

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Хіміко-біологічний факультет
кафедра хімії та методики її навчання

Кваліфікаційна робота

**ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ У
СТАТИСТИЧНІЙ ОБРОБЦІ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ
ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ**

Спеціальність 014 Середня освіта
Освітня програма «Середня освіта (Хімія)»

Здобувача вищої освіти освітньо-
кваліфікаційного рівня «магістр»
Лихолат Ірини Іванівни

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат біологічних наук, доцент Хоменчук
Володимир Олександрович

РЕЦЕНЗЕНТ:
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри
харчової біотехнології і хімії
Тернопільського національного технічного
університету імені І. Пулюя
Назарко Ірина Степанівна

Тернопіль – 2025

АНОТАЦІЯ

Лихолат І.І. Використання комп'ютерних інструментів у статистичній обробці та візуалізації результатів хімічного експерименту в профільній школі
Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності
014 Середня освіта. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 61 с.

В роботі обґрунтовано необхідність інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій у навчальний процес профільної школи для підвищення якості підготовки учнів до вищої освіти. Метою роботи було теоретичне обґрунтування, розробка та експериментальна перевірка ефективності методики використання комп'ютерних інструментів (зокрема, табличних процесорів) для статистичної обробки та візуалізації результатів хімічного експерименту. Теоретична частина роботи присвячена аналізу сутності хімічного експерименту на профільному рівні, класифікації похибок (випадкова та систематична) та основам застосування статистичних показників (середнє, стандартне відхилення, дисперсія). Детально розглянуто вимоги до ефективної візуалізації даних, включаючи коректне використання точкових діаграм, лінійних графіків та відображення похибок. Практична частина включала розробку комплексу лабораторних робіт та завдань для самостійної роботи. Статистичний аналіз результатів контрольного зрізу підтвердив статистично значуще зростання рівня операційних навичок, глибше розуміння метрологічних понять та підвищення мотивації учнів експериментальної групи. Впровадження розробленої методики є доцільним і сприяє формуванню в учнів профільної школи ключових навичок наукового дослідження, необхідних для подальшої успішної навчальної та професійної діяльності.

Ключові слова: хімічний експеримент, профільна школа, візуалізація, комп'ютерні інструменти

Lykholat I.I. Using computer tools in statistical processing and visualization of chemical experiment results in a specialized school / Master's thesis for the MA degree in the specialty 014 Secondary Education. Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Ternopil, 2025. 61 p.

The work substantiates the need to integrate information and communication technologies into the educational process of a specialized school to improve the quality of students' preparation for higher education. The aim of the work was the theoretical justification, development and experimental verification of the effectiveness of the methodology for using computer tools (in particular, spreadsheets) for statistical processing and visualization of chemical experiment results. The theoretical part of the work is devoted to the analysis of the essence of a chemical experiment at the specialized level, the classification of errors (random and systematic) and the basics of applying statistical indicators (mean, standard deviation, variance). The requirements for effective data visualization are considered in detail, including the correct use of scatter diagrams, line graphs, and error display. The practical part included the development of a set of laboratory works and tasks for independent work. Statistical analysis of the results of the control section confirmed a statistically significant increase in the level of operational skills, a deeper understanding of metrological concepts, and increased motivation of students in the experimental group. The implementation of the developed methodology is appropriate and contributes to the formation of key scientific research skills in students of the specialized school, necessary for further successful educational and professional activities.

Keywords: chemical experiment, specialized school, visualization, computer tools

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	9
1.1. Сутність та значення хімічного експерименту в профільній школі.....	9
1.1.1. Роль експерименту у формуванні наукового мислення та дослідницьких компетентностей.....	9
1.1.2. Особливості хімічного експерименту в умовах профільної школи (порівняно з базовою).....	11
1.2. Теоретичні основи статистичної обробки результатів експерименту	13
1.2.1. Основні статистичні показники.....	13
1.2.2. Поняття похибки. Класифікація похибок хімічного експерименту	15
1.2.3. Основи перевірки статистичних гіпотез.....	17
1.3. Принципи та методи візуалізації хімічних даних.....	20
1.3.1. Види графіків та діаграм, їхнє застосування для хімічних даних	20
1.3.2. Вимоги до ефективної візуалізації даних в хімії.....	24
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ.....	26
2.1 Класифікація комп'ютерних інструментів за їх функціональним призначенням.....	26
2.2. Аналіз методичної доцільності використання комп'ютерних інструментів у профільній школі.....	29

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ	
МЕТОДИКИ.....	31
3.1. Організація та проведення педагогічного експерименту	31
3.2. Зміст та хід формувального етапу експерименту	33
3.2.1. Впровадження розробленої методики	33
3.2.2. Приклади завдань для самостійної роботи учнів.	40
3.3. Аналіз та інтерпретація результатів педагогічного експерименту	43
ВИСНОВКИ.....	47
ДОДАТКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	48

ВСТУП

Інтеграція комп'ютерних технологій у викладання хімії, особливо в умовах профільної школи, є не просто трендом, а методичною необхідністю. Вона має вирішальне значення для підвищення якості навчання, підготовки учнів до вищої освіти та формування ключових навичок наукового дослідження [1, 3].

Поняття «шкільний хімічний експеримент» можна розглядати як дидактичну систему, основною метою якої є набуття учнями практичного 2 досвіду, засвоєння нових вмінь та навичок, формування діяльнісного підходу до засвоєння й закріплення знань [15, 27].

Навчальний експеримент з хімії – це не тільки метод пізнання, а й одночасно метод навчання, розвитку і виховання учнів, який застосовується для досягнення різної мети: повторення пройденого матеріалу, формування нових понять з хімії, прищеплення і закріплення знань і вмінь, перевірки їх засвоєння учнями. Крім того, навчальний експеримент організують для розвитку логічного і діалектичного мислення учнів, їх інтересу, виховання ініціативи, творчої самостійності, акуратності, навичок роботи в колективі тощо [15, 16].

У профільній школі хімічний експеримент переходить на кількісний рівень, генеруючи великі масиви даних, тому традиційні ручні обчислення стають менш ефективними [6].

Навички роботи з електронними таблицями, спеціалізованим статистичним ПЗ та графічними редакторами є базовими для будь-якого природничого, медичного чи інженерного профілю. Це забезпечує міжпредметні зв'язки з інформатикою та математикою. Учні можуть використовувати комп'ютер для моделювання процесів, які неможливо провести у шкільній лабораторії (наприклад, розрахунок термодинамічних параметрів або квантово-хімічне моделювання), що розширює їхній дослідницький горизонт [20, 38].

Комп'ютерні інструменти дозволяють створювати високоякісні графіки, діаграми та звіти, що відповідають науковим стандартам. Використання сучасних технологій, інтерактивних симуляторів та цифрових лабораторій робить навчальний процес більш захоплюючим та релевантним для покоління,

орієнтованого на цифрові технології. Універсальні інструменти, як-от Google Sheets або MS Excel, є доступними та широко поширеними, що дозволяє учням продовжувати роботу з даними самостійно поза межами класної кімнати [32, 35].

Таким чином, інтеграція комп'ютерних технологій є критичною для перетворення хімічного експерименту з простої ілюстрації на повноцінний дослідницький інструмент у профільній школі.

Мета роботи. Визначення, розробка та експериментальна перевірка методики використання комп'ютерних інструментів для статистичної обробки та візуалізації даних хімічного експерименту.

Завдання роботи:

- проаналізувати психолого-педагогічну та науково-методичну літературу з теми;
- охарактеризувати основні етапи статистичної обробки та візуалізації даних у хімічному експерименті;
- систематизувати перелік доступних комп'ютерних інструментів (програмне забезпечення, онлайн-сервіси);
- розробити комплекс практичних завдань для профільної школи;
- експериментально перевірити ефективність розробленої методики.

Об'єкт дослідження. Процес навчання хімії в профільній школі.

Предмет дослідження. Методика використання комп'ютерних інструментів у статистичній обробці та візуалізації результатів хімічного експерименту.

Методи дослідження. Теоретичні (аналіз, синтез, систематизація), емпіричні (педагогічний експеримент, спостереження, анкетування).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше розроблено та теоретично обґрунтовано новий методичний підхід до організації хімічного експерименту, що інтегрує сучасні цифрові інструменти для підвищення якості кількісного аналізу та формування дослідницьких компетентностей учнів профільної школи. Здійснено систематизацію та адаптацію функціональних можливостей універсальних табличних процесорів (MS Excel) для вирішення

комплексних метрологічних завдань, що виходять за рамки базової шкільної програми. Розроблено та апробовано систему критеріїв оцінювання (когнітивний, операційний, мотиваційний), які інтегрують оцінку як хімічних знань, так і навичок роботи з даними. Розроблено авторський комплекс практичних та самостійних завдань, які вимагають обов'язкового застосування комп'ютерних інструментів для моделювання та аналізу.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дипломної роботи допоможуть у створенні конкретних, готових до впровадження матеріалів, які підвищують якість викладання хімії та забезпечують кращу підготовку учнів профільної школи до реальної наукової та професійної діяльності. Розроблена та апробована методика використання комп'ютерних інструментів може бути впроваджена у навчальний процес профільних класів (хіміко-біологічний, фізико-математичний напрямки) загальноосвітніх шкіл та ліцеїв. Результати роботи, включаючи чіткі інструкції щодо використання функцій табличних процесорів для статистичної обробки, можуть бути використані для проведення семінарів та тренінгів для вчителів хімії та природничих дисциплін.

Структура дипломної роботи. Дипломна робота викладена на 62 сторінках і складається з вступу, огляду літератури, опису матеріалів та методів дослідження, обговорення власних результатів досліджень, висновків, списку використаних літературних джерел (всього 51 найменувань, з них 38 кирилицею та 13 латиницею). Робота проілюстрована 9 рисунками та 2 таблицями.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідались на звітній студентській науковій конференції на кафедрі хімії та методики її навчання.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

1.1. Сутність та значення хімічного експерименту в профільній школі

Хімічний експеримент – це цілеспрямована, контрольована та відтворювана діяльність, що включає:

- навчальну демонстрацію - проведення дослідів викладачем для ілюстрації теоретичних положень (наприклад, демонстрація якісних реакцій чи закону збереження маси).
- лабораторну роботу - самостійна діяльність учнів із застосуванням хімічного посуду та реактивів для отримання конкретного результату (наприклад, синтез солі, визначення рН).
- практичну роботу: комплексна діяльність, спрямована на вирішення практичної задачі, часто включає кількісний аналіз і обробку даних (наприклад, титрування для визначення концентрації).
- дослідницький проєкт - проведення учнем власного міні-дослідження, що вимагає планування, збору масиву даних, статистичної обробки та формулювання висновків.

Ключова відмінність у профільній школі полягає у переході від ілюстративно-демонстраційного рівня (базова школа) до дослідницько-аналітичного рівня [33, 34].

1.1.1. Роль експерименту у формуванні наукового мислення та дослідницьких компетентностей.

Значення експерименту в профільних класах виходить за рамки простого підтвердження фактів і охоплює кілька ключових сфер таких як:

1. Формування наукового мислення та компетентностей

2. Професійна орієнтація та підготовка до закладу вищої освіти (ЗВО)

3. Підвищення мотивації та інтересу

Формування наукового мислення та компетентностей включає навчання плануванню, коли учні вчаться самостійно визначати послідовність дій, обирати необхідні реактиви та обладнання. Також дана сфера розвиває аналітичні навички, що дозволяє учням фіксувати, систематизувати та аналізувати великі обсяги експериментальних даних (температура, час, об'єм, маса).

Учні навчаються критично мислити та оцінювати. Вони усвідомлюють поняття похибки вимірювання та вміння критично оцінювати власні результати, що дозволяє сформувати об'єктивне наукове мислення. Ця сфера формує у дітей вміння працювати з обладнанням. В результаті виконання хімічного експерименту учні освоюють складніші прилади (рН-метри, фотоколориметри, спектрофотометри), які використовуються у професійних хімічних лабораторіях.

Виконання хімічного експерименту дозволяє дітям краще підготуватися до вступу у ЗВО на природничі спеціальності. У ході виконання експерименту діти не лише завчають формули, а й відчують та усвідомлюють термодинамічні та кінетичні закономірності хімічних процесів. Після вступу до ЗВО навички, отримані в профільній школі (наприклад, у титруванні або зважуванні), є безпосередньою базою для лабораторних практикумів в університетах (хімія, медицина, біологія, фармація тощо). Також хімічний експеримент дозволяє інтегрувати знання із математики (статистика, графіки), фізики (принцип роботи приладів) та інформатики (обробка даних) [27].

Ключову роль хімічний експеримент відіграє у підвищенні мотивації та інтересу до знань з хімії. Самостійне отримання результату, особливо несподіваного, викликає сильніші емоції та стійкий інтерес до предмета. Успішне проведення складного аналізу та коректна обробка даних підвищують самооцінку та мотивацію до подальшого навчання в галузі природничих наук.

Таким чином, у профільній школі хімічний експеримент перетворюється з ілюстративного методу на основний засіб формування дослідницької компетентності та професійної підготовки.

Згідно роботи [34] проведення хімічного експерименту має три основні дидактичні функції у навчальному процесі:

- гносеологічна (пізнавальна): забезпечує процес активного засвоєння теоретичних основ хімії, дозволяє знаходити розв'язання прикладних проблем і демонструє соціальне значення хімічної науки.
- формувальна (виховна): спрямована на становлення наукового світогляду, зміцнення таких рис, як самостійність та впевненість, а також на виховання усвідомленої потреби в праці.
- креативна (розвиваюча): стимулює набуття, поглиблення та закріплення ключових загальнонаукових та практичних навичок і вмінь.

Сутність хімічного експерименту в профільній школі полягає у практичній перевірці теоретичних знань, формуванні дослідницьких компетентностей та забезпеченні глибокого розуміння хімічних процесів, що є критично важливим для подальшого навчання у вищій школі чи майбутньої професійної діяльності [27].

1.1.2. Особливості хімічного експерименту в умовах профільної школи (порівняно з базовою).

Основна відмінність хімічного експерименту в профільній школі від базової полягає у його переході від ілюстративно-демонстраційного до дослідницько-аналітичного рівня. Експеримент набуває більшої глибини, складності та практичної значущості (табл. 1)

Таблиця 1.1

Мета та спрямованість хімічного експерименту в школі

Критерій	Базова школа (7-9 класи)	Профільна школа (10-11 класи)
Мета	Ілюстративна. Підтвердження вивчених фактів, формування початкових уявлень про речовини та реакції.	Дослідницька/Аналітична. Перевірка гіпотез, кількісний аналіз, визначення закономірностей (кінетика, рівновага).
Спрямованість	Засвоєння якісних ознак (колір, осад, газ).	Засвоєння кількісних характеристик (концентрація, швидкість, рН, похибка).

У базовій школі переважають прості демонстрації, тоді як у профільній можуть бути реалізовані кількісні методи (титрування, гравіметрія, фотометрія) з необхідністю точних вимірювань та розрахунків [10].

У профільній школі можуть вивчатися та проводитися більш складні хімічні процеси, які вимагають контролю умов (температура, час, рН), наприклад, кінетичні дослідження, синтез складних сполук. При цьому учень не просто отримує результат, а й вчиться його статистично обробляти: розраховувати стандартне відхилення, довірчий інтервал та використовувати лінійну регресію для побудови калібрувальних графіків [5].

Учні профільних класів навчаються використовувати прилади, такі як рН-метри, кондуктометри, фотоколориметри, цифрові датчики та сенсори. Дані, отримані з приладів, опрацьовуються за допомогою комп'ютерних інструментів (Excel, Google Sheets), а не лише вручну. Це дозволяє будувати складні графіки (наприклад, криві титрування) та проводити регресійний аналіз.

На профільному рівні може включатися використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання хімічних процесів, які неможливо відтворити в умовах шкільної лабораторії (наприклад, молекулярний дизайн чи складні термодинамічні розрахунки).

Учні профільної школи частіше залучаються до самостійного планування дослідження, а не лише до виконання готових інструкцій учителя. Вони

обирають концентрації, об'єми та методи обробки. Що надзвичайно важливо, лабораторні роботи у профільній школі часто трансформуються у міні-проекти або довготривалі науково-дослідні роботи, які вимагають глибокого аналізу та презентації результатів [4].

1.2. Теоретичні основи статистичної обробки результатів експерименту

1.2.1. Основні статистичні показники

Основні статистичні показники (міри центральної тенденції та міри розсіювання) використовуються для опису та узагальнення набору даних, отриманих, зокрема, у ході хімічного експерименту.

Міри Центральної Тенденції (Measures of Central Tendency) наведено у табл. 1.2. Ці показники вказують на типове або центральне значення у вибірці.

Таблиця 1.2

Міри центральної тенденції

Показник	Визначення	Призначення у хімії
Середнє арифметичне	Сума всіх значень вибірки, поділена на їхню кількість	Найбільш поширений показник. Використовується як остаточний результат кількісного визначення, отриманий з кількох паралельних дослідів.
Медіана	Значення, яке ділить впорядкований ряд даних навпіл. 50 % значень вибірки лежать вище медіани, а 50 % — нижче.	Показник корисний, коли у вибірці є значні викиди (грубі похибки), оскільки медіана менш чутлива до них, ніж середнє арифметичне.
Мода	Значення, яке найчастіше зустрічається у вибірці.	Використовується рідко в точних кількісних вимірюваннях, але

Показник	Визначення	Призначення у хімії
		може бути корисна для категоріальних або дискретних даних.

Показники варіації (Measures of Dispersion) характеризують, наскільки широко розкидані або варіативні дані навколо центрального значення. У хімії вони є ключовими для оцінки точності та відтворюваності експерименту табл. 1.3. [48].

Таблиця 1.3

Міри центральної тенденції

Показник	Визначення	Призначення у хімії
Дисперсія	Середнє арифметичне квадратів відхилень окремих значень від середнього арифметичного.	Характеризує ступінь розсіювання даних. Використовується для теоретичних розрахунків, але її розмірність є квадратом одиниці виміру, тому вона менш інтуїтивна.
Стандартне відхилення	Квадратний корінь із дисперсії.	Найважливіший показник точності експерименту. Його розмірність збігається з розмірністю вимірюваної величини. Чим менше, тим краща відтворюваність (прецизійність) методу.

Порівнюючи стандартні відхилення, отримані різними методами аналізу, можна визначити, який метод є більш точним і надійним. Порівняння середнього арифметичного та медіани допомагає зрозуміти, чи не спотворюють результат

поодинокі екстремальні вимірювання. Якщо вони сильно відрізняються, це може вказувати на наявність грубої похибки [49].

1.2.2. Поняття похибки. Класифікація похибок хімічного експерименту

Сутність похибки (або невизначеності вимірювання) полягає в тому, що результат будь-якого хімічного експерименту чи аналізу ніколи не є абсолютно точним і завжди відрізняється від справжнього (істинного) значення вимірюваної величини.

Похибка вимірювання (Δx) – це різниця між отриманим (експериментальним) значенням x_i та істинним значенням $X_{іст}$:

$$\Delta x = x_i - X_{іст}$$

У хімічному аналізі, мета якого полягає у визначенні кількості або концентрації речовини, похибка є критичним показником якості та достовірності результатів. Розрізняють два основні типи похибок за їхньою природою та впливом на результат - випадкові та систематичні.

Систематичні Похибки (Systematic Errors) Це похибки, які постійно впливають на результат у одному напрямку (завжди завищують або завжди занижують значення). Вони виникають через недосконалість методу, обладнання, неправильні умови або неякісні реактиви. Їх природа детермінована і вони мають конкретну причину, яку можна виявити та усунути (табл. 1.4) [49].

Таблиця 1.4

Характеристика систематичних похибок

Характеристика	Опис	Приклад у хімії
Природа	Детермінована. Мають конкретну причину, яку можна виявити та усунути.	Неправильно градуйований бюрет або піпетка, що постійно

		відмірює на 0.05 мл менше.
Вплив	Систематичне зміщення середнього результату (\bar{x}) від істинного значення ($x_{\text{іст}}$).	Завжди завищений (або занижений) результат титрування.
Виявлення	Порівняння результатів з результатами, отриманими іншим, незалежним методом, або використання стандартних зразків з відомою концентрацією.	
Усунення	Калібрування обладнання, виправлення методики, застосування поправочних коефіцієнтів.	

На відміну від систематичних, випадкові похибки (Random Errors) виникають через велику кількість неконтрольованих чинників і впливають на результат непередбачувано -однакова кількість похибок зі знаком + чи – (табл. 1.4).

Таблиця 1.5

Характеристика випадкових похибок

Характеристика	Опис	Приклад у хімічному експериментві
Природа	Стохастична (випадкова). Неможливо визначити конкретну причину кожного окремого відхилення.	Флуктуації напруги в мережі, помилки зчитування шкали лаборантом (особиста похибка), нерівномірність змішування розчину.
Вплив	Збільшення розкиду (дисперсії) результатів	Якщо повторити вимірювання багато разів, результати

	навколо середнього значення.	розподіляться за нормальним законом (Гауса).
--	------------------------------	--

Також виділяють абсолютну та відносну похибки. Абсолютна похибка (Δx) виражається в одиницях вимірюваної величини (наприклад, $\pm 0,05$ г або $\pm 0,001$ моль/л).

Відносна похибка (δ) виражається у відсотках або частках одиниці і показує значення похибки від загальної величини.

$$\delta = \bar{x} / \Delta x \cdot 100\%$$

Це кращий показник точності аналізу.

1.2.3. Основи перевірки статистичних гіпотез

Перевірка статистичних гіпотез — це формальний процес, який використовується для прийняття рішення про вплив певного чинника (методики навчання у нашому випадку) на генеральну сукупність на основі вибірових даних. Гіпотези позначають літерою Н (Hypothesis — припущення) [47].

При порівнянні статистичних характеристик дослідники формують гіпотези — спеціальні припущення. Ці гіпотези можуть стосуватися різних аспектів, наприклад, форми розподілу даних, того, чи походять порівнювані вибірові дані з однієї генеральної сукупності, або рівності середнього значення певному, заздалегідь визначеному числу.

Головне припущення, яке висувається для перевірки, називають нульовою гіпотезою H_0 . Часто її формують у найпростіший спосіб: відмінності між порівнюваними характеристиками відсутні, а ті розбіжності, які ми спостерігаємо, є випадковими.

Припущення, протилежне нульовій гіпотезі, називається альтернативною гіпотезою H_a . Вона стверджує, що відмінності між характеристиками не є випадковими і є статистично значущими. Варто зазначити, що може існувати кілька варіантів альтернативних гіпотез [25].

Рішення про відхилення чи визнання статистичної гіпотези проводять на основі дослідних даних, які супроводжуються випадковими помилками. Тому не виключена можливість помилки також при прийнятті рішення, причому можливі два варіанти помилкових рішень:

1. H_0 може бути відхилена, у дійсності вона вірна — це помилка першого роду;
2. H_0 може бути визнана, у дійсності вона невірна — це помилка другого роду.

Отже, два варіанти помилкових рішень виникають відповідно до висунутої нуль-гіпотези, як вірної, так і невірної. Не відхилена гіпотеза (вірна чи невірна) визнається, і таким чином можливі чотири наслідки при прийнятті рішення (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Наслідки прийнятих рішень

Прикладами формулювання H_0 та H_a є:

1. H_0 : Розподіл даної вибірки є нормальним. H_a : Розподіл даної вибірки відрізняється від нормального.
2. H_0 : Середня ефективність даної методики дорівнює нулю. H_a : Середня ефективність даної методики відрізняється від нуля (це строге формулювання альтернативної гіпотези, зазвичай її розуміють як твердження про ефективність методики).
3. H_0 : Зв'язок між ознаками вибірки відсутній. H_a : Існує зв'язок між ознаками вибірки.

t-Критерій Стьюдента є одним з найпоширеніших інструментів для порівняння середніх значень двох невеликих за об'ємом вибірок ($n < 30$).

t-Критерій використовується для перевірки гіпотез, коли:

1. Потрібно порівняти середні двох незалежних або залежних груп.
2. Сукупність має нормальний розподіл.
3. Розмір вибірок невеликий (хоча він ефективний і для великих вибірок).

Для педагогічних експериментів з незалежними вибірок з рівними дисперсіями, коли порівнюються контрольна (КГ) та експериментальна (ЕГ) групи коефіцієнт Стьюдента розраховується за формулою:

$$t_{\text{експ}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Де: \bar{x}_1 та \bar{x}_2 , — середні значення результатів груп.

n_1 та n_2 — розмір вибірок (кількість учнів).

S_p — об'єднане стандартне відхилення.

При цьому використовуємо такий алгоритм:

1. Визначаємо, що хочемо довести (наприклад, H_1 , коли вибірки значимо відрізняються: $ЕГ > КГ$).
2. Вибираємо рівень значущості (α) - ймовірність помилково відхилити H_0 . У педагогіці зазвичай використовують $\alpha=0.05$ (95% надійності) або $\alpha=0.01$ (99% надійності).
3. Обчислюємо значення t за формулою, використовуючи експериментальні дані.
4. Знаходимо табличне критичне значення $t_{\text{крит}}$ за таблицею розподілу Стьюдента, використовуючи обраний α та ступені свободи ($\nu=n_1 + n_2 - 2$).
5. Якщо $t_{\text{емп}} > t_{\text{крит}}$ — відхиляємо H_0 . Це означає, що різниця є статистично значущою, і наша методика ефективна. Якщо $t_{\text{емп}} \leq t_{\text{крит}}$ — приймаємо H_0 . Це означає, що різниця є випадковою і не підтверджує ефективність педексперименту.

6. Якщо ми очікуємо, що результат ЕГ буде кращим за КГ ($H_1: \mu_1 > \mu_2$), використовуємо односторонній критерій, що збільшує шанси довести ефективність методики. Якщо ми просто перевіряємо, чи є різниця, незалежно від напрямку змін ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$), використовується двосторонній критерій.

Більшість сучасних програм (Excel, SPSS) видають не тільки $t_{\text{емп}}$, але й Р-значення. Якщо $p \leq \alpha$ (наприклад, $p \leq 0,05$), це рівнозначно тому, що $t_{\text{емп}} > t_{\text{крит}}$, і H_0 відхиляється [24].

1.3. Принципи та методи візуалізації хімічних даних

1.3.1. Види графіків та діаграм, їхнє застосування для хімічних даних (гістограми, лінійні графіки, точкові діаграми, кругові діаграми).

Візуалізація є критично важливою для аналізу хімічних даних, оскільки вона дозволяє швидко виявити закономірності, тенденції та викиди, які можуть бути неочевидними у табличних даних. Вибір типу графіку залежить від природи даних, що ми аналізуємо. При цьому найчастіше використовують лінійні графіки (Line Graphs), точкові діаграми (Scatter Plots), кругові діаграми (Pie Charts), гістограми (Histograms) та Стовпчасті діаграми (Bar Charts),

Лінійні графіки ідеально підходять для відображення змін однієї змінної з часом або безперервних змін однієї змінної залежно від іншої. Їх використовують для візуалізації послідовних вимірювань, що мають функціональну залежність. Наприклад, при вивченні криви титрування: Зміна рН або потенціалу залежно від об'єму титранту, доданого в ході аналізу (рис. 1.2)

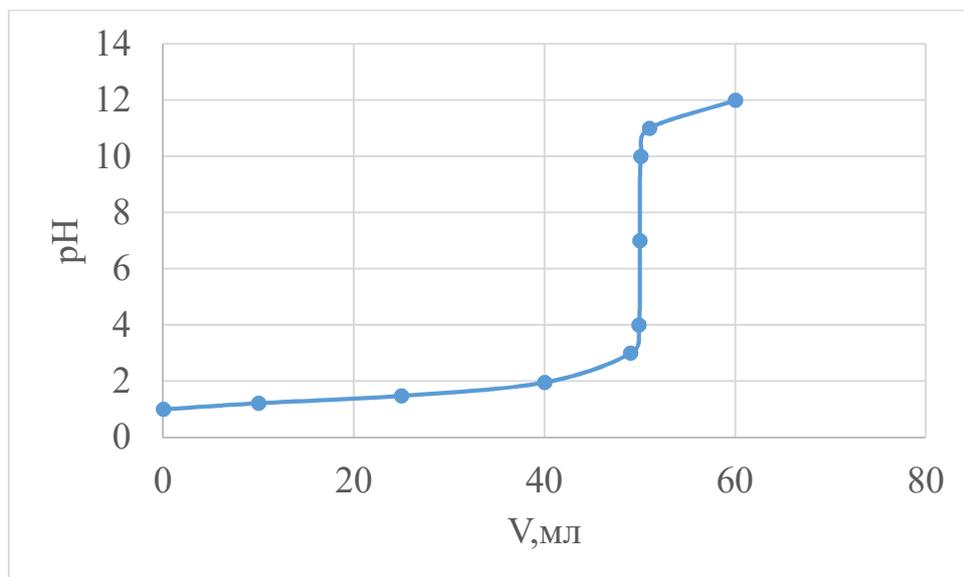


Рис. 1.2. Крива титрування кислоти лугом

Точкові діаграми (діаграми розсіювання) використовуються для відображення взаємозв'язку між двома змінними та є основою для регресійного аналізу. Це найкращі типи діаграм для використання, коли є велика кількість даних. Такі діаграми корисні для виділення закономірностей і подібностей у розподілі даних. У хімії такі рисунки можуть відображати розкид даних при паралельних вимірюваннях, залежність аналітичного сигналу (наприклад, оптичної густини від концентрації стандартних розчинів (рис 1.3))

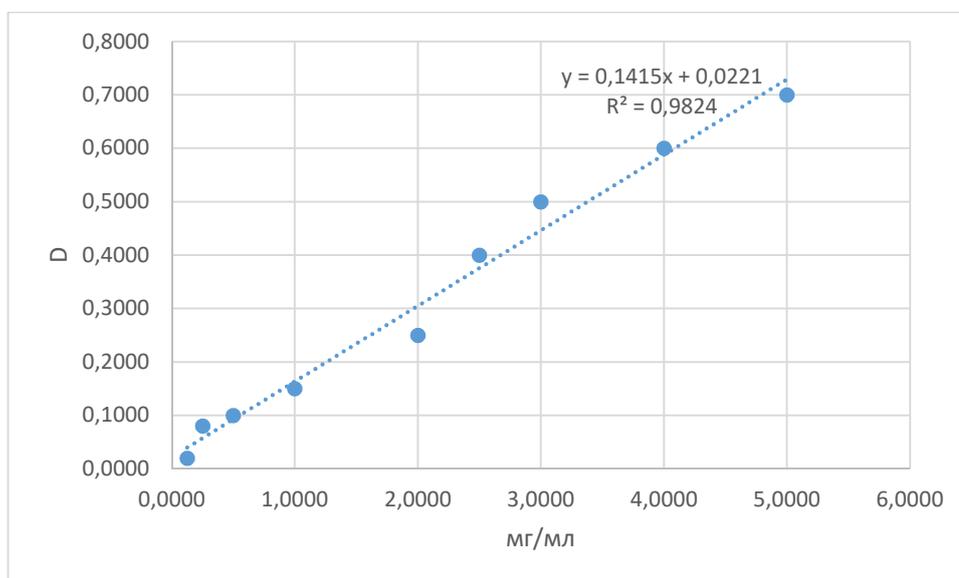


Рис. 1.3. Калібрувальний графік

Кругові діаграми використовуються для відображення частки кожної категорії від цілого (100%). Найчастіше такі діаграми використовуються для відображення масової частки кожного елемента у складній сполуці (рис. 1.4).

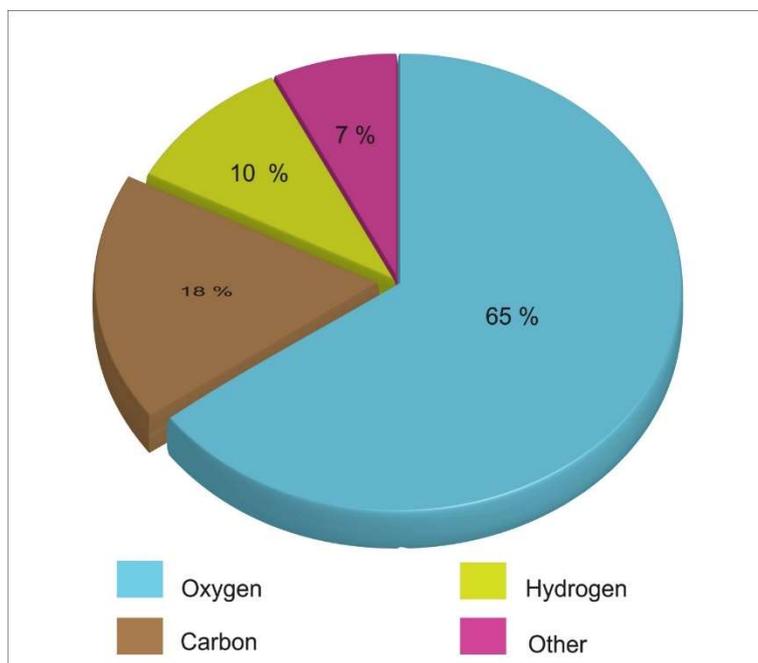


Рис. 1.4. Відображення частки (у відсотках) різних компонентів у загальній пробі

Гістограми та стовпчасті діаграми — це два різні типи графіків. Гістограма показує розподіл неперервних даних, групуючи їх у діапазони (інтервали), причому стовпці стоять впритул один до одного. Вони використовуються для розподілу значень маси, концентрації, температури тощо. Стовпчаста діаграма використовується для порівняння дискретних категорій, де стовпці зазвичай розділені проміжками, а їх висота або довжина відповідає значенню категорії. Такі діаграми як правило використовують для порівняння середніх результатів у контрольній та експериментальній групах (рис 1.5).

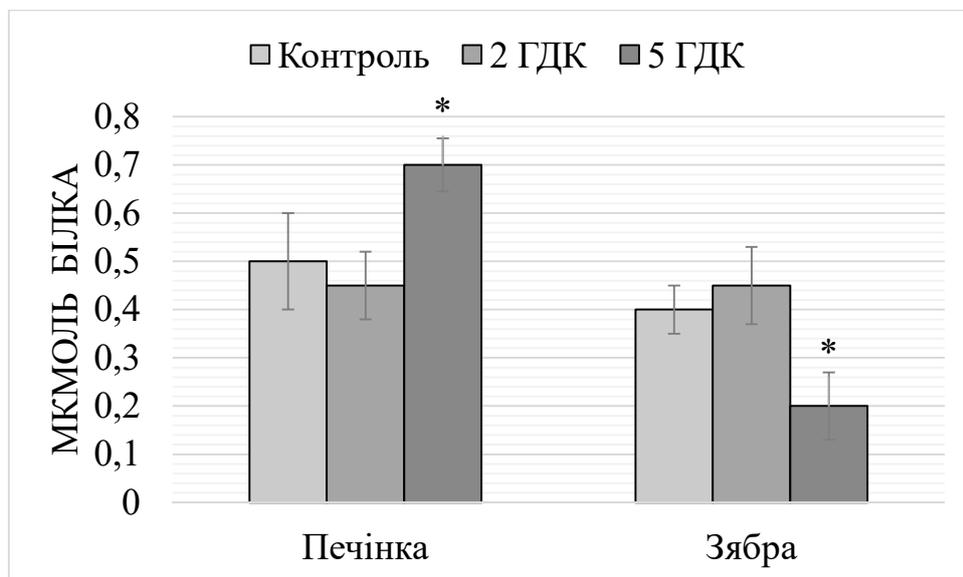


Рис. 1.5. Вміст білка в тканинах за дії іонів кобальту

Отже, залежно від завдання яке стоїть перед науковцем можна використовувати різні типи графіків та діаграм табл. 1.6

Таблиця 1.6

Типи діаграм та їх використання для візуалізації даних

Завдання	Тип діаграми	Приклад
Показати тенденцію або зміну з часом	Лінійний графік	Швидкість розпаду речовини.
Показати зв'язок чи кореляцію між двома змінними	Точкова діаграма	Калібрувальна крива при фотометрії.
Показати розподіл безперервних даних	Гістограма	Розподіл похибок вимірювання.
Показати частку від цілого	Кругова діаграма	Відсоток домішок у зразку.
Порівняти дискретні категорії чи середні значення	Стовпчаста діаграма	Середній рН різних дощових зразків.

Найбільш поширені типи включають кругові, лінійні, гістограми, стовпчасті та точкові діаграми. Вибір конкретного типу залежить від характеру даних, які потрібно представити, та цілей аналізу. Різні типи даних вимагають

різних графіків, щоб ефективно відобразити основні закономірності та тенденції [23].

1.3.2. Вимоги до ефективної візуалізації даних в хімії

Ефективна візуалізація хімічних даних має забезпечувати не лише естетичну привабливість, але й, найголовніше, точність, ясність та інформативність. Вона повинна допомагати досліднику швидко зрозуміти закономірності та зробити правильні висновки [50].

Графічні об'єкти повинні відповідати таким основним критеріям:

- Графік має точно відображати числові співвідношення. Спотворення осей, наприклад, обрізання шкали або нерівномірне масштабування, може призвести до невірної інтерпретації.
- На графіках, що відображають експериментальні дані (наприклад, середні значення), обов'язково повинні бути присутні планки похибок (Error Bars), що відображають стандартне відхилення або довірчий інтервал вимірювань. Це ключова вимога для наукової достовірності.
- Для функціональних залежностей завжди використовують точкові або лінійні графіки, а не стовпчасті, щоб коректно показати безперервний зв'язок між змінними.
- Кожна вісь (X та Y) повинна мати чітку назву та вказані одиниці виміру (наприклад, С, моль/л або Т, К)
- Графік повинен мати лаконічний та інформативний заголовок, що пояснює його зміст (наприклад, "Залежність теплоємності від температури").
- Якщо на одному графіку представлено кілька кривих або наборів даних, необхідна легенда для їх розрізнення.
- Колір повинен використовуватися для диференціації даних, а не для прикраси. Слід уникати надмірного використання кольорів.
- Якщо графік відображає лінійну регресію (наприклад, калібрувальний графік), на ньому обов'язково має бути виведене рівняння прямої та

коефіцієнта детермінації (R^2). Ці параметри є критичними для кількісного аналізу.

- На кривих титрування необхідно явно позначити точку еквівалентності або буферну область.
- Шкала осей має бути вибрана так, щоб основна інформація (наприклад, лінійна ділянка або різкий перегин) займала більшу частину площі графіка. Не потрібно відображати великі пусті простори.
- Ефективний графік має бути легким для відтворення та використання у звітах, презентаціях чи публікаціях.
- Слід пам'ятати, що графік може бути роздрукований чорно-білим, тому дані мають бути чітко розрізнені не лише за кольором, а й за формою точок або типом лінії (суцільна, пунктирна, штрих-пунктирна) [46].

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ

2.1. Класифікація комп'ютерних інструментів за їх функціональним призначенням

Комп'ютерні інструменти, що використовуються для статистичної обробки та візуалізації результатів хімічного експерименту в профільній школі, можна класифікувати за їхнім функціональним призначенням на три основні групи:

1. Універсальні офісні інструменти
2. Спеціалізовані статистичні пакети
3. Інструменти для спеціалізованої візуалізації та моделювання [4].

Універсальні офісні інструменти є найбільш поширеними та доступними програмами для роботи з масивами числових даних у шкільній практиці. Прикладом таких додатків можуть бути Microsoft Excel, Google Sheets, LibreOffice Calc. Вони слугують для створення та редагування електронних таблиць, виконання базових математичних операцій, сортування даних та побудови стандартних графіків. Дані інструменти дають можливість розрахувати середнє арифметичне, дисперсію, стандартне відхилення тощо. Універсальні офісні інструменти допомагають побудувати лінію тренду, визначити коефіцієнт кореляції. Такі програми дозволяють побудувати точкові діаграми, лінійні графіки, гістограми та стовпчасті діаграми.

Спеціалізовані статистичні пакети являють собою потужне професійне програмне забезпечення, що використовується для глибокого аналізу та складного статистичного моделювання (**Statistica**, **SPSS**, **R** (з RStudio), **Python** (з бібліотеками NumPy та SciPy)). У профільній школі застосовується не часто або для демонстрації можливостей. Дані інструменти надають широкий спектр статистичних тестів, багатовимірного аналізу та просунутих інструментів для роботи з великими і складними даними. Здебільшого вони використовуються для перевірки статистичних гіпотез, факторного аналізу та моделювання [3].

Інструменти для спеціалізованої візуалізації орієнтовані на створення високоякісних графіків для наукових публікацій або на візуалізацію хімічних структур та процесів. Сюди належать OriginPro, GraphPad Prism, ChemDraw (для структурної графіки), Matplotlib (Python-бібліотека). Вони дають можливість створювати графіки професійної якості. Основний акцент проектується на гнучкість налаштувань графіки, точність відтворення експериментальних хімічних графіків, фітінг кривих [10].

Рекомендований список комп'ютерних інструментів. Вибір інструментів базується на критеріях доступності, функціональності та простоти освоєння для учнів профільної школи.

1. Основні (Універсальні інструменти)

Ці інструменти є найбільш доступними, оскільки вони або безкоштовні, або часто вже встановлені на шкільних комп'ютерах (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Характеристика основних комп'ютерних інструментів

Інструмент	Переваги	Ключові функції для хімії
Microsoft Excel (або аналоги: LibreOffice Calc, Google Sheets)	Найпоширеніший. Потужні функції для розрахунків, формул, умовного форматування та побудови графіків.	Статистика: СРЗНАЧ, СТАНДОТКЛОН.В, ДОВЕРИТ.Т. Регресія: ЛИНЕЙН або функція "Лінія тренду" (Trendline) на графіку для калібрування та кінетики. Візуалізація: Точкові діаграми, гістограми.
Google Sheets (Таблиці Google)	Повна безкоштовність та доступність з будь-якого пристрою через браузер. Ідеально підходить для спільної роботи над даними.	Аналогічні Excel функції: AVERAGE, STDEV.P, SLOPE, INTERCEPT, RSQ. Легке оновлення даних в реальному часі.

2. Додаткові (спеціалізовані чи онлайн)

Ці інструменти можуть бути використані для поглибленого або більш якісного візуального представлення.

Таблиця 2.2

Характеристика спеціалізованих комп'ютерних інструментів

Інструмент	Переваги	Ключові функції для хімії
DataGraph або OriginPro (Demo/Light версія)	Професійна якість графіків. Простіший інтерфейс для візуалізації, ніж у статистичних пакетів.	Якісна візуалізація: Гнучке налаштування осей, кольорів, легенд для створення наукових графіків. Швидкий нелінійний фітинг.
WolframAlpha (Онлайн-сервіс)	Розрахунки на основі символічних та числових даних. Може швидко перевірити складні формули.	Перевірка розрахунків: Швидке обчислення рН, розчинності, молекулярної маси. Побудова складних функцій.
Python з бібліотеками NumPy/Matplotlib	Програмування та автоматизація (для учнів, які цікавляться ІТ). Найкращий інструмент для складної статистики та моделювання.	Статистика/Візуалізація: Побудова кривих похідних (як у Темі 3), моделювання кривих титрування, розширений статистичний аналіз великих масивів даних.
ChemDraw/ChemSketch	Візуалізація хімічних структур, які можуть бути включені у	Створення якісних хімічних формул та рівнянь.

Інструмент	Переваги	Ключові функції для хімії
	фінальний звіт для оформлення.	

2.2. Аналіз методичної доцільності використання комп'ютерних інструментів у профільній школі

Використання комп'ютерних інструментів (особливо Microsoft Excel) у профільній школі є методично доцільним, оскільки воно не лише автоматизує рутинні розрахунки, але й суттєво підвищує якість освітнього процесу, зміщуючи акцент з обчислень на аналіз та інтерпретацію хімічних даних (табл. 2.10) [2, 3].

Таблиця 2.3

Переваги універсальних інструментів

Перевага	Методична сутність	Приклад застосування в хімії
Економія часу та концентрація на аналізі	Програми беруть на себе рутинні, складні розрахунки (наприклад, дисперсія, t-критерій). Це дозволяє приділити більше часу обговоренню хімічної суті процесу.	Замість години ручних розрахунків середнього, стандартного відхилення та довірчого інтервалу для 10 паралельних вимірювань, учень витрачає декілька хвилин на введення формул. Наприклад, учень отримує результат титрування як $0,1015 \pm 0.0008$ моль/л (за довірчим інтервалом), а не просто середнє, усвідомлюючи межі точності свого експерименту.
Візуалізація та наочність	Можливість швидко створювати якісні графіки	Учень на основі введених даних представляє результати

	<p>з усіма елементами (назвами осей, одиницями виміру, легендою). Графік є потужним інструментом для виявлення закономірностей.</p>	<p>експерименту у вигляді графіків та діаграм. Виявляє складні закономірності. Наприклад, при вивченні кінетики учень будує три графіки ($\ln C$ від t, $1/C$ від t, C від t) та за коефіцієнтом кореляції миттєво визначає порядок реакції, не витрачаючи час на ручну лінеаризацію</p>
--	---	--

Застосування цифрових інструментів сприяє підвищенню ефективності навчального процесу, покращує співпрацю між учасниками та забезпечує гнучкість у плануванні й оцінці результатів навчання, що допомагає здобувачам вищої освіти розвивати важливі цифрові навички, які стануть у пригоді в їхній майбутній професійній діяльності. Ці інструменти є зручними у використанні, універсальними та доступними, що робить їх важливими в обробці результатів хімічного експерименту [3].

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ

3.1. Організація та проведення педагогічного експерименту

Для перевірки ефективності методики використання комп'ютерних інструментів у статистичній обробці та візуалізації результатів хімічного експерименту в профільній школі було проведено педагогічний експеримент, що складався низки етапів, які забезпечували наукову достовірність результатів.

Організаційно-підготовчий етап. Експериментальне дослідження проводилося на базі 26 школі для вивчення можливостей засвоєння учнями 11-их класів (А та Б) матеріалу в умовах використання традиційних засобів та інформаційної технології навчання.

Було обрано два паралельні класи однієї профільної спрямованості (хіміко-біологічний профіль) з однаковим початковим рівнем знань з хімії та інформатики. У контрольній групі (КГ) навчання проводиться за традиційною методикою (обробка даних з використанням калькулятора, побудова графіків на міліметровому папері). У експериментальній групі (ЕГ) навчання проводилося за розробленою методикою з активним використанням комп'ютерних інструментів (Excel, для статистики та візуалізації). Особливістю практичного застосування дослідницької діяльності учнів на уроках хімії в профільній школі є послідовне виконання певних методологічно виважених етапів.

Констатувальний зріз. Перед дослідженням було проведено констатувальний зріз для встановлення початкового рівня знань та навичок учнів в обох групах. Для цього оцінювали розуміння статистичних понять (похибка, довірчий інтервал, кореляція тощо), вміння практично застосовувати комп'ютерні інструменти для обробки та візуалізації даних, а також зацікавленість учнів, їхня самостійність у роботі та розуміння практичної значущості обробки даних у хімії. Тобто для оцінювання до уваги було взято когнітивний, операційний та мотиваційний критерії.

Для констатувального зрізу учням обох груп було запропоновано тестові завдання, виконання однакової нескладної лабораторної роботи з ручною обробкою даних.

Формувальний етап. Формувальний етап (безпосереднє впровадження розробленої методики) тривав 6 тижнів та включав цикл лабораторних робіт для формування стійких навичок. Навчальний процес у КГ включав виконання лабораторних робіт з обробка даних за допомогою калькулятора та ручних обчислень.

Навчання у ЕГ передбачало виконання тих самих лабораторних робіт з обов'язковим використанням комп'ютерних інструментів для кожного кроку обробки (розрахунок середнього арифметичного, стандартної похибки, побудова калібрувальних графіків, аналіз кінетики тощо).

Також у ході педагогічного експерименту учням було запропоновано виконання низки завдань для самостійної роботи, де комп'ютерний інструмент є основною частиною розв'язання.

Особливості роботи в ЕГ. Спочатку учні освоювали базові функції (введення даних, знаходження середнього, стандартного відхилення), потім — складніші (лінійна регресія, кореляційний аналіз). У ході реалізації цього етапу головна увага приділяється не техніці введення формул, а інтерпретації отриманих графіків та статистичних показників (наприклад, що означає $R^2 = 0,999$ проти $R^2 = 0,850$).

Контрольно-аналітичний етап. Метою контрольного зрізу було визначити, чи відбулися зміни у рівні знань та навичок учнів ЕГ порівняно з КГ.

Підсумкова контрольна робота включала:

1. Теоретичні питання зі статистики в хімії.
2. Практичне завдання на комп'ютері: обробити новий набір експериментальних даних (наприклад, провести кореляційний аналіз) та зробити висновки.
3. Анкетування учнів (для оцінки мотиваційного критерію).

3.2. Зміст та хід формувального етапу експерименту

3.2.1. Впровадження розробленої методики

Впровадження педагогічного експерименту (навчання учнів застосовувати обрані комп'ютерні інструменти) проводили на конкретних прикладах хімічних завдань: титрування, кінетика, термохімія).

Нами було запропоновано теми лабораторних робіт, які були побудовані таким чином, щоб учні не просто отримували дані, а й вчилися планувати експеримент, збирати масиви даних, застосовувати статистичний аналіз для оцінки точності та візуалізувати отримані результати.

Тема 1. Статистична оцінка результатів гравіметричного аналізу та побудова калібрувальної кривої.

Ключові поняття: середнє арифметичне, стандартне відхилення, довірчий інтервал, лінійна регресія, коефіцієнт кореляції.

Етап експерименту	Хімічна суть	Завдання з комп'ютерного аналізу
Експериментальна частина	Визначення масової частки солі (CaCl_2) у зразку шляхом осадження (гравіметрія). Провести 5-7 паралельних визначень.	1. Статистична обробка: Розрахувати середнє значення результату, стандартне відхилення, відносну похибку та довірчий інтервал для отриманої масової частки.
Збір даних для калібрування	Приготування серії стандартних розчинів (KMnO_4 із відомою концентрацією та вимірювання їхньої оптичної густини на фотоколориметрі.	2. Візуалізація та регресія: Побудувати графік залежності оптичної густини від концентрації (калібрувальний графік). Визначити рівняння прямої (лінійну регресію) та коефіцієнт детермінації (R^2).

Етап експерименту	Хімічна суть	Завдання з комп'ютерного аналізу
Узагальнення	Використати рівняння регресії для визначення концентрації невідомого зразка.	3. Інтерпретація: Оцінити якість калібрування за значенням R^2 .

Тема 2. Аналіз даних кислотно-основного титрування та візуалізація кривих титрування

Ключові поняття. рН-метрія, крива титрування, точка еквівалентності, зона переходу індикатора, перша/друга похідна.

Етап експерименту	Хімічна суть	Завдання з комп'ютерного аналізу
Експериментальна частина	Титрування сильної кислоти лугом із використанням рН-метра. Фіксація значення рН після додавання кожної порції титранту.	1. Візуалізація: Побудувати графік залежності рН від об'єму титранту (крива титрування).
Обробка даних	Розрахувати першу похідну ($\Delta pH/\Delta V$) та другу похідну ($\Delta^2 pH/\Delta V^2$) кривої титрування.	2. Аналітичне визначення: Побудувати графік першої похідної. Максимум на цьому графіку вкаже на точку еквівалентності (ТЕ).
Узагальнення	Порівняти еквівалентний об'єм, отриманий за графіком похідної, з об'ємом, визначеним візуально (за індикатором).	3. Інтерпретація: Обґрунтувати вибір індикатора для цього титрування, виходячи з інтервалу переходу індикатора та рН в ТЕ.

Тема 3: Визначення порядку та константи швидкості реакції методом графічного інтегрування.

Ключові поняття. Порядок реакції, константа швидкості, лінеаризація даних, графічний метод, коефіцієнт детермінації (R^2).

Етап експерименту	Хімічна суть	Завдання з комп'ютерного аналізу
Експериментальна частина	Вивчення швидкості гідролізу естеру або реакції тіосульфату натрію з кислотою. Фіксація концентрації реагенту (або величини, пропорційної концентрації, наприклад, об'єму осажденного газу або оптичної густини) через рівні проміжки часу.	1. Обробка даних: Перетворити дані для перевірки нульового, першого та другого порядку реакції (наприклад, $\ln[C]$ від t , $1/[C]$ від t).
Аналіз та візуалізація	Побудувати три графіки залежності для різних порядків реакції.	2. Моделювання: Визначити, який графік має найбільший коефіцієнт детермінації (R^2). Це і буде порядок реакції.
Висновок	За нахилом найкращої прямої (коефіцієнт k) визначити константу швидкості реакції.	3. Порівняння: Порівняти отриману константу швидкості з літературними даними та оцінити експериментальну похибку.

Для формування вмінь роботи в Excel наводимо алгоритм виконання роботи на конкретному прикладі.

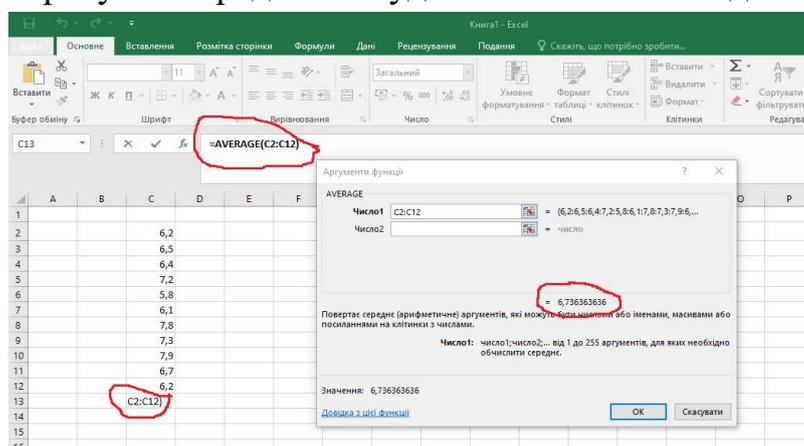
Приклад. В результаті вимірювання концентрації нітрат іонів у воді отримали наступні результати (мг/л): 6,2; 6,5; 6,4; 7,2; 5,8; 6,1; 7,8; 7,3; 7,9; 6,7; 6,2.

Розрахувати для вибірки показники центральної тенденції (середнє значення, медіану, моду) та варіації (розмах, дисперсію, середньоквадратичне відхилення, стандартну помилку, асиметрію). Обчислити довірчий інтервал для середнього ($p=0,95$).

Розраховуємо середнє значення вибірки:

$$\bar{x} = \frac{6,2 + 6,5 + 6,4 + 7,2 + 5,8 + 6,1 + 7,8 + 7,3 + 7,9 + 6,7 + 6,2}{11} = 6,7$$

В MS Excel розрахунок середнього буде мати такий вигляд:

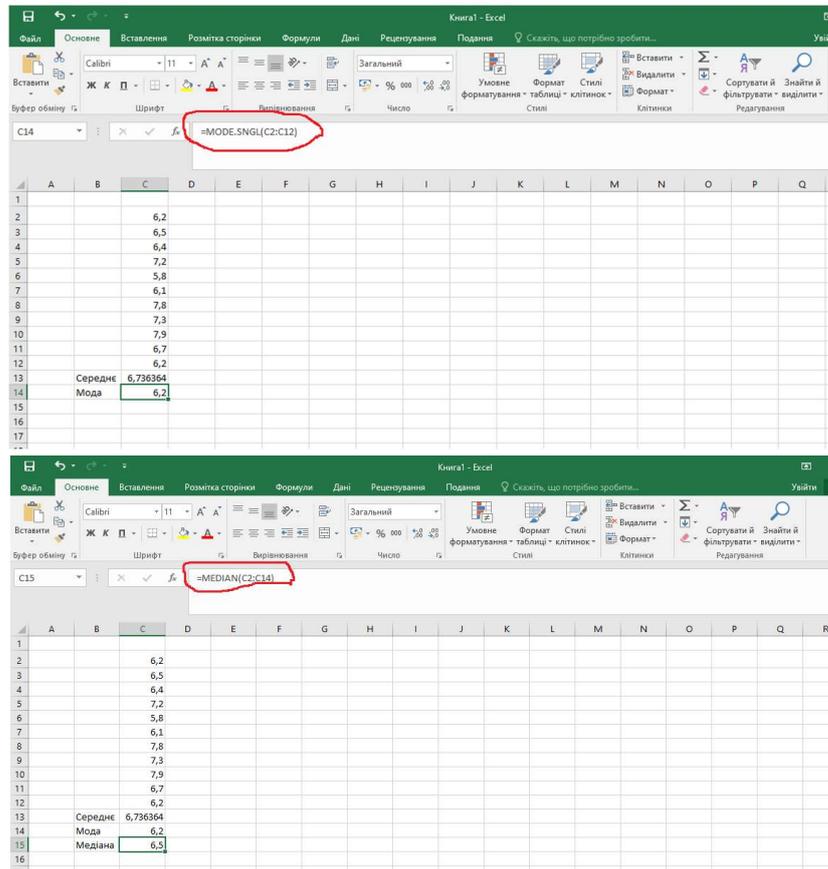


Для розрахунку моди та медіани формуємо варіаційний ряд: 5,8; 6,1; 6,2; 6,2; 6,4; 6,5; 6,7; 7,2; 7,3; 7,8; 7,9.

$$Me = 6,5$$

$$Mo = 6,2$$

В MS Excel для знаходження моди та медіани використовуємо статистичні функції MODE.SNGL та MEDIAN:



Розраховуємо розмах вибірки за формулою 1.5:

$$R = 7,9 - 5,8 = 2,1$$

Обчислюємо дисперсію, середньоквадратичне вибірки та стандартну помилку за формулами 1.7, 1.8, 1.9:

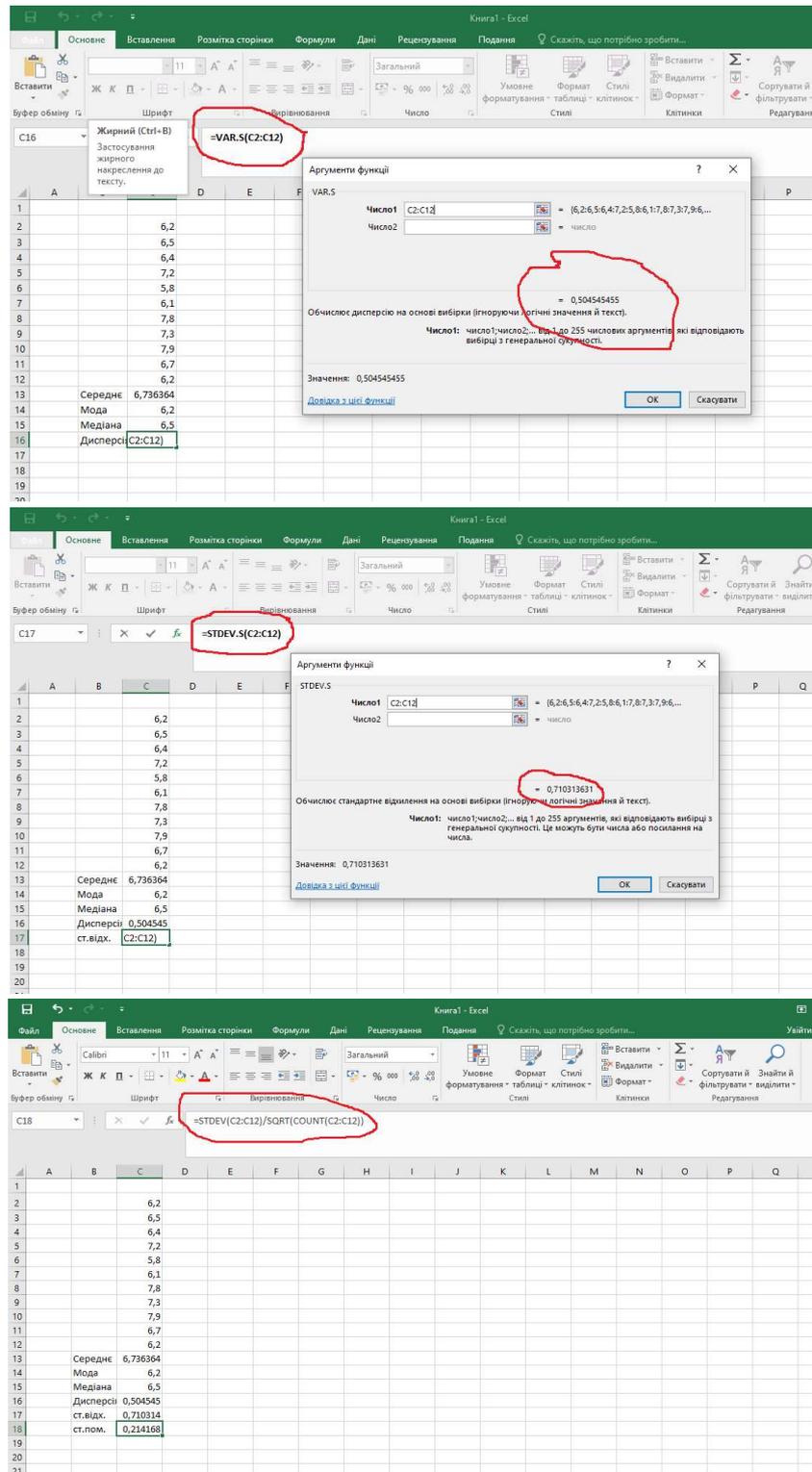
$$= \frac{(6,2 - 6,7)^2 + (6,5 - 6,7)^2 + (6,4 - 6,7)^2 + (7,2 - 6,7)^2 + (5,8 - 6,7)^2 + (6,1 - 6,7)^2 + (7,8 - 6,7)^2 + (7,3 - 6,7)^2 + (7,9 - 6,7)^2 + (6,7 - 6,7)^2 + (6,2 - 6,7)^2}{11 - 1}$$

= 0,5

$$S = \sqrt{0,5} = 0,71$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{0,71}{\sqrt{11}} = 0,21$$

В MS Excel для розрахунку дисперсії та стандартного відхилення використовують статистичні функції VAR.S, STDEV, а для стандартної помилки відношення STDEV/SQRT(COUNT):



Для визначення меж інтервалу середнього значення на основі розподілу Стьюдента знаходимо у додатку 3 значення $t_{0,05,10}$ та використовуємо формулу:

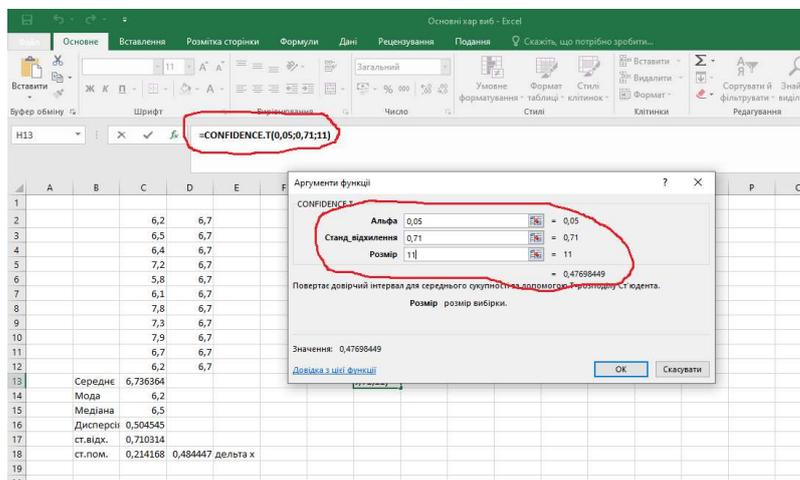
$$\Delta x = \frac{2,262 \cdot 0,71}{\sqrt{10}} = 0,48$$

Отже, інтервал в якому будуть знаходитися 95 відсотків генеральної сукупності даних буде становити:

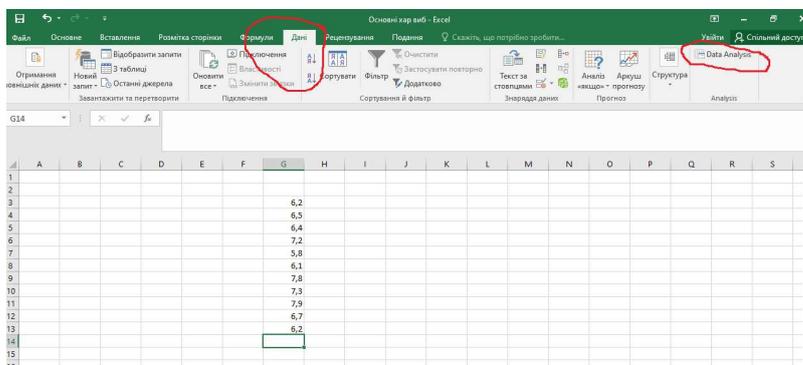
$$6,7 - 0,48 \leq \mu \leq 6,7 + 0,48,$$

або від 6,22 до 7,18 ($\bar{x} \pm \Delta x = 6,7 \pm 0,48$).

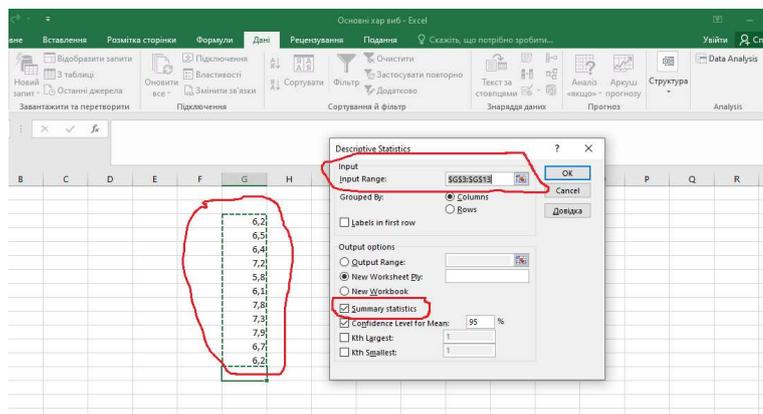
Для розрахунку довірчого інтервалу для середнього значення генеральної сукупності на основі вибірки у MS Excel використовують статистичну функцію CONFIDENCE.T:



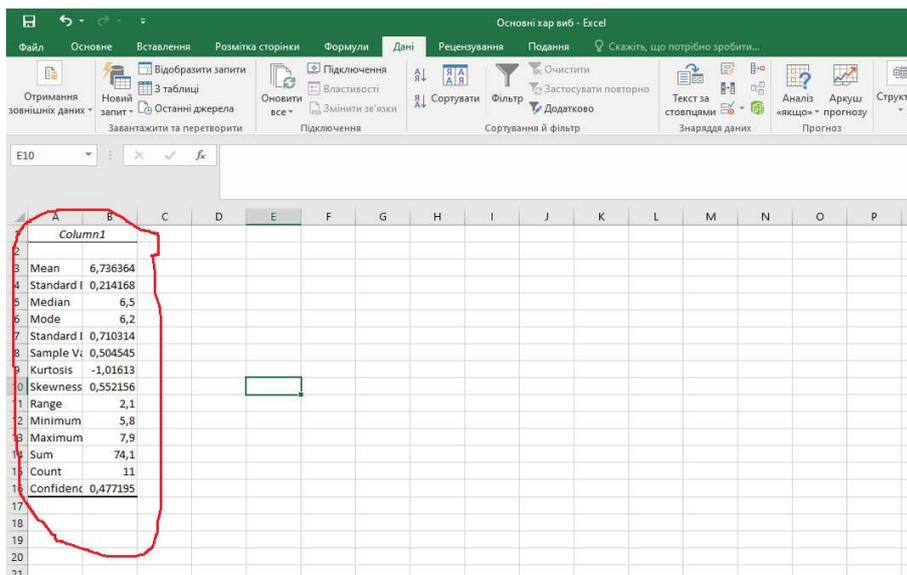
Також для отримання чисельних характеристик вибірки можна використати надбудову «Аналіз даних» (Data Analysis) у MS Excel. Вибірємо Дані→Аналіз даних:



Знаходимо у «Аналіз даних» команду «Описова статистика» (Descriptive Statistics) та вносимо вибірккові дані:



На новому аркуші отримуємо числові характеристики вибірки:



	A	B
3	Mean	6,736364
4	Standard I	0,214168
5	Median	6,5
6	Mode	6,2
7	Standard I	0,710314
8	Sample V	0,504545
9	Kurtosis	-1,01613
10	Skewness	0,552156
11	Range	2,1
12	Minimum	5,8
13	Maximum	7,9
14	Sum	74,1
15	Count	11
16	Confidenc	0,477195

3.2.2. Приклади завдань для самостійної роботи учнів.

Завдання 1. Статистичний аналіз точності вимірювань (Тема 1)

Було виконано 6 паралельних вимірювань маси осаду AgCl при визначенні хлорид-іонів у зразку води. Отримані результати (у грамах): 0.2541; 0.2559; 0.2548; 0.2543; 0.2551; 0.2560.

Введіть дані у таблицю Excel. Розрахуйте за допомогою вбудованих функцій:

1. Середнє арифметичне значення маси осаду.
2. Стандартне відхилення (абсолютну похибку) результату.
3. Відносну похибку вимірювання у відсотках.
4. Визначте довірчий інтервал для середнього значення з надійністю $P = 0.99$. Використовуйте t-критерій Стьюдента, значення якого можна знайти в таблиці або скористатись функцією CONFIDENCE.T.

Завдання 2. Побудова калібрувального графіка (Тема 1)

Для аналізу розчину невідомої концентрації методом спектрофотометрії були отримані такі дані для стандартних розчинів барвника калій дихромату та невідомого зразка:

Концентрація С (моль/л)	Оптична густина А
0.0010	0.115
0.0030	0.340
0.0050	0.575
0.0070	0.800
Невідомий зразок (C _x)	0.460

Завдання:

1. Побудуйте точкову діаграму залежності оптичної густини (D) від концентрації (C).
2. Додайте лінію тренду та виведіть на графік рівняння регресії ($y = ax + b$) та коефіцієнт детермінації (R²).
3. Проаналізуйте значення R². Чи підтверджує воно закон Бугера–Ламберта–Бера?
4. Розрахуйте (використовуючи рівняння, отримане на кроці 2, або функцію ЛИНЕЙН / SLOPE та ІNTERCEPT) концентрацію невідомого зразка (C_x), якщо його оптична густина A_x = 0.460.
5. Візуалізація: На графіку, побудованому на кроці 1, позначте (вставте текстове поле або фігуру) точку, що відповідає невідомому зразку, та знайдіть її проєкцію на вісь концентрацій.

Завдання 3. Обробка даних титрування (Тема 3)

Проведено рН-метричне титрування 20.00 мл розчину HCl розчином NaOH 0.1000 моль/л. Частина отриманих даних:

V _{NaOH} (мл)	pH
0.00	1.00
5.00	1.22
15.00	1.70
19.00	2.45

V_{NaOH} (мл)	pH
19.90	3.45
20.00	7.00
20.10	10.55
21.00	11.55
25.00	12.18

Завдання:

1. Побудуйте криву титрування (графік pH від V_{NaOH}).
2. Створіть додатковий стовпець та розрахуйте значення першої похідної ($\Delta\text{pH}/\Delta V$) між послідовними точками. (Використовуйте формулу: $\text{pH}_i - \text{pH}_{i-1}/(V_i - V_{i-1})$).
3. Побудуйте графік першої похідної від середнього об'єму титранту.
4. Визначте точку еквівалентності ($V_{\text{екв}}$) за максимумом на графіку першої похідної.
5. Розрахуйте концентрацію HCl у вихідному розчині, використовуючи $V_{\text{екв}}$, визначений графічним методом.

Завдання 4. Моделювання кінетики реакції (Тема 2)

У ході вивчення реакції отримано дані про зміну концентрації реагенту А з часом:

Час t (с)	Концентрація [А] (моль/л)
0	0.100
20	0.082
40	0.068
60	0.056
80	0.046
100	0.038

Завдання:

1. Створіть у таблиці додаткові стовпці для лінеаризації даних:
 - $\ln A$ (для перевірки першого порядку).
 - $1/A$ (для перевірки другого порядку).
2. Побудуйте три окремі графіки залежності:
 - A від t .
 - $\ln A$ від t .
 - $1/A$ від t .
3. Визначте коефіцієнти детермінації (R^2) для ліній тренду, доданих до графіків $\ln A$ від t та $1/A$ від t .
4. Визначте порядок реакції, обґрунтувавши свій вибір найбільшим значенням R^2 .
5. Обчисліть константу швидкості реакції k за нахилом найкращої прямої. Вкажіть одиниці виміру k , що відповідають визначеному порядку.

Для оцінювання самостійної роботи використовуємо такі критерії:

1. Технічна правильність (40%): Коректне застосування функцій Excel (середнє, стандартне відхилення, регресія).
2. Якість візуалізації (30%): Графіки мають назви осей з одиницями виміру, заголовок, правильний тип діаграми (точкова).
3. Хімічний висновок та інтерпретація (30%): Правильне визначення R^2 , порядку реакції, $V_{\text{екв}}$ та фінальний розрахунок концентрації.

3.3. Аналіз та інтерпретація результатів педагогічного експерименту

Для статистичної обробки результатів КГ та ЕГ, використовуємо t -критерій Стьюдента для незалежних вибірок. Це стандартний інструмент для перевірки ефективності педагогічного експерименту.

Результати оцінювання педагогічного експерименту наведені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Результати оцінювання педагогічного експерименту

Показник	Контрольна група (КГ)	Експериментальна група (ЕГ)
Кількість учнів (n)	$n_1=22$	$n_2=24$
Середній бал (\bar{x})	$\bar{x}_1=75.2$	$\bar{x}_2=84.5$
Стандартне відхилення (s)	$s_1=8.5$	$s_2=7.1$

Результати проведеного експерименту показали, що середній бал в ЕГ був вищий на 9.3 бала, а стандартне відхилення менше, що свідчить про вищу однорідність результатів в ЕГ (можливо, завдяки чіткій методиці обробки результатів хімічного аналізу). Для встановлення ефективності проведеного педагогічного експерименту сформулюємо статистичні гіпотези. Якщо має місце нульова гіпотеза (H_0), то немає статистично значущої різниці між середніми балами КГ та ЕГ. Тобто, $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$, а методика неефективна.

Якщо реалізується альтернативна гіпотеза (H_1) і середній бал ЕГ вищий за середній бал КГ, тобто, $\bar{x}_2 > \bar{x}_1$, то запропонована методика ефективна. Використовуємо для обрахунків односторонній критерій, так як очікуємо підвищення результатів).

Обчислюємо t-критерій Стьюдента (для незалежних вибірок) Оскільки розміри вибірок більші за 30, та припускаємо нерівність дисперсій (що часто буває у педагогічних дослідженнях), ми можемо скористатися формулою для нерівних дисперсій (критерій Уелча) [44]:

$$t_{\text{емп}} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Підставляємо отримані значення у формулу:

$$T_{\text{емп}} = (84,5 - 75,2) / ((8,5)^2 / 22 + (7,1)^2 / 24)^{0.5} = 4,009$$

Після цього визначаємо критичне значення ($t_{\text{крит}}$) за рівня значущості (α).
Вибераємо стандартний рівень $\alpha=0.01$ (висока надійність).

Ступені свободи (ν) для критерію Уелча в наближенні будуть становити :

$$\nu \approx n_1 + n_2 - 2 = 22 + 24 - 2 = 44$$

Критичне значення ($t_{\text{крит}}$) для одностороннього t-критерію, $\nu=44$ та $\alpha=0.01$ становить:

$$t_{\text{крит}} \approx 2,414$$

Враховуючи, що $t_{\text{емп}} > t_{\text{крит}}$ ($4.009 > 2.414$), ми відхиляємо нульову гіпотезу (H_0) та приймаємо альтернативну [9].

Отже, різниця між середніми результатами експериментальної та контрольної груп є статистично значущою на рівні $\alpha=0,01$, використання комп'ютерних інструментів у статистичній обробці та візуалізації результатів хімічного експерименту виявилось ефективним, що підтверджується значно вищими результатами контрольного зрізу знань та умінь в експериментальній групі (рис.3.1)

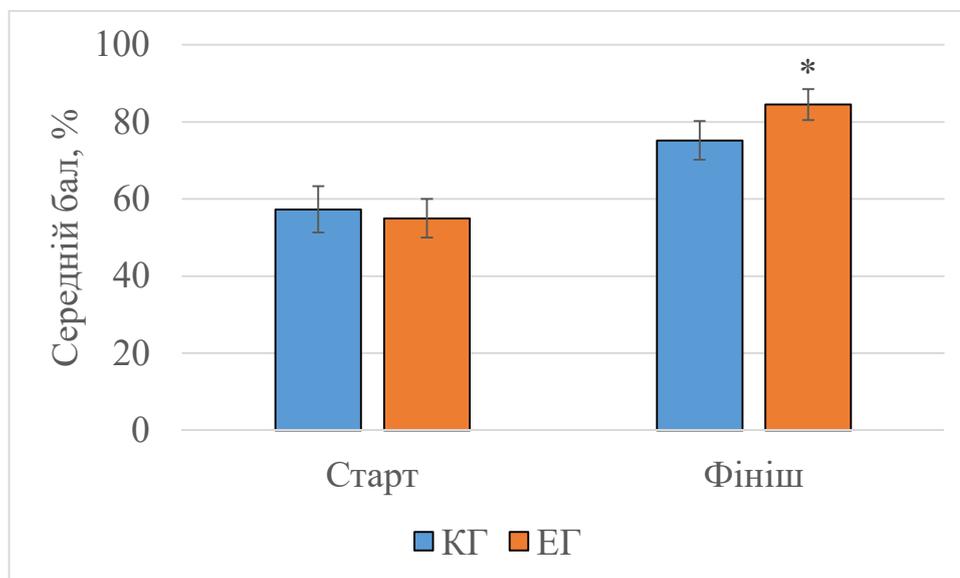


Рис. 3.1. Результати констатувального та фінального зрізів педагогічного експерименту

Отже, застосування запропонованої методики має низку переваг перед традиційними підходами.

Так, при побудові калібрувального графіку, де учні малюють точки на міліметровці при традиційному підході" в ЕГ вони вводять дані, будують точкову

діаграму, додають лінію тренду, автоматично виводять рівняння $y=ax+b$ та R^2 . Учень отримує об'єктивну та точну математичну модель для розрахунку невідомої концентрації, а також кількісно оцінює якість калібрування

При обробці даних титрування зазвичай учні застосовують ручне малювання кривої на графіку, визначення точки еквівалентності (ТЕ) візуально (де крива найкрутіша). Комп'ютерний підхід передбачає створення додаткових стовпців для розрахунку першої та другої похідних ($\Delta pH/\Delta V$) та автоматичну побудову графіків. Аналітичне визначення ТЕ за максимумом першої похідної є значно точнішим, ніж візуальне. Це демонструє учням застосування диференціального аналізу в хімії.

При аналізі похибок традиційно учні розраховують середнє та відносну похибку, ігноруючи статистичну надійність. Тоді як у запропонованому нами підході має місце використання функції CONFIDENCE.T для розрахунку довірчого інтервалу з надійністю 95% або 99%. При цьому учні розуміють, що фінальний результат повинен супроводжуватися показником надійності, що є вимогою сучасних наукових стандартів.

ВИСНОВКИ

Розроблено та експериментально підтверджено методику використання комп'ютерних інструментів для статистичної обробки та візуалізації результатів хімічного експерименту в профільній школі.

1. Доведена методична доцільність використання універсальних табличних процесорів для викладання хімії на профільному рівні, оскільки це дозволяє перенести акцент з рутинних обчислень на аналіз та інтерпретацію хімічних закономірностей.
2. Учні експериментальної групи продемонстрували статистично значуще вищий рівень умінь у кількісній обробці експериментальних даних, ніж учні Контрольної групи (що підтверджується порівнянням середніх балів у підсумковій контрольній роботі за t-критерієм).
3. Учні ЕГ значно краще засвоїли такі поняття, як стандартне відхилення, довірчий інтервал та коефіцієнт детермінації R^2 , і вміють використовувати їх для об'єктивної оцінки точності своїх експериментів.
4. Завдяки наочній візуалізації (графікам похідних, лінеаризованим кінетичним кривим), учні ЕГ успішніше і швидше визначають ключові параметри хімічних процесів (точку еквівалентності, порядок реакції).
5. Інтеграція комп'ютерних технологій призвела до зростання внутрішньої мотивації та інтересу учнів ЕГ до проведення дослідницької діяльності та аналізу даних, що підтверджується результатами анкетування.
6. Учні ЕГ усвідомлюють, що набуті навички роботи з науковими даними є критично важливими для подальшого навчання у вищих навчальних закладах природничого та технічного профілю.
7. Гіпотеза про ефективність розробленої методики була підтверджена, що свідчить про доцільність широкого впровадження комп'ютерних інструментів у викладання хімії в профільній школі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТКЕРАТУРИ

1. Березан О. Хімічний експеримент у школі : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Підручники і посібники, 2017. 160 с.
2. Білоус О. С., Федорук Ю. А. Використання інноваційних технологій навчання у вищій школі. Wydawnictwo Wyzszej Szkoły Technicznej w Katowicach, 2019. URL: <https://doi.org/10.31812/123456789/3377> (дата звернення: 22.11.2025).
3. Бондар Л., Міщенко О. Інформаційні технології при викладанні хімії. Хімія. 2011. № 29. С. 10–13.
4. Буйницька О. П. Інформаційні технології та технічні засоби навчання. Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2012. 240 с.
5. Буринська Н. М., Величко Л. П. Викладання хімії у 10-11 класах загальноосвітніх навчальних закладів : методичний посібник для вчителів. Київ: Перун, 2022. 240 с.
6. Величко Л. П. Хімія : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти (профільний рівень). Київ : Школяр, 2018. 256 с.
7. Державний стандарт повної загальної середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-deyaki-pitannya-derzhavnogo-standartu-povnoyi-zagalnoyi-serednoyi-osviti-898-300920> (дата звернення: 20.12.2025).
8. Держаний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. [Електр. ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/13922011-%D0%BF#n9>
9. Дерффель К. Статистика в аналітичній хімії. – Москва: Мир, 1994. (Класичний посібник, що детально розкриває систематичні та випадкові похибки, t-критерій, дисперсійний аналіз).
10. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : монографія. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2004. 256 с.
11. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – Київ: Міленіум, 2004. (Основоположні праці з теорії використання ІКТ в освіті).

12. Закон України про повну загальну середню освіту. [Електр. ресурс]. – режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/463-20>
13. Індивідуалізація навчання в умовах змішаної форми організації освітнього процесу у профільній старшій школі: методичний посібник. [Електронне видання] / Топузов О. М., Малихін О. В., Алексеєва С. В., Арістова Н. О. Київ : Видавничий дім «Освіта», 2024. 99 с. <https://osvita.ua/doc/files/news/589/58907/ximiya-10-11-riven-standartu.docx>
14. Кельнер Р. та ін. Аналітична хімія. Навчальний посібник у 3-х томах. – Київ: Техніка, 2003. (Розділи, присвячені метрології, калібруванню та статистичній обробці результатів).
15. Книш Л.А. Застосування хімічного експерименту при вивченні хімії. Хімія. 2004. №4(52). С. 2-6.
16. Конспекти уроків. режим доступу: [Електр. ресурс]. https://naurok.in.ua/conspect.html?cid=32&gclid=EAIaIQobChMIvr_dtpLA6AIViw8YCh1EdAEjEAMYASAAEgIARPD_BwE
17. Методика навчання хімії та хімічний експеримент
18. Навчальні програми 10-11 класів. [Електр. ресурс]. режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednyaosvita/navchalni-programi/navchalniprogrami-dlya-10-11-klasiv>
19. Навчальні програми 5-9 класів, 2017 рік. [Електр. ресурс]. режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednyaosvita/navchalni-programi/navchalniprogrami-5-9-klas>
20. Наказ МОН № 371 від 05.05.2008 р. “Про затвердження критеріїв оцінювання навчальних досягнень учнів у системі загальної середньої освіти”. [Електр. ресурс]. – режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/ru/v0371290-08>
21. Програма з хімії для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти (профільний рівень). Затверджено Міністерством освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/> (дата звернення: 20.12.2025).

- 22.Проект Державного стандарту профільної середньої освіти
<https://mon.gov.ua/storage/app/media/gromadske-obgovorennya/2023/10/30/НО-projekt.Derzhstandartu.profilnoyi.serednoyi.osvity-30.10.2023.pdf>
- 23.Реалізація технологій профільного навчання в закладах загальної середньої освіти: методичний посібник / О. В. Малихін, Н. О. Арістова, Л. В. Шелестова, О. В. Барановська, В. І. Кизенко, О. П. Кравчук, С. Е. Трубачева, О. В. Черноус [Електронне видання]. Київ : КОНВІ ПРІНТ, 2021. - 197 с.
- 24.Рокицький П. Ф. Біологічна статистика. – Мінськ: Вища школа, 1973.
- 25.Руденко В.М. Математична статистика. К.: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
- 26.Савчин М. Шкільний хімічний експеримент як система та його дидактичне забезпечення. Педагогічна думка. 2003. № 1-2. С. 36-44.
- 27.Семеріков С. О. Інформаційні технології в навчанні хімії : посібник. Кривий Ріг : КДПУ, 2010. 180 с.
- 28.Семеріков С. О. Практичні аспекти використання табличного процесора MS Excel у навчальному процесі. – Кривий Ріг, 2017. (Особливо корисний для детального опису роботи з формулами та графіками Excel/Sheets).
- 29.Спірін О. М. Дидактичні основи використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі. – Житомир, 2008.
- 30.Спірін О. М. Можливості та переваги використання хмарних сервісів у навчальному процесі. Інформаційні технології в освіті. 2013. Вип. 14. С. 71–75.
- 31.Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін. Черкаси : Брама-Україна, 2005. 649 с. (Методологія використання Excel для розрахунків).
- 32.Тукало М.Д. Особливості реалізації проектно-дослідницької діяльності учнів на уроках хімії профільної школи. Information Technologies and

- 33.Хімічний експеримент: Теорія і практика. К: Шкільний світ, 2008 – Спеціальний номер газети «Хімія» 2008. №1. С.48-52
- 34.Хімія. Електронні версії підручників для учнів 10-х класів. [Електр. ресурс]. – режим доступу: <https://pidruchnyk.com.ua/10klas/himija10/> 18
- 35.Чайченко Н. Н. Методика навчання хімії в профільній школі : навчальний посібник. Суми : Мрія, 2014. 212 с.
- 36.Червоний В. М. Методика навчання хімії : навчальний посібник. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2012. 464 с.
- 37.Шумська Н. Комп'ютерні технології у навчанні хімії/ Біологія і хімія в школі. 2006. № 6. С. 24.
- 38.Billo E. J. Excel for Chemists: A Comprehensive Guide. Wiley & Sons, Limited, John, 2011.
- 39.Billo E. J. Excel for Chemists: A Comprehensive Guide. Wiley & Sons, Limited, John, 2011.
- 40.ChemDraw : програмне забезпечення для малювання хімічних структур та розрахунків. URL: <https://www.perkinelmer.com/category/chemdraw>
- 41.Google Sheets : навчальний центр та довідка. URL: <https://support.google.com/docs/answer/6000292> (дата звернення: 20.12.2025).
- 42.Media I. O., Media I. O. Big Data Now: 2012 Edition. O'Reilly Media, Incorporated, 2012.
- 43.Microsoft Excel : офіційна документація та посібники. URL: <https://support.microsoft.com/en-us/excel>
- 44.Miller J. C., Miller J. N. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. – Pearson Education, 2010.
- 45.Miller J. N., Miller J. C. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. 6th ed. Pearson, 2010. 297 p.

46. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Pearson Education, Limited, 2018. 268 p.
47. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Pearson Education, Limited, 2019. 270 p.
48. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Pearson Education Australia, 2018. 296 p.
49. Tufte E. R. The Visual Display of Quantitative Information, 2nd Ed. Graphics Press, 2001. 200 p.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Тестові завдання для констатувального зрізу знань та умінь

Частина А: Теоретичні та концептуальні знання (вибіркова відповідь)

1. У чому полягає основна відмінність хімічного експерименту в профільній школі порівняно з базовою? А. Використання більш яскравих реактивів. Б. Акцент на кількісному аналізі та дослідженні закономірностей (наприклад, кінетики). В. Проведення всіх дослідів виключно вчителем. Г. Використання меншої кількості реактивів.
2. Який статистичний показник є найбільш стійким до "викидів" (поодиноких грубих похибок) у вибірці експериментальних даних? А. Середнє арифметичне. Б. Дисперсія. В. Медіана. Г. Мода.
3. Яка статистична величина використовується для кількісної оцінки відтворюваності (прецизійності) серії паралельних вимірювань? А. Середнє арифметичне. Б. Мода. В. Коефіцієнт кореляції. Г. Стандартне відхилення.
4. Якщо ваші результати фотометричного аналізу постійно занижені через те, що колба, в якій проводився аналіз, має поглинання, про який тип похибки йдеться? А. Випадкова похибка. Б. Особиста похибка. В. Систематична похибка. Г. Груба похибка.
5. Який тип діаграми найбільш доцільно використовувати для побудови калібрувальної кривої (для відображення залежності оптичної густини від концентрації)? А. Кругова діаграма. Б. Стовпчаста діаграма. В. Точкова діаграма. Г. Гістограма.

Частина Б: Практичні та Обчислювальні Навички (Короткі відповіді).

При визначенні об'єму титранту було отримано чотири паралельні результати (у мл): 20.15; 20.25; 20.10; 20.30. Обчисліть середнє арифметичне значення об'єму.

Визначено, що середня маса осаду становить $x_{\text{сер}} = 0.50$ г. Абсолютна похибка вимірювання становить $\Delta x = 0.01$ г. Обчисліть відносну похибку у відсотках.

Яка стандартна функція використовується у табличних процесорах (наприклад, MS Excel або Google Sheets) для розрахунку середнього арифметичного значення діапазону даних? А. SUM() Б. STDEV() В. AVERAGE() Г. COUNT()

Аналіз результатів зрізу. Після проведення тесту було порівняно середні бали КГ та ЕГ. Вони не відрізнялися значимо

Додаток 2

Для оцінки мотиваційного критерію (зацікавленості, ставлення до роботи та усвідомлення її значущості) було використано анкетування, де було запропоновано два типи анкет: одна для оцінки внутрішньої мотивації та значущості (за шкалою Лайкерта), а інша — для оцінки самостійності та переваг (відкриті питання).

Анкета 1: Оцінка значущості та зацікавленості (Шкала Лайкерта)

Оцініть кожне твердження за шкалою від 1 до 5, де:

1 — Категорично не згоден

2 — Не згоден

3 — Важко сказати

4 — Згоден

5 — Повністю згоден

№	Твердження	1	2	3	4	5
I. Внутрішня мотивація (Зацікавленість)						
1.	Мені цікаво самостійно обробляти результати хімічних дослідів на комп'ютері.					
2.	Використання комп'ютерних програм зробило лабораторні роботи з хімії більш цікавими та ґрунтовними.					
3.	Я відчуваю впевненість, коли аналізую та візуалізую хімічні дані за допомогою спеціальних інструментів.					
II. Усвідомлення значущості (Професійний розвиток)						

№	Твердження	1	2	3	4	5
4.	Навички статистичної обробки даних знадобляться мені у майбутньому навчанні або професії.					
5.	Я вважаю, що вміння будувати якісні графіки допомагає краще зрозуміти хімічні закономірності.					
6.	Комп'ютерні інструменти допомагають мені швидше виявляти помилки та неточності в експерименті.					
III. Самостійність та ефективність						
7.	Я волів би використовувати комп'ютер для обробки, а не виконувати ці розрахунки вручну.					
8.	Під час самостійної роботи я активно шукав нові функції програми, щоб покращити аналіз.					

Анкета 2. Оцінка переваг та бар'єрів (труднощів)

№	Питання	Варіанти відповіді
1.	Який метод обробки даних для вас ефективніший?	Ручні обчислення та малювання графіків. Використання комп'ютерних інструментів.
2.	Яка перевага використання	Економія часу на розрахунках.

№	Питання	Варіанти відповіді
	<p>комп'ютерних інструментів для вас найважливіша? (Оберіть не більше двох)</p>	<p>Можливість швидко будувати точні графіки.</p> <p>Можливість застосовувати складні статистичні методи (наприклад, регресію).</p> <p>Естетичне оформлення фінального звіту.</p>
3.	<p>Чи вважаєте ви, що використання комп'ютера підвищило вашу об'єктивність у висновках з експерименту?</p>	<p>Так, безумовно.</p> <p>Швидше так, ніж ні.</p> <p>Ні.</p>
4.	<p>Яку статистичну функцію ви вважаєте найбільш корисною?</p>	<p>Розрахунок середнього значення.</p> <p>Розрахунок стандартного відхилення.</p> <p>Лінійна регресія (R^2, нахил).</p> <p>Побудова похідних.</p>
5.	<p>Які труднощі (бар'єри) виникли у вас при роботі з комп'ютерними інструментами?</p>	<p>(Відкрите питання)</p> <hr/>

Як використовувати результати:

Анкета 1. Вищий середній бал (ближче до 4-5), особливо за твердженнями 1, 2, 4, 5, 7, свідчатиме про підвищення мотивації та усвідомлення значущості.

Анкета 2. Питання 1 та 2 дозволять кількісно визначити перевагу комп'ютерного методу. Відповіді на питання 5 допоможуть скоригувати методику навчання.

Додаток 3

Підсумкова контрольна робота (складається з трьох частин)

Частина А: Теоретичний тест (20 балів)

1. Поясніть, що таке довірчий інтервал результату хімічного аналізу і для чого він використовується (4 бали)

2. При побудові калібрувального графіка був отриманий коефіцієнт детермінації $R^2 = 0.998$.

а) Що означає це значення?

б) Як зміниться якість калібрування, якщо R^2 становитиме 0.800? (6 бали)

3. У якому випадку, згідно з t-критерієм Стьюдента, можна вважати результати двох аналітичних методів статистично різними? (4 бали)

4. Поясніть, навіщо при обробці даних титрування будують графік першої похідної і що є його максимумом. (6 бали)

Частина Б: Практична задача (Навички роботи з ПЗ) (50 балів)

(Виконується на комп'ютері в MS Excel. Учні повинні надати файл із розрахунками та графіком.)

Задача

У ході лабораторної роботи з визначення масової частки солі у зразку було отримано 6 паралельних результатів (масова частка, %):

№ вимірювання	Масова частка (%)
1	35.12
2	35.35
3	34.98
4	35.21
5	35.05
6	35.3

1. Введіть дані у табличний процесор (4 бали)

2. Розрахуйте середнє арифметичне значення (\bar{x}) та стандартне відхилення (s) (12 балів)
3. Визначте довірчий інтервал для середнього значення з надійністю $P = 0.95$ ($\alpha = 0.05$) (16 балів)
4. Сформулюйте фінальний результат у формі $\bar{x}_{\text{сер}} \pm \Delta x$ (4 бали)
5. Побудуйте стовпчасту діаграму середнього значення, додавши планки похибок, що відповідають стандартному відхиленню (14 балів)

Частина В: Аналітичне завдання (30 балів)

Задача

У таблиці представлені дані для побудови калібрувальної кривої (залежність оптичної густини A від концентрації C).

Концентрація C (ммоль/л)	Оптична густина A
1	0.21
2	0.405
3	0.61
4	0.8

1. Побудуйте точкову діаграму. Додайте лінію тренду, виведіть на графік рівняння регресії ($y = ax + b$) та коефіцієнт детермінації (R^2) (10 балів)
2. Оцініть R^2 . Чи підтверджує цей коефіцієнт закон Бугера–Ламберта–Бера? Поясніть (8 балів)
3. Використовуючи отримане рівняння регресії, розрахуйте концентрацію невідомого зразка (C_x), якщо його оптична густина становить $A_x = 0.550$ (12 балів)

Критерії оцінювання

Оцінювання для ЕГ буде суттєво відрізнятися від КГ, оскільки в ЕГ оцінюється автоматизація та точність розрахунків за допомогою ПЗ.

Частина	Критерії оцінювання навичок (ЕГ)	Макс. Балів
Частина А	Точність теоретичних знань статистичних концепцій.	20
Частина Б	Коректне використання функцій AVERAGE(), STDEV(), CONFIDENCE.T(). Правильне оформлення графіка та похибок.	50
Частина В	Коректне використання функції ЛИНЕЙН (або додавання лінії тренду) для отримання рівняння. Правильна інтерпретація R2.	30
ВСЬОГО		100 балів

Примітка. Для контрольної групи (КГ) частина Б і В оцінювалася на основі ручних розрахунків і якості графіків, намальованих на міліметровій папері, що вимагало більше часу, але дозволило перевірити їхній рівень без впливу експериментальної методики. Порівняння середніх балів ЕГ та КГ, а потім застосування t-критерію, дає кількісну оцінку ефективності методики.