_{10}O_3$ і назвіть їх за систематичною номенклатурою. Для двох кислот наведіть проєкційні формули їх енантіомерів.

12. Напишіть структурні формули ізомерних двохосновних чотирьохатомних гідроксикислот складу $C_5H_8O_6$ і назвіть їх за систематичною номенклатурою. Поясніть, які з наведених кислот є оптично активними сполуками.

13. Напишіть схеми реакцій утворення молочної кислоти з:

- а) оцтового альдегіду;
- б) пропіонової кислоти;
- в) пірвіноградної кислоти.

14. Напишіть схеми реакцій, які відбуваються в умовах нагрівання таких кислот:

- а) α -гідроксимасляної;
- б) γ -гідроксикапронової;
- в) β -гідроксивалеріанової.

15. Напишіть схеми реакцій яблучної кислоти з:

- а) кальцій гідроксидом;
- б) ізопропиловим спиртом;
- в) п'ятихлористим фосфором;
- г) окисником.

16. Напишіть схеми реакцій саліцилової кислоти з:

- а) натрій карбонатом;
- б) оцтовим ангідридом;
- в) бромом у присутності каталізатора;
- г) етиловим спиртом.

17. Напишіть схеми реакцій галової кислоти з:

- а) бензоїлхлоридом;
- б) п'ятихлористим фосфором;
- в) з йодистим ізопропілом.

18. Напишіть схеми реакцій лимонної кислоти з:

- а) бензиловим спиртом;
- б) п'ятихлористим фосфором;
- в) оцтовим ангідридом.

19. Одержіть з бензену ізомерні *орто*-, *мета*-, *пара*-гідроксибензойні кислоти. Для однієї з них напишіть схеми реакцій із:

- а) содою;
- б) лугом.

20. Напишіть формули оптичних антиподів (енантіомерів) для таких сполук:
- 2,3-дибромбутандіова кислота;
 - 2,3-дигідроксибутанова кислота;
 - α,β -дигідроксивалеріанова кислота.

Поясніть, які з цих сполук мають оптично неактивні форми. Напишіть будову мезоформ.

21. Напишіть схеми реакцій D-винної кислоти з:

- кальцій гідроксидом;
- надлишком етилового спирту;
- надлишком фосфор(V) хлориду;
- оцтовим ангідридом.

22. Напишіть схеми реакцій:

- молочна кислота з пропіоновим ангідридом;
- яблучна кислота з надлишком фосфор(V) хлориду;
- саліцилова кислота з ізобутиловим спиртом.

23. Напишіть схеми реакцій:

- β -гідроксималяна кислота з йодистим ізопропілом;
- n*-гідроксибензойна кислота з барій гідроксидом;
- мезовинна кислота з амоніаком.

24. Напишіть схеми реакцій:

- L-молочна кислота з ізопропіловим спиртом;
- саліцилова кислота з концентрованою нітратною кислотою у присутності концентрованої сульфатної кислоти;
- галова кислота з надлишком калій гідроксиду.

25. Визначте структурну формулу речовини кислотного характеру складу $C_4H_8O_3$, якщо в умовах нагрівання вона перетворюється на речовину $C_4H_6O_2$ (також кислотного характеру), яка приєднує бром з утворенням дибромпохідної, а в умовах окиснення утворює шавлеву кислоту.

26. Напишіть структурну формулу речовини $C_4H_8O_3$, розчин якої має кислу реакцію середовища і виявляє оптичну активність. Під час взаємодії з HCl утворює сполуку складу $C_4H_7O_2Cl$, а під дією PCl_5 утворює речовину $C_4H_6OCl_2$. Нагрівання речовини $C_4H_8O_3$ із розведеною сульфатною кислотою супроводжується утворенням пропаналу і метанової кислоти.

27. Визначте структурну формулу речовини кислотного характеру складу $C_5H_{10}O_3$, якщо в умовах нагрівання вона перетворюється на речовину $C_5H_8O_2$ (також кислотного характеру), яка приєднує бром з утворенням дибромпохідної, а після окиснення утворює суміш пропанової й етандіової кислот.

28. Напишіть структурну формулу речовини $C_4H_6O_5$, розчин якої має кислу реакцію середовища і виявляє оптичну активність. Під час взаємодії з HCl утворює сполуку складу $C_4H_5O_4Cl$, а під дією PCl_5 утворює речовину $C_4H_3O_2Cl_3$. Під час окиснення речовини складу $C_4H_6O_5$ утворюється кетокислота складу $C_4H_4O_5$.

29. Визначте структурну формулу речовини кислотного характеру складу $C_6H_{12}O_3$, якщо в умовах нагрівання вона перетворюється на речовину $C_6H_{10}O_2$ (також кислотного характеру), яка приєднує бром з утворенням дибромпохідної, а після окиснення утворює суміш 2-метилпропанової й етандіової кислот.

30. Напишіть структурну формулу речовини $C_6H_{12}O_3$, розчин якої має кислу реакцію середовища і виявляє оптичну активність. Під час взаємодії з HCl утворює сполуку складу $C_6H_{11}O_2Cl$, а під дією PCl_5 утворює речовину $C_6H_{10}OCl_2$. Нагрівання цієї речовини з розведеною сульфатною кислотою супроводжується утворенням ізовалеріанового альдегіду і метанової кислоти.

31. Напишіть схеми реакцій саліцилової кислоти з:

- а) кальцій гідроксидом;
- б) метиловим спиртом;
- в) надлишком фосфор(V) хлориду;
- г) ацетилхлоридом.

32. Напишіть схеми реакцій:

- а) лимонна кислота з пропіоновим ангідридом;
- б) D-молочна кислота з надлишком фосфор(V) хлориду;
- в) L-яблучна кислота з етиловим спиртом;
- г) мезовинна кислота з натрій гідроксидом.

33. Визначте структурну формулу речовини кислотного характеру складу $C_6H_{12}O_3$, якщо в умовах нагрівання вона перетворюється на речовину $C_6H_{10}O_2$ (також кислотного характеру), яка приєднує бром з утворенням дибромпохідної, а після окиснення утворює суміш бутанової й етандіової кислот.

34. Напишіть структурну формулу речовини $C_8H_6O_3$, розчин якої має кислу реакцію середовища і виявляє оптичну активність. Під час взаємодії з HCl утворює сполуку складу $C_8H_{15}O_2Cl$, а під дією PCl_5 утворює речовину $C_8H_{14}OCl_2$. Нагрівання цієї речовини з розведеною сульфатною кислотою супроводжується утворенням 4,4-диметилпентаналу й метанової кислоти.

6 ВУГЛЕВОДИ

Вуглеводи і їх похідні належать до найпоширеніших у природі органічних сполук, які є необхідними компонентами клітин будь-яких організмів (бактерій, рослин, тварин).

У клітинах вуглеводи виконують функції будівельного матеріалу, джерела та акумулятора енергії, субстратів та регуляторів специфічних біохімічних процесів, рецепторів клітинних мембран, антигенних детермінант природних біополімерів. Вуглеводи виконують також скелетні функції в рослинах і деяких тваринах (краби, креветки), є основою клітинної стінки бактерій, входять до складу низки антибіотиків. Зв'язуючись із нуклеїновими кислотами, білками і ліпідами, вуглеводи утворюють складні високомолекулярні біополімерні комплекси, які складають основу субклітинних структур та є основою живої матерії. D-Дезоксирибоза і D-рибоза належать до найголовніших компонентів носіїв генетичної інформації живих організмів — дезоксирибо- і рибонуклеїнових кислот (ДНК і РНК). Оскільки вуглеводи краще за інші харчові речовини підлягають перетворенням із звільненням відповідної кількості енергії, вони особливо важливі у харчуванні як джерела енергії у разі інтенсивних фізичних навантажень. На них багаті зернові, картопля, фрукти, овочі та ін. Добова потреба людини у вуглеводах становить 450...500 г.

Термін «вуглеводи» був запропонований у 1844 р. Карлом Шмідтом (C. Schmidt), оскільки формули відомих на той час представників цього класу речовин відповідали загальній формулі $C_n(H_2O)_n$ або $C_n(H_2O)_m$. Пізніше до вуглеводів почали відносити різноманітні, але близькі за властивостями їх похідні з іншою загальною формулою. Вуглеводи називають також гліцинами, цукрами або сахаридами, карбогідратами.

Залежно від здатності гідролізуватися вуглеводи поділяються на моносахариди й полісахариди. До полісахаридів належать досить різноманітні за своїми властивостями речовини, тому їх поділяють на дві групи: цукроподібні, або олігосахариди і нецукроподібні полісахариди.

З точки зору харчової цінності вуглеводи поділяють на ті, що засвоюються (моно- та олігосахариди) організмом людини, і ті, що не засвоюються (целюлоза, геміцелюлоза, пектин, камеді, слизи). Вуглеводи, що не засвоюються, складають основу харчових волокон і в організмі людини виконують дуже важливі функції: перешкоджають усмоктуванню холестерину, стимулюють моторну функцію кишечника, беруть участь у нормалізації складу кишкової мікрофлори, адсорбують жовчні кислоти, сприяють виведенню з організму токсичних елементів, нормалізують ліпідний обмін.

Вуглеводи, особливо крохмаль і сахароза, забезпечують основну частину калорійності раціону та суттєво впливають на сенсорне оцінювання харчових продуктів. Вуглеводи вносять вагомий внесок у формування текстури продуктів, оскільки вони здатні впливати на в'язкість, кристалізацію, гелеутворення, стабільність. Вони зумовлюють приємні відчуття у ротовій порожнині завдяки солодкості, колір і аромат харчових продуктів завдяки їх здатності вступати в хімічні перетворення з утворенням забарвлених та ароматичних речовин.

Вуглеводи є одними з основних сировинних ресурсів у технологічному циклі виробництва багатьох харчових продуктів, а тому суттєво впливають на перебіг фізичних, хімічних, біохімічних і мікробіологічних процесів і сприяють створенню харчової продукції з поліпшеними показниками якості широкого асортименту.

6.1 Моносахариди

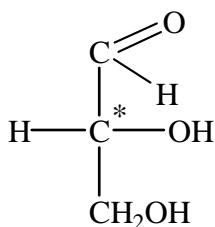
Загальна характеристика моносахаридів. Моносахариди (монози) — це прості вуглеводи, які не здатні гідролізуватися з утворенням більш простих молекул вуглеводів.

Моносахариди — кристалічні речовини, більшість яких має склад, що відповідає загальній формулі $C_nH_{2n}O_n$ (де $n=3-9$), добре розчинні у воді, солодкі на смак, оптично активні.

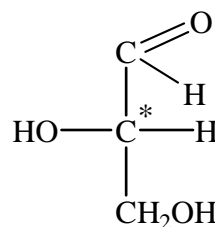
Залежно від кількості атомів Оксигену в молекулі моносахариди поділяють на тетрози $C_4H_8O_4$ ($n=4$), пентози $C_5H_{10}O_5$ ($n=5$), гексози $C_6H_{12}O_6$ ($n=6$) та ін.

Залежно від розміщення карбонільної групи в молекулі моносахариди поділяють на альдози, що свідчить про наявність альдегідної групи, і кетози — наявність кетогрупи.

Моносахариди є оптично активними сполуками, що зумовлено наявністю в їх молекулах хіральних атомів Карбону. Для встановлення конформації молекул оптичних ізомерів моносахаридів їх порівнюють із просторовою будовою молекул стандартної оптично активної сполуки — гліцеринового альдегіду, який існує у вигляді двох ізомерів:



D(+)-гліцериновий альдегід



L(-)-гліцериновий альдегід

Моносахариди, у молекулах яких гідроксильна група біля максимально віддаленого від карбонільної групи хірального атома Карбону розташована так само, як у D-гліцеринового альдегіду (праворуч), відносять до D-ряду. Якщо вона розміщена, як у L-гліцеринового альдегіду (ліворуч), то такі моносахариди відносять до L-ряду.

Повну загальну назву моносахаридів утворюють, починаючи з префікса *альдо-* або *кето-*, до якого додають назву числівника і закінчення (суфікса) *-оза*. Оскільки вуглеводи представляють широке коло різноманітних природних сполук, правилами IUPAC дозволяється застосовувати для них тривіальні назви.

Найпоширенішими в природі моносахаридами, які мають найбільше біологічне і промислове значення, є альдо- та кетогексози ($C_6H_{12}O_6$), а також альдопентози ($C_5H_{10}O_5$).

Таблиця 6.1 – Карбонільні (оксо-) форми деяких моносахаридів

Гексози			
$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $
D(+)-глюкоза	D(+)-маноза	D(+)-галактоза	D(-)-фруктоза
Пентози			
$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $
D(-)-арабіноза	D(+)-ксилоза	D(-)-рибоза	D(-)-дезоксирибоза

Методом прямого рентгеноструктурного аналізу доведено, що у кристалічному стані молекули моносахаридів мають циклічну будову у вигляді піранозних (шестичленних) і фуранозних (п'ятичленних) циклів. Назви циклів походять від назв відповідних оксигеновмісних гетероциклічних сполук «піран» і «фуран». Карбонільний атом Карбону в циклічній формі молекули стає хіральним. Цей новий хіральний центр називається аномерним, а гідроксильна група, яка сполучена з ним, — напівацетальною або глікозидною. Залежно від розміщення глікозидного гіроксилу відносно аномерного центру визначають α - і β -форми — аномери. Якщо в проєкційній формулі Фішера напівацетальна група –ОН розташована з того самого боку, що й гідроксильна група, яка визначає конформацію молекули (приналежність до D- або L-ряду), утворюється α -аномер, якщо з різних боків — β -аномер.

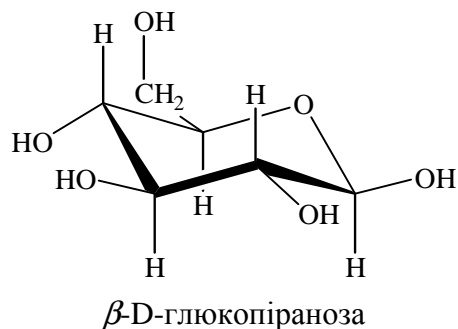
Під час розчинення моносахаридів у воді спостерігаються таутомерні перетворення, які зумовлюють стан динамічної рівноваги суміші кількох форм молекул моносахаридів (α -, β -фуранозних і піранозних, карбонільної). Отже, розчини моносахаридів містять рівноважну суміш циклічних α -, β -фуранозних і α -, β -піранозних та лінійної (карбонільної) форм (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Циклічні (напівацетальні) форми деяких моносахаридів

Структура Хеурса	
піранозна форма	фуранозна форма
α -D-глюкопіраноза	β -D-глюкофураноза
α -D-фруктопіраноза	β -D-фруктофураноза
α -D-арабінопіраноза	β -D-арабінофураноза

Для моносахаридів є характерним явище мутаротації. Мутаротація — зміна величини кута обертання (від лат. *mutare* — змінювати, *rotatio* — обертання) протягом часу в розчинах вуглеводів унаслідок перебігу в них цикло-оксо-таутомерних перетворень.

Моносахариди в циклічній формі виявляють ще один вид ізомерії — конформаційну ізомерію, яка зумовлена просторовим розміщенням атомів Карбону піранозного циклу. Шестичленний цикл, подібно до циклогексанового, може існувати у вигляді кількох конформерів — конформації «крісло» і «ванна». Результатами рентгеноструктурного аналізу доведено, що піранозні цикли моносахаридів існують у вигляді енергетично більш вигідної форми — конформації «крісло»:



Лабораторна робота №14

Моносахариди

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, мікроскоп, водяна баня, спиртівка, предметні скельця, скляні палички.

Глюкоза, 5% розчин

Маноза, 5% розчин

Фруктоза, 5% розчин

Фукусинсульфітна кислота

Реактив Селіванова

α -Нафтол, 10% спиртовий розчин

Розчин Фелінг-I

Розчин Фелінг-II

H_2SO_4 , концентрована

NaOH, 10% розчин

$CuSO_4$, 5% розчин

$AgNO_3$, 1% розчин

NH_4OH , 10% розчин

Суміш хлороводневого фенілгідразину з безводним натрій ацетатом (2:3)

ДОСЛІД 1. Якісна реакція на вуглеводи — реакція Подобєдова–Моліша

Дослід проводити одночасно для декількох різних моносахаридів. У пробірці змішати 1 мл розчину моносахариду з однією краплею розчину α -нафтолу. Помутніння суміші пояснюється слабкою розчинністю α -нафтолу у воді. Потім обережно, по стінці пробірки долити 1 мл концентрованої сульфатної кислоти.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції дегідратації глюкози під дією сульфатної кислоти з утворенням 5-оксиметилфурфурулу, який вступає в реакцію конденсації з α -нафтолом, унаслідок чого утворюються забарвлені сполуки.

ДОСЛІД 2. Якісна реакція на кетогексози — реакція Селіванова

Дослід виконувати паралельно для розчинів фруктози і глюкози.

До 0,5 мл розчину вуглеводу додати 1 мл реактиву Селіванова (розчин резорцину у хлоридній кислоті) і нагріти суміш упродовж 2 хв на водяній бані.

Занотувати спостереження. Порівняти забарвлені розчини, які утворилися відповідно в пробірках із глюкозою і фруктозою.

Звернути увагу! В умовах нагрівання з хлоридною кислотою фруктоза (кетогексоза) перетворюється на 5-оксиметилфурфурулу, який вступає в реакцію конденсації з резорцином, у результаті чого утворюється забарвлена сполука. Для глюкози (альдогексози) також характерні аналогічні перетворення, але відбуваються вони у 15–20 раз повільніше.

Написати схеми реакції дегідратації фруктози з утворенням 5-оксиметилфурфурулу.

ДОСЛІД 3. Реакція моносахаридів із лужним розчином купрум(II) гідроксиду — реакція на гідроксильні групи в молекулі моносахаридів

У пробірці змішати 2 мл розчину глюкози з 1 мл 10% розчину натрій гідроксиду і додати 5% розчин купрум(II) сульфату. Після струшування спостері-

гається розчинення блакитного осаду купрум(II) гідроксиду й утворення синього прозорого розчину купрум(II) глюконату.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій: утворення осаду купрум(II) гідроксиду; утворення комплексної сполуки — купрум(II) глюконату.

ДОСЛІД 4. Окиснення моносахаридів купрум(II) гідроксидом під час нагрівання

До 1 мл розчину моносахариду додати 1 мл розчину натрій гідроксиду, потім, струшуючи, долити 0,5 мл розчину купрум(II) сульфату. Суміш нагріти у полум'ї спиртівки так, щоб спочатку прогрівалася лише верхня частина розчину, а нижня залишалася для контролю.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій окиснення глюкози до глюконової кислоти і відновлення блакитного осаду купрум(II) гідроксиду $\text{Cu}(\text{OH})_2$ до жовтого — купрум(I) гідроксиду $\text{Cu}(\text{OH})$, а далі — до червоного купрум(I) оксиду Cu_2O . Пояснити, чому кетогексози, молекули яких не містять альдегідної групи, також окиснюються під дією купрум(II) гідроксиду.

ДОСЛІД 5. Окиснення моносахаридів реактивом Фелінга

Змішати у пробірці 1 мл розчину Фелінг-I (5% розчин купрум(II) сульфату) з 1 мл розчину Фелінг-II (лужний розчин сегнетової солі). До одержаного темно-синього прозорого розчину реактиву Фелінга долити 1 мл розчину глюкози. Суміш прогріти на водяній бані.

Занотувати спостереження. Пояснити зміну забарвлення суміші. Написати схеми реакцій:

- утворення блакитного осаду $\text{Cu}(\text{OH})_2$;
- утворення реактиву Фелінга;
- окиснення глюкози до глюконової кислоти з одночасним відновленням реактиву Фелінга до Cu_2O .

Звернути увагу! Саме ця реакція використовується для визначення кількості вуглеводів у продуктах харчування за методом Бертрана.

ДОСЛІД 6. Окиснення моносахаридів амоніачним розчином аргентум(I) оксиду — реакція «Срібного дзеркала»

У ретельно вимиту пробірку налити 2...3 мл розчину аргентум нітрату і, струшуючи, додати по краплях розчин амоніаку до розчинення осаду, утвореного спочатку (надлишок амоніаку у розчині знижує чутливість реакції). Потім до одержаного амоніачного розчину аргентум(I) гідроксиду долити 1 мл розчину глюкози. Суміш нагріти на водяній бані. Під час нагрівання пробірку не струшувати, оскільки металічне срібло може виділитися не на стінках пробірки, а у вигляді темного осаду.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції окиснення глюкози до глюконової кислоти з одночасним відновленням амоніачного розчину аргентум (I) гідроксиду до металічного срібла.

ДОСЛІД 7. Відношення моносахаридів до фуксинсульфітної кислоти

У дві пробірки налити по 0,5 мл безбарвного розчину фуксинсульфітної кислоти. Потім в одну пробірку долити 0,5 мл формаліну, у другу — 0,5 мл розчину глюкози.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому фуксинсульфітна кислота не забарвлюється у присутності глюкози. Написати схему таутомерних перетворень D-глюкози у водному розчині.

ДОСЛІД 8. Утворення озазонів моносахаридів

У пробірку налити 1 мл розчину глюкози, додати близько 0,2 г сухої суміші хлороводневого фенілгідразину з ацетатом натрію. Суміш прогріти на водяній бані протягом 8...10 хв.

Дослідити під мікроскопом кристали озазону, що утворилися під час повільного охолодження суміші.

Занотувати спостереження. Написати схему взаємодії фенілгідразину з глюкозою з утворенням озазону.

ДОСЛІД 9. Реакція Панова на фруктозу

Дослід проводити одночасно з розчинами глюкози і фруктози.

У дві пробірки налити по 0,5 мл розчинів моносахаридів і по 5 мл суміші етанолу з концентрованою сульфатною кислотою (змішати, охолоджуючи, 4 мл етанолу й 1 мл концентрованої сульфатної кислоти). Потім у пробірку додати 2–3 краплі спиртового розчину α -нафтолу. Рідини перемішати й нагріти на водяній бані протягом 5...8 хв. У пробірці з фруктозою з'являється інтенсивне фіолетове забарвлення. Глюкоза в умовах дослідження забарвлення не дає.

Занотувати спостереження. Пояснити результати дослідження.

ДОСЛІД 10. Виявлення фруктози в меді

До 0,5 мл 5% розчину меду додати 1 мл реактиву Селіванова та нагріти суміш протягом 2 хв на водяній бані.

Занотувати спостереження. Відзначити, що під час нагрівання з хлоридною кислотою фруктоза перетворюється на 5-оксиметилфурфурол, який вступає в реакцію конденсації з резорцином, у результаті чого утворюється забарвлена на рожевий колір сполука.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Наведіть схему таутомерних перетворень D-манози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

2. Наведіть схему таутомерних перетворень D-галактози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

3. Наведіть схему таутомерних перетворень D-арабінози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

4. Наведіть схему таутомерних перетворень D-ксилози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

5. Наведіть схему таутомерних перетворень L-манози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

6. Наведіть схему таутомерних перетворень L-галактози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

7. Наведіть схему таутомерних перетворень L-фруктози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

8. Наведіть схему таутомерних перетворень L-арабінози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

9. Наведіть схему таутомерних перетворень L-ксилози у водному розчині. Назвіть усі форми цього моносахариду.

10. Наведіть схему таутомерних перетворень D-галактуронової кислоти з утворенням α і β -піранозних циклічних форм.

11. Наведіть схему перетворень: D-арабіноза \rightarrow D-маноза (метод подовження ланцюга).

12. Наведіть схему перетворень: D-маноза \rightarrow D-арабіноза (метод скорочення ланцюга).

13. Напишіть схеми реакцій D-глюкуронової кислоти:

а) з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду;

б) з оцтовою кислотою;

в) ізопропілхлоридом.

Назвіть одержані сполуки.

14. Напишіть схеми реакцій D-галактози з:

а) купрум(II) гідроксидом під час нагрівання;

б) амоніачним розчином аргентум(I) оксиду;

в) оцтовим ангідридом;

г) гідроксиламіном;

д) ацетилхлоридом.

Назвіть одержані сполуки.

15. Напишіть схеми реакцій одержання озазону з D-фруктози, а також схеми реакцій D-фруктози з:

- а) етиловим спиртом у присутності HCl;
- б) гідроксиламіном;

Назвіть одержані сполуки.

16. Наведіть схему перетворень: D-ксилоза → Альдогексоза (метод подовження ланцюга).

Для D-ксилози напишіть схеми реакцій з:

- а) купрум(II) гідроксидом під час нагрівання;
- б) синильною кислотою;
- в) оцтовим ангідридом.

Назвіть одержані сполуки.

17. Наведіть схему перетворень: D-глюкоза → D-арабіноза (метод скорочення ланцюга).

Для D-глюкози напишіть схеми реакцій з:

- а) купрум(II) гідроксидом під час нагрівання;
- б) синильною кислотою;
- в) оцтовим ангідридом;
- г) гідроксиламіном;
- д) ацетилхлоридом.

Назвіть одержані сполуки.

18. Наведіть схему перетворень: D-арабіноза → D-глюкоза (метод подовження ланцюга).

Для D-арабінози напишіть схеми реакцій з:

- а) гідроксиламіном;
- б) синильною кислотою;
- в) метиловим спиртом.

Назвіть одержані сполуки.

19. Напишіть схеми відновлення D-фруктози, D-манози, D-галактози до відповідних вищих спиртів. Поясніть, який спирт є оптично неактивною сполукою і чому.

Для D-манози напишіть схеми реакції з:

- а) реактивом Фелінга;
- б) йодистим метилом.

Назвіть одержані сполуки.

20. Напишіть схеми реакцій окиснення D-галактози до галактонової, галактуронової та галактарової (слизової) кислоти. Поясніть, чому слизова кислота є мезоформою.

Для D-галактуронової кислоти напишіть схеми реакцій з:

- а) реактивом Фелінга;
- б) пропіонілхлоридом.

Назвіть одержані сполуки.

21. Напишіть схеми реакції одержання етил- α -D-манопіранозиду. Поясніть, чи характерним є явище мутаротації для водних розчинів цієї сполуки.

22. Напишіть схеми реакції одержання пентаетил- β -D-галактопіранозиду. Поясніть, чи характерним є явище мутаротації для водних розчинів цієї сполуки.

23. Напишіть схеми реакції одержання ізобутил- β -D-глюкопіранозиду. Поясніть, чи характерним є явище мутаротації для водних розчинів цієї сполуки.

24. Напишіть схеми реакції одержання метил- β -D-фруктопіранозиду. Поясніть, чи характерною для цієї сполуки є реакція окиснення реактивом Фелінга.

25. Напишіть схеми реакції одержання пропіл- β -D-фруктофуранозиду. Поясніть, які реакції характерні для цієї сполуки.

26. Напишіть схеми реакції одержання пропіоніл- α -D-галактопіранозиду. Поясніть, чи є характерною для цієї сполуки реакція відновлення.

27. Напишіть схеми реакції одержання пентапропіоніл- β -D-галактопіранозиду. Поясніть, які сполуки належать до глікозидів, і визначити їх властивості.

28. Напишіть схеми реакції одержання бензоїл- α -D-манопіранозиду. Поясніть, до якого класу сполук належить одержана сполука.

29. Напишіть схеми реакції одержання пентаацетил- β -D-фруктопіранозиду. Поясніть, які властивості характерні для глікозидів.

30. Напишіть схеми реакції одержання пентаметил- α -D-фруктофуранозиду. Поясніть особливості перебігу реакції гідролізу цієї сполуки.

31. Напишіть схеми реакцій L-манози з:

- а) гідроксиламіном;
- б) синильною кислотою;
- в) ізопропіловим спиртом.

32. Поясніть, чому у випадку відновлення D-глюкози утворюється шестиатомний спирт сорбіт, а у випадку відновлення D-фруктози утворюються два спирти — сорбіт і маніт.

33. Наведіть схеми реакцій, які доводять наявність у молекулі галактози:

- а) альдегідної групи;
- б) п'яти гідроксильних груп;
- в) глікозидного гідроксилу.

34. Напишіть схеми реакцій L-галактози з:

- а) реактивом Фелінга;
- б) йодистим ізопропілом;
- в) оцтовим ангідридом;

Назвіть одержані сполуки.

6.2 Олігосахариди

Загальна характеристика олігосахаридів. Олігосахариди (від грецького «олігос» — небагато), або цукроподібні вуглеводи, молекули яких в умовах гідролізу розкладаються на декілька молекул моносахаридів (від 2 до 10 молекул).

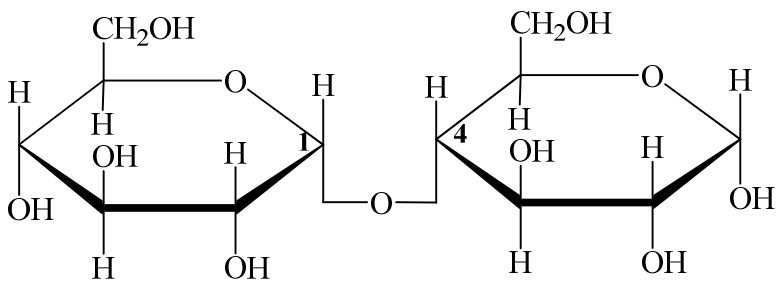
Найважливішими з них є дисахариди, загальна формула яких $C_{12}H_{22}O_{11}$. Дисахаридами називаються олігосахариди, молекули яких приєднуючи молекулу води, розкладаються на дві молекули моносахаридів. Дисахариди також називають біозами.

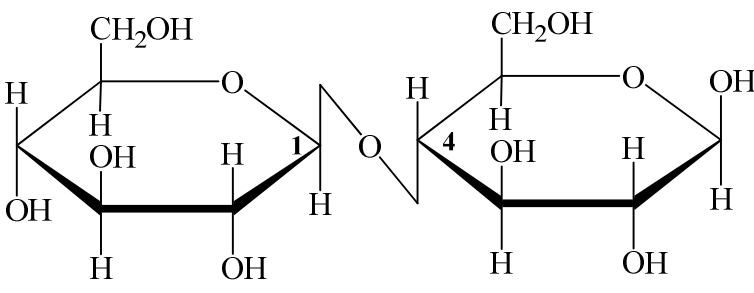
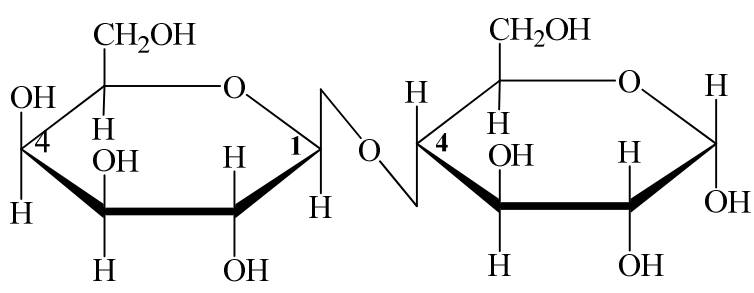
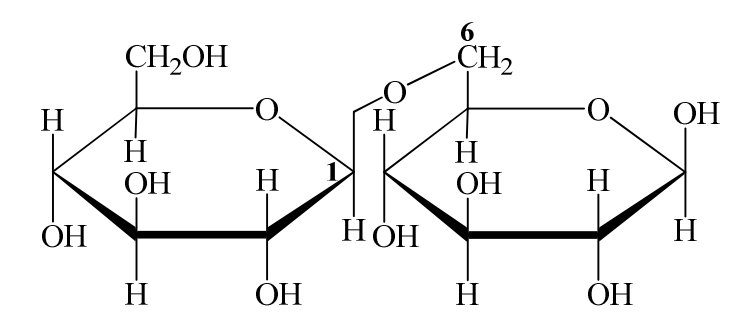
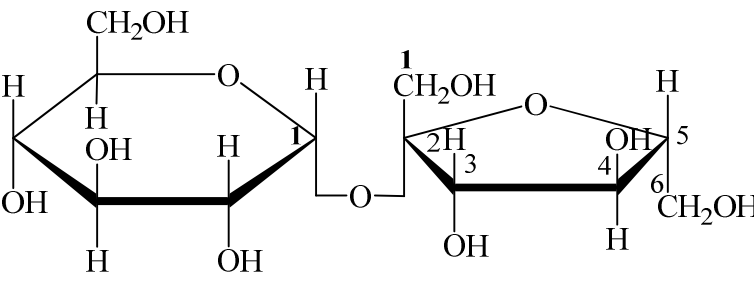
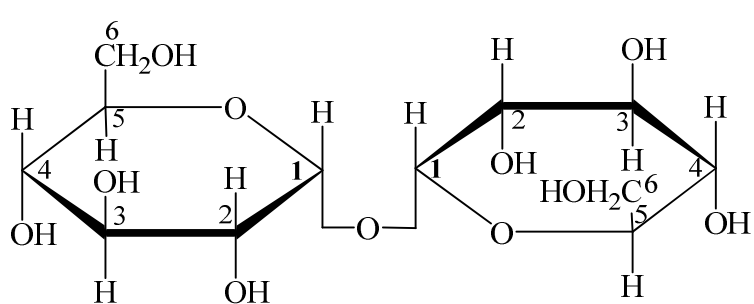
За будовою і хімічними властивостями дисахариди поділяють на дві групи. До першої групи належать дисахариди, молекули яких утворені за рахунок взаємодії глікозидного гідроксилу молекули першого моносахариду й одного із спиртових гідроксилів молекули другого моносахариду. Молекули цих дисахаридів мають один глікозидний гідроксил, за рахунок якого вони здатні до циклоланцюгової таутомерії з одержанням альдегідної групи, існують у відповідних α - і β -формах і здатні до мутаротації. Подібно до моносахаридів вони виявляють відновні властивості — відновлюють деякі метали з їх оксидів під час перебігу реакцій окиснення. Такі дисахариди називають відновлюючими, а зв'язок між залишками моносахаридів у їх молекулах — глікозид-глікозним. До них належать мальтоза, целобіоза, лактоза тощо.

До дисахаридів другої групи належать дисахариди, молекули яких утворені за рахунок взаємодії глікозидних гідроксилів обох молекул моносахаридів. Молекули цих дисахаридів не мають жодного глікозидного гідроксилу, не відновлюють оксиди металів, не здатні до мутаротації та існують тільки в циклічних формах. Такі дисахариди називаються невідновлюючими, а зв'язок у молекулі — глікозид-глікозидним. До них належать сахароза, трегалоза тощо.

Тривіальні та систематичні назви поширених дисахаридів, представлених структурами Хеуорса у циклічній формі, наведено у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Номенклатура поширених дисахаридів

Циклічна форма дисахариду	Тривіальна, систематична ІУРАС
1	2
<i>Відновлюючі дисахариди</i>	
	<p>Мальтоза, 4-(α-D-глюкопіранозидо)- α-D-глюкопіраноза</p>

1	2
	<p>Целобіоза, 4-(β-D-глюкопіранозидо)- β-D-глюкопіраноза</p>
	<p>Лактоза, 4-(β-D-галактопіранозидо)- α-D-глюкопіраноза</p>
	<p>Генціобіоза, 6-(β-D-глюкопіранозидо)- β-D-глюкопіраноза</p>
<i>Невідновлюючі дисахариди</i>	
	<p>Сахароза, 2-(α-D-глюкопіранозидо)- β-D-фруктофуранозид</p>
	<p>Трегалоза, 1-(α-D-глюкопіранозидо)- α-D-глюкопіранозид</p>

Лабораторна робота №15

Олігосахариди

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, водяна баня, скляні палички, малі тиглі, спиртівка, фільтрувальний папір, скляні лійки, хімічна склянка на 25–50 мл, фенолфталеїновий індикаторний папір.

Сахароза, кристалічна	H ₂ SO ₄ , концентрована
Сахароза, 5% розчин	H ₂ SO ₄ , 10% розчин
Сахароза, 20% розчин	Ca(OH) ₂ , (вапняне молоко)
Лактоза, кристалічна	CoSO ₄ , 5% розчин
Лактоза, 5% розчин	NiSO ₄ , 5% розчин
Мальтоза, кристалічна	NaOH, 10% розчин
Мальтоза, 5% розчин	
Розчин Фелінг-I	
Розчин Фелінг-II	
α-Нафтол, 10% спиртовий розчин	
Аланін, кристалічний	
Гліцин, кристалічний	

ДОСЛІД 1. Якісна реакція на вуглеводи — реакція Подобєдова–Моліша

Дослід проводити одночасно з різними дисахаридами.

У пробірці змішати 1 мл розчину дисахариду з однією краплею розчину α-нафтолу. Потім обережно, по стінці пробірки долити 1 мл концентрованої сульфатної кислоти.

Занотувати спостереження. Пояснити результати досліду.

Звернути увагу! Реакція Подобєдова–Моліша характерна для всіх вуглеводів, що пояснюється розкладанням їх молекул під дією концентрованої сульфатної кислоти з утворенням 5-оксиметилфурфуролу (хімізм реакції, як у досліді 1 лабораторної роботи №14).

ДОСЛІД 2. Взаємодія дисахаридів з реактивом Фелінга

У три пробірки налити по 1 мл розчину Фелінг-I і розчину Фелінг-II. Потім налити в першу пробірку — 1 мл розчину сахарози, у другу — 1 мл розчину мальтози, а в третю — 1 мл розчину лактози. Усі пробірки прогріти на водяній бані впродовж 2...5 хв.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому сахароза не відновлює реактив Фелінга: не змінює його забарвлення. Написати схеми реакції взаємодії мальтози (або лактози) з реактивом Фелінга, тобто окиснення дисахариду до відповідної біонової кислоти (мальтобіонової чи лактобіонової) й одночасне відновлення реактиву Фелінга. Пояснити результати досліду.

Звернути увагу! Реакція взаємодії карбонільних груп цукрів із реактивом Фелінга лежить в основі методу визначення цукрів методом Бертрана, який ши-

роко застосовується під час визначення в харчових продуктах редукуючих (відновлюючих) цукрів, сахарози, загальної кількості інвертного цукру, а також біохімічних дослідженнях.

ДОСЛІД 3. Одержання кальцій сахарату

У хімічну склянку налити 5...7 мл 20% розчину сахарози і краплями, перемішуючи, додати свіжовиготовлене вапняне молоко. Кальцій гідроксид розчиняється у розчині сахарози. Потім долити надлишок вапняного молока (3...4 мл), перемішати реакційну суміш скляною паличкою і залишити на 5...7 хв. Далі розчин відфільтрувати у пробірку.

Після нагрівання одержаного фільтрату до кипіння спостерігати випадання дрібнокристалічного осаду кальцій сахарату. Під час охолодження реакційної суміші у склянці з льодяною водою осад знову розчиняється.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції утворення кальцій сахарату.

Звернути увагу! Здатність сахарози утворювати розчинні кальцій сахарати використовують у промисловості для очищення цукру під час видалення його з цукрового буряку.

ДОСЛІД 4. Взаємодія сахарози з нікол і кобальт сульфатами

У пробірці змішати 4 мл розчину сахарози з 2 мл розчину натрій гідроксиду. Утворений розчин розлити у дві пробірки, в одну з яких додати декілька крапель розчину нікол(II) сульфату, а в другу — декілька крапель розчину кобальт(II) сульфату.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій утворення сахаратів ніколу і кобальту. Визначити колір одержаних розчинів.

ДОСЛІД 5. Гідроліз (інверсія) сахарози

У пробірку налити 3...4 мл розчину сахарози, додати 1 мл розведеної сульфатної кислоти. Пробірку прогріти на киплячій водяній бані впродовж 10 хв, потім залишити у штативі до охолодження. В іншій пробірці змішати по 2 мл розчинів Фелінг-I і Фелінг-II. До одержаного темно-синього реактиву Фелінга долити 1 мл розчину гідролізованої сахарози. Суміш не збовтувати і прогріти 2...3 хв на водяній бані.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції гідролізу сахарози з утворенням глюкози і фруктози та пояснити, чому суміш після гідролізу відновлює реактив Фелінга, тоді як негідролізована сахароза (дослід 2) не відновлює цей реактив.

ДОСЛІД 6. Карамелізація сахарози

Пучку (близько 0,2 г) кристалічної сахарози нагріти в сухому тиглі на електроплитці.

Занотувати спостереження. Визначити властивості карамелі: колір, запах. Записати схему карамелізації сахарози.

ДОСЛІД 7. Утворення меланоїдинів (реакція Майяра)

У пробірці змішати пучку (близько 0,5 г) кристалічного відновлюючого дисахариду (мальтози або лактози) з такою ж кількістю кристалічної амінокислоти (гліцину або аланіну). Додати 2–3 краплі води, перемішати й обережно нагріти суміш на спиртівці до появи коричневого кольору. Після охолодження долити 2...3 мл води.

Занотувати спостереження. Описати властивості меланоїдину: колір, запах, розчинність у воді. Зазначити схему реакції меланоїдиноутворення.

ДОСЛІД 8. Виявлення лактози у молоці

У невелику хімічну склянку (ємністю 25 мл) налити 5...7 мл молока, розведеного водою (1:1), і додати декілька крапель оцтової кислоти, перемішуючи суміш скляною паличкою. У кислому середовищі білок зсідается і випадає у вигляді пластівців.

Осад відфільтрувати, а фільтрат нейтралізувати розчином натрій гідроксиду до слабко лужної реакції за індикаторним фенолфталеїновим папером. Розчин лугу додавати по краплях, перемішуючи рідини скляною паличкою.

До 2 мл одержаного розчину додати 2 мл реактиву Фелінга, суміш перемішати і нагріти на водяній бані.

Занотувати спостереження. Пояснити результати досліду.

ДОСЛІД 9. Ідентифікація вуглеводів методом тонкошарової хроматографії

Мета. Розділити і виявити вуглеводи, суміш яких дана у вигляді розчину.

На пластинку «Сілуфол» розміром 10 x 50 мм нанести 2 проби — досліджуваного зразка і контрольної суміші, що складається з D-глюкози і лактози, відносна швидкість пересування R_f яких відповідно дорівнює 0,37; 0,19. До хроматографічної камери налити заввишки не більше за 5 мм елюент, яким виступає суміш хлороформ-метанол (1:1), і здійснити хроматографування.

Після того як фронт елюенту дістанеться лінії фронту, хроматографування завершити, пластинку дістати пінцетом і висушити повітрям.

Для виявлення плям пластинку розташувати в сушильній шафі та просушити декілька хвилин за температури близько 110 °С до появи коричневих плям. Якщо внаслідок перегрівання пластинка починає буріти, просушування слід негайно припинити.

Занотувати спостереження. Розрахувати значення R_f і визначити, яка речовина міститься в досліджуваному розчині.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть схему утворення дисахариду 4-(α -D-ксилопіранозидо)- α -D-ксилопіранози. До якого типу дисахаридів він належить?
2. Напишіть схему утворення дисахариду 4-(α -D-манопіранозидо)- β -D-галактопіранози. Чи має він відновлюючі властивості?
3. Напишіть схему утворення дисахариду 6-(α -D-глюкопіранозидо)- β -D-галактопіранози. Чи здатний водний розчин цього дисахариду до мутаротації?
4. Напишіть схему утворення дисахариду 1-(β -D-манопіранозидо)- β -D-глюкопіранозиду. Чи може він відновлювати реактив Фелінга?
5. Напишіть схему утворення дисахариду 4-(α -D-галактопіранозидо)- β -D-галактопіранози. Чи має він відновлюючі властивості?
6. Напишіть схему утворення дисахариду 2-(β -D-манопіранозидо)- β -D-фруктопіранозиду. У яких формах існує молекула цього дисахариду?
7. Напишіть схему утворення дисахариду 6-(β -D-фруктопіранозидо)- β -D-фруктофуранози. До якого типу дисахаридів він належить?
8. Напишіть схему утворення дисахариду 4-(α -D-глюкопіранозидо)- β -D-ксилопіранози. Чи здатний водний розчин цього дисахариду до мутаротації?
9. Написати схему утворення дисахариду 1-(α -D-манопіранозидо)- β -D-манопіранозиду. Чи може він відновлювати реактив Фелінга?
10. Напишіть схему утворення дисахариду 2-(β -D-галактопіранозидо)- β -D-фруктопіранозиду. У яких формах існує молекула цього дисахариду?
11. Напишіть схему утворення дисахариду 6-(β -D-манопіранозидо)- β -D-галактопіранози. Чи може він відновлювати реактив Фелінга?
12. Напишіть схему утворення дисахариду 2-(β -D-ксилофуранозидо)- α -D-фруктофуранозиду. Чи має він відновлюючі властивості?
13. Напишіть схеми реакції лактози з гідроксиламіном.
14. Напишіть схему одержання оксиму целобіози.
15. Напишіть схему реакції сахарози з надлишком хлористого ацетила.
16. Напишіть схему реакції мальтози із синильною кислотою.
17. Напишіть схему утворення глікозиду лактози з ізопропіловим спиртом.
18. Напишіть схему реакції трегалози з надлишком хлористого пропіонілу.
19. Напишіть схему реакції лактози з реактивом Фелінга.
20. Напишіть схему реакції взаємодії целобіози з етиловим спиртом.
21. Напишіть схему реакції відновлення лактози.
22. Напишіть схему реакції взаємодії сахарози з хлористим метилом.

23. Напишіть схему утворення невідновлюючого дисахариду, побудованого з двох молекул фруктози.

24. Напишіть схему утворення відновлюючого дисахариду, побудованого з молекул глюкози і манози.

25. Напишіть схему гідролізу генціобіози, застосовуючи циклічні структури Хеурса.

26. Напишіть схему гідролізу целобіози, застосовуючи циклічні структури Хеурса.

27. Напишіть схему гідролізу трегалози, застосовуючи циклічні структури Хеурса.

28. Напишіть схему гідролізу октаметилмальтозиду, застосовуючи циклічні структури Хеурса.

29. Напишіть схему гідролізу октаацетиллактозиду, застосовуючи циклічні структури Хеурса.

30. Напишіть схему гідролізу 4-(β -L-ксилопіранозидо)- β -L-ксилопіранози.

31. Напишіть схему гідролізу 2-(α -D-глюкопіранозидо)- β -D-фруктофуранозиду.

32. Напишіть схеми реакцій лактози з:

- а) реактивом Фелінга;
- б) оцтовим ангідридом;
- в) гідроксиламіном;
- г) ацетилхлоридом.

33. Напишіть схеми реакцій D-манози з:

- а) амоніачним розчином аргентум(I) оксиду;
- б) синильною кислотою;
- в) ізопропіловим спиртом.

34. Поясніть, чому інвертований цукор відновлює реактив Фелінга, тоді як харчовий цукор не відновлює цей реактив.

35. Напишіть схеми реакцій целобіози з:

- а) етиловим спиртом;
- б) синильною кислотою;
- в) гідроксиламіном;
- г) пропіонілхлоридом.

36. Для генціобіози напишіть схеми таких реакцій:

- а) окиснення;
- б) відновлення;
- в) утворення озазону.

6.3 Полісахариди

Загальна характеристика полісахаридів. Полісахариди — високомолекулярні нецукроподібні природні вуглеводи, молекули яких містять велику кількість залишків моносахаридів, що сполучені глікозидними зв'язками. Ці зв'язки утворені за рахунок глікозидного гідроксилу попереднього залишку моносахариду і спиртового гідроксилу другої молекули моносахариду в α - або β -формі.

Полісахариди — складова частина рослинних і тваринних клітин. Полісахариди виконують роль конструкційних матеріалів клітин, вони є постачальниками енергії, багато з них виявляють фізіологічну активність. Значна їх кількість концентрується в насінні, бульбах, корінні рослин. Полісахариди не солодкі на смак, у воді не розчиняються, а утворюють колоїдні розчини.

Залежно від хімічного складу розрізняють гомополісахариди і гетерополісахариди. В умовах гідролізу гомополісахариди утворюють однакові, а гетерополісахариди — різні за природою моносахариди.

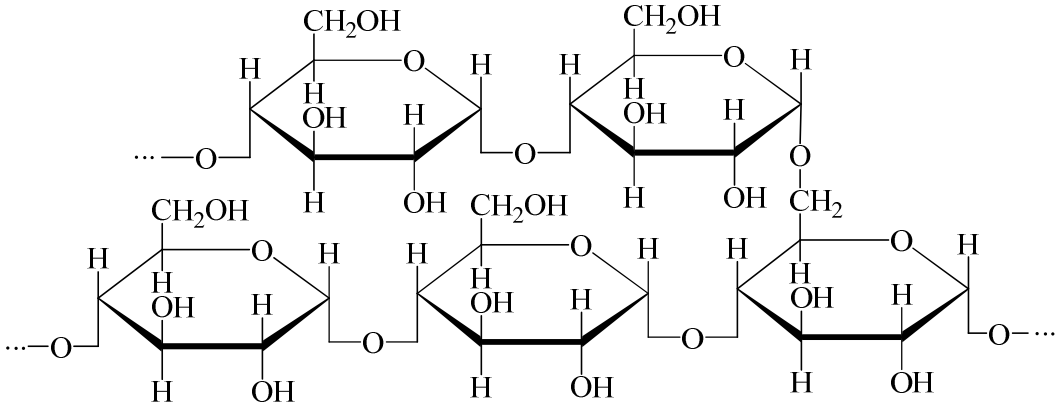
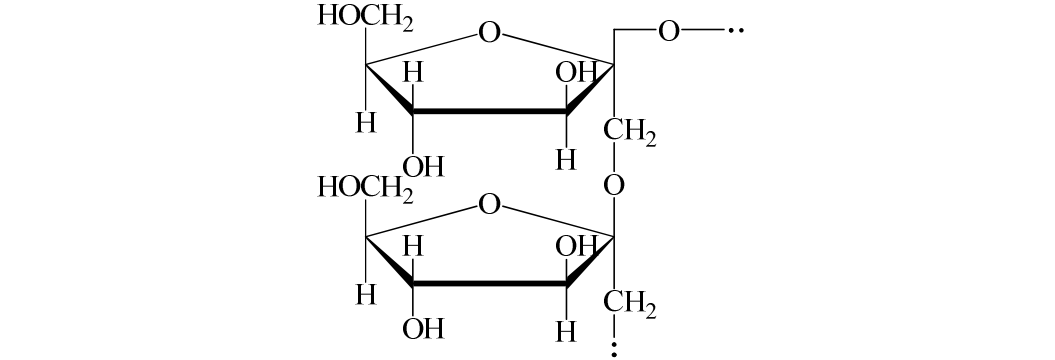
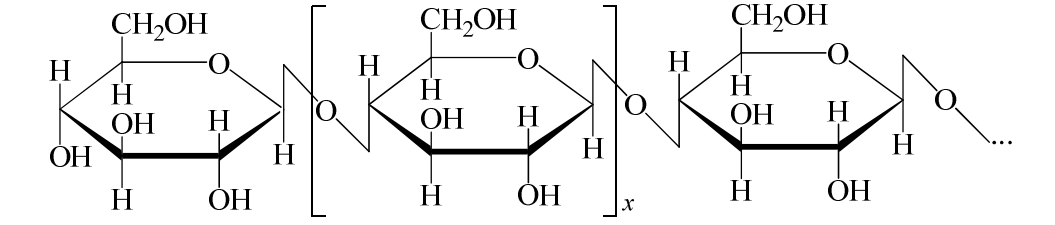
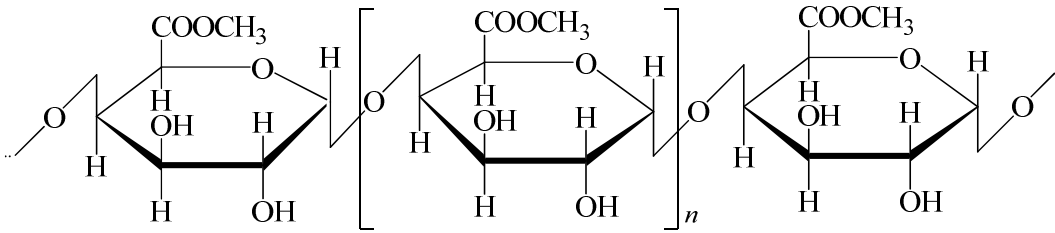
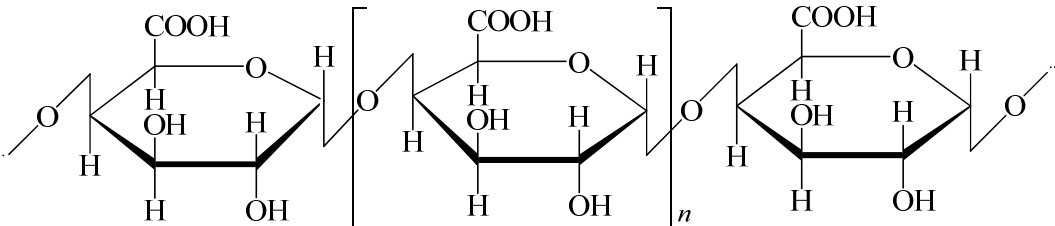
В утворенні полісахаридів можуть брати участь як пентози, так і гексози. У першому випадку утворюються пентозани: арабани з арабінози, ксилани з ксилози тощо. У другому випадку — гексозани. Гексозани мають найбільше значення, найважливішими представниками яких є: крохмаль, целюлоза (клітковина) і глікоген, побудовані із глюкози; інουλін — із фруктози. Склад будь-якого з них позначається загальною формулою $(C_6H_{10}O_5)_x$, де x — величина порядку сотень і тисяч.

Систематичної хімічної номенклатури полісахариди не мають. Свою назву більшість полісахаридів отримують за джерелом їх виділення або завдяки особливим своїм властивостям, наприклад, целюлоза (клітковина), крохмаль, амілоза, амілопектин, інулін, пектин тощо (табл. 6.4).

Запропоновано називати полісахариди, замінюючи суфікс «оза» у назві моносахариду, який бере участь у побудові полісахариду, на «ан». Наприклад, крохмаль, побудований із залишків D-глюкози, називають D-глюканом. Узагалі, полісахариди називають гліканами. Полісахарид, побудований із декількох видів моносахаридів, наприклад, який складається із залишків D-галактози і D-маннози, називають D-галакто-D-манногліканою.

Таблиця 6.4 – Структура відомих полісахаридів

Формула у вигляді структури Хеурса	Назва
1	2
	Амілоза

1	2
	<p>Амілопектин</p>
	<p>Інулін</p>
	<p>Целюлоза</p>
	<p>Пектинова кислота поліметилгалактуронід</p>
	<p>Пектова кислота</p>

Лабораторна робота №16

Полісахариди

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, спиртівка, піпетки на 10 мл, гумова груша для піпеток, скляні палички, вата гігроскопічна, універсальний індикаторний папір, колба конічна термостійка на 250 мл, кипілки, фарфорові чашки, фільтрувальний папір, повітряний зворотний холодильник, зразки віскозного, ацетатного, бавовняного волокон (або тканин).

Крохмальний клейстер, 1% розчин
Розчин Фелінг-I
Розчин Фелінг-II
 α -Нафтол, 10% спиртовий розчин
Пропанон (ацетон)

H_2SO_4 , 10% розчин
 H_2SO_4 , концентрована
Розчин Люголя — 1% розчин I_2 у KI
HCl, 10% розчин
 HNO_3 , концентрована
NaOH, 10% розчин
NaOH, 40% розчин
Реактив Швейцера

ДОСЛІД 1. Реакції крохмалю

Йодокрохмальна реакція. До 1 мл розчину крохмального клейстеру додати 1 краплю розчину Люголя. Одержану забарвлену рідину нагріти на спиртівці до знебарвлення і залишити пробірку у штативі до охолодження.

Занотувати спостереження. Пояснити результати досліду. Написати схему реакції взаємодії амілози з йодом (молекулу амілози схематично відобразити у вигляді спіралі).

Звернути увагу! Йодокрохмальна реакція застосовується в аналітичній хімії для відкриття як крохмалю, так і йоду.

Якісна реакція на вуглеводи — реакція Подобєдова–Моліша. До 1 мл розчину крохмального клейстеру додати 2 краплі розчину α -нафтолу й обережно долити по стінці пробірки 1 мл концентрованої сульфатної кислоти.

Занотувати спостереження. Хімізм реакції дивитися у роботі №14, дослід 1.

Реакція з реактивом Фелінга. Змішати у пробірці 1 мл розчину Фелінг-I з 1 мл розчину Фелінг-II. До одержаного темно-синього реактиву Фелінга долити 1 мл розчину крохмального клейстеру й нагріти суміш на водяній бані протягом 1...2 хв.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому не змінився колір реактиву Фелінга, незважаючи на те, що молекули амілози й амілопектину містять вільні глікозидні гідроксильні групи. Написати структурні формули амілози й амілопектину.

ДОСЛІД 2. Кислотний гідроліз крохмалю

У термостійку конічну колбу ємністю 250 мл налити 40...50 мл розчину крохмального клейстеру, додати 3 мл розведеної сульфатної кислоти і 2–3 кипілки.

Суміш кип'ятити на електроплитці впродовж 10...12 хв. Періодично, через кожні 2...3 хв., відбирати у пробірки з колби за допомогою піпетки й гумової груші 1...2 мл проби. Після охолодження в кожену пробірку додавати 1 мл води і 1 краплю розчину Люголя. У послідовно відібраних пробах спостерігати зміну забарвлення під час реакції з йодом.

Коли відібрана проба з колби перестане забарвлюватися у присутності йоду, кип'ятіння припинити. Після охолодження відлити у пробірку 1 мл одержаної суміші продуктів гідролізу і додати розбавленого розчину натрій гідроксиду до лужної реакції на індикаторному папері.

В окремій пробірці змішати по 2 мл розчинів Фелінг-I і Фелінг-II. До одержаного темно-синього реактиву Фелінга додати близько 0,5 мл лужного розчину, виготовленого на основі суміші продуктів гідролізу. Потім упродовж 2...3 хв пробірку нагрівати на водяній бані.

Занотувати спостереження. Відмітити, як змінюється синє забарвлення крохмалю з йодом у процесі гідролізу крохмалю. Написати схему ступінчастого гідролізу крохмалю і вказати, які продукти гідролізу дають фіолетове і червоне забарвлення з йодом. Пояснити, чому зникає забарвлення з йодом наприкінці гідролізу і чому після гідролізу суміш відновлює реактив Фелінга.

ДОСЛІД 3. Розчинення клітковини у реактиві Швейцера

У пробірку помістити маленький клубок гігроскопічної вати (целюлози) і долити близько 1 мл реактиву Швейцера (амоніачний розчин купрум(II) гідроксиду $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$). Вміст пробірки перемішувати скляною паличкою до повного розчинення вати. До одержаного в'язкого розчину долити 15–20 крапель води і вилити суміш у пробірку, яка містить 3 мл розбавленої хлоридної кислоти.

Занотувати спостереження. Пояснити, чи змінюється брутто-формула клітковини $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ у схемі перетворення від клітковини до мідно-аміачного шовку.

Звернути увагу! Властивість целюлози розчинятися у реактиві Швейцера використовується під час виробництва мідно-аміачного штучного шовку.

ДОСЛІД 4. Одержання рослинного пергаменту (амілоїду)

У три порцелянові чашки налити: у першу — 5 мл 80% розчину сульфатної кислоти, у другу — дистильовану воду, у третю — 5% розчин амоніаку. У розчин сульфатної кислоти опустити на 8...10 с середню частину смужки фільтрувального паперу (10 x 3 см), сухі кінці паперу тримати у руці. Надлишок кислоти швидко злити у ту ж фарфорову чашку, ділянку паперу, оброблену кислотою, промити у воді, налитій у другу чашку. Потім нейтралізувати залишки кислоти розведеним розчином амоніаку. Просушити одержаний рослинний пергамент між листками фільтрувального паперу і порівняти вигляд і міцність обробленої ділянки паперу з необробленою. Нанести краплю розведеного розчину йоду на оброблену кислотою ділянку паперу.

Занотувати спостереження. Пояснити результати дослідження.

ДОСЛІД 5. Кислотний гідроліз целюлози

У суху конічну колбу на 50...100 мл внести невелику кількість дрібно нарізаних шматочків фільтрувального паперу (целюлози) і змочити їх концентрованою сульфатною кислотою (0,5 мл). Ретельно перемішати вміст колби скляною паличкою до повного розчинення паперу й утворення безбарвного в'язкого розчину. Потім **обережно** (!) додати до нього невеликими порціями, перемішуючи, 15...20 мл води. Колбу з'єднати з повітряним зворотним холодильником і кип'ятити реакційну суміш 20...30 хв, періодично перемішуючи. Після закінчення гідролізу відлити 2...3 мл рідини і нейтралізувати сухим натрій карбонатом, додаючи його невеликими порціями. Присутність відновлюючих цукрів виявити за реакцією з реактивом Фелінга (дивитись дослід 1).

Занотувати спостереження. Написати схему ступінчастого гідролізу целюлози.

ДОСЛІД 6. Реакція целюлози з лугом

У невелику склянку налити 40% розчин натрій гідроксиду і занурити до нього смужку фільтрувального паперу. Другу смужку, таку ж за розміром, занурити у хімічний стакан з водою (контрольний зразок). Через 5...7 хв смужки паперу вийняти. Зразок, що був у воді, віджати у фільтрувальному папері. Другий зразок — промити водою, потім 10% розчином хлоридної кислоти і знову водою. Промиту смужку віджати у фільтрувальному папері. Після того, як обидва зразки висохнуть, порівняти їх довжину і щільність.

Занотувати спостереження. Пояснити результати дослідів.

ДОСЛІД 7. Деякі властивості бавовняного і штучних волокон

Налити в чотири пробірки по 2 мл: концентрованої нітратної кислоти, 25% розчину сульфатної кислоти, 10% розчину натрій гідроксиду, ацетону. У кожен пробірку занурити невеликий шматочок віскозного волокна (або тканини) і вміст перемішати скляною паличкою впродовж 2...3 хв. Дослід повторити зі зразками ацетатного і бавовняного волокон.

Для визначення реакції волокон на підвищену температуру, помістити зразки на азбестову сітку і під витяжною шафою підпалити їх скіпкою.

Занотувати спостереження. Результати дослідів внести до табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Порівняння реакції волокон на дію розчинників і горіння

Назва волокна	Реакція на дію розчинників				Характер горіння
	HNO ₃ , конц.	H ₂ SO ₄ , 25%	NaOH, 10%	Ацетон	
Віскозне					
Бавовняне					
Ацетатне					

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть схему утворення полісахариду, що побудований із залишків молекул α -D-глюкопіранози, зв'язаних у положеннях 1→6.

2. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть схему утворення полісахариду інуліну, що побудований із залишків молекул β -D-фруктофуранози, сполучених у положеннях 2→1.

3. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть схему утворення полісахариду, що побудований із залишків молекул β -D-манопіранози, сполучених у положеннях 1→6.

4. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть будову геміцелюлози — глюкоманан (у піранозних формах).

5. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть будову геміцелюлози — арабіноксилан (у піранозних або фуранозних формах).

6. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть схему утворення полісахариду, що побудований із залишків молекул α -D-галактопіранози, сполучених у положеннях 1→4.

7. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть будову геміцелюлози — галактоманан (у піранозних формах).

8. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть схему утворення полісахариду, що побудований із залишків молекул β -D-галактопіранози, сполучених у положеннях 1→6.

9. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть будову геміцелюлози — глюкоарабан (у піранозних або фуранозних формах).

10. З метою збагачення желейних продуктів жиророзчинними вітамінами шляхом солюбілізації (колоїдного розчинення) олії речовинами досить різної хімічної будови (полісахаридами, білками, продуктами неповного гідролізу жирів тощо) може використовуватися, наприклад, препарат полісахаридної природи — агар-агар, основним компонентом якого (50...80%) є агароза. Застосовуючи формули Хеурса, напишіть схему утворення лінійного полісахариду агарози, що побудований переважно із залишків молекул дисахариду 4-[β -D-галактопіранозидо]-3,6-ангідро- α -L-галактопіранози, сполучених у положеннях 1→3.

11. Поясніть, чим відрізняється будова крохмалю від будови клітковини.

12. Як називається процес, що відбувається під час нагрівання крохмалю? Поясніть його сутність і значення.

13. Поясніть, чим відрізняється будова амілози від будови амілопектину.

14. Поясніть, що є спільного і чим відрізняється будова амілопектину і глікогену. Як впливають на розчинність цих речовин у воді відмінності у їх будові?

15. Які продукти для застосування у промисловості можна одержати з целюлози? Наведіть хімічні реакції, що лежать в основі їх промислового одержання (не менше чотирьох).

16. Напишіть схему ступінчастого гідролізу целюлози і поясніть умови його перебігу, назвіть усі проміжні та кінцевий продукти гідролізу.

17. Який процес лежить в основі оцукрювання целюлози? Напишіть схему його перебігу і визначте всі продукти.

18. Напишіть схему утворення амілоїду і поясніть відмінності його будови від будови целюлози.

19. Застосовуючи формули Хеуорса, напишіть схему утворення ксантогенату целюлози. Поясніть, в основі якого процесу лежить ця реакція.

20. Напишіть схему реакції, яка лежить в основі процесу мерсеризації целюлози, і визначити умови її перебігу.

21. Напишіть схему одержання регенованої целюлози і поясніть, чим вона відрізняється від природної целюлози.

22. Напишіть схеми одержання тих естерів целюлози, на основі яких виготовляють штучний ацетатний шовк.

23. Застосовуючи формули Хеуорса, напишіть схему утворення ацетилцелюлози.

24. Застосовуючи формули Хеуорса, напишіть схему утворення віскози.

25. Застосовуючи формули Хеуорса, напишіть схему утворення тринітроклітковини (піроксилін). Поясніть промислове значення піроксиліну.

26. Застосовуючи формули Хеуорса, напишіть схему утворення метилцелюлози.

27. Застосовуючи формули Хеуорса, напишіть схему утворення динітроклітковини (колоксилін). Поясніть промислове значення колоксиліну.

28. Застосовуючи формули Хеуорса, зазначте будову водорозчинного пектину. Чи всі карбоксильні групи пектину естерифіковані, якщо брати до уваги смак водорозчинного пектину?

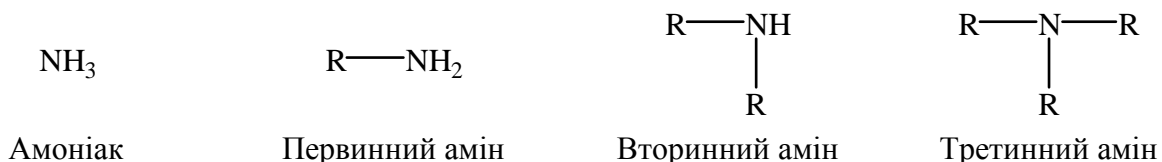
29. Застосовуючи формули Хеуорса, напишіть схему утворення карбоксиметилцелюлози.

30. Застосовуючи формули Хеуорса, зазначте будову пектинової кислоти, проведіть її декарбоксилування і назвіть одержаний полісахарид.

7 АМІНИ. АМІНОКИСЛОТИ. БІЛКИ

7.1 Аміни. Діазо-, азосполуки

Загальна характеристика амінів. Аміни можна розглядати як похідні амоніаку NH_3 , у молекулі якого атоми Гідрогену заміщено алкільними або арильними радикалами. Залежно від кількості вуглеводневих радикалів, що сполучені з атомом Нітрогену, розрізняють первинні, вторинні і третинні аміни:



Залежно від природи вуглеводневого радикалу аміни поділяються на аліфатичні (жирні), ароматичні і жирно-ароматичні. За кількістю аміногруп в молекулі розрізняють моноаміни, діаміни тощо.

За номенклатурою IUPAC назви первинних амінів утворюють, додаючи до назв відповідних вуглеводнів слово «амін», урахувавши положення аміногрупи. Вторинні і третинні аміни розглядають як похідні первинного аміну із замісниками, що сполучені з атомом Нітрогену. За раціональною номенклатурою для утворення назви аміну спочатку перераховують вуглеводневі радикали, сполучені з атомом Нітрогену, а наприкінці додають *-амін*. Для деяких амінів правилами IUPAC дозволені тривіальні назви, наприклад анілін, толуїдин тощо (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Номенклатура поширених амінів

Формула	Систематична IUPAC	Раціональна	Тривіальна
$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}_2$	Амінометан	Метиламін	–
$\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_3$	N-Метиламінометан	Диметиламін	–
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{N}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	N,N-Диметиламінометан	Триметиламін	–
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$	Амінобензен	Феніламінамін	Анілін
	1-Аміно-2-метилбензен	2-Амінотолуен	<i>o</i> -Толуїдин
$\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_4-\text{NH}_2$	1,4-Діамінобутан	Тетраметилендіамін	Путресцин
$\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_5-\text{NH}_2$	1,5-Діамінопентан	Пентаметилендіамін	Кадаверин

Ізомерія амінів. Для амінів характерна структурна ізомерія, яка зумовлена будовою карбонового ланцюга і положенням аміногрупи.

Загальна характеристика діазо- та азосполук. Діазосполуки — органічні речовини, молекули яких містять азогрупу $-N_2$, яка складається з двох атомів Нітрогену, що сполучені між собою подвійним або потрійним зв'язком. У молекулах діазосполук азогрупа з'єднана з вуглеводневим радикалом і неорганічним залишком. Аліфатичні діазосполуки є нестійкими і тому здатні швидко розкладатися. Найбільш розповсюджені ароматичні діазосполуки, які широко використовуються у промислових синтезах. Загальна формула ароматичних діазосполук: $Ar-N=N-X$, де $X = -Cl, -Br, -OH$ тощо.

Діазосполуки існують у декількох формах, які наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – **Форми існування діазосполук**

Реакція середовища	Форма	Назва форми
Кисла	$[Ar - N^+ \equiv N]Cl^-$	Солі діазонію
Лужна	$Ar - N = N - OMe$	Діазотати
Близька до нейтральної	$[Ar - N^+ \equiv N]OH^-$	Діазоній гідроксид
	$Ar - N = N - OH$	Діазогідрати

В азосполуках азогрупа з'єднана з двома ароматичними радикалами $Ar-N=N-Ar$. За номенклатурою IUPAC за основу назви використовують азобензен $C_6H_5-N=N-C_6H_5$. Положення замісників в обох бензенових кільцях позначається цифрами, і для позначення положень у різних кільцях застосовують цифри зі штрихом.

Лабораторна робота №17

Аміни. Діазо-, азосполуки

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, перегінна колба на 250 мл, прямий холодильник, термометр, колба Ерленмеєра на 100 мл, алонж, хімічний стакан з льодом, скляні палички, кристалізатор з 1% розчином сульфатної кислоти, йодохромальний папір, універсальний індикаторний папір.

Метиламін, 10% розчин
 Диметиламін, 10% розчин
 Триметиламін, 10% розчин
 Анілін, водний розчин
 Хлороформ
 Нітробензен
 β -Нафтол, кристалічний
 Метиламоній хлорид (або етиламоній хлорид), 3% розчин
 Формалін, 30% розчин

NaOH, 30% розчин
 Амоніак, 10% розчин
 HCl, концентрована
 HCl, 2 моль/л розчин
 H₂SO₄, концентрована
 K₂Cr₂O₇, 10% розчин
 NaNO₂, насичений розчин
 Хлорне вапно
 Цинк, металічний
 Br₂ в H₂O (бромна вода)

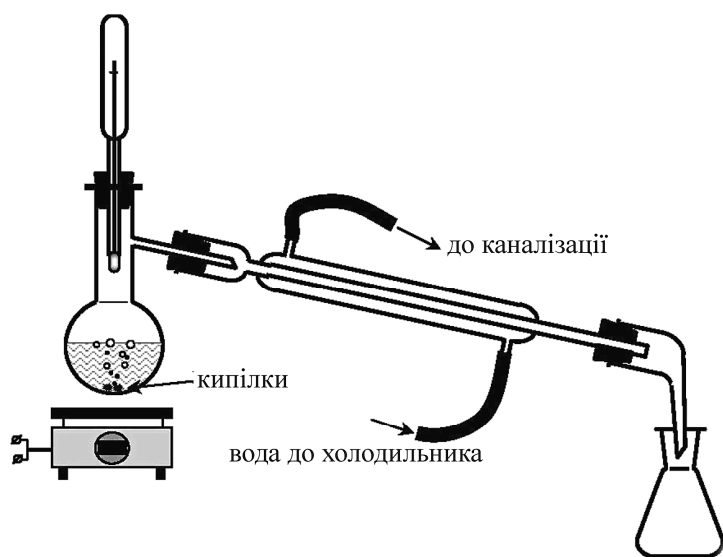
ДОСЛІД 1. Порівняння основних властивостей різних жирних амінів

На смужку універсального індикаторного паперу нанести по одній краплі розчинів амоніаку, метиламіну, диметиламіну, триметиламіну, аніліну концентрацією 0,2 моль/л. За шкалою визначити і записати значення рН кожного аміну.

Занотувати спостереження. Пояснити зміну основних властивостей жирних амінів порівняно з амоніаком. Написати схеми реакції взаємодії з водою амоніаку й амінів.

ДОСЛІД 2. Одержання суміші амінів із розсолу оселедців

Зібрати прилад, як зображено на рис. 7.1.



У перегонну колбу, з'єднану з холодильником, налити 100 мл розсолу оселедця і 50 мл 30% розчину калій гідроксиду. Реакційну суміш нагріти до кипіння. Аміни, що відганяються, зібрати у колбу з водою.

Звернути увагу! Кінець алонжу занурити на декілька міліметрів у воду.

Занотувати спостереження. Пояснити результати досліду.

Рисунок 7.1 – Прилад для перегонки амінів

ДОСЛІД 3. Реакція первинних аліфатичних амінів з нітритною кислотою

У пробірку, занурену до хімічного стакану з льодом, внести 5 крапель розчину метиламоній хлориду (або етиламоній хлориду), 1 мл хлоридної кислоти концентрацією 2 моль/л і 5 крапель натрій нітриту. До отвору пробірки піднести тліючу скіпку.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції нітритної кислоти з метиламіном.

ДОСЛІД 4. Утворення ізонітрилу

Ізонітрильна проба — специфічна реакція для первинних амінів. До 2 крапель аніліну додати 2–3 краплі 30% розчину натрій гідроксиду і 4–5 крапель хлороформу. Утворену реакційну суміш нагріти й обережно дослідити запах одержаного продукту (**ізонітрил отруйний!**). Після закінчення реакції пробірку з сумішшю занурити до кристалізатора з розведеною сульфатною кислотою.

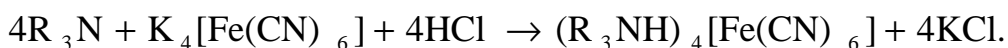
Звернути увагу! Дослід проводити у витяжній шафі!

Занотувати спостереження. Написати схему реакції утворення ізонітрилу.

ДОСЛІД 5. Взаємодія третинних амінів із калій гексаціанофератом(II)

Для третинних амінів усіх типів характерна реакція з комплексними іонами, а саме з калій гексаціанофератом(II).

Хімізм процесу



До 2 крапель третинного аміну додати 2 мл води й перемішати. Одержаний розчин додати до 1...2 мл концентрованого розчину калій гексаціаноферату(II) і після підкислення хлоридною кислотою (0,5 мл) спостерігати випадіння осаду алкіламоній гексаціаноферату(II).

Занотувати спостереження. Написати схему реакції третинного аміну з калій гексаціанофератом (II).

ДОСЛІД 6. Одержання аніліну з нітробензену

У велику пробірку внести 3 краплі нітробензену, 1 мл концентрованої хлоридної кислоти і шматочок цинку. Одержану суміш злегка струшувати впродовж 3...4 хв. Після закінчення реакції до продукту додати 2 мл води. Анілін у вигляді хлоридної солі переходить у розчин. Для його виявлення здійснюють реакцію з хлорним вапном, додаючи 10 крапель його насиченого розчину.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій одержання водню і відновлення нітробензену.

ДОСЛІД 7. Дія окисників на анілін

Окиснення аніліну калій дихроматом — одержання анілінового чорного

У пробірці змішати 5 крапель аніліну з 1 мл концентрованої сульфатної кислоти і додати 10 крапель розчину калій дихромату.

Окиснення аніліну хлорним вапном. У пробірку налити 1 мл анілінової води і додати 10 крапель насиченого розчину хлорного вапна.

Занотувати спостереження. Пояснити здатність аніліну до швидкого окиснення.

ДОСЛІД 8. Бромовання аніліну

До 1 мл анілінової води додати надлишок бромної води до появи білої каламуті.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції бромовання аніліну до 2,4,6-триброманіліну. Пояснити причину легкості бромовання аніліну.

ДОСЛІД 9. Взаємодія аніліну з формальдегідом

У пробірку налити 2 мл розчину формаліну і 2 мл насиченого розчину аніліну в хлоридній кислоті. Реакційну суміш ретельно збовтати і спостерігати утворення білого осаду.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції аніліну з формальдегідом з утворенням N-бензиліденаніліну — основи Шиффа.

ДОСЛІД 10. Одержання солі діазонію з аніліну — реакція діазотування

До 5 крапель аніліну додати 3 мл розведеної хлоридної кислоти. Пробірку із сумішшю охолодити у хімічному стакані з льодом, і, струшуючи, по краплях долити 0,5 мл охолодженого насиченого розчину натрій нітриту (калій нітриту).

Закінчення реакції діазотування визначається за надлишком нітритної кислоти у розчині і виявляється посинінням йодокрохмального паперу після нанесення на нього краплі реакційної суміші. Одержаний розчин солі діазонію використати для дослідів 11, 12.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакцій утворення нітритної кислоти й одержання фенілдіазоній хлориду. Пояснити необхідність охолодження реакційної суміші.

ДОСЛІД 11. Утворення азобарвника — реакція азосполучення

У пробірці розчинити близько 0,1 г β -нафтолу в 3 мл 10% розчину натрій гідроксиду і долити 1 мл охолодженого розчину солі фенілдіазонію, одержаного в досліді 10.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції фенілдіазоній хлориду з β -нафтолом. Пояснити, чому ця реакція азосполучення проводиться в лужному середовищі.

ДОСЛІД 12. Розкладання солі діазонію з виділенням азоту

Нагріти 1 мл розчину солі діазонію, одержаного в досліді 10. Визначити дію газу, що виділяється, на тліючу скіпку і дослідити запах реакційної суміші після реакції.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції розкладу фенілдіазоній хлориду з виділенням азоту.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за радикально-функціональною номенклатурою:

- а) 2-пентанамін;
- б) 3-метил-2-бутанамін;
- в) N,N-диметил-2-пентанамін;
- г) N-етил-1-бутанамін;
- д) 1,3-пропандіамін.

Визначте, які з них є первинними, вторинними і третинними.

2. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) пропіламін;
- б) діетиламін;
- в) метилдіізопропіламін;
- г) диметилвторбутиламін;
- д) триметиламін.

Визначте, які з них є первинними, вторинними і третинними.

3. Напишіть структурні формули всіх ізомерних аліфатичних амінів складу C_3H_9N (4 ізомери). Назвіть сполуки за систематичною та радикально-функціональною номенклатурами.

4. Напишіть структурні формули амінів:

- а) діетилізобутиламін;
- б) N,N-диметилдифеніламін;
- в) N-метил-*n*-толіламін;
- г) *o*-бромфеніламін;
- д) діізопропіламін.

Визначте, які з наведених амінів дають ізонітрильну пробу. Напишіть схеми відповідних реакцій.

5. Напишіть структурні формули ароматичних і жирноароматичних амінів складу C_7H_9N (4 ізомери). Назвіть сполуки та написати для них реакції діазотування.

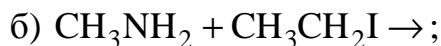
6. Напишіть структурні формули таких амінів:

- а) *n*-толуїдин;
- б) метилетиламін;
- в) триетиламін;
- г) *o*-нітроанілін;
- д) ізопропіламін.

Розташуйте їх за зростанням основних властивостей. Відповідь поясніть.

7. Напишіть структурні формули всіх ізомерних аліфатичних амінів складу $C_4H_{11}N$. Назвіть сполуки за систематичною та радикально-функціональною номенклатурами.

8. Назвіть аміни, які є продуктами наступних реакцій, за систематичною та радикально-функціональною номенклатурами:



9. Наведіть структурні формули ароматичних амінів (не менше 5 речовин) і розташуйте їх у порядку зростання основних властивостей. Відповідь поясніть.

10. Одержіть з бензену *o*-, *m*-, *p*-хлоранілін.

11. Одержіть з бензену *n*-толуїдин і написати для нього схеми реакцій з такими реагентами:

а) хлористим ацетилом;

б) нітритною кислотою в середовищі HCl ;

в) хлороформом у присутності концентрованого луку під час нагрівання.

12. Одержіть з бензену сульфанілову кислоту (*n*-амінобензенсульфо кислоту). Напишіть схему реакції діазотування одержаної кислоти.

13. Напишіть реакції амінів із кислотами, які призводять до утворення таких солей:

а) метиламоній броміду;

б) діетиламоній гідросульфату;

в) триетиламоній хлориду;

г) ізопропіламоній йодиду;

д) феніламоній нітрату.

Поясніть, які властивості виявляють аміни у цих реакціях.

14. Одержіть з етену такі сполуки:

а) етиламін;

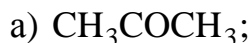
б) пропіламін;

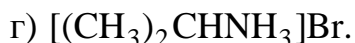
в) діетиламін;

г) етиламоній хлорид;

д) 1,2-етандіамін.

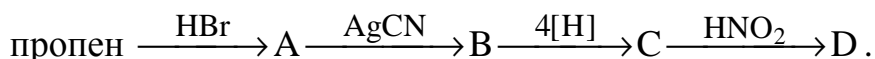
15. Напишіть реакції, за допомогою яких можна ізопропіламін перетворити на такі сполуки:





16. Напишіть схеми реакцій діазотування *n*-хлораніліну та *n,n*-діамінодифенілу (бензидин). Напишіть схеми реакцій розкладу одержаних солей діазонію (за умов нагрівання з водою). Назвіть одержані сполуки.

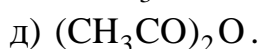
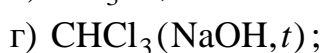
17. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



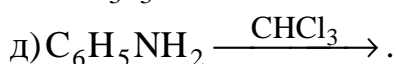
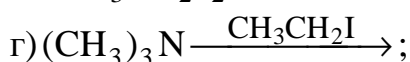
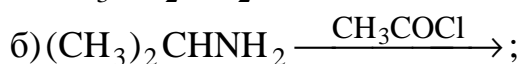
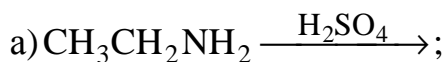
18. Напишіть схеми реакцій діазотування таких сполук:



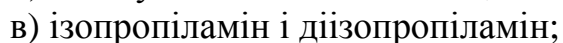
19. Напишіть реакції *n*-броманіліну з такими реагентами:



20. Напишіть схеми реакцій і назвати вихідні та кінцеві продукти:



21. Запропонуйте для кожної з наведених пар сполук хімічні реакції, за допомогою яких можна відрізнити ці сполуки. Наведіть схеми відповідних реакцій:



22. Напишіть схеми реакцій азосполучення, у результаті яких утворюються такі речовини:



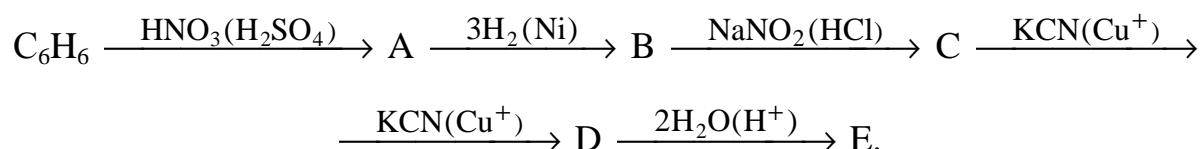
Визначте, які сполуки є діазо- й азоскладовими в цих реакціях.

23. Напишіть схеми реакцій азосполучення, у результаті яких утворюються такі сполуки:

- а) 3-метил-4'-гідроксіазобензен;
- б) *n*-N,N-диметиламіноазобензен.

Визначте, які сполуки є діазо- і азоскладовими в цих реакціях.

24. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



25. Одержіть 1,2,3-трибромбензен з 2,6-диброманіліну, застосувавши реакції діазотування і розкладу діазосполуки з виділенням азоту (реакція Зандмейера).

26. Напишіть схеми реакції одержання α -йоднафталіну з нафталіну, застосувавши реакцію Зандмейера.

27. Напишіть схеми реакцій утворення азобарвників, використавши такі речовини:

- а) *m*-толуїдин і N-етиланілін;
- б) анілін і *o*-нітрофенол.

28. Напишіть схеми реакцій утворення азобарвників, використавши такі речовини:

- а) анілін і N,N-диметиланілін;
- б) *o*-толуїдин і *o*-крезол.

29. Напишіть схеми реакцій утворення азобарвників, використавши такі речовини:

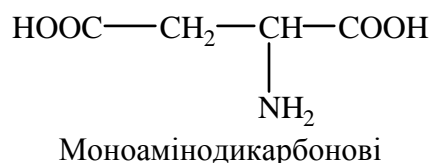
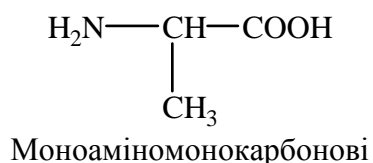
- а) сульфанілова кислота і N,N-діетиланілін;
- б) *o*-амінобензойна кислота і β -нафтол.

30. Напишіть схеми реакції утворення *m*-сульфойодбензен і *m*-сульфобензойної кислоти з бензенсульфокислоти, застосувавши реакцію Зандмейера.

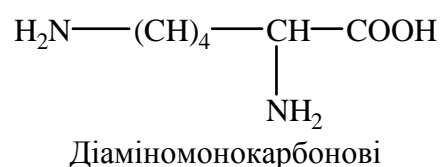
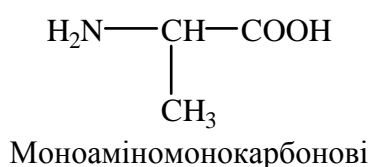
7.2 Амінокислоти

Загальна характеристика амінокислот. Амінокислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одночасно дві функціональні групи: аміно $-\text{NH}_2$ і карбоксильну $-\text{COOH}$, що зв'язані з карбоновим радикалом.

Залежно від кількості карбоксильних груп в молекулі розрізняють одно-, дво- і багатоосновні амінокислоти, наприклад:



Залежно від кількості аміногруп в молекулі — моно-, ди-, триамінокислоти, наприклад:

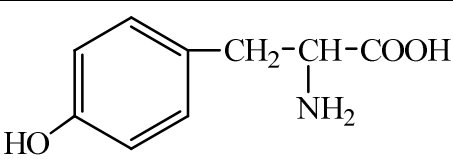
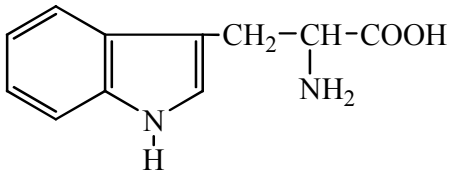
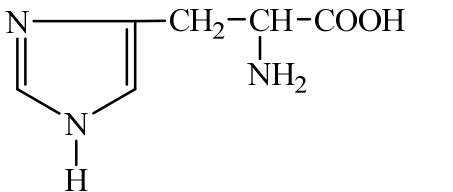
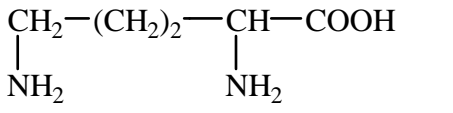
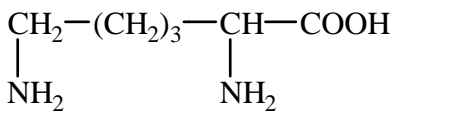
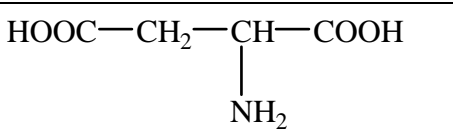
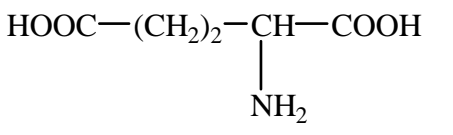
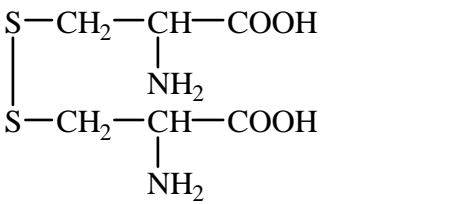
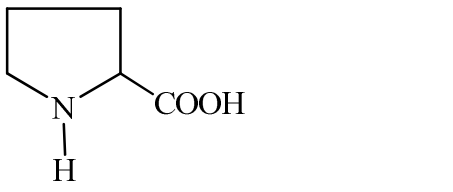
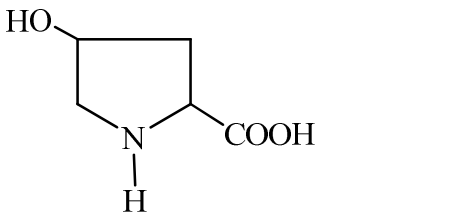


Залежно від природи вуглеводневого радикалу розрізняють аліфатичні, ароматичні, аліциклічні та гетероциклічні амінокислоти.

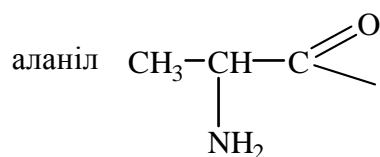
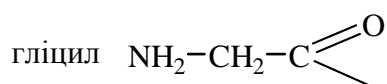
Амінокислоти, які беруть участь у побудові білкових молекул в організмі (у біосинтезі білків), називають протеїногенними амінокислотами. Таких кислот двадцять. Вони закодовані в генетичному коді організму в молекулах дезоксирибонуклеїнових кислот (ДНК): аланін, аргінін, аспарагінова кислота, аспарагін, валін, гістидин, гліцин, глютамінова кислота, глютамін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, пролін, серин, тирозин, треонін, триптофан, фенілаланін, цистеїн.

Серед протеїногенних кислот є незамінні α -амінокислоти, які не синтезуються в людському організмі, і тому повинні надходити з білками їжі. До незамінних кислот відносять вісім α -амінокислот (валін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін), а дві — аргінін та гістидин, синтез яких в організмі відбувається повільно, вважають напівнезамінними. Проте для дітей аргінін і гістидин є незамінними амінокислотами. Білки їжі вважаються повноцінними, якщо вони містять усі незамінні α -амінокислоти у повній кількості і певному співвідношенні.

Для назв амінокислот застосовують тривіальну, раціональну і систематичну номенклатури (табл. 7.3). За правилами систематичної номенклатури IUPAC назви амінокислот складаються з назви карбонової кислоти з додаванням префікса *аміно-*. Положення групи $-\text{NH}_2$ позначається цифрою. За раціональною номенклатурою амінокислоти називають як похідні відповідних карбонових кислот, позначаючи положення аміногрупи літерами грецького алфавіту (α -, β -тощо). Для α -амінокислот, які відіграють важливу роль в утворенні білків, збережено тривіальні назви.

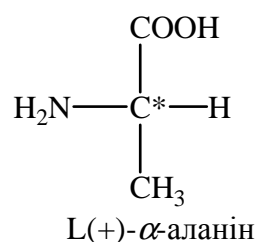
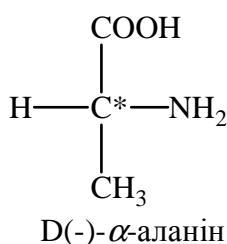
2	3	4	5
	Тирозин	2-Аміно-3-пара-гідроксифенілпропанова	β -Пара-гідроксифеніл- α -амінопропіонова
	Триптофан	2-Аміно-3-індолілпропанова	β -Індоліл- α -амінопропіонова
	Гістидин	2-Аміно-3-імідазолілпропанова	β -Імідазолілаланін
	Орнітин	2,5-Діамінопентанова	α, δ Діаміновалеріанова
	Лізін	2,6-Діаміногексанова	α, ω Діамінокапронова
	Аспарагінова кислота	2-Аміно-1,4-бутандіова	α -Амінобурштинова
	Глутамінова кислота	2-Аміно-1,5-пентандіова	α -Аміноглутарова
	Цистин	—	—
	Пролін	2-Піролідінкарбонова	—
	Оксипролін	4-Гідрокси-2-піролідінкарбонова	—

Радикали амінокислот називають, замінюючи в назві амінокислоти закінчення *-ін* на *-іл*, наприклад:



Ізомерія амінокислот. Для амінокислот характерна структурна і стереоізомерія. Структурна ізомерія зумовлена ізомерією карбонового ланцюга і положенням аміногрупи відносно карбоксильної.

Сtereoізомерія амінокислот (крім амінооцтової) зумовлена наявністю в молекулі хірального атома Карбону. Сtereoізомери амінокислот виявляють оптичну активність та існують у вигляді оптичних ізомерів, наприклад, для α -аланіну відомо два оптичних ізомери (енантіомера):



Конфігурація цих сполук аналогічна D- і L-молочним кислотам і визначається положенням групи -NH_2 біля хірального атома Карбону. α -Амінокислоти L-ряду поширені в природі. Більшість із них є структурними елементами молекул білків. D-Форма амінокислот у природі зустрічається рідко, такі амінокислоти не засвоюються тваринним організмом. Вони входять до складу тільки деяких антибіотиків. Природні α -амінокислоти є лівообертаючими ізомерами.

Лабораторна робота №18

Амінокислоти

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, універсальний індикаторний папір, скляні палички, соснові тріски.

Гліцин (або аланін), 0,1% розчин

Гліцин, 10% розчин

Лізін, 0,1% розчин

Аспарагінова кислота, 0,1% розчин

Оцтова кислота, льодяна

Нінгідрин, 0,1% розчин

Формальдегід, 40% розчин, нейтралізований

CuO, кристалічний

NaNO₂ (або KNO₂), насичений розчин

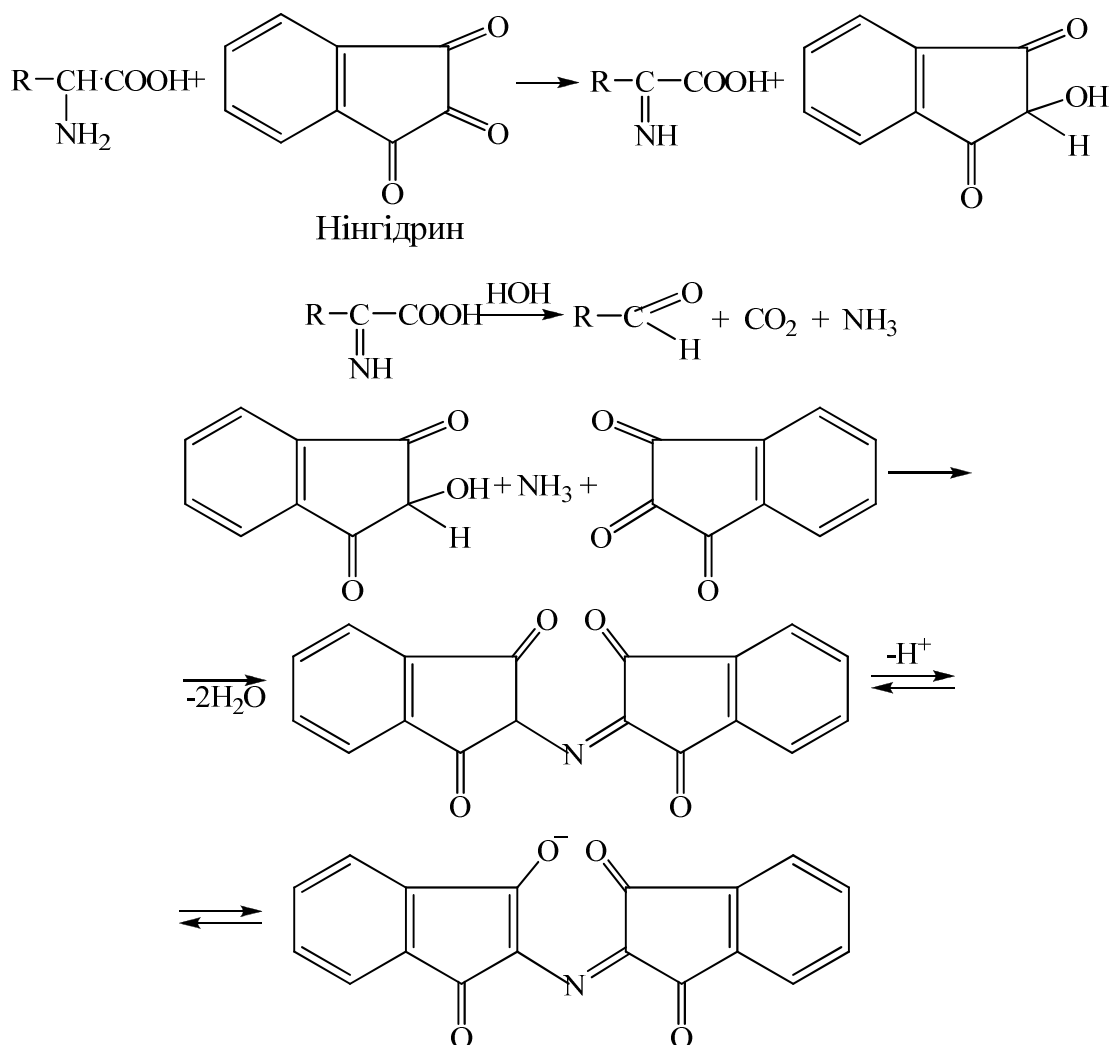
FeCl₃, 3% розчин

Індикатор метиловий червоний, розчин

ДОСЛІД 1. Визначення водневого показника розчинів амінокислот

На смужку універсального індикаторного паперу за допомогою скляних паличок нанести підряд краплі 0,1% розчинів різних амінокислот і визначити за шкалою значення рН середовища їх розчинів.

Хімізм процесу



До 2 мл розчину гліцину додати 2–3 краплі розчину нінгідрину. Вміст пробірки струсити і через деякий час спостерігати появу фіолетового забарвлення з синюватим відтінком.

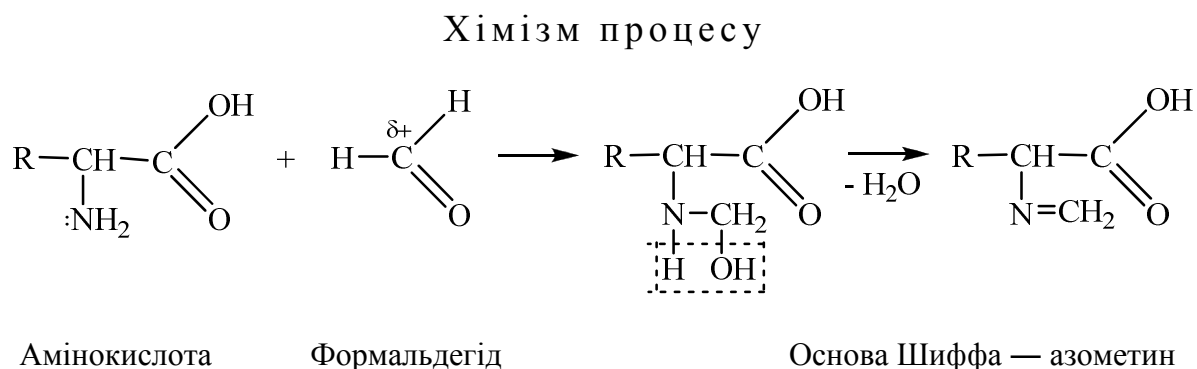
Занотувати спостереження. Написати схеми реакції гліцину з нінгідрином.

Звернути увагу! Проведена якісна реакція використовується для якісного та кількісного аналізу α -амінокислот. Її чутливість і надійність така, що 0,1 моль амінокислоти дає забарвлення, інтенсивність якого відтворюється з точністю до декількох відсотків. Для запобігання окисненню забарвленої солі розчиненим киснем необхідною є присутність у реакційній суміші відновлюючого агента, наприклад станум(II) хлориду.

Різні α -амінокислоти утворюють забарвлені сполуки, які відрізняються відтінками синього кольору ($\lambda_{\text{макс}} = 570 \text{ нм}$), а пролін і оксипролін — сполуки іншої будови, забарвлені на буро-жовтий колір ($\lambda_{\text{макс}} = 440 \text{ нм}$).

ДОСЛІД 6. Взаємодія гліцину з формальдегідом

До 2 мл розчину гліцину додати 1 краплю індикатора метилового червоного, спостерігаючи появу жовтого забарвлення, яке є свідченням нейтральної реакції середовища. Потім до розчину гліцину з індикатором додати 1 мл нейтралізованого формальдегіду — жовте забарвлення змінюється на червоне.



Занотувати спостереження. Написати схеми реакції гліцину з формальдегідом. Пояснити зміну забарвлення розчину.

Звернути увагу! Реакція лежить в основі титрування амінокислот. Унаслідок амфотерності амінокислоти не можуть бути відтитровані лугом. Після обробки формальдегідом у молекулі залишається вільною лише карбоксильна група, яку можна кількісно відтитрувати.

ДОСЛІД 7. Ідентифікація амінокислот методом хроматографії на папері

Мета. Розділити і виявити амінокислоти, суміш яких дана у вигляді розчину.

На смужку хроматографічного паперу розміром 10 x 50 мм нанести 2 проби — досліджуваного зразка і контрольної суміші, що містить фенілаланін, аланін і лізин, значення відносної швидкості пересування R_f яких у застосованому елюенті відповідно дорівнюють 0,64; 0,35; 0,15.

До хроматографічної камери налити заввишки не більше за 3 мм елюент — суміш бутанол–оцтова кислота–вода (1:1:1) і здійснити хроматографування.

Після досягнення елюентом верхнього краю папір дістати пінцетом, висушити на повітрі, а потім — над плиткою.

Для виявлення плям папір занурити на 1 с до 0,1% розчину нінгідрину в ацетоні (або метанолі) об'ємом 10 мл. Після цього його висушити спочатку на повітрі, а потім — над плиткою. Амінокислоти виявляються у вигляді вишнево-фіолетових плям.

Занотувати спостереження. Розрахувати значення R_f і визначити, яка амінокислота містилася в досліджуваному розчині.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть структурні формули амінокислот складу $C_5H_{11}O_2N$ (не менше ніж шість ізомерів) і назвіть їх за систематичною номенклатурою.

2. Наведіть по три приклади моноамінодикарбонових і діаміномонокарбонових кислот. Назвіть їх за систематичною номенклатурою.

3. Напишіть структурні формули ізомерних амінокислот складу $C_4H_9O_2N$ і назвіть їх за систематичною номенклатурою. Для двох наведених кислот наведіть проєкційні формули їх енантіомерів.

4. Напишіть структурні формули таких сполук:

- а) N-метил-2-амінобутанова кислота;
- б) 2-аміно-3,3-диметилпентанова кислота;
- в) амід 3-амінопропанової кислоти;
- г) N-ацетил-3-амінопентанова кислота;
- д) етиловий естер 2-аміногексанової кислоти;
- е) монохлорангідрид 2-амінобутандіової кислоти.

5. Напишіть структурні формули наступних амінокислот і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) α -амінопропіонова;
- б) α -аміно- β -гідроксимасляна;
- в) γ -амінокапронова;
- г) α, δ -діаміновалеріанова;
- д) α -амінобурштинова;
- е) β -аміноізовалеріанова.

6. Напишіть структурні формули наступних амінокислот і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) N-метил- α -амінопропіонова;
- б) α -аміноглутарова;
- в) β -аміномасляна;
- г) δ -аміно- γ -метилкапронова;
- д) α -аміно- β -метилвалеріанова;
- е) α, ω -діамінокапронова.

7. Напишіть структурні формули наступних амінокислот і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) α -аміно- β -гідроксипропіонова;
- б) α -аміноізомасляна кислота;
- в) γ -аміновалеріанова кислота;
- г) α, β -діамінокапронова кислота;
- д) α -аміноізокапронова;
- е) γ -аміноглутарова кислота.

8. Назвіть сполуки за систематичною номенклатурою:

- а) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$;
- б) $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$;
- в) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$;
- г) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN}$;
- д) $\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{COOH}$;
- е) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOC}_2\text{H}_5$.

9. Напишіть структурні формули сполук і назвіть їх за систематичною номенклатурою:

- а) N-етил- β -аміномасляна кислота;
- б) N-ацетил- α -аміновалеріанова кислота;
- в) натрієва сіль валіну;
- г) амід α -аміно- β -оксимасляної кислоти;
- д) метиловий естер β -аміноізовалеріанової кислоти;
- е) лактам δ -амінокапронової кислоти.

10. Назвіть сполуки за систематичною номенклатурою:

- а) $\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$;
- б) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$;
- в) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{NH}_2)\text{COOCH}_3$;
- г) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$;
- д) $\text{CH}_3\text{CONHCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$;
- е) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COONa}$.

11. Напишіть схему утворення α -аміномасляної кислоти з відповідного альдегіду. Для одержаної кислоти напишіть схеми реакцій з:

- а) ацетилхлоридом;
- б) хлоридною кислотою.

Назвіть продукти реакцій.

12. Напишіть схему утворення валіну з відповідного альдегіду. Для одержаної кислоти напишіть схеми реакцій з:

- а) ізопропілхлоридом;
- б) лугом.

Назвіть продукти реакцій.

13. Одержіть з 1-бутанолу 2-амінопентанову кислоту. Для одержаної кислоти напишіть схеми реакцій з:

- а) PCl_5 ;
- б) HNO_2 .

Назвіть продукти реакцій.

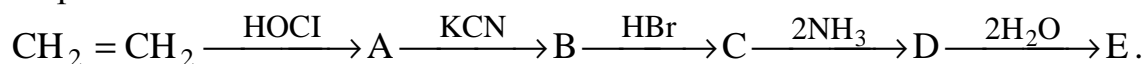
14. Дією амоніаку на галогенозаміщені кислоти одержіть такі амінокислоти:

- а) 2-аміно-3-метилбутанову;
- б) 2-аміно-2-метилпентанову;
- в) α -амінобутандіову;

- г) 2-аміно-5-метилгексанову;
- д) 2-аміно-3-гідроксипропанову.

15. Запропонуйте для лейцину декілька способів одержання (не менше за чотири). Визначте, у якому середовищі лежить ізоелектрична точка лейцину.

16. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:

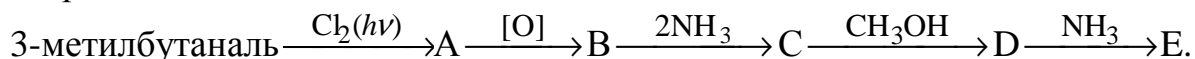


17. Використовуючи як вихідну сполуку ацетилен, запропонуйте схеми одержання:

- а) гліцину;
- б) аланіну.

Визначте, яку реакцію середовища мають водні розчини цих кислот.

18. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



Назвіть одержані продукти реакцій.

19. Запропонуйте схеми одержання:

- а) амінооцтової кислоти з оцтової кислоти;
- б) β -аміномасляної кислоти з оцтового альдегіду.

Напишіть формули одержаних кислот у вигляді внутрішніх солей.

20. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



Назвіть одержані продукти реакцій.

21. Напишіть схеми реакцій, які перебігають під час нагрівання кислот:

- а) α -аміномасляної;
- б) γ -амінокапронової;
- в) β -аміновалеріанової;
- г) δ -ізовалеріанової.

22. Напишіть схеми реакції валіну з:

- а) лугом;
- б) хлоридною кислотою;
- в) етильодидом;
- г) оцтовим ангідридом.

Назвіть одержані продукти реакцій.

23. Напишіть схеми реакції фенілаланіну з:

- а) лугом;
- б) нітратною кислотою;
- в) бромистим ізопропілом;
- г) хлористим пропіонілом.

Назвіть одержані продукти реакцій.

24. Напишіть схему утворення з аланіну:

- а) молочної кислоти;
- б) 2,5-диметил-3,6-дикетопіперазину;
- в) кальцієвої солі аланіну;
- г) солі аланіну з нітратною кислотою;
- д) етиламіну.

25. Напишіть наступні схеми реакцій треоніну:

- а) солеутворення;
- б) метилювання;
- в) ацилювання;
- г) діазотування.

Назвіть продукти реакцій.

26. Напишіть схеми реакції взаємодії нітритної кислоти з:

- а) лейцином;
- б) лізином;
- в) глютаміновою кислотою.

Визначте, у якому середовищі лежить ізоелектрична точка цих кислот.

27. Напишіть схеми реакцій. Назвіть вихідні та кінцеві продукти.

- а) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \xrightarrow{+\text{H}_2\text{SO}_4} ;$
- б) $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{NH}_2)\text{COOH} \xrightarrow{+\text{CH}_3\text{COCl}} ;$
- в) $\text{NH}_2\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \xrightarrow{+\text{CH}_3\text{Br}} ;$
- г) $\text{COOH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \xrightarrow{\text{PCl}_5} ;$
- д) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \xrightarrow{\text{HNO}_2} .$

28. Напишіть схеми реакцій між наступними парами сполук:

- а) β -амінопропіонова кислота і пропіловий спирт;
- б) α -аміномасляна кислота й ацетилхлорид;
- в) метиловий естер гліцину й амоніак;
- г) α -амінобутандіова кислота і п'ятихлористий фосфор;
- д) хлорангідрид валіну з метилхлоридом.

29. Для лізину напишіть схеми реакцій:

- а) алкілювання;
- б) солеутворення;

- в) етерифікації;
- г) ацилювання.

Назвіть продукти реакцій.

30. Напишіть формули валіну, лейцину, лізину, аспарагінової кислоти у вигляді внутрішніх солей. Визначте, у якому середовищі лежить ізоелектрична точка цих кислот.

31. Напишіть схеми реакцій між наступними парами сполук:

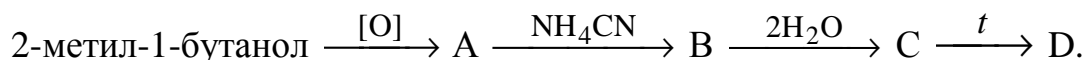
- а) 2-амінобутанова кислота і нітритна кислота;
- б) амід 3-метил-2-амінопентанової кислоти і вода;
- в) метиловий естер 2-амінопропанової кислоти і натрій гідроксид;
- г) α -амінобутандіова кислота й етанол.

32. Напишіть наступні схеми реакцій ізoleyцину:

- а) солеутворення;
- б) етилювання;
- в) ацилювання;
- г) діазотування.

Назвіть продукти реакцій.

33. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:



Назвіть одержані продукти реакцій.

34. Напишіть схему утворення з валіну:

- а) α -гідрокси- β -метилмасляної кислоти;
- б) 2,5-діізопропіл-3,6-дикетопіперазину;
- в) кальцієвої солі валіну;
- г) α -оксо- β -метилмасляної кислоти;
- д) ізобутиламіну.

35. Для фенілаланіну напишіть схеми реакцій:

- а) алкілювання;
- б) солеутворення;
- в) естерифікації;
- г) ацилювання.

Назвіть продукти реакцій.

7.3 Білки

Загальна характеристика білків. Білки — це складні нітрогеновмісні високомолекулярні сполуки, біополімери, утворені залишками α -амінокислот, що з'єднані у певній послідовності пептидними зв'язками.

Білки широко розповсюджені у природі як складові речовин усіх живих організмів — містяться в ядрі та протоплазмі всіх тваринних і рослинних клітин. У природі існує приблизно від 10^{10} до 10^{12} різних білків, які складають основу $1,2 \cdot 10^6$ видів живих організмів, починаючи від вірусів і закінчуючи людиною.

Особливо важливу роль білки відіграють у тваринних організмах, які утворені головним чином тими чи іншими формами білків. М'язи, покривні тканини, шкіра, внутрішні органи, хрящі, кров — усе це білкові речовини. Білки входять до складу волосся, кігтів, рогів, шкіри, пір'я, вовни, шовку тощо.

Тваринний організм більш багатий білковими речовинами, ніж рослинний. У рослинах білки зустрічаються в протоплазмі, ядрі, клітковому соку й насінні (основну ж масу рослин складає клітковина). Рослини синтезують білки (і їх складові частини α -амінокислоти) із CO_2 і H_2O за рахунок фотосинтезу, засвоюючи інші елементи білків (N, P, S, Fe, Mg) із розчинних солей, які знаходяться в ґрунті. Зараз доведено, що рослини можуть засвоювати нітроген і безпосередньо з атмосфери. Тваринні організми в основному одержують готові амінокислоти з їжею і на їх базі будують білки свого організму.

Білки в організмах тварин і людей виконують певні біологічні функції (табл. 7.4). Це функції структурні (45...50% сухої маси людини припадає на білки — кератин волосся, нігтів, колаген сполучних тканин, еластин тощо), каталітичні (ферменти), захисні (імунні процеси в організмі відбуваються завдяки антитілам білкової природи), транспортні (поживні речовини переносяться сполуками білкової природи — гемоглобіном, міоглобіном, альбумінами сироватки тощо), сигнальна або гормональна (інсулін підшлункової залози, гормон росту, гастрин шлунка), моторні (робота м'язів, легенів, шлунка тощо здійснюється за участі білкових тіл), енергетичні (білки є джерелом енергії) та інші.

Білки, які входять до складу речовин організму, за період його життя безперервно піддаються процесам руйнування й окиснення. Білки в організмі людини незалежно від її віку постійно оновлюються. Найшвидше оновлюються білки печінки і слизової оболонки шлунка (до 10 діб), найповільніше (до 180 діб) — білки м'язів (міозин), сполучної тканини (колаген) і мозку (мієлін). Період оновлення гормонів вимірюється годинами або навіть хвилинами (інсулін). Швидкість оновлення білків виражається часом, необхідним для обміну половини всіх молекул, і називається періодом напівжиття ($T_{1/2}$). Середня величина $T_{1/2}$ для білків усього організму становить приблизно 3 тижні. Загальна швидкість синтезу білків у людини сягає 500 г на добу, що майже у 5 раз більше, ніж їх споживання з їжею. Цей результат здійснюється за рахунок повторного використання продуктів розпаду білків і амінокислот в організмі.

Відповідно до рекомендації ВОЗ і ФАО величина оптимальної потреби в білках становить 60...100 г на добу або 12...15% від загальної калорійності їжі.

Класифікація білків. Білки класифікують за походженням, загальним типом структури, біологічною функцією, хімічним складом тощо (табл. 7.4).

Таблиця 7.4 – Класифікація білків

Класифікаційна ознака	Класифікація білків за типами, видами, групами та ін.
Походження	Тваринні, рослинні, мікробні
Структура, загальний тип	Фібрилярні, глобулярні, мембранні
Біологічна функція	Структурні, каталітичні, захисні, регуляторні, сигнальні, транспортні, резервні, рецепторні, моторні, енергетичні
Хімічний склад	<p><i>Прості білки, апопротеїни:</i> альбуміни, глобуліни, протаміни, гістони, проламіни, глутеліни, протеноїди</p> <p><i>Складні білки, голопротеїди:</i> глікопротеїди, ліпопротеїди, металопротеїди, нуклеопротеїди, фосфопротеїди, хромопротеїди</p>

За хімічним складом білки поділяють на дві групи — прості (протеїни) і складні (протеїди). Прості білки під час гідролізу утворюють тільки α -амінокислоти. Складні білки в результаті гідролізу утворюють, крім амінокислот, речовини небілкової природи, так звані простетичні групи (вуглеводи, ліпіди, барвники, фосфатну кислоту, нуклеїнові кислоти тощо).

За фізіологічними функціями білки поділяють на два класи: фібрилярні та глобулярні. Із фібрилярних білків, що мають волокнисту структуру, оскільки утворені ниткоподібними молекулами, побудовані волокна живих тканин. До них належать білок волосся — кератин, білок шовку — фіброїн, білок м'язів — міозин, білок крові — фібрин тощо. Глобулярні білки підтримують і регулюють життєві процеси, їх молекули мають кулеподібну чи овальну форму. Більшість із них розчинні у воді. До них належать альбуміни і глобуліни сироватки крові, білки молока, яєць, ферменти, багато гормонів, зокрема інсулін підшлункової залози тощо. Білки мають тривіальні назви. Наприклад, гемоглобін, рибонуклеаза, фібриноген тощо.

Будова білків. У структурі будь-якого білка є декілька ступенів ускладнення. Згідно з пептидною теорією будови білків розрізняють первинну, вторинну, третинну і четвертинну структури білка.

Первинна структура білка — це специфічна послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу. Кожен білок має свою послідовність чергування амінокислотних ланок — певну первинну структуру. Головний ланцюг білкових молекул однаковий для всіх білків, і відрізняються вони тільки відгалуженнями (рис. 7.1).

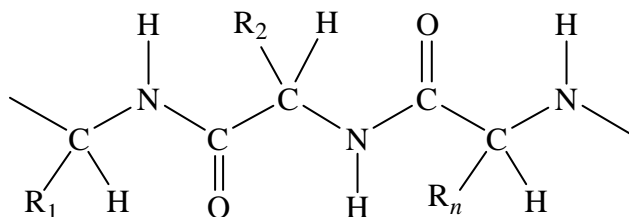


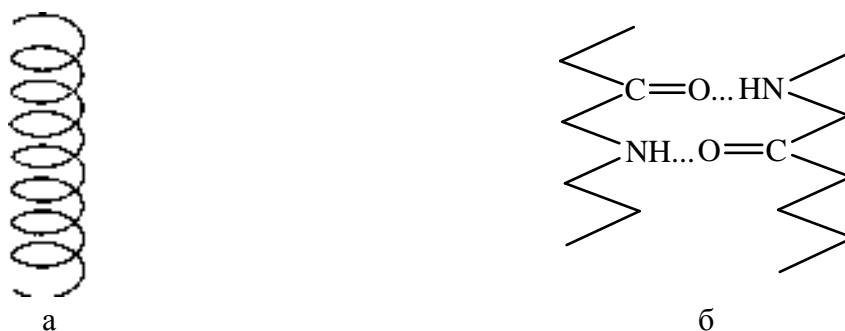
Рисунок 7.1 – Фрагмент поліпептидного ланцюга білкової молекули

Будь-який вид живих організмів характеризується індивідуальним набором білків, який визначається спадковою інформацією, закодованою в ДНК.

Вторинна структура — просторова структура поліпептидного ланцюга, стабілізована водневими зв'язками між полярними групами $-\text{CO}-\text{NH}-$, що забезпечує максимальну стабільність молекули білка.

Вторинна структура існує у двох конформаціях — α і β (рис. 7.2). Більш характерною для білків є α -конформація (α -спіраль), для якої на один виток спіралі припадає 3,6 амінокислотних залишки незалежно від природи амінокислоти (рис. 7.2 а). Так, водневий зв'язок утворюється між кожною першою і четвертою $-\text{CO}-\text{NH}-$ пептидними групами. Спіраль має переважно праве обертання. Діаметр спіралі становить 10,5 Å, відстань між витками становить 5,5 Å. Бічні замісники амінокислот знаходяться із зовнішнього боку α -спіралі.

Розтягуванням α -конформації утворюється β -конформація (або структура за типом складчастого шару) лінійної будови, де поліпептидні ланцюги також сполучені між собою водневими зв'язками і розміщуються паралельно один одному (рис. 7.2 б). Така вторинна структура характерна для деяких фібрилярних білків, наприклад, фіброїну шовку, білків волосся, вовни тощо.



**Рисунок 7.2 – Конформації вторинної структури білкової молекули:
а – α -спіраль, б – β -спіраль**

У деяких випадках α - і β -конформації існують одночасно або переходять одна на одну внаслідок перебудови водневих зв'язків.

Третинна структура — це тривимірна конфігурація, яка визначає просторову форму білкової молекули й утворюється завдяки водневим, іонним $-\text{R}_3\text{N}^+\text{O}^-\text{CO}-$, дисульфідним $-\text{S}-\text{S}-$ і гідрофобним зв'язкам між поліпептидами.

В організації третинної структури велику роль відіграють радикали амінокислот. Загальною ознакою просторового розміщення залишків амінокислот у третинній структурі білка є локалізація гідрофобних груп усередині молекули, а гідрофільних — на її поверхні.

Четвертинні структури визначають тип взаємодії між окремими ланцюгами для молекул білків, які складаються з декількох поліпептидних ланцюгів. Формування четвертинної структури здійснюється завдяки нековалентним (водневим, гідрофобним, іонним тощо) зв'язкам між третинними структурами. До білків з четвертинною структурою відносять гемоглобін, віруси тютюнової мозаїки і жовтої мозаїки ріпи, деякі ферменти. Так, у молекулі інсуліну два пептидні ланцюги з'єднані між собою двома дисульфідними містками.

Лабораторна робота №19

Білки

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, універсальний індикаторний папір.

Розчин білка
(CH_3COO)₂Pb, 1% розчин
Індикатор конго

HNO_3 , концентрована
 H_2SO_4 , концентрована
 HCl , концентрована
 HCl , 0,01 моль/л розчин
 CuSO_4 , 1% розчин
 NaOH , 10% розчин
 NaOH , 30% розчин
 NH_4OH , концентрований

ДОСЛІД 1. Буферні властивості білків

До 1 мл розчину хлоридної кислоти концентрацією 0,01 моль/л додати декілька крапель розчину індикатору конго і спостерігати утворення яскраво-синього розчину. Одержаний розчин по краплях додати до 2...3 мл розчину білка. Забарвлення індикатору змінюється з синього на червоний.

До розчину натрій гідроксиду концентрацією 0,01 моль/л додати декілька крапель розчину фенолфталеїну — розчин забарвлюється на яскраво-рожевий колір. Після додавання цього розчину до розчину білка забарвлення зникає.

Звернути увагу! Зміна забарвлення індикаторів відбувається завдяки буферним властивостям білка, який може зв'язувати як гідроген-, так і гідроксид-іони. У першому випадку білок знижує кислотність, у другому — основність системи.

ДОСЛІД 2. Кольорові реакції на білки

Біуретова реакція. Біуретова реакція є якісною реакцією на пептидний зв'язок, тому характерна для всіх білків.

До 2 мл розчину білка долити 1 мл 30% розчину натрій гідроксиду і 1 краплю розчину купрум(II) сульфату.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції.

Ксантопротеїнова реакція. Ксантопротеїнова реакція характерна для білків, що містять амінокислотні залишки з ароматичним кільцем.

До 1 мл розчину білка долити 1 мл концентрованої нітратної кислоти, суміш нагріти до кипіння. Після охолодження обережно долити надлишок концентрованого амоніаку.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції нітрування бензенового ядра фенілаланіну у фрагменті білкової молекули.

Сульфгідрильна реакція. Сульфгідрильна реакція характерна для білків, що містять сірковмісні амінокислотні залишки.

До 0,5 мл розчину етаноату плюмбуму долити розбавлений розчин натрій гідроксиду до розчинення випадаючого спочатку осаду плюмбум(II) гідроксиду. До одержаного розчину натрій плюмбіту додати рівний об'єм розчину білка та прокип'ятити суміш протягом 1...2 хв.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції утворення натрій плюмбіту та його взаємодії з сульфід-аніоном. Написати фрагмент білкової молекули, яка містить цистеїн та метіонін.

ДОСЛІД 3. Осадження яєчного білка під час нагрівання (термічна денатурація білка)

На водяній бані нагріти до кипіння 2 мл розчину білка.

Занотувати спостереження. Пояснити, які зміни в структурі білка відбуваються під час нагрівання і чи є оборотною термічна денатурація.

ДОСЛІД 4. Денатурація білка мінеральними кислотами

У три пробірки налити по 1 мл розчину білка та додати по краплях у першу пробірку 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти, другу — 0,5 мл концентрованої хлоридної, третю — 0,5 мл концентрованої нітратної кислоти.

Занотувати спостереження. Визначити, як діють на білок перші краплі кислот і надлишок кожної кислоти. Перевірити, чи розчиняються у воді осад, які утворилися, і зробити відповідний висновок.

ДОСЛІД 5. Оборотно осадження білка з розчину

У пробірці змішати 5 крапель розчину білка з 5 краплями насиченого розчину амоній сульфату, трохи струсити. Після появи каламуті (осад глобуліну) влити 1 краплю одержаного мутного розчину у пробірку, яка містить 0,5...1 мл води, потрусити.

Занотувати спостереження на кожній стадії реакції. Пояснити, як змінилася структура білка в цьому досліді.

ДОСЛІД 6. Осадження білка солями важких металів

У дві пробірки налити по 1 мл розчину білка та додати в одну з них 3 краплі розчину купрум(II) сульфату, у другу — 3 краплі розчину плюмбум етаноату. Потім долити до кожної пробірки 2 мл води.

Занотувати спостереження. Пояснити, чи є оборотним процесом осадження білків солями важких металів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть схеми послідовних реакцій одержання гліцил-гліцину з ацетилену. Назвіть проміжні сполуки.

2. Напишіть схеми послідовних реакцій одержання дипептиду аспарагінової кислоти, виходячи з бурштинової кислоти. Назвіть проміжні сполуки.

3. Напишіть схеми послідовних реакцій одержання фенілаланіл-фенілаланіну з бензальдегіду, застосовуючи для синтезу спосіб Зелінського. Назвіть проміжні сполуки.

4. Напишіть схеми послідовних реакцій одержання гліцин-аланіну з етилену. Назвіть проміжні сполуки.

5. Напишіть схеми послідовних реакцій одержання гліцин-аланіну з ацетилену. Назвіть проміжні сполуки.

6. Напишіть схеми послідовних реакцій одержання аланіл-аланіну з піровиноградної кислоти. Назвіть проміжні сполуки.

7. Напишіть схему реакцій взаємодії хлорангідриду α -хлорізовалеріанової кислоти з аланіном. На одержану сполуку подійте амоніаком. Назвіть продукт реакції.

8. Напишіть схему реакцій взаємодії хлорангідриду 2-хлор-3-метилбутанової кислоти з гліцином. На одержану сполуку подійте амоніаком. Назвіть продукт реакції.

9. Напишіть схему реакцій взаємодії хлорангідриду α -хлорпропіонової кислоти з лейцином. На одержану сполуку подійте амоніаком. Назвіть продукт реакції.

10. Напишіть структурні формули трьох ізомерних трипептидів, одержаних з гліцину, валіну, серину. У якому середовищі знаходиться ізоелектрична точка трипептидів?

11. Напишіть формули та назвіть три ізомерні трипептиди, що одержані з цистеїну, аланіну і фенілаланіну. Поясніть, які кольорові реакції характерні для одержаних трипептидів.

12. Напишіть схеми утворення трипептидів із відповідних амінокислот:

а) аспарагіл-серил-аланін;

б) глутаміл-треоніл-лізин.

Поясніть, у якому середовищі знаходиться ізоелектрична точка трипептидів.

13. Напишіть структурні формули трипептидів:

а) аланіл-треоніл-фенілаланін;

б) валіл-фенілаланіл-аспарагінова кислота.

Поясніть, у якому середовищі знаходиться ізоелектрична точка трипептидів.

14. Напишіть структурні формули трипептидів:

а) валіл-аланіл-аспаргінова кислота;

б) серил-аланіл-триптофан.

Поясніть, у якому середовищі знаходиться ізoeлектрична точка трипептидів.

15. Напишіть структурні формули трипептидів:

а) треоніл-фенілаланіл-гістидин;

б) метіоніл-ізолейцил-триптофан.

Поясніть, у якому середовищі знаходиться ізoeлектрична точка трипептидів.

16. Напишіть структурну формулу тетрапептиду: лізил-ізолейцил-цистеїл-треонін. Назвіть N– та C–кінцеві амінокислоти. Поясніть, які кольорові реакції характерні для одержаної сполуки.

17. Напишіть структурні формули двох трипептидів, ізoeлектричні точки яких знаходяться у слабкокислому, (нейтральному) середовищі. Відповідь обґрунтуйте.

18. Напишіть структурну формулу тетрапептиду: гліцил-серил-метіоніл-глутамінова кислота. Назвіть N– та C–кінцеві амінокислоти. Поясніть, які кольорові реакції характерні для одержаного тетрапептиду.

19. Напишіть структурні формули двох трипептидів, ізoeлектрична точка яких знаходиться у кислому середовищі. Відповідь обґрунтуйте.

20. Напишіть структурні формули трипептидів, ізoeлектрична точка яких знаходиться у лужному середовищі. Відповідь обґрунтуйте.

21. Напишіть схеми реакції гідролізу тетрапептиду: лейцил-треоніл-цистеїл-аргініну.

22. Напишіть схеми реакції гідролізу тетрапептиду: лізил-метіоніл-валін-триптофану.

23. Напишіть схеми реакції гідролізу тетрапептиду: серил-ізолейцил-лізил-цистеїну.

24. Напишіть схеми реакції гідролізу тетрапептиду: тирозил-гліцил-аланіл-аспарагіну.

25. Розкрийте положення пептидної теорії будови білків щодо первинної структури як першого ступеня ускладнення білкової молекули.

26. Розкрийте положення пептидної теорії будови білків щодо вторинної структури як другого ступеня ускладнення білкової молекули.

27. Розкрийте положення пептидної теорії будови білків щодо третинної структури як третього ступеня ускладнення білкової молекули.

28. Розкрийте положення пептидної теорії будови білків щодо четвертинної або інших структур як найвищого ступеня ускладнення білкової молекули.

29. Наведіть характеристику хімічних властивостей білків.

30. Поясніть способи захисту функціональних груп з метою синтезу поліпептидів і розкрийте їх на прикладі одержання дипептиду аланіл-валіну.

8 ЛІПІДИ

Загальна характеристика ліпідів. Ліпідами (від грецького *lipos* — жир) називають складну суміш органічних сполук з близькими фізико-хімічними властивостями, які виділяють із об'єктів рослинного, тваринного та мікробіологічного походження. Вони нерозчинні у воді, але добре розчиняються в органічних розчинниках (бензині, діетиловому етері, хлороформі тощо).

За хімічною будовою до ліпідів відносять природні похідні вищих жирних кислот, спиртів, альдегідів, які зв'язані естерними, етерними, амідними та глікозидними зв'язками.

Ліпіди широко розповсюджені в природі, є обов'язковою складовою частиною кожної клітини і разом з вуглеводами та білками складають основну масу органічних речовин усіх живих організмів. Ліпіди виконують роль структурних компонентів клітини, її запасних і захисних речовин. Вони є важливим компонентом харчової сировини, напівпродуктів і готових харчових продуктів, здебільшого визначаючи їх харчову і біологічну повноцінність і харчосмакові властивості.

Ліпіди виконують у живих організмах декілька функцій:

– енергетична — ліпіди є джерелом енергії. Під час окиснення в організмі 1 г жиру виділяється 9 ккал (37,66 кДж). За рахунок жирів забезпечується 25–35% добової потреби в енергії;

– регуляторна — ліпіди є важливими факторами регулювання обміну води в організмі. Під час окисненні 100 г жиру виділяється 107 г ендогенної води, що має особливе значення в екстремальних умовах (наприклад, при недостатньому надходженні води ззовні);

– пластична — ліпіди входять до складу клітинних і заклітинних мембран усіх тканин у вигляді ліпопротеїдів і таким чином беруть участь у окисно-відновних процесах, біосинтезі білку, транспорті речовин у клітині;

– захисна — ліпіди шкіри і внутрішніх органів захищають організм людини і тварин від переохолодження (заважають віддачі тепла), а також від механічних пошкоджень органів. Ліпіди, що виділяються сальними залозами, надають шкірі еластичність і захищають її від висихання.

У рослинах ліпіди накопичуються головним чином у насінні та плодах. У тварин і риб ліпіди концентруються в підшкірній, мозковій, нервовій тканинах і тканинах, що огортають важливі органи (серце, нирки). Вміст ліпідів у рослинах залежить від сорту, місця і умов їх вирощування; у тварин — від виду, складу харчів, умов утримання тощо.

Склад ліпідів різноманітний і залежить від джерела одержання (рослини, тварини, мікроорганізми), його стану, методів виділення та деяких інших чинників. За хімічним складом ліпіди поділяють на прості і складні. Більшість простих ліпідів — це естери жирних кислот і різноманітних спиртів. До них належать жири (ацилгліцерини) і воски. До цієї групи входять також естери холестерину, вітамінів А, D і вищих жирних кислот.

Складні ліпіди — це естери жирних кислот і спиртів, що містять інші замісники за гідроксильною групою (можуть входити Нітроген, Фосфор і Сульфур).

До них належать фосфоліпіди, фосфонліпіди, гліколіпіди (або цереброзиди), сульфоліпіди, ліпопротеїди, ліпополісахариди.

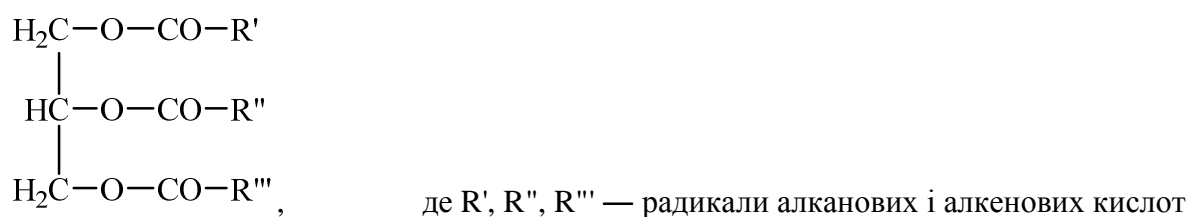
До групи похідних ліпідів відносять продукти гідролізу простих і складних ліпідів: жирні кислоти (насичені й ненасичені), моно- і діацилгліцерини, гліцерин, стерини, жирні альдегіди, ліпідна частина ліпопротеїдів.

В окрему групу відносять аліфатичні вуглеводні, сквален та інші терпени, циклічні ліпіди — жиророзчинні пігменти, вітаміни тощо.

Відповідно до хімічних властивостей ліпіди поділяють на дві групи: нейтральні і полярні. Кожна з груп включає декілька класів ліпідів. До групи нейтральних ліпідів відносять ацилгліцерини, діольні ліпіди, гліколіпіди, сфінголіпіди, естери холестерину, воски. Полярні ліпіди поділено на три підгрупи відповідно до кислотних залишків: фосфоліпіди, фосфонліпіди, сульфоліпіди.

Склад жирів. Жири — найбільша група ліпідів, що є сумішшю різних за складом ацилгліцеринів і супутніх речовин, представлених іншими ліпідами і речовинами неліпідного характеру. Природні тваринні та рослинні жири (рослинні олії або олії) складаються головним чином з ацилгліцеринів.

Ацилгліцерини — повні естери триатомного спирту гліцерину і вищих карбонових кислот, позначаються наступною загальною формулою:



Жири містять дві або три головні кислоти і деякі інші кислоти в меншій кількості. Кислоти жирів — монокарбонові, мають нерозгалужений карбоновий ланцюг, як правило, з парним числом атомів Карбону (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Основні карбонові кислоти, що входять до складу природних жирів і олій

Назва	Індекс	Формула
1	2	3
Насичені кислоти		
Масляна	C ₄	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH
Капронова	C ₆	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH
Каприлова	C ₈	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH
Капринова	C ₁₀	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH
Лауринова	C ₁₂	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH

Продовження табл. 8.1

1	2	3
Міристинова	C ₁₄	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH
Пальмітинова	C ₁₆	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH
Стеаринова	C ₁₈	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
Арахінова	C ₂₀	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH
Ненасичені кислоти		
Олеїнова	C ¹ ₁₈₋₉	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH
Лінолева	C ² _{18-9,12}	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CH-CH ₂ -CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Ліноленова	C ³ _{18-9,12,15}	CH ₃ -(CH ₂ CH=CH) ₃ -(CH ₂) ₇ -COOH
Арахідонова	C ⁴ _{20-5,8,11,14}	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -(CH ₂ -CH=CH) ₄ -(CH ₂) ₃ -COOH
Гідроксикислоти		
Рицинолева	C ¹ ₁₈₋₉	$\text{H}_3\text{C}(\text{H}_2\text{C})_5-\underset{\substack{ \\ \text{OH}}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

У триацилгліцеридах залишки гліцерину становлять близько 10% від загальної маси жиру, а решта припадає на жирні кислоти. Кожен сорт жиру має свій жировий склад (табл. 8.2).

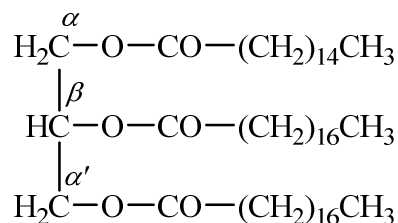
Таблиця 8.2 – Склад деяких жирів

Назва жиру	Масова частка кислот, %						
	Насичені			Ненасичені			
	пальмітинова	стеаринова	Сума	олеїнова	лінолева	ліноленова	Сума
Баранячий	28	30	58	35	3	–	38
Яловичий	28	25	53	44	1,3	–	45,5
Свинячий	28	11	39	55	5	–	60
Льняна олія	6	4	10	22	16	52	90
Соняшникова олія	11	4	15	39	46	–	85
Маслинова олія	16	2	18	64	16	2	82

Ацилгліцерини, які утворені насиченими жирними кислотами, мають тверду консистенцію, ацилгліцерини ненасичених кислот — рідку. Тверді ацилгліцерини утворюють основу твердих жирів (баранячий, яловичий), а рідкі входять

переважно до складу м'яких і рідких жирів (гусячий жир, рослинні олії). Такі ацилгліцерини, як тристеарин, трипальмітин, триолеїн, входять до складу практично всіх природних жирів.

Будова, ізомерія, номенклатура ацилгліцеринів. Назви жирів походять від назв кислот, що входять до їх складу. Положення залишків кислот позначаються літерами α , β , α' :



α -Пальмітодистеарин або α -пальмітодистеарат гліцерину

Триацилгліцерином характерна ізомерія положення кислотних залишків, що позначаються літерами α , β , α' .

Лабораторна робота №20

Ліпіди

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, водяна баня, бюретки на 25 мл, закріплені у штативах, спиртівка, фарфорові чашки, скляні палички, сухі пробірки, лійки скляні, піпетки на 1 мл.

Твердий тваринний жир	KHSO ₄ , кристалічний
Саломас або маргарин	NaCl (або KCl), кристалічний
Етиловий спирт	NaOH, 0,1 моль/л розчин (для бюреток)
Соняшникова олія	KOH, 30% розчин
Вазелінове масло	H ₂ SO ₄ , концентрована
Хлороформ	Na ₂ CO ₃ , 10% розчин
Холестерин, кристалічний	Br ₂ у CCl ₄ , 3% розчин (для бюреток)
Мило, 2% водний розчин	
Розчин синтетичного миючого засобу	
Фенолфталеїн, спиртовий розчин	
Оцтовий ангідрид	

ДОСЛІД 1. Визначення вільних жирних кислот у жирі (визначення ступеня гідролізу жиру)

У сухій пробірці розчинити 1 краплю соняшникової олії в 1 мл етанолу та додати 1 краплю розчину фенолфталеїну. Одержаний розчин олії відтитрувати 0,1 моль/л розчином натрій гідроксиду, додаючи його краплями з бюретки і постійно струшуючи пробірку до появи незникаючого блідо-рожевого забарвлення фенолфталеїну.

Занотувати спостереження. Відмітити, скільки мілілітрів розчину лугу використано на нейтралізацію олії. Пояснити, чому олія виявилася не нейтральною. Написати схему гідролізу жиру, користуючись загальною формулою будови жиру, а також схеми реакції нейтралізації вільних жирних кислот лугом.

Звернути увагу! Саме ця реакція лежить в основі визначення кислотного числа (КЧ) жирів.

ДОСЛІД 2. Акролеїнова проба на жири

У дві сухі пробірки помістити по пучці (близько 0,5 г) кристалічного калій гідрогенсульфату і додати в одну пробірку 2–3 краплі соняшникової олії, а в іншу — 2–3 краплі вазелінового масла. Обидві пробірки нагріти в полум'ї спиртівки.

За відсутності калій гідрогенсульфату дослід можна виконати таким способом: у суху пробірку помістити сіль натрій хлориду (або калій хлориду), додати 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти і 2–3 краплі олії, після чого суміш нагріти в полум'ї спиртівки.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому не утворюється акролеїн у пробірці з вазеліновим маслом. Написати схеми термічного гідролізу жиру і подальшої дегідратації гліцерину з утворенням акролеїну.

ДОСЛІД 3. Омилення жиру спиртовим розчином лугу

У фарфоровій чашці змішати близько 3 г твердого жиру з 5 мл етанолу і 5 мл 30% розчину калій гідроксиду і, перемішуючи суміш скляною паличкою, нагріти чашку на водяній бані до повного розчинення жиру.

Реакція вважається закінченою за умов повного розчинення проби реакційної суміші в пробірці з водою, куди пробу слід внести за допомогою скляної палички.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції омилення жиру на прикладі α -бутиро- β -олео- α' -пальмітину. Визначити проміжні і кінцеві продукти омилення жиру. Охарактеризувати, які функціонально-технологічні властивості виявляють моно- і діацилгліцерини у харчових дисперсних системах.

ДОСЛІД 4. Емульгування жиру

У три пробірки налити по 5 мл води, додати 3–4 краплі соняшникової олії і збовтати. У лабораторному журналі відмітити, чи утворилася за цих умов у кожному випадку стійка емульсія.

Потім додати у першу пробірку 5–6 крапель розчину соди, у другу — 5–6 крапель розчину мила, у третю — 5–6 крапель розчину синтетичного миючого засобу. Суміші в трьох пробірках енергійно збовтати.

Занотувати спостереження. Пояснити, чим зумовлена емульгуюча дія соди, мила і синтетичного миючого засобу. Визначити в лабораторному журналі схему орієнтації молекул емульгатора (мила) навколо краплі жиру в емульсії за типом «масло–вода».

ДОСЛІД 5. Визначення в жирах ненасичених жирних кислот

В одну з двох сухих пробірок внести 5–6 крапель соняшникової олії, в іншу — 5–6 крапель підтопленого саломасу чи іншого твердого жиру (тваринного, маргарину тощо). В обидві пробірки додати по 1 мл хлороформу, струшуючи їх до повного розчинення жиру.

Потім із бюретки по краплях додавати в кожен пробірочку розчин бром у в CCl_4 до незникаючого блідо-жовтого забарвлення.

Занотувати спостереження. Порівняти кількість розчину бром у, витраченого на бром ування соняшникової олії і твердого жиру. Зробити висновок щодо ступеня ненасиченості досліджуваних жирів. Написати схеми реакції приєднання бром у до α -олео- β -лінолено- α' -лінолеату.

Звернути увагу! На основі аналогічної реакції приєднання йоду визначається йодне число (ЙЧ) жирів.

ДОСЛІД 6. Якісна реакція на стерини — реакція Лібермана-Бурхарда

У сухій пробірці в 0,5...1 мл хлороформу розчинити декілька кристалів холестерину (або внести в пробірочку 10 крапель 1% розчину холестерину в хлороформі). До розчину додати 0,5 мл оцтового ангідриду й обережно по стінці пробірочки долити близько 0,5 мл концентрованої сульфатної кислоти. Пробірочку помістити на 20 хв у темне місце. Відмітити колір продукту реакції.

Розглянута реакція використовується для кількісного визначення холестерину в харчових продуктах і біологічних об'єктах. Під дією концентрованої сульфатної кислоти й оцтового ангідриду молекули холестерину перетворюються спочатку на холестерилени (біхолестадиєни) — вуглеводні загальною формулою $\text{C}_{54}\text{H}_{86}$ і $\text{C}_{54}\text{H}_{88}$, які далі, реагуючи з одною молекулою сульфатної кислоти, утворюють сульфо кислоти холестерилєну (дієнові кислоти), забарвлені на зелений колір.

Занотувати спостереження. Написати схему реакції взаємодії холестерину з оцтовим ангідридом.

Звернути увагу! Холестерин у вигляді естерів (холестеридів) або у вільному стані присутній у кожній клітині людей і тварин. Надзвичайно багаті на холестерин мозок, жовч, сперма, шкіряний жир. Зі шкіряного жиру вівці одержують ланолін, який становить собою головним чином естери холестерину. Ланолін широко застосовується у медицині.

ДОСЛІД 7. Якісна реакція на стерини — реакція Сальковського

У сухій пробірці в 0,5...1 мл хлороформу розчинити декілька кристалів холестерину (або внести 10 крапель 1% розчину холестерину в хлороформі). До розчину по стінці пробірочки обережно долити такий самий об'єм концентрованої сульфатної кислоти.

За умов легкого струшування пробірочки на межі шарів рідини утворюється оранжеве кільце, забарвлення якого з часом змінюється на червоне. Забарвлення нижнього шару сульфатної кислоти набуває зеленої флюоресценції.

Занотувати спостереження. Відмітити забарвлення, які спостерігаються в ході реакції у присутності холестерину.

Звернути увагу! Розглянута реакція використовується для якісного визначення холестерину в харчових продуктах і біологічних об'єктах. Під дією концентрованої сульфатної кислоти молекули холестерину через стадію утворення холестериленив взаємодіють із двома молекулами сульфатної кислоти, перетворюючись на сульфокислоти холестерилену, забарвлені на червоний колір.

ДОСЛІД 8. Ідентифікація триацилгліцеринів соняшникової олії методом тонкошарової хроматографії

Мета. Здійснити фракційне розділення компонентів рафінованої соняшникової олії та виявити триацилгліцерини.

На пластинку «Сілуфол» розміром 100 x 100 мм нанести пробу досліджуваного зразка рафінованої соняшникової олії. До хроматографічної камери помістити висотою не більше за 5 мм елюент, яким виступає бінарна система петролейний етер–ацетон (20:1), і здійснити хроматографування.

Після того, як фронт елюенту дістанеться лінії фронту, хроматографування завершити, пластинку дістати пінцетом і висушити на повітрі.

Для виявлення плям пластинку внести до камери з йодом або до сушильної шафи, у якій просушити декілька хвилин за температури близько 110 °С, до появи коричневих плям.

Занотувати спостереження. Розрахувати значення відносної швидкості пересування R_f для виявлених плям і визначити, яка фракція відповідає триацилгліцеринам, значення R_f яких дорівнює 0,4.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: пальмітинову, олеїнову і міристинову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

2. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: стеаринову, лінолеву і капронову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

3. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: арахідонову, пальмітинову і масляну. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

4. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: пальмітинову, ліноленову і капронову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

5. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: стеаринову, лінолеву і лауринову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

6. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: масляну, олеїнову і лінолеву. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

7. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: міристинову, ліноленову і стеаринову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

8. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: лінолеву і ліноленову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

9. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить такі карбонові кислоти: арахідонову і пальмітинову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

10. Напишіть схему одержання триацилгліцерину, що містить есенціальні жирні кислоти: арахідонову, лінолеву, ліноленову. Назвіть одержаний триацилгліцерин.

11. Напишіть схему реакції взаємодії триацилгліцерину α -олео- β -лінолено- α' -пальмітин з надлишком йоду.

12. Напишіть схему повної гідрогенізації α -лінолео- β -лінолено- α' -пальмітину.

13. Напишіть схему гідролізу триацилгліцерину α, β -діолео- α' -стеарин, у результаті якого утворюється рідке мило.

14. Напишіть схему реакції Вагнера (знебарвлення розчину калій перманганату) для триацилгліцерину α -бутиро- β -лінолено- α' -олеїн. Поясніть, якої ймовірної консистенції міг би бути жир, утворений переважно молекулами розглянутого триацилгліцерину.

15. Напишіть схему реакції, що доводить наявність кратних зв'язків у молекулі триацилгліцерину:

а) α -пальміто- β -лінолено- α' -лінолеїн;

б) α -олео- β -лінолено- α' -стеарин.

16. Напишіть схему гідролізу триацилгліцерину α, α' -дипальміто- β -олеїн і поясніть утворення твердого мила.

17. Напишіть схему реакції приєднання бромю до молекули триацилгліцерину α -стеаро- β -олео- α' -лінолеїн.

18. Напишіть схему реакції омилення надлишком калій гідроксиду молекули триацилгліцерину α -бутиро- β -лінолено- α' -стеарин.

19. Наведіть схеми щонайменше двох реакцій, які відрізняють соняшникову олію від мінерального масла (наприклад, вазелінового). Для написання умовної формули будови триацилгліцеринів соняшnikової олії мати на увазі, що до її складу входять переважно олеїнова, лінолева, пальмітинова кислоти.

20. Напишіть схеми реакцій, що відрізняють бджолиний віск від озокериту (гірський віск).

21. Напишіть структурну формулу, визначте клас і назву фосфоліпиду, що містить залишки олеїнової, пальмітинової і фосфатної кислот. Наведіть схему його повного гідролізу.

22. Напишіть структурну формулу, визначте клас і назву фосфоліпиду, що містить фосфохолінове угруповання і залишки стеаринової, олеїнової кислот. Наведіть схеми його гідролізу в кислому і лужному середовищі.

23. Напишіть структурну формулу, визначте клас і назву фосфоліпиду, що містить етаноламін і залишки пальмітинової, олеїнової кислот. Наведіть схеми його гідролізу в кислому і лужному середовищі.

24. Напишіть структурну формулу, визначте клас і назву фосфоліпиду, який може знаходитися у продуктах рослинного і тваринного походження, а також належить до необхідних речовин клітин мозку і містить, крім залишків пальмітинової, олеїнової кислот, залишок певної амінокислоти. Наведіть схему його повного гідролізу.

25. Напишіть структурну формулу, визначте клас і назву фосфоліпиду, який виявлено лише у складі фосфоліпідів тваринного походження, який містить нервову кислоту і молекули двох певних органічних основ. Наведіть схему його повного гідролізу.

26. Поясніть відмінності у хімічній структурі холестерину і провітаміну D₃, а також наведіть схеми реакцій їх взаємодії з:

- а) бромною водою;
- б) пальмітиновою кислотою.

27. Поясніть відмінності у будові природних стеринів — вітамінів D₂ і D₃, а також наведіть схеми реакцій їх взаємодії з:

- а) оцтовим ангідридом;
- б) олеїновою кислотою.

28. Напишіть схему реакції, перебіг якої можливий у ході біохімічних перетворень, що відбуваються у тваринному організмі, і яка ілюструє перетворення провітаміну А на вітамін А.

29. Наведіть будову α -каротину, якщо його будова відрізняється від будови β -каротину тим, що в одному з двох іононових кілець подвійний зв'язок переміщений.

30. Відомо, що під час окиснення β -каротину утворюється дві молекули вітаміну А, а під час окиснення α -, і γ -каротину — одна. Напишіть схеми перебігу можливих реакцій окиснення α -, і γ -каротину, виходячи з наступних положень щодо їх будови:

– α -каротин відрізняється за структурою від β -каротину тим, що в одному з двох іононових кілець подвійний зв'язок переміщений;

– γ -каротин відрізняється за структурою від β -каротину тим, що в γ -ізомері каротину присутнє лише одне з двох іононових кілець, у той час як інше розгорнуте у вигляді аліфатичного ланцюга атомів Карбону (один із двох подвійних зв'язків має атом Карбону, що містить два метильні радикали).

9 ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ

Загальна характеристика гетероциклічних сполук. Гетероциклічними називаються сполуки із замкнутим ланцюгом, цикли яких утворені не тільки атомами Карбону, але й атомами інших елементів — гетероатомами (від грецького «гетерос» — інший).

Найбільш важливе значення мають гетероцикли з атомами Нітрогену, Оксигену, Сульфуру (N, O, S) — нітрогено-, оксигено-, сульфурвмісні гетероцикли, що належать до однієї з найпоширеніших груп природних сполук (алкалоїди, пігменти, вітаміни, продукти життєдіяльності біологічних систем) і характеризуються досить різноманітними будовою і властивостями.

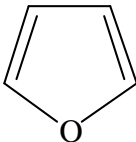
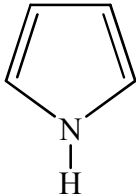
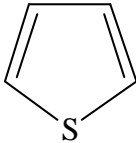
Гетероцикли класифікують за:

- розміром циклу (загальною кількістю атомів у циклі): три-, чотири-, п'яти-, шестичленні тощо;
- кількістю гетероатомів: з одним, двома тощо;
- природою гетероатомів: з однаковими або різними;
- кількістю циклів: моно- і поліциклічні;
- характером з'єднання циклів (для поліциклічних): із сконденсованими та ізольованими циклами.

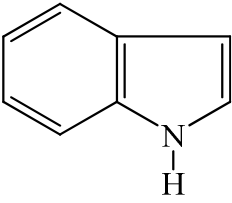
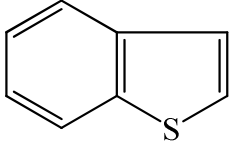
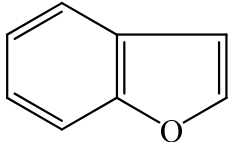
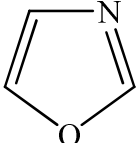
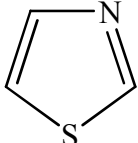
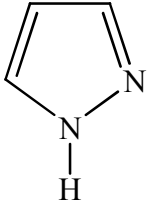
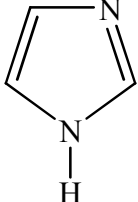
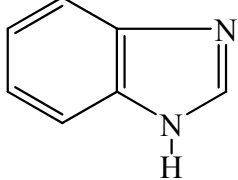
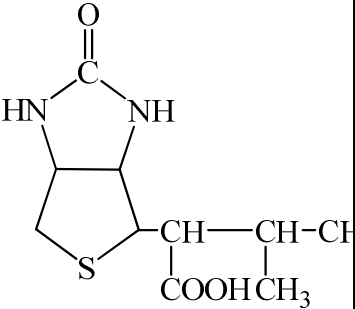
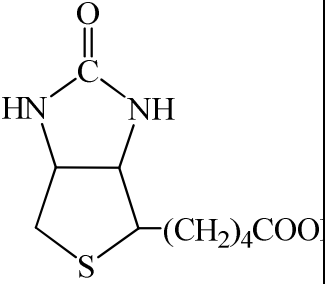
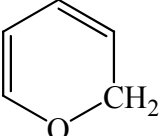
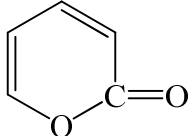
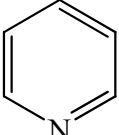
У зв'язку з існуванням значної кількості гетероциклічних сполук, різноманітних за будовою, застосування для них єдиної номенклатури ускладнене (табл. 9.1).

Із відомих гетероциклічних сполук найбільшого значення набули як ізольовані, так і сконденсовані п'яти- і шестичленні цикли. Три-, чотиричленні гетероцикли нестійкі внаслідок великого напруження таких циклів (теорія напруження Байєра).

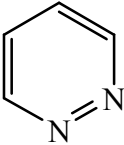
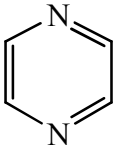
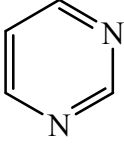
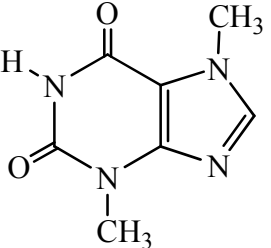
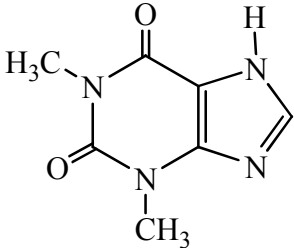
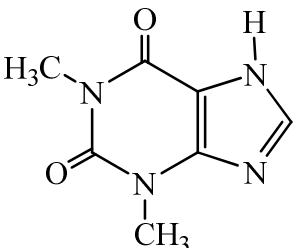
Таблиця 9.1 – Номенклатура поширених гетероциклічних сполук

Структура гетероцикла	Формула	Назва	Формула	Назва
1	2	3	4	5
П'ятичленний з одним гетероатомом		Фуран		Пірол
		Тіофен		

Продовження табл. 9.1

1	2	3	4	5
Конденсовані з одним гетероатомом		Індол α, β -бензпірол		Тіонафтен α, β -бензтіофен
		Кумарон α, β -бензфуран		
П'ятичленний з двома гетероатомами		Оксазол, 1,3-оксазол		Тіазол 1,3-тіазол
		Піразол		Імідазол 1,3-діазол
		Бензімідазол		
Конденсовані з декількома гетероатомами		α -Біотин		β -Біотин
Шестичленний з одним гетероатомом		α -Піран		α -Пірон
		Піридин		

Продовження табл. 9.1

1	2	3	4	5
Шестичленний з двома гетероатомами		Піридазин 1,2-діазин <i>o</i> -діазин (α -ізомер)		Піразин 1,4-діазин <i>n</i> -діазин (γ -ізомер)
		Піримідин 1,3-діазин <i>m</i> -діазин (β -ізомер)		
Конденсовані з декількома гетероатомами		Теобромін 3,7-диметил- ксантин		Кофеїн 1,3,7- триметил- ксантин
		Теофілін 1,3- диметил- ксантин		

Лабораторна робота №21

Гетероциклічні сполуки

Прилади та реактиви:

штативи з пробірками, водяна баня, спиртівка, чашки Петрі, фарфорові чашки, фарфорові тиглі, прилад для перегонки: колба Вюрца на 200–250 мл, холодильник Лібіха; скляні палички, предметні скельця, скляні лійки, фільтрувальний папір, соснові скіпки, тирса, чай.

Глюкоза, 0,5% розчин
Реактив Фелінга
Фурфурол
Сечова кислота
Оцтова кислота, концентрована
Фуксинсульфітна кислота
Сукцинімід / імід бурштинової кислоти
Бензен, кам'яновугільний; х. ч.
Анілін
Тіофен
Ізатин
Піридин
Кофеїн

AgNO₃, 1% розчин
Zn, металічний
H₂O₂, кристалічний
HCl, концентрована
H₂SO₄, концентрована; 10% розчин
HNO₃, концентрована
Амоніак, концентрований; 10% розчин
NaOH, 10% розчин
Na₂CO₃, 2% розчин
CuSO₄, 2% розчин
FeCl₃, 1% розчин
(NH₄)₂SO₄, насичений розчин
Індигокармін, 0,5% розчин

ДОСЛІД 1. Одержання фурфуролу

До колби Вюрца помістити близько 5 г рослинної сировини (тирси або соломи), долити 50...60 мл розчину сульфатної кислоти і відігнати близько 20 мл дистиляту. Одержаний водний розчин фурфуролу використати для дослідів 2.

Занотувати спостереження. Визначити характерний запах дистиляту. Написати схему гідролізу полісахариду пентозану ($C_5H_8O_4$)_n до пентози і схеми реакції дегідратації пентози до фурфуролу.

ДОСЛІД 2. Реакції фурфуролу

Використовувати готовий розчин фурфуролу або розчин, одержаний у попередньому досліді.

Утворення основи Шиффа. У чашці Петрі змішати 2 краплі аніліну з 2 краплями концентрованої оцтової кислоти. Цим розчином змочити смужку фільтрувального паперу, а потім нанести на неї 1 краплю розчину фурфуролу.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції конденсації фурфуролу з аніліном з утворенням забарвленої основи Шиффа.

Окиснення фурфуролу. У пробірку внести 10–15 крапель розчину аргентум нітрату, додати 10–15 крапель розчину амоніаку, перемішати і додати 10–15 крапель розчину фурфуролу. Суміш нагріти на водяній бані 2...3 хв.

Занотувати спостереження. Написати схеми реакції окиснення фурфуролу до 2-фуранкарбонової кислоти з одночасним відновленням Ag^{+1} до металічного срібла.

Взаємодія з фуксинсульфатною кислотою. До 0,5 мл розчину фурфуролу долити 1 мл розчину безбарвної фуксинсульфатної кислоти.

Занотувати спостереження. Пояснити, чому розчин набуває рожевого забарвлення.

ДОСЛІД 3. Відкриття тіофену в кам'яновугільному бензені — індофенінова реакція

У дві сухі пробірки налити по 1 мл концентрованої сульфатної кислоти і в кожен додати декілька кристалів ізатину, перемішати до його розчинення. Потім в обидві пробірки долити по 0,5 мл концентрованої нітратної кислоти і, струшуючи, додати в першу пробірку 1 мл кам'яновугільного бензену, в іншу — 1 мл хімічно чистого бензену.

Занотувати спостереження. Пояснити, в якому бензені — хімічно чистому чи кам'яновугільному, присутні домішки тіофену.

ДОСЛІД 4. Відновлення синього індиго глюкозою

У пробірку налити 0,5 мл розчину індигокарміну, долити 0,5 мл розчину глюкози і 2–3 краплі розчину соди. Обережно без струшування прогріти суміш

до кипіння і знебарвлення. Після знебарвлення суміш струшувати до появи синього кольору.

Занотувати спостереження. Написати схему перетворення синього індиго на безбарвну лейкосполуку (біле індиго) під дією глюкози як відновника. Пояснити, чому після струшування, тобто перемішування з повітрям, біле індиго знову перетворюється на синє.

ДОСЛІД 5. Одержання та якісне визначення піролу

У сухому тиглі розтерти скляною паличкою близько 0,2 г іміду бурштинової кислоти (сукцинімід) з такою ж кількістю цинкового пилю і розжарити суміш на спиртівці або на електроплитці.

До пари піролу, що виділяється у результаті реакції, внести соснову скіпку, змочену концентрованою хлоридною кислотою.

Занотувати спостереження. Зазначити, якого кольору набуває соснова скіпка в парах піролу. Написати схему реакції одержання піролу.

ДОСЛІД 6. Одержання кофеїну з чаю

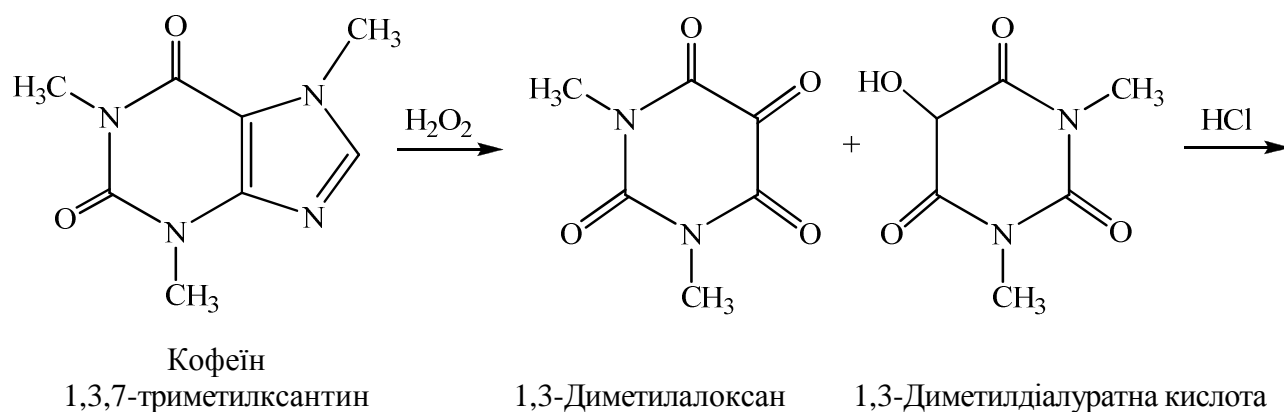
На скляну пластинку помістити близько 3 г чаю, накрити іншою пластинкою й обережно нагріти. Спочатку спостерігати виділення пари води, а потім — сублімацію блискучих безбарвних кристалів кофеїну — 1,3,7-триметилксантину.

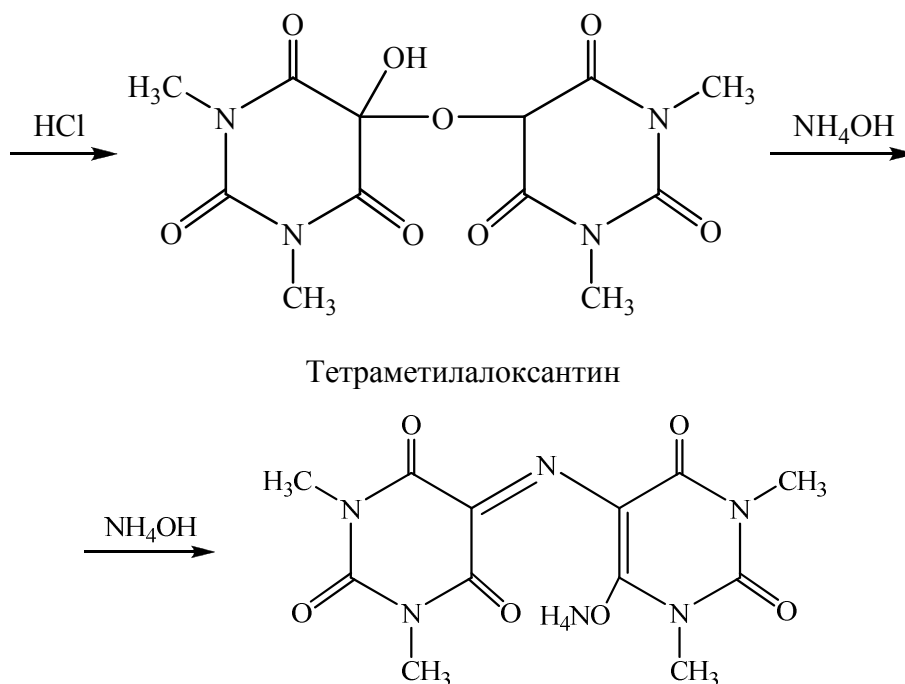
Занотувати спостереження

ДОСЛІД 7. Мурексидна реакція кофеїну

До сухої фарфорової чашки внести декілька кристалів кофеїну, додати 4–5 крапель гідрогенпероксиду H_2O_2 , 10–15 крапель концентрованої нітратної кислоти і випарити суміш на електроплитці досуха. До сухого залишку додати 2–3 краплі концентрованого розчину амоніаку.

Хімізм процесу





Мурексид — амонійна сіль тетраметилпурпурої кислоти

Занотувати спостереження. Визначити колір суміші після додавання амоніаку. Написати схему мурексидної реакції кофеїну.

ДОСЛІД 8. Властивості піридину

Основні властивості піридину. До 1 мл піридину додати 5 мл води. Краплю одержаного розчину нанести на червоний лакмусовий папір. Визначити і пояснити зміну кольору індикатора.

До краплі піридину обережно додати 0,5 мл концентрованої хлоридної кислоти і спостерігати утворення білого осаду з сильним розігріванням. Одержаний осад долити водою до повного його розчинення.

Занотувати спостереження. Написати реакцію утворення піридиній хлориду.

Утворення комплексних солей. До водного розчину піридину обережно по стінках пробірки додати 1 краплю розчину купрум(II) сульфату. Спочатку утворюється блакитний осад купрум(II) гідроксиду, який швидко розчиняється з утворенням комплексної сполуки Купруму з піридином темно-синього кольору.

До водного розчину піридину додати 1 краплю розчину ферум(III) хлориду. Спостерігається випадіння осаду ферум(III) гідроксиду бурого кольору.

Занотувати спостереження.

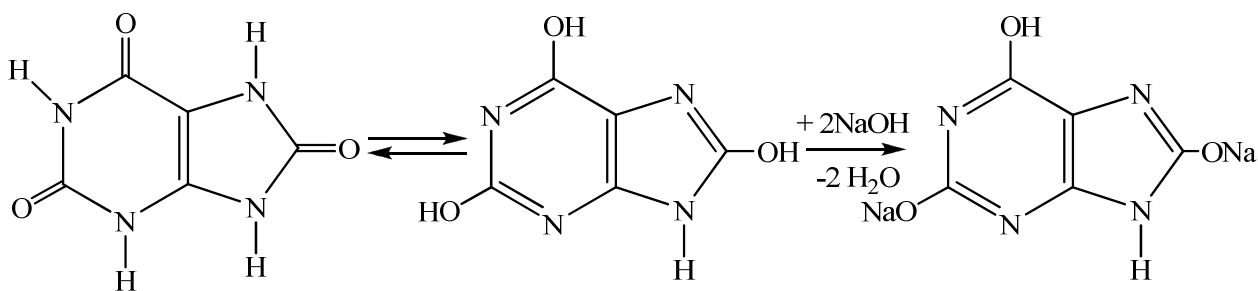
ДОСЛІД 9. Властивості сечової кислоти

Взаємодія сечової кислоти з натрій гідроксидом. До декількох кристалів (0,01 г) сечової кислоти додати води і суміш нагріти. Звернути увагу на розчинність кислоти. Після охолодження суміші додати до неї розчин натрій гідроксиду.

Лужний розчин поділити на дві пробірки. В одну додати насичений розчин амоній сульфату — після витримання утворюється однозаміщена (кисла) амонійна сіль; іншу пробірку залишити для досліду Б.

Хімізм процесу

Сечова кислота існує у двох таутомерних формах: кето- (лактамна) й енольній (лактимна). Під час взаємодії з лугами утворюються двозаміщені солі — урати, які добре розчиняються у воді:



Сечова кислота,
2,6,8-триоксипурин
Лактам — кетонна форма

Сечова кислота,
Лактим — енольна форма

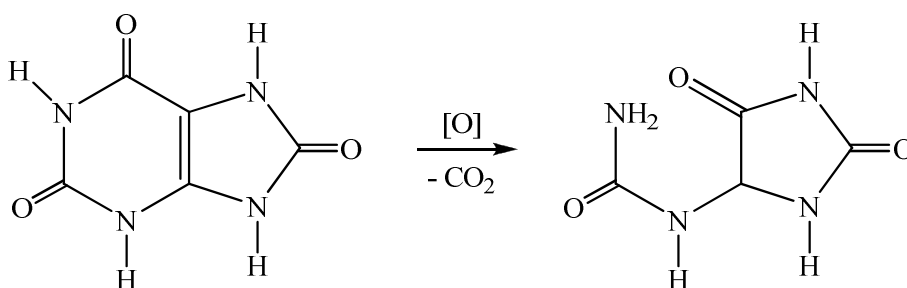
Натрію урат

Занотувати спостереження. Написати схему утворення однозаміщеної (кислої) амонійної солі сечової кислоти.

Окиснення сечової кислоти. До одержаного в попередньому досліді лужного розчину сечової кислоти додати такий самий об'єм реактиву Фелінга і суміш нагріти до кипіння.

Сечова кислота легко окиснюється навіть слабкими окисниками. Під час окиснення сечової кислоти у лужному або нейтральному середовищі зберігається імідазольне кільце й утворюється алантоїн:

Хімізм процесу



Сечова кислота

Алантоїн

Занотувати спостереження. Визначити продукти відновлення реактиву Фелінга.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Напишіть структурні формули сполук:

- а) α, α' -диметил-тіофен;
- б) 2-ацетилфуран;
- в) 2-карбоксі-4-гідроксипіролідін;
- г) 2,3-діетилтетрагідрофуран;
- д) 3-піридинкарбонова кислота (нікотинова).

2. Напишіть структурні формули сполук:

- а) β -метиліндоліл (скатол);
- б) оксим фурфуролу;
- в) ізопропіловий естер проліну;
- г) β -індолілоцтова кислота;
- д) піридиній бромід.

3. Напишіть структурні формули сполук:

- а) 2-фурансульфо кислота;
- б) N-етилпіролідін,
- в) етиловий естер ізонікотинової кислоти,
- г) 2,5 дибромтіофен;
- д) піперидин.

4. Напишіть структурні формули сполук:

- а) 2-карбоксіпірол;
- б) 2-бром-4-метилфуран;
- в) α -ацетилтіофен;
- г) внутрішня сіль піколінової кислоти,
- д) йодистий N-метілпіридин.

5. Напишіть структурні формули сполук:

- а) тетрагідротіофен;
- б) N-етилпірол,
- в) 2,5-фурандіова кислота;
- г) α, β -бензпірол (індол);
- д) 3-амінопіридин.

6. Напишіть структурні формули сполук:

- а) піролат калію;
- б) N-ацетилпіролідін,
- в) 2,5-диметилфуран;
- г) 2-тіофенсульфо кислота;
- д) N-метилпіридиній хлорид.

7. Напишіть структурні формули сполук:

- а) 2-карбоксіпіролідін;
- б) 2,5-диметилтіофен;
- в) натрієва сіль піколінової кислоти,
- г) фурфуриловий спирт;
- д) 3-пірдинсульфо кислота.

8. Напишіть структурні формули сполук:

- а) 2,5-диметил-2,5-дигідрофуран;
- б) тіофан;
- в) 2,3,4,5-тетрабромпірол;
- г) ізопропіловий естер β -піридинкарбонової кислоти;
- д) триптофан.

9. Напишіть структурні формули сполук:

- а) 2,3-дигідрофуран;
- б) піролат натрію;
- в) 2-нітротіофен;
- г) β -піколін;
- д) 4-індолілкарбонова кислота.

10. Напишіть структурні формули сполук:

- а) 3-метил-2,5-дигідрофуран;
- б) 3-піролін (2,5-дигідропірол);
- в) тетрагідротіофен;
- г) етиловий естер гідроксипроліну;
- д) 2-метилпіридиній йодид.

11. Поясніть, чим відрізняються властивості α -піролкарбонової кислоти та α -піролідилкарбонової кислоти (пролін). Наведіть відповідні схеми реакцій.

12. Напишіть схеми реакцій, за допомогою яких можна здійснити перетворення піроліну на тіофен.

13. Напишіть схеми реакцій одержання тетрагідрофурану з піролу.

14. Напишіть схеми реакцій:

- а) хлорування фурану;
- б) сульфування тіофену;
- в) ацетилювання піролу;
- г) гідрування тіофену.

Поясніть умови перебігу цих реакцій.

15. Напишіть схеми реакцій:

- а) відновлення тіофену,
- б) нітрування фурфуролу,
- в) взаємодії β -метилпіролу з металічним калієм,
- г) взаємодії α -фурфурилового спирту з оцтовою кислотою.

16. Напишіть схеми реакцій, що перебігають під час нагрівання:

- а) аланіну,
- б) валіну.

Назвіть одержані продукти як похідні 2,5-дикетопіперазину.

17. Напишіть схему одержання фурфуролу із пентоз. Наведіть реакції, за допомогою яких можна одержати із фурфуролу:

- а) 2-фуранкарбонову кислоту;
- б) фуран.

18. Напишіть схеми реакцій:

- а) нітрування фурану;
- б) сульфування піролу;
- в) ацетилювання тіофену;
- г) гідрування фурану.

Поясніть умови перебігу цих реакцій.

19. Для фурфуролу напишіть схеми реакцій:

- а) окиснення;
- б) із синильною кислотою,
- в) з гідроксиламіном;
- г) реакцію Канніццаро.

20. Наведіть реакції часткового та повного гідрування фурану, піролу і тіофену. Назвіть одержані сполуки.

21. Напишіть схеми реакцій:

- а) піридин із йодистим ізопропілом;
- б) нікотинова кислота з бензиловим спиртом;
- в) пеніцилін із калій гідроксидом.

22. Напишіть схеми реакцій:

- а) гістидин з етиловим спиртом;
- б) окиснення β -етилпіридину;
- в) піперидин із хлоридною кислотою.

23. Напишіть схеми реакцій:

- а) піколінова кислота з натрій гідроксидом;

- б) α -амінопіридин з оцтовим ангідридом;
- в) фурфурол з воднем.

24. Напишіть схеми реакції утворення солі теоброміну з натрій гідроксидом. Поясніть, чому такі солі не утворюють кофеїн і теофілін.

25. Напишіть формули ізомерних монометилпіридинів (піколіни). Напишіть схеми реакцій їх окиснення. Для одного з одержаних продуктів напишіть реакції, що доводять його амфотерність.

26. Напишіть схеми реакцій для 4-етилпіридину:

- а) окиснення;
- б) із хлором у присутності каталізатора;
- в) із хлоридною кислотою.

27. Для триптофану напишіть схеми таких реакцій:

- а) дезамінування;
- б) декарбоксілування;
- в) перетворення під час нагрівання.

28. Для нікотинової кислоти (β -піридинкарбонова кислота) напишіть схеми таких реакцій:

- а) декарбоксілювання;
- б) солеутворення;
- в) естерифікації.

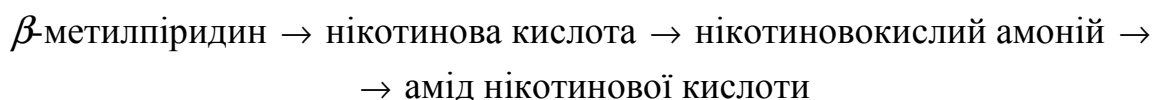
Назвіть продукти реакцій.

29. Напишіть схеми наступних реакцій індолу:

- а) нітрування;
- б) бромовання;
- в) гідрування.

Назвіть одержані сполуки.

30. Напишіть схеми послідовних реакцій:



Поясніть біологічне значення нікотинової кислоти та її амід.

ДОДАТКИ

МЕТОДИКА РОЗДІЛЕННЯ РЕЧОВИН МЕТОДОМ ТОНКОШАРОВОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ

Тонкошарова хроматографія (ТШХ) є ефективним методом аналізу складних сумішей речовин різноманітних класів — вуглеводнів, спиртів, кислот, білків, ліпідів та ін. Методика розділення методом ТШХ полягає у наступному.

Нанесення проби — важливий етап, який забезпечує якість одержаної хроматограми. Пробу, що аналізують, наносять за допомогою капіляра на пластинку на відстані 6...8 мм від її краю у вигляді розчину, бажано у неполярному і леткому розчиннику. Важливими факторами є кількість речовини і компактність плями розчину, які наносяться. У випадку надмірної кількості зразка адсорбційної ємності сорбенту може виявитися недостатньо, і речовина, яка не зможе повністю сорбуватися, стане просто розчинятися в елюенті, а не десорбуватися у процесі хроматографування. У цьому випадку, як і у випадку нанесення великої плями, утворюються занадто витягнуті плями, а речовини з близькою хроматографічною рухливістю можуть злитися в одну витягнуту пляму. Мінімальна кількість нанесеного зразка лімітується порогом чутливості методу виявлення плями на пластинці. Зазвичай для аналізу достатньо 0,1...20 мкг речовини, а пляма, яка наноситься, не повинна бути більшою за 2 мм у діаметрі. За одночасного хроматографування декількох зразків відстань між точками нанесення повинна бути не менша за 6...8 мм.

Розділення речовин здійснюють у хроматографічних камерах. Пластинку з нанесеними зразками висушують і вміщують у плоскодонний скляний посуд із пришліфованою кришкою (хроматографічну камеру), до якого наливо елюент з висотою шару 3...5 мм (рис. А.1). Пластинку із закріпленим шаром можна розміщувати під будь-яким кутом нахилу, а з незакріпленим — під кутом 15...20°. Після внесення до камери нанесені проби не повинні опинитися нижче за рівень рідини. Елюент, переміщуючись за рахунок капілярних сил уздовж пластинки догори, тягне за собою речовини, які розділяють (фракціонують). Після закінчення хроматографування відмічають положення фронту розчинника (якщо він не піднявся до верхнього краю пластинки).



Рисунок А.1 – Хроматографічна камера з пластинкою із закріпленим шаром сорбенту: 1 – кришка; 2 – камера; 3 – пластинка; 4 – елюент

Якщо аналізуються дві речовини (А і Б) і їх суміш (В), то кожна з речовин пройде певну відстань, яка вимірюється від лінії нанесення (старту) до центра плями (рис. А.2).

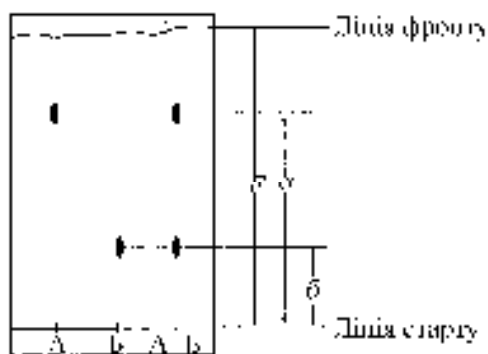


Рисунок А.2 – Розділення методом тонкошарової хроматографії суміші речовин А і Б

Положення плям на хроматограмі характеризується значеннями відносної швидкості пересування R_f (англ. *ratio of fronts* — співвідношення фронтів), які становлять собою співвідношення відстаней, які пройшла речовина (відповідно a і b), до відстані F , яку пройшов елюент. Таким чином, для речовин А і Б значення R_f становитимуть a/F і b/F відповідно.

Значення R_f для кожної сполуки за певних умов є константою. Для багатьох речовин ці значення наводяться у довідниковій літературі й можуть застосовуватися для ідентифікації. Проте значення R_f суттєво залежать від умов хроматографування (природи, якості розчинника і сорбенту, температури тощо), яких у точності досягти майже неможливо. Тому більш надійним доведенням ідентичності досліджуваної речовини відомому стандарту є співпадіння значень R_f , отриманих на одній хроматограмі, а не шляхом зіставлення з довідковими даними. З цією метою речовину відомої будови, яку називають свідком, хроматографують одночасно з досліджуваною речовиною або сумішшю. Неспівпадіння значень R_f речовини, що аналізується, і свідка повністю виключають їх тотожність, у той же час співпадіння ще не є повною гарантією ідентичності двох речовин. Надійність ідентифікації значно підвищується, якщо однакові значення R_f речовини, що аналізується, і свідка отримані під час хроматографування в декількох різних системах розчинників — різних елюентах.

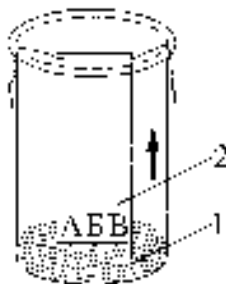
Виявлення речовин на хроматограмах здійснюють за плямами під час хроматографування забарвлених речовин. Та більшість органічних сполук безкольорові, тому плями виявляють хімічними або оптичними методами.

Висушену від розчину пластину обприскують хімічним реагентом, який дає забарвлені продукти з цією речовиною. Іншим варіантом виявлення плям є проявлення у парах йоду, для чого пластину вносять у закриту ємність, у якій знаходяться кристали йоду. Через 15...20 хв пластину виймають, надлишок йоду випаровується на повітрі, на місці органічних речовин залишаються жовто-коричневі плями. Деякі речовини, наприклад, вуглеводи, обвуглюються за умов нагрівання до температури 250...300° С, що можна використовувати для їх виявлення. Речовини, які поглинають в УФ-світлі, можна виявити, роздивляючись пластинки під УФ-лампю.

МЕТОДИКА РОЗДІЛЕННЯ РЕЧОВИН МЕТОДОМ ХРОМАТОГРАФІЇ НА ПАПЕРІ

Паперова хроматографія (ПХ) є переважно аналітичним методом для полярних сполук — аліфатичних кислот, гідрокси- й амінокислот, вуглеводів. Носієм нерухомої фази є хроматографічний папір — особливий тип фільтрувального паперу високої чистоти і рівномірної густини. Залежно від густини розрізняють папір повільний, середній і швидкий. Нерухомою фазою, якщо папір спеціально не оброблено, є вода, яка знаходиться у порах целюлози (близько 20% у повітряно-сухій целюлозі).

За технікою виконання принципова різниця від ТШХ відсутня, якщо фронт розчинника рухається знизу догори. Аркуш паперу завжди підвішують у хроматографічній камері вертикально (рис. Б.1).



**Рисунок Б.1 – Хроматографія на папері речовин А, Б і В:
1 – елюент; 2 – хроматографічний папір**

Під час виявлення плям на паперових хроматограмах слід урахувувати чутливість паперу до агресивних хімічних середовищ, наприклад, реагентам на основі мінеральних кислот, якими найчастіше обприскують пластинки у методі ПХ.

**РЕКОМЕНДОВАНА ТЕМАТИКА ДОПОВІДЕЙ
І НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

1. Ідентифікація фенолів методом тонкошарової хроматографії.
2. Фотоколориметричне визначення карбонільних сполук.
3. Визначення формальдегіду методом тонкошарової хроматографії.
4. Визначення вмісту жиру за коефіцієнтом рефракції.
5. Фотометричний аналіз ліпідів.
6. Ідентифікація триацилгліцеринів методом тонкошарової хроматографії.
7. Визначення фізико-хімічних показників якості жирів.
8. Визначення вмісту цукрів фотоколориметричним методом.
9. Визначення вмісту цукру рефрактометричним методом.
10. Ідентифікація амінокислот методом хроматографії на папері.
11. Фотометричний аналіз амінокислот.
12. Визначення вмісту аскорбінової кислоти хроматографічними методами.
13. Визначення антиоксидантної здатності поліфенольних сполук.
14. Структурна організація та фізико-хімічні властивості природного лігніну.
15. Методи «зеленої хімії» для одержання целюлози з деревини.
16. Гумінові речовини в контексті «зеленої хімії».
17. «Зелена хімія» — чергова промислова революція?
18. Вплив тютюнових виробів та тютюнового диму на здоров'я.
19. Концепція підвищення рівня хімічної безпеки в Україні.
20. Біотехнологічні аспекти бактеріальної деструкції аніонних поверхнево-активних речовин.
21. Сучасний стан токсиколого-гігієнічної оцінки поверхнево-активних речовин.
22. Астаксантин як один із найсильніших антиоксидантів.
23. Класифікація природних барвників за хімічною будовою.
24. Заміна традиційних органічних розчинників як один із основних напрямів розвитку «зеленої хімії».
25. Продукти органічного синтезу в нанохімії і нанотехнологіях.
26. Солюбілізація як спосіб збагачення харчових систем речовинами високої біологічної активності.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

ПРАВИЛА ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

1. У лабораторії слід використовувати електронагрівачі та інше електричне обладнання лише заводського виготовлення, керуючись паспортом та інструкцією.

2. Усі електронагрівальні прилади під час їх експлуатації повинні мати достатню теплоізоляцію, з цією метою можна використовувати керамічні плити, листовий азбест та інші негорючі матеріали з малою теплопровідністю.

3. Про виявлені несправності електронагрівальних приладів слід негайно повідомити викладача.

4. Електроприлади, що перебувають в експлуатації, періодично оглядає особа, відповідальна за електрогосподарство, перевіряючи захисне заземлення, електропроводку та загальний стан електромережі, усуваючи виявлені несправності.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З КИСЛОТАМИ І ЛУГАМИ

Працюючи з кислотами та їдкими лугами, слід пам'ятати, що невиконання правил поведінки з ними може стати причиною сильних хімічних опіків.

Концентровані кислоти можуть спричинювати зневоднення шкіри та інших тканин, ступінь їх дії залежить, насамперед, від окисної здатності кислоти. За швидкістю дії й швидкістю руйнування тканин тіла кислоти розміщують у такому порядку: «царська водка» (суміш нітратної і хлоридної кислот), нітратна, сульфатна (90...100%), молочна кислота та ін.

Обережності вимагає користування плавиковою кислотою. Слід пам'ятати, що її дія на шкіру починає відчуватися лише через 5...8 годин, і навіть одна крапля плавикової кислоти, що потрапила на шкіру і не була негайно змита, спричиняє болючу рану, яка важко піддається лікуванню. Деякі з концентрованих кислот, які зазвичай називаються димлячими (наприклад, хлоридна, нітратна), спричиняють сильну подразнювальну дію на слизові оболонки дихальних шляхів і очей. Дуже небезпечними є опіки хромовою сумішшю — калій біхромат й концентрована сульфатна кислота.

Потрапляння на шкіру концентрованих розчинів їдких лугів викликає утворення дуже болючих ран, що повільно загоюються. Тверді їдкі луги вбирають вологу, що є в повітрі, і дуже легко переходять у розчин, тому їх дія вважається рівнозначною дії концентрованих розчинів лугів.

Вимоги безпечної роботи з кислотами та лугами

1. Основні (запасні) кількості кислот та інших агресивних рідин повинні зберігатися в приміщенні, спеціально призначеному для цього.

2. Розливати кислоти та інші агресивні рідини з бутилів великої місткості у склянки треба за допомогою сифона, використовуючи як джерело тиску гумову грушу, ручний насос або повітродувку. Використовувати з цією метою електричні повітродувки забороняється.

3. Щоб запобігти отруєнню, концентровані кислоти: нітратну, хлоридну, інші димлячі речовини, а також амоніак — слід розливати у витяжній шафі особливо обережно.

4. Переносити склянки з реактивами треба в плетених корзинах або в іншій тарі, що забезпечує зручне й безпечне транспортування.

5. Не можна переносити й навіть піднімати склянки з кислотами та іншими агресивними рідинами, узявши їх лише за шийку посудини.

6. Доставлені до лаборантської реактиви розміщують у призначених для них місцях зберігання.

7. Розбавляючи концентровані кислоти водою, треба лити кислоту у воду, а не навпаки, постійно перемішуючи. Доливання води до концентрованої кислоти (особливо сульфатної) супроводжується сильним нагріванням і розбрикуванням рідини, що може призвести до опіків.

8. Для розбавлення концентрованих кислот, змішування їх між собою і для змішування речовин, що супроводжуються виділенням тепла, потрібно користуватися лише тонкостінним хімічним або порцеляновим посудом.

9. Не можна заливати гарячі або навіть теплі рідини у товстостінні посудини і прилади (наприклад, до апарату Кіппа) і додавати в них сульфатну кислоту.

10. Щоб уникнути опіків порожнини рота, а також отруєння, забороняється ротом набирати у піпетку розчини кислот, лугів та інших агресивних рідин. Для засмокування цих речовин слід користуватися піпетками з різними пастками та гумовою грушею.

11. Усі операції з кислотами й лугами обов'язково слід здійснювати в гумових рукавицях, використовуючи захисні окуляри та інші запобіжні засоби.

12. Забороняється використовувати як зневоднюючий засіб в ексикаторі сульфатну кислоту.

13. Луги слід розчиняти у порцеляновому посуді, повільно додаючи до води невеликі порції речовини з безперервним перемішуванням.

14. Шматочки лугу можна брати лише пінцетом чи щипцями. Великі шматки їдких лугів слід подрібнювати в захисних окулярах і рукавицях у спеціально відведеному місці.

15. Відпрацьовані кислоти й луги слід збирати окремо в спеціально призначений посуд і зливати в каналізацію тільки після нейтралізації.

16. Розлиті кислоти або луги необхідно негайно засипати піском, нейтралізувати і лише після цього прибрати.

17. У випадку аварійної ситуації (розбився прилад, склянка з агресивною рідиною), що супроводжується виділенням значної кількості отруйних газів і пари, слід негайно вивести всіх із приміщення, після чого розпочати її ліквідацію, користуючись протигазом та іншими захисними засобами.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З МЕТАЛІЧНИМ КАЛІЄМ І НАТРІЄМ

Лужні метали, калій і натрій енергійно взаємодіють із водою з виділенням водню, що супроводжується вибухом. Під час роботи з металічними калієм і натрієм треба бути особливо обережними.

1. Усі роботи з металічними калієм і натрієм слід виконувати у захисних окулярах і гумових рукавицях на листах у витяжній шафі віддалік від джерел води і тепла.

2. Слід уникати можливості контакту цих металів з водою, вологими предметами, а також органічними сполуками, що містять Хлор, сухим льодом — твердим карбон(IV) оксидом.

3. Забороняється працювати з лужними металами в умовах високої вологості в приміщенні.

4. Зберігати металічні калій і натрій слід у скляній банці, щільно закритій корковою пробкою, під шаром зневодненого гасу, парафіну або трансформаторного масла; у свою чергу, банки зберігати в металевому ящику з піском.

5. Виймати металічні калій і натрій з тари, завантажувати їх в апарати тощо слід тільки сухим пінцетом або тигельними щипцями. Гас, парафін і трансформаторне масло з поверхні металу витирати фільтрувальним папером.

6. Різати лужні метали слід на фільтрувальному папері сухим і гострим ножом. Первинне різання лужного металу здійснювати під шаром трансформаторного масла або гасу для зняття верхнього пероксидного шару, оскільки внаслідок контакту пероксидних сполук із чистим металом на відкритому повітрі може відбутися вибух.

7. Відходи (обрізки) металічних калію і натрію збирати в окремі банки зі зневодненим гасом для наступного знищення в цей самий день. Забороняється нагромаджувати залишки лужних металів.

8. Забороняється викидати залишки металічних калію і натрію в каналізаційну раковину або тару для збирання сміття. Відходи калію і натрію кількістю до 2 г знищувати повністю, розчиняючи в етиловому спирті невеликими порціями, а утворений розчин зливаючи до каналізації.

9. Прилади і посуд, де можливі присутність частинок металічних калію і натрію, слід спочатку промити етиловим спиртом і лише після розчинення всього металу в ньому — мити водою.

10. Металічні калій і натрій, що загорілися, слід гасити порошковим вогнегасником, сухим піском, сухою магнезією або за допомогою азбестової ковдри. Забороняється застосовувати для гасіння лужних металів воду, пінні вогнегасники та карбон(IV) оксид.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОРГАНІЧНИМИ РОЗЧИННИКАМИ

Працюючи з органічними розчинниками, слід ураховувати, що багато з них небезпечні як сполуки високої токсичності, і що більшість з них — легкозаймисті леткі речовини, які утворюють із повітрям вибухонебезпечні суміші.

У навчальній хімічній лабораторії використовуються бензин, бензен, дихлоретан, ксилен, толуен, ацетон, етиловий, бутиловий та метиловий спирти тощо.

За ступенем небезпечності розчинники, що застосовуються в навчальній хімічній лабораторії, належать до трьох наступних груп:

- розчинники, що зумовлюють здебільшого гострі отруєння з переважаючим явищем наркозу: бензин, етиловий і бутиловий спирти, ацетон;
- розчинники більш токсичні, що спричинюють гострі отруєння: метиловий спирт, дихлоретан тощо;
- розчинники, що мають високу токсичність, і, крім гострих отруєнь, спричиняють стійкі зміни функцій кровоносних органів і нервової системи: бензен, толуен, ксилен тощо.

За ступенем пожежної безпеки більшість із них належить до легкозаймистих речовин.

Завжди під час роботи з розчинниками слід бути надзвичайно обережними і не допускати навіть незначної недбалості.

Основні вимоги безпеки під час роботи з органічними розчинниками:

1. Роботу з розчинниками обов'язково виконують у витяжній шафі.
2. Прилад, за допомогою якого демонструється дослід, пов'язаний з небезпекою вибуху, з боку студентів повинен бути захищений екраном з оргстекла. Експериментатор захищає очі окулярами або маскою з козирком з оргстекла.
3. Під час роботи з легкозаймистими розчинниками всі горілки, що є у витяжній шафі, де виконується дослід, слід загасити, а електричні нагрівачі з відкритою спіраллю — вимкнути.
4. Посуд для виконання дослідів з органічними розчинниками повинен бути чистим і сухим, у чому обов'язково слід переконатися перед його заповненням.
5. Роботу, пов'язану з небезпекою загоряння, спалаху або вибуху, слід виконувати стоячи.
6. Неприпустимо під час дослідів із розчинниками залишати робоче місце без нагляду.
7. Нагрівання та перегонку легкозаймистих і горючих органічних розчинників дозволяється виконувати лише на водяній або повітряній бані, використовуючи електронагрівачі із закритою спіраллю.
8. Забороняється виливати органічні розчинники до каналізації. Відпрацьовані рідини слід збирати у призначену для цього тару, що герметично закривається, і знищувати в місцях, погоджених із санітарною та пожежною інспекціями.
9. Якщо в умовах аварійної ситуації будуть розлиті органічні розчинники, то слід обов'язково вжити таких заходів:
 - негайно вивести студентів з приміщення;
 - погасити в приміщенні всі пальники і вимкнути електричні прилади;
 - зачинити двері, відчинити вікна або кватирки;
 - зібрати розливу рідину ганчіркою або рушником і викрутити їх над широкою посудиною, після чого рідину перелити до посудини для збирання відпрацьованих рідин;
 - припинити провітрювання приміщення лише після того, як повністю зникне запах розлитого розчинника;
 - прибирання здійснювати в захисних окулярах і гумових рукавицях.

10. Кількість розчинників, що одночасно знаходиться в навчальній хімічній лабораторії, не повинна перевищувати потреби для заняття, яке проводиться.

11. Розчинники слід зберігати в товстостінному скляному посуді з притертою пробкою. Зберігати ці рідини в тонкостінному посуді забороняється.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ТОКСИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Більшість хімічних речовин тією чи іншою мірою токсичні. Застережні заходи під час роботи з ними спрямовані на запобігання випадкам проникнення їх до організму через ротову порожнину, легені або шкіру. У виробничій санітарії хімічні речовини характеризують значеннями гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони, тобто такими концентраціями, які за умов щоденної роботи не можуть викликати захворювань або відхилення стану здоров'я. Відомості щодо ГДК деяких хімічних речовин наведено у табл. Д. 1.

Таблиця Д.1 – Гранично допустимі концентрації деяких речовин у повітрі робочої зони із зазначенням їх класу небезпеки

Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Аміни первинні C ₇ –C ₉	1	2	Метанол	5	3
Амоніак	20	4	Мурашина кислота	1	2
Анілін	0,1	2	β-Нафтол	0,1	2
Ацетон	200	4	Піридин	5	2
Ацетонітрил	10	3	Пропанол-1	10	3
Бензальдегід	5	3	Сульфатна кислота	1	2
Бензилхлорид	0,5	1	Скипідар	300	4
Бензен	5	2	Тетрагідолфуран	100	4
Бром	0,5	2	Тетрахлорметан	20	2
Бутанол-1	10	3	Толуол	50	3
Бутилацетат	200	4	Триетиламін	10	3
N-Вінілпіролідон	1	2	Оцтова кислота	5	3
Диметиламін	1	2	Фенол	0,3	2
N,N-Диметиланілін	0,2	2	Формальдегід	0,5	2
Диметилформамід	10	2	Хлорбензен	3	3
Діоксан	10	3	Хлоридна кислота	5	2
1,2-Дихлоретан	10	2	Циклогексан	80	4
Діетиламін	30	4	Етанол	1000	4
Камфора	3	3	Етилацетат	200	4
Ксилени	50	3	Етилхлорид	50	4

Шкідливість багатьох органічних сполук визначається не тільки і не стільки величиною ГДК їх пари, але й іншими ознаками, такими як летальна доза при потраплянні до шлунково-кишкового тракту і кровоносної системи, шкіряно-наривна дія та ін. Більш загально за ступенем шкідливості для людського організму хімічні речовини поділяють на чотири класи небезпеки (найбільш небезпечний — 1 клас, найменш небезпечний — 4).

Усі роботи з отруйними і сильнодіючими речовинами 1 і 2 класу небезпеки виконують під витяжною шафою.

Під час роботи з токсичними речовинами слід ознайомитися з правилами надання першої медичної допомоги при отруєнні.

Багато органічних сполук — ароматичні (анілін) і аліфатичні (диметиламін) аміни, ароматичні вуглеводні (бензен, толуен), галогенопохідні (хлорбензол, тетрахлорметан) — надають шкідливої дії, проникаючи через дихальні шляхи і шкіру. Необхідно обережно поводитися з цими речовинами, не вдихати їх пару, уникати потрапляння на руки. Якщо таке відбулося, слід вимити руки теплою водою з милом. У випадку вдихання пари — вийти на свіже повітря.

Етиленгліколь небезпечний у тому випадку, якщо він потрапляє через шкіру, ротову порожнину. Токсична дія гідроксиламіну зумовлена його здатністю в організмі вступати в реакції, що блокують деякі ферментні системи.

Під час роботи з переліченими, а також з іншими хімічними речовинами, що використовуються під час виконання лабораторних робіт, необхідно дотримуватися всіх застережливих заходів.

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ ЗІ СКЛЯНИМ ХІМІЧНИМ ПОСУДОМ ТА ІНШИМИ ВИРОБАМИ ЗІ СКЛА

Під час роботи зі скляним хімічним посудом, приладами, скляними трубками та іншими виробами зі скла внаслідок неправильного необережного поводження з ними трапляються нещасні випадки:

- опіки рук за необережного поводження зі скляними трубками, стаканами, колбами та іншим хімічним посудом, нагрітим до високої температури;
- поранення рук і обличчя внаслідок розривання посудин або приладів за умов порушення правил використання виробів зі скла, що не відповідають за своєю якістю умовам проведення реакції.

Під час роботи зі скляними апаратами, приладами, посудом та іншими виробами зі скла необхідно дотримуватися наступних вимог техніки безпеки, а саме:

1. Під час роботи на установці зі скла в умовах, коли є хоч невелика ймовірність аварії, розривання посудин тощо, обов'язково треба огородити всю установку захисним екраном з оргстекла, а найнебезпечніші ділянки установки — металевою сіткою або металевим кожухом.

2. Усі види механічної та термічної обробки скла слід виконувати в захисних окулярах.

3. Посудину з гарячою рідиною не можна закривати притертою пробкою доти, доки вона не охолоне.

4. Переносячи посудини з гарячою рідиною, слід брати їх руками, захищеними рушником; велику посудину у цьому разі тримають однією рукою за дно, другою — за шийку.

5. Для речовин, змішування або розведення яких супроводжується виділенням тепла, слід використовувати порцеляновий або термостійкий тонкостінний хімічний посуд.

6. Великі хімічні стакани слід піднімати двома руками так, щоб відігнути його край (бортики) спиралися на вказівні й великі пальці.

7. Щоб відкрити посудину, пробку в якій заклинило, спочатку слід постукувати дерев'яним молоточком або брусочком по краях пробки знизу вгору. Постукувати треба з усіх боків, обережно, щоб не розбити посудину або не відколоти частину пробки, яка виступає.

Якщо це не допомагає, слід обережно підігріти шийку посудини так, щоб не нагрілася пробка: нагрівати можна рушником, змоченим гарячою водою, обгорнувши ним шийку посудини, або над полум'ям спиртового пальника, безперервно обертаючи посудину навколо вісі, не доторкуючись до полум'я. Забороняється підігрівати посудину над відкритим полум'ям, якщо в посудині містяться легкозаймисті, вибухонебезпечні або отруйні речовини.

8. Установку або окремі частини, що перебувають під вакуумом, треба екранувати дротяним екраном (сіткою); під час роботи обов'язково користуватися захисними окулярами.

9. У вакуумних установках і приладах застосовувати плоскодонний посуд (перегінну колбу, приймач) не дозволяється.

10. Скляні посудини, що призначені для роботи під вакуумом, заздалегідь випробовують на максимальне розрядження. Перед випробуванням посудину слід обгорнути рушником або натягнути на неї металеву сітку. Такі самі заходи безпеки застосовуються під час проведення фільтрування під розрядженням.

11. Упродовж процесу складання скляних приладів з'єднанням окремих їх частин за допомогою гумових трубок, а також під час інших робіт зі склом необхідно захищати руки рушником.

Щоб полегшити складання приладів, кінці скляних трубок змочують водою, вазеліном або гліцерином.

12. Щоб не порізати рук, кінці скляних трубок і паличок, що застосовуються для розмішування розчинів та з іншою метою, повинні бути оплавлені.

13. Тонкостінну посудину під час закривання гумовою пробкою (наприклад, влаштовуючи промивалки) тримають за верхню частину шийки, пробку трохи повертають, руки при цьому захищають рушником.

14. Роботу з отруйними, вогне- і вибухонебезпечними речовинами, а також роботи, що проводяться під тиском або вакуумом, слід виконувати в приладах і посуді з високоякісного термостійкого скла.

15. Нагріваючи рідину в пробірці або колбі, слід тримати їх так, щоб отвір пробірки або шийка колби були спрямовані від себе і сусідів по роботі.

16. Слід бути обережним під час різання трубок або паличок. Усі операції зі склом виконують без натискання і великих зусиль.

17. Щоб обрізати шматок скляної трубки або палички, слід зробити на ній надріз напилком або іншим інструментом, що ріже скло, після чого взяти трубку обома руками і легким натиском у напрямі, протилежному надрізу, зламати її.

18. Під час миття скляного посуду слід пам'ятати, що скло крихке, легко ламається і тріскається від ударів, різкої зміни температури.

19. Забороняється користуватися скляним посудом або приладами навіть з незначними ушкодженнями.

НАДАННЯ ПЕРШОЇ (ДОЛІКАРСЬКОЇ) МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ПОТЕРПІЛИМ

Під час проведення лабораторних занять у хімічній лабораторії можливі нещасні випадки (отруєння, хімічні й термічні опіки, травми уламками скла та ін.). Слід пам'ятати, що чим швидше буде надано допомогу потерпілому, тим менше буде небезпечних наслідків.

У хімічній лабораторії повинна бути аптечка з набором медикаментів, перев'язувальних засобів і приладів. В аптечці повинна бути інструкція щодо надання першої медичної допомоги і перелік основних заходів першої медичної допомоги під час нещасних випадків.

Перша допомога у разі отруєння

Карбон(ІІ) оксидом

Ознаки отруєння: запаморочення голови, головний біль, слабкість, блювання, шум у вухах, судоми і втрата свідомості.

Перша допомога: потерпілого негайно вивести на свіже повітря, звільнити від одягу, який заважає диханню, давати вдихати кисень (чистий або з добавкою 5% карбонатної (вугільної) кислоти. Потерпілого слід тримати в теплі, зігрівати грілками. У разі потреби робити штучне дихання до прибуття лікаря.

Сірководнем

Ознаки отруєння: запаморочення голови, головний біль, нудота, загальна слабкість. У деяких випадках може настати раптова смерть унаслідок ураження дихальних шляхів.

Перша допомога: потерпілому слід забезпечити доступ свіжого повітря, дати вдихати кисень із додаванням 5...7% карбонатної кислоти.

Оксидами Нітрогену

Ознаки отруєння: оксиди Нітрогену діють, насамперед, на слизову оболонку і дихальні шляхи, потім зумовлюють подразнення очей, сухість у горлі, кашель, іноді нудоту і блювання. Отруєння оксидами Нітрогену особливо небезпечно для осіб, які страждають на захворювання серця.

Перша допомога: потерпілому дати дихати чистим киснем. У зв'язку з можливим набряканням легень і порушенням кровообігу слід уникати всяких зусиль, потрібен повний спокій. Не допускати охолодження тіла.

Хлором

Ознаки отруєння: хлор має сильну подразнюючу дію на верхні дихальні шляхи. Кашель за умов тривалої дії посилюється і може завершитися спазмом окремих ділянок дихальних шляхів, і далі — припиненням дихання. Навіть у разі короткочасної дії хлору слід остерігатися гострого набрякання легень.

Перша допомога: негайно вивести потерпілого на свіже повітря, звільнити від одягу, що заважає диханню, дати дихати киснем. Зігрівати потерпілого грілками.

Бромом

Ознаки отруєння: бром уражає дихальні шляхи, подібно до отруєння хлором, зумовлює ще сильніше ураження очей і слизових оболонок. Потрапляючи на шкіру, спричинює сильні опіки.

Перша допомога: потерпілого вивести на свіже повітря. Якщо він не втратив свідомості, слід застосувати інгаляцію (вдихання водяної пари з додаванням амоніаку) і полоскання горла розчином питної соди.

Сульфур(IV) оксидом (сірчистим газом)

Ознаки отруєння: сірчистий газ сильно подразнює слизові оболонки, спричинює кашель і чхання.

Перша допомога: потерпілого вивести на свіже повітря, застосувати інгаляцію розчином питної соди.

Амоніаком

Ознаки отруєння: амоніак сильно діє на слизові оболонки, спричинює сльозотечу і запалення очей, сильний кашель, жар у горлі. Крім того, у потерпілого з'являються нудота і напади задишки.

Перша допомога: у разі отруєння через стравохід дати велику кількість води з додаванням до неї оцтової або лимонної кислоти для викликання рефлексу блювання, після чого напоїти молоком із білком яйця; у разі отруєння внаслідок вдихання амоніаку вивести потерпілого на свіже повітря і дати йому спокій.

Отруйними органічними рідинами

Якщо в організм через стравохід потрапляють отруйні органічні рідини: ацетон, формалін, метиловий, аміловий спирти, анілін тощо, необхідно викликати рефлекс блювання, а потім напоїти молоком з білком яйця.

Сульфуркарбоном (сірковуглецем)

Потерпілого вивести на свіже повітря, давати вдихати нашатирний спирт, дати 15–20 ефірно-валеріанових крапель з водою, потім напоїти міцним солодким чаєм.

Натрій флуоридом

Забезпечити потерпілому повний спокій, поїти молоком з білком яйця або дати вапняну воду.

Сульфатною кислотою

Дати потерпілому проковтнути шматок льоду і покласти лід на живіт, прополоскати рот 1% розчином калій перманганату або 2% розчином питної соди.

Ртуттю

Ртуть металічна після внутрішнього прийому, навіть у порівняно великих кількостях, не спричиняє отруєння. Проте небезпечними є пари ртуті та її солі.

Ознаки отруєння: металевий присмак у роті, слинотеча, пекучі болі в ділянці стравоходу, нудота.

Перша допомога: негайно викликати рефлекс блювання, поїти молоком з білком яйця, дати хворому адсорбуюче вугілля у воді або гідрат магній оксиду. Обов'язково викликати лікаря.

Перша допомога під час опіків

Під час роботи в навчальній хімічній лабораторії найбільш ймовірними є термічні та хімічні опіки. Причиною термічних опіків є доторкування незахищеними руками до розпечених або дуже нагрітих частин лабораторного обладнання. Хімічні опіки є результатом дії на шкіру різних хімічних речовин: кислот, лугів, деяких органічних сполук тощо.

Найнебезпечнішими з кислот є концентровані нітратна й флуоридна (плавикова) кислоти, що спричиняють дуже хворобливі uszkodження, які довго не загоюються. Серйозні ураження спричиняє «царська водка» (суміш концентрованих нітратної і хлоридної кислот). Дуже небезпечною є концентрована сульфатна кислота, особливо для очей.

Сильні опіки спричиняють їдкі луги, особливо концентровані. Це пояснюється глибшим, порівняно з кислотами, проникненням лугу всередину шкірного покриву й перебігом там необоротних перетворень.

Важкість опіків кислотами й лугами значно підвищується, якщо ці реагенти нагріті. У разі термічних опіків першого ступеня обпечене місце слід присипати натрій гідрогенкарбонатом (питна сода) або тальком. Добре допомагають примочки зі свіжовиготовленого 2% розчину питної соди або калій перманганату. Кращим засобом для примочок є також 5% етиловий спирт. За умов важких опіків необхідно негайно відправити потерпілого до лікувального закладу.

У разі опіків кислотами і лугами уражену ділянку шкіри слід промити великою кількістю води; потім на обпечене місце покласти примочку: при опіках кислотою — 2% розчин питної соди; лугом — 1...2% розчин оцтової кислоти.

Якщо опіки спричинені плавиковою кислотою, відразу починають промивати уражене місце проточною водою. Промивати слід доти, доки побіліла поверхня шкіри не почервоніє. Після цього прикласти до ураженого місця свіжовиготовлену суспензію 2% магній оксиду в гліцерині. Добрі результати дає також накладання на уражене місце компресу з вати, змоченої розчином борної кислоти.

За умов опіків під час роботи з металічними калієм і натрієм, а також фосфором необхідно тампоном вати зняти з шкіри ці речовини, а потім промити великою кількістю води.

Якщо опіки спричинені бромом, то треба швидко змити його з поверхні шкіри кількома порціями етилового спирту, а потім змазати уражені місця мазью від опіків.

Перша допомога у разі опіків очей

Опіки очей під час роботи в навчальній хімічній лабораторії найчастіше спричиняються кислотами й лугами.

Якщо розглядати важкість uszkodження очей кислотами й лугами, то за інших однакових умов (однакова температура розчину, однакові концентрації, тиск, під яким розчин потрапляє до кон'юнктивного мішечку та ін.) uszkodження лугом завжди значно небезпечніше.

Опіки шкіри, вій і кон'юнктиви кислотою спричиняють відчуття різкого болю і жару. Кислота обпалює відразу, безпосередньо після опіку видно ділянку

і важкість ураження. Можна спостерігати почервоніння, у важких випадках — змертвіння тканини, а надалі — відторгнення змертвілої тканини.

Опіки лугом мають інший характер. Звичайно відразу ж після потрапляння лугу в око відчувається несильний біль, незначне почервоніння кон'юнктиви, збліднення рогівки. Нерідко хворі без достатніх підстав заспокоюються й іноді навіть не звертаються до спеціалістів. Проте через 1–2 дні почервоніння ока збільшується, рогівка мутніє й іноді через кілька днів (залежно від важкості опіку) стає зовсім мутною, людина втрачає зір.

Усе це відбувається внаслідок того, що кислота безпосередньо обпалює тканини, до яких дотикається. А луг просочується між клітинами й спричинює руйнівну дію тканини. Ось чому, якщо в око потрапляє якась хімічна рідина, необхідно терміново звернутися до лікаря-спеціаліста.

Перша допомога у разі потрапляння в око будь-яких хімічних речовин — якомога швидше ретельне промивання його великою кількістю рідини.

Якщо в око потрапила кислота, найкраще добре промити його 1...2% розчином питної соди; якщо луг — слабким розчином борної кислоти (1 чайна ложка борної кислоти на склянку води). Якщо немає готового розчину борної кислоти або соди, можна промити око звичайною водою. Ретельно промивати очі після опіку слід упродовж 20...30 хв, а потім потерпілого обов'язково госпіталізувати.

Перша допомога під час поранення

Надаючи першу допомогу під час поранення (поріз склом тощо), необхідно виконувати такі правила:

1. Той, хто надає допомогу пораненому, повинен з милом вимити руки.

Доторкуватися до самої рани, навіть вимитими руками, не дозволяється. Не дозволяється обмивати рану водою.

2. Очищати рану механічно можна лише з використанням стерильного пінцету або стерильної марлі.

3. Після очищення змазати поверхню шкіри навколо рани йодною спиртовою настоянкою.

4. Якщо поріз невеликий, то присипати його білим стрептоцидом або порошком іншого сульфаніламідного препарату, покрити стерильною марлею і забинтувати.

5. У разі серйозного порізу та сильної кровотечі викликати лікаря. До його приходу накласти джгут вище від рани, покрити рану стерильною марлею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кравченко Е. Ф. Органічна хімія : навч. посібн. у 2 ч. Ч. I. Вуглеводні й оксигеновмісні похідні / Е. Ф. Кравченко, Н. В. Мурликіна. – Харків : ХДУХТ, 2004. – 224 с.
2. Кравченко Е. Ф. Органічна хімія : навч. посібн. у 2 ч. Ч. II. Гетерофункціональні похідні та гетероциклічні сполуки / Е. Ф. Кравченко, Н. В. Мурликіна. – Харків : ХДУХТ, 2006. – 224 с.
3. Грандберг И. И. Практические и семинарские занятия по органической химии : пособие для студ. вузов / И. И. Грандберг. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2001. – 352 с.
4. Кононський О. І. Органічна хімія. Практикум : навч. посіб. / О. І. Кононський. – К. : Вища школа, 2002. – 247 с.
5. Бобрівник Л. Д. Органічна хімія / Л. Д. Бобрівник, В. М. Руденко, Г. О. Лезенко. – Київ; Ірпінь : «Перун», 2002. – 544 с.

Інтернет ресурси

1. Resources for the WPI General Chemistry Program: CH1010 (Molecularity), CH1020 (Forces and Bonding), CH1030 (Equilibrium), CH1040 (Dynamics) [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < <http://www.wpi.edu/Academics/Depts/Chemistry/Courses/General/>>.
2. Ask [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < <http://www.wpi.edu/Academics/Depts/Chemistry/Courses/General/kinfephtim.html> >.
3. Wiley. Online library [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470661345?gclid=CKfL05mYnq8CFcjO3wod_SnNdg>.
4. Ask [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < <http://www.usd.edu/~gsereda/computer.html>>.
5. University of South Dakota. Organic Reaction Animations [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < <http://people.usd.edu/~gsereda/computer.html>>.
6. Organic Chemistry Demonstration Experiments on Video Chemistry Visualized [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Video-e.htm>.
7. RSC. Advancing the Chemical Sciences [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < <http://www.rsc.org/membership/networking/interestgroups/educationaltechniques/chemistrycassettes/index.asp>>.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
Правила роботи і техніка безпеки в лабораторії органічної хімії.....	5
Організація робочого місця в навчальній лабораторії органічної хімії і порядок оформлення лабораторних робіт.....	6
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I. ВУГЛЕВОДНІ Й ОКСИГЕНОВМІСНІ ПОХІДНІ	
ВСТУП.....	17
1.1 Виділення та очищення органічних речовин.....	17
Лабораторна робота №1.....	18
1.2 Якісний елементний аналіз органічних речовин.....	21
Лабораторна робота №2.....	21
2 ВУГЛЕВОДНІ.....	25
2.1 Алкани — насичені вуглеводні.....	25
Лабораторна робота №3.....	28
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	29
2.2 Алкени.....	33
Лабораторна робота №4.....	35
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	36
2.3 Алкіни. Алкадієни.....	40
Лабораторна робота №5.....	42
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	43
2.4 Аліциклічні вуглеводні. Терпени.....	48
Лабораторна робота №6.....	50
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	50
2.5 Арени.....	54
Лабораторна робота №7.....	57
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	59
3 ГІДРОКСИСПОЛУКИ.....	63
3.1 Спирти. Етери.....	63
Лабораторна робота №8.....	64
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	67

3.2 ФЕНОЛИ.....	70
Лабораторна робота №9.....	72
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	73
4 ОКСОСПОЛУКИ.....	78
Лабораторна робота №10.....	81
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	83
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II. ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ ТА ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ	
5 ГОМО І ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ.....	89
5.1 Одноосновні карбонові кислоти.....	89
Лабораторна робота №11.....	92
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	94
5.2 Двоосновні карбонові кислоти. Похідні карбонових кислот.....	98
Лабораторна робота №12.....	100
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	103
5.3 Гідроксикислоти.....	108
Лабораторна робота №13.....	111
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	113
6 ВУГЛЕВОДИ.....	118
6.1 Моносахариди.....	119
Лабораторна робота №14.....	122
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	125
6.2 Олігосахариди.....	128
Лабораторна робота №15.....	130
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	133
6.3 Полісахариди.....	135
Лабораторна робота №16.....	137
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	140
7 АМІНИ. АМІНОКИСЛОТИ. БІЛКИ.....	142
7.1 Аміни. Діазо-, азосполуки.....	142
Лабораторна робота №17.....	143

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	147
7.2 Амінокислоти.....	151
Лабораторна робота №18.....	154
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	158
7.3 Білки.....	163
Лабораторна робота №19.....	166
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	168
8 ЛІПІДИ.....	170
Лабораторна робота №20.....	173
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	176
9 ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ.....	179
Лабораторна робота №21.....	181
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	186
ДОДАТКИ.....	190
Додаток А. МЕТОДИКА РОЗДІЛЕННЯ РЕЧОВИН МЕТОДОМ ТОНКОШАРОВОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ.....	191
Додаток Б. МЕТОДИКА РОЗДІЛЕННЯ РЕЧОВИН МЕТОДОМ ХРОМАТОГРАФІЇ НА ПАПЕРІ.....	193
Додаток В. РЕКОМЕНДОВАНА ТЕМАТИКА ДОПОВІДЕЙ І НАУКОВО- ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ.....	194
Додаток Д. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ.....	195
Правила електробезпеки під час роботи в лабораторії.....	195
Правила безпеки під час роботи з кислотами і лугами.....	195
Правила безпеки під час роботи з металічним калієм і натрієм.....	197
Правила безпеки під час роботи з органічними розчинниками.....	197
Правила безпеки під час роботи з токсичними речовинами.....	199
Правила безпеки під час роботи зі скляним хімічним посудом та іншими виробами із скла.....	200
Додаток Е. НАДАННЯ ПЕРШОЇ (ДОЛІКАРСЬКОЇ) МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ПОТЕРПІЛИМ.....	203
Література.....	207

Навчальне видання

МУРЛИКІНА Наталя Віталіївна

УПАТОВА Олена Іванівна

УКЛЕІНА Олена Григорівна

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Лабораторний практикум Вправи і завдання

Навчальний посібник

Редактор Г.С. Супруненко

Підп. до друку 03.11.2014 р. Формат 60x84/16. Папір офсет. Друк офс.
Умов.друк. арк. 13,2. Тираж 100 прим. Зам. № 214

Видавець та виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, Харків, 61051
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №4417 від 10.10.2012 р.