

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПЕДАГОГІКИ НАПН УКРАЇНИ**

**Людмила Величко,
Тетяна Вороненко,
Олександр Нетрибійчук**

**Методичні рекомендації з вивчення курсів
за вибором з хімії.
10-11 класи**

Київ – 2022

**Рекомендовано до випуску та розповсюдження
вченою радою Інституту педагогіки НАПН України
від 18 листопада 2021 р., протокол № 13.**

Рецензенти:

О. Г. Ярошенко, доктор педагогічних наук, професор, дійсний член НАПН України, головний науковий співробітник відділу інтеграції вищої освіти і науки Інституту вищої освіти НАПН України;

С. С. Сидоренко, учитель хімії середньої загальноосвітньої школи № 281, Святошинського району м. Києва.

Величко Л., Вороненко Т., Нетрибійчук О. Методичні рекомендації з вивчення курсів за вибором з хімії. 10-11 класи: методичні рекомендації. [Електронне видання]. – Київ: Педагогічна думка, 2022. – 56 с.

ISBN 978-966-644-637-7

Методичні рекомендації стосуються чотирьох курсів за вибором для профільної школи, розроблених за програмами, схваленими для використання у загальноосвітніх навчальних закладах комісією з хімії Науково-методичної ради з питань освіти МОН України.

Для вчителів, які навчатимуть учнів за програмою узагальнювального курсу за вибором «Органічні речовини. 11 клас», визначено такі основні методичні орієнтири: посилення уваги до первинних узагальнень під час вивчення основного курсу хімії; складання узагальнювальних таблиць і схем; виконання учнями тренувальних вправ і завдань для попередньої підготовки до узагальнення; організація самостійної роботи учнів; підтримання їхньої мотивації; використання ІКТ.

Міжпредметний зміст курсу за вибором «Біоорганічна хімія. 11 клас» визначає характер методичних рекомендацій, спрямованих на формування цілісного уявлення учнів про взаємозв'язок складу, структури, властивостей і функцій в організмі речовин, що беруть участь у процесах метаболізму людини.

Методичні рекомендації до курсу за вибором «Розв'язування задач з хімії. 10-11 класи» спрямовують учителя на формування в учнів предметної та ключових компетентностей, систематизацію знань, розвиток навичок самостійної роботи учнів і здатності знаходити власний спосіб розв'язування задач. Матеріал охоплює всі типи задач, що вивчаються за основною програмою з хімії, а також комбіновані задачі.

У методичних рекомендаціях до курсу за вибором «Сучасні технології та матеріали. 11 клас» з кожної теми наведено матеріал, який можна використати під час вивчення курсу, зокрема, про застосування сучасних матеріалів у різних галузях, перспективні розробки українських учених. Розглянуто поняття, що потребують докладного пояснення вчителя, оскільки занурюють учнів у новий, досі невідомий світ наноматеріалів і сучасних технологій.

© Інститут педагогіки НАПН України, 2022

© Величко Л., Вороненко Т., Нетрибійчук О., 2022

© Педагогічна думка, 2022

Зміст

Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором «Органічні речовини. 11 клас» (Величко Л.).....	4
Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором «Біоорганічна хімія. 11 клас» (Величко Л.).....	19
Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором «Розв'язування задач з хімії. 10-11 класи» (Вороненко Т.).....	32
Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором «Сучасні технології та матеріали. 11 клас» (Нетрибійчук О.).....	42

Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором «Органічні речовини. 11 клас»

Л.Величко

Курс за вибором «Органічні речовини» узагальнює відомості про будову, властивості, добування органічних сполук. Особливість пропонованого узагальнення полягає в тому, що воно не повторює традиційну схему вивчення речовин кожного класу від їхнього складу до застосування, а структурується відносно будови, хімічних реакцій, методів добування речовин усіх класів у сукупності. Огляд сполук у такому ракурсі дає змогу порівняти їх не лише у межах класу чи групи, а й у розвитку від простіших до складніших, виявити їхні суттєві ознаки та відмінності, місце в структурній ієрархії, можливості взаємних перетворень, виробити цілісний погляд на органічні речовини та їхнє значення, тобто досягнути вищого ступеня узагальнення знань унаслідок переструктурування, встановлення нових смислових зв'язків. Це уможливорює вільне оперування знаннями за потреби застосування їх на практиці.

Основні методичні орієнтири для вчителів, що сприятимуть успішній реалізації курсу за вибором: посилення уваги до первинних узагальнень під час вивчення основного курсу хімії; складання узагальнювальних таблиць і схем; виконання учнями тренувальних вправ і завдань для попередньої підготовки до узагальнення; організація самостійної роботи учнів; підтримання їхньої мотивації; використання ІКТ.

Програму курсу, схвалену до використання МОН України, можна знайти в журналі «Біологія і хімія в рідній школі» (2020, № 2, с. 33 – 36) та в електронній бібліотеці НАПН України за посиланням <http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/721967>

Тема 1. Багатоманітність органічних речовин

Тема має узагальнювальний характер, тому їй має передувати попередня підготовка учнів, повторення вивченого. Її можна проводити за таким планом: 1) скласти перелік вивчених класів органічних сполук, зазначити їхні

загальні формули, функціональні групи, навести приклади речовин; 2) повторити визначення ізомерії і гомології, види структурної ізомерії, підібрати приклади ізомерів і гомологів; 3) навести приклади сполук з різною будовою карбонового скелета; 4) навести приклади сполук з різним характером міжатомних зв'язків.

Усі органічні речовини за походженням можна поділити на дві групи: природні й синтетичні. У процесі узагальнення доцільно скласти таблицю «Природні й синтетичні продукти органічного походження». До перших належать корисні копалини, продукти рослинного і тваринного походження, а також планктону. Синтетичні продукти можна згрупувати: пластмаси, мийні засоби, лікарські засоби тощо й деталізувати, називаючи окремі сполуки.

Багатоманітність органічних сполук зумовлюється кількома причинами.

1. *Характер карбонового ланцюга* (лінійний, розгалужений, циклічний).
2. *Характер хімічних зв'язків* між атомами Карбону (прості, кратні, ароматичні).
3. *Наявність функціональних (характеристичних) груп.*
4. *Ізомерія* (структурна, просторова – *цис-*, *транс-*).
5. *Гомологія.*
6. *Здатність до полімеризації.*

Оптичну ізомерію та конформації розглядають у разі навчання на профільному рівні.

Кожна позиція має ілюструватись конкретними прикладами речовин.

Виявом багатоманітності органічних сполук також є рівні їхньої структурної організації. Для узагальнення знань учнів доцільно пригадати, які рівні структурної організації їм відомі, які структурні частинки є носіями рівнів: атоми – атомний рівень, сполуки молекулярної будови – молекулярний рівень, макромолекули, полімери – полімерний рівень. Макромолекули об'єднуються в молекулярні ансамблі, які є предметом вивчення порівняно нової галузі хімії – супрамолекулярної хімії (лат. префікс *supra* – над), що сформувалася у 70-х роках ХХ ст. Її фундатор, французький учений, лауреат

Нобелівської премії Ж. М. Лен визначив як «хімію за межами молекули». Об'єктами вивчення супрамолекулярної хімії є молекулярні ансамблі. Органічні речовини молекулярної будови утворюються переважно через ковалентні зв'язки, а молекулярні ансамблі – через міжмолекулярні. Саме цей рівень, на якому перебувають біополімери, забезпечує перебіг процесів у живому організмі.

Учнів треба підвести до висновку, що зміна будь-якої характеристики будови речовини приводить до появи нової сполуки і, таким чином, їхня багатоманітність практично є невичерпною.

Прикладом може бути така справа. Задано сполуку з відкритим ланцюгом, що містить п'ять атомів Карбону, два атоми Оксигену, кратний зв'язок. Це може бути сполука $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{COOH}$ або ізомерні сполуки: за карбоновим скелетом, за місцем кратного зв'язку, між класами (карбонова кислота – естер).

Для кожної із цих сполук, своєю чергою, треба скласти формули кількох їхніх ізомерів, гомологів. Мета вправи – підвести учнів до висновку, що будь-яка зміна в будові речовини приводить до появи нової сполуки.

Обговорити багатоманітність органічних речовин можна і в ігровій формі. Для цього пропонується учням розглянути малюнок, на якому зображено різноманітні побутові предмети, і назвати формули речовин, з яких виготовлено ці предмети. Можна дати учням змогу доповнити малюнок, записати на ньому формули органічних сполук.

Далі треба звернути увагу на інший бік багатоманітності речовин – їхній взаємозв'язок. Основа спорідненості органічних сполук – це єдність елементного складу. Учні мають зробити висновок про те, що взаємозв'язок між органічними речовинами різних класів є відображенням загальних взаємозв'язків у природі. Можна розглянути схему перетворення етану на естер. Схему спершу складають у загальному вигляді, а потім записують рівняння реакцій між конкретними речовинами, наприклад добути етилетаноат з метану.

Тема 2. Електронна будова органічних речовин.

Утворення ковалентного хімічного зв'язку. Вуглеводні

Узагальнення знань про електронну природу хімічних зв'язків у органічних сполуках доцільно проводити з опорою на матеріал курсу фізики. Розглядаючи параметри хімічних зв'язків (довжину, енергію, полярність), учні мають пригадати, з яких видів енергії складається внутрішня енергія системи та від чого залежить кінетична і потенціальна енергія (перша – від швидкості руху тіл, що становлять систему, від їхньої маси; друга – від взаємного розміщення тіл у системі та від сил, що діють між ними). Внутрішня енергія такої системи як молекула складається з кінетичної енергії руху атомних ядер та електронів і потенціальної енергії взаємодії між ядрами й електронами.

Стан системи з мінімумом енергії є найстійкішим. Молекула як стійка система утворюється, якщо з наближенням атомів повна внутрішня енергія системи зменшується порівняно з енергією ізольованих атомів. Встановлюється певна відстань між ядрами атомів (довжина зв'язку), на яку вони можуть наблизитися, поки не почали діяти сили відштовхування. Отже, довжина хімічного зв'язку – середня відстань між ядрами атомів, що відповідає мінімуму енергії молекули.

Поняття довжини зв'язку ілюструють схемою утворення ковалентного зв'язку між атомами Гідрогену.

Інший параметр зв'язку – його енергія. Це та енергія, що виділяється під час утворення хімічного зв'язку. Її можна розглядати як таку, що необхідно затратити для розриву хімічного зв'язку. Слід зробити висновок: що більша енергія зв'язку, то він міцніший.

Учні можуть самостійно дійти ще одного висновку – щодо співвідношення довжини та енергії зв'язку. Що більше перекриваються електронні орбіталі, то менша відстань між ядрами, то більше виділяється енергії. Знаючи енергію зв'язку, можна робити припущення щодо його довжини й навпаки. Що більша енергія і менша довжина зв'язку, то він міцніший.

Поняття полярності хімічного зв'язку можна повторити на прикладі неорганічних речовин з ковалентним полярним зв'язком, порівняти полярність зв'язків Хлор – Гідроген і Бром – Гідроген у відповідних сполуках, звернувшись до таблиці відносної електронегативності хімічних елементів.

На цих самих прикладах розглядаються способи розриву хімічного зв'язку за йонним або радикальним механізмом.

Просторова напрямленість хімічних зв'язків зумовлюється електронною будовою молекул. Тетраедричний напрям зв'язків у молекулі метану є наслідком гібридизації електронних орбіталей атома Карбону. Подібні приклади учні мають наводити самостійно.

Загальні висновки щодо хімічних зв'язків в органічних сполуках.

1. Ковалентний зв'язок є найхарактернішим для органічних речовин.
2. Ковалентний зв'язок характеризується довжиною, енергією, полярністю, напрямленістю у просторі.
3. Ковалентний зв'язок може розриватись за йонним або радикальним механізмом.

Для формування хімічної компетентності учнів має значення не саме по собі засвоєння знань про параметри зв'язків, а розуміння користі цих знань для пояснення хімічної активності органічних сполук. Як приклад доцільно розглянути термічну активність алканів. Звертається увага на те, що в разі збільшення кількості атомів Карбону в молекулі її термічна стійкість зменшується. Щоб пояснити таку залежність, учні мають зіставити температуру розкладання та енергію зв'язку в молекулах. Найбільш термостійкий з алканів – метан, він розкладається за температури понад 1000°C. Вищі алкани розкладаються за значно нижчої температури, близько 450 °C. Енергія зв'язку

C–H (414 кДж/моль) значно більша за енергію C–C-зв'язку (343 кДж/моль). Можна дійти висновку, що розрив зав'язків між атомами Карбону відбувається легше, ніж розрив C–H-зв'язків.

Значення параметрів молекул можна виявити, відповідаючи на запитання: чому молекула метану неполярна, хоча зв'язки C–H є слабополярними.

Причина полягає в тетраедричній будові молекули: симетричне розміщення атомів Гідрогену щодо атома Карбону зрівноважує полярність зв'язків, і молекула в цілому стає неполярною.

У разі потреби можна розглянути види гібридизації електронних орбіталей атома Карбону, використовуючи схеми будови метану, етану, етену, етину, бензену.

Узагальнення відомостей про будову вуглеводнів доцільно побудувати на основі принципу розширення й поглиблення наукових понять. Якнайкраще він реалізується в разі використання прийому порівняння: поняття, що їх засвоєно на прикладі будови алканів, переносять на клас алкенів, алкінів і аренів. Доцільно скласти порівняльну таблицю з такими графами:

Хімічна формула речовини;

Тип гібридизації електронних орбіталей атомів Карбону;

Довжина С–С-зв'язку;

Валентний кут;

Енергія С–С-зв'язку;

Вид ізомерії.

Така таблиця унаочнює відмінності в будові різних груп вуглеводнів, ускладнення цієї будови. Таблиця стане у пригоді під час узагальнення знань про хімічні реакції органічних речовин як підстава для виведення залежності властивостей від складу і будови органічних речовин.

Оксигеновмісні сполуки

Особливістю вивчення електронної будови оксигеновмісних сполук є розвиток поняття гібридизації електронних орбіталей на прикладі атома Оксигену.

Традиційно у шкільних підручниках хімії поняття гібридизації електронних орбіталей застосовували лише до атома Карбону. Створювалася така суперечлива картина: ніби для утворення подвійного зв'язку в карбонільних сполуках атом Карбону надає як sp^2 -гібридну, так і негібридну p -електронну орбіталь, а атом Оксигену – лише негібридні p -електронні

орбіталі. В учнів формувалося хибне уявлення про гібридизацію як «привілей» атомів Карбону. Однак спектральні дослідження свідчать про те, що атом Оксигену карбонільної групи перебуває у стані, близькому до sp^2 -гібридизації, а в гідроксильній групі – до sp^3 -гібридизації.

Перед повторенням електронної будови гідроксильної групи доцільно розглянути геометрію молекул води, метану, метанолу і переконатися, що валентний кут, утворений атомом Оксигену, близький до такого в атома Карбону в молекулі метану. Припущення про стан гібридизації атома Оксигену підтверджуються також спектральними характеристиками й квантово-хімічними розрахунками.

Записавши електронну конфігурацію атома Оксигену, учні за аналогією з Атомом Карбону складають схему sp^3 -гібридизації електронних орбіталей першого. Стає очевидним, що чотири гібридні орбіталі належать шести електронам зовнішнього шару атома Оксигену, тобто на двох розміщуються чотири (по два на кожній) електрони, а дві інші містять по одному електрону, що можуть утворювати хімічні зв'язки. У молекулі метанолу Оксиген утворює два σ -зв'язки: з атомом Гідрогену внаслідок перекривання з s -електронною хмарою атома Гідрогену і з sp^3 -гібридною хмарою атома Карбону.

Таке тлумачення електронної будови молекул спиртів дає змогу обґрунтовано пояснювати їхні властивості, зокрема полярність молекул і здатність утворювати водневі зв'язки.

Утворення подвійного зв'язку в карбонільній групі доцільно порівняти з таким в етені. Оскільки кут Н–С–О становить 120° , то можна зробити припущення що атом Оксигену, як і атом Карбону перебуває у стані sp^2 -гібридизації. Подвійний зв'язок утворюється внаслідок перекривання гібридних електронних хмар атомів Карбону і Оксигену (σ -зв'язок) та негібридних p -електронних орбіталей цих атомів (π -зв'язок).

Щодо будови молекул карбонових кислот треба звернути вагу на взаємний вплив атомів у карбоксильній групі і зробити висновок, що вона не є

формальним поєднанням двох груп – карбонільної та гідроксильної, а спричиняє появу якісно нової функції.

Будову молекули глюкози доцільно розглядати, виходячи з її реакцій, уже відомих учням: з купрум(II) гідроксидом, «срібного дзеркала», естерифікації.

На основі цих реакцій можна зробити припущення, що глюкоза – поліфункціональна сполука, альдегідоспирт, містить п'ять гідроксильних груп.

Будову крохмалю і целюлози узагальнено розглядають на основі порівняння за такими параметрами: склад макромолекул, ступінь полімеризації, середня відносна молекулярна маса, форма макромолекул, елементарна структурна ланка.

Нітрогеновмісні сполуки

Будову молекул амінів розглядають у зіставленні з будовою молекул амоніаку.

Виходячи з електронної конфігурації атома Нітрогену, учні розглядають sp^3 -гібридизацію електронних орбіталей унаслідок «змішування» s - і

p -електронів. Гібридні орбіталі належать п'ятьом електронам зовнішнього шару атома Нітрогену: три неспарені електрони займають по одній гібридній орбіталі, парі електронів належить четверта. Учні можуть пригадати, що електронна пара в атомі Оксигену в молекулі метанолу спричиняла стискання валентного кута порівняно з тетраедричним у метані. Щодо амоніаку, то молекула має форму піраміди, кути між зв'язками становлять 107° , оскільки вільна електронна пара займає більший простір, ніж атом Гідрогену, і кут дещо зменшується. Так само форму піраміди має молекула триметанаміну, кути становлять 108° .

У молекулі аніліну внаслідок взаємодії аміногрупи з бензеновим ядром відбувається зміщення електронної густини до останнього. Учні складають схему порівняння аніліну з амоніаком і бензеном.

З'ясовуючи будову молекул амінокислот, треба звернути увагу на причину появи амфотерності в цих сполук як наслідок взаємного впливу різнохарактерних аміно- й карбоксильної груп.

У темі «Амінокислоти» основного курсу розглядають синтетичне волокно капрон. Доцільно порівняти структуру волокон капрону і натурального шовку, навести їхні фізичні характеристики.

Будову білків розглядають за рівнями їхньої організації та значеннями цих рівнів. Первинну структуру визначає послідовність амінокислотних залишків. Через орієнтацію у просторі макромолекула набуває вторинної структури. Вона може бути лінійною (фіброїн шовку), складчастою (кератин волосся) або спіралеподібною (більшість білків). Спіралеподібні ділянки макромолекули чергуються з лінійними, ланцюг згортається у клубок певної форми, набуваючи третинної структури. Деяким білкам властива четвертинна структура, що утворюється внаслідок групування третинних структур у просторі.

Доцільно скласти таблицю за такими графами: Порядок структури білка і Причина утворення структури.

Важливо зробити висновок про те, що багатоманітність і специфічність біологічних процесів за участі білків у організмі пов'язані з усіма рівнями їхньої структурної організації.

Спектральні методи встановлення будови органічних речовин

Програма основного курсу передбачає переважно якісний підхід до висвітлення цього питання, через те для узагальнення на вищому рівні в учнів недостатньо знань; крім того, немає експериментальної бази і бракує дидактичних матеріалів. Спектри органічних речовин, що їх наведено у підручнику для 10 класу профільного рівня, є найпростішими, тому для актуалізації знань учнів доцільно використати цей матеріал і спрямувати учнів на підготовку повідомлень про застосування спектральних методів у різних галузях науки, виробництва, медицини тощо.

Узагальнення відомостей про будову органічних сполук доцільно робити, залучаючи моделі, зокрема віртуальні.

Тема 3. Реакції органічних речовин

Властивості речовин є функцією складу й будови їхніх молекул – це відомо учням з основного положення теорії будови органічних сполук, в якій будова розглядається в сукупності трьох аспектів – хімічного, електронного, просторового.

Вплив складу молекул можна розглянути на прикладі вуглеводнів різних груп, зокрема характеру горіння метану, етину, етену, бензену.

Зміна хімічної будови приводить до утворення нової речовини, це ілюструють прикладом міжкласової та міжгрупової ізомерії: реакції карбонової кислоти різняться з реакціями ізомерного їй естеру.

Прикладом впливу просторової будови можуть бути крохмаль і целюлоза (розгалужена та лінійна структури), що мають ту саму брутто-формулу, але різні хімічні властивості.

Електронна будова молекул виявляється у взаємному впливі атомів у молекулі. Учні можуть самостійно скласти схеми взаємного впливу атомів у молекулах спиртів, карбонових кислот, толуену, фенолу, аніліну.

Доцільно складати схеми порівняння властивостей речовин, що зумовлені взаємним впливом атомів у молекулі. Зокрема, молекулу толуену порівнюють з молекулою метану в реакції часткового окиснення (толуен окиснюється до бензойної кислоти, а метан стійкий проти дії окисників) та з молекулою бензену в реакції нітрування (бензен нітрується важче, ніж толуен).

Взаємний вплив атомів у молекулі спирту можна виявити, порівнюючи етанол з етаном (спирт окиснюється до альдегіду, а етан окиснюється значно важче) і водою (обидві сполуки реагують із натрієм, але вода – значно енергійніше).

Для фенолу складають схему порівняння його зі спиртами й бенzenом: спирти не взаємодіють з лугами, а у фенолі гідроксильна група вступає в реакцію заміщення, у бенzenовому ядрі молекули фенолу відбувається заміщення атомів Гідрогену на атоми Броду в *o*-, *m*- і *p*-положеннях, а бенzen не взаємодіє з бромною водою.

Можна порівняти силу оцтової і хлороцтової кислот, щоб виявити вплив атома Хлору на їхню реакційну здатність.

Анілін, на відміну від амоніаку, не змінює забарвлення індикаторів і, на відміну від бензену, взаємодіє з бромною водою – така поведінка зумовлена взаємним впливом аміногрупи й бензенового ядра в молекулі аніліну.

Висновок стосується того, що властивості речовин неможливо звести до властивостей атомів або функціональних груп, частини молекули, впливаючи одна на одну, утворюють сполуку з властивостями, відмінними від властивостей окремих частин.

Певну увагу треба зосередити на механізмах деяких органічних реакцій. Механізм реакції заміщення між алканами і хлором розглядають з позицій відносної інертності перших і реакційної здатності радикалів Хлору. Треба з'ясувати необхідність додаткової ініціації реакції. Лише така активна частинка, як вільний радикал, може атакувати інертну молекулу алкану, тому реакція має радикальний характер.

Йонний механізм приєднання за подвійним зв'язком розглядають на прикладі етену. Визначальними є наявність підвищеної електронної густини в місці подвійного зв'язку й поляризація реагенту (бromу або гідроген броміду). Унаслідок впливу електронної хмари π -зв'язку молекула гідроген броміду або брому поляризується, на атомах утворюються часткові заряди; внаслідок взаємодії носіїв позитивного заряду з молекулою етену утворюється карбокатион. Далі до карбокатиона приєднується частинка з частковим негативним зарядом.

Правило Марковнікова також пояснює електронна теорія. Під впливом метильної групи в молекулі пропену рухливі π -електрони подвійного зв'язку зміщуються, зв'язок поляризується, що й визначає напрямок приєднання гідроген галогеніду: атом Гідрогену приєднується до більш гідрогенізованого атома Карбону при подвійному зв'язку.

Типовими реакціями органічних речовин є повне і часткове окиснення, заміщення і приєднання. Саме за цими групами реакцій відбувається узагальнення реакційної здатності сполук різних класів.

Достатньо скласти схеми реакцій повного окиснення алкану, арену, спирту, вуглеводу, аміну, тобто сполук, що містять у своєму складі атоми Карбону, Оксигену, Гідрогену, Нітрогену. Часткове окиснення відбувається за більш різноманітними схемами. Доцільно скласти їх для алкану, алкену, бензену, спирту, альдегіду, глюкози.

Реакції заміщення бажано розглянути, порівнявши представників різних класів сполук; скласти таблицю з такими графами:

Сполука;

Приклад реакції;

Продукт реакції.

Поміж реакцій приєднання розглядають приєднання атомів Гідрогену (реакцією гідрування) для ненасичених вуглеводнів, бензену, карбонільних сполук, жирів, глюкози; приєднання води (реакцією гідратації) до алкенів; реакцію полімеризації як окремий вид приєднання, властивий деяким органічним сполукам.

Специфічні реакції різних класів сполук. Для вуглеводнів виокремлюють реакції розщеплення, ізомеризації, ароматизації, що відбуваються у процесі переробки нафти. Для карбонових кислот розглядають реакцію естерифікації, для амінокислот – утворення поліпептидів.

Жирам, вуглеводам (оліго- й полісахаридам), білкам властиві реакції гідролізу, що їх можна розглянути на прикладах конкретних сполук.

У цій темі доцільно пригадати деякі реакції органічних речовин, що названо іменами їхніх першовідкривачів і так увійшли в історію органічної хімії:

реакція Є. Вагнера (1888 р.);

реакція Ш. Вюрца (1855 р.);
реакція Ш. Вюрца – Р.Фіттіга (1864 р.);
реакція Г. Густавсона (1887 р.);
реакція М. Зініна (1842 р.);
реакція М. Коновалова (1888 р.);
реакція М. Кучерова (1881 р.);
реакція В. Рамзая (1877 р.);
реакція Ш. Фріделя – Дж. Крафтса (1877 р.).

Якісні реакції органічних сполук можна представити у формі таблиці, що її учні заповнюють самостійно, з такими графами:

Назва речовини;
Реактив і ознака реакції;
Рівняння реакції.

Серед речовин зазначають такі: алкани, етен етин, бензен, етанол, гліцерол, фенол, альдегіди, карбонові кислоти, етанова кислота, метанова кислота, глюкоза, крохмаль, анілін, білок.

Вивчаючи органічні речовини, учні мали змогу висловлювати власні судження про властивості речовин за відомою структурною формулою, тобто робити посильні передбачення. Треба виконати кілька таких вправ. Насамперед визначити клас або групу, до яких належить речовина, схарактеризувати хімічні зв'язки, далі визначити реакційні центри молекули, функціональні групи, зробити припущення щодо реакції і записати рівняння реакцій.

Для того щоб передбачення були справді посильними, достатньо обмежитись реакціями таких речовин, як стирен, бензиловий спирт, глютамінова кислота, серин, реакції відновлення бензальдегіду, акролеїну, саліцилової кислоти з лугом.

Тема 4. Добування органічних речовин

Методи добування органічних речовин тісно пов'язані із застосуванням їх, а далі – із властивостями, будовою, складом. Добування речовини Б з

речовини А є застосуванням останньої, а добування речовини В – застосуванням речовини Б. Зв'язки параметрів склад – будова – властивості – застосування – добування можна відобразити у вигляді схеми.

Генетично всі органічні речовини пов'язані між собою через методи добування. Учні мають достатньо знань, щоб самостійно схарактеризувати значення генетичних зв'язків між речовинами. Треба запропонувати кілька вправ на взаємні перетворення речовин, включаючи до ланцюгів і неорганічні речовини. У схемах достатньо вказати лише клас або групу речовин, а учні мають наповнювати їх прикладами конкретних речовин. Наприклад, задано перетворення: алкін – алкен – спирт – естер – карбонова кислота.

Оскільки основна природна сировина для добування органічних речовин – це нафта, природний газ і кам'яне вугілля, доцільно розглянути, які речовини й внаслідок яких процесів можна добути з цієї сировини, у т. ч. й глибокою її переробкою. Можна розглянути в загальному вигляді, як із нафти через послідовні перетворення речовин можна добути пластичні маси, мийні засоби, вибухові речовини і навіть кормовий білок (останній – у разі використання біотехнології).

Учні мають розрізняти лабораторні й промислові методи добування речовин. Перші відбивають принципову можливість реакції добування, зневажаючи кількісним виходом продукту, умовами проведення, в той час як для промисловості все це має значення.

Пом'якшені умови добування органічних продуктів пропонують методи біотехнології, важливі ще й з погляду охорони довкілля.

Ознайомлення з основними джерелами і застосуванням органічних речовин вводить учнів у курс проблем економіки суспільного господарства, раціонального використання природних багатств, охорони навколишнього середовища. На цей час учні мають достатньо компетентностей для самостійного висвітлення питання щодо стійких органічних забруднювачів та інших питань екологічного змісту.

Знання про органічні сполуки важливі для розуміння прогресивних напрямів розвитку матеріальної сфери сучасного суспільства, адже досягнення в галузі органічної хімії багато в чому визначають розвиток промисловості синтетичних матеріалів, лікарських препаратів, агропромислового комплексу тощо. Новітні біо- і нанотехнології також пов'язані з прогресом у галузі органічної хімії.

Сучасним хімікам-синтетикам під силу синтезувати будь-яку речовину, в т. ч. й замінники природних речовин. Доречно навести слова одного з героїв оповідання А. П. Чехова і запропонувати учням прокоментувати їх: *«Незабаром хімічним шляхом виготовлятимуть молоко і дійдуть, мабуть, до м'яса!... З нічого не вартих газів і подібного виготовлятимуть усе, що захочеш!»*

У цій темі доцільно пригадати перші синтези органічних речовин. Учні можуть зробити повідомлення з історії становлення органічного синтезу, зокрема добування таких речовин:

сечовина (Ф. Велер, 1828 р.);

оцтова (етанова) кислота (А. Кольбе, 1845 р.);

жироподібна речовина (М. Бертло, 1854 р.);

цукриста речовина (О. Бутлеров, 1861 р.);

сечова (уреатна) кислота (І. Горбачевський, 1882 р.).

Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором «Біоорганічна хімія. 11 клас»

Л.Величко

Об'єктами вивчення біоорганічної хімії є природні органічні сполуки, що становлять основу життєдіяльності організмів: вуглеводи, ліпіди, білки, нуклеїнові кислоти, біорегулятори (вітаміни, ферменти, гормони тощо), а також синтетичні біологічно активні сполуки як лікарські засоби, засоби впливу на ріст рослин. Біоорганічна хімія розробляє методи виділення або синтезу цих речовин, установлює їхню будову та взаємозв'язок між будовою і біологічними функціями.

Завдяки здобуткам біоорганічної хімії наука наближається до пізнання сутності життєво важливих процесів і створює передумови для керування ними.

Біоорганічна хімія є розділом органічної хімії, що межує з молекулярною біологією та біохімією, вивчаючи молекулярні механізми функціонування найважливіших компонентів клітин організмів, що робить внесок у пізнання суті біологічних функцій на молекулярному рівні.

Пропонований курс на вибір учнів 11 класу має міжпредметний зміст, узагальнювальний стосовно курсів хімії і біології, і розглядається як завершальний у формуванні цілісного уявлення учнів про взаємозв'язок складу, структури, властивостей і функцій в організмі речовин, що беруть участь у процесах метаболізму людини.

Зважаючи на це, методика вивчення курсу за вибором ґрунтується на переважно самостійній роботі учнів, що потребує від них синтезу знань про органічні речовини, здобутих у курсах біології і хімії.

Курс складається з таких розділів: 1. Ліпіди. 2. Вуглеводи. 3. Амінокислоти. Пептиди. Білки. 4. Нуклеїнові кислоти. 5. Низькомолекулярні біорегулятори. Розділи побудовано за єдиним планом: розглядаються склад, основні властивості груп сполук, їхні функції в організмі.

Тема 1. Ліпіди

З однією групою ліпідів учні вже ознайомлені: це прості ліпіди, або жири, естери вищих карбонових кислот і гліцеролу – ацилгліцерини.

Воски – теж прості ліпіди; це естери жирних кислот і вищих одноатомних або двохатомних спиртів у суміші з естерами одноатомних спиртів.

Роль восків у створенні захисних покриттів рослинних і тваринних організмів учні можуть розкрити самостійно у формі навчального проєкту.

Складні ліпіди містять вуглеводні, фосфатні та інші групи. Фосфоліпіди містять залишок фосфатної кислоти; є важливими компонентами клітинних мембран, нервових клітин, серцевого м'язу. Учням може бути відомий фосфоліпід лецитин, що міститься в курячих яйцях.

Гліколіпіди містять замість залишку фосфатної кислоти залишок моно- або олігосахариду.

Сфінголіпіди – похідні аміноспиртів, містяться у мембранах нейронів.

Роль ліпідів у організмі визначається їхньою будовою, завдяки якій вони мають властивості поверхнево-активних речовин. Учні можуть пригадати, на чому ґрунтується мийна дія мила: на здатності утворювати оболонки міцел, коли полярна частина молекули спрямована до водної фази, а неполярна – до неполярного ядра. Так само побудовані мембранні ліпіди.

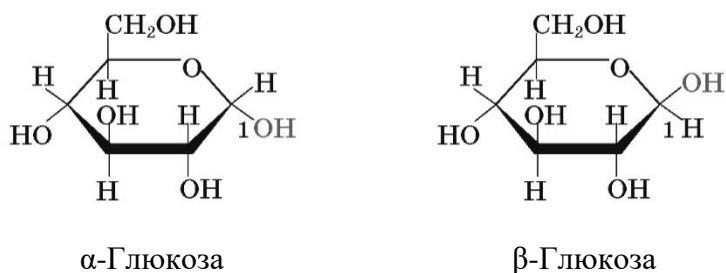
Будова клітинних мембран відома учням із курсу біології, отже, роль ліпідів вони можуть висвітлити самостійно на основі здобутих знань.

Тема 2. Вуглеводи

Класифікація вуглеводів за складом на моно-, оліго-, полісахариди, альдоза (глюкоза) і кетози (фруктоза) не потребують спеціальної підготовки учнів, оскільки може бути узагальнена на основі їхніх знань з біології і хімії. Пентози і гексози групи альдоз – найпоширеніші у природі моносахариди.

Глюкоза. У кристалічному стані глюкоза існує у вигляді шестичленних циклів, причому п'ять кутів займають атоми Карбону, а один кут – атом Оксигену. Тих учнів, які не вивчали хімію на профільному рівні, треба

ознайомити з циклічною формою глюкози, зображуваною за допомогою перспективних формул.



Циклічна форма утворюється внаслідок внутрішньомолекулярних перетворень, коли карбонільна група взаємодіє з гідроксильною групою при п'ятому атомі Карбону:

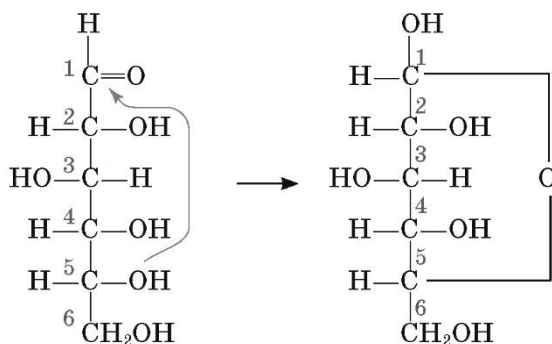


Схема утворення циклічної форми глюкози

Виявляється, що у водних розчинах разом із циклічними існує в невеликій кількості відкрита форма глюкози. Внаслідок впливу полярних молекул води відбувається гідратація глюкози, і певна частина гідратованих молекул переходить у відкриту форму:



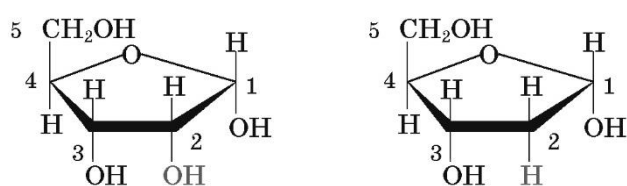
Розрив циклу та його утворення – процес динамічної рівноваги: щойно розкрившись, наступної миті цикл знову замикається, і при цьому приєднання

спиртової групи до альдегідної можливе з обох боків площини, тобто може утворитися α - або β -форма глюкози. Під час кристалізації відкрита форма зникає.

Глюкоза – оптично активна речовина, розчин α -глюкози обертає площину поляризованого світла вправо на кут 112° , а β -глюкози – на 19° . У процесі розчинення відбувається ізомеризація через утворення відкритої форми, після встановлення рівноваги кут обертання становить 53° . Таке явище зміни кута обертання площини поляризації світла під час розчинення оптично активних сполук називається *мутаротацією*.

Рибоза і дезоксирибоза. Ознайомлення з цими сполуками має значення для наступного вивчення нуклеїнових кислот. Рибоза є невід’ємним складником кожного клітинного ядра та цитоплазми і входить до складу рибонуклеїнових кислот, важливих регуляторів синтезу білків у живих організмах. Дезоксирибоза міститься в дезоксирибонуклеїнових кислотах, що є універсальною скарбницею і джерелом спадкової інформації живого організму.

Як і глюкоза, рибоза й дезоксирибоза належать до моносахаридів, а точніше, до альдопентоз, тобто в їхніх молекулах містяться по п’ять атомів Карбону й альдегідна група. Як і глюкоза, це поліфункціональні сполуки, альдегідоспирти.



α -Рибоза

α -Дезоксирибоза

Рибоза й дезоксирибоза, як і глюкоза, існують у двох формах – альдегідній та циклічній. У циклічній формі рибоза й дезоксирибоза входять до складу нуклеїнових кислот. У результаті зближення альдегідної групи і гідроксильної групи четвертого атома Карбону атом Гідрогену приєднується за π -зв’язком карбонільної групи. Зникає альдегідна група, проте утворюється нова гідроксильна, а кільце замикається.

Між альдегідною і циклічною формами існує рівновага, за звичайних умов зсунута в бік утворення останньої.

Глюкоза, як багатоатомний спирт, утворює естери. Те саме стосується рибози й дезоксирибози. Оскільки далі розглядатимуться їхні естери з фосфатною кислотою, можна запропонувати учням скласти хімічні рівняння утворення цих сполук, враховуючи, що пентози вступають у реакцію в циклічній формі у положенні третього і п'ятого атомів Карбону.

У процесі обговорення матеріалу про моносахариди учні можуть скласти узагальнювальну таблицю за такими рубриками: *Назва сполуки. Загальна формула. Структурні формули. Знаходження у природі.*

Дисахариди. Учням відомо, що дисахариди складаються із залишків моносахаридів. Оскільки в розчині має місце процес мутаротації, деякі дисахариди здатні виявляти відновні властивості за рахунок альдегідної групи моносахариду. Ці реакції мають значення для розуміння поділу дисахаридів на відновлювальні й невідновлювальні залежно від моносахаридів, з яких вони складаються.

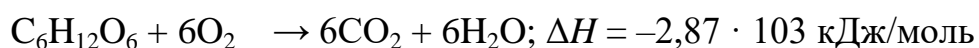
Передусім слід пригадати реакції окиснення й відновлення глюкози. У результаті реакції з амоніаковим розчином аргентум(I) оксиду (реакція “срібного дзеркала”) альдегідна група окиснюється до карбоксильної й утворюється *глюконова кислота*. Як альдегід глюкоза окиснюється і в результаті нагрівання з купрум(II) гідроксидом. Унаслідок відновлення альдегідної групи до спиртової утворюється шестиатомний спирт *сорбіт*.

Мальтоза, або солодовий цукор, утворюється внаслідок часткового гідролізу крохмалю і сама гідролізує до глюкози. У водних розчинах мальтоза вступає в реакцію окиснення за карбонільною групою, отже, належить до відновлювальних дисахаридів. Так само до цієї групи належить і лактоза (молочний цукор). Для целобіози – проміжного продукту гідролізу целюлози – також характерні властивості альдегідної групи.

Моносахаридні залишки сахарози не можуть існувати в альдегідній формі, тому сахароза не вступає в реакції відновлення і належить до невідновлювальних дисахаридів.

Полісахариди. Це продукти конденсації великої кількості моносахаридів, найбільш розповсюджений – целюлоза, з неї рослини будують свої скелети. Інший поширений полісахарид – крохмаль – резервний вуглевод рослин, накопичується у плодах і насінні. Полісахарид глікоген – резервний полісахарид тваринних організмів, а хітин становить основу панцирів членистоногих.

В організмі людини вуглеводи (ди- і полісахариди) під дією ферментів розщеплюються до глюкози, а вже вона окиснюється у клітинах із вивільненням енергії. Сумарно цей процес можна подати рівнянням:



Тема 3. Амінокислоти. Пептиди. Білки

Амінокислоти як структурні елементи білків відомі учням з основного курсу хімії, тому, розглядаючи формули амінокислот, доцільно пригадати традиційну їхню номенклатуру з позначенням грецькими літерами місця аміногрупи в ланцюзі. Важливо, що до складу білків входять двадцять α -амінокислот, що кодуються в універсальному генетичному коді, вони поділяються на незамінні й замінні. До перших належать 9 сполук: валін, гістидин, лейцин, ізолейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін. Аргінін, гістидин, тирозин – напівзамінні, усі інші – замінні, що синтезуються в організмі людини.

Амінокислотам властива оптична ізомерія, оптичні ізомери амінокислот (енантіомери) обертають площину поляризації світла в протилежні боки на однаковий кут. Суміш двох ізомерів – рацемат – не виявляє оптичної активності.

Амінокислоти – поліфункціональні сполуки; внаслідок наявності аміно- й карбоксильної груп виявляють амфотерні властивості, що зумовлюють

взаємодію амінокислот між собою з утворенням поліпептидів завдяки пептидному зв'язку.

Завдяки наявності бічних карбокси-, аміно-, гідрокси-, сульфідних груп у молекулах амінокислот між цими групами утворюються водневі, дисульфідні й естерні зв'язки.

Послідовність амінокислот у пептидах визначають, розщеплюючи останні на окремі амінокислоти під дією гідролізу, далі суміш аналізують методом хроматографії. Послідовність амінокислотних залишків визначають за допомогою спеціального приладу, автоматично.

Синтез пептидів має свої особливості. У разі добування пептидів малого розміру ланцюг нарощують послідовно. Великі ланцюги синтезують блочним методом: спершу утворюються окремі фрагменти, а з них – молекули пептиду.

Завдання полягає в тому, щоб дезактивувати групи, взаємодія яких є небажаною, залишивши ті, між якими має встановитись пептидний зв'язок. На практиці використовують автоматичні прилади синтезу пептидів на полімерних носіях.

Білки. Основні питання, на які слід звернути увагу в цій темі, такі: чим зумовлюється структура білка; у чому полягає складність її вивчення; як позначається будова білків на їхніх функціях; як відбувається гідроліз білків.

Поділ білків за складом на протеїни і протеїди відомий учням з курсу біології; за формою вони поділяються на фібрилярні (ниткоподібні) й глобулярні (кулеподібні). Існують інші підходи до класифікації білків – цей матеріал цілком доступний для самостійного опрацювання учнями.

Виділення білків з метою вивчення їхнього складу ґрунтується на тих самих методах, що їх застосовують до пептидів.

Слід розглянути взаємозв'язок між будовою білків та їхніми властивостями. Насамперед розглядаються властивості, що залежать від первинної структури. Реакція гідролізу білків пов'язана з первинною структурою, зі складом і порядком сполучення амінокислотних залишків. Будь-які щонайменші зміни в амінокислотному складі білків позначаються на їхніх

властивостях. Наприклад, гормон підшлункової залози інсулін у тварин дещо відрізняється за складом від інсуліну людини, а тому перший не повністю відповідає її потребам (у разі захворювання).

Первинна структура, певним чином орієнтуючись у просторі, набуває вторинної і третинної структур. Це можуть бути лінійна (фіброїн шовку), складчаста (кератин волосся) або спіралеподібна (більшість білків) форми. Завдяки такій структурі білка волосина, наприклад, може розтягуватись і скорочуватись. Спіралеподібна форма підтримується через водневі зв'язки.

Від третинної структури залежить прояв білком специфічної біологічної функції – каталітичної, гормональної тощо.

Для деяких білків характерна і четвертинна структура, що утворюється внаслідок групування третинних структур. Завдяки четвертинній структурі гемоглобін, наприклад, виконує функцію перенесення кисню в організмі.

На підтвердження думки про взаємозв'язок між складом, структурою білків та їхніми біологічними функціями можна розглянути кілька прикладів. З курсу біології учням відомо, що білки гемоглобін та міоглобін виконують функції перенесення кисню в організмі. Виявилось, що третинна структура цих білків дуже подібна. Отже, їхня біологічна функція – зв'язування кисню – зумовлена подібністю хімічної структури. Зміни у структурі білків спричиняють порушення їхніх функцій. Наприклад, причина захворювання крові – серповидної клітинної анемії – полягає в зміні структури молекули білка гемоглобіну: на місце залишку глютамінової кислоти стає залишок валіну.

Під час обговорення процесу засвоєння білків організмом звертається увага на спільну ознаку жирів, вуглеводів та білків – здатність до поступового гідролізу. Продукти гідролізу білків – амінокислоти – при цьому всмоктуються у кров.

Наприкінці вивчення теми варто зазначити, що пізнання структури білків – величезне досягнення сучасної науки. Це доводить безмежні властивості людського розуму в пізнанні матеріального світу.

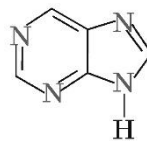
Тема 4. Нуклеїнові кислоти

Зміст теми потребує додаткових пояснень учителем питань, що їх не вивчають на рівні стандарту, а саме про гетероциклічні сполуки й нітрогеновмісні (азотисті) основи. Доцільно починати із загального ознайомлення з представниками цієї групи сполук. Учитель повідомляє, що в утворенні циклічних молекул органічних речовин разом з атомами Карбону можуть брати участь атоми деяких інших елементів – гетероатоми (від грец. *гетерос* – чужий, іншим). Найчастіше це атоми Нітрогену, Сульфуру, Оксигену. Відомі також нечисленні циклічні сполуки, що містять атоми Селену, Фосфору, Арсену.

Для ілюстрації своєї розповіді вчитель може підібрати формули різних сполук, але серед них обов'язково мають бути пурин і піримідин у зв'язку з вивченням нуклеїнових кислот, до складу яких входять основи двох типів: пуринові й піримідинові.



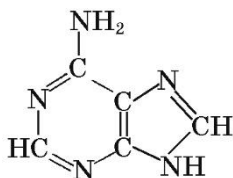
Піримідин



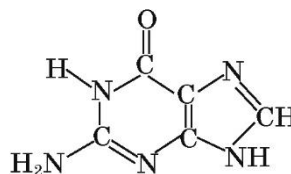
Пурин

У побудові НК беруть участь похідні пурину й піримідину – цитозин, урацил, тимін, аденін, гуанін. Бажано продемонструвати учням їхні формули, хоча вони даються не для запам'ятовування.

Пуринові основи

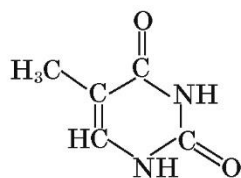


Аденін

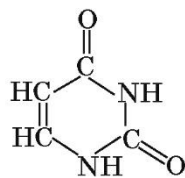


Гуанін

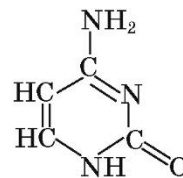
Піримідинові основи



Тимін



Урацил



Цитозин

За структурою НК є полімерними сполуками. Мономерна одиниця НК називається нуклеотидом і складається з нуклеозиду (азотиста основа + вуглевод) і фосфатної кислоти.

До складу нуклеотидів входять різні нітрогеновмісні основи: до ДНК – аденін, гуанін, цитозин, урацил. Співвідношення цих основ і послідовність їхнього розміщення уздовж нуклеотидного ланцюга є різними в кожній нуклеїнової кислоти.

Скелет нуклеотидного ланцюга складається з вуглеводних залишків, сполучених фосфатними групами. Основи, що зв'язані з вуглеводними залишками, розміщуються перпендикулярно до головного ланцюга.

Існують два типи НК: до складу одних входить рибоза (РНК), а до складу інших – дезоксирибоза (ДНК).

У макромолекулах ДНК й РНК з'єднуються тисячі нуклеотидів. Молекулярна маса НК – від кількох сотень тисяч до кількох мільйонів. Послідовність розміщення нуклеотидів становить первинну структуру НК.

Вторинна структура найбільш вивчена для ДНК. Вона являє собою два полінуклеотидні ланцюги, закручені у подвійну спіраль. Кожна нітрогеновмісна основа одного ланцюга напрямлена вглиб спіралі і сполучена водневим зв'язком з основою другого ланцюга. При цьому пуринові основи сполучені з піримідиновими, точніше, аденін завжди розміщується в парі з тиміном, цитозин – з гуаніном. Отже, основи розміщуються не безладно, а згідно з принципом комплементарності, взаємного доповнення.

Важливим є питання взаємозв'язку між структурою ДНК та її функціями в організмі. Подвійна спіраль ДНК є сховищем спадкової інформації. Інформація записана (закодована) у вигляді послідовності нітрогеновмісних

основ у полінуклеотидному ланцюзі. Кожна трійка (триплет) їх є, так би мовити, “літерою” генетичного коду, одиницею інформації і називається кодоном.

Кількість кодонів учні можуть обчислити самостійно. Оскільки в кожній ДНК міститься чотири нітрогеновмісні основи, то кількість сполучень (з повторенням) по три становитиме 64, згідно з формулою

$$m^n, \text{ де } m = 4, n = 3; m^n = 4^3 = 64.$$

Передача інформації відбувається завдяки здатності молекул ДНК до реплікації (відображення).

ДНК спрямовує синтез білків у організмі. Послідовність нітрогеновмісних основ у полінуклеотидному ланцюзі визначає послідовність амінокислотних залишків. Кожній амінокислоті відповідає свій кодон. Отже, структура нуклеїнових кислот визначає структуру молекул білків.

На матричній РНК (м-РНК) синтезується білок у рибосомі. Завдяки комплементарності нітрогеновмісних основ ця НК зчитує інформацію про структуру білка з ділянки ДНК. Далі транспортна РНК (т-РНК) переносить потрібні амінокислоти, що утворюють білок.

Нуклеїнові кислоти містяться у кожній живій клітині й контролюють роботу цієї клітини (від лат. *нуклус* – ядро).

Методами генної інженерії можна модифікувати ДНК якогось організму, «вшиваючи» в неї гени, що мають бажані ознаки. Таким шляхом створюють нові сорти сільськогосподарських культур, лікарські засоби, вакцини тощо.

Під час вивчення цієї теми доцільно якнайширше використовувати наочність: малюнки, плакати, виготовлений заздалегідь роздавальний матеріал, ілюстрації з науково-популярних видань, відеосюжети тощо.

Тема 5. Низькомолекулярні біорегулятори

Порівняно з високомолекулярними сполуками, що їх розглядали в попередніх розділах, біорегулятори мають значно нижчі відносні молекулярні маси, тому їх названо низькомолекулярними. Це такі групи сполук: вітаміни,

алкалоїди, терпени, стероїди, антибіотики, простагландини, лейкотрієни, пестициди, феромони, природні отрути й токсини.

Характеристики основних сполук можна розглянути, склавши таблицю за формою, що її наведено нижче.

Низькомолекулярні біорегулятори

Група	Назва	Хімічний склад	Біологічна роль
Вітаміни	A – ретинол	Аліциклічна сполука	Синтез зорових пігментів, підтримання цілісності шкіри і слизових оболонок; антиоксидант
	B ₁ – тіамін	Ароматична сполука	Антиневритний
	B ₂ – рибофлавін	Ароматична сполука	Вітамін росту
	B ₃ (вітамін PP) – нікотинова кислота	Аліфатична сполука	Антипелагричний
	B ₅ – пантотенова кислота	Ароматична сполука	Синтез і окиснення жирних кислот; синтез стероїдів і гему гемоглобіну
	B ₆ – піридоксин	Ароматична сполука	Формування антитіл і гемоглобіну
	B ₉ – фолієва кислота	Ароматична сполука	Кровоутворення
	B ₁₂ – цинкобаламін	Ароматична сполука	Кровоутворення; функціонування нервів
	C – аскорбінова кислота	Аліфатична сполука	Сильний антиоксидант
	D – кальциферол	Аліциклічна сполука	Сприяє всмоктуванню кальцію у ШКТ; антирахітичний
	E – токоферол	Ароматична сполука	Антиоксидант, вітамін розмноження
	K ₁ , K ₂ – нафтохінони	Ароматична сполука	Регуляція процесів зсідання крові
Стероїди	Жовчні кислоти, статеві гомони, кортикостероїди	Поліциклічні спирти, кетони, кислоти	Розвиток статевої системи
Терпени	Камфора, ментол, лімонен	Ненасичені вуглеводні	Складники ефірних олій рослинного походження
Алкалоїди	Кофеїн, нікотин, морфін, кокаїн	Нітрогеновмісні гетероциклічні сполуки	Чинять дію на нервову систему

Антибіотики	Пеніциліни, тетрацікліни, цефалоспорини	Органічні сполуки різноманітної природи	Антибактеріальні речовини
Простагландини, лейкотрієни		Похідні ненасичених жирних кислот	Викликають скорочення гладкої мускулатури, впливають на кров'яний тиск, залози внутрішньої секреції, водно- сольовий обмін та ін.

Водорозчинні вітаміни: В₁, В₂, В₃ (РР), В₅, В₆, В₉, В₁₂, С.

Жиророзчинні вітаміни: А, D, Е, К.

Робота з даними таблиці може бути розширена до розроблення навчальних проєктів з біологічних функцій низькомолекулярних біорегуляторів.

**Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором
«Розв’язування задач з хімії. 10-11 класи».**

Т. Вороненко

Заклад загальної середньої освіти згідно з вимогами Державного стандарту базової середньої освіти та Закону про освіту має сформувати в учня предметні й ключові компетентності, підготувати його до життя в соціумі, продовження навчання й оволодіння обраною професією.

Перед шкільним предметом *хімія* ставляться задачі, одна з яких така: на ґрунті теоретичних знань сформувати в учня уміння пояснювати хімічні явища, що відбуваються в довкіллі, робити висновки щодо їхнього впливу на неживу та живу природу, зокрема організм людини. Це неможливо без наявності критичного мислення, вмінь аналізувати і приймати правильне рішення. Важливу роль у цьому відіграють хімічні задачі. Вони є джерелом знань, засобом формування умінь самостійно набувати хімічні знання, навичок оцінювання як різноманітних хімічних явищ, так і можливості використання речовин у повсякденному житті. З цією метою різні типи розрахункових задач включено до навчальних програм з хімії для основної і старшої школи.

Курси за вибором (спеціальні курси й факультативи), що їх вивчають у старшій профільній школі, доповнюють і поглиблюють зміст окремих розділів відповідних базових і профільних предметів. Курс за вибором «Розв’язування задач з хімії. 10 – 11 класи» можна вивчати як спеціальний курс (бути в розкладі уроків й обов’язковим для вивчення всіма учнями), так і факультатив (бути в розкладі факультативних курсів, що їх вивчають у позаурочний час лише ті учні, які його обрали). Програму курсу опубліковано в журналі «Біологія і хімія в рідній школі» (2021 рік, №3).

За змістом курс включає розгляд способів розв’язування розрахункових задач з хімії усіх типів, що їх включено до навчальних програм 7 – 9 і 10 – 11 класів (рівня стандарту і профільного рівня) і входять до Програми ЗНО з хімії. Задачі наводяться від найпростіших (на одну дію) до задач з використанням

фізичних формул і комбінованих задач (зі складанням хімічного рівняння і виконанням низки математичних обчислень).

Основний наголос зроблено на методиці, що дає змогу кожному учневі навчитися розв'язувати розрахункові задачі самостійно за обраним ним варіантом, який є найбільш прийнятним саме для нього. Для цього пропонується план виконання, дотримання якого сприяє формуванню в учня вміння осмислювати й аналізувати зміст, пов'язувати його з реальним життям, установлювати взаємозв'язок між даними за умовою і невідомим, що його потрібно знайти, використовувати необхідні фізичні формули (або виводити їх самостійно).

Розроблений нами посібник з курсу для учнів побудовано у формі занять із зазначенням теми, основних понять, фізичних формул, знання яких є необхідним для розв'язування задач даного типу, різних варіантів розв'язування. Кількість задач на заняттях різних тем варіюється залежно від кількості можливих варіантів розв'язувань. Очевидно, що засвоїти методику чотирьох і більше задач за обмежений 45 хвилинами час неможливо. Однак ми виходимо з того, що учні, які відвідують даний курс, по-перше – це старшокласники, які мають певні вміння; по-друге, учні мають особисту зацікавленість в ознайомленні з якомога більшою кількістю прикладів; по-третє, на занятті учитель може обрати до розгляду ті задачі, що, на його думку, є найцікавішими (найскладнішими, найприйнятнішими). Домашнє завдання під час вивчення курсу не передбачається, тому задачі для самостійного розв'язування у посібнику не дано. Для цього існує достатня кількість збірників задач (у програмі курсу наведено перелік літератури).

Пропонуємо орієнтовний календарний план до курсу (розрахований на викладання по 1 год на тиждень у 10 і 11 класах).

Орієнтовний календарно-тематичний план

Дата	№ з/п	Зміст навчального матеріалу
10 клас		
	1	Основні хімічні поняття. Закон сталості складу речовини. Хімічна формула. Обчислення за хімічними формулами
	2	Задачі на виведення хімічної формули речовини за її якісним і кількісним

		складом
3		Розрахунки за законом Авогадро та наслідками з нього
4		Розрахунки за законом Авогадро та наслідками з нього. Відносна густина газу
5		Задачі на виведення молекулярної формули органічної речовини за відносною густиною
6		Задачі на виведення молекулярної формули органічної речовини за загальною формулою гомологічного ряду
7		Розрахунки за законом збереження маси речовин
8		Розрахунки за законом об'ємних відношень газів
9		Задачі на виведення молекулярної формули органічної речовини за масою, об'ємом, кількістю речовини продуктів згоряння
10		Задачі на установлення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом, кількістю речовини реагентів або продуктів реакції
11		Задачі на установлення елемента за складом речовини
12		Задачі на установлення хімічного елемента за рівнянням хімічної реакції
13		Методи встановлення складу сумішей. Обчислення вмісту компонентів суміш ей (зокрема, металів у сплавах)
14		Обчислення кількісного складу сумішей за рівняннями хімічних реакцій (якщо один компонент суміші бере участь в хімічному процесі)
15, 16		Обчислення кількісного складу сумішей за рівняннями хімічних реакцій (якщо всі компоненти беруть участь в хімічному процесі)
17		Обчислення за хімічними рівняннями кількості речовини, маси або об'єму за кількістю речовини, масою або об'ємом реагенту, що містить певну частку домішок
11 клас		
1		Способи вираження складу розчинів. Масова частка розчиненої речовини в розчині. Обчислення масової частки або маси розчиненої речовини в розчині
2		Молярна концентрація речовини в розчині. Обчислення молярної концентрації розчиненої речовини в розчині
3,4		Розрахунки, пов'язані зі зміною складу розчину
5		Обчислення розчинності речовини. Обчислення ступеня електролітичної дисоціації речовини
6		Обчислення за рівняннями хімічних реакцій між металом і сіллю в розчині
7		Розв'язування задач на визначення теплового ефекту хімічної реакції
8		Розрахунки за термохімічними рівняннями
9		Обчислення середньої швидкості хімічної реакції
10		Обчислення за законом діючих мас
11		Розрахунки зміни швидкості реакції за правилом Вант-Гоффа
12, 13		Обчислення за рівнянням хімічної реакції кількості речовини, об'єму (газуватих речовин), маси речовин за рівнянням хімічної реакції, якщо один з реагентів взято у надлишку
14		Обчислення масової або об'ємної частки відносного виходу продукту реакції
15		Обчислення виходу продукту (маси, об'єму, кількості речовини) за відношенням до теоретично можливого
16		Обчислення реагентів за масовою або об'ємною часткою виходу реакції
17		Заключне заняття

Посібник для учнів, що складено до курсу за вибором «Розв’язування задач з хімії, 10 – 11 класи», може слугувати самоучителем для учнів не лише старшої, а й основної школи (деякі теми).

На початку занять учнів слід ознайомити з такими загальними порадами і вимогами.

1. Уважно прочитайте умову задачі.
2. Запишіть, що дано за умовою задачі.
3. Переведіть, якщо це необхідно, одиниці фізичних величин в одиниці СІ (деякі позасистемні одиниці допускаються, наприклад літри).
4. Запишіть, якщо це необхідно, рівняння хімічної реакції.
5. Виконайте необхідні обчислення.
6. Запишіть відповідь.

Бажано розв’язувати задачу, використовуючи поняття про кількість речовини, а не метод складання пропорцій. Ми використовуємо пропорцію, складену через використання кількості речовини (за значенням стехіометричних коефіцієнтів хімічної реакції) з переведенням її в одиниці вимірювання сполук, що зазначено за умовою.

Перед розв’язуванням задач з конкретної теми варто нагадати основні поняття, необхідні під час роботи.

У 10 класі на перших чотирьох заняттях розглядається методика розв’язування задач, що зазначено в навчальній програмі з хімії для 7–9 класів. Зміст включає як знання неорганічної, так і з органічної (зокрема приклади органічних сполук) хімії. Учні звикають до думки про те, що немає відмінностей між способами розв’язування задач з неорганічної та органічної хімії. У такий спосіб вони готуються до сприйняття нових знань і формування вмінь розв’язувати задачі нових типів. Багато з учнів, які обирають цей курс, мають на меті підготовку до здачі ЗНО, тому для рівномірного повторення змісту навчальної програми на кожному занятті розглядаються задачі з неорганічної і органічної хімії.

10 клас

Заняття 1 включає розгляд розв'язування п'яти задач: 3 – з неорганічної і 2 – з органічної хімії. Це прості задачі, що входять до програми з хімії 7 класу, теми «Початкові хімічні поняття». Через те для учнів вони не мають становити труднощів. На прикладі цих задач учитель може скласти уявлення про рівень знань й умінь учнів, які висловили бажання відвідувати курс. У разі низького рівня пропонуємо розв'язати одну задачу з неорганічними речовинами, другу – органічними. Якщо рівень знань й умінь учнів високий, то варто запропонувати їм розв'язування задач за варіантами.

Заняття 2 містить три задачі, одна з яких – це встановлення молекулярної формули органічної сполуки за масовою часткою елементів. Її подано у двох варіантах. Можна обрати один, а з другим варіантом учні ознайомляться самостійно.

Велика кількість задач (5), що пропонується на **занятті 3**, зумовлена необхідністю розглянути всі варіанти задач з даної теми (визначення кількості атомів, йонів у певній кількості речовини, об'єму газу за його масою, маси або об'єму за кількістю речовини). Усі задачі такого типу розв'язуються за фізичними формулами, тому мета цього заняття – навчити учнів обирати необхідні формули або виводити з них нові. Головне поняття, що його мають засвоїти учні, – кількість речовини. Саме ці знання дадуть змогу аналізувати зміст складних задач і розв'язувати їх найбільш ефективним способом.

Заняття 4 включає задачі, зміст яких передбачає не лише встановлення відносної густини газів відповідно один до одного, а й обчислення відносної молекулярної маси за відотною густиною і молярної маси за густиною та маси певного об'єму газуватої речовини. Знання і уміння, що їх набуто на цьому занятті, розвиваються на наступному занятті.

Заняття 5 передбачає вивчення нового змісту, що співвідноситься за часом з програмою з хімії для 10 класу. Однак окрім запланованого способу розв'язування задач, що передбачає виведення молекулярної формули органічної речовини за відотною густиною, розглядається спосіб

розв'язування задачі на встановлення молекулярної формули сполуки за густиною. Ця задача пов'язує програмовий матеріал зі змістом навчання фізики й розширює уявлення учня. Задача не є обов'язковою для розгляду.

Заняття 6 ґрунтується лише на матеріалі 10 класу, а саме знань про гомологічні ряди органічних сполук. На цей момент даний матеріал є випереджувальним (не всі класи органічних сполук ще вивчено). Однак учні мають засвоїти алгоритм (план) розв'язування задач такого типу, що сформує в них необхідність ґрунтовнішого вивчення всього матеріалу. Задачі подано від найпростішої (виведення молекулярної формули сполуки за відносною молекулярною масою) до задачі із зазначенням відносної густини сполуки з наступним обчисленням відносної молекулярної маси і складної, з даними об'єму і маси органічної сполуки.

На **занятті 7** розглядаються способи розв'язування розрахункових задач за законом збереження маси речовини. Головна вимога до учнів – знання хімічних властивостей речовин й уміння складати хімічні рівняння. Рівень складності задач підвищується від двох перших (у яких за умовою дано масу продукту реакції і треба визначити об'єм реагенту, і навпаки) до ускладнених третьої і четвертої задач.

Задачі на закон об'ємних відношень не є складними. Якщо є резервний час, на **занятті 8** можна включити розв'язування задач з попередніх занять.

Задачі на виведення молекулярної формули органічної речовини за продуктами згоряння, що розглядаються на **занятті 9**, є найпоширенішими серед задач, що розв'язуються на уроках органічної хімії. У посібнику подано декілька типів задач на визначення формули органічної сполуки: якщо відомий її клас; якщо група вуглеводню невідома; якщо клас сполуки невідомий (як загальний для двох попередніх випадків). Розв'язування кожної із задач подано в декількох варіантах. Бажано ознайомитися з умовами й варіантами розв'язування задач перед заняттям. У разі невисокого рівня підготовки учнів варто почати із задачі 3 як такої, алгоритм розв'язування якої допоможе

визначити формулу за будь-якою умовою. З іншими двома варіантами (як окремими випадками) учні можуть ознайомитися самостійно.

На **занятті 10**, як і на попередньому, розглядаються декілька варіантів розв'язування задач на установлення молекулярної формули речовини: за масою, об'ємом, кількістю речовини реагентів або продуктів реакції. Усі задачі зводяться до обчислення молярної маси органічної сполуки й виведення молекулярної формули за загальною формулою гомологічного ряду.

Для розв'язування задач на **занятті 11** на установлення елемента за складом речовини необхідні знання структури Періодичної системи, хімічних властивостей елементів, формул оксидів і гідроксидів елементів певних груп. Передбачається визначення хімічних елементів: за відносною молекулярною масою складної речовини, до якої входить даний елемент; за відносною молекулярною масою речовини і масовою часткою елемента в ній; з написанням рівняння хімічної реакції.

Під час **заняття 12** продовжується тематика заняття 11 – установлення хімічного елемента, але за рівнянням хімічної реакції. Учень має знати хімічні властивості класів неорганічних сполук і вміти писати відповідні рівняння хімічних реакцій.

Заняття 13 – 16 присвячено розв'язуванню задач на суміші. У змісті **заняття 13** розглядається декілька способів розв'язування. Найпростішими є обчислення складу суміші за масовою часткою та перехресний («правило хреста»). Ясна річ, розібрати всі з них за 45 хв неможливо. Варто обрати декілька, останні ж докладно розглядаються на наступних заняттях або їх пропонують для самостійного ознайомлення.

На **занятті 14** розглядають дві задачі. З неорганічної хімії – задача на обчислення маси металу в суміші, з органічної хімії – обчислення об'єму газу. Спосіб розв'язування – аналогічний, однак обчислення маси речовини дано за варіантами: а) за кількістю речовини; б) за пропорцією.

На відміну від задач, що розглядаються на попередньому занятті, на **занятті 15** розглядають способи розв'язування задач на суміші за рівняннями

хімічних реакцій, якщо всі компоненти беруть участь в хімічному процесі. Такі задачі є складними, потребують великої кількості дій. Розв'язування подано за різними способами. Учні можуть обрати зрозуміліший для них.

На **занятті 16** подано методику розв'язування задач, тип яких розглядали на попередньому занятті, але ускладнених додатковими даними (масовою часткою суміші, густиною речовини).

На останньому, **17 занятті** в 10 класі розв'язують задачі на домішки. Ускладнень виникнути не повинно: учні вже обчислювали задачі на суміші. Головне – пояснити поняття *домішки* і те, що обчислюючи продукти реакції, треба мати на увазі той факт, що їхня маса (об'єм, кількість речовини) має бути менше, ніж маса (об'єм, кількість речовини), що її обчислено за рівнянням хімічної реакції. У разі обчислення реагентів для отримання певної кількості продукту реагентів необхідно взяти більше на таку саму кількість, що припадає на домішки.

11 клас

Заняття **1 – 5** присвячено розв'язуванню задач з теми «Розчини». З основними формулами для цього учні були ознайомлені в 9 класі. Однак з поняттями *молярна концентрація*, *розчинність* і *ступінь електролітичної дисоціації* вони ознайомлюються вперше (**заняття 1, 5**). учні мають навчитися Крім уміння розв'язувати задачі учні мають навчитися користуватися табличними даними і графіками, робити висновки щодо розчинності речовини, сили електроліту.

На **заняттях 3 і 4** розглядаються пособи розв'язування задач зі зміною складу розчину за трьома варіантами: внаслідок випарювання розчину; внаслідок розбавлення; після злиття розчинів різної концентрації. Основним є той факт, що під час випарювання і розбавлення незмінною є маса речовини в розчині, змінюються маса розчинника і маса розчину. Під час змішування розчинів з різною масовою часткою змінюється і маса розчинника, і маса розчиненої речовини.

На занятті 6 робота учнів спирається на формування вміння користуватися рядом активності металів, Періодичною системою хімічних елементів. До них належать задачі на обчислення маси металу на пластинці й визначення хімічного елемента за продуктом хімічної реакції, за Періодичною системою.

Заняття 7 і 8 присвячено навчанню учнів розв'язувати задачі з термохімії: визначення теплового ефекту реакції (написання термохімічних рівнянь) і розрахунки за термохімічними рівняннями. Запропоновано задачі з використанням поняття *теплота утворення речовини*. Необхідно наголосити, що теплота утворення простої речовини завжди дорівнює нулю.

На заняттях 9, 10 і 11 розв'язуються задачі на швидкість хімічної реакції: обчислення середньої швидкості гомогенної та гетерогенної реакції, за законом діючих мас і за правилом Вант-Гоффа. Необхідно ознайомити учнів із залежністю швидкості хімічної реакції від концентрації і тиску (у разі взаємодії газуватих речовин), поняттям *температурний коефіцієнт* і формулами, які при цьому застосовуються.

Заняття 12 і 13 присвячено розв'язуванню *задач на надлишок*. Причому основним є розуміння учнями поняття *надлишок*. Для цього введено математичну задачу на обчислення мас реагентів, необхідних для приготування варення. Після набуття учнями розуміння, як встановлювати речовину, що реагує повністю, наступні кроки з розв'язування вони виконують за вивченими алгоритмами.

На заняттях 14, 15 і 16 розглядаються способи розв'язування трьох протилежних задач:

- на встановлення масової (об'ємної) частки відносного виходу продукту реакції;
- на встановлення виходу продукту за відомою масовою часткою відносного виходу реакції;
- на встановлення необхідної кількості реагентів за відомою масовою часткою відносного виходу реакції.

Масову (об'ємну) частку обчислюють за відповідною формулою. Задача вимагає математичних вмінь. Обчислення ж виходу продукту або реагентів хімічної реакції зазвичай спричиняє незрозуміння вибору величин, за якими необхідно обчислювати реагенти й продукти реакції. Головне, як і в задачах на домішки, пояснити, що, визначаючи продукти реакції, треба мати на увазі, що їх має бути менше, ніж обчислених за рівнянням хімічної реакції на відсоток відносного виходу. Якщо обчислюють кількість реагентів, то їх необхідно взяти більше на величину, що відповідає відносному виходу продукту реакції.

Заключне **17 заняття** можна присвятити перевірці набутого вміння розв'язувати розрахункові задачі з хімії. Пропонується чотири задачі: дві задачі на суміші, задача на розчині і встановлення теплового ефекту горіння палива різних видів. Для розв'язування таких задач учні мають застосувати вміння складати рівняння хімічних реакцій; обчислювати молярні маси, кількість речовини; масу речовини в розчині за її масовою часткою, частку речовини в суміші. Кількість обраних для розв'язування задач цілком залежить від власного вибору учня.

**Методичні рекомендації з вивчення курсу за вибором
«Сучасні технології та матеріали. 11 клас».**

О. Нетрибійчук

Курс ознайомлює із сучасними матеріалами, що їх використовують у виробництві багатьох галузей промисловості. Він спрямований на здобуття учнями знань про деякі новітні матеріали, їхнє застосування та перспективи розвитку технологічних процесів.

Курс за вибором «Сучасні технології та матеріали» є міжпредметним і може бути реалізований у класах на рівні стандарту або профільному рівні.

Розподіл годин у навчальній програмі є орієнтовним. Учитель може змінювати розподіл годин на вивчення окремих розділів. Навчання за цим курсом можна організувати, використовуючи *STEM*-навчання і *STEM*-технології, що сприятиме реалізації принципу інтегрованого навчання. Окрім того, ефективність проведення занять можна підвищити через застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема 3D-моделювання та відеоматеріалів. Вони сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів, розвитку їхньої самостійності в опануванні знань, формуванню ключових компетентностей.

Курс складається з таких тем.

Вступ. Загальні тенденції сучасної хімії.

Тема I. Нанохімія й нанотехнології.

Тема II. Полімерні композитні матеріали.

Тема III. «Зелена» хімія та сучасні технології.

Оскільки більшість тем курсу не розглядаються у програмі з хімії для закладів загальної середньої освіти, матеріал, що його вивчатимуть, є новим і потребує ґрунтовного розгляду. Певну інформацію щодо сучасних матеріалів учні можуть отримати з інтернет-джерел й науково-популярної літератури. Проте у програмі є поняття, що потребують докладного пояснення вчителя.

Вони занурюють учнів у новий, досі невідомий світ наноматеріалів і сучасних технологій.

Вступ. Загальні тенденції сучасної хімії.

Під час вивчення теми радимо спочатку ознайомити учнів зі світовим рівнем розвитку нанотехнологій, вагомими відкриттями вітчизняних науковців, значенням розвитку нанотехнологій в умовах сучасності.

Основні напрями розвитку хімії у XXI столітті. Світова економіка початку XXI ст. характеризується кардинальними змінами щодо визначення напрямів економічного прогресу. За аналітичними прогнозами, інноваційний розвиток і рівень економіки у XXI ст. визначатимуть саме нанотехнології, що приведуть до істотних змін у всіх сферах діяльності.

Нанотехнології – міждисциплінарні технології, що їх розроблено для об'єктів розмірами менш ніж 1 мк. Вони уможливають проведення досліджень, маніпуляції та обробку речовин розміром від 0,1 до 100 нм (1 нм – це одна мільярдна частка метра). Доцільність використання наноматеріалів, що їх виготовляють із застосуванням нанотехнологій, зумовлена тим, що такі речовини мають властивості, які не притаманні їй у макрокількості.

Наразі нанотехнології – це найбільш фінансований науковий напрям. Понад 50 країн упроваджують спеціальні програми розвитку нанотехнологій, постійно збільшуюючи обсяги світових інвестицій у них. На ринку світових інвестицій переважають 15 країн – США, Японія, Велика Британія, Німеччина, Ізраїль, Китай, Канада, Австралія та ін.

Становлення й розвиток нанотехнологій в Україні. Україна не може залишатися осторонь процесів становлення й розвитку нанотехнологій. Науковці НАН України розробили комплексну програму фундаментальних досліджень – «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології» (2003 – 2009 рр.).

Окрім того, в Україні було впроваджено Державну цільову науково-технічну програму «Нанотехнології та наноматеріали» (2010 – 2014 рр.). Розробки і дослідження відбувалися за підтримки НАН України. У 2015 р. на

засіданні Президії НАН України було розглянуто питання щодо стану та перспектив розвитку досліджень у галузі наносистем і наноматеріалів в Україні й визнано, що отримано вагомі результати, які сприяли реалізації низки напрямів розвитку науки і техніки.

Нині перспективним напрямом є створення нових і поліпшення вже наявних матеріалів, виробництво нанопорошків, вуглецевих матеріалів (графену, нанотрубок, стільникових структур тощо), розроблення технологій вирощування унікальних монокристалів з рекордними габаритами. У НАН України в межах спеціальної програми «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології» тривають дослідження з фізики металів і сплавів, хімії поверхні, порошкових технологій, мікроелектроніки, колоїдних нанорозчинів, сорбентів, лікарських засобів.

В Інституті металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України освоєно технологію виробництва магнітом'яких аморфних і нанокристалічних сплавів на основі заліза з надшвидким охолодженням розплаву, а також виготовлення з них магнітодротів. Аморфні сплави мають високі магнітні характеристики, внаслідок чого з них можна виробляти, наприклад, потужні трансформатори невеликих габаритів. Виробництво аморфних і нанокристалічних магнітопроводів освоєно на НВП «Мелта» (Київ).

Наноматеріали використовують під час створення нових ліків, зокрема проти діабету II типу та злоякісних пухлин; як компоненти нового класу протитромбічних препаратів, регулятори скорочення гладких м'язів, для створення біокерамічних імплантатів; як носії фармацевтичних препаратів цільового призначення («прицільна» діагностика й терапія); протимікробні препарати; у нових діагностичних і сенсорних тест-системах; у харчовій промисловості, сільському господарстві тощо. Спільними зусиллями фахівців Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона, Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є. Кавецького, Інституту загальної і неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського розроблено методику прицільної

доставки ліків до пухлин за допомогою біосумісних наночастинок під дією магнітного поля.

У Інституті газу НАН України створено унікальний високоефективний засіб для швидкої ліквідації нафтових розливів (наношаруватий сорбент на основі терморозширеного графіту), а також відповідне технологічне обладнання для його виробництва. Цей сорбент значно ефективніший за закордонні аналоги. Відпрацьований сорбент легко зазнає термохімічної регенерації. Засіб експортується за кордон, а саме в Індію, Німеччину.

Застосування нанотехнологій у найближчій перспективі сприятиме збільшенню обсягу виробництва внутрішнього валового продукту та істотному економічному ефекту в таких базових галузях економіки, як машинобудування, автомобільна промисловість, електроніка та оптоелектроніка, інформатизація, сільське господарство, охорона здоров'я, охорона навколишнього середовища.

Проте нанопродукція поки що не набула поширення в Україні через високу ціну і середній рівень якості, що залежать від недостатніх обсягів фінансування.

Отже, під час вивчення цієї теми основний акцент треба зробити на інноваційних напрямках розвитку сучасної хімії, а також показати роль науково-дослідних установ України й розробок вітчизняних науковців.

Тема І. Нанохімія і нанотехнології.

Поняття, що розглядаються у цій темі, учням невідомі. Насамперед треба коротко ознайомити учнів з історією розвитку нанотехнологій і нанохімії, пояснити нові поняття, а для візуалізації матеріалу використати 3D-моделювання. Рекомендуємо учителям під час підготовки до заняття, на яких вивчатимуться певні речовини, використовувати такий план:

Пояснення структури матеріалу.

Методи добування (синтезу).

Властивості.

Значення та застосування.

Вивчення теми пропонуємо спланувати на **6** занять.

1. Нанохімія як наука, перспективи розвитку й упровадження. Нанотехнології. Наноматеріали, їхня класифікація.

Днем народження нанонауки вважається 1959 р., коли професор Каліфорнійського інституту Річард Філіпс Фейман (Нобелівська премія з фізики 1965 р.) під час лекції, прочитаної перед членами Американського фізичного товариства, звернув увагу на можливість використання атомів як «будівельних» частинок. Відтоді почалося створення атомно-силових і сканувальних тунельних мікроскопів, що можуть не лише показувати тривимірні малюнки розташування атомів, а й уможливають їхнє переміщення.

Річард Фейман стояв біля витоків нанотехнологій: йому належить нове тлумачення квантової механіки, окрім того, він заклав основу теорії слабких взаємодій і кварк-глюонної картини будови речовин.

Уперше термін «нанотехнологія» вжив японський учений Норіо Танігуті у 1974 р. Так він назвав виробництво нанорозмірних предметів. У 80-х роках ХХ ст. Ерік К. Дрекслер використовував цей термін у працях, присвячених математичним обчисленням пристроїв розміром у кілька нанометрів.

Визнанням певного внеску в розвиток теорії маломасштабних частинок є присудження Нобелівської премії з фізики у 2000 р. російському вченому Ж. І. Алферову за роботи в галузі напівпровідникових гетероструктур.

Нанохімія – одна з актуальних сучасних наук на перетині матеріалознавства, фізики й хімії. **Нанохімія** – це система знань про закономірності існування речовини на нанорівні.

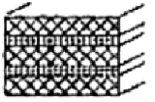
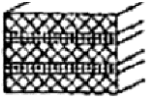
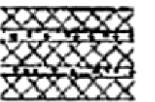








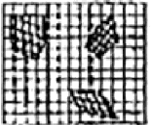
Термін «нанохімія» у літературі з'явився наприкінці 90-х рр. ХХ ст. Цей напрям почав розвиватися активніше після перших міжнародних конференцій з наноматеріалів і появи перших спеціалізованих журналів. Нині питання, що пов'язані з наночастинками, нанокластерами, нанокомпозитами, нанотехнологіями тощо розглядаються як самостійні питання на вітчизняних і міжнародних конгресах, конференціях, симпозиумах.

Розвиток нанонауки протягом останніх 10 – 15 років загалом полягає в розробленні нових способів добування, вивчення та модифікації наночастинок і наноструктур.

Класифікація наночастинок і методи їхнього дослідження є недосконалими, вони безперервно розвиваються й змінюються. Однією з найпоширеніших класифікацій для основних типів неpolімерних наноматеріалів є класифікація Г. Гляйтера (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація наноматеріалів за Г. Гляйтером

Хімічний склад	Склад і розподіл			
	однофазний	багатофазний		матричний
		статистичний		
		ідентичні межі	неідентичні межі	
Форма				
Пластиначаста				
Стовбчаста				
Рівновісна				

За класифікацією *ISO* (*International Organization for Standardization*, Міжнародна організація стандартизації) обрано систему «Класифікаційне дерево», що її найчастіше використовують у науці й техніці. У системі «нанодерево» обрано чотири базові критерії (схема 1).



Схема 1. Спрощена схема будови «нанодерева»

2. «Графен, вуглецеві й неуглецеві нанотрубки, їхня структура, методи синтезу». Графен – речовина, що невідома учням, як і більшість наноматеріалів. На початку вивчення цієї теми бажано пригадати поняття «алотропія», алотропні модифікації Карбону, потім докладніше розглянути характеристику та особливості речовин.

Графен — двовимірний матеріал, одна з алотропних модифікацій Карбону, моноатомний шар атомів Карбону з гексагональною структурою. Графен був відкритий у 2004 р. Андрієм Геймом та Костянтином Новосьоловим з Манчестерського університету (Нобелівська премія з фізики 2010 р.). Графен за своєю будовою подібний до окремого атомного шару в структурі графіту. Його можна уявити як «розгорнуту» вуглецеву нанотрубку. Підвищена

мобільність електронів переводить його в розряд найперспективніших матеріалів для наноелектроніки.

Існує кілька основних способів добування графену: механічне відщеплення, хімічне осадження з газової фази, технологія розшарування за допомогою інтеркаляції (зворотного включення) графіту й формування графену відновленням оксиду графену. Застосування вуглецевих матеріалів є доволі широким, зокрема графен й оксид графену використовують як високопровідникові прозорі електроди до світлодіодів сонячних елементів, а також як елементи пам'яті, біо- і газових сенсорів, високошвидкісних фотодетекторів, надтонких дисплеїв, смартфонів тощо.

Окрім графену слід розрізняти й інші подібні до графену вуглецеві матеріали, що становлять інтерес не лише для науки, а й для промисловості. Це багат шаровий графен, графенові квантові точки, графенові нанострічки, наносітки, нанолисти, оксиди графену, відновлений оксид графену.

«Оксидні нанотрубки». Наноматеріали на основі оксидів металів (наноstrukturованих або нанодисперсних) – це клас різноманітних матеріалів з різними електронними структурами, фізико-хімічними та електромагнітними властивостями. Із літературних джерел відомо, що металоксидні наноматеріали й нанокомпозити мають потужний потенціал для використання у багатьох галузях. Наприклад, у прикладній екології, зокрема як фотокаталізатори, адсорбенти, як чутливі елементи у пристроях для моніторингу навколишнього середовища. Численні дослідження свідчать, що сорбційні металоксидні наноматеріали мають велику питому площу поверхні, високу сорбційну ємність, швидку кінетику й специфічну спорідненість до різних забруднювачів. Використання у фотокаталітичних процесах саме наноstrukturованих оксидів металів дає змогу ефективно окиснювати органічні сполуки, що не розкладаються природним біохімічним способом, а тонке доочищення водних розчинів за їхньою допомогою є найбільш перспективним.

3. «Фулерени. Дендримери. Нанодроти». Поміж речовин, що їх вивчають у цій темі, учням відомий фулерен. З ним вони ознайомлюються в

11 класі під час вивчення теми «Алотропія. Алотропні модифікації речовин неметалічних елементів». У цій темі його можна розглянути докладніше.

Фулерен – це алотропна форма існування атома Карбону, що її часто називають його молекулярною формою. Відкриття нової молекули, подібної за формою до футбольного м'яча, яка складається із 60 атомів Карбону, є певною мірою випадковий наслідок досліджень природи матерії у міжзоряному просторі, що його надалі було змодельовано в лабораторних умовах. У 1990 р. була опублікована праця, в якій повідомлялося, що макроскопічні кількості C_{60} можна добувати за допомогою лабораторних методів, і це сприяло початку масових досліджень. Незабаром було визначено найважливіші структурні й фізико-хімічні характеристики молекули C_{60} , що найлегше утворюється серед відомих фулеренів. За відкриття фулерену складу C_{60} і C_{70} (1985 р.) Роберт Керл, Річард Смоллі та Гарольд Крото у 1996 р. були удостоєні Нобелівської премії з хімії.

Спектр можливих застосувань є надзвичайно широким. До нього належить боротьба з вірусними, онкологічними, нейродегенеративними захворюваннями, остеопорозом, захворюваннями судин. Фулерен можна використовувати й у діагностиці як рентгеноконтрастну речовину (прикріплювати до поверхні певних клітин і виявляти їхнє розташування в організмі). Крім того, доведено, що похідні фулерену мають досить низьку токсичність.

Одним з елементів наносвіту є **дендримери** (деревоподібні полімери) – наноструктури розміром від 1 до 10 нм, що утворюються внаслідок сполучення молекул, утворюючи розгалужені структури. Синтез дендримерів – це одна з нанотехнологій, що тісно пов'язана з хімією полімерів. Як і всі полімери, дендримери складаються з мономерів, але молекули цих мономерів мають гіллясту структуру. Дендример стає подібним до дерева з кулястою кроною. Крім того, порожнини всередині дендримеру можуть містити речовини з радіоактивною «міткою», що застосовуються для діагностики різних захворювань.

Перспективним напрямом застосування дендримерів є їхнє можливе використання як нанокапсул, що доставляють ліки безпосередньо до клітин, які потребують цих препаратів.

Нанодроти – наноструктури з характерним поперечним розміром до 10 нм і довжиною, що набагато перевищує поперечний розмір. Оскільки за таких розмірів велике значення мають квантові ефекти, нанодроти фактично є квантовими дротинами. Існує багато різних типів нанодротин, деякі з них металеві (наприклад, нікелеві, платинові, золоті), інші напівпровідникові (Si, InP, GaN тощо) або з діелектричних матеріалів (SiO₂, TiO₂). Молекулярні нанодротини складаються з молекулярних одиниць органічного або неорганічного походження. Нанодроти – це матеріали, що їх можна використовувати в мікроелектроніці, а в найближчому майбутньому – як напівпровідникові компоненти в надзвичайно малих за розмірами електронних схемах.

Серед останніх відкриттів – струмопровідні нанодроти діаметром лише три атоми. Подібні нанодроти можна буде застосовувати в оптоелектроніці для передачі даних, у вигляді елементів для вироблення сонячної енергії або в інших сферах. Наприклад, можна виготовити тканину для одягу із вшитою електронікою або невидимими сонячними панелями.

4. «Нанокompозити. Методи синтезу та дослідження». Нанокompозити – композиційні матеріали з металевою, полімерною, керамічною матрицями і наповнювачами у вигляді наночастинок, нановолокон, наночарів, а також композиційні матеріали зі складним використанням нанокompонентів. Ці матеріали вже застосовуються для виготовлення деталей аерокосмічного призначення, космічних антен, оптики, дзеркал, антирадарних покриттів; як матеріали деталей конструкції автомобіля; у військовій промисловості; для виготовлення побутової електронної техніки; у виробництві шлангів і труб для подачі горючих газів і рідин тощо. У перспективі передбачається створення принципово нового класу композиційних матеріалів на основі комбінації різних груп наноматеріалів – фулеренів, нанотрубок, нанодротів, нанопокриттів.

Заняття 5 і 6 «Перспективи практичного використання і розробки в Україні» і «Внесок українських учених у розвиток нанотехнологій» рекомендуємо як навчальні проєкти. Окрім того, програмою передбачено виконання проєктів з таких тем.

1. Оксидні нанотрубки, їх застосування.
2. Біосенсори на основі нанодротів.
3. Графен – перспективи застосування в галузях промисловості.

Тема II. Полімерні композитні матеріали.

Поняття, що вивчаються у даній темі, учням частково відомі з курсу хімії 9 і 10 класів. Але цілісної картини про полімерні композиційні матеріали учні не мають. На початку вивчення теми варто запропонувати учням пригадати, що вони знають про полімерні матеріали, що таке композити. Вивчення даної теми пропонуємо спланувати на 8 занять. Розглянемо деякі поняття, на які треба звернути увагу.

1. Композити. Структура і класифікація полімерних композитів.

Що ж таке композиційні матеріали? Слово композит (від лат. *compositio* – складання, створення) у даному контексті трактується не лише як «складний, неоднорідний», а передусім як штучно виготовлений матеріал, спеціально сконструйований для забезпечення певних властивостей.

Композиційними називають матеріали, в яких:

- 1) можна виділити матрицю й наповнювач, що мають різні функції і розділені виразною межею розподілу;
- 2) структура армування забезпечує спеціальні властивості, які не є наслідком простого поєднання характеристик компонентів;
- 3) мають масштабний ефект міцності, тобто відбувається її посилення внаслідок малого діаметра наповнювача.

Надзвичайно велика кількість створених і перспективних композиційних матеріалів зумовлена можливістю зміни компонентів, структури, технології.

Класифікацію можна проводити на різних рівнях і згідно з різними принципами:

- за хімічним складом компонентів;
- за формою армованих елементів;
- за схемою армування;
- за технологією виробництва або конструкційним призначенням.

2. Полімерні матриці. Терморектопласти, їхні види, властивості та застосування. У полімерних композиційних матеріалах роль безперервної фази – *матриці*, в якій розміщується наповнювач, виконують полімери. Полімерна матриця призначена для передачі навантажень каркаса з волокон, що зміцнює матеріал для збереження форми конструкції. Від складу і властивостей полімерної матриці залежать такі експлуатаційні та технологічні властивості, як термостійкість, тривала міцність, здатність до деформацій в умовах статичних і динамічних навантажень, хімічна стійкість, здатність до переробки.

Пластмаси відповідно до поведінки під час нагрівання можна поділити на два великі класи: термо- та реактопласти.

Термопласти, або термопластичні полімери, під час нагрівання розм'якшуються, а під час охолодження тверднуть без зміни властивостей. Здатність формуватися зберігається і в разі повторних переробок. Молекули термопластів мають лінійну або розгалужену форму.

Реактопласти, або терморективні полімери, під час нагрівання спочатку набувають пластичності або плавляться, а потім переходять у твердий нерозчинний і неплавкий стан. Процес тверднення реактопластів є незворотним.

Типовими полімеризаційними термопластичними полімерами є поліетилен і полівінілхлорид, що їх добувають полімеризацією відповідно етилену та вінілхлориду. Типовими поліконденсаційними терморективними полімерами є амінопласти та фенопласти, що їх добувають поліконденсацією відповідно карбаміду (сечовини) або фенолу з формальдегідом. Про більшість цих речовин учням відомо, тому вивчення має ґрунтуватися на здобутих раніше знаннях з даної теми.

3. Епоксидні й фенолоформальдегідні смоли. Епоксидні полімери, що їх було відкрито понад півсторіччя тому, стали в наш час важливим, а часто просто незамінним складником синтетичних полімерних матеріалів. Нині епоксидні в'язучі матеріали лідирують серед інших відомих типів в'язучих, що використовуються у виробництві полімерних композиційних матеріалів.

Найбільшого поширення серед епоксидних олігомерів набули олігомери, синтезовані на основі епіхлорогідрину (гліцидилу) та дифенілолпропану (бісфенолу А) – діанові епоксидні смоли. Для тверднення епоксидних смол використовують різні смоли, наприклад фенолоформальдегідні, аміноформальдегідні.

4. Фенолоформальдегідні смоли (ФФС). Перші продукти конденсації фенолів з альдегідами було добуто в 1872 р. А. Байером, який установив факт утворення смол з фенолів і формальдегіду в присутності хлоридної кислоти. Довгостроковий прогноз показав, що на відміну від інших полімерів для фенольних смол характерні надійність джерел природної сировини і відносно стабільна низька вартість. ФФС належать до найбільш термостійких органічних полімерів.

Фенолоформальдегідні смоли за хімічною будовою поділяють на дві групи: *новолакові смоли* та *резольні смоли*. Новолакові смоли під час нагрівання не переходять у неплавкий і нерозчинний стан, тобто не змінюють своїх властивостей (термоактивні). На противагу їм резольні смоли під час нагрівання переходять у неплавкий і нерозчинний стан (термореактивні).

Крім ФФС у виробництві композиційних пластиків широко використовують аміноформальдегідні смоли на основі карбаміду, меламіну та їхніх сумішей.

5. «Кремнійорганічні смоли». Це найскладніші за складом та найменш вивчені смоли, що їх добувають з органохлоросиланів загальної формули R_nSiCl_{4-n} (R – метильний, етильний, фенільний або вінільний радикал; $n = 0, 1, 2, 3$). Під час синтезу смол проводять сумісний гідроліз сумішей моно-, ди-, три- і тетрахлоросиланів у різних комбінаціях або поєднання продуктів

гідролізу різних орґанохлоросиланів. Потім продукти гідролізу зазнають поліконденсації до утворення смол.

Наступні теми в розділі: **6.** «Термопласти, їхні види, властивості та застосування. Поліетилен. Поліпропілен. Політетрафлуоретилен. Поліацеталі, естери»; **7.** «Полібутилентерефталат. Полікарбонати. Поліаміди»; **8.** «Наповнювачі, їхні види та характеристика. Гібридні композити». Учні можуть розглядати ці теми самостійно, оскільки це не потребує спеціальної підготовки. Інформація про речовини, що розглядаються, доступна з багатьох джерел, у т. ч. з інтернету:

https://cpsm.kpi.ua/nauka/knigi/gon_kov_tehnkompmater-2007.pdf

<https://zavantag.com/docs/427/index-1999987.html?page=3>

Роботу над цими темами рекомендуємо організувати в малих групах, виконуючи навчальні проєкти. Також можна запропонувати виготовлення наочних колекцій за відповідними темами.

Тема III. «Зелена» хімія та сучасні технології.

Цей розділ програми містить дві теми: «Зелена» хімія – основні напрями та перспективи розвитку» та «Біотехнологія – сучасний напрям розвитку науки». Обидві теми знайомі учням з курсу хімії та біології 11 класу, а тому заняття можна провести у формі *воркшопу* (англ. *workshop* – майстерня) або *(не)конференції* (міні*EdCamp*) (едкемп). Це сучасні форми *орґанізації* навчання, що їх можна використовувати на етапі узагальнення або підсумовування вивчення теми, курсу.

Воркшоп – навчальний захід (нарівні із семінарами, курсами тощо), під час якого учасники здобувають знання самостійно. Основні відмінності воркшопу від заходів іншого типу – це висока інтенсивність групової взаємодії, активність і самостійність учасників, актуальний досвід й особисте переживання. Експерт, ведучий, керівник воркшопу допомагає учасникам визначити мету, завдання високопродуктивної майстерні, добирає методи та прийоми для активного дослідження.

Учасники користуються власним досвідом, знаннями й уміннями, набутими з теми воркшопу. Вони діляться ними з іншими учасниками заходу. Ведучий уміло контролює процес, спрямовує діяльність групи.

За такої форми навчання наголос робиться на динамічному знанні. Відповідальність за результат освітнього процесу розподіляється між учасниками й учителем, який виступає у ролі тьютора. Кожний учасник воркшопу отримує індивідуальне рішення конкретного завдання. Результативність заходу визначається внеском учасників.

EdCamp — конференції, що їх проводять самі учасники; як правило, їх називають *(не)конференціями*. *Edcamp* призначені для набуття інтерактивного досвіду з певної галузі, предмета, курсу. Перші *(не)конференції* було проведено ще у 2010 р. у Філадельфії для допомоги учителям та іншим зацікавленим особам. *МініEdcamp* можна проводити й з учнями переважно старшої школи.

ВИРОБНИЧО-ПРАКТИЧНЕ ВИДАННЯ

**Величко Людмила Петрівна
Вороненко Тетяна Іванівна
Нетрибійчук Олександр Сергійович**

**Методичні рекомендації з вивчення курсів
за вибором з хімії.
10-11 класи**

методичні рекомендації

(Електронне видання)

Обсяг вид. 2,0 авт. арк.

Видавництво «Педагогічна думка»
04053, м. Київ,
вул. Січових Стрільців, 52-а, корп. 2;
тел./факс: (044) 481-38-85
e-mail: book-xl@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК № 3563 від 28.08. 2009 р.