

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Факультет природничих наук

Кафедра хімії середовища та хімічної освіти

## **ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього рівня бакалавра

**на тему: «Сучасні підходи до вивчення теми «Досліджуємо гази  
довкілля» в Новій українській школі»**

Виконала: студентка IV курсу, групи СОХ-41

спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія)

Трищ Ю.П.

Керівник

Кузишин О.В.

Рецензент

Мідак Л.Я.

м. Івано-Франківськ – 2025 р.

**Трищ Ю.П. Сучасні підходи до вивчення теми «Досліджуємо гази довкілля» в Новій українській школі.** – Дипломна робота за спеціальністю «Середня освіта (хімія)». – Прикарп. нац. ун-т ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2025. – 104 с.

Дипломна робота є рукопис, який містить огляд літературних джерел з питань вивчення газів у шкільному курсі хімії Нової української школи. У роботі розглянуто особливості модельних навчальних програм з хімії для Нової української школи (цикл базового предметного навчання, 7-9 клас): освітню мету, завдання та структуру, компетентнісний потенціал курсу (ключові компетентності, умінні та ставлення в курсі хімії), базові знання (загальноприродничі та хімічний складник). Розглянуто пропонований зміст, орієнтовні види навчальної діяльності (дослідження, моделювання, проєктна діяльність; робота з інформацією; спільне обговорення, обговорення результатів навчальної діяльності, рефлексія), очікувані результати навчання під час вивчення теми «Досліджуємо гази довкілля». Підготовлено плани-конспекти уроків до теми «Досліджуємо гази повітря», розроблено робочі аркуші, ментальні карти, завдання для домашніх експериментів до теми «Кисень. Водень. Озон». Проведена статистична обробка результатів діагностики знань учнів 41 групи з теми «Гідроген. Водень». 104 с., Рис. 29, Табл. 3, Літ. 71.

**Ключові слова:** Нова українська школа, хімія, шкільний курс, водень, кисень, Гідроген, Оксиген, озон.

**Trishch Yuliia. Modern Approaches to Studying the Topic «Exploring Environmental Gases» in the New Ukrainian School.**

The diploma thesis is a manuscript that contains a review of literature sources on the study of gases in the school chemistry course of the New Ukrainian School. The work examines the features of model chemistry curricula for the New Ukrainian School (basic subject learning cycle, grades 7-9): educational goals, objectives and structure, the competency-based potential of the course (key competencies, skills, and attitudes in the chemistry course), basic knowledge (general natural science and chemical components). The proposed content is analyzed, as well as approximate types of learning activities (research, modelling, project activities; working with information; joint discussion, discussion of learning outcomes, reflection), and the expected learning outcomes during the study of the topic «Exploring Environmental Gases» Lesson plans were prepared for the topic «Exploring Air Gases»; worksheets, mind maps, and tasks for home experiments were developed for the topic «Oxygen. Hydrogen. Ozone». Statistical analysis was conducted on the results of knowledge diagnostics of 41 student groups on the topic «Hydrogen». 104 p., Fig.29, Tabl. 3, Refr. 71.

**Keywords:** New Ukrainian School, chemistry, school course, Hydrogen (Hydrogenium), Oxygen (Oxygenium), ozone.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕМА «ХІМІЯ ГАЗІВ» У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ХІМІЇ.....</b>	<b>11</b>
1.1. Ключові та предметні компетентності.....	11
1.2. Очікувані результати навчання та їх компоненти.....	14
1.3. Зміст навчального матеріалу.....	16
1.4. Практична частина.....	16
1.4.1. Навчальні проєкти.....	16
1.4.2. Демонстрації.....	16
1.4.3. Практичні роботи.....	17
1.5. Наскрізнi змістові лінії.....	17
1.6. Модельні навчальні програми з хімії для Нової української школи.....	17
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>22</b>
2.1. Гідроген. Водень.....	22
2.1.1. Загальна характеристика Гідрогену (водню).....	22
2.1.2. Фізичні властивості водню.....	23
2.1.3. Історія відкриття водню.....	24
2.2. Оксиген. Кисень.....	24
2.2.1. Загальна характеристика Оксигену (кисню).....	24
2.2.2. Фізичні властивості кисню.....	26
2.3. Озон – алотропна модифікація Оксигену.....	28
2.3.1. Явище алотропії.....	28
2.3.2. Загальна характеристика озону.....	29
2.3.3. Історія відкриття.....	33
2.3.4. Фізичні властивості.....	35
2.3.5. Структура.....	36
2.3.6. Хімічні властивості озону.....	36
2.3.7. Використання озону.....	40

2.3.8. Озоновий шар.....	43
2.3.9. Одержання озону.....	49
<b>РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>52</b>
3.1. Хімічна гра «Гази Довкілля: Кисень, Озон, Водень» для 8 класу НУШ.....	52
3.2. План-конспект уроку: <b>КИСЕНЬ</b> <b>ЯК</b> <b>НАЙВАЖЛИВІШИЙ</b> <b>ГАЗ</b> <b>ЖИТТЯ</b> «Кисень – життєдайний елемент».....	57
3.3. Робочі аркуші.....	62
3.4. Ментальні карти.....	65
3.5. Домашні експерименти.....	71
3.6. Ребуси.....	73
3.7. Філворди.....	74
3.8. Кроссенси.....	77
3.9. Комікс «Метанмен».....	78
3.10. Статистична обробка результатів діагностики знань учнів 41 групи.....	80
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>82</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>83</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>91</b>

## ВСТУП

Робота виконана у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника.

**Актуальність теми.** У сучасному світі, що стрімко розвивається, наука відіграє вирішальну роль у формуванні майбутнього, а хімія, як одна з її фундаментальних галузей, посідає особливе місце. Хімія є основою для розуміння будови та властивостей речовин, їхніх перетворень та взаємодії, що ґрунтується на незмінних законах природи. Вона не просто надає знання, а й розвиває унікальні пізнавальні здібності: спостережливість, аналітичне мислення, вміння прогнозувати результати та робити обґрунтовані висновки.

Процес опанування хімії починається з емпіричного рівня, де учні спостерігають за явищами навколишнього світу та осмислюють побачене. Згодом ці початкові знання трансформуються та систематизуються за допомогою символів, хімічних формул та рівнянь реакцій. Наступний етап передбачає глибинне осмислення процесів на молекулярному та атомарному рівнях, що є ключовим для формування хімічного мислення. Саме розвиток цього типу мислення дозволяє учням не просто запам'ятовувати факти, а розуміти причинно-наслідкові зв'язки та логіку хімічних перетворень.

Незважаючи на свою фундаментальну важливість, хімія залишається одним з найскладніших предметів як для викладання, так і для засвоєння учнями в закладах загальної середньої освіти. Ця складність зумовлена абстрактністю багатьох понять, необхідністю одночасного залучення логічного та образного мислення, а також великим обсягом інформації. У зв'язку з цим, роль вчителя стає абсолютно особливою та визначальною. На педагога покладається відповідальність не лише за передачу знань, а й за мотивацію учнів, пробудження їхнього інтересу до хімії та формування позитивного ставлення до предмета.

Актуальність вивчення та вдосконалення методики викладання хімії також підкреслюється перспективністю професій, пов'язаних з цією наукою.

У найближчому майбутньому хімічні знання будуть незамінними у таких галузях, як медицина, фармакологія, біотехнології, енергозбереження, екологія (особливо у сфері утилізації побутових та промислових відходів), створення та виробництво нових матеріалів, а також харчова промисловість. «Атлас нових професій» чітко окреслює тенденції розвитку ринку праці, підкреслюючи, що значна частина нових спеціальностей, які будуть затребувані протягом наступних 15-20 років, потребуватиме саме глибоких хімічних знань. Це свідчить про те, що якісна хімічна освіта є не просто академічним надбанням, а інвестицією у майбутнє учнів та країни в цілому.

Вивчення хімії газів у шкільному курсі є надзвичайно важливим. Газуваті речовини відіграють ключову роль у природі (наприклад, кисень, вуглекислий газ, азот). Вивчення хімії газів сприяє розумінню учнями закономірності, які лежать в основі природних явищ: дихання, горіння, фотосинтез тощо. Знання про гази допомагає пояснювати побутові процеси: роботу аерозолів, надувних балонів, роботу двигунів внутрішнього згорання. Вивчаються безпечні методи поводження з газами, що важливо для життя. Вивчення властивостей газів вимагає встановлення зв'язків між об'ємами, температурою, тиском, масою. Газові закони – це основа термодинаміки, фізичної хімії, екології, біології та інженерних дисциплін. Під час вивчення теми учні та учениці дізнаються про вплив парникових газів, забруднення повітря, озонові діри, що формує відповідальне ставлення до довкілля.

**Об'єкт дослідження:** процес навчання хімії у закладах загальної середньої освіти.

**Предмет дослідження:** процес формування хімічного мислення учнів в умовах закладів загальної середньої освіти через застосування ефективних методичних підходів та інноваційних освітніх технологій. Це включає аналіз дидактичних умов, засобів та методів, що сприяють розвитку в учнів здатності до спостереження, аналізу, прогнозування та обґрунтованих висновків на різних рівнях осмислення хімічних явищ.

**Мета роботи:** теоретичне обґрунтування та розробка методичних рекомендацій щодо оптимізації процесу викладання хімії в закладах загальної середньої освіти з метою підвищення мотивації учнів, розвитку їхнього хімічного мислення та формування стійкого інтересу до вивчення предмета, з урахуванням сучасних вимог до формування природничо-наукової грамотності та актуальних потреб ринку праці.

**Завдання, підпорядковані меті:**

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:**

1. Проаналізувати сучасні науково-методичні підходи до викладання хімії у закладах загальної середньої освіти, виявити їхні переваги та недоліки.
2. Визначити особливості формування хімічного мислення учнів на різних етапах вивчення предмета (від емпіричного до молекулярного рівня).
3. Розробити та апробувати комплекс методичних прийомів та завдань, спрямованих на активізацію пізнавальної діяльності учнів, розвиток їхніх спостережливих та аналітичних здібностей.
4. Дослідити потенціал використання цифрових технологій та інтегрованого підходу у процесі викладання хімії для підвищення ефективності навчання та формування цілісної наукової картини світу.
5. Розробити критерії та показники оцінювання рівня сформованості хімічного мислення учнів та ефективності застосованих методичних підходів.
6. Надати практичні рекомендації для вчителів хімії щодо використання сучасних методик, організації демонстраційних експериментів, лабораторних дослідів, практичних робіт, проектної та дослідницької діяльності з метою підвищення інтересу учнів до предмета.

**Стан наукової розробки.** Проблема формування хімічного мислення та вдосконалення методики викладання хімії є предметом постійних наукових досліджень як в Україні, так і за кордоном. Численні наукові праці присвячені вивченню психолого-педагогічних аспектів засвоєння хімічних

знань, розвитку пізнавальної активності учнів, а також ефективності застосування різних педагогічних технологій у навчальному процесі.

Зокрема, значна увага приділяється дослідженню впливу дидактичних засобів на формування хімічних понять, розвитку умінь та навичок учнів. Аналізуються особливості застосування проблемного навчання, інтерактивних методів, елементів дослідницької та проєктної діяльності на уроках хімії. Розробляються та апробуються інноваційні підходи до організації лабораторних і практичних робіт, що є ключовими для емпіричного рівня вивчення хімії.

Окремий напрямок наукових розробок становить використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчальному процесі. Дослідники вивчають ефективність застосування цифрових інструментів, симуляцій, віртуальних лабораторій та онлайн-ресурсів для підвищення зацікавленості учнів, візуалізації складних процесів та індивідуалізації навчання.

Важливим аспектом є також розробка інтегрованих курсів та підходів у викладанні природничих наук, що дозволяють формувати цілісну наукову картину світу та розвивати природничо-наукову грамотність учнів. У цьому контексті досліджуються міжпредметні зв'язки, можливості синхронізації навчальних програм з хімії з іншими дисциплінами, такими як фізика, біологія, екологія.

Незважаючи на значні досягнення у цій галузі, залишаються відкритими питання, пов'язані з адаптацією навчального матеріалу до різних вікових та психологічних особливостей учнів, розвитком їхньої творчості та самостійності у процесі вивчення хімії. Також потребує подальшого дослідження вплив сучасних соціальних та технологічних викликів на зміст і методи викладання хімії, зокрема у контексті формування компетенцій 21-го століття.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети та вирішення визначених завдань у роботі були використані теоретичні методи

дослідження: аналіз наукової та навчально-методичної літератури з психології, педагогіки, методики викладання хімії, що дозволило визначити стан наукової розробки проблеми, виявити основні тенденції та суперечності. Синтез та узагальнення теоретичних положень для формулювання ключових понять, принципів та підходів до формування хімічного мислення. Порівняння та зіставлення різних методичних систем для виявлення їхніх сильних та слабких сторін. Моделювання навчального процесу та окремих його компонентів для розробки оптимальних шляхів досягнення мети. Емпіричні методи: педагогічне спостереження за навчальним процесом, діяльністю вчителів та учнів на уроках хімії. Анкетування та опитування учнів і вчителів з метою виявлення їхніх поглядів на проблеми вивчення та викладання хімії, а також рівня сформованості інтересу до предмета та хімічного мислення. Бесіди з учителями та учнями для поглибленого з'ясування причин труднощів у засвоєнні матеріалу та оцінки ефективності застосованих методик. Педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний, контрольний) для перевірки ефективності розроблених методичних рекомендацій та їхнього впливу на рівень сформованості хімічного мислення та мотивації учнів. Аналіз продуктів діяльності учнів (контрольні роботи, самостійні завдання, проекти) для об'єктивної оцінки рівня їхніх знань, умінь і навичок. Статистична обробка одержаних даних за допомогою кількісних та якісних методів для підтвердження вірогідності та обґрунтованості висновків.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у можливості їх широкого впровадження в освітній процес закладів загальної середньої освіти. Зокрема, розроблені методичні рекомендації можуть бути використані вчителями хімії для модернізації навчального процесу, підвищення його ефективності та привабливості для учнів. Комплекс методичних прийомів та завдань може стати основою для розробки нових навчальних посібників, дидактичних матеріалів та електронних освітніх ресурсів з хімії. Результати дослідження ІКТ та інтегрованого підходу можуть сприяти ширшому

впровадженню цифрових інструментів та міжпредметних зв'язків у викладання хімії, що відповідає сучасним освітнім тенденціям. Критерії та показники оцінювання хімічного мислення можуть бути використані педагогами для діагностики рівня розвитку пізнавальних здібностей учнів та індивідуалізації навчання. Матеріали роботи можуть бути використані в системі підвищення кваліфікації вчителів хімії, на курсах для студентів педагогічних спеціальностей, а також для самоосвіти педагогів, які прагнуть вдосконалити свою професійну майстерність. Загалом, впровадження результатів дослідження сприятиме покращенню якості хімічної освіти, формуванню в учнів глибоких знань, стійких умінь і навичок, а також розвитку критичного мислення, що є запорукою їхньої успішної адаптації у сучасному суспільстві та обрання майбутньої професії.

**Особистий внесок здобувача.** Самостійний аналіз значного обсягу науково-методичної літератури та визначення актуальності проблеми дослідження. Розробка теоретичних засад формування хімічного мислення та обґрунтування необхідності застосування інноваційних методичних підходів. Обґрунтування та розробка комплексу методичних прийомів та завдань, спрямованих на розвиток хімічного мислення та мотивації учнів. Розробка та впровадження критеріїв та показників оцінювання рівня сформованості хімічного мислення. Аналіз та систематизація отриманих результатів, формулювання висновків та розробка практичних рекомендацій для вчителів хімії. Особиста апробація та верифікація розроблених методик у реальному освітньому процесі. Підготовка та оформлення всіх розділів роботи, включаючи формулювання мети, завдань, обґрунтування методів дослідження та висновків.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 104 сторінки, в тому числі 29 рисунків, 3 таблиці, список наукових джерел інформації містить 71 найменування.

## Розділ 1

### ТЕМА «ХІМІЯ ГАЗІВ» У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ХІМІЇ

Відповідно до навчальних програм з хімії для закладів загальної середньої освіти [19-21, 49], тема «Кисень» вивчалася у 7 та 11 (Тема 4. Неорганічні речовини та їхні властивості) класах шкільного курсу.

Тема «Кисень» мала переважно фактологічний характер, з акцентом на поширенні, колообігу Оксигену у природі, фізичних та хімічних властивостях кисню, відкритті, добуванні та зберіганні, біологічній ролі кисню, горінні й окисненні речовин у повітрі, проблемі чистого повітря, алотропних модифікаціях Оксигену [19-21, 49].

#### 1.1. Ключові та предметні компетентності

Під час вивчення теми «Кисень» засобами навчального предмета формуються ключові і предметні компетентності.

##### Ключові компетентності:



## Предметні компетентності:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ознайомити учнів з якісним та кількісним складом повітря, роботами Лавуазьє про встановлення складу повітря, сформувати уявлення про повітря як суміш газів; з'ясувати значення повітря для збереження життя на Землі;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Розвивати творчу активність, логічне мислення, вміння аналізувати та порівнювати, узагальнювати і робити висновки, розвивати увагу. виховувати акуратність і старанність у навчанні, стимулювати формування інтересу до теми уроку, сприяти естетичному вихованню, культурі поведінки;</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ознайомити учнів з хімічним елементом Оксигеном та його простою речовиною киснем, вивчити склад молекули кисню, його фізичні властивості, поширеність у природі, історію відкриття;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Розвивати вміння порівнювати і аналізувати склад і властивості молекули кисню, характеризувати Оксиген за положенням у періодичній системі, самостійно здобувати нові знання, робити висновки;</li> </ul>
<p>Ознайомити учнів зі законом збереження маси речовини як одним з основних природних законів, що підтверджує цілісність матерії; пояснити сутність закону та його наукове значення; показати роль учених-хіміків у відкритті цього закону</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Розвивати вміння застосовувати закон збереження маси речовини при написанні рівнянь хімічних реакцій; дати поняття про хімічні рівняння як підтвердження закону збереження маси речовини; формувати вміння складати прості рівняння реакцій; працювати над формуванням хімічної мови, застосуванням хімічних понять та термінів; розвивати логічне мислення;</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сформувати в учнів поняття про реакцію розкладу та каталізатор наприкладі реакцій добування кисню; ознайомити учнів із добуванням кисню в промисловості та в лабораторії;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Розвивати вміння записувати рівняння хімічних реакцій добування кисню з оксигеновмісних сполук; розвивати пізнавальний інтерес, логічне мислення; формувати вміння систематизувати матеріал, вибирати головне;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дати поняття про процеси окиснення та горіння, порівняти процеси горіння, повільного окиснення, дихання, розширити уявлення про оксиди як продукти горіння, пояснити умови виникнення та припинення горіння, поглибити знання про склад складних речовин на прикладі оксидів;</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Розвивати вміння складати рівняння хімічних реакцій, аналізувати умови процесів горіння та повільного окиснення; розвивати логічне мислення, пізнавальний інтерес;</li> </ul>



- Розширити і поглибити знання учнів про Оксиген як хімічний елемент та кисень як просту речовину; розглянути колообіг Оксигену в природі; з'ясувати основні галузі застосування кисню;



- Розвивати в учнів пам'ять, логічне мислення, вміння порівнювати, робити висновки, встановлювати міжпредметні зв'язки; формувати вміння систематизувати вивчений матеріал, вибирати головне, оформлювати та заповнювати таблиці, прищеплювати навички роботи з додатковими джерелами інформації; формувати навички дослідницької діяльності на основі групової праці учнів;

- Навчити учнів застосовувати теоретичні знання на практиці; ознайомити з лабораторним способом добування кисню, виробляти вміння і навички у проведенні хімічного експерименту і аналізі явищ, що спостерігаються;



- Навчити учнів визначати наявність кисню дослідним шляхом використовуючи лабораторний посуд для добування і збирання кисню; показати різні способи збирання кисню, що ґрунтуються на його властивостях;

- Розвивати логічне мислення, пізнавальний інтерес, продовжити формувати навички роботи з лабораторним обладнанням хімічними реактивами з дотриманням правил техніки безпеки; формувати вміння правильно робити висновки;

- Розвивати практичні вміння і навички при роботі в хімічному посудом та реактивами; сформувати відповідні навички хімічного експерименту з дотриманням правил техніки безпеки; розвивати в учнів уміння працювати в парах та групах, висловлювати свої думки;



- Закріпити та поглибити знання учнів про хімічні властивостями кисню – взаємодією зі складними речовинами; перевірити вміння складати рівняння хімічних реакцій, аналізувати свої відповіді;



- Розвивати пам'ять, логічне мислення, вміння нестандартно мислити, використовувати теоретичні знання на практиці, вміння робити висновки;



- Узагальнити і систематизувати знання учнів з теми «Кисень», закріпити відкоригувати знання про хімічний елемент Оксиген і просту речовину кисень, способи добування кисню, його фізичні і хімічні властивості;

- Виховувати самостійність та екологічне мислення; акуратність, старанність у навчанні, свідомий інтерес до вивчення предмета; любов до хімічної науки, розуміння її життєвої необхідності та практичної значущості при дослідженні навколишнього світу, прагнення досліджувати навколишній світ, дбайливе ставлення до свого здоров'я, до навколишнього середовища, екологічну культуру, свідомий інтерес до вивчення предмета, бережливе ставлення до обладнання, реактивів та власного здоров'я, уміння співпрацювати, логічне мислення, пізнавальний інтерес; уважність та спостережливість.

## 1.2. Очікувані результати навчання та їх компоненти

У навчальній програмі з хімії (7-9 класи, рівень стандарту) [19] сформульовані очікувані результати навчально-пізнавальної діяльності учнів під час вивчення теми «Кисень», які містять:

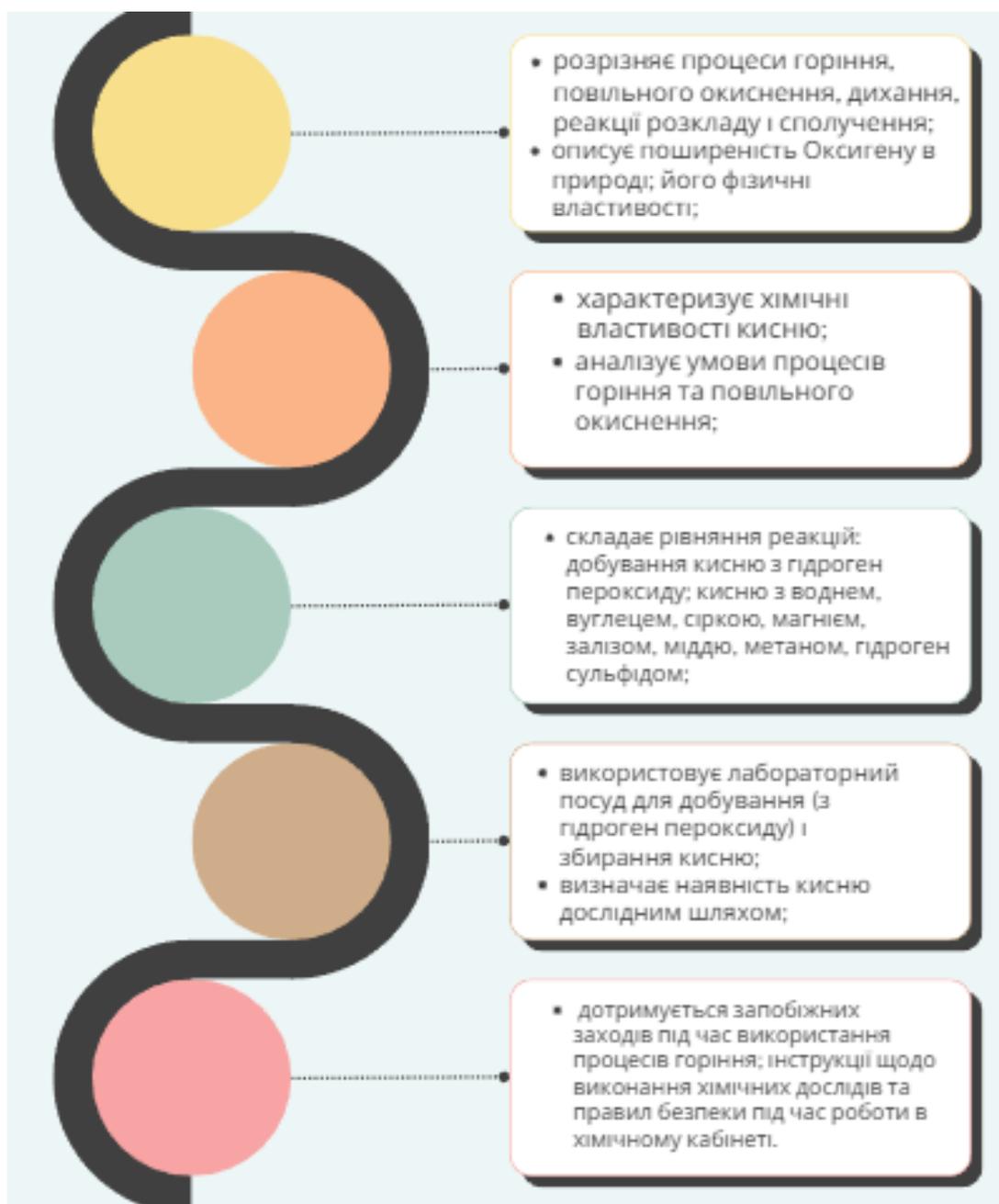
### 1. Знаний компонент

Учень/учениця:

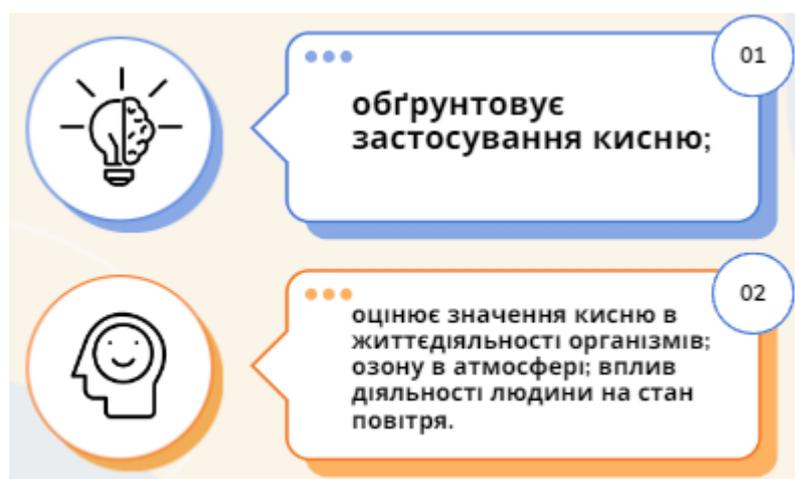


### 2. Діяльнісний компонент

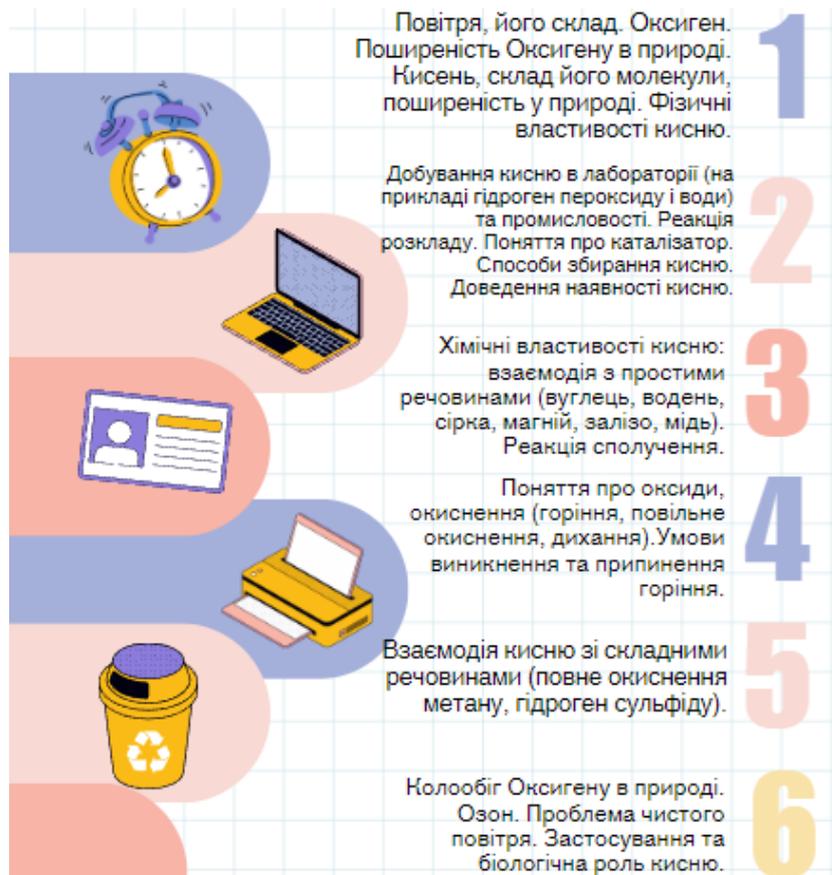
Учень/учениця



### 3. Ціннісний компонент



### 1.3. Зміст навчального матеріалу



### 1.4. Практична частина

#### 1.4.1. Навчальні проєкти

1. Проблема забруднення повітря та способи розв'язування її.
2. Поліпшення стану повітря у класній кімнаті під час занять.

#### 1.4.2. Демонстрації



### 1.4.3. Практичні роботи

1. Добування кисню з гідроген пероксиду з використанням різних біологічних каталізаторів, доведення його наявності.

### 1.5. Наскрізнi змістові лінії



Зміст навчального матеріалу та практична складова розділу II «Неметалічні елементи та їхні сполуки» (тема 1. Гідроген. Водень; тема 3. Елементи VIA групи (халькогени)) відповідно до навчальної програми для закладів загальної середньої освіти (ХІМІЯ 10-11 класи. Профільний рівень) наведені у Додатку А.

### 1.6. Модельні навчальні програми з хімії для Нової української школи

У модельній навчальній програмі з хімії [10] для 8 класу у темі 1 «Досліджуємо хімічні реакції» наведений орієнтовний зміст (рис. 1.1) та види навчальної діяльності (рис. 1.2) під час вивчення матеріалу про прості речовини Оксигену.

#### Питання для опрацювання й обговорення в групі

ЯКІ	1. Які умови є необхідними / достатніми для перетворення кисню на озон, виникнення і припинення горіння, повільного окиснення, фотосинтезу, хімічної корозії металів?
ЯК	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Як зніщувати / пришвидшити / сповільнити / припинити хімічні реакції, зокрема зазначені вище?</li> <li>• Як воєнні дії впливають на якість повітря?</li> </ul>



Рис. 1.1. Орієнтовний зміст.

### Дискусія / Диспут / Дебати

ЧИ

Чи можна віднести взаємоперетворення кисню й озону до реакцій сполучення чи розкладу?

ЧИ

Чи може істотно змінитися склад повітря?





Рис. 1.2. Компоненти навчальної діяльності.

Пропонований зміст теми 2 «Досліджуємо гази довкілля» (Модельна навчальна програма «Хімія. 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти (автор Григорович О. В.)) [4] наведений на рис. 1.3.

### Види навчальної діяльності (орієнтовні)

#### Робота з інформацією





Рис. 1.3. Пропонований зміст теми 2 «Досліджуємо гази довкілля».

### Спільне (групове) обговорення

<p><b>01.</b></p> <p>Як визначити вміст кисню в повітрі?</p> 	<p><b>02.</b></p> <p>Прогнозування наслідків надмірного використання природного й скрапленого газу, руйнування озонового шару.</p> 
<p><b>03.</b></p> <p>Способи пожежогасіння: принципи, на яких вони ґрунтуються</p> 	<p><b>04.</b></p> <p>Чи можна зібрати чистий кисень під час його одержання в лабораторії? У який спосіб?</p> 
<p><b>05.</b></p> <p>Властивості кисню (водню), на яких ґрунтуються способи його збирання (витісненням повітря та води).</p> 	<p><b>06.</b></p> <p>Чи існує озон у приземних шарах повітря? Як можна довести його наявність?</p> 
<p><b>07.</b></p> <p>Імовірність повного зникнення озону з атмосфери Землі (формулювання й аргументування гіпотез).</p> 	<p><b>08.</b></p> <p>Воднева енергетика: Способи одержання водню в промисловості. Чи існує різнокольоровий водень?</p> <p><b>09.</b></p> <p>Порівняйте вплив на довкілля продуктів згорання таких видів пального: водню, природного чи скрапленого газу.</p> 

**ДОСЛІДЖЕННЯ,  
МОДЕЛЮВАННЯ,  
ПРОЄКТНА  
ДІЯЛЬНІСТЬ**

1. Одержання та збирання кисню: дослідження залежності швидкості хімічної реакції від наявності каталізатора.
2. Залежність продуктів згоряння від масової частки Карбону на прикладі горіння спиртів
3. Одержання та збирання водню: дослідження залежності швидкості хімічної реакції металів із кислотами від активності металів.
4. Виявлення наявності озону в повітрі (поблизу промислових підприємств, автомагістралей, приміщень із фотокопіювальними пристроями).
5. Розроблення пам'ятки «Способи запобігання руйнуванню озонного шару» (групова робота).
6. Дослідження горіння свічки: формулювання гіпотез щодо умов виникнення та припинення горіння.
7. Прогнозування можливості застосування кисню, озону, водню, вуглекислого і чадного газів з огляду на їхні властивості (робота в групі; мініпроект із розроблення буклета). Перевірка прогнозів за джерелами інформації.

### *Рефлексія*

Аналіз ставлення учнів / учениць до проблем раціонального природокористування, усвідомлення значення діяльності людини на стан довкілля та взаємозв'язків людини з природою. (Визначення рівня сформованості в учнів екологічної свідомості, зокрема усвідомлення взаємозалежності між діяльністю людини та станом довкілля, а також ставлення до принципів раціонального природокористування).

## Розділ 2

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 2.1. Гідроген. Водень

## 2.1.1. Загальна характеристика Гідрогену (водню)

1. Гідроген – найпоширеніший елемент у Всесвіті. Вміст Гідрогену втричі більший, ніж Гелію (другий за поширеністю елемент). На Землі, Гідроген займає дев'яте місце серед елементів за кількістю [7, 12, 15, 22, 24, 46; 8-9, 13, 16].
3. Порядковий номер Гідрогену 1. Це найлегший елемент у Періодичній системі хімічних елементів. Відносна атомна маса 1,008.

Хімічний символ – H

Порядковий номер – 1

Період – 1

Номер групи, підгрупа – 1, 1

Відносна атомна маса – 1,0079

Валентність – I

4. Атом Гідрогену (H) містить ядро, що складається з одного протона, та один електрон.
5. Ізотопи Гідрогену [7, 12, 15, 22, 24, 46; 8-9, 13, 16]:

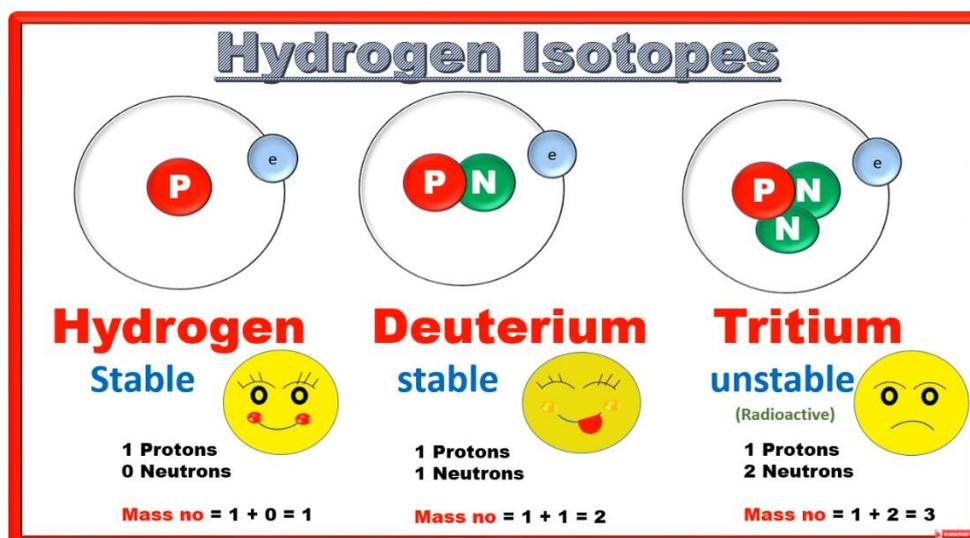


Рис. 2.1. Ізотопи Гідрогену [49].

6. Гідроген наявний у всіх рослинних і тваринних тканинах, а також у нафті, як частина незліченних сполук Карбону. Близько 10 відсотків від маси будь-яких живих організмів – це Гідроген (головним чином у білках, жирах, вуглеводах та воді).
7. Гідроген становить понад 90% усіх атомів і 75% маси Всесвіту.
8. Гідроген не належить до жодної родини чи групи елементів в Періодичній системі хімічних елементів. Проявляє унікальні властивості, яких не проявляють інші елементи.

### 2.1.2. Фізичні властивості водню

1. Молекула водню – найпростіша з усіх молекул. Складається з двох протонів і двох електронів. Водень – єдина молекула без нейтронів [8, 12, 15, 22, 24, 46; 8-9, 13, 16].
2. Водень – газ без кольору, запаху, смаку, нетоксичний. Легкозаймистий.
3. Водень має найменшу густину з усіх газів [7, 12, 15, 22, 24, 46; 8-9, 13, 16]:  
(за н.у.): 0,00008988 г/см<sup>3</sup>;  
(за  $t_{пл.}$ ): 0,0763 г/см<sup>3</sup>;  
(за  $t_{кип.}$ ): 0,07099 г/см<sup>3</sup>.
4. Водень приблизно в 14 разів легший за повітря.
5. Водень має найвищу теплопровідність серед газуватих речовин.
6. Водень прозорий для видимого та інфрачервоного світла, а також для ультрафіолетового світла на певних довжинах хвиль.



Рис. 2.2. Фізичні властивості водню.

Найперша відома хімічна властивість водню – горіння в кисні з утворенням води ( $H_2O$ ).

### 2.1.3. Історія відкриття водню

У 1766 році британський хімік Генрі Кавендіш вперше отримав водень під час взаємодії кислот з металами [7, 12, 15, 22, 24, 46; 8-9, 13, 16].



Рис. 2.3. Генрі Кавендіш [50].



Рис. 2.4. Водневі балони [51].

Хімічні властивості водню наведені у Додатку Б.

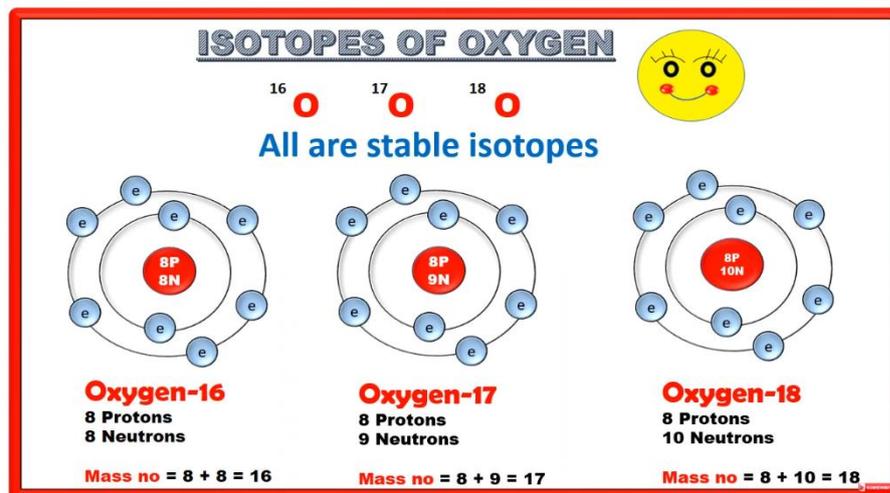
## 2.2. Оксиген. Кисень

### 2.2.1. Загальна характеристика Оксигену (кисню)

1. Оксиген – це елемент із хімічним символом O та атомним номером 8. Атом Оксигену містить 8 протонів і 8 електронів [7, 12, 15, 22, 46; 8, 9, 13, 16].

Хімічний символ – O  
 Порядковий номер – 8  
 Період – 2  
 Номер групи, підгрупа – VIA  
 Відносна атомна маса – 15,999  
 Валентність – II

2. Оксиген – неметалічний елемент підгрупи халькогенів Періодичної системи. Відносна атомна маса 15,999; густина 1,429 г/л [7, 12, 15, 22, 46].
3. Оксиген у природі зустрічається у вигляді трьох стабільних ізотопів: Оксиген-16, Оксиген-17 і Оксиген-18. Оксиген-16 – найпоширеніший ізотоп Оксигену (вміст 99,762%) [7, 12, 15, 22, 46; 33-37].



4. Оксиген становить близько 50% земної кори. Це найпоширеніший елемент на Землі. Оксиген – третій за поширеністю елемент у Всесвіті і найпоширеніший елемент в організмі людини; становить 65% від маси тіла. 1% від маси Сонця – Оксиген [7, 12, 15, 22, 46; 33-37; 25-28, 30-32].
5. Зелений колір полярного сьйва, або північного сьйва, спричинений зіткненням частинок сонячного вітру з атомами Оксигену в земній атмосфері [36, 41].
6. Назва Оксиген була вперше використана французьким хіміком Антуаном Лораном Лавуазьє (рис. 2.5) в 1777 році, і походить від гр. «oxugenes» («той, що породжує кислоту») [7, 12, 15, 22, 46; 25-28, 30-32].



Рис. 2.5. Антуан Лоран Лавуазьє [52].

### 2.2.2. Фізичні властивості кисню

1. Молекула кисню складається з двох атомів Оксигену.
2. За стандартних умов кисень – газ без кольору, смаку і запаху. Температура плавлення  $-218,79^{\circ}\text{C}$ , температура кипіння  $-182,95^{\circ}\text{C}$  [7, 9, 13, 16; 25-32].
3. Рідкий кисень блідо-блакитного кольору і магнітний (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Кисень за низьких температур (блакитна рідина) [53].

4. Кисень розчиняється у воді. Прісна вода містить близько 6,04 мл кисню на 1 літр, морська вода містить приблизно 4,95 мл кисню на 1 літр.
5. Вміст кисню в атмосфері Землі становить близько 21%.
6. Кисень реагує майже з усіма простими речовинами, крім гелію, неону, аргону, ксенону, криптону; благородних металів (золота, платини).
7. Кисень підтримує горіння.
8. Кисень необхідний для життя людини. Тварини і рослини потребують його для дихання. Він міститься в повітрі та у воді.
9. Кисень, що міститься в повітрі, утворюється в результаті фотосинтезу.



**10.** Кисень був відкритий у 1771 році шведським фармацевтом Карлом Вільгельмом Шееле. У 1774 році британський хімік Джозеф Прістлі опублікував своє відкриття кисню (рис. 2.7, 2.8).



Рис. 2.7. Джозеф Прістлі [54]



Рис. 2.8. Карл Вільгельм Шееле [55]

**11.** Гіпероксія – отруєння киснем. Найчастіше таким захворюванням страждають аквалангісти, любителі дайвінгу, жертви неправильної роботи барокамер.

12. 300 мільйонів років тому, коли рівень кисню був вищим, комахи були більшими (бабки були такі завеликі, як птахи!).
13. Кисень найчастіше використовується у процесі виробництва сталі. Його також використовують для виплавки металів з руд, для фільтрації води, для виготовлення пластику та створення ракетного палива. Балони з киснем використовуються для лікування хворих, які мають проблеми з диханням, і як засіб підтримки життя для астронавтів і аквалангістів (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Кисневі балони [56].

Хімічні властивості кисню наведені у Додатку В.

## 2.3. Озон – алотропна модифікація Оксигену

### 2.3.1. Явище алотропії

Озон  $O_3$  – ще одна алотропна форма Оксигену. Озон  $O_3$  утворює озоновий шар у верхній частині атмосфери Землі. Захищає планету від шкідливих сонячних променів (ультрафіолетового світла).

Алотропія – це здатність одного хімічного елемента існувати у вигляді двох або більше простих речовин, які відрізняються за будовою кристалічної ґратки та фізичними властивостями [7, 12, 15, 22-24, 46; 8-9, 13, 16].

## КЛЮЧОВІ МОМЕНТИ ЩОДО АЛОТРОПІЇ:

**Один елемент, різні форми:** Алотропія стосується лише елементів періодичної системи, а не сполук.



**Різна кристалічна структура:** Основна відмінність між алотропними модифікаціями полягає в тому, як атоми елемента з'єднані між собою та утворюють кристалічну ґратку. Це може бути різний тип зв'язку (ковалентний, металічний), різне просторове розташування атомів.



**Різні властивості:** Різна структура призводить до відмінностей у фізичних властивостях (густина, твердість, температура плавлення, електропровідність, колір тощо) та хімічній активності.

**Умови утворення:** Часто утворення різних алотропних модифікацій залежить від умов: тиску, температури.

## ПРИКЛАДИ АЛОТРОПІЇ:

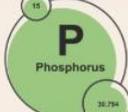
**Кисень (O<sub>2</sub>):** Молекулярний кисень (O<sub>2</sub>) — газ, необхідний для дихання. Озон (O<sub>3</sub>) — також алотропна модифікація кисню, газ з різким запахом, сильний окисник.



**Вуглець (C):** Найвідоміші алотропи вуглецю: алмаз (дуже твердий, прозорий), графіт (м'який, темний), фулерени (молекулярні структури, наприклад, C<sub>60</sub>-букібол), карбін (гіпотетична лінійна форма).



**Фосфор (P):** Білий фосфор (дуже токсичний, світиться в темряві), червоний фосфор (менш токсичний, не світиться), чорний фосфор.



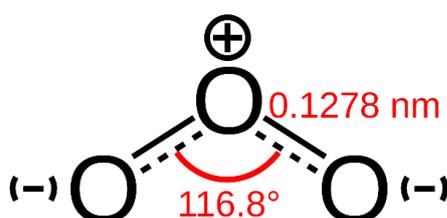
**Сірка (S):** Ромбічна сірка, моноклінна сірка, пластична сірка.



Алотропія – явище, що демонструє різноманітність форм, які може набувати один і той самий елемент залежно від умов його існування.

### 2.3.2. Загальна характеристика озону

**Озон** (від грец. ὄζω – пахну; англ. *ozone*, нім. *Ozon*) – алотропна модифікація Оксигену (O<sub>3</sub>) (рис. 2.10).



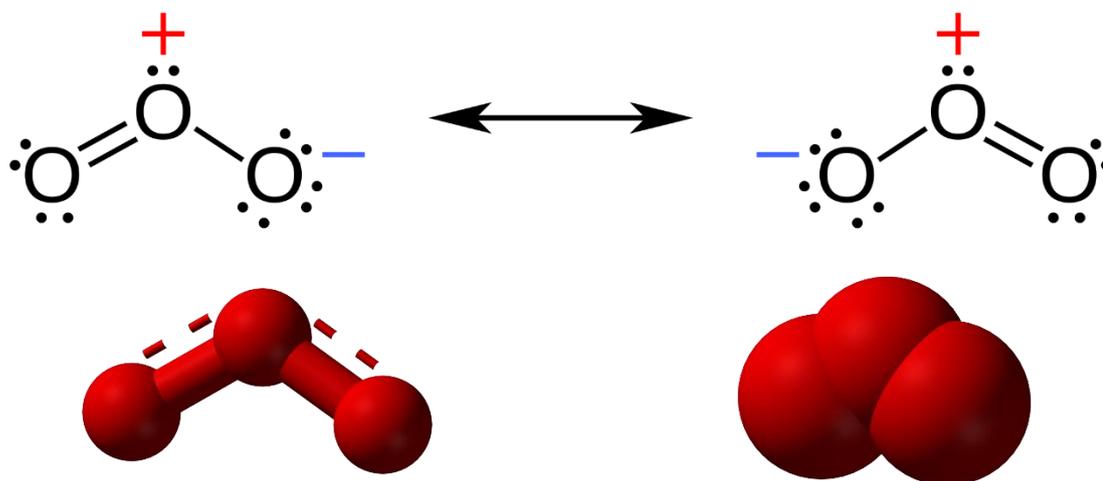


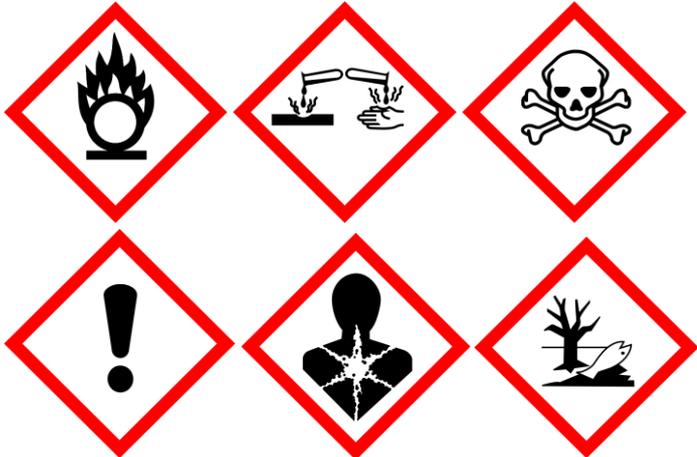
Рис. 2.10. Структурні, кулестрижнева формули та масштабна модель молекули озону.

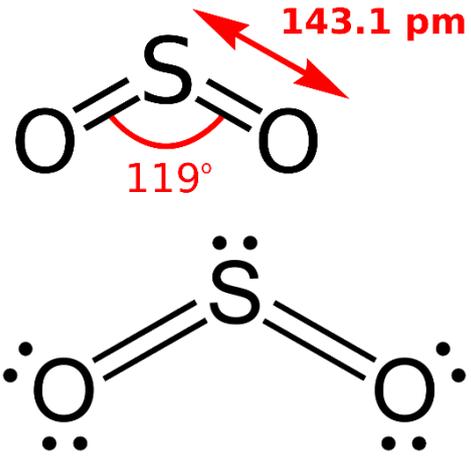
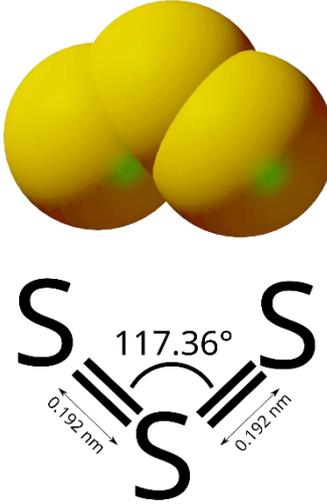
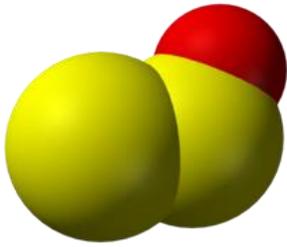
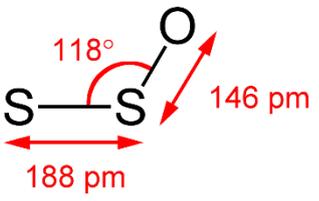
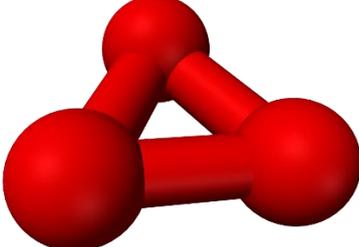
Загальна характеристика та властивості озону наведені у табл. 2.1 [57].

Таблиця 2.1

Загальна характеристика та властивості озону [57]

Names	
IUPAC name	Ozone
Systematic IUPAC name	Trioxxygen
Other names	2λ <sup>4</sup> -trioxiene; <i>catena</i> -trioxygen
CAS Number	10028-15-6
Властивості	
Хімічна формула	O <sub>3</sub>
Молярна маса	47,997 г/моль
Зовнішній вигляд	Газ – від безбарвного до блідо-блакитного кольору
Запах	Гострий, характерний запах «свіжості»
Густина	2,144 г/л (за 0°C)
Температура плавлення	-192,2°C; -313,9°F; 81,0 K
Температура кипіння	-112°C; -170°F; 161 K
Розчинність у воді	1,05 г/л (за 0°C)
Розчинність в інших розчинниках	Добре розчинний у CCl <sub>4</sub> , сульфатній кислоті
Тиск пари	55,7 атм (-12,15°C або 10,13°F або 261,00 K)
Показник заломлення (n <sub>D</sub> )	1,2226 (рідина), 1,00052 (газ, STP, 546 нм) 10533 (газ, 480 нм) 1,0520 (газ, 546 нм) 1,0502 (газ, 671 нм) 1,2236 (рідина, 535 нм) 1,2226 (рідина, 589 нм)

	1,2213 (рідина, 670,5 нм)
<b>Структура</b>	
Координаційна геометрія	Дігональ
Молекулярна форма	Двогранна
Гібридизація	$sp^2$ для O1
Дипольний момент	0,53 D
<b>Термохімія</b>	
Стандартна молярна ентропія ( $S^0_{298}$ )	238,92 Дж К <sup>-1</sup> моль <sup>-1</sup>
Стандартна ентальпія утворення ( $\Delta H_f^0_{298}$ )	142,67 кДж моль <sup>-1</sup>
Критична точка	
• температура	-12,0°C (261,1 К)
• тиск	54,6 атм
<b>Небезпеки</b>	
Сигнальне слово	Небезпека
NFPA 704 (fire diamond)	
<b>Піктограми</b>	
	
Смертельна доза або концентрація (LD, LC):	$LC_{Lo}$ 12,6 ppm (миша, 3 год) 50 ppm (людина, 30 хв) 36 ppm (кролик, 3 год) 21 ppm (миша, 3 год) 21,8 ppm (щур, 3 год) 24,8 ppm (морська свинка, 3 год) 4,8 ppm (щур, 4 год)
<b>Споріднені сполуки</b>	

		
Сульфур(IV) оксид	Трисірка	
		
Дисульфур монооксид	Циклічний озон	

Озон (*'ouzoʊn/*) (або триоксиген) – це неорганічна речовина молекулярної будови з хімічною формулою  $O_3$  (рис. 2.10, 2.11). Це блідо-блакитний газ із різким специфічним запахом. Це алотропна модифікація Оксигену [7, 12, 15, 22, 46].

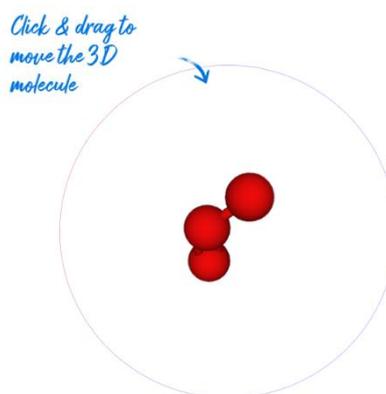


Рис. 2.11. 3D-молекула озону [58].

Набагато менш стабільний, ніж кисень. У нижніх шарах атмосфери розпадається на кисень.

Озон утворюється з кисню під дією ультрафіолетового (УФ) світла та електричних розрядів в атмосфері Землі. Присутній у дуже низьких

концентраціях по всій атмосфері, з найбільшою концентрацією в озоновому шарі стратосфери, який поглинає більшу частину ультрафіолетового (УФ) випромінювання Сонця [7, 12, 15, 22, 46].

Запах озону нагадує запах хлору і відчувається багатьма людьми за концентрацій у повітрі лише 0,1%. Структуру озону  $O_3$  було визначено в 1865 році. Пізніше було доведено, що молекула має зігнуту структуру та слабку діамагнітність. За стандартних умов озон – це блідо-блакитний газ, який конденсується за криогенних температур до темно-синьої рідини та фіолетово-чорної твердої речовини. Нестабільність озону, порівняно з киснем, проявляється у здатності як концентрованого газу, так і рідкого озону за підвищених температур, під час фізичного удару або швидкого нагрівання до температури кипіння розкладатися з вибухом. Тому озон комерційно використовується лише в низьких концентраціях [7, 12, 15, 22, 46;].

Озон – сильний окисник (набагато сильніший, ніж кисень) і має багато промислових і споживчих застосувань, пов'язаних з окисними властивостями. Проте високий окисний потенціал спричиняє пошкодження слизових і дихальних тканин тварин, а також рослинних тканин у концентраціях вище 0,1 ppm.

### 2.3.3. Історія відкриття

У 1785 році голландський хімік Мартінус ван Марум під час проведення експериментів з електричними розрядами над водою відчув незвичайний запах, який він приписав електричним реакціям, не усвідомлюючи, що він насправді отримав озон [57].

Через півстоліття Крістіан Фрідріх Шенбейн (рис. 2.12), виконуючи експерименти з електролізу води в Базельському університеті, відчув той самий різкий запах і розпізнав його як запах, який часто виникає після грози.



Рис. 2.12. Крістіан Фрідріх Шенбейн [59].

У 1839 році йому вдалося виділити газ, який він назвав «озон», від грецького слова *ozein* (ὄζειν), що означає «нюхати». Тому саме Шенбайна вважають відкривачем озону. Учений також виявив, що запах озону схожий на запах, який утворюється в результаті повільного окиснення білого фосфору.

Хімічна формула озону,  $O_3$ , була визначена лише в 1865 році Жаком-Луї Соре і підтверджена Шенбайном у 1867 році [57].

Протягом другої половини 19-го століття і навіть у 20-му столітті озон вважався натуралістами та любителями здоров'я здоровим компонентом навколишнього середовища. Бомонт, штат Каліфорнія, мав офіційний слоган «Бомонт: зона озону». Натуралісти, які працювали на відкритому повітрі, часто вважали висоту корисною через вміст озону в ній, який легко виявлявся. «Існує зовсім інша атмосфера [на більшій висоті] з достатньою кількістю озону для підтримки необхідної енергії [для роботи]», – писав натураліст Генрі Хеншоу, який працював на Гаваях. Приморське повітря вважалося здоровим через вміст озону в ньому (насправді цей запах спричинений галогенованими метаболітами морських водоростей і диметилсульфіду [57]).

Привабливість озону була результатом його «свіжого» запаху, який викликав асоціації з очисними властивостями. Однак у 1873 році Джеймс Дьюар і Джон Грей Маккендрік задокументували негативні наслідки вдихання озону: жаби росли млявими, птахи задихалися, а в крові кроликів

спостерігалось зниження рівня кисню після впливу «озонованого повітря», яке «проявляло руйнівну дію». Шенбейн повідомляв, що в результаті вдихання озону виникають болі в грудях, подразнення слизових оболонок і утруднене дихання, а дрібні ссавці гинули [57].

Під час Першої світової війни озон був випробуваний у військовому госпіталі королеви Олександри в Лондоні, як можливий дезінфікуючий засіб для ран. Газ наносили безпосередньо на рани на 15 хвилин. Це призвело до пошкодження як бактеріальних клітин, так і тканин людини. Інші методи дезінфекції, такі як обробка антисептиками, були визнані кращими [57].

До 1920-х років через складність застосування методів аналітичної хімії до вибухонебезпечних речовин не було точно встановлено, чи присутні у зразках озону невеликі кількості оксозону  $O_4$ . У 1923 році Георг-Марія Шваб (працював над своєю докторською дисертацією під керівництвом Ернста Германа Різенфельда) був першим, кому вдалося отримати твердий озон і виконати точний аналіз, який остаточно спростував гіпотезу про оксозон. Інші фізичні властивості чистого концентрованого озону були визначені групою Різенфельда в 1920-х роках.

#### 2.3.4. Фізичні властивості

Озон – це безбарвний або блідо-блакитний газ, слабо розчинний у воді та значно краще в інертних неполярних розчинниках, таких як тетратхлорометан, у яких він утворює блакитний розчин (рис. 2.13). За температури 161 К ( $-112^{\circ}\text{C}$ ;  $-170^{\circ}\text{F}$ ) конденсується з утворенням темно-синьої рідини. Концентрований газуватий та рідкий озон можуть вибухати. За температури нижче 80 К ( $-193,2^{\circ}\text{C}$ ;  $-315,7^{\circ}\text{F}$ ) утворює фіолетово-чорну тверду речовину [7, 12, 15, 22, 46].

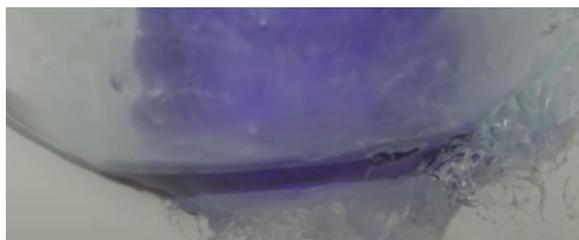


Рис. 2.13. Рідкий озон [60].

Більшість людей можуть відчути озон в повітрі за концентрацій приблизно 0,01 мкмоль/моль (дуже специфічний різкий запах, який трохи нагадує хлорний відбілювач). Вплив від 0,1 до 1 мкмоль/моль викликає головний біль, печіння в очах і викликає подразнення дихальних шляхів. Навіть низькі концентрації озону в повітрі дуже руйнівні для органічних матеріалів, таких як латекс, пластик і легенева тканина тварин.

Молекула озону діамагнітна [30].

### 2.3.5. Структура

Згідно з експериментальними даними мікрохвильової спектроскопії, озон – це зігнута молекула з симетрією  $C_{2v}$  (подібна до молекули води). Відстані O–O становлять 127,2 пм (1,272 Å). Кут O–O–O становить  $116,78^\circ$  (рис. 2.14). Центральний атом  $sp^2$ -гібридизований з однією неподіленою парою. Озон є полярною молекулою з дипольним моментом 0,53 Д. Молекулу можна представити як резонансний гібрид з двома структурами, кожна з яких має одинарний зв'язок з одного боку та подвійний зв'язок з іншого. Ізоелектронний до нітрит-аніона. Природний озон може складатися із заміщених ізотопів ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ). Циклічна форма озону була теоретично передбачена [57].

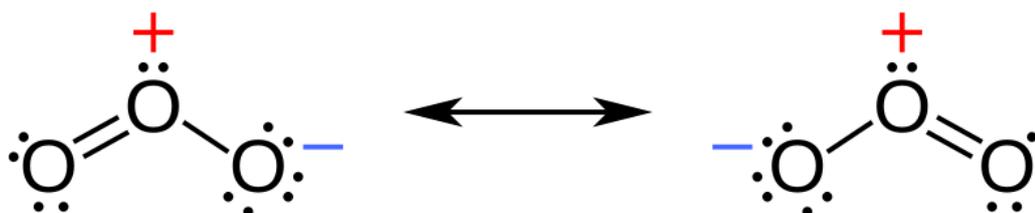
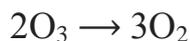


Рис. 2.14. Резонансні структури Льюїса молекули озону [66].

### 2.3.6. Хімічні властивості озону

Озон є одним з найпотужніших відомих окисників, набагато сильнішим за  $\text{O}_2$  [57]. За високих концентрацій нестабільний, розпадається на кисень. Період напіврозпаду залежить від атмосферних умов, таких як температура, вологість і рух повітря. У лабораторних умовах період напіврозпаду становить, в середньому, ~1500 хвилин (25 годин) у нерухомому повітрі за

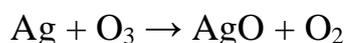
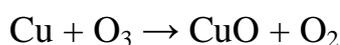
кімнатної температури (24°C), нульовій вологості та нульовій зміні повітря на годину [57].



Ця реакція протікає швидше з підвищенням температури. Дефлаграція озону може бути викликана іскрою та може відбуватися за концентрації озону 10% або вище.

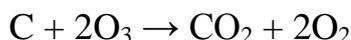
### 1. Взаємодія з металами

Озон окиснює більшість металів (крім золота, платини та іридію) до оксидів металічних елементів у найвищому ступені окиснення. Наприклад:



### 2. З неметалами

Озон реагує з вуглецем з утворенням карбон(IV) оксиду навіть за кімнатної температури:



Сульфатну кислоту можна отримати з озону, води та елементарної сірки:

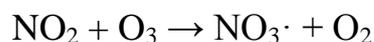


### 3. Взаємодія зі складними речовинами

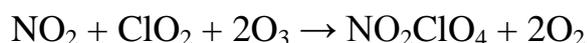
Озон окиснює нітроген(II) оксид до нітроген(IV) оксиду:



Ця реакція супроводжується хемілюмінесценцією.  $\text{NO}_2$  може додатково окиснюватися до нітратного радикалу:



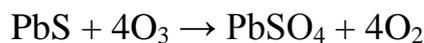
Утворений  $\text{NO}_3\cdot$  може реагувати з  $\text{NO}_2$  з утворенням нітроген(V) оксиду ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ). Твердий перхлорат нітронію одержують з газів  $\text{NO}_2$ ,  $\text{ClO}_2$  та  $\text{O}_3$ :



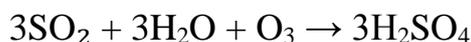
Озон не реагує з солями амонію, але окиснює амоніак до амоній нітрату:



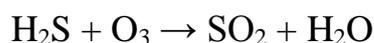
Озон окиснює сульфід до сульфатів. Наприклад, п्लомбум(II) сульфід окиснюється до п्लомбум(II) сульфату:



Сульфатну кислоту отримують також під час взаємодії сульфур(IV) оксиду з озоном у присутності води:



У газовій фазі озон реагує з гідроген сульфідом з утворенням сульфур(IV) оксиду:



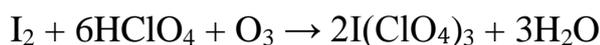
У водному розчині одночасно відбуваються дві конкуруючі реакції: одна з утворенням елементарної сірки, а інша – сульфатної кислоти:



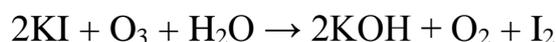
Усі три атоми Оксигену озону також можуть реагувати зі станум(II) хлоридом у середовищі хлоридної кислоти:



Перхлорат йоду можна отримати, під час взаємодії озону з йодом, розчиненим у холодній безводній перхлоратній кислоті:

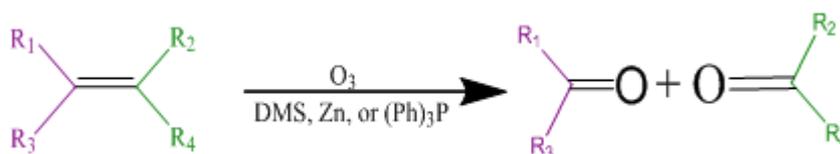


Озон також може реагувати з калій йодидом з утворенням кисню та газоподібного йоду. Реакцію використовують для кількісного визначення (окисно-відновне титрування):

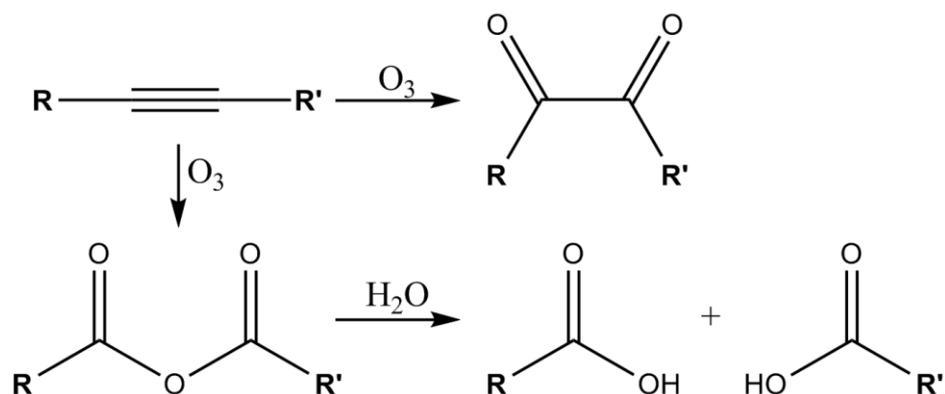


#### 4. Взаємодія з органічними сполуками

Алкени окисно розщеплюються озоном у процесі озонолізу, утворюючи спирти, альдегіди, кетони та карбонові кислоти.



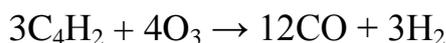
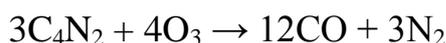
Озон також може розщеплювати алкіни з утворенням ангідриду карбонових кислот або дикетону. Під час реакції у присутності води, утворюються дві карбонові кислоти.



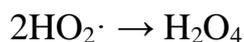
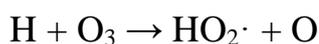
Зазвичай озоноліз проводять у розчині дихлорометану за температури  $-78^\circ\text{C}$ . Після послідовного розщеплення та перегрупування утворюється органічний озонід. У процесі відновної обробки (наприклад, цинк в оцтовій кислоті або диметилсульфіді) утворюються кетони та альдегіди, під час окисної обробки (наприклад, водний або спиртовий перекис водню) утворюються карбонові кислоти.

## 5. Горіння

Озон можна використовувати для реакцій горіння газуватих речовин. Озон забезпечує вищу температуру, ніж горіння в кисні.



Озон може реагувати за криогенних температур. За температури 77 К ( $-196,2^\circ\text{C}$ ;  $-321,1^\circ\text{F}$ ) атомарний водень реагує з рідким озоном з утворенням радикалу гідроген супероксиду, який має здатність утворювати димери:



## 6. Розклад озону

Озон – токсична речовина, яка зазвичай зустрічається або утворюється в середовищі перебування людей (салони літаків, офіси з копіювальними апаратами, лазерними принтерами, стерилізаторами...), і його каталітичний розклад є дуже важливим для зменшення забруднення. Цей тип розкладання

є найпоширенішим, особливо з твердими каталізаторами, і він має багато переваг, таких як вища конверсія за нижчої температури. Крім того, продукт і каталізатор можна миттєво розділити, і таким чином каталізатор можна легко відновити без будь-якої операції розділення. Крім того, матеріалами, які найчастіше використовують для каталітичного розкладання озону в газовій фазі, є благородні (Pt, Rh або Pd) і перехідні метали (Mn, Co, Cu, Fe, Ni або Ag).

Існує два інші способи розкладу озону в газовій фазі:

Перший – це термічний розклад. Проблема полягає в тому, що цей тип розкладання відбувається дуже повільно за температур нижче 250°C. Другий – це фотохімічне розкладання під дією ультрафіолетового випромінювання, у результаті чого утворюється кисень і перекисний радикал [10].

### **2.3.7. Використання озону**

#### **1. Електронні компоненти [57]**

Озон використовується в процесах (PE)ALD (плазмове атомно-шарове осадження) як окисник для осадження оксидів. Озон використовується на деяких етапах очищення пластин.

#### **2. Утилізація відходів та очищення водних ресурсів**

Озон використовують під час очищення водних ресурсів для розкладання сильних забруднювачів (окиснення), щоб зменшити запахи стічних вод і кольорові забруднення. Озон також можна використовувати для відбілювання. Стійка альтернатива хлоровмісним засобам (біоциди) [4,15,16].

#### **3. Харчування**

Озон дозволяє знезаражувати воду, яка використовується для рибництва, виробництва продуктів харчування та санітарії.

#### **4. Інші галузі**

Озонована вода використовується для дезінфекції поверхонь і продуктів. Озон також використовують для дезінфекції басейнів, спа, пралень, утилізації запахів тощо.

#### **5. Фармацевтика та біотехнологія**

Озон використовується в хімічному синтезі та для очищення стічних вод.

## 6. Целюлоза та папір

Озон дозволяє проводити екологічно чисте відбілювання паперової маси. Озон використовують для зменшення залишкової флуоресценції від оптичних відбілювачів макулатури. Він також використовується для очищення певних стоків (рис. 2.15).

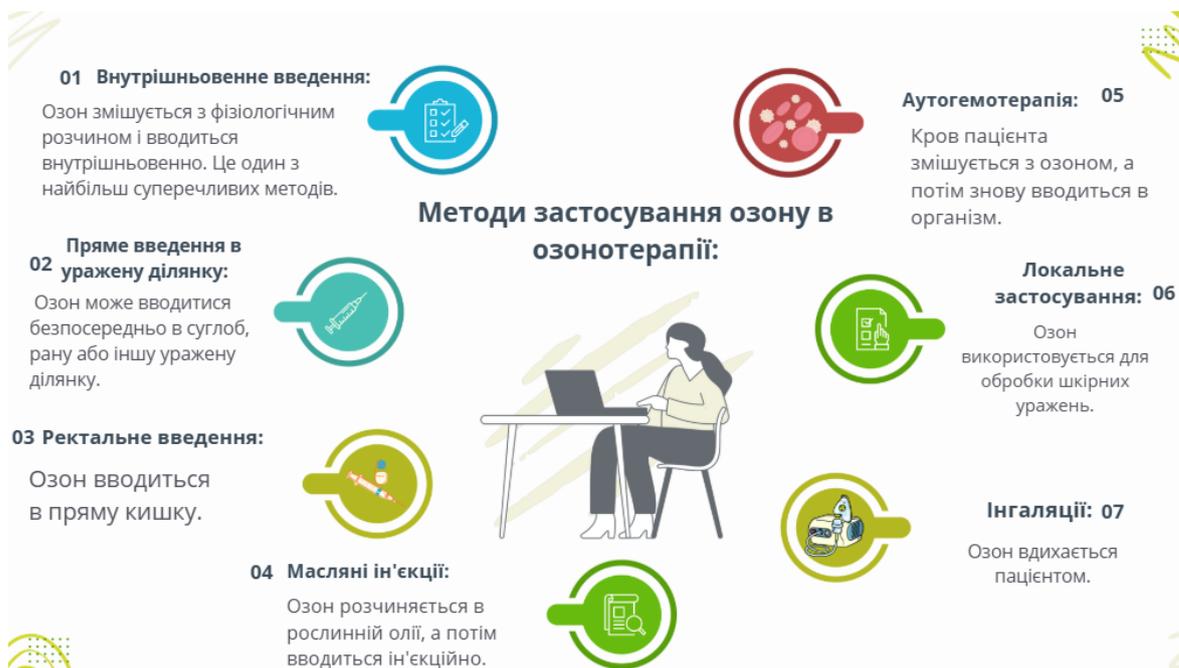


Рис. 2.15. Галузі застосування озону.

### Озонотерапія

Озонотерапія – це альтернативний метод лікування, який передбачає використання медичного озону ( $O_3$ ) для лікування різних захворювань. Ефективність та безпека озонотерапії є предметом значних дебатів у медичному співтоваристві, і багато медичних організацій не визнають її як ефективний метод лікування [61].

## Методи застосування озону в озонотерапії:



## Застосування та заявлені ефекти:

Прихильники озонотерапії стверджують, що вона може бути ефективна для лікування наступних станів:



Озонотерапія є альтернативним методом лікування, ефективність і безпека якого потребують подальших досліджень. Перед застосуванням озонотерапії необхідно проконсультуватися з лікарем та оцінити потенційні ризики та переваги у порівнянні з традиційними методами лікування. Не

варто розглядати озонотерапію як заміну традиційної медицини для лікування серйозних захворювань [61].

### 2.3.8. Озоновий шар

**Озоновий шар** – частина стратосфери на висоті від 20 до 40 км (у тропічних широтах 25-30 км, помірних – 20-25, в полярних 15-20) з найбільшим вмістом озону, який утворюється під дією УФ- випромінювання Сонця на молекулярний кисень (рис. 2.16). Під час розпаду кисню, поглинається ближня (до видимого світла) частина ультрафіолету сонячного спектру. Крім того, дисоціація озону під дією ультрафіолетового випромінювання супроводжується поглинанням найбільш жорсткої його частини [62].

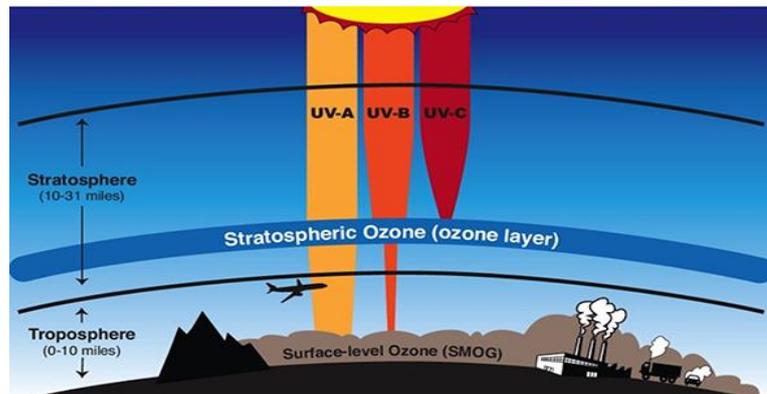


Рис. 2.16. Озон у стратосфері [63].

Озоновий шар поглинає від 97 до 9% сонячного випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 200 до 315 нм (рис. 2.17).

По горизонтальній осі відкладена концентрація озону в одиницях Добсона (DU) на кілометр висоти. По вертикальній осі – висота у кілометрах. На рис. 2.8 також показано поглинання в трьох діапазонах ультрафіолету.

Практично всі ультрафіолетові випромінювання (100-280 нм) блокуються киснем (100-200 нм) або озоном (200-280 нм) в атмосфері. Коротша частина цієї смуги та більш енергійне ультрафіолетове випромінювання спричиняє утворення озонового шару, коли окремі атоми Оксигену, які утворюються під час УФ-фотолізу кисню (нижче 240 нм), реагують із більшою кількістю кисню [62].

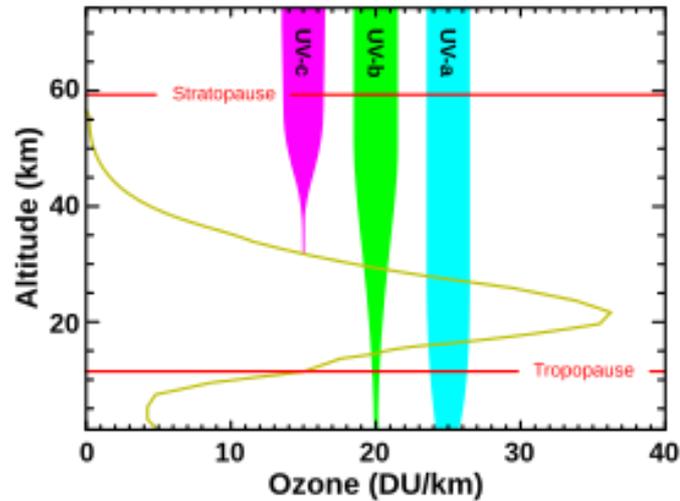


Рис. 2.17. Абсорбція ультрафіолетового випромінювання озоновим шаром [64].

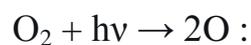
Тоді сам озоновий шар блокує більшість УФ-випромінювання, що спричиняє сонячні опіки (280-315 нм). Смуга ультрафіолетового випромінювання, найближча до видимого світла, (315-400 нм), майже не піддається впливу озону, і більша його частина досягає землі.

Озоновий шар утворився в атмосфері Землі 1,85-0,85 млрд років назад, коли в наслідок фотосинтезу накопичилась достатня кількість кисню. Лише після утворення озонового шару організми змогли вийти із океанів [63].

Відкривачами озонового шару були французькі фізики Шарль Фабрі та Анрі Буїссон. У 1912 році їм вдалося за допомогою спектроскопічних вимірювань ультрафіолетового випромінювання довести існування озону у віддалених від Землі шарах атмосфери. Завдяки даним ультрафіолетового спектрометра, що працював на борту орбітального зонда Venus Express, астрономи виявили озоновий шар в атмосфері Венери [62].

Механізм утворення, а також розкладу озону був запропонований Сідні Чепменом у 1930 році та носить його ім'я.

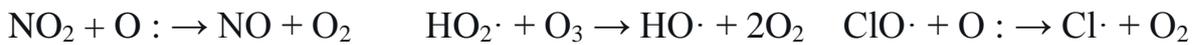
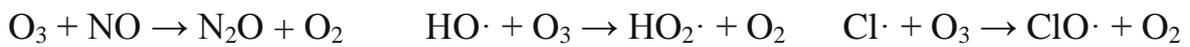
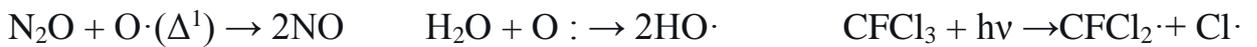
Реакції утворення озону:



Фотоліз молекулярного кисню відбувається в стратосфері під дією УФ-випромінювання (довжина хвиль від 175-200 нм до 242 нм). Озон розкладається у реакціях фотолізу та під час взаємодії з атомарним Оксигеном:



Крім реакцій, що відбуваються за механізмом Чепмена, є ціла низка інших реакцій, що призводять до розкладу озону. Виділяють нітрогеновий, оксигеновий, гідрогеновий та галогеновий каталітичні цикли розкладу озону.



Частка галогенового шляху розпаду стратосферного озону збільшилася в результаті діяльності людини, що призвело до виникнення озонових дірок. Генеральна асамблея ООН 1994 року проголосила 16 вересня щорічним Міжнародним днем охорони озонового шару [66].

Одиницею вимірювання товщини озонового шару є одиниця Добсона (DU). Одна одиниця Добсона дорівнює шару озону 10 мкм за стандартного тиску і температури. Це відповідає  $2,69 \cdot 10^{16}$  молекул озону на квадратний сантиметр поверхні Землі, або 0,447 ммоль на квадратний метр [67].

Для визначення наявності озонової діри вибрано межу вмісту озону в атмосфері 220 одиниць Добсона. Одиниця Добсона названа на честь Гордона Добсона, який 1920 року сконструював перші прилади для вимірювання рівня озону. Сьогодні ці прилади називають Добсонівськими озонними спектрометрами [66].

Вивчення концентрації озону в атмосфері почалося в 1920-х роках.

У другій половині 20-го століття було виявлено, що кількість озону в стратосфері зменшується, головним чином через збільшення концентрації хлорофлуоровуглеводнів (CFC) та інших хлорованих і бромованих органічних сполук. Занепокоєння щодо наслідків зниження рівня озону для

здоров'я призвело до створення у 1987 році Монреальського протоколу, заборони на виробництво багатьох хімічних речовин, що руйнують озон [64].

Розподіл атмосферного озону та концентрація озону, виміряна у різні часові проміжки, показана на рис. 2.18 – 2.24.

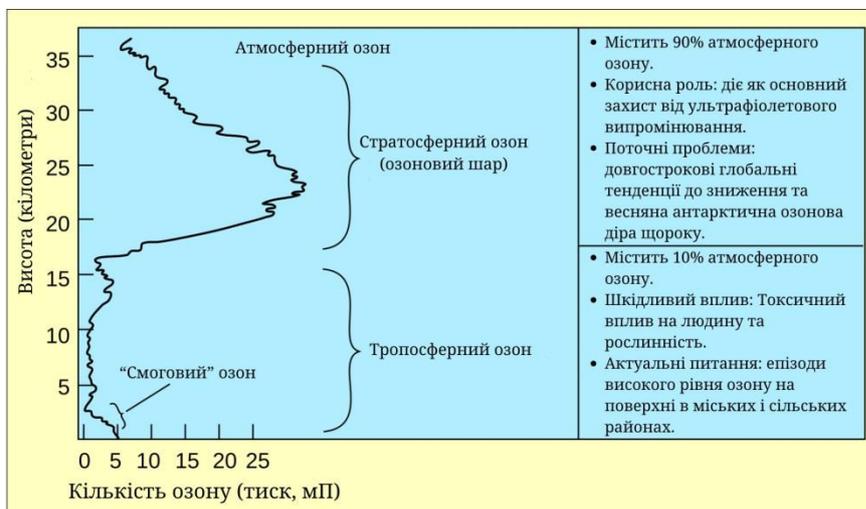


Рис. 2.18. Розподіл атмосферного озону [65].

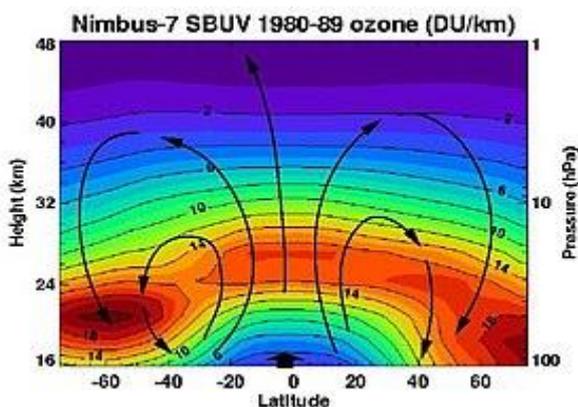


Рис. 2.19. Концентрація озону, виміряна супутником Nimbus 7 [65].

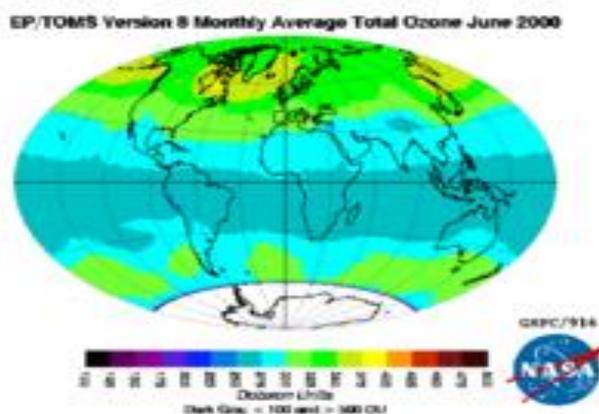


Рис. 2.20. Загальна концентрація озону в червні 2000 року, виміряна супутниковим приладом NASA EP-TOMS [66].

Супутникові спостереження показують стан озонної діри у вересні 1979, 1987, 2006 та 2011 років (рис. 2.21). Найнижчі концентрації озону (виміряні в одиницях Добсона) позначені синіми та фіолетовими ділянками. Очевидно, що втрата озону посилилася після 1979 року.

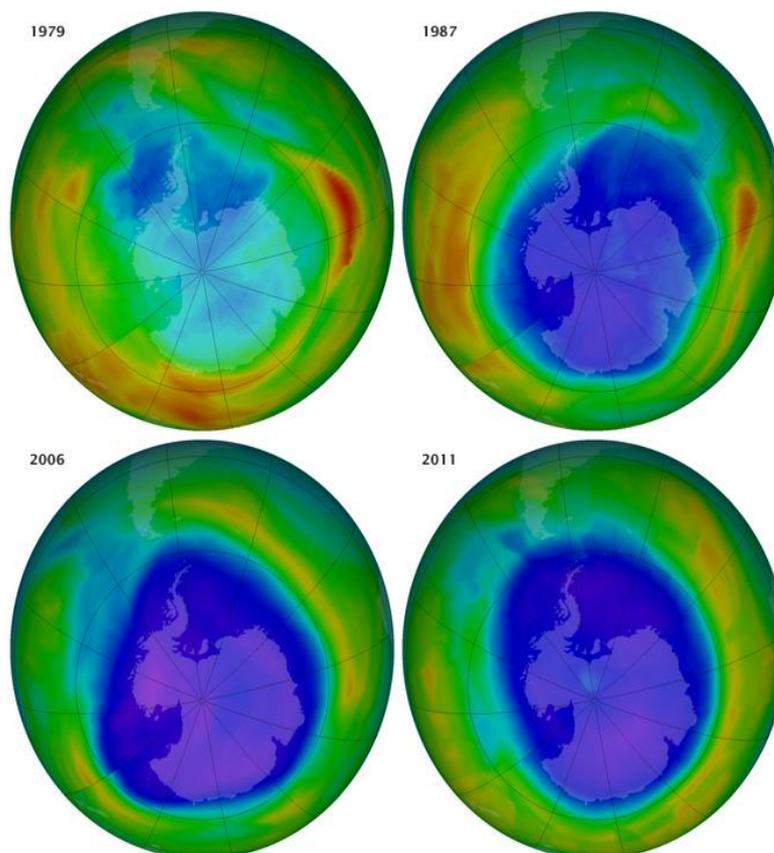


Рис. 2.21. Супутникові спостереження стану озонної діри [67].

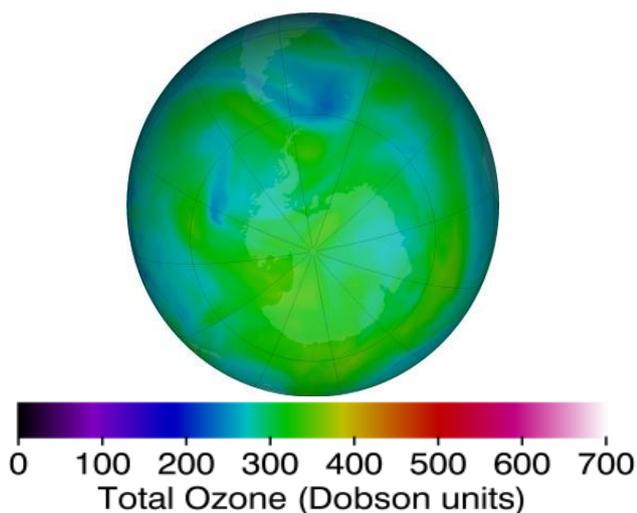


Рис. 2.22. Загальний озон над антарктичним полюсом [67].

На рис. 2.22 зображено загальний озон над антарктичним полюсом у штучних кольорах. Фіолетовий і синій кольори – область, де концентрація

озону найнижча, а жовтий і червоний – ділянка, на якій концентрація озону найвища [68].

На рис. 2.23 показано стан озонової діри в 2024 році. Сірим кольором позначено найвищі та найнижчі значення, виміряні з 1979 року. Червоні числа – максимальні або мінімальні значення. Температура стратосфери та кількість сонячного світла, що досягає південного полярного регіону, визначають глибину та розмір антарктичної озонової діри. Пунктирна лінія на графіку мінімальної температури вказує температуру, нижче якої можуть утворюватися озонові діри.

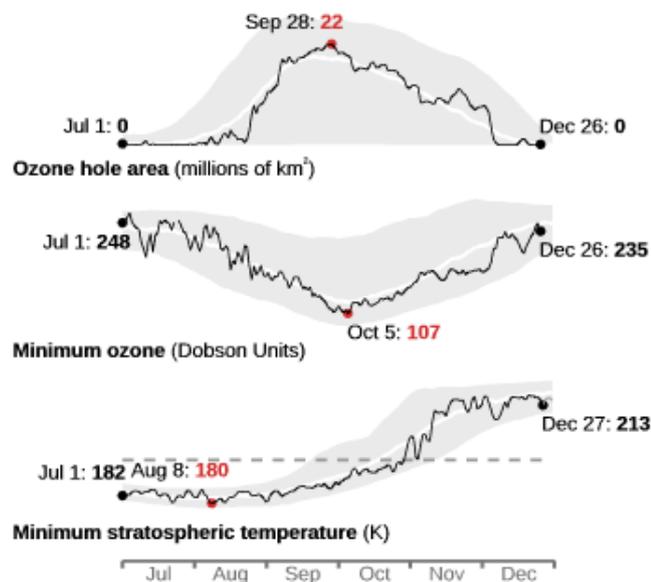


Рис. 2.23. Стан озонової діри в 2024 році [65].

На сьогодні доступні дані про площу озонової діри, мінімум озону та мінімальну температуру стратосфери (рис. 2.24). Також доступна таблиця значень, що показує максимальну площу озонової діри та мінімальні значення озону для кожного року.

На рис. 2.24 показані щорічні коливання площі озонової діри та мінімального вмісту озону. Червоні смуги вказують на найбільшу площу та найменше мінімальне значення.

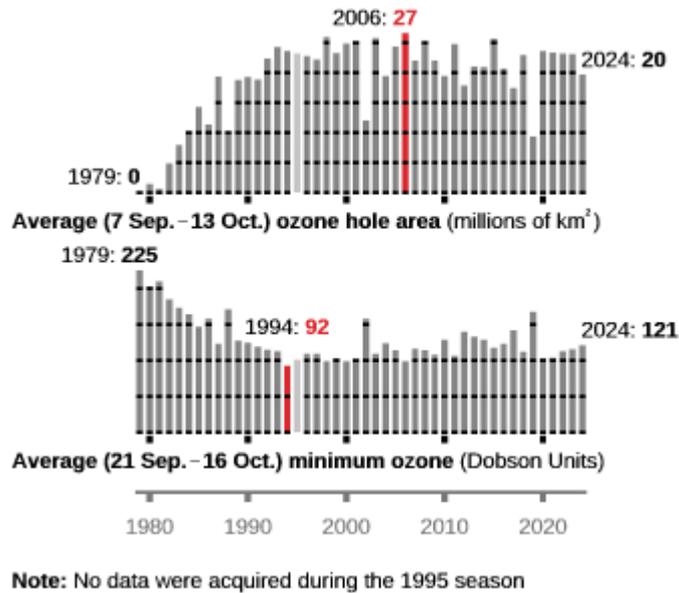


Рис. 2.24. Дані про площу озонової діри, мінімум озону (1970-2024 р.р.) [66].

### 2.3.9. Одержання озону

В атмосфері озон утворюється під дією ультрафіолетового (УФ) випромінювання або електричного розряду. Молекули кисню ( $O_2$ ) під дією УФ-випромінювання або високо-температурних електричних розрядів (блискавка) розкладаються на атоми Оксигену ( $O$ ), які (рис. 2.25), взаємодіючи з молекулами кисню, утворюють озон.

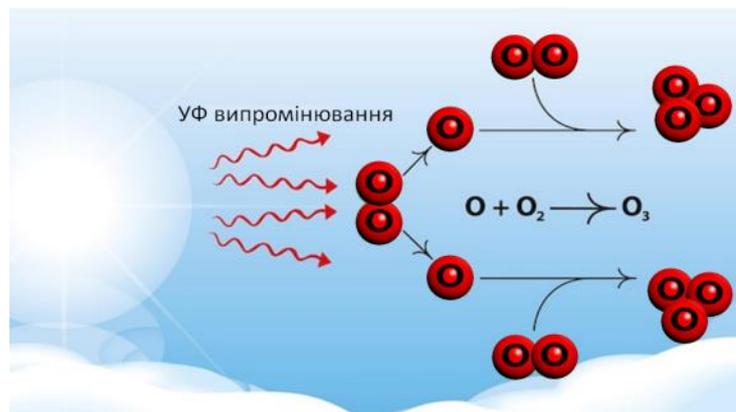


Рис. 2.25. Утворення озону в природі [22].

У промисловості озон одержують із повітря чи кисню в озонаторах під дією електричного розряду. Зріджується  $O_3$  легше, ніж  $O_2$ , і тому їх легко розділити. Озон для озонотерапії в медицині одержують лише з чистого кисню.

У лабораторії озон можна одержати під час взаємодії охолодженої концентрованої сульфатної кислоти з барій пероксидом (рис. 2.26, 2.27):

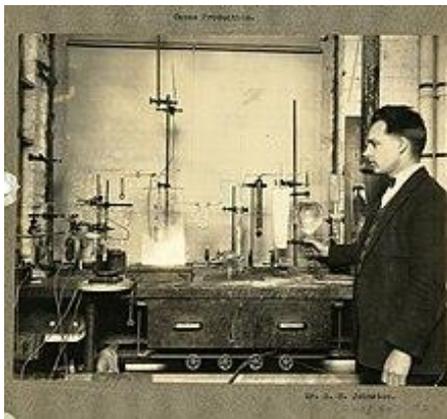


Рис. 2.26. Демонстрація виробництва озону, дослідницька лабораторія фіксованого азоту, 1926 рік [67].



Рис. 2.27. Саморобний генератор озону. Озон утворюється в коронному розряді [68].

### Озонатори

Озонатори – це пристрої, які виробляють озон ( $O_3$ ) з кисню ( $O_2$ ) [67].

#### Принцип роботи:

Більшість озонаторів використовують один з двох основних методів для виробництва озону:



- **Електричний розряд (коронний розряд):**  
Це найпоширеніший метод. Повітря або кисень пропускається через електричне поле високої напруги, що створює коронний розряд. Енергія розряду розщеплює молекули кисню ( $O_2$ ) на атоми кисню (O), які потім реагують з іншими молекулами кисню, утворюючи озон ( $O_3$ ).



- **Ультрафіолетове (УФ) випромінювання:**  
УФ-озонатори використовують УФ-світло з певною довжиною хвилі (переважно 185 нм), щоб розкласти молекули кисню та створити озон.

**Типи озонаторів.** Озонатори різняться за продуктивністю (кількістю озону, що виробляється), розміром, застосуванням та джерелом енергії. Вони можуть бути [68]:



Озонатори є ефективним інструментом для очищення та дезінфекції, але важливо пам'ятати про їхню токсичність та дотримуватися всіх необхідних запобіжних заходів (рис. 2.28, 2.29).



Рис. 2.28. Озонатор побутовий для очищення води і повітря GL-3188A [70].



Рис. 2.29. Озонатор промисловий G.I.KRAFT 10 г/год (генератор озону) (G103010) [71].

## Розділ 3

**ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

У сучасному освітньому просторі, орієнтованому на компетентнісний підхід та формування ключових навичок 21 століття, виникає гостра потреба в інноваційних педагогічних технологіях, здатних перетворити урок хімії на захопливу та ефективну подорож у світ науки. Саме тому впровадження інтерактивних ігор у процес навчання хімії набуває особливої актуальності.

**3.1. Хімічна гра «Гази Довкілля: Кисень, Озон, Водень» для 8 класу  
НУШ**

Ця гра допоможе учням 8 класу в ігровій формі закріпити знання про найважливіші гази, що є в довкіллі, –кисень, озон та водень. Вона сприяє розвитку логічного мислення, вміння працювати в команді та аналізувати інформацію.

Мета гри:

- Навчальна:** Систематизувати та узагальнити знання учнів про поширеність, фізичні та хімічні властивості, біологічну роль та застосування кисню, озону й водню.
- Розвивальна:** Розвивати пізнавальний інтерес до хімії, навички критичного мислення, вміння співпрацювати в групі, обґрунтовувати свою думку.
- Виховна:** Формувати відповідальне ставлення до природних ресурсів та екологічну свідомість.

Формат гри: групова змагальна гра-квест, розрахована на 3-4 команди.

Тривалість: 20-30 хвилин.

*Обладнання:* інтерактивна дошка або проектор для виведення завдань; картки із завданнями для кожної станції; маркери, фліпчарти або аркуші паперу для запису відповідей; пісочний годинник або таймер; невеликі призи для переможців (наприклад, символічні «молекули» газів, цукерки); табло для підрахунку балів.

## Правила гри:

1. Клас ділиться на **3-4 команди**. Кожна команда обирає капітана та назву, пов'язану з газами (наприклад, «Кисневі Молекули», «Озоновий Щит», «Водневі Атоми»).
2. Гра складається з **4 станцій** (турів). Кожна станція має своє завдання.
3. За кожную правильну відповідь команда отримує бали.
4. На обговорення та виконання завдання на кожній станції виділяється обмежений час (наприклад, 2-3 хвилини).
5. Команда-переможець визначається за найбільшою кількістю набраних балів.

## Хід гри:

1. Вступ (2-3 хв)
  - Вчитель оголошує тему гри, мету, правила та знайомить з командами.
  - Коротко нагадує про важливість газів довкілля.
2. Станції (Тури):
 

Станція 1: «Хто я? Загадки газів» (5-7 хв)



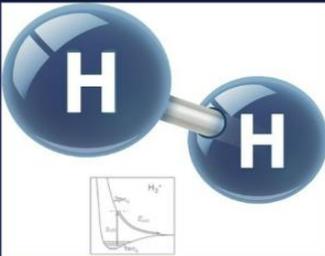
**Завдання:** Кожна команда отримує картку із 3-4 загадками-описами.

Потрібно відгадати, про який газ (кисень, озон, водень) ідеться.

**Оцінювання:** 1 бал за кожную правильну відповідь.

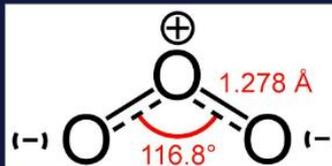
**Приклади загадок:**

1. Я – найпоширеніший елемент у Всесвіті, але на Землі мене не так багато у вільному стані. Я легший за повітря і дуже горючий. Хто я? (Водень)
2. Я – безбарвний, без запаху, підтримую дихання та горіння. Мене 21% у повітрі. Хто я? (Кисень)
3. Я – алотропна модифікація кисню, маю різкий запах і захищаю Землю від небезпечного випромінювання. Хто я? (Озон)
4. Мене використовують для наповнення повітряних куль, але не дирижаблів (через небезпеку). Я найлегший газ. Хто я? (Водень)
5. Я входжу до складу води і є найважливішим компонентом для фотосинтезу. Хто я? (Кисень)

	 <p>Мене використовують для наповнення повітряних куль, але не дирижаблів. Я найлегший газ. Хто я?</p>
	 <p>Я входжу до складу води і є найважливішим компонентом фотосинтезу. Хто я?</p>



Я - найпоширеніший елемент у Всесвіті, але на Землі мене не так вже і багато у вільному стані. Я легший за повітря і дуже горючий. Хто я?



Ч- алотропна модифікація кисню, маю різкий запах і захищаю Землю від небезпечного випромінювання. Хто я?



Я - безбарвний, без запаху, підтримую дихання та горіння. Мене 21% у повітрі. Хто я?

Станція 2: «Правда чи фейк?» (6-8 хв)

**Завдання:** На екрані або картках з'являються твердження про гази. Кожна команда має визначити, чи є твердження правдивим (П) чи хибним (Х).

**Оцінювання:** 1 бал за кожную правильну відповідь.

**Приклади тверджень:**

1. Кисень розчиняється у воді дуже добре. (X – малорозчинний)
2. Озоновий шар розташований у тропосфері. (X – у стратосфері)
3. Водень горить у кисні з утворенням води. (П)
4. Кисень має блакитний колір у рідкому стані. (П)
5. Озон у великих концентраціях є отруйним для людини. (П)
6. Кисень виділяється під час дихання рослин. (X – поглинається)

Станція 3: «Застосуй знання!» (7-10 хв)

**Завдання:** Кожна команда отримує картку з 3-4 ситуаціями або питаннями.

Потрібно застосувати свої знання про гази.

**Оцінювання:** 2 бали за повну та правильну відповідь.

**Приклади завдань:**

- Чому пожежники при гасінні пожежі намагаються перекрити доступ повітря до полум'я? (Пояснити роль кисню в горінні).
- Де використовують водень, крім хімічної промисловості? (Наприклад, як паливо в ракетних двигунах, у водневій енергетиці).
- Яке значення має озоновий шар для життя на Землі? Чим він руйнується? (Захист від УФ-випромінювання, руйнування фреонами, оксидами Нітрогену).
- Риби дихають киснем, розчиненим у воді. Чому під час сильного забруднення водою кисню стає менше, і риба гине? (Забруднення викликає розмноження мікроорганізмів, які споживають кисень, або хімічні реакції, що його поглинають).

Станція 4: «Хімічний художник» (5-7 хв)

**Завдання:** Кожна команда має на фліпчарті/аркуші паперу намалювати або схематично зобразити один процес, пов'язаний з одним з газів, і коротко його підписати. Наприклад:

- Процес фотосинтезу (кисень).
- Цикл Оксигену в природі.

- Утворення озонового шару.

- Горіння водню.

**Оцінювання:** До 3 балів за креативність, точність та зрозумілість зображення.

3. Підбиття підсумків (3-5 хв)

- Вчитель разом з учнями підраховує бали кожної команди.
- Оголошує команду-переможця.
- Нагородження команд.

**Рефлексія:** «Який газ сьогодні виявився для вас найцікавішим? Які нові факти ви дізналися? Що було найскладнішим?»

Варіації та ускладнення:

- **«Газова естафета»:** Запитання передаються від одного члена команди до іншого.
- **«Домашнє завдання» (перед грою):** Кожна команда готує по 1-2 цікавих факти про кожен газ, щоб потім використати їх під час гри або на етапі рефлексії.
- **«Рольова гра»:** Учні можуть виступати від імені газів, розповідаючи про себе.

Ця гра дозволить учням не тільки запам'ятати матеріал, але й відчувати себе справжніми дослідниками та екологами, що є важливим для формування компетентностей НУШ.

### 3.2. План-конспект уроку: КИСЕНЬ ЯК НАЙВАЖЛИВІШИЙ ГАЗ ЖИТТЯ «Кисень – життєдайний елемент»

Мета уроку:

**Освітня:** Поглибити знання учнів про кисень як хімічний елемент та просту речовину; вивчити фізичні та хімічні властивості кисню; розглянути застосування кисню.

**Розвивальна:** Розвивати вміння аналізувати, порівнювати, узагальнювати інформацію; формувати навички роботи в групі, вміння ставити та відповідати на запитання; розвивати критичне мислення та креативність.

**Виховна:** Виховувати інтерес до вивчення хімії, відповідальне ставлення до природи та власного здоров'я.

Тип уроку: Урок узагальнення та систематизації знань.

Обладнання:

- Інтерактивна дошка або проектор.
- Презентація «Кисень».
- Картки із завданнями для груп.
- Маркери, фліпчарти або великі аркуші паперу.
- Нагороди (наприклад, символічні «молекули кисню» або «атоми»).

Хід уроку:

#### I. Організаційний етап (5 хв)

Привітання, перевірка готовності до уроку.

**Створення позитивного настрою:** Запропонуйте учням уявити себе «молекулами кисню», що вільно рухаються в просторі.

**Поділ на групи:** Розділіть клас на 3-4 групи (оптимально 5-6 учнів у кожній). Можна використовувати метод «кольорових карток», «першої літери імені» тощо.

#### II. Актуалізація опорних знань та мотивація (10 хв)

**Вступне слово вчителя:** «Сьогодні ми зануримося у світ одного з найважливіших елементів нашої планети – кисню. Він оточує нас повсюди, підтримує життя і бере участь у незліченній кількості процесів. Чи замислювалися ви коли-небудь, наскільки багато ми знаємо про нього?»

**Гра «Сенкан про кисень»:** Запропонуйте кожній групі скласти сенкан про кисень (як на початку нашого діалогу). Це дозволить швидко актуалізувати базові знання і налаштувати на роботу.

*Приклад:*

Кисень  
Життєдайний, всесущий  
Підтримує, окислює, дихає  
Елемент життя на Землі  
Газ

**Мотивація:** Наш урок буде проходити у форматі хімічної вікторини між групами. Кожна група матиме можливість показати свої знання і задати каверзні питання суперникам!

III. Встановлення критеріїв оцінювання (5 хв)

**Обговорення в групах:** Запропонуйте кожній групі обговорити та запропонувати критерії оцінювання як власної роботи, так і роботи інших груп. Запишіть ці критерії на дошці або фліпчарті.

**Приклади критеріїв:**

**Для відповідей:**

- Повнота і точність відповіді.
- Логічність викладу.
- Використання хімічної термінології.
- Швидкість відповіді.

**Для запитань:**

- Цікавість і оригінальність запитання.
- Чіткість та зрозумілість формулювання.
- Відповідність темі.
- Складність (не занадто легкі, не занадто складні).

**Для групової роботи:**

- Активність кожного учасника.
- Злагодженість роботи.
- Дотримання правил.
- Взаємодопомога.

**Узгодження:** Вчитель разом з учнями узгоджує фінальний список критеріїв, що будуть використовуватись для оцінювання.

IV. Проведення гри «Запитуємо про властивості кисню» (20-25 хв)

**Правила гри:**

- Кожна група по черзі задає запитання іншій групі (або за жеребкуванням).
- Відповідає група, якій було задано запитання.
- Час на обдумування відповіді: 30-60 секунд.

- За правильну відповідь група отримує бали (кількість балів заздалегідь узгоджується).
- Запитання можна задавати блоками по 3 або чергувати по 1 (згідно з бажанням класу). Рекомендую чергувати по 1, щоб підтримувати динаміку.
- Учитель виконує роль модератора та арбітра.

**Підготовка запитань:** Дайте групам 5-7 хвилин на складання своїх запитань про кисень та його властивості. Нагадайте, що запитання мають бути різного рівня складності.

**Орієнтовні запитання (для прикладу, щоб учні розуміли напрямки):**

#### **Блок 1: Загальні відомості та фізичні властивості**

1. Який порядковий номер Оксигену в Періодичній таблиці? (8)
2. Опишіть агрегатний стан, колір, запах і розчинність кисню за звичайних умов. (Газ, безбарвний, без запаху, малорозчинний у воді).
3. Чому кисень можна збирати методом витіснення води, а не повітря (наприклад, у пробірці)? (Малорозчинний у воді, але трохи важчий за повітря).

#### **Блок 2: Хімічні властивості**

4. Напишіть рівняння реакції горіння сірки в кисні. Який продукт утворюється? ( $S + O_2 \rightarrow SO_2$ , сірчистий газ).
5. Чому процес горіння в чистому кисні відбувається інтенсивніше, ніж на повітрі? (Вміст кисню в повітрі лише 21%, а в чистому кисні його 100%).
6. Наведіть приклад окиснення металу киснем та запишіть відповідне хімічне рівняння. (Наприклад, горіння заліза:  $3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4$ ).

#### **Блок 3: Застосування та біологічна роль**

7. Де в повсякденному житті ми можемо зустріти використання кисню? (Медицина, металургія, зварювання, ракетобудування, дайвінг).
8. Яку роль відіграє кисень у процесах дихання живих організмів? (Забезпечує окиснення органічних речовин для отримання енергії).

9. Чому кисень так важливий для підтримання життя на Землі? (Ключовий елемент для дихання, утворення озонового шару, підтримання біологічного балансу).

V. Підбиття підсумків (5 хв)

**Оцінка груп:** Кожна група оцінює роботу інших груп та свою власну, спираючись на узгоджені раніше критерії. Вчитель може допомагати та коригувати оцінки.

**Оголошення результатів:** Вчитель підсумовує бали, оголошує групу-переможця та відзначає активних учасників.

**Рефлексія:** Що нового ви дізналися сьогодні? Які питання виявилися найцікавішими/найскладнішими? Що вам сподобалося в роботі групи?

VI. Домашнє завдання (2 хв)

Повторити матеріал про кисень.

**Творче завдання:** Скласти кросворд на тему «Кисень» (5-7 запитань) або написати міні-есе «Один день з життя молекули кисню».

Додаткові рекомендації для інтерактивності:

**Використання таймера:** Для кожного етапу (підготовка запитань, відповіді) встановлюйте чіткий таймер, щоб підтримувати динаміку.

**Музичний супровід:** Фонова інструментальна музика під час групової роботи може створити приємну атмосферу.

**Руханка:** Якщо урок довгий, можна включити коротку хімічну руханку (наприклад, «молекули рухаються, зіштовхуються»).

**Візуалізація:** Використання яскравих слайдів презентації з формулами, схемами, зображеннями, що стосуються кисню.

**Гнучкість:** Адаптація плану залежно від рівня знань та активності учнів.

**Пошук слів.** Відшукайте в кросворді слова-терміни до теми «Водень. Кисень». Відповіді позначте горизонтальними, вертикальними або діагональними лініями.

### 3.3. Робочі аркуші

Розділ II. Неметалічні елементи та їх сполуки

## ОКСИГЕН. КИСЕНЬ І ОЗОН

Опрацювавши інтерактивний робочий листок, ти:

- повториш, що таке "алотропія" та "алотропна модифікація"
- познайомишся із хімічними властивостями кисню та озону

Дата

Опрацюй параграф 28 підручника "Хімія 11 клас" профільний рівень автор О. Григоромич

2. Обери назву простих речовин, що є алотропними модифікаціями Оксигену:

- озон
- фуларен
- ромбічна сірка
- білий фосфор
- кисень
- азот

1. Запишіть визначення поняттю "алотропія" та "алотропна модифікація"

Алотропія - це

називається алотропною модифікацією

**ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КИСНЮ ТА ОЗОНУ**

3. Склади порівняльну характеристику перетягнувши властивості у відповідну частину кола:

О <sub>2</sub>	О <sub>3</sub>
газ	блакитний
без кольору	без запаху
отруйний	різкий запах
не отруйний	без смаку
t <sub>кип.</sub> = -183 °C	t <sub>пл.</sub> = -197 °C;
t <sub>кип.</sub> = -112 °C	t <sub>пл.</sub> = -219 °C
добре розчинний	густина 1,43 г/л
густина 1,43 г/л	густина 2,14 г/л
майже не розчинний	

### ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КИСНЮ

4. Доповни речення:

Кисень – хімічно  речовина, сильний . За звичайних умов, за  та за наявності  він взаємодіє з усіма простими речовинами, окрім  (серед неметалів) та  (серед металів).

Багато реакцій із киснем є , тобто супроводжуються утворенням .

. У реакціях із неметалами утворюються  або  оксиди.

У реакціях кисню з металами утворюються:

- (із лужними металами)
- оксиди
- оксиди.

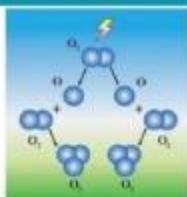
5. Поєднай праву й ліву частину реакцій, що характеризують властивості кисню:

<input type="text"/>	<input type="text"/>

### ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОЗОНУ

6. Серед запропонованих хімічних реакцій, що характеризують хімічні властивості озону, знайдіть ті, в яких беруть участь речовини з якими кисень не реагує:

- 
- 
- 
- 



7. опиши малюнок

### ЗАСТОСУВАННЯ КИСНЮ ТА ОЗОНУ

8. Розподи сфери застосування кисню та озону, поєднавши з відповідними картинками. Якщо сфери застосування збігаються, то шукай підказку на малюнку



ОЦІНИ СВОЮ РОБОТУ



LIVEWORKSHEETS

Робчі аркуші «Так/Ні», «Перевірте джерела», «Форми та символи Гідрогену», «Періодична таблиця» наведені у Додатку Г.

## 3.4. Ментальні карти

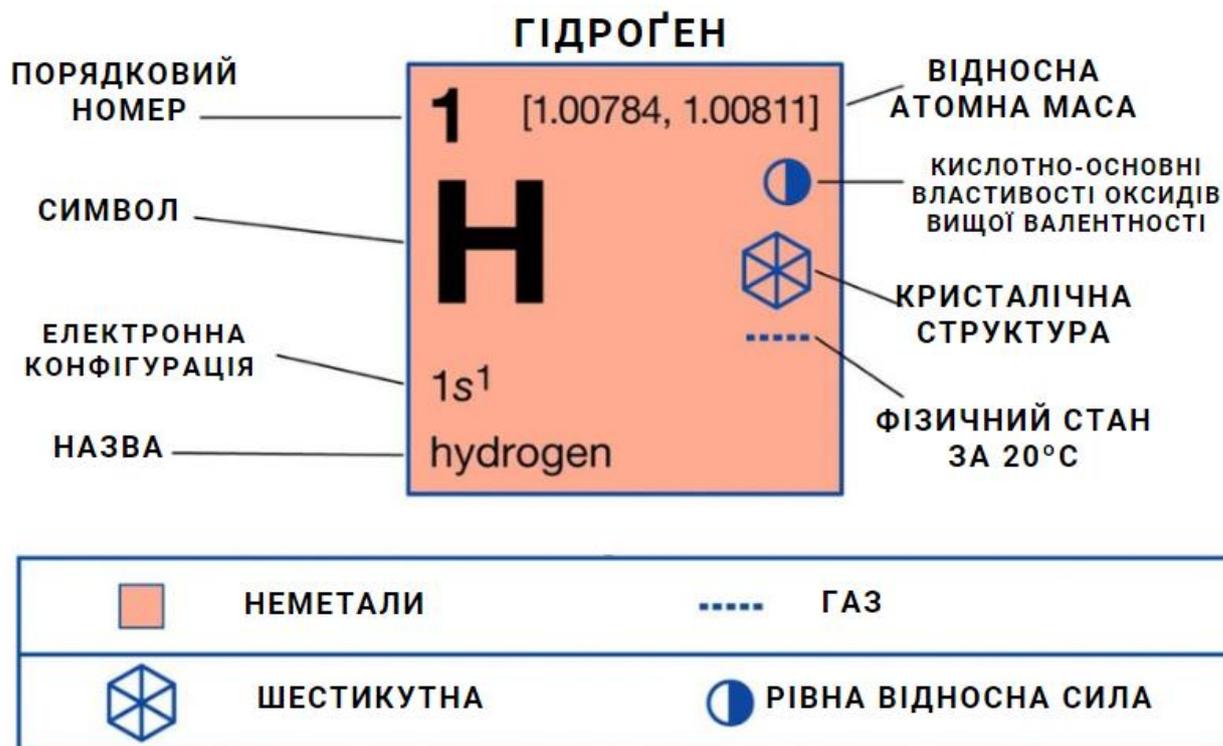


Рис. 3.1. Загальна характеристика Гідрогену (водню).

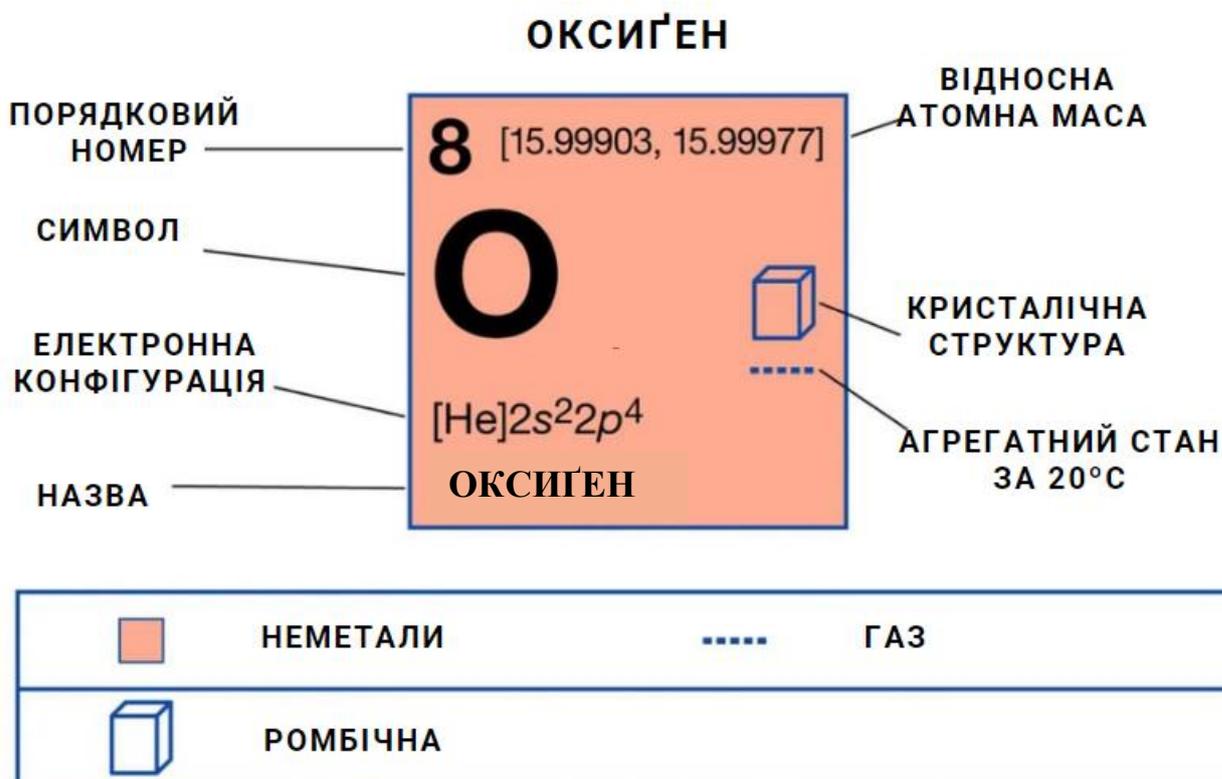


Рис. 3.2. Загальна характеристика Оксигену (кисню).

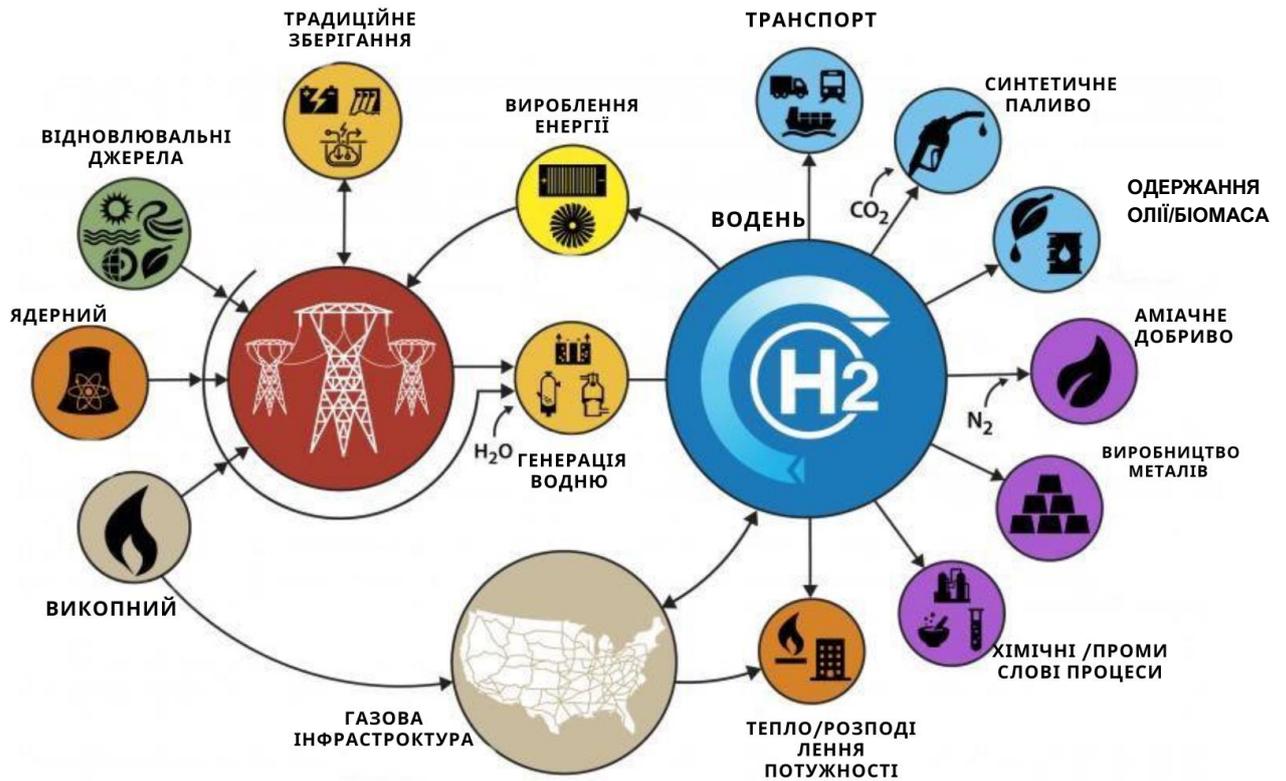


Рис. 3.3. Водень.

**8**  
**O**  
**Оxygen**  
**15.999**

**КИСЕНЬ**

**ПРОМИСЛОВІСТЬ**

Половина світового виробництва кисню призначена для виробництва сталі та інших металів, і сплавів.

**ХІМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ**

Друге за поширеністю використання кисню – виробництво хімічних продуктів (процеси окиснення).

**ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я**

Медичне застосування: одержання відбілюючих засобів, засобів для чищення, а також виробництво каменю, скла та пластику.

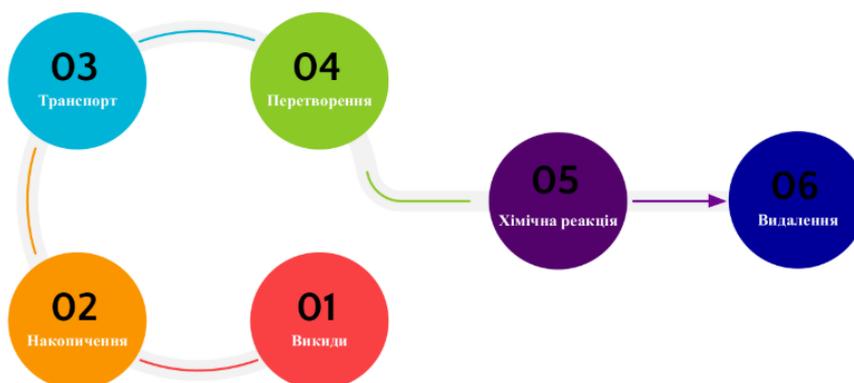
**ЦІКАВО**

Інші цікаві способи використання кисню: ракети двигуни, дихальні засоби в літаках, космічних кораблях, підводних човнах.

Рис. 3.4 Кисень.



## Руйнування озонового шару



Використовуйте в автомобілях неетильований бензин

Замінюючи хлорофлуоровуглеводні (CFCs) на хлорогідрогенфлуоровуглеводні (HCFCs), можна зменшити руйнування озонового шару.

Обладнання транспортних засобів каталітичним нейтралізатором

Забезпечення виконання Монреальського протоколу

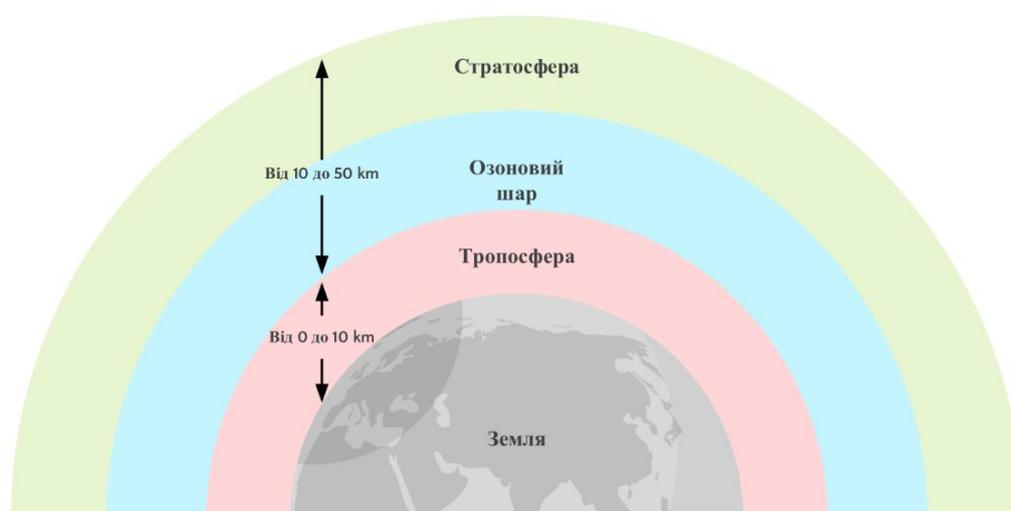
Уникайте куріння

Отримайте краще загальне розуміння того, як руйнування озонового шару впливає на нашу планету

**Запобігання руйнування озонового шару**



## Руйнування озонового шару



## Руйнування озонового шару



## Руйнування озонного шару

(Як ми можемо зменшити руйнування озонного шару?)



## Руйнування Озонового Шару



## Руйнування Озонового Шару

### Причини



- Стратосферний вітер
- Виверження вулканів
- ХФВ
- Галони
- Тетрахлорометан
- Метилхлороформ
- Бромистий метил
- ГХФВ
- Поведінка людини

### Ефекти



- Підвищений рівень УФ-випромінювання
- Карцинома
- Вплив на здоров'я людини
- Вплив на тварин
- Вплив на планети
- Вплив на навколишнє середовище
- Зміна біогеохімічних циклів

### Рішення



- Пересісти з автомобіля на громадський транспорт
- Обмежити транспортну мережу
- Відновлювана енергія
- Зупинити вирубку лісів
- Переробляйте та використовуйте повторно
- Нагорода за використання пестицидів
- Урядові постанови

## Руйнування Озонового Шару

01

Катаракта очей

02

Пригнічення імунної системи

03

Рак шкіри

04

Посилення печіння очей

05

Зниження врожайності

**РУЙНУВАННЯ ОЗОНУ**

**СПОЛУКИ НІТРОГЕНУ**

- Сполеку азоту, такі як  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , є головною причиною виснаження озонового шару.

**НЕРЕГУЛЬОВАНІ ЗАПУСКИ РАКЕТ**

- Дослідники стверджують, що нерегульований запуск ракет призводить до набагато більшого виснаження Озонового шару, ніж фреони.

**ХЛОРОФЛУОРОВУГЛЕВОДНІ**

- Основна причина виснаження озонового шару
- Розчинники, аерозолі, холодильники, кондиционери тощо.

**ВПЛИВ НА БІОГЕОХІМІЧНІ ЦИКЛИ**

- Збільшення УФ-випромінювання змінює як джерела, так і вміст парникових газів у біосфері.
- Сильні ультрафіолетові промені можуть призвести до мінімального росту, цвітіння та фотосинтезу рослини.

**ВПЛИВ НА РОСЛИНИ ТА ВОДОЙМИ**

- Ще однією жертвою радіаційного впливу УФ променів стають рослини.
- Озон погано впливає на планктон, який є основою водних харчових мереж.

**ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ**

- Ми, люди, більш схильні до впливу УФ-променів, які досягають поверхні Землі.
- Вплив УФ-променів може призвести до ослаблення відповіді імунної системи.

### 3.5. Домашні експерименти

#### Чи потрібен кисень для горіння?

**Обладнання:** чотири маленькі свічки, чотири прозорі скляні банки різного розміру, сірники; мензурка, секундомір (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Горіння свічки.

Інструкція:

1. Використовуючи мензурку виміряйте об'єм чотирьох банок. Для цього наповніть їх водою.
2. Запишіть об'єм кожної банки у таблицю.
3. Висушіть банки і поставте по одній маленькій свічці перед кожною скляною банкою.
4. У якій банці, на вашу думку, свічка буде горіти довше. Сформулюйте свої гіпотези.
5. Почніть з банки, яка має найменший об'єм. Запаліть свічку й обережно поставте маленьку скляну банку на свічку. Запустіть секундомір.
6. Після того, як полум'я загасне, зупиніть секундомір, запишіть результат.
7. Виконайте пункти 5-6 для решти трьох банок.
8. Результати дослідження подайте у вигляді таблиці.
9. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?
10. Сформулюйте висновки за власними спостереженнями.
11. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

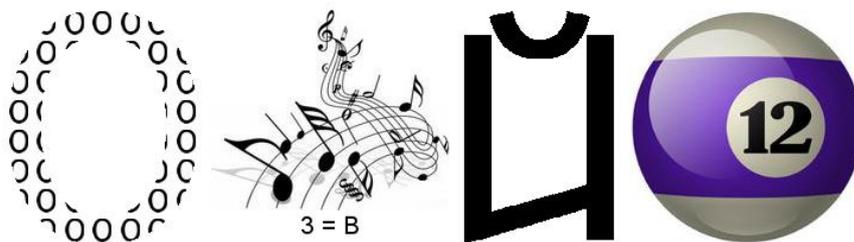
## 3.6. Ребуси

Розгадайте ребус.

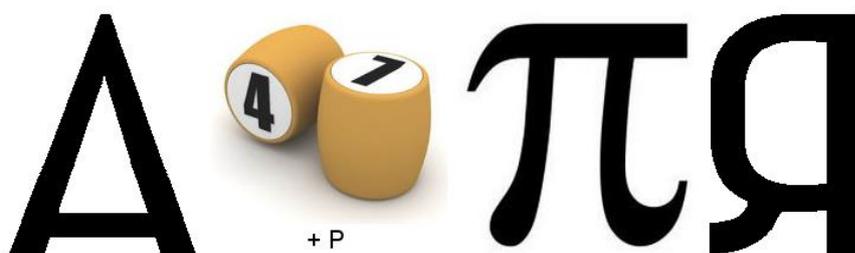
О, „, бритва, Ц



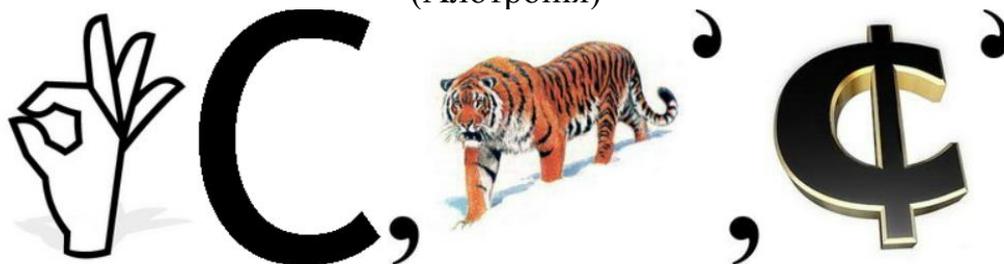
(Озон)



(Озоновий шар)



(Алотропія)



(Оксиген)

### 3.7. Філворди



Відповіді

1. Оксиген.
2. Кисень.
3. Фотосинтез
4. Горіння
5. Гідроген

(ім'я та прізвище)

# ЗНАЙДИ СЛОВА

Знайди і обведи **11 слів** головоломки.

Є	З	К	К	Е	Х	З	З	Т	Р	Ц	У	Ь	Ж	Й	З	К	Щ	Р	П
А	О	Ю	Щ	Х	Ц	Я	Ш	Л	Б	Г	Н	К	Н	З	А	Ь	У	Ч	Є
Е	Ь	Є	Е	Н	С	Е	К	Ф	А	Л	О	Т	Р	О	П	І	Я	О	Т
Н	У	Л	Ь	Т	Р	А	Ф	І	О	Л	Е	Т	Г	Ц	Ф	Х	Ь	У	Щ
А	Х	Ц	Ю	З	Б	Ф	Є	Е	К	Е	З	А	Х	И	С	Т	М	Л	Ь
Ж	Ш	Ч	Ц	О	Г	Х	Ь	Ц	Г	Н	Г	Г	Р	М	Й	Ц	І	А	З
Ч	Г	Х	Я	С	Е	Г	В	Ч	О	Х	Ч	Р	Т	Ш	А	Р	Г	Х	Ш
О	З	О	Н	О	В	И	Й	А	А	О	Ш	І	Ю	Г	Б	Х	Н	А	Г
Ц	В	Ь	Д	З	Ж	Н	І	Г	Ц	Р	Ї	О	К	С	И	Г	Е	Н	Щ
Ї	Ї	Ю	Т	Ь	Щ	У	Я	Г	О	С	Я	Ь	Ф	З	О	З	О	Н	Е
Й	З	Є	Ю	Х	Я	Г	Ч	І	О	Е	Щ	Й	В	Х	У	Ь	В	Ї	И
Ц	Д	Щ	В	Г	Х	Д	Ж	Ь	З	У	Н	Ю	Л	Ф	Й	Ц	Т	Ш	Т
Є	Ш	Щ	Ф	Н	Є	Р	П	Б	Ш	В	Д	Г	Г	С	А	З	Ь	И	К
Й	Б	Ю	Д	Н	Ї	Р	Х	Є	Ж	Е	Х	Ї	М	Ц	Д	Ш	Г	Г	Ю
Щ	О	Б	Я	Щ	Н	Б	У	Т	Л	Г	І	А	І	Е	Л	Є	С	Є	П
О	А	Т	М	О	С	Ф	Е	Р	А	В	К	И	Щ	Н	Ж	Ф	В	Ш	З
Д	М	Ь	А	У	Ш	Ь	Є	Ю	З	Й	У	Г	Я	Ф	Ц	Ї	Ї	Ф	В
Е	Щ	П	Р	И	Р	О	Д	А	Ш	Ц	М	Е	В	Я	Ф	Т	Є	Є	Г
Ю	У	І	Ь	С	Ї	П	О	В	І	Т	Р	Я	Д	З	В	Є	У	Ю	Й
Ч	И	З	Й	Є	Х	О	Г	Г	И	Х	П	О	В	І	Т	Р	Я	У	И

**СПИСОК СЛІВ:** ОКСИГЕН • ОЗОН • ОЗОНОВИЙ • ШАР • ПРИРОДА • ПОВІТРЯ •  
АЛОТРОПІЯ • ЗАХИСТ • УЛЬТРАФІОЛЕТ • АТМОСФЕРА • ПОВІТРЯ (11)



Створено за допомогою генератора завдань на сайті "Розвиток дитини"  
[childdevelop.com.ua](http://childdevelop.com.ua)



## 3.8. Кроссенци



### 3.9. Комікс «Метанмен»

**Назва коміксу:** Пригоди на Метанстанції

**Персонажі:** \***Метанмен:** Головний герой, сміливий та допитливий.

\***Друг 1 (Енергійко):** Завжди сповнений енергії та ставити багато запитань.

\***Друг 2 (Розумниця):** Спокійна та поважна, любити вчитися.

\***Метан-Майстер:** Привітний та освідомлений працівник Метанстанції.

#### **Панель 1: Заклик до пригод**

• **Зображення:** Метанмен (у яскраво-зеленому костюмі із символом атома метану) стоїть на пагорбі, вказуючи вдалину. Поруч із ним його друзі – Енергійко (у жовтій футболці) та Розумниця (у синьому комбінезоні). За ними видніється місто.

#### • **Діалог:**

**Метанмен:** Друзі! Сьогодні нас чекає велика пригода! Ми вирушаємо на Метанстанцію!

**Енергійко:** На Метанстанцію? Ого! А що ми там робитимемо?

**Розумниця:** Ми дізнаємося, звідки береться метан і як він допомагає нам!

#### **Панель 2: Прибуття на станцію**

• **Зображення:** Метанмен і його друзі стоятимуть перед воротами великої, сучасної Метанстанції. Видно величезні труби та баки, все виглядає чисто та технологічно. Їх зустрічає усміхнений Метан-Майстер у захисному шоломі та уніформі.

#### • **Діалог:**

**Метан-Майстер:** Вітаю вас на Метанстанції! Я ваш гід, Метан-Майстер! Готові зануритися у світ голубого палива?

**Метанмен:** Так, Метан-Майстере! Ми дуже раді тут бути і дізнатися все про метан!

#### **Панель 3: Секрети видобутку**

• **Зображення:** Метан-Майстер показує на великий монітор або інтерактивну карту, де схематично показано процес буріння та видобутку газу з-під землі. Друзі Метанмена з подивом та цікавістю дивляться на схему.

• **Діалог:**

**Метан-Майстер:** Спочатку ми видобуваємо метан глибоко з-під землі. Це природний газ, що утворився мільйони років тому!

**Енергійко:** Так глибоко? Це як шукати скарби!

**Розумниця:** І це велика відповідальність, щоб робити це безпечно та екологічно!

**Панель 4: Магія обробки**

• **Зображення:** Герої знаходяться поруч з рядами складного обладнання (труби, фільтри, компресори). Метан-Майстер пояснює, як газ очищується. Видно потоки чистого, сяючого газу, що проходить через установки.

• **Діалог:**

○ **Метан-Майстер:** Після видобутку метан проходить обробку. Ми очищаємо його від домішок, щоб він став чистим та безпечним для використання у будинках, на фабриках та для транспорту.

**Метанмен:** Тобто його готують до того, щоб він став корисним!

**Енергійко:** Як миття брудних рук перед їдою!

**Панель 5: Правила безпеки – це важливо!**

• **Зображення:** Метан-Майстер серйозно вказує на стенд із правилами безпеки (знаки «Не курити», «Обережно, газ», «Використовуйте захисні засоби»). Метанмен і його друзі поважно слухають, їх обличчя виражають розуміння.

• **Діалог:**

**Метан-Майстер:** Але найголовніше – це БЕЗПЕКА! Метан – це цінний ресурс, але він вимагає уваження. Завжди дотримуйтеся правил безпеки, як тут, на станції, так і вдома!

○ **Метанмен:** Абсолютно вірно! Безпека понад усе – це наш головний урок!

○ **Розумниця:** Ми запам'ятаємо!

**Панель 6: Урок засвоєно!**

• **Зображення:** Метанмен і його друзі махають на прощання Метан-Майстру, який стоїть біля входу на станцію. Сонце сідає, і над обрієм видніється гарний захід сонця. Герої виглядають задоволеними та більш знаними.

• **Діалог:**

**Метанмен:** Яка чудова пригода! Тепер ми знаємо, як видобувають і обробляють метан, і наскільки важливою є безпека!

**Енергійко:** Так, метан – це не просто газ, це енергія майбутнього, якщо поводитися з ним правильно!

**Розумниця:** Ми стали справжніми експертами з метану!

**Метан-Майстер (здалеку):** До нових зустрічей, юні дослідники!

### 3.10. Статистична обробка результатів діагностики знань учнів 41 групи

Порівняльний математичний аналіз результатів діагностики знань учнів 41 групи (11 клас, Додаток Г) з теми «Гідроген. Водень» приведений у табл. 1-2 (Додаток Д).

Як видно з таблиць 1-2 (Додаток Д), дослідження підпорядкування результатів оцінок знань учнівства нормальному закону розподілу (н.з.р.) показали, що у більшості випадків для усіх видів контролю (практичних робіт), а також семестрових та річних оцінок справджуються нерівності:

$$|as| < 3S_{as} \text{ та } |ex| < 5S_{ex}$$

Тому у більшості випадків обробка результатів вказує на наблизений висновок про підпорядкування цих результатів н.з.р. за показниками асиметрії та ексцесу.

Більш точну перевірку на підпорядкування результатів нормальному закону розподілу здійснювали за критерієм  $(N\omega^2)_p$ . Для цього розраховували розрахункове значення  $(N\omega^2)_p$  критерію  $\omega^2$  і максимальний рівень значущості  $(\alpha_{\max})$ , що відповідає  $(N\omega^2)_p$  та ступені відповідності оцінок нормальному закону Гаусса  $\xi_i(\omega^2)_\alpha$  для різних рівнів значущості  $(\alpha)$ . Розрахункова формула:

$$\left(N\omega^2\right)_p = \frac{1}{12N} + \sum_{i=1}^N [P(x_i) - w(x_i)]^2, \quad (3.1)$$

де  $p(x_i) = 0,5 + \Phi(z_i)$  – теоретична ймовірність попадання випадкової величини  $X(Z)$  на  $i$ -місце варіаційного ряду;

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S} - \text{нормована величина};$$

$$w(x_i) = \frac{i - 0,5}{N} - \text{емпірична функція розподілу}.$$

$$\Phi(z_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \left(-\frac{z^2}{2}\right) dz - \text{функція Лапласа [22]} \quad (3.2)$$

За нерівністю  $(N\omega^2)_p \leq Z_\alpha(\alpha)$  визначали рівень значущості прийняття гіпотези про підпорядкування емпіричних даних нормальному закону розподілу Гаусса.

Перевірка гіпотези про відповідність результатів оцінок знань учнів н.з.р. за критерієм  $\omega^2$  відповідає рівню значущості  $\alpha < 0,10-0,20$  майже у всіх випадках, і дозволяє зробити висновок про те, що н.з.р. оцінок знань учнів не суперечить результатам, одержаним на різних видах контролю, семестрових та річних оцінок.

Для порівняння розраховували коефіцієнт кореляції ( $r$ ) між результатами:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{ki} y_{mi}) - N\bar{x}_k \bar{y}_m}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^N (x_{ki}^2) - N\bar{x}_k^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^N (y_{mi}^2) - N\bar{y}_m^2 \right]}} \quad (3.13)$$

та доводили його значущість за критичним значенням ( $r_{кр}$ ) для двох рівнів значущості  $\alpha=0,05$  та  $\alpha=0,01$ .

Результати розрахунків приведені у Додатку Е.

## ВИСНОВКИ

1. Вивчення теми «Досліджуємо гази довкілля» у закладах загальної середньої освіти має велике теоретичне та практичне значення. У процесі вивчення теми формуються фундаментальні поняття та уявлення, відбувається розвиток логічного мислення та світогляду. Вивчення хімії газів є ключовим елементом шкільної освіти, що не лише дає фундаментальні знання, а й сприяє розвитку практичних навичок, критичного мислення та екологічної культури.
2. Проведено інформаційний пошук та теоретичний аналіз психолого-педагогічної та методичної літератури з методики навчання хімії у закладах загальної середньої освіти.
3. Розглянуто особливості модельних навчальних програм з хімії для Нової української школи (цикл базового предметного навчання, 7-9 клас): освітню мету, завдання та структуру, компетентнісний потенціал курсу (ключові компетентності, умінні та ставлення в курсі хімії), базові знання (загальноприродничі та хімічний складник). Розглянуто пропонований зміст, орієнтовні види навчальної діяльності (дослідження, моделювання, проєктна діяльність; робота з інформацією; спільне обговорення, обговорення результатів навчальної діяльності, рефлексія), очікувані результати навчання під час вивчення теми «Досліджуємо гази довкілля».
4. Підготовлено плани-конспекти уроків до теми «Досліджуємо гази повітря», розроблено робочі аркуші, ментальні карти, завдання для домашніх експериментів до теми «Кисень. Водень. Озон». Проведена статистична обробка результатів діагностики знань учнів 41 групи з теми «Гідроген. Водень».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березан О. Хімія. Робочий зошит-посібник. 7 клас / О. Березан. – вид. 3-тє, зі змін. і доп. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2021. – 128 с. – ISBN 978-966-07-3951-2.
2. Березан О. Хімія. Робочий зошит-посібник. 11 клас / О. Березан. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2020. – 144 с. – ISBN 978-966-07-3537-8.
3. Березан О. Хімія. Робочий зошит-посібник. 7 клас / О. Березан, Н. Ощиповська. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2024. – 112 с. – ISBN 978-966-07-4333-5.
4. Григорович О.В. Модельна навчальна програма «Хімія. 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти / О.В. Григорович [Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://imzo.gov.ua/model-ni-navchal-ni-prohramy/pryrodnycha-osvitnia-haluz/>
5. Григорович О.В. Хімія: підруч. для 7 кл. закл. загал. серед. освіти / О.В. Григорович, О.Ю. Недоруб. – Х.: Вид-во «Ранок», 2024. – 208 с., іл. ISBN 978-617-09-8767-9 <https://files.pidruchnyk.com.ua/uploads/book/7-klas-himia-grygorovych-2024.pdf>
6. Григорович О.В. НУШ. Хімія. Робочий зошит для 7 класу закладів загальної середньої освіти / О. В. Григорович, О. Ю. Недоруб. – Х.: Вид-во «Ранок», 2024. – 80 с. ISBN 978-617-098-952-9
7. Григорович О. В. Хімія: підруч. для 8 кл. закл. загал. серед. освіти / О.В. Григорович, О.Ю. Недоруб. – Х.: Вид-во «Ранок», 2025. – 320 с., іл.
8. Загальна й неорганічна хімія. Задачі та вправи: навч. посіб. для студ. хім. спец. вузів / С.А. Неділько, П.П. Попель; ред. В.С. Зацарний. – К.: Либідь, 2001. – 397 с.
9. Загальна хімія: Підручник/Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М., Голуб О.А., за ред. Голуба О.А. – Київ: Вища шк., 2009. – 471 с.
10. Лашевська Г.А. Модельна навчальна програма «Хімія. 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти / Г.А. Лашевська [Електронний

ресурс. – Режим доступу: <https://imzo.gov.ua/model-ni-navchal-ni-prohramy/pryrodnycha-osvitnia-haluz/>

11. Лашевська Г.А. Хімія: підруч. для 7 класу закладів загальної середньої освіти / Г.А. Лашевська. – К.: Видавничий дім «Освіта», 2024. – 192 с.: іл. ISBN 978-966-983-470-6. <https://files.pidruchnyk.com.ua/uploads/book/7-klas-himia-lashevaska-2024.pdf>
12. Лашевська Г.А. Хімія: підруч. для 8 кл. закл. загал. серед. освіти / Г.А. Лашевська. – Київ: Літера ЛТД, 2025. – 160 с.: іл. ISBN 978-966-945-477-5 <https://nx.litera.ltd/s/KLPKJS8jSXXt86t>
13. Левітін С. Я., Бризицька А.М., Ключєва Р. Г. Загальна та неорганічна хімія Х.: *Прапор, Видавництво НФаУ*, 2000. 464с.
14. Попель П. Хімія: підруч. для 7 кл. закл. заг. серед. освіти / Павло Попель, Людмила Крикля. – Київ: ВЦ «Академія», 2024. – 152 с.: іл. ISBN 978-966-580-725-4 <https://files.pidruchnyk.com.ua/uploads/book/7-klas-himia-popel-2024.pdf>
15. Попель П. Хімія: підруч. для 8 кл. закл. заг. серед. освіти / Павло Попель, Людмила Крикля. – Київ: ВЦ «Академія», 2025. – 249 с.: іл.
16. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія. – Київ-Ірпінь: Перун, 2007. – 480 с.
17. Савчин М.М. Хімія. Робочий зошит. 7 клас. / М.М. Савчин. – Львів: ВНТЛ-Класика, 2021. – 120 с. – ISBN 978-966-8849-36-7.
18. Савчин М.М. Хімія. Робочий зошит. 11 клас. / М.М. Савчин. – Львів: ВНТЛ-Класика, 2021. – 176 с. – ISBN 978-966-8849-57-2.
19. Хімія. 7-9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017 № 804. <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/prohramy-5-9-klas/onovlennya-12-2017/10-ximiya-7-9.doc>

20. Хімія. 10-11 класи. Профільний рівень. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. *Затверджено Міністерством освіти і науки (наказ №1407 від 23 жовтня 2017 р.). Укладачі програми:* Бобкова О.С., Бухтіяров В.К., Валюк В.Ф., Величко Л.П., Дубовик О.А., Павленко В.О., Пугач С.В.
21. Хімія. 10-11 класи. Рівень стандарту. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. Затверджено Міністерством освіти і науки України (наказ №1407 від 23.10.2017 р.). *Укладачі:* Дубовик О.А. (голова робочої групи), Бобкова О.С., Вороненко Т.І., Глазунов М.М., Іваха Т.С., Рогожнікова О.В.
22. Хімія: підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти / Л.Я. Мідак, О.В. Кузишин, Ю.Д. Пахомов, Х.В. Буждиган.–Тернопіль: Астон, 2025.–272с.  
[https://drive.google.com/file/d/1aGAwARY8XWQXeMim8jg81VRRrSa\\_s8D8/view](https://drive.google.com/file/d/1aGAwARY8XWQXeMim8jg81VRRrSa_s8D8/view).
23. Хімія: робочий зошит. 7 клас / Л.Я. Мідак, О.В. Кузишин, Ю.Д. Пахомов, Х.В. Буждиган. – Тернопіль: Астон, 2024. – 80 с.  
[https://aston.te.ua/userfiles/pdf/himia/h\\_m\\_ya\\_rob\\_zoshit\\_7kl\\_m\\_dak\\_1\\_9.pdf](https://aston.te.ua/userfiles/pdf/himia/h_m_ya_rob_zoshit_7kl_m_dak_1_9.pdf)
24. Хімія: підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти / Л.Я. Мідак, О.В. Кузишин, Ю.Д. Пахомов, Х.В. Буждиган. – Тернопіль: Астон, 2024. – 192 с. – ISBN 978-966-308-931-7
25. [https://aston.te.ua/userfiles/file/aston\\_h\\_m\\_ya\\_7\\_kl\\_m\\_dak.pdf](https://aston.te.ua/userfiles/file/aston_h_m_ya_7_kl_m_dak.pdf)
26. Хімія: підруч. для 7 класу загальноосвітніх навчальних закладів / Буринська Н.М. – К: Педагогічна думка, 2017. – 112 с.: іл. – ISBN 978-966-644-398-7 (<https://shkola.in.ua/2115-khimiia-7-klas-burynska-2017.html>).
27. Хімія: підруч. для 7 класу загальноосвіт. навч. закл. / О.В. Григорович. – Х.: Вид-во «Ранок», 2015. – 192 с.: іл. ISBN 978-617-09-2490-2 (<https://shkola.in.ua/1459-khimiia-7-klas-hryhorovych-2015.html>).

28. Хімія: підручник для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. / Л.С. Дячук, М.М. Гладюк. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2015. – 240 с.: іл. + 1 електрон. опт. диск (CD). – Електрон. версія. – Режим доступу: <http://www.bohdan-digital.com/edu>. ISBN 978-966-10-3401-2 (<https://shkola.in.ua/2116-khimiia-7-klas-diachuk-2015.html>)
29. Хімія: підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. / Г.А. Лашевська, А.А. Лашевська. – Київ: Генеза, 2015. – 192 с.:іл. – ISBN 978-966-11-0595-8  
<https://www.geneza.ua/sites/default/files/ebooks/7klas/Khimiya.Lashevskia.7klas.pdf>
30. Хімія: підруч. для 7 кл. закл. заг. серед. освіти / Павло Попель, Людмила Крикля. – 2-ге вид., переробл. – Київ: ВЦ «Академія», 2020 . – 216 с.: іл. – ISBN 978-966-580-604-2 (<https://shkola.in.ua/1461-khimiia-7-klas-popel-2020.html>)
31. Хімія: підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. / П.П. Попель, Л.С. Крикля. – К.: ВЦ «Академія», 2015. – 192 с.: іл. ISBN 978-966-580-470-3.  
<https://academia-ps.com.ua/wp-content/uploads/2018/08/«Хімія»-Підручник-для-7-класу-загальноосвітніх-навчальних-закладів.pdf>
32. Хімія: підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. / Марія-Віра Михайлівна Савчин. – К: Грамота, 2015. – 184 с.: іл. – ISBN 978-966-349-535-4 (<https://shkola.in.ua/2121-khimiia-7-klas-savchyn-2015.html>).
33. Хімія: підручник 7-й клас / О.Г. Ярошенко. – Харків, СИЦІЯ, 2015, 190 с. – ISBN 978-966-2542-93-6 (<https://shkola.in.ua/2117-khimiia-7-klas-yaroshenko-2015.html>).
34. Хімія: підруч. для 8 кл. з поглибленим вивч. хімії закл. заг. серед. освіти / А. Бутенко. – 2-ге вид., доопрацьоване. – Харків: «Гімназія», 2021. – 286 с. – ISBN – (<https://shkola.in.ua/1969-khimiia-8-klas-butenko-2021.html>)
35. Хімія: підруч. для 8 класу закл. загальної серед. освіти / О. Григорович. – 2-ге вид., перероблене. – Х.: Вид-во «Ранок», 2021. – 240 с. – ISBN

- 978-617-09-6979-8 (<https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-8klas-2021/13-khimiya-8kl/Khimiia-8kl-Grygorovych.pdf>).
36. Хімія: підруч. для 8 кл. закл. заг. серед. освіти / Павло Попель, Людмила Крикля. – 2-ге видання, перероблене. – К.: ВЦ «Академія», 2021. – 232 с. – ISBN 978-966-580-626-4 (<https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-8klas-2021/13-khimiya-8kl/Khimiya-8kl-Popel.pdf>).
37. Хімія: підруч. для 8 класу закл. заг. середньої освіти / М. Савчин. – Київ: «Грамота», 2021. – 209 с. – ISBN 978-966-349-865-2 ([https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-8kl-2022/ГРАМОТА\\_Хімія\\_8кл\\_Савчин.pdf](https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-8kl-2022/ГРАМОТА_Хімія_8кл_Савчин.pdf)).
38. Хімія: підручник для 8 кл. / О.Г. Ярошенко. – Київ: УОБЦ «Оріон», 2021, 239 с. – ISBN 978-966-991-175-9 (<https://shkola.in.ua/1971-khimiia-8-klas-yaroshenko-2021.html>).
39. Хімія (профільний рівень): посіб. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти / О.В. Григорович. – Харків: Вид-во «Ранок», 2019. – 272 с.: іл. ISBN 978-617-09-6221-8.
40. Хімія (рівень стандарту): підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти / Олексій Григорович. – Харків: Вид-во «Ранок», 2019. – 224 с.: іл., фот. ISBN 978-617-09-5191-5 (<https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-11-klas-2019/20-himiya-11-klas/himiya-riven-standartu-pidruchnyk-dlia-11-klasu-zzso-grigorovich-o-v.pdf>).
41. Хімія (рівень стандарту): підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти / Ганна Лашевська, Аліна Лашевська. – Київ: Генеза, 2019. – 192 с.: іл. ISBN 978-966-11-0996-3 (<https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-11-klas-2019/20-himiya-11-klas/lashevskahimst-p-11ukr-112-18-s.pdf>).
42. Хімія (рівень стандарту): підручник для 11 класу закладів загальної середньої освіти / Павло Попель, Людмила Крикля. – Київ: ВЦ

- «Академія», 2019. – 248 с.: іл. ISBN 978-966-580-576-2  
(<https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-11-klas-2019/20-himiya-11-klas/16-07-himija-11-2019-248.pdf>)
43. Хімія (рівень стандарту): підруч. для 11 класу закл. заг. серед освіти / М. Савчин. – Київ: «Грамота», 2019. – 244 с. – ISBN 978-966-349-733-4  
(<https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-11-klas-2019/20-himiya-11-klas/himiya-11-kl-savchin-elektron-pidruch.pdf>)
44. Хімія (рівень стандарту): підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти / О.Г. Ярошенко. – К: УОВЦ «Оріон», 2019. – 208 с. : іл. ISBN 978-617-7712-54-0  
(<https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidruchnyky-11-klas-2019/20-himiya-11-klas/11-kl-himiya.pdf>)
45. Ярошенко О.Г. Робочий зошит з хімії. 7 клас: навч. посіб. для загальноосвіт. навч. закл. / О.Г. Ярошенко. – Харків: СИЦІЯ, 2015. – 128 с. ISBN 978-966-2542-96-7.
46. Ярошенко О.Г., Коршевнік Т.В. Хімія: підруч. для 7 кл. закладів загальної середньої освіти / Київ: УОВЦ «Оріон», 2024. – 160 с.: іл. ISBN 978-966-991-293-0
47. Ярошенко О.Г., Коршевнік Т.В. Хімія: підруч. для 8 кл. закладів загальної середньої освіти / Київ: УОВЦ «Оріон», 2025. – 224 с.: іл ISBN 978-966-991-412-5
48. Ярошенко О.Г., Коршевнік Т.В. НУШ Хімія. 7 клас. Робочий зошит. Практичні + діагностичні роботи Київ: УОВЦ «Оріон», 2024. – 128 с. ISBN 978-9-66-991309-8
49. Isotopes of hydrogen. *Wikipedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Isotopes\\_of\\_hydrogen](https://en.wikipedia.org/wiki/Isotopes_of_hydrogen).
50. Генрі Кавендіш. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Генрі\\_Кавендіш](https://uk.wikipedia.org/wiki/Генрі_Кавендіш).
51. Придатність відходів цукрових буряків для виробництва водневмісного газу. URL: <https://share.google/yoP95cpQqtjFVtGYQ>.

52. Antoine Lavoisier. *Wikipedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Antoine\\_Lavoisier](https://en.wikipedia.org/wiki/Antoine_Lavoisier).
53. Рідкий кисень. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Рідкий\\_кисень](https://uk.wikipedia.org/wiki/Рідкий_кисень).
54. Джозеф Прістлі. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Джозеф\\_Прістлі](https://uk.wikipedia.org/wiki/Джозеф_Прістлі).
55. Carl Wilhelm Scheele. *Inovatif Kimya Dergisi*. URL: <https://share.google/MiRIk6qSchtoeezLV>.
56. Оксиген – реальна загроза чи невід’ємна частина життя. URL: <https://share.google/UFbq6RRmn87web1ia>.
57. Озон. *Вікіпедія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B7%D0%BE%D0%BD>.
58. Озон (O<sub>3</sub>) – 3D-сцена. *UA Цифрова освіта та навчання від Mozaik*. URL: <https://share.google/78AWjdDPGCrTeZryA>.
59. Крістіан Фрідріх Шенбейн. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Крістіан\\_Фрідріх\\_Шенбейн](https://uk.wikipedia.org/wiki/Крістіан_Фрідріх_Шенбейн).
60. [uk.tjanode.com/electro-oxidation/ozone-electrolysis](https://uk.tjanode.com/electro-oxidation/ozone-electrolysis). URL: <https://uk.tjanode.com/electro-oxidation/ozone-electrolysis>.
61. Озонотерапія. *Вікіпедія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Озонотерапія>
62. Озоносфера. *Вікіпедія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Озоносфера>.
63. Map of Ibadan North Local Government. Source: [47]. *Download Scientific Diagram*. URL: [https://www.researchgate.net/figure/Map-of-Ibadan-North-Local-Government-Source-47\\_fig1\\_349914041](https://www.researchgate.net/figure/Map-of-Ibadan-North-Local-Government-Source-47_fig1_349914041).
64. ОЗОНОВА ДІРА НАД АНТАРКТИДОЮ ЗМЕНШИЛАСЯ! *Станіславівський Натураліст*. URL: <https://stanislaw.in.ua/ozonova-dira-nad-antarktydoyu-zmenshylyasy/>
65. File:IM ozavg ept 200006.png. *Wikimedia Commons*. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IM\\_ozavg\\_ept\\_200006.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IM_ozavg_ept_200006.png).
66. Ozone Layer Depletion Photos for Sale. *Fine Art America*. URL: <https://fineartamerica.com/art/photographs/ozone+layer+depletion>.

67. Ozone. *Wikipedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ozone>.
68. DEODOR – Озонатори повітря – методичні вказівки. URL: <https://deodor.com.ua/методичні-вказівки/>.
69. Озонатор для квартири: користь і шкода. URL: <https://teplo.co.ua/blog/ozonator-dlya-kvartyry-koryst-i-shkoda>.
70. Результати пошуку зображень у Google. URL: <https://www.google.com/search?q=Результати+пошуку+зображень+у+Google&amp;surl=1>.
71. Результати пошуку зображень у Google. URL: <https://www.google.com/search?q=Результати+пошуку+зображень+у+Google&amp;tbm=isch&amp;ved=1>.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

### ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

#### Тема 1. Гідроген. Водень

1. Гідроген. Будова атома. Ізотопи Гідрогену. Особливості розміщення у Періодичній таблиці. Поширення Гідрогену в природі і Всесвіті.
2. Водень. Склад молекули і будова речовини. Добування в промисловості і лабораторії. Фізичні властивості водню. Окисні і відновні властивості водню. Застосування водню. Перспектива використання водню як пального.
3. Гідроген пероксид як сполука Гідрогену. Окисні і відновні властивості гідроген пероксиду. Застосування гідроген пероксиду.

#### Тема 3. Елементи VIA групи (халькогени)

1. Загальна характеристика елементів VI-A групи. Поширеність елементів у природі.
2. Оксиген. Прості речовини. Явище алотропії. Порівняння фізичних та хімічних властивостей озону та кисню. Їхня біологічна роль.

### ПРАКТИЧНА СКЛАДОВА

#### *Лабораторні дослід*

1. Дослідження окисних і відновних властивостей гідроген пероксиду.

#### *Практичні роботи*

1. Відновні властивості водню.

#### **Розрахункові задачі**

1. Обчислення кількості речовини, маси або об'єму продукту реакції за відомою кількістю речовини, масою або об'ємом реагента, що містить домішки.

#### *Демонстрації*

1. Добування водню в лабораторії та способи його збирання.
2. Перевірка водню на чистоту.
3. Горіння водню в кисні.
4. Відновлення міді з купрум(II) оксиду воднем
5. Взаємодія кисню з неметалами та металами.

#### *Навчальні проєкти*

1. Кисень та життя (промислова екологія).	3. Водень як екологічно чисте паливо.
2. Біологічна роль гідроген пероксиду.	4. Подвійна роль озону в природі.

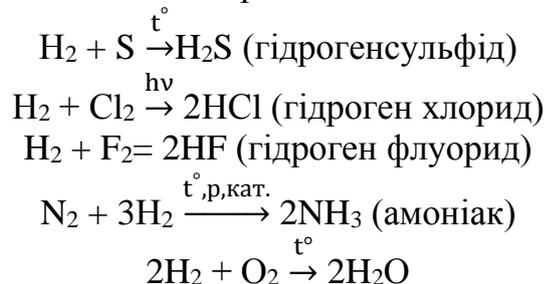
## Додаток Б

## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДНЮ

Водень реагує:

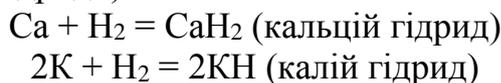
1) з простими речовинами:

• виявляючи відновні властивості в реакціях з неметалічними елементами:

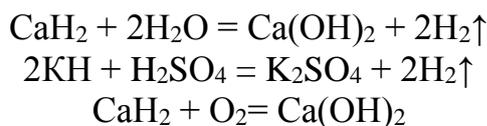


Суміш двох об'ємів водню й одного об'єму кисню надзвичайно вибухонебезпечна, її називають гримучим газом, або гримучою сумішшю.

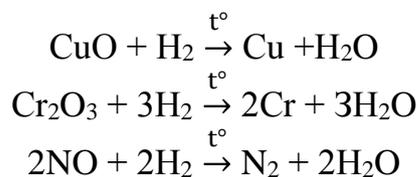
• виявляючи окисні властивості в реакціях з лужними та лужноземельними металами (утворює гідриди):



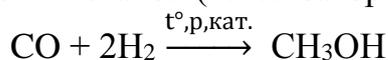
Гідриди – бінарні солеподібні йонні сполуки, які розкладаються водою і кислотами, а також окиснюються киснем:



1. З оксидами металічних і неметалічних елементів за високої температури, відновлюючи їх:



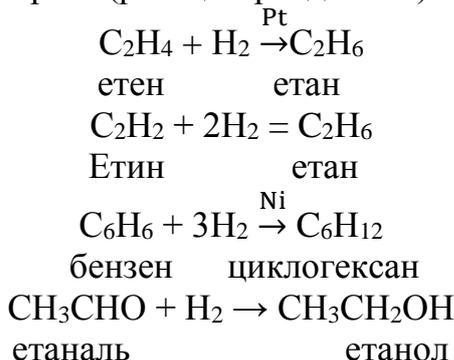
2. Із чадним газом, утворюючи метанол (каталізатор – CuO, ZnO):



3. За стандартних умов з деякими солями малоактивних металічних елементів (Hg, Ag, Pd, Au), відновлюючи їх:



4. З органічними речовинами: алкенами, алкінами, аренами, алкадієнами, альдегідами, деякими жирами(реакції приєднання):



## Додаток В

### ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КИСНЮ

1. Кисень взаємодіє з простими речовинами, утворюючи здебільшого оксиди:

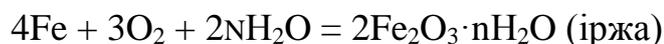
• з металами:



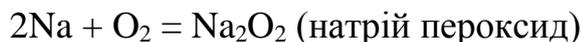
або



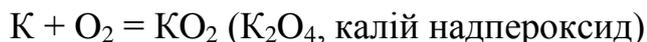
При тривалому окисненні заліза (за наявності вологи) відбувається дещо, інший процес:



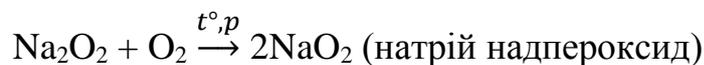
гідрат ферум(II) оксиду



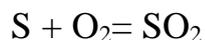
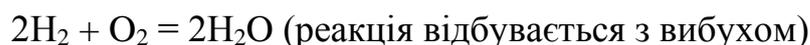
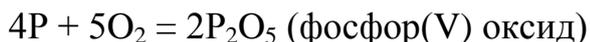
Калій, Рубідій та Цезій реагують з киснем, утворюючи надпероксиди:



Інші надпероксиди отримують взаємодією пероксидів з киснем за підвищеного тиску і температури:



• з неметалами:



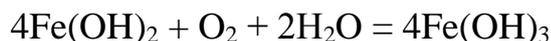
Майже всі реакції речовин з киснем є екзотермічними, за винятком реакції з азотом, яка відбувається лише при нагріванні та електричному розряді:



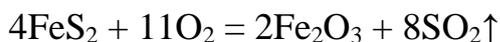
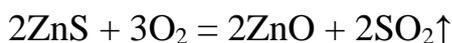
Аналогічно, лише при УФ опроміненні або під дією електричного розряду кисень взаємодіє з галогенами. Лише благородні газы (Xe, Kr), благородні метали (Au, Pt) не реагують з киснем безпосередньо (сполуки Оксигену із цими елементами існують, але отримують їх іншими методами).

## 2. Кисень взаємодіє зі складними речовинами:

- з оксидами та гідроксидами, які є відновниками:



- із солями, що є відновниками:



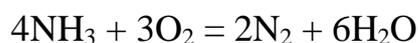
- з бінарними сполуками:



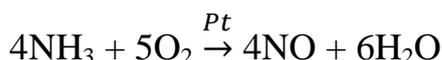
фосфін



сірководень

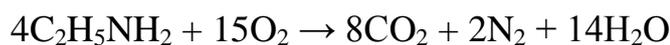
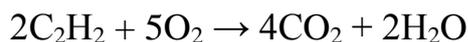
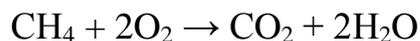


амоніак

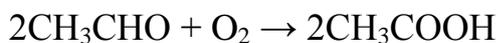


## 3. Кисень окиснює органічні речовини. Розрізняють реакції горіння та окиснення органічних речовин:

*Горіння* – реакція речовини з киснем, що супроводжується виділенням тепла і світла:



*Окиснення* – реакція речовини з оксигеновмісними окисниками, що приводить до утворення оксигеновмісних органічних сполук:



Додаток Г  
РОБОЧІ АРКУШІ



ПРИЗВИЩЕ, ІМ'Я:

ТАК / НІ

ЗНАЙДІТЬ І ВИПРАВТЕ ПОМИЛКИ

ГІДРОГЕН – НАЙПОШИРЕНІШИЙ  
ЕЛЕМЕНТ У ВСЕСВІТІ

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР ГІДРОГЕНУ І

ВОДЕНЬ – БЕЗБАРВНА РІДИНА БЕЗ  
ЗАПАХУ, СМАКУ, ОТРУЙНА

ВОДЕНЬ МАЄ НАЙВИЩУ  
ГУСТИНУ З УСІХ ГАЗІВ

ВОДЕНЬ МАЄ НАЙМЕНШУ  
ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ СЕРЕД  
ГАЗОПОДІБНИХ РЕЧОВИН

ВОДЕНЬ ПРИБЛИЗНО В 14 РАЗІВ  
ВАЖЧИЙ ЗА ПОВІТРЯ

ІЗОТОПИ ГІДРОГЕНУ: ПРОТІЙ,  
ДЕЙТЕРІЙ, ТРИТІЙ



ІМ'Я \_\_\_\_\_

## ПЕРЕВІРТЕ ДЖЕРЕЛА



Гідроген – найпоширеніший елемент у Всесвіті. Його можна знайти на планеті Земля та інших планетах, у різноманітних тілах, речовинах, речах. Поставте позначку (+/√), якщо Гідроген міститься у наведених


 Сонячне світло

 Злитки золота

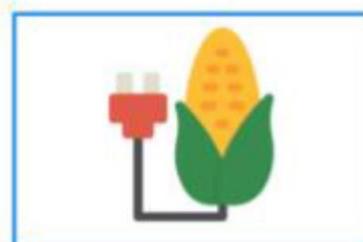
 Горючі корисні копалини

 Енергія вітру

 Добрива

 Гелій

 Салют

 Сатурн

 Біомаса


ІМ'Я \_\_\_\_\_

## ФОРМИ ТА СИМВОЛИ ГІДРОГЕНУ

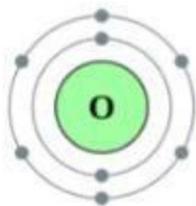


Гідроген має багато різних форм. Кожна з них має свій символ та назву. На основі короткого опису впишіть відповідні назву та символ.

НАЗВА	СИМВОЛ	ОПИС
		Перший елемент Періодичної системи. Атом містить 1 протон та й електрон
		Безбарвний газ, без запаху, смаку, легкозаймистий. Вибухонебезпечний
		Позитивно заряджений йон Гідрогену.
		Негативно заряджений йон Гідрогену
		Показник концентрації йонів Гідрогену у розчинах







# ІМ'Я \_\_\_\_\_ ПЕРІОДИЧНА ТАБЛИЦЯ

Кожен хімічний елемент у Періодичній системі розміщено в окремій клітинці, яка має свій порядковий номер. Для всіх елементів подані такі дані: порядковий номер, символ елемента, назва елемента та відносна атомна маса. Підпишуть кожен елемент клітинки Оксигену у Періодичній

АТО


НАЗ


СИ


АТС

**ЧОМУ ОКСИГЕН ЗАЙМАЄ ВОСЬМЕ МІСЦЕ В ПЕРІОДИЧНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕМЕНТІВ?**

**ЩО РОБИТЬ ОКСИГЕН УНІКАЛЬНИМ СЕРЕД УСІХ ІНШИХ ЕЛЕМЕНТІВ?**

**КОЛИ МИ ВДИХАЄМО КИСЕНЬ, ЩО МИ ВИДИХАЄМО? НАЗВІТЬ ЕЛЕМЕНТИ, ЯКІ ЙОГО УТВОРЮЮТЬ.**



## Додаток Г

## Проміжні та підсумкові результати оцінювання ліцеїстів 41 груп

## з теми «ГІДРОГЕН. ВОДЕНЬ»

№ з/п	Прізвище, ім'я	ПР	СР	Т	С	Р	
<b>Підгрупа Б</b>							
1	Аннюк Ольга	8		9	9	9	
2	Бренчанінова Валерія			9	9	9	
3	Бригиневич Роман				11	11	
4	Василюк Ангеліна	8	9	9	10	10	
5	Горбей Максим		8	8	8	8	
6	Гордієнко Кіра		9	9	9	9	
7	Карпів Олександр		7	8	8	8	
8	Ковальська Соломія		9	9	10	10	
9	Козоріз Юра	10	9	10	11	11	
10	Костіцька Анна		9	9	10	10	
11	Мазур Марія	10	9	10	10	10	
12	Мельничук Зоряна			10	9	9	
13	Найдич Діана				10	10	
14	Пюрик Данило	8		9	10	10	
<b>Підгрупа А</b>							
15	Боднар Уляна	9		9	9	10	
16	Воєвода Максим		8	10	9	10	
17	Гавор Назар	10	8	10	11	11	
18	Гродюк Валентин	9	9	9	9	9	
19	Данилів Юлія	10	8	10	10	10	
20	Камінська Анастасія		10	10	10	10	
21	Колесниченко Арсеній			11	11	11	
22	Комар Роман			9	9	9	
23	Маланчин Володимир	10	7	9	9	9	
24	Мацьків Арсен	10	9	10	10	10	
25	Моруга Ігор	10	8	10	10	10	
26	Ремська Анна	10	9	10	10	10	
27	Скорохода Олександр	10	8	10	10	10	
28	Шакірова Поліна		9	9	10	10	
29	Шулятицька Юліана		10	10	11	11	
30	Іванійчук Анна						
31	Шкварла Лук'ян						

## Додаток Д

Таблиця 1

Порівняльний математичний аналіз результатів діагностики знань учнів 41 групи

Функція	$\alpha$	ПР	СР	Т	С	Р
<b>Підгрупа А</b>						
N		9	12	15	15	15
$\bar{X}$		9,777778	8,583333	9,733333	9,866667	10
$S^2$		0,194444	0,810606	0,352381	0,552381	0,428571
S		0,440959	0,900337	0,593617	0,743223	0,654654
$\gamma, \%$		4,509803	10,48936	6,098803	7,532669	6,546537
$h_1$		9,777778	8,583333	9,733333	9,866667	10
$h_2$		95,77778	74,41667	95,06667	97,86667	100,4
$h_3$		939,7778	651,5833	931,7333	975,8667	1012
$h_4$		9235,778	5760,417	9163,067	9781,867	10240,4
$m_1$		0	0	0	0	0
$m_2$		0,17284	0,743056	0,328889	0,515556	0,4
$m_3$		-0,09602	0,084491	0,015407	0,075259	0
$m_4$		0,083219	1,253328	0,271052	0,518163	0,4
as		-1,33631	0,13191	0,081688	0,203304	0
Sas		0,632456	0,581774	0,540062	0,540062	0,540062
3Sas		1,897367	1,745323	1,620185	1,620185	1,620185
ex		-0,21429	-0,73002	-0,49416	-1,05054	-0,5
Sex		0,918559	0,916547	0,892143	0,892143	0,892143
5Sex		4,592793	4,582735	4,460713	4,460713	4,460713
$\xi_1$ (as)		0,473286	4,410395	6,611312	2,65642	-
$\xi_2$ (3as)		1,419859	13,23118	19,83394	7,969259	-
$\xi_3$ (ex)		4,286607	1,255509	1,805385	0,849227	1,784285
$\xi_4$ (5ex)		21,43304	6,277546	9,026927	4,246134	8,921426
<b><math>(N\omega^2)_p</math></b>		<b>0,4166</b>	<b>0,1219</b>	<b>0,3491</b>	<b>0,1978</b>	<b>0,2982</b>
$\alpha_{\max}$		0,073575	0,428746	0,110169	0,272304	0,149372
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,01	1,785	6,099	2,130	3,759	2,493
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,05	1,108	3,785	1,322	2,333	1,547
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,10	0,834	2,849	0,995	1,756	1,165
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,20	0,579	1,979	0,691	1,219	0,809
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,30	0,442	1,512	0,528	0,932	0,618
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,40	0,352	1,203	0,420	0,742	0,492
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,50	0,284	0,971	0,339	0,599	0,397

<b>Підгрупа Б</b>						
N		5	8	12	14	14
$\bar{\bar{x}}$		8,8	8,625	9,083333	9,571429	9,571429
$S^2$		1,2	0,553571	0,44697	0,879121	0,879121
S		1,095445	0,744024	0,668558	0,937614	0,937614
$\gamma, \%$		12,44824	8,626363	7,360271	9,795972	9,795972
$h_1$		8,8	8,625	9,083333	9,571429	9,571429
$h_2$		78,4	74,875	82,91667	92,42857	92,42857
$h_3$		707,2	653,625	760,5833	900,1429	900,1429
$h_4$		6457,6	5732,875	7009,917	8837	8837
$m_1$		0	0	0	0	0
$m_2$		0,96	0,484375	0,409722	0,816327	0,816327
$m_3$		0,384	-0,52734	-0,01968	-0,15743	-0,15743
$m_4$		1,0752	0,905518	0,406105	1,511037	1,511037
as		0,408248	-1,5643	-0,07502	-0,21345	-0,21345
Sas		0,707107	0,651339	0,581774	0,553066	0,553066
3Sas		2,12132	1,954017	1,745323	1,659199	1,659199
ex		-1,83333	0,859521	-0,58087	-0,7325	-0,7325
Sex		0,75	0,906662	0,916547	0,901388	0,901388
5Sex		3,75	4,533308	4,582735	4,506942	4,506942
$\xi_1$ (as)		1,732051	0,416376	7,754499	2,591036	2,591036
$\xi_2$ (3as)		5,196152	1,249128	23,2635	7,773108	7,773108
$\xi_3$ (ex)		0,409091	1,054845	1,577893	1,230564	1,230564
$\xi_4$ (5ex)		2,045455	5,274223	7,889466	6,152822	6,152822
<b><math>(N\omega^2)_p</math></b>		<b>0,2600</b>	<b>0,3069</b>	<b>0,2256</b>	<b>0,1346</b>	<b>0,1346</b>
$\alpha_{max}$		0,187712	0,141798	0,230592	0,397386	0,397386
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,01	2,860	2,423	3,296	5,524	5,524
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,05	1,775	1,503	2,045	3,428	3,428
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,10	1,336	1,132	1,539	2,580	2,580
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,20	0,928	0,786	1,069	1,792	1,792
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,30	0,709	0,601	0,817	1,369	1,369
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,40	0,564	0,478	0,650	1,090	1,090
$\xi_1 (\omega^2)_\alpha$	0,50	0,455	0,386	0,525	0,880	0,880

## Додаток Е

## РОЗРАХУНКОВІ ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРЕЛЯЦІЇ

Таблиця

	Тематична	II семестр	Річна
<b>Підгрупа А</b>			
Тематична	х	0,72315	0,73521
II семестр	0,72315	х	0,88083
Річна	0,73521	0,88083	х
<b>Підгрупа Б</b>			
Тематична	х	0,26816	0,26816
II семестр	0,26816	х	1
Річна	0,26816	1	х

Перевірка значущості коефіцієнта кореляції (табл. 3.2) показала такі результати:

1)  $\alpha=0,05$ . Для підгрупи А у всіх випадках справджується нерівність  $|r_p| > r_{0,05} = r_{кр} \{q=1-\alpha/2=0,975; f=N-2\}$ , то  $H_0 (\rho=0)$  відкидаємо з ймовірністю 95% стверджуємо, що між оцінками, одержаними учнівством 41 групи за тематичне оцінювання та II семестр і річними оцінками, є **надійний лінійний зв'язок**.

2)  $\alpha=0,01$ . Для підгрупи А у всіх випадках справджується нерівність  $|r_p| > r_{0,01} = r_{кр} \{q=1-\alpha/2=0,975; f=N-2\}$ , то  $H_0 (\rho=0)$  відкидаємо з ймовірністю 99% стверджуємо, що між оцінками, одержаними учнівством 41 групи за тематичне оцінювання та II семестр і річними оцінками, є **надійний лінійний зв'язок**.

Для підгрупи Б між оцінками за тематичне оцінювання та II семестр і річними оцінками справджується нерівність:

$$|r_p| < r_{0,05} = r_{кр} \{q=1-\alpha/2=0,975; f=N-2\} \text{ і}$$

$$|r_p| < r_{0,01} = r_{кр} \{q=1-\alpha/2=0,975; f=N-2\},$$

що вказує на відсутність лінійного зв'язку між результатами. Натомість спостерігається пряма пропорційність ( $|r_p|=1$ ) між семестровими та річними оцінками для цієї підгрупи.