

## ЛЕКЦІЯ 3

### Особливості реалізації елементів STEM-освіти у навчання фізики

Процес навчання фізики в основній школі спрямовується на розвиток особистості учня, становлення його наукового світогляду й відповідного стилю мислення, формування предметної, науково-природничої (як галузевої) та ключових компетентностей .

Навчальний фізичний експеримент забезпечує формування в учнів необхідних практичних умінь, дослідницьких навичок та особистісного досвіду експериментальної діяльності. Завдяки цьому учні можуть у межах набутих знань розв'язувати пізнавальні завдання засобами фізичного експерименту. У шкільному навчанні ця форма роботи реалізується завдяки демонстраційним і фронтальним експериментам, лабораторним роботам і короткотривалим дослідом, навчальним проектам, спостереженням.

Для прикладу розглянемо питання **використання домашніх лабораторних робіт для розвитку експериментаторських умінь учнів з фізики** в умовах змішаної чи дистанційної форм навчання. За період пандемії COVID-19 постала проблема виконання навчального експерименту під час дистанційного навчання. На сьогодні існує використання різних засобів для виконання лабораторних робіт. Це є комп'ютерні симуляції, віртуальні лабораторії, а також домашні лабораторні роботи. Вважаю, що домашні лабораторні роботи є одними з ефективніших у даному випадку.

Однак, для підвищення ефективності цього методу навчання, необхідно враховувати такі умови:

1. Матеріально-технічний аспект
2. Мотиваційний аспект

Перевагами домашніх лабораторних робіт з фізики є такі:

1. Час виконання домашніх лабораторних робіт не регламентовано на відміну від виконання роботи в школі, зокрема, в цьому випадку дослід можна відтворювати багатократно.

2. Експеримент можливо виконувати за допомогою саморобного обладнання, пристроїв та матеріалів, які використовуються в побуті.

3. Ці роботи легко перетворити на дослідні проекти, на відміну від традиційних лабораторних робіт, які потрібно виконати протягом уроку.

4. Можливість розвитку здатності працювати в команді та автономно.

5. Домашні лабораторні роботи ефективно прищеплюють навички самостійної роботи, конструкторські вміння, у процесі складання експериментальних установок.

6. Творчий продукт, отриманий в результаті виконання домашньої лабораторної роботи, має особисту цінність для кожного учня. Це пов'язано з тим, що вони виконують цю роботу усвідомлено, виконуючи кожний її елемент власноруч.

Досвід проведення лабораторних робіт показує, що майже до кожної роботи можна запропонувати домашню лабораторну роботу, аналогічну за методичним значенням.

Правомірність заміни тем лабораторних робіт засвідчується чинною навчальною програмою з фізики. В якій, зокрема зазначається, що ...«Перелік навчальних демонстрацій, наведений у програмах є орієнтовним і може бути змінений учителем залежно від обставин у яких здійснюється навчання, наявності обладнання, устаткування, можливостей навчального кабінету тощо. Для прикладу наведемо лабораторну роботу «Види деформацій твердих тіл», яку виконують під час вивчення розділу «Молекулярна фізика та термодинаміка», після проходження теми «Тверді тіла (кристалічні та аморфні). Монокристали, полікристали.» у 10 класі.

За умови виконання в школі вона має таке обладнання: пластилін, свинець, гумовий шнур, гумка, сталева пружина, сталеві кульки, набір моделей кристалічних решіток, а за умови виконання домашньої лабораторної роботи - склянка з окропом; поварена (кухонна) сіль (2 столові ложки); нитка; олівець (або паличка для намотування нитки на неї).

Другий приклад: лабораторна робота «Поверхневий натяг рідини»:

Обладнання: терези, штангенциркуль, медичний шприц, склянка з водою, зубочистка.

Альтернативна домашня лабораторна робота:

«Визначення коефіцієнту поверхневого натягу за допомогою методу відриву крапель»

Обладнання: вода; піпетка; ваги; маленька склянка (для того, щоб можна було накрapati воду туди).

Джерелами для розроблення домашніх лабораторних робіт є:

1. Вчитель відбирає домашні лабораторні роботи з існуючих збірників лабораторних робіт. Як приклад, [1].

2. Вчитель доручає учням створювати власні лабораторні роботи. Таке завдання можуть виконувати, як учні з високим виявленням інтересу до вивчення фізики, так і ті учні, що не виявляють особливого інтересу до вивчення предмету. Це можна зробити за допомогою завдань із розвитком змісту (розробляти авторські експериментаторські установки, створення приладів, проведення дослідів).

3. Створення авторських лабораторних робіт вчителем впродовж своєї педагогічної діяльності.

Результати роботи, присвяченої використанню домашніх лабораторних робіт для розвитку експериментаторських умінь учнів з фізики в умовах змішаної форми навчання стали підставою для таких висновків:

1. Можливим методом розвитку в учнів експериментаторських умінь за умов змішаної форми навчання фізики є використання домашніх лабораторних робіт. Цей метод виявляє значні компенсаторні можливості для розвитку в учнів експериментаторських умінь з фізики та не потребує виконання експерименту у фізичній лабораторії.

2. Показано можливість заміни традиційних лабораторних робіт домашніми експериментальними завданнями, практично з усіх тем шкільної програми з фізики. Після кожної роботи рекомендовано поставити низку дослідницьких задач, зокрема таких, що містяться у [2].

Наведемо ще декілька прикладів впровадження елементів STEM-освіти на уроках фізики. З метою розвитку критичного мислення учнів пропонуємо ***авторські вправи, спрямовані на засвоєння учнями прийомів осмислення навчальних текстів з фізики.***

Розуміння учнями навчального матеріалу є дуже важливим. У методичній літературі нещодавно навіть з'явилася аббревіатура — ЗУНР (знання, уміння, навички, розуміння) [5, с. 158]. Проведені нами експерименти свідчать, що знання, вміння і навички, які здобуті без розуміння, дуже швидко втрачаються. Тому “зубрячка” фізики — справа марна. Навпаки, треба використовувати невичерпний потенціал мови фізики для формування таких найважливіших якостей особистості, як здатність та прагнення до наукового розуміння.

Ці якості особистості мають величезне значення і можуть утворюватися лише у процесі багаторазового досягання розуміння при навчанні [6]. Отже, розумінню треба вчити, причому поступово та цілеспрямовано. Як ми зазначали у першому розділі, розуміння з'являється тоді, коли у результаті мислення мовленнєві структури узгоджуються з образними. Розуміння завжди присутнє у сформованій думці, що з'явилася на завершальній стадії розумового процесу (як стоп-сигнал про його завершення).

Розглянемо ідею двох типів спеціальних вправ, спрямованих на засвоєння учнями прийомів осмислення навчальних текстів з фізики.

***Вправа “Доведи або спростуй твердження”.*** Ідея розробки вправ такого типу полягає в наступному. З кількох параграфів підручника відбираються ключові речення, з яких можна скласти відносно короткий (1-2 сторінки) текст, насичений новою для учнів інформацією. Мається на увазі, що текст стосується теми, яку школярі ще не вивчали за програмою. А після тексту пропонується досить велика кількість тверджень (10-20), з якими треба погодитись або вказати хибні. Якщо учень не може визначитися, йому дозволяється пропустити відповідне твердження. Після того, як завдання

виконане кожним *самостійно*, проходить обговорення, під час якого школярі пояснюють свій вибір.

Учитель має слідкувати, щоб учні у своїх поясненнях максимально використовували текст і робили логічні висновки з нього. Треба розглядати різні запропоновані варіанти пояснень, навіть якщо відповіді щодо вірності або хибності певного твердження співпадають.

Організація обговорення позицій учнів, пошук логічних помилок у поясненнях — дуже відповідальний етап у використанні цієї вправи. Тут не можна поспішати. Школярі повинні зрозуміти, що на даному етапі головним є не отримання відповіді щодо правильності або хибності конкретного твердження, а з'ясування того шляху, яким можна дійти до цієї відповіді. Наведемо конкретний приклад вправ такого типу. Текст складався з речень, які взяті з підручника для восьмого класу.

### ***Приклад вправ міститься у 2 розділі курсу***

Пропоновані прийоми роботи з навчання учнів мови фізики доцільно застосовувати в основній школі. А в старшій школі треба навчати учнів не тільки розуміти тексти, а й критично до них ставитися, порівнювати з іншими текстами на цю ж тему. У ході такої роботи учням можна пропонувати проводити аналіз помилок і неточностей, які зустрічаються у навчальній літературі з фізики. Можливі шляхи організації роботи учнів з декількома альтернативними підручниками з фізики розглянуті нами у [7]. Учням було запропоновано на прикладі теми „Властивості реальних газів” провести порівняння змісту певних тверджень, рисунків, числових даних, що наводилися у різних підручниках з фізики, та знайти між ними певні суперечності.

Але таку роботу, як показав досвід, можна проводити тільки зі школярами, які вже мають відповідну підготовку. Якщо учень неспроможний зробити елементарний логічний висновок з тієї інформації, що є в тексті, то марно й чекати на те, що він буде помічати логічні недоліки тексту підручника або посібника.

**Ознайомлення учнів із синтаксичними засобами навчальних фізичних текстів.** Безумовно, знання лексики мови фізики необхідне для розуміння фізичних текстів, але цього ще замало. Виявляється, “мовні” проблеми, що виникають в учнів під час вивчення фізики, не зводяться лише до проблеми засвоєння відповідних термінів. Не менш важливим є опанування правилами поєднування слів у речення і тексти, які за своєю синтаксичною структурою можуть значно відрізнятися від тих, з якими учні мали справу, коли вивчали за шкільною програмою відповідний розділ мовознавства.

Тут важливо знати, яке значення можуть мати послідовність слів у реченнях, розділові знаки між ними, флексії, службові слова тощо.

Так, зміна у *послідовності* одних і тих самих слів може призвести до спотворення змісту. Наприклад: *тертя спричиняє нагрівання* та *нагрівання спричиняє тертя*. А з іншого боку, *флексії* у цьому ж прикладі можуть деякою мірою відновити зміст: *нагрівання спричиняється тертям*.

Без знання синтаксису у багатьох випадках неможливо правильно зрозуміти те, про що йдеться, навіть якщо значення всіх слів відомі. Спеціального дослідження потребують також й інші синтаксичні структури, які зустрічаються у фізичних текстах.

Звернемося до розгляду синтаксичних засобів, які використовуються у текстах навчальних та науково-популярних книг з фізики при роз'яснюванні ідей і доведенні тверджень. Також будуть представлені елементи методики ознайомлення учнів з цими засобами. Але наразі зробимо два попередніх зауваження.

По-перше, ця методика будується на ідеї використання прикладів, які ілюструють те, чого вчитель намагається навчити учнів. Ці приклади були відібрані з учнівських робіт і підручників фізики, або спеціально складені нами.

По-друге, пропонована методика ґрунтується на психологічній теорії поетапного формування розумових дій П.Я. Гальперіна та єдиній теорії

психічних процесів Л.М. Веккера. Зробимо короткі пояснення щодо останнього зауваження.

Розуміння фізичного тексту часто потребує досить складних розумових операцій. А згідно з теорією П.Я. Гальперіна, для успішного формування розумових дій необхідно спочатку їх матеріалізувати, розгорнувши у зовнішньому плані. Це досягається у багатьох випадках завдяки побудові вдалих схем, які відбивають синтаксичні зв'язки у реченнях.

Теорія Л.М. Веккера розкриває механізм людського мислення, який фактично пояснює необхідність перекодування синтаксичних структур речень з текстової форми у графічну. Узгодження між собою різних форм вираження тієї самої думки викликає в учнів відчуття розуміння прочитаного. Отже, приклади, про які йшлося у першому зауваженні, мають переконувати учнів у доцільності зазначеного перекодування інформації. На початку навчання це перекодування буде проходити у розгорнутому матеріалізованому вигляді, а потім — у внутрішньому (ментальному) плані.

Лінгвістика знає низку об'єктивних засобів, які перетворюють комбінацію слів на осмислений вираз. Увесь набір так званих синтаксичних засобів (неоднаковий у різних мовах) робить з мови об'єктивну систему кодів, що дозволяє конструювати думку і виражати будь-які найскладніші зв'язки і відносини.

У мовознавстві прийнято розрізняти *два основних типи* повідомлень (комунікацій), які позначаються термінами “комунікація події” і “комунікація відношення”. Під “комунікацією події” розуміють повідомлення про якийсь факт, виражений у реченні. Характерна особливість цього виду повідомлень полягає у тому, що виражене словами може бути подане у наочній картині. Іншими словами, наочно-образний зміст явно переважає у цьому виді повідомлень над вербально-логічним.

Зовсім інший характер носить “комунікація відношення”. Існують такі вирази, які не означають ніяких подій, але формулюють певні відношення. Значення цих конструкцій не можна передати у наочній картині. Вони

виражають не ті реальні події, в які вступають предмети, а логічні відношення між речами, і використовують такі способи оформлення думок, які притаманні не стільки наочно-образному, скільки більш складному вербально-логічному мисленню. Природно, що наочна ситуація, вказівний або описовий жест, міміка й інтонація не можуть надати допомогу у розкритті значень цих конструкцій. У даному випадку вся повнота відносин, що ними виражається, має бути подана виключно граматичною структурою та порядком тих слів, які їх складають, а також розділовими.

Тут треба зробити важливе зауваження. Розвинута мова як об'єктивна система кодів має синтаксичні засоби для вираження найскладніших думок. Примітивні мови не забезпечують подібних потреб. Але окремій людині, щоб думати про складні речі та спілкуватися на складні в інтелектуальному плані теми, необхідно оволодіти можливостями, які надає розвинута мова. Оволодіння ж синтаксичними структурами сучасної розвинутої мови неможливе без створення у свідомості людини, яка оволодіває цією мовою, відповідних образів. Звичайно, що ці образи кардинально відрізняються від тих наочних картин, про які йшлося у випадку повідомлень типу “комунікація події”. Для створення образів, які б відповідали синтаксичним структурам, можна скористатися різного роду схемами.

Аналізуючи різні види речень, можна помітити, що деякі з них значно ширше представлені в навчальній літературі з фізики порівняно з художньою літературою. Розглянемо детальніше деякі з синтаксичних конструкцій, які за нашими спостереженнями не завжди зрозумілі учням.

У мовознавстві речення умовно поділяють на *прості* та *складні*. Почнемо з розгляду простих речень (простих у термінах лінгвістики, але вони можуть бути суб'єктивно складними для деяких учнів). У цих реченнях лише одна граматична основа. Її складають головні члени речення (*підмет*, що означає предмет розгляду, та *присудок*, що означає дію, стан або ознаку підмета). Існують випадки, коли в простому реченні присутній тільки один головний член речення. Прості речення можуть ускладнюватися



однорідними членами речення, звертаннями, вставними словами та словосполученнями. Тоді вони так і називаються — *ускладнені прості речення*.

Розглянемо прості речення, що ускладнені однорідними членами завдяки засобам вираження сурядного зв'язку. Приклади, що будуть наведені, мають форму “мовних” завдань з можливими варіантами їх виконання та методичними коментарями.

**Приклад 1.** *Густина заліза менша за густину нікелю, але більша за густину алюмінію.*

Яка з цих речовин має найбільшу, а яка — найменшу густину?

*Висновок необхідно робити, використовуючи лише надану інформацію!*

У навчальних текстах з фізики речень такого типу чимало. І якщо учні не відповідають вірно на контрольне запитання, то це свідчить про існування певних проблем з розумінням подібних речень. Виникає потреба в організації цілеспрямованої роботи з усунення виявленого недоліку. Для цього учням пропонується розташувати назви речовин у послідовності збільшення густини, відбиваючи інформацію, подану у текстовій формі, на умовній осі густин. Першу частину речення (“*Густина заліза менша за густину нікелю*”) можна перетворити у схему, що подана на рис. 2.3а.

Друга частина речення пов'язана з першою спільним підметом (*густина заліза*). Якщо його пов'язати з присудком, який міститься у другій частині речення, то отримаємо: “*Густина заліза більша за густину алюмінію*”. Відповідна схема подана на рис. 2.3б.

Тепер неважко об'єднати отримані дві схеми в одну (рис. 2.3в), і відповідь на запитання можна просто “побачити”. Створення вдалого просторового образу дозволило зробити очевидними співвідношення між густинами порівнюваних речовин.

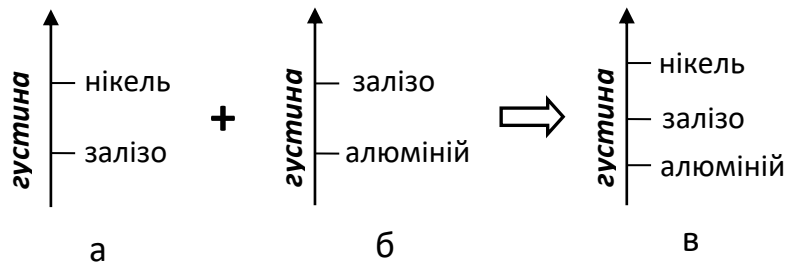


Рис. 2.3. Ілюстрація до прикладу 1

Спробуємо скористатися подібним прийомом у дещо складнішому випадку.

**Приклад 2.** *Як густина спирту, так і густина гліцерину, менша за густину ртуті.*

Яка з цих речовин має найбільшу, а яка — найменшу густину?

*Висновок необхідно робити, використовуючи лише надану інформацію!*

На відміну від попереднього прикладу, де інформація була подана з використанням двох термінів: “більше” та “менше”, у розглядуваному реченні порівняння здійснюється за допомогою лише одного — “менше”. У цьому плані воно має бути простішим для розуміння. Проте багатьом воно здається навіть заплутанішим, оскільки з наведеної інформації неможливо зробити висновок, яка з речовин має найменшу густину — спирт чи гліцерин. Хоча відповідь щодо найбільшої густини легко встановити за допомогою таких самих лінійних схем, як і у попередньому випадку.

Дійсно, з інформації, що міститься у розглядуваному реченні, не можна обрати один з трьох можливих варіантів, які подані на рис. 2.4. Але у кожному з них ртуть посідає вищу сходинку. Тобто можна зробити висновок щодо речовини, яка має найбільшу густину.

У даному завданні контрольне запитання стосувалося і найменшої густини. На цю частину запитання можна відповісти так: “З наведеної у реченні інформації немає можливості зробити висновок щодо речовини з найменшою густиною”. Слід зазначити, що тут йдеться лише про розуміння змісту даного речення. Звичайно, учні можуть встановити, що густина спирту менша за густину гліцерину. Але для цього їм треба подивитися у довідник

чи згадати відповідні дані.

Перейдемо далі до розгляду *складних* (за мовознавчою термінологією) речень. Вони, на відміну від *простих*, містять не менше двох граматичних основ. Ці речення умовно поділяють на *складносурядні* та *складнопідрядні*.

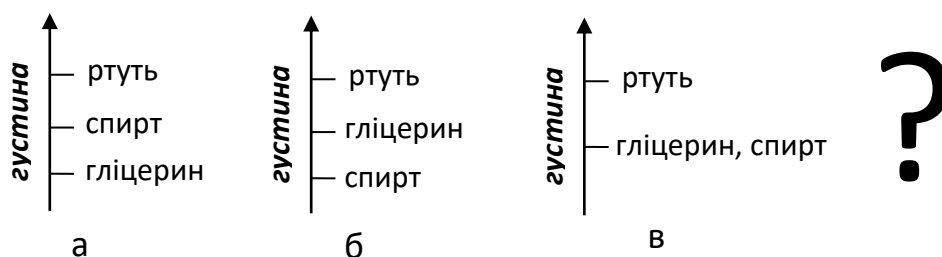


Рис. 2.4. Ілюстрація до прикладу 2

Складносурядними є такі речення, частини яких рівноправні за змістом і пов'язані сурядним зв'язком за допомогою сполучників сурядності. Складнопідрядні речення мають нерівноправні за змістом частини, які поєднуються сполучниками підрядності чи сполучними словами.

Розглянемо докладніше складнопідрядні речення. Одна з частин таких речень є незалежною. Її називають *головним* реченням. Від головного речення можна поставити запитання до залежного речення, яке називають *підрядним*.

**Приклад 3.** *Температура плавлення вольфраму більша за температуру плавлення золота, яка, у свою чергу, менша за температуру плавлення заліза.*

Яка з цих речовин має найбільшу, а яка — найменшу температуру плавлення?

*Висновок необхідно робити, використовуючи лише надану інформацію!*

Тут головним є речення “Температура плавлення вольфраму більша за температуру плавлення золота”. До нього за допомогою сполучного слова “яка” приєднується підрядне речення. Його зміст можна передати таким простим реченням: “Температура плавлення золота менша за температуру плавлення заліза”.

Вставні слова “у свою чергу” в залежній частині вихідного складнопідрядного речення вказують, що з температурою плавлення заліза

порівнюється температура плавлення золота, а не вольфраму.

Далі звернемося до побудови наочних образів двох простих речень, які ми отримали, та висновку з них (рис. 2.5).

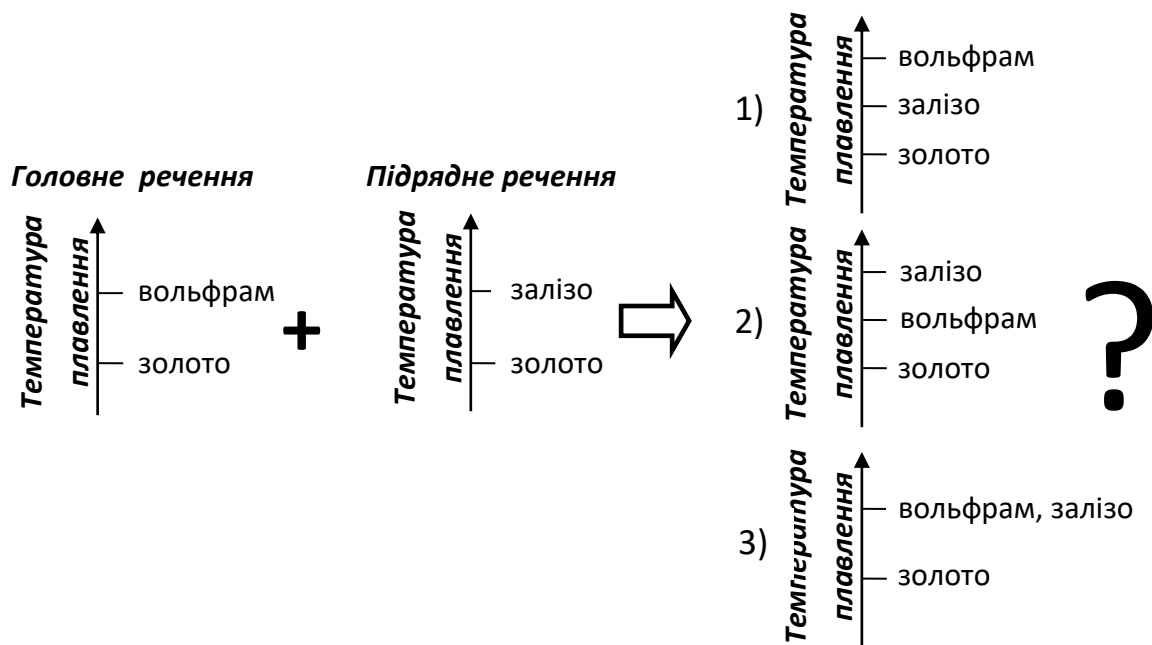


Рис. 2.5. Ілюстрація до прикладу 3

Як бачимо, найменшою виявляється температура плавлення золота. Проте з'ясувати, яка з речовин має найбільшу температуру плавлення, лише за інформацією, що міститься у реченні, неможливо.

Розглянемо далі, як розбір речень за допомогою схем допомагає учням навчатися бачити синтаксичні помилки у фізичних текстах.

**Приклад 4.** В одному з підручників для 8-го класу можна знайти таке речення, в яке вкралася друкарська помилка (одна буква замінена іншою): "У цьому плані є й принципові труднощі: електрон поводить себе і як частинка (корпускула), яку можна уявити як кульку мікроскопічних розмірів, і як хвилю (хвильовий пакет)" [28].

**Знайдіть із синтаксичних міркувань цю помилку і виправте її.**

Ще раз підкреслимо, що цілеспрямована робота зі схемами речень особливо необхідна на першому етапі навчання фізики, коли прийоми роботи з текстами фізичного змісту в учнів ще несформовані. Згодом потреба у

побудові таких схем у зовнішньому плані зникне — відбудеться перехід цієї дії у план внутрішній (розумовий). Але вони ще стануть у пригоді, коли треба наочно пояснити свою думку іншій людині, або в особливо складних випадках.

Цей приклад цікавий тим, що він адресований учням 8-го класу, які вперше зустрічаються з так званим корпускулярно-хвильовим дуалізмом. Їм ще складно орієнтуватися на фізичний зміст речення (тобто керуватися *семантичними* міркуваннями), але вони можуть спробувати проаналізувати синтаксичні конструкції, що містяться у запропонованому для розгляду реченні. У даному випадку доречною є підказка стосовно того, що одну букву треба *замінити*, а не *переставити* в інше місце. До цього зауваження ми ще повернемося.

Для виконання завдання корисно побудувати схему, що відобразить ту частину речення, яка йде після двокрапки (див. рис. 2.6а). Після такого графічного подання синтаксичної структури речення стає очевидним, що конструкція “*і як..., і як...*” вимагає *однакового* узгодження відмінків

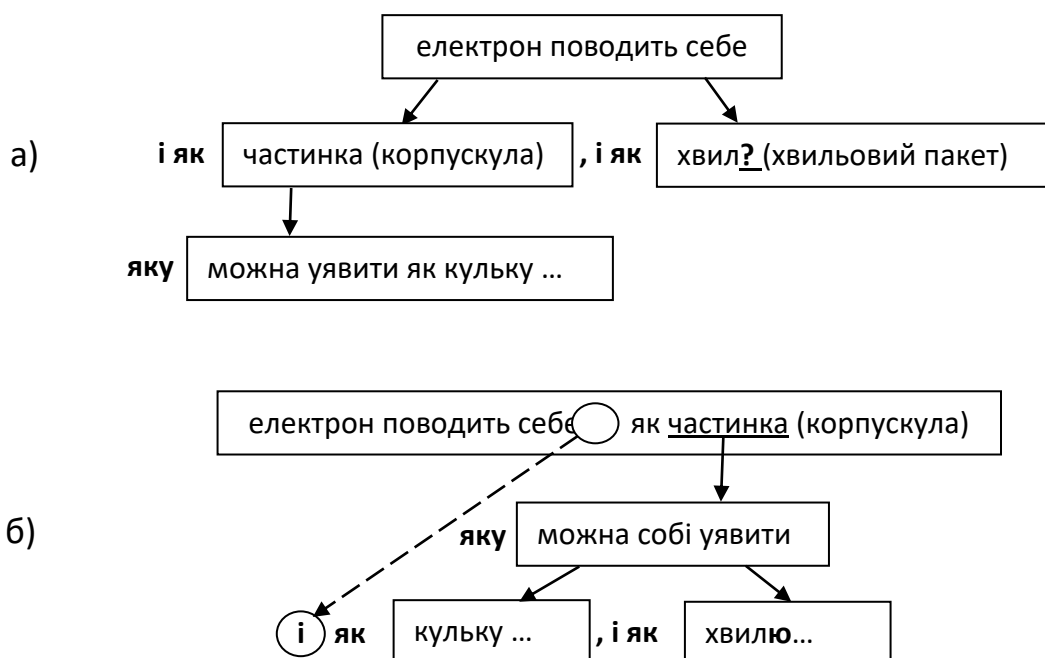


Рис. 2.6. Ілюстрація до прикладу 4

іменників *частинка* і *хвиля* з дієсловом, яке керує ними.

Якщо б у завданні не було вказівки *замінити* одну букву, то можна було б отримати синтаксично правильну конструкцію, схема якої подана на рис. 2.6б, переставивши одну букву у вихідному реченні з одного місця на інше. Але у цьому випадку був би спотворений фізичний зміст, бо дуалізм *корпускулярно-хвильовий*, а не *кульково-хвильовий*. Для розуміння останнього речення зверніть увагу на розташування слів *частинка* (*корпускула*), *хвиля* (*хвильовий пакет*) і *кулька* у схемах, що порівнюються!

**Приклад 5.** *В одному з підручників для 8-го класу є таке речення: “На основі численних спостережень за випромінюванням атомами водню світла Нільс Бор розвинув далі планетарну модель атома і показав, що радіуси орбіт електронів у атомі не можуть бути довільними — електрони у атомі можуть перебувати лише на так званих “дозволених” орбітах, які відповідають дискретним значенням їх енергій” [28].*

**Що випромінюється атомами водень чи світло? Як переставити слова у реченні так, щоб зняти цю синтаксичну невизначеність?**

Декому перше запитання може здаватися зовсім безглуздом, але не сучасним школярам, бо для них слова *атом* і *водень* не поєднуються у словосполучення *атом водню*. На уроках хімії вони вчили *Гідроген*, а не *водень*. Тому для них і *атом водню*, і *водень світла* — практично однаково незрозумілі словосполучення.

Для оформлення цього речення у більш зрозумілій формі достатньо слово *світло* поставити безпосередньо після слова *випромінювання*. Така перебудова речення може бути подана у вигляді відповідної схеми (див. рис. 2.7).

Як бачимо, перенесення лише одного слова у реченні допомагає уникнути синтаксичної невизначеності, яка може породжувати у сучасних школярів безглузді (з точки зору старшого покоління) запитання. Після такої перебудови речення учні мають вже зрозуміти, що існують якісь *атоми водню*. А це може підштовхнути їх до власного маленького дослідження щодо історії термінів, які є спільними для хімії та фізики.

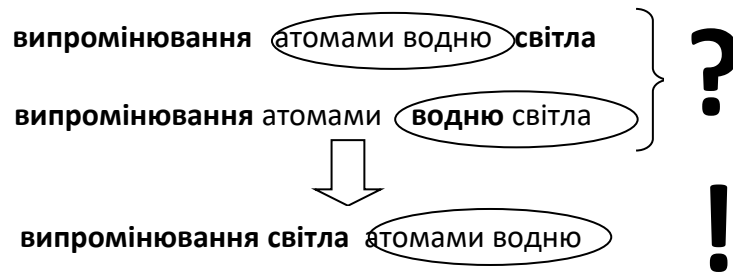


Рис. 2.7. Ілюстрація до прикладу 5

Отже, загальне завдання навчити учнів мови фізики не може бути зведене виключно до організації термінологічної роботи. Виявляється, що у школярів під час читання орієнтованих на них фізичних текстів виникають ускладнення не лише з новими термінами. Незвичними і складними для них є також деякі синтаксичні конструкції, які використовуються авторами цих текстів. Без спеціального ознайомлення зі специфічними синтаксичними засобами, які дозволяють на письмі висловлювати і обґрунтовувати фізичні ідеї, не можна сподіватися на успішну самостійну роботу учнів з підручником і додатковою навчальною та науково-популярною літературою.

### Література:

1. Божинова Ф.Я., Каплун С. В., Кірюхіна О.О. Фізика. 10 клас. Рівень стандарту. Зошит для лабораторних робіт і фізичного практикуму (за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.). Київ: Ранок, 2021. 48 с.
2. Андрєєв А. М., Іваницький О. І., **Тихонська Н. І.** Практикум зі шкільного фізичного експерименту : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Середня освіта» освітньо-професійної програми «Середня освіта (Фізика)». Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2021. 228 с.
3. Даценко І. П., Мінаєв Ю.П., **Тихонська Н. І.** Методика навчання мови фізики : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Середня освіта» освітньо-професійної програми «Середня освіта (Фізика)». Запоріжжя: ЗНУ, 2018. 104 с.

4. Мінаєв Ю.П., **Тихонська Н. І.** Мова фізичних задач : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНУ, 2011. 95 с.
5. Шевандрин Н.И. Психодиагностика, коррекция и развитие личности. Москва: ВЛАДОС, 1999. 512 с.
6. Гомоюнов К.К. Глобальная экологическая проблема и врачевание знаний // *Экология и жизнь*. 2001. №2. С.28–32.
7. Минаев Ю.П., **Тихонская Н.И.**, Цыганок М.Н. Углубление знаний о свойствах реальных газов при работе с альтернативными учебниками // *Физика в школе*. 1999. №5. С. 43–46.
8. Давиденко А. А. Методика розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики (теоретичні основи) : монографія. Ніжин : Аспект-Поліграф, 2004. 264 с.
9. Орлянський О. Ю. Другий етап Всеукраїнської олімпіади з фізики у Дніпропетровській області. 1999–2004 роки : практичний посібник. Дніпропетровськ : Інновація, 2005. 116 с.
10. Павленко А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач : навч.-метод. посібник. Запоріжжя : Прем'єр, 2000. 102 с.