

РОЗДІЛ II

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ УЧНІВ МОВИ ФІЗИКИ

2.1. Вимоги до “мовних” знань і вмінь учнів у шкільному курсі фізики

Процес навчання учнів фізичної мови є досить складним і проходить *поетапно*. Спочатку вона постає як предмет спеціального вивчення, далі перетворюється на засіб пізнання і набуття нових знань та вмінь, а потім використовується під час застосування знань та вмінь на практиці. Слід зазначити, що межі вказаних етапів досить умовні.

Зміст знань про мову фізики відображає таку її специфіку:

- *семантичну*, що спрямована на розкриття смислових значень елементів мови фізики;
- *синтаксичну*, що розкриває правила складання і перетворення фізичних символів, термінів, формул, графіків, схем тощо;
- *практичну*, яка озброює засобами подання засвоєних знань на мові фізики та забезпечує спілкування та розв’язування пізнавальних задач за допомогою мовлення, читання, написання, креслення та ін.

Фізична мова є засобом пізнання та опису фізичних явищ, процесів, властивостей речовини та фізичних об’єктів. Тому зміст “мовних” знань і вмінь має бути включений до шкільного курсу фізики в обсязі, що достатній для свідомого оволодіння знаннями, уміннями і навичками, передбаченими навчальною програмою з фізики [157].

Згідно з цією програмою, однією з освітніх цілей навчання є оволодіння учнями *мовою фізики* та умінням користуватися нею для аналізу інформації [157, с. 4]. Проте цей документ не містить пояснення, як розуміти словосполучення “мова фізики”. Тому розглянемо вимоги до “мовних” знань і вмінь учнів крізь призму того тлумачення поняття мови фізики, яке було сформульовано нами у першому розділі дисертації.

У програмі з фізики міститься детальний перелік вимог щодо графічних та інших невербальних умінь учнів, які вони мають опанувати. Наприклад, зазначається, що учні мають навчитися *зображати* графічно сили, *будувати* графіки швидкості та шляху у випадку рівномірного та рівноприскореного рухів, *креслити* схеми найпростіших електричних кіл, *користуватися* таблицями тощо. Таким чином, знаково-символічним засобам мови фізики, що сприймаються як просторово-одночасні (образні) структури, у програмі з фізики приділена окрема (посилена) увага. Що ж стосується тих знаково-символічних засобів мови фізики, які сприймаються як одновимірні послідовні (мовленнєві) структури, то вимоги до знань учнів сформульовані у вигляді переліку окремих понять, які учні мають знати після вивчення конкретних навчальних тем. Вимоги до вмінь обмежені переліком фізичних ситуацій, які учні повинні навчитися пояснювати, а також зазначенням того, що вони мають навчитися готувати короткі повідомлення на задану тему.

Звернемося тепер до Державного стандарту базової і повної середньої освіти, зокрема до освітньої галузі “Природознавство” [63]. Серед завдань реалізації її змісту знаходимо таке: оволодіння учнями *понятійно-термінологічним апаратом* природничих наук, засвоєння предметних знань та усвідомлення суті основних законів і закономірностей, що дають змогу описати і зрозуміти перебіг природних явищ і процесів. У стандарті, як і у програмі, виділені вимоги до таких умінь учнів, як уміння будувати таблиці і графіки [63, с. 9].

У ході аналізу цих нормативних документів виникає таке запитання: чому у вимогах до “мовних” знань та вмінь учнів мовленнєва складова мови фізики представлена лише списком термінів, які треба засвоїти, а для образних елементів чітко прописані відповідні вміння? Може справа у тому, що вміннями, пов’язаними з обробкою вербальної інформації, учні повинні оволодіти ще до початку вивчення фізики, наприклад, на уроках мови та літератури?

Дійсно, всі мовленнєві уміння, які, на нашу думку, потрібні для свідомого вивчення фізики, за державним стандартом мають формуватися на уроках мови та літератури. Зміст мовного та літературного компонентів освіти спрямовано серед іншого на досягнення належного рівня сформованості таких умінь:

- користуватися мовними засобами в усіх видах мовленнєвої діяльності;
- читати, усвідомлювати та оцінювати прочитане;
- осмислювати, планувати та реалізовувати задум висловлювання;
- самостійно працювати з текстом;
- самостійно створювати тексти;
- з'ясовувати етимологію окремих слів;
- користуватися словниками та довідковою літературою;
- висловлювати той самий зміст з допомогою різних синтаксичних засобів;
- визначати основну думку тексту;
- правильно писати слова відповідно до вивчених орфографічних правил;
- встановлювати смислові і синтаксичні відношення у реченні для обґрунтування вибору розділових знаків [63, с.2-3].

І це ще далеко не повний перелік державних вимог до рівня загальноосвітньої підготовки учнів, який нас може цікавити у зв'язку з темою дисертаційного дослідження. Але ще раз підкреслимо, що ці вимоги формулюються в тій частині стандарту, що стосується освітньої галузі “Мови і літератури”. Більш того, згідно з чинними програмами науковий стиль літературної мови, що обслуговує сферу науки, вивчається в 5 класі (!) [189, с. 93].

Виходить, що мовленнєві вміння, конче необхідні для результативного навчання учнів фізики, віднесені до іншої освітньої галузі.

Однак наші спостереження за навчальним процесом свідчать про те, що часто перенесення знань та умінь учнів із однієї предметної галузі (мови та літератури) до іншої (фізики) само по собі не відбувається. Отже, потрібно спеціально організувати відповідну “мовну” роботу на матеріалі фізики.

Тут слід зазначити, що інколи і переносити нема чого. І не тому, що в учнів з пам'яттю не все гаразд. Наприклад, фізичні тексти можуть значно відрізнятися за своєю синтаксичною структурою від тих, з якими учні мали справу, коли вивчали за шкільною програмою відповідний розділ мовознавства. Детальніше про це йтиметься у п. 2.3.1.

Тому виникає потреба у формуванні в учнів таких “мовних” знань та вмінь, які потрібні для свідомого засвоєння шкільного курсу фізики, але виявилися не сформованими з різних причин після вивчення відповідних розділів мовознавства. Звичайно, що це лише доповнення до переліку тих “мовних” знань і вмінь, який можна знайти у тій частині стандарту, яка безпосередньо стосується навчального предмета “фізика”. Але без цього доповнення виконання програмних вимог з фізики унеможлиблюється.

Займаючись розробкою основ методики навчання учнів мови фізики, ми будемо приділяти увагу обом складовим системи знаково-символічних засобів навчального предмета “фізика” (як мовленнєвій, так і образній). І це пов'язано не стільки з констатацією факту представленості обох складових мови фізики в навчальних текстах, скільки зі спільною їх участю у розумових процесах, у формуванні думки під час розв'язування пізнавальних задач. Відокремлене вивчення мовленнєвих і образних елементів мови має своїм наслідком те, що академік С.У. Гончаренко назвав “мертвими знаннями” [51]. Розділяти ці складові має сенс у дослідних цілях, а не для того, щоб примушувати їх окремо зачувати, порушуючи природний хід розумових процесів.

Спробуємо сформулювати загальні вимоги до знань і вмінь учнів, що стосуються окремих елементів мови фізики. При цьому спочатку розглянемо ті елементи, які були явно названі в означенні мови фізики, яке дали академіки О.В. Сергєєв та П.І. Самойленко [177], тобто термінологію, символіку і номенклатуру.

Термінологія. Доцільність уведення та тлумачення сутності тих чи інших термінів у підручниках і навчальних посібниках деякою мірою визначається Державним стандартом та програмою з фізики [63; 157]. Іноді рішення про те,

чи доцільно вводити певний термін, приймається безпосередньо авторами навчальних книг.

Кількість термінів, що вводяться під час вивчення фізики, зростає у міру того, як розвиваються пізнавальні можливості учнів. Так, проведений О.В. Сергєєвим та Н.Л. Сосницькою аналіз підручників з фізики свідчить, що у 7 класі учні оперують близько 160 фізичними поняттями, у 8 — вже 280 [181].

Визначення обсягу обов'язкових фізичних термінів за кожною темою та для різних за профілем навчальних груп (класів) не входило у завдання нашого дослідження. Але ми маємо зазначити, що при навчанні учнів мови фізики необхідно враховувати факт існування так званого *активного* та *пасивного* словників, на який вказують мовознавці [160, с. 136]. До активного словника учня входять ті терміни, які учень добре знає і використовує. До пасивного — ті з фізичних термінів, які учень у загальних рисах розуміє, але не застосовує у своїх повідомленнях. Однак, те, що міститься у пасиві, при необхідності згодом може перейти в актив.

Під час навчання учнів фізичної термінології формуються:

1) *знання* загальнонаукових та фізичних термінів у рамках програми, їхнього зв'язку між собою, меж застосування понять, назвою яких вони слугують;

2) *уміння* вимовляти та грамотно записувати терміни, встановлювати їхні зв'язки між собою, діставати з визначення терміна зміст відповідного йому поняття, знаходити родові поняття для даного та визначати його видові відмінності, здійснювати заміну терміна описовим зворотом, працювати з термінологічними словниками, енциклопедіями, використовувати терміни для пояснення основ фізичних теорій (наукових фактів, теоретичних моделей, законів тощо).

Звернемо увагу на те, що хоча терміни самі по собі є представниками мовленнєвої (вербальної) складової мови фізики, їх усвідомлене засвоєння не може обійтися без використання образних (невербальних) елементів системи

знаково-символічних засобів (скорочено: мови). Детальніше про це йтиметься в п. 2.2.

Перейдемо до розгляду змісту знань і вмінь, що стосуються наступного елемента фізичної мови — фізичної символіки, яка в курсі фізики в основному подана у фізичних формулах.

Символіка. Програмою передбачаються відповідні *знання*: символів для позначення фізичних величин, їх одиниць та фізичних сталих; фізичних формул та їх типів, а саме: формул, що є фактично визначальними рівняннями, які використовують для введення нових фізичних величин через відомі, та формул, що встановлюють зв'язки між фізичними величинами у відповідності до відкритих фізичних законів.

Необхідні вміння, які передбачені програмою стосовно символіки, — це *вміння* читати, тлумачити, аналізувати формули; визначати за формулою фізичний зміст сталих величин; встановлювати межі застосування формул та користуватися ними для розрахунку значень фізичних величин.

Зазначимо, що формули, на відміну від термінів, не можна вже так однозначно віднести до мовленнєвої або образної складових мови фізики. Часто формули виступають скороченим записом звичайного мовленнєвого виразу, який послідовно розгортається у часі. А ось коли, користуючись формулою, нам необхідно виразити одну фізичну величину через інші, то часто виявляється зручним уявляти собі формулу як “картинку” (образ), яку можна перетворювати за певними правилами.

Треба звертати увагу учнів на існування *синонімії* і *омонімії* у застосуванні символів для позначення фізичних величин, тобто, що одна величина може позначатися різними символами (буквами), а з іншого боку, один символ може використовуватися для позначення різних величин. Учні, які не усвідомлюють цього факту, часто роблять грубі помилки, використовуючи формули, що жодним чином не відносяться до розглядуваної ними фізичної ситуації, але містять такі самі символічні позначення, як і “потрібні” величини. У той же час необхідно привчати учнів без особливої потреби не застосовувати

незвичні для інших людей позначення. Зрозуміло, що учням про все це треба не просто сказати, а поставити їх у таку навчальну ситуацію, з якої вони б не змогли вийти без усвідомлення розглянутого нами “мовного” явища.

Підкреслюючи роль символів у когнітивному розвитку учнів, А.В. Хуторський зазначає, що з переходом учня від початкової школи до старшої кількість символічної інформації має бути збільшена [227, с. 77]. Аналіз сучасних підручників з фізики також свідчить про збільшення кількості формул, з якими учні зустрічаються при переході від основної до старшої школи.

Номенклатура. *Знання:* назв фізичних констант, рівнянь, законів, постулатів, приладів та їхніх типів; поняття про номенклатуру та її призначення у пізнанні, співвідношення між номенклатурою, термінологією та символікою.

Уміння: читати, вимовляти та тлумачити назви фундаментальних фізичних констант, рівнянь, законів, постулатів, приладів; діставати з їх назв інформацію про певні величини та поняття, про їх якісний склад та характер; здійснювати переходи від назв величин до відповідних формул, що їх поєднують, та навпаки; співвідносити міжнародні та українські назви, використовувати номенклатуру при описі та поясненні фізичних явищ, процесів, властивостей тощо.

Якщо звернутися до роботи академіків О.В. Сергєєва та П.І. Самойленка [177], де вони навели своє означення мови фізики, то в тексті можна знайти згадування про ті її елементи, які безпосередньо не названі в наведеному означенні. Йдеться про образні елементи мови фізики. Ми вже вказували на те, що їм приділяється спеціальна увага і в програмі з фізики, і у стандарті. Щоправда нам не відомо, чи розглядають автори цих документів згадані об'єкти як елементи мови фізики.

Ми, зі свого боку, намагаємося обґрунтувати доцільність включення образних знаково-символічних засобів, що застосовуються у навчанні фізики, до поняття мова фізики.

Образні елементи мови фізики. *Знання:* графіків фізичних процесів, що вивчаються у шкільному курсі фізики; зображення векторів та їх проекцій на координатні осі; конфігурацій певних фізичних об'єктів; схематичного зображення фізичних приладів та різноманітних фізичних об'єктів.

Уміння: читати графіки залежностей фізичних величин; обчислювати за графіками одних фізичних величин пов'язані з ними інші; будувати графіки зміни однієї величини за графіком зміни пов'язаної з нею іншої; будувати хід світлових променів; креслити схеми; користуватися таблицями; бачити формули як цілісні образи та подумки робити з ними деякі нескладні математичні перетворення; створювати індивідуальні образи для потреб комунікації та мислення.

Останнє назване уміння, з нашої точки зору, є найголовнішим. І принципова наша позиція полягає в тому, що розвиток такого уміння не можна відкладати на потім, посилаючись на його творчий характер. Згадаємо, як мала дитина засвоює першу (рідну) природну мову. Саме творчість у мовній сфері дозволяє їй *активно* опанувати культурні мовні норми. Зазначимо, що ідея передування дитячої символотворчості ознайомленню з “культурними аналогами” вже висловлювалася у сучасній дидактиці [227]. Ми підтримуємо цю ідею, бо на власному досвіді знаємо, що учні, які брали участь у творчій роботі щодо придумування вдалого терміна, позначення, схеми, малюнка, інакше ставляться до знаково-символічних засобів, які їм пропонуються у книжках, комп'ютерних програмах або співрозмовниками, з якими вони спілкуються на теми фізики, порівняно з тими школярами, які ніколи не займалися символотворчістю. По-перше, вони знають, на скільки це складна справа — придумати вдалий символ, а тому толерантніше відносяться до деяких вад, які помічають у результатах символотворчості інших людей. По-друге, вони-таки звертають увагу на ці вади і пропонують власні варіанти покращення знаково-символічного засобу, який їм пропонують. По-третє, активне ставлення до “культурного аналога” дозволяє їм краще його запам'ятати і потім правильно використовувати. Такі учні миттєво реагують,

якщо їм зустрічається новий, незнайомий елемент мови фізики, а також, коли хтось неправильно застосував знайомий їм елемент.

Отже, нам близьке те розуміння *критерію оволодіння мовою*, яке представлено у [243, с. 259] у вигляді переліку таких умінь: 1) користуючись цією мовою, будувати висловлювання, що виражають необхідний зміст, а також розуміти зміст чужих висловлювань; 2) бачити смислову тотожність зовнішньо різних речень (синонімію) та смислову різницю зовнішньо схожих речень (омонімію); 3) розуміти, які висловлювання в смисловому відношенні правильні та пов'язані, а які — неправильні та непов'язані.

І хоча цей критерій формулювався для мови, яку зазвичай називають природною, ми вважаємо, що він цілком підходить і до штучних мов, а також до такої складної системи знаково-символічних засобів, що використовується у навчальному процесі з фізики, і яку ми у даному дисертаційному дослідженні називаємо мовою фізики. За нашим означенням мови фізики (навчального предмета “фізика”) до неї входить не лише “штучна” складова, а і “природна”. Без знання природної мови, яку використовують у навчальному процесі, значно ускладнюється навчання навіть такого формалізованого предмета як математика. З фізикою стан справ ще гірший, бо “природна” складова мови підручників фізики помітно більша, порівняно з підручниками математики. І ці проблеми виникають навіть у випадку таких близьких мов, як українська і російська, коли одна з них є мовою повсякденного спілкування, а інша — мовою навчання фізики. Крім того, синтаксичні конструкції “природної” складової мови, якою написані підручники фізики, помітно відрізняються від тих, що зазвичай вивчаються учнями на уроках рідної мови. На це має звертати увагу вчитель, бо інакше учні не будуть розуміти навчальні тексти у підручниках і посібниках з фізики. Детальніше про це йтиметься у наступних підрозділах дисертації.

2.2. Загальні питання методики навчання учнів мови фізики

Під час реформування сучасної середньої освіти один із шляхів її удосконалення полягає у використанні досягнень психологічної науки. У пошуках ефективних методів навчання фізики треба керуватися закономірностями психічних процесів, зокрема мислення. Саме тому у п. 1.3 нами розглядалася психологічна теорія Л.М. Веккера.

Відповідно до цієї теорії у розумових процесах обов'язково беруть участь як мова мовленнєвих структур, так і мова просторових образів із відповідним міжмовним оборотним перекладом інформації. Як результат досягнення узгодження цих мов виникає думка, яка є психічним інваріантом цього перекладу. Суб'єктивне відчуття розуміння певного відношення між об'єктами розмірковування виникає за умови відшукування змісту цього відношення, який може бути виражений як за допомогою мовленнєвих структур (людина може сказати, у чому полягає суть знайденого відношення, яке вона образно уявляє), так і за допомогою образних структур (людина уявляє те, про що каже).

Щоправда, мова просторових образів у сучасному світі порівняно менше унормована, і люди нечасто наважуються демонструвати результати свого мислення за допомогою *індивідуальних* (власних) знаково-символічних засобів, які сприймаються як просторово-одночасні структури. Багатьом звичніше виражати свої думки через мовлення (за допомогою одновимірних послідовних структур).

Треба ще раз зазначити, що у загальноосвітній школі перевага поки що віддається навчанню мови мовленнєвих структур. І лише останнім часом у дидактиці почали звертати увагу на те, що треба навчати висловлювати свої думки і мовою образних структур [227].

Двомовна організація розумових процесів, про яку йдеться в теорії Л.М. Веккера, на нашу думку, може бути пов'язана з фізіологічним феноменом функціональної асиметрії мозку людини. Цей феномен, відкритий Річардом Сперрі (Нобелівська премія у галузі медицини та фізіології за 1981 р.), спрощено можна трактувати так: мозок людини складається із двох півкуль, які працюють за різними стратегіями [68, с. 125].

Подальші численні експерименти підтвердили, що півкулі мозку людини не ідентичні ні в анатомічному, ні у функціональному відношенні. У більшості людей права півкуля переробляє інформацію цілісно та одночасно, а ліва — аналітично та послідовно. При цьому кожна із півкуль має як сильні, так і слабкі сторони, та вносить свій вклад у мислення [22, с. 179].

Отже, мозок людини функціонує як одне ціле та поєднує обидві стратегії обробки інформації [166, с. 166]. Зазначені стратегії необхідні та взаємодоповнюють одна одну в цілісному розумовому процесі. Цей процес включає обмін інформацією між півкулями мозку людини. Таким чином, теорія функціональної асиметрії мозку, як нам здається, принаймні не вступає у суперечність з тим поглядом на психологічний механізм мислення, який був сформульований Л.М. Веккером.

Знання психофізіологічних основ розумових процесів та законів їх функціонування є необхідним для правильного вибору методів та форм навчання. Однак зазначимо, що незважаючи на світову відомість Л.М. Веккера, розроблена ним єдина теорія психічних процесів не знайшла поки що адекватного відображення у методиці навчання фізики.

Виходячи із вищезазначеного, у цьому підрозділі розглядатимуться загальні питання пропонованої нами методики навчання учнів мови фізики, розробка якої ґрунтується на єдиній теорії психічних процесів Л.М. Веккера.

Щоб учні могли думати у ході навчального процесу, пов'язаного з вивченням фізики, їм потрібне ефективне знаряддя аналізу і розв'язування пізнавальних задач. На нашу думку, ним може стати мова фізики, яку ми розглядаємо як систему знаково-символічних засобів. Ці засоби, як зазначалося нами у підрозділі 1.1, можуть сприйматися і як одновимірні послідовні мовленнєві структури (фізичні терміни, фізичні символи, слова номенклатури, ключові слова в умовах фізичних задач та ін.), і як просторово-одночасні образні структури (графіки, схеми, діаграми, зображення, наочні моделі тощо). Ідея їх взаємодії у ході розумових процесів представлена на рис. 2.1. Лише при узгодженні зазначених складових мови фізики можна сподіватися, що вона стане внутрішнім знаряддям розумової діяльності учнів.

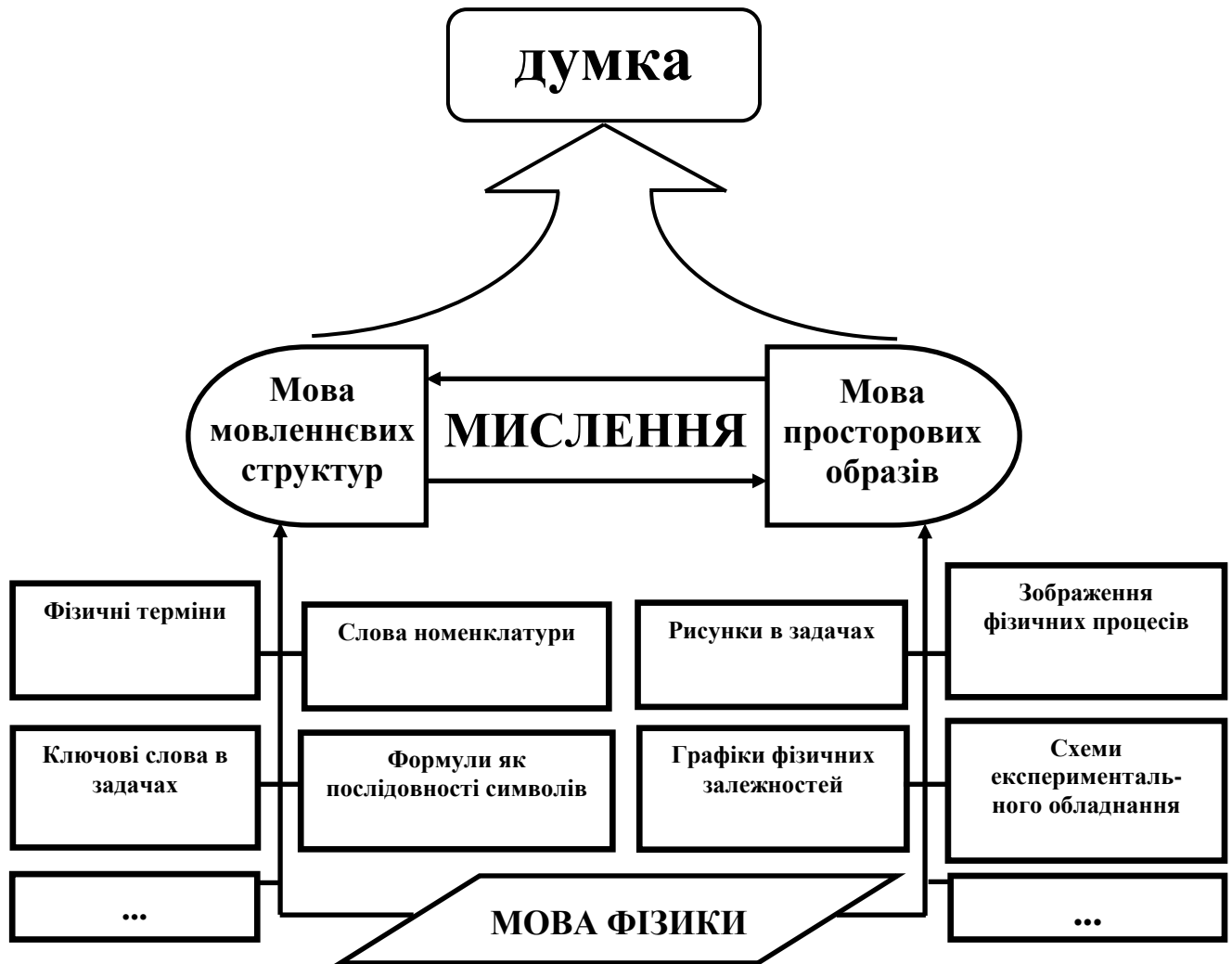


Рис. 2.1. Компоненти мови фізики та організація розумового процесу

Під час навчання учнів мови фізики належну увагу повинен отримати кожен з її компонентів, а також має бути простежений важливий для розуміння навчального предмета зв'язок між ними. Тому у подальшому викладі дисертаційної роботи головна увага буде спрямована на питання набуття учнями навичок узгодження двох складових мови фізики (мовленнєвої і образної). Але наразі звернемося до розгляду особливостей образної складової, про яку зазвичай не згадують, формулюючи означення мови фізики.

Разом із мовою слів у фізичній науці широко використовується *графічна мова*, яка нами розглядається як складова мови фізики. Ця мова цінна тим, що дозволяє зробити доступним для огляду великі об'єми інформації. Інколи без

графічної мови надто складно подати фізичну інформацію так, щоб її зрозуміла інша людина.

Говорячи про наочність та образність, слід мати на увазі, що вона може бути різною. У випадку електромагнітних явищ, і тим паче будови атома (за Резерфордом та Бором), наочність принципово відрізняється від тієї, з якою учні зустрічалися, наприклад, під час вивчення механіки Ньютона. Якщо рух макроскопічних тіл учні можуть безпосередньо спостерігати, то індивідуальні (власні) образи Резерфорда та Бора можна засвоїти (привласнити), лише вивчаючи відповідний розділ фізики.

До мови просторових образів можна віднести такі її елементи, як графіки фізичних залежностей, схеми, діаграмами, зображення у задачах, наочні моделі тощо.

Поняття про *графік* функції та особливості графіків деяких елементарних функцій, а також правила їх побудови є предметом спеціального вивчення в курсі математики. Проте, треба потурбуватися про перенесення цих знань на фізику. Зображенню графіків фізичних залежностей та їх інтерпретації ми приділяємо значну увагу у своїй методиці. Про роль, яку відіграють навички побудови та інтерпретації графіків при розв'язуванні фізичних задач, йтиметься у п. 2.3.2.

До елементів мови фізики ми також відносимо *таблиці*. В них виділяється заголовна частина — перший рядок чи стовпчик, або обидва разом. Тіло таблиці здебільшого розграфлюють вертикальними й горизонтальними лініями. Через це у такій таблиці легко простежувати відповідність між її внутрішніми елементами та елементами заголовної частини. Якщо відомості, якими заповнюватиметься тіло таблиці, залежать лише від одного параметра, то заголовним обирають тільки один рядок (або стовпчик), і таку таблицю називають таблицею із одним входом. В іншому випадку, коли заголовними є і перший рядок, і перший стовпчик, таблицю називають таблицею із двома входами (прикладом може бути психрометрична таблиця).

Умовно таблиці можна поділити на види: класифікаційні, порівняльні та функціональні. У класифікаційних таблицях, як правило, відображають результати простого поділу чи класифікації понять.

Порівняльні таблиці мають головне призначення в тому, щоб найбільш зручно представити результати зіставлення окремих сторін або структурних елементів тих об'єктів, що порівнюються. Особливо корисні такі таблиці для порівняння таких об'єктів, в яких спостерігається певна аналогія. Наприклад, доцільно за допомогою таблиці робити порівняння величин, що описують поступальний та обертальний рухи. Тоді в учнів з'являється можливість логічно пов'язувати матеріал, що сприяє його запам'ятовуванню.

У функціональних таблицях, як правило, відображають певну залежність фізичних величин через подання відповідних значень залежних і незалежних величин. Учні повинні навчитися розуміти інформацію, що подана у таблицях. Але це потребує спеціально організованої роботи.

Ще один підвид просторових елементів мови фізики представляють *діаграми*. У шкільному курсі фізики застосовуються такі види діаграм, як лінійні, стовпчасті та кругові. За допомогою лінійних і стовпчастих діаграм стають більш доступними для огляду статистичні дані. Це значно полегшує процес порівняння останніх. Відмінною особливістю кругових діаграм є те, що їх, здебільшого, використовують для візуалізації співвідношення цілого і частин. Ціле зображають кругом, а окремі частини цілого — секторами круга.

До мови просторових образів можна також віднести схеми. У загальному розумінні, *схема* — це креслення, що зображує систему. Схемою також може називатися зображення чи опис у загальних, основних рисах (попередній ескіз, план).

Власне графічні схеми (наприклад, принципові схеми радіоелектронних пристроїв або оптичні схеми) широко застосовуються у відповідних розділах шкільного курсу фізики. Графічні або візуальні схеми за умов використання в них знайомих учням образів або деяких предметних чи сюжетних рисунків

можуть доступно передавати сутність навчального змісту і без застосування на схемі будь-яких словесних елементів.

З іншого боку, доцільно використовувати і схеми, що містять слова (наприклад, назви законів) та символи (окремі чи у складі формул). Такі схеми можуть являти собою плани діяльності та ін. У них графічні елементи є домінуючими. Саме через їх взаємне розташування і зв'язок передаються істотні моменти змісту. Елементи такої схеми візуально поєднані, наприклад, стрілками. Вербальний матеріал здебільшого міститься у схемі у вигляді вставок, розміщених у графічних контурах.

Такі схеми нами розробляються і впроваджуються в навчальний процес, бо вони виступають потужним знаково-символічним засобом як при вивченні нового теоретичного матеріалу, так і під час розв'язування задач. Методика їх застосування буде подана у п. 2.5.

До мови просторових образів відносяться і зображення реальних предметів (наприклад, обладнання), макети й конструкції. У навчанні фізики вони використовуються у функції замісників матеріальних об'єктів, що вивчаються.

Ілюстративний матеріал підручників і посібників з фізики також можна віднести до образного компонента мови фізики. Він призначений для того, щоб забезпечувати разом із вербальним матеріалом найповніше засвоєння учнями навчального змісту.

Лише узгоджене поєднання мовленнєвих та образних елементів мови фізики може бути основою успішного навчання учнів фізики та розвитку їхнього мислення, бо фізична думка народжується у процесі оборотного перекладу між двома компонентами фізичної мови. Коли учень не може уявити, про що говорить учитель на уроці, чи про що йдеться у підручнику, тоді виникає необхідність у свідомому пошуку адекватного перекладу інформації з мови слів на мову образів. З іншого боку, коли учень не може сказати, хоча потенційно і уявляє ситуацію — виникає потреба у свідомому зворотному перекладі з мови образів на мову слів. Саме міра оборотності перекладу між

двома компонентами фізичної мови детермінує відчуття ступеня розуміння навчального матеріалу.

Навчання учнів мови фізики доцільно здійснювати на навчальних заняттях різних типів, які зазвичай умовно поділяються на уроки вивчення теоретичного матеріалу, уроки розв'язування задач та уроки виконання фізичного експерименту. Такий поділ напрямків навчання мови фізики поданий на рис. 2.2. Змістове наповнення цих напрямків буде детальніше розглядатися у пункті 2.3.

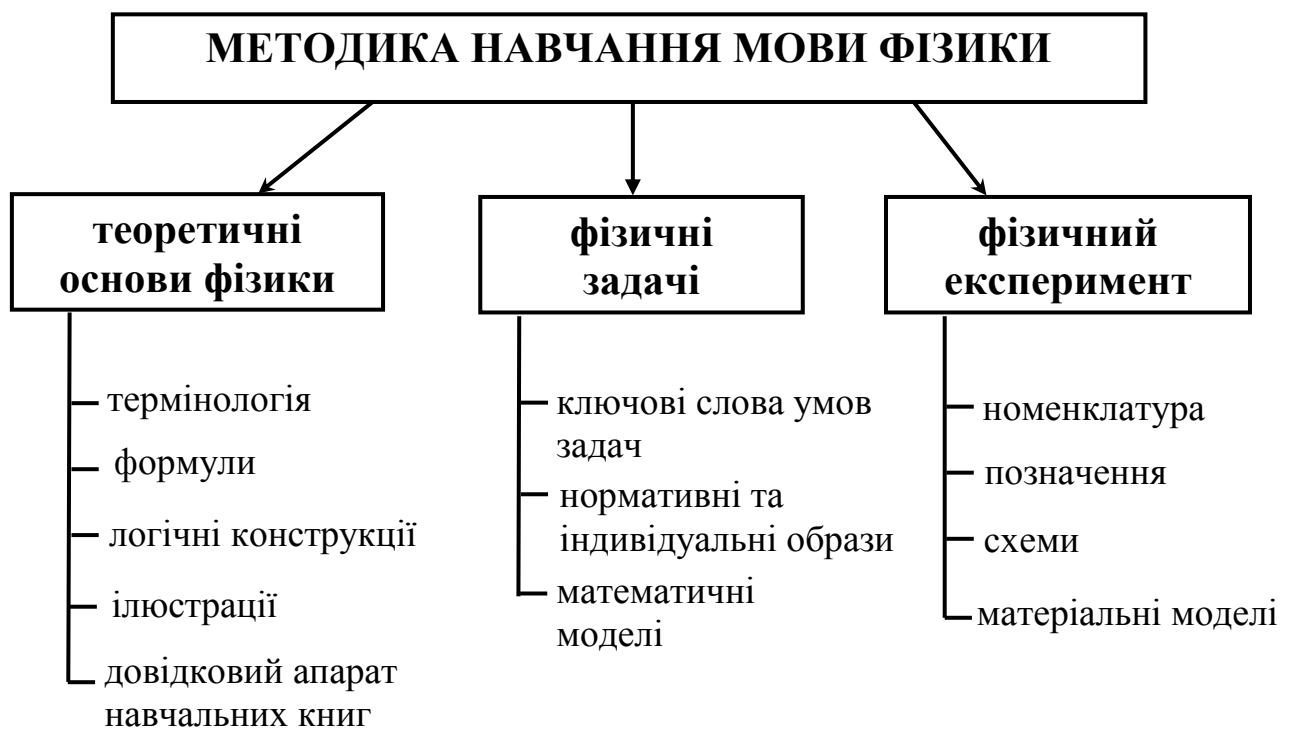


Рис. 2.2. Напрямки навчання мови фізики за типами уроків

Наразі зазначимо, що організацію навчання учнів мови фізики пропонуємо проводити у режимі, який будемо називати *середовищним*.

На нашу думку, така назва має відбивати ідею про створення на уроках фізики відповідного *мовного середовища*. А потреба у цьому середовищі є, і це підтверджується встановленим психологами положенням про те, що оволодіти мовою можна лише в результаті активного її використання [43; 107].

Однією з головних матеріалізованих складових цього мовного середовища за нашою методикою має стати система завдань, спрямованих на

формування в учнів умінь сприймати, переробляти та подавати фізичну інформацію у різних формах (способах її кодування). Ці вміння необхідні учням для того, щоб розуміти зміст навчальних текстів, розв'язувати теоретичні та експериментальні фізичні задачі.

На необхідність уведення у навчальну діяльність завдань на перекодування інформації неодноразово звертали увагу як психологи (Л.В. Занков [75], Н.Г. Салміна [173], А.М. Сохор [193], Л.М. Фрідман [221] та ін.), так і учені-методисти (Є.В. Коршак, В.Г. Нижник, В.Д. Сиротюк [135], І.В. Сальник [175], Н.А. Тарасенкова [203] та ін.). У їхніх роботах доцільність використання у навчальному процесі таких завдань пояснювалася тим *емпіричним* фактом, що ці завдання допомагають учням повноцінно засвоювати навчальний матеріал. При цьому було встановлено, що такий переклад виявляється для багатьох учнів надто складним [174, с. 89].

Спроба *теоретичного* обґрунтування важливості організації вищезазначеного тренування учнів для їх результативного навчання була зроблена у п.1.3. нашої дисертації на основі встановленої Л.М. Веккером [35] психологічної специфічності організації розумових процесів. Нагадаємо, що ця специфіка полягає у тому, що мислення відбувається як процес оборотного перекладу інформації між мовою мовленнєвих структур та мовою просторових образів. У ході такого неперервного перекладу зміст думки формується, доки не стане певним інваріантом, що і дозволяє його виявити, відділивши від форми. Після цього процес мислення припиняється, виникає відчуття розуміння і думка може бути сформульована у різних формах.

Приклади конкретних завдань будуть наведені у підрозділах 2.3 та 2.4. У першому з них розглядатимуться “мовні” завдання, які спрямовані на засвоєння учнями теоретичного матеріалу, а також на формування умінь, необхідних для успішного розв'язування задач та проведення фізичного експерименту. У другому йтиметься про створення на основі цих завдань відповідної тренувальної бази з використанням новітніх інформаційних технологій.

Наприкінці цього підрозділу дисертаційної роботи коротко зупинимося на питаннях, пов'язаних з урахуванням вікових та індивідуальних особливостей учнів, а також з поділом завдань навчання між основною і старшою ланками середньої школи.

Ми лише коротко зупинимось на цих питаннях не тому, що вони прості, а навпаки — надто складні. І ми не впевнені, що вони можуть бути розв'язані у найближчі десять-п'ятнадцять років. Їх розв'язання, як це нам уявляється, потребує не лише додаткових серйозних психолого-дидактичних досліджень, а й принципових змін в організації всього навчально-виховного процесу у середній школі, зокрема у відношенні до планування роботи вчителя і учнів, а також до процедури оцінки їхньої діяльності з боку адміністрації навчального закладу та інших керівних органів освіти.

Але все ж таки деякі загальні поради дати вчителям можна і зараз.

По-перше. “Мовну” роботу треба розпочинати з першого уроку. Якщо такий урок у даному класі не є першим уроком вивчення фізики для Ваших учнів, то треба зробити діагностику їхнього рівня володіння мовою фізики на предмет того, чи достатній він для результативного опрацювання викладеного у підручнику матеріалу чергової навчальної теми. У подальшому таку діагностику треба буде проводити перед вивченням кожної нової теми. За результатами діагностики необхідно організувати роботу з ліквідації виявлених недоліків, залучаючи собі у помічники найбільш підготовлених учнів. Така робота, як показує досвід, може затягнутися, але відмова від неї — прямий шлях до нерозуміння учнями фізики. Якщо Ви — перший учитель фізики для Ваших учнів, то від діагностики теж не варто відмовлятися, але це буде діагностика загальних “мовних” навичок, необхідних для успішного вивчення декількох перших тем.

Тут є принаймні дві проблеми. Одна з них полягає в тому, що багатьом учням не дуже до вподоби, коли їх починають перевіряти на першому ж уроці. Тому бажано діагностику провести в ігровій формі. Друга проблема пов'язана з так званим календарним плануванням. Треба відвести якомога більше часу на

ліквідацію “мовних” недоліків, які виявляться під час діагностики. Зазначимо, що до “мовних” недоліків ми відносимо і проблеми в учнів з мовою математики у тій частині, де вона органічно входить до мови фізики (за нашим означенням).

На користь запропонованого підходу свідчать як математичне моделювання процесу накопичення знань [115; 125], так і експериментальні дослідження, у яких дисертант брав участь [89]. Пам’ятайте: щоб мова фізики стала для Ваших учнів надійним знаряддям комунікації та розв’язування пізнавальних задач, вона спочатку має стати предметом навчання.

По-друге. Дайте можливість учням *активно* оволодівати мовою фізики. Вони не мусять боятися зробити помилку при перших спробах пояснити те чи інше явище, використовуючи ще незвичні для них терміни. Спонукайте їх до власних роздумів над необхідністю введення того чи іншого поняття. Привчайте до ініціативи у створенні власних знаково-символічних засобів для кращого пояснення товаришам теоретичного матеріалу, задуму експерименту чи розв’язку задачі. Організуйте порівняльний аналіз результатів символотворчості учнів з культурно-історичними аналогами (за методикою А.В. Хуторського [227]).

По-третє. Пам’ятайте про двомовний характер мислення. Не примушуйте дослівно заучувати означення фізичних понять. Організуйте роботу з новими поняттями так, щоб склався образ, який відповідає словам означення. Оцінюйте рівень засвоєння поняття не за швидкістю і точністю відтворення означення, що наведене у підручнику, а за результатами відповідей на незнайомі для учнів запитання, що стосуються цього поняття, та за успішністю виконання відповідних нових вправ, у яких застосовуються як мовленнєві, так і образні знаково-символічні засоби (елементи мови фізики). Пропонуйте учням будувати власні означення нових понять і порівнювати їх з тими, що наведені у підручнику.

По-четверте. Пам’ятайте про існування індивідуальних особливостей учнів щодо способів сприйняття і переробки інформації. Одним зручніше “просуватися”, перебудовуючи образні структури та порівнюючи їх потім із

мовленнєвими, а іншим навпаки — вони віддають перевагу “рухові” у мовленнєвих структурах з періодичним поверненням до образних, щоб з’ясувати чи не утворився вже той інваріант, який можна і уявити (образ), і про який можна сказати (мовленнєва структура). Треба допомогти кожному учневі усвідомити свої природні особливості та пов’язані з ними уподобання щодо способу сприйняття і переробки інформації [90; 92].

По-п’яте. У більшості учнів, які тільки розпочинають вивчати шкільний курс фізики, формальні операції (за Піаже) ще не сформовані, хоча вікова межа, на яку вказував швейцарський психолог (11-12 років), уже пройдена. Більш того, виявилось, що половина людей взагалі ніколи не переходить на цю стадію когнітивного розвитку [111; 159]. З іншого боку, вивчення фізики на рівні конкретних операцій (за Піаже) — марна трата часу. Це підтвердили і наші дослідження [6].

Треба пам’ятати, що перехід на стадію формальних операцій сам по собі (із фізіологічним дорослішанням людини) не відбувається. Необхідним є спеціально організоване навчання, у якому одне з найважливіших місць займає навчання знаково-символічних засобів предметів фізико-математичного циклу. За умови організації такого навчання, як свідчить наш досвід, можна перевести більшість учнів на потрібну для результативного навчання фізики стадію когнітивного розвитку ще у межах основної школи. У такому випадку навчання мови фізики у старшій школі проходить без особливого контролю з боку вчителя, бо учні вже навчилися відрізняти те, що вони розуміють, від того, що їм не ясно, а усвідомивши свою проблему, або вирішують її власними силами, або звертаються за допомогою, конкретно формулюючи суть питання.

У протилежному випадку — вчителю доводиться займатися із старшокласниками тими речами, які вони мали опанувати ще в основній школі, бо без них результативно вивчати фізику у старшій школі не має ніякої можливості.

Перейдемо далі до розгляду організації проведення роботи з навчання учнів мови фізики на заняттях різних типів.

2.3. Особливості засвоєння учнями мови фізики на навчальних заняттях різних типів

2.3.1. Мова фізики при вивченні теоретичного матеріалу

Під час вивчення теоретичного матеріалу з фізики треба звертати увагу учнів на існуючу специфіку фізичної термінології, яка створює певні труднощі для розуміння і свідомого засвоєння навчального предмета.

- *Побутова лексика та терміни.* Учні, які розпочинають вивчати фізику як навчальний предмет середньої школи, вже мають досить багатий словниковий запас. Певна річ, кожен учень ще до вивчення фізики вже оперував такими словами як швидкість, енергія, робота, сила, потужність та ін. Вони запам'ятовувалися разом з іншими словами у почутих фразах при спілкуванні, з книжок чи телебачення, часто механічно, без заглиблення у суть.

За роки існування фізичної науки її поняття поширилися в мові побутового спілкування. Отже, ще до будь-якого знайомства з фізикою в учнів уже є якісь побутові поняття, які позначені тими ж словами, що і поняття фізичної науки. Але, як зазначає Д.Т. Кривенко, негативний вплив повсякденної мови призводить до плутанини у наукових поняттях [102, с. 90].

Спостерігаючи за навчальним процесом, можна помітити, що учні на уроках фізики часто намагаються будувати свої міркування з опорою на власні життєві уявлення. При цьому вони використовують слова, що є фізичними термінами, але розуміють їх у побутовому значенні. Аналіз учнівських письмових та усних відповідей свідчить про широке використання фраз подібних до такої: “робота виконується, бо витрачається сила”.

З метою запобігання таких недоліків в усному та письмовому мовленні учнів пропонуємо такий тип вправ:

Вправа “Цього не можна”. Позначте словосполучення, які не застосовуються з наступними термінами:

- 1) *прискорення*: а) викликати ~; б) набувати ~; в) запасати ~; г) надавати ~.

2) *сила*: а) прикладати ~у; б) придбати ~у; в) додавати ~у; г) витратити ~у.

3) *енергія*: а) запасати ~ю; б) здійснювати ~ю; в) передавати ~ю;

г) придбати ~ю.

4) *коливання*: а) збуджувати ~; б) підтримувати ~; в) модулювати ~;

г) докладати ~.

5) *напруга*: а) створювати ~у; б) надавати ~у; в) прикладати ~у;

г) знаходитися під ~ю.

Складати такі вправи можна за допомогою двомовних фізичних словників, у яких є приклади застосування фізичних термінів. Так, нами був використаний словник [170], який може застосовуватися для засвоєння учнями фізичної термінології.

• *Терміни та іноземні мови.* У назвах термінів відображений зміст тих понять, які вони позначають. Для прикладу розглянемо явище, що спостерігається у коливальній системі, на яку діє зовнішня гармонічна сила. Якщо повільно змінювати частоту цієї сили (при сталій амплітуді), то при наближенні частоти зовнішньої сили до частоти власних коливань системи амплітуда вимушених коливань різко зростає. Коливальна система починає мовби “відкликатися” на дію зовнішньої сили. Щоб відбити існування цього явища в теорії коливань, йому потрібно було надати спеціальну назву. В основу такої назви і був закладений цей “відклик”, який привернув увагу дослідників. Так виникло поняття про резонанс (фр. *resonance*, від лат. *resono* — відкликаюсь).

Висвітлюючи питання про відповідність буквального значення терміна його дійсному значенню, Д.С. Лотте — відомий дослідник проблем наукової термінології — відокремлював три основні групи термінів: правильно орієнтуючі, нейтральні та хибно орієнтуючі [108, с. 24-25]. Чим більше буквальне значення слова, яке використовується як термін, відповідає змісту того поняття, що позначається цим терміном, тим він буде більш точно орієнтуючим.

Наукові терміни, в яких важко розпізнати буквальне значення, є

нейтральними. У більшості випадків нейтральні терміни є запозиченими з інших мов, що складаються з таких терміноелементів, які етимологічно незнайомі учням. Так, нейтральним терміном для багатьох учнів є термін “інтерференція”.

Розвиток фізики приводить до розвитку її понятійного апарату, збагачує зміст понять. Фізичні терміни мають переважно іноземне походження, бо інтерес до цієї науки виник дуже давно й у різних народів. Розкриття вихідного значення фізичних термінів часто запобігає їх хибному тлумаченню, сприяє свідомому засвоєнню фізичних знань. Але сучасні учні, які навчаються у середніх загальноосвітніх закладах, ні латиною, ні грецькою мовою не володіють. Вони у багатьох випадках не можуть навіть пов’язати новий для себе фізичний термін зі словом тієї іноземної мови, яку вивчають за шкільною програмою.

З метою звернення уваги учнів на позитивному моменті у з’ясуванні етимології (походження) фізичних термінів пропонуємо їм виконувати такий тип вправ.

Вправа “Встановлення етимології”. Підберіть до кожного з наступних термінів відповідне слово з тих, що пронумеровані, та запишіть його порядковий номер:

Інтерференція –

Дифракція –

Індукція –

Дисперсія –

Когерентність –

1) накладання, 2) розсіювання, 3) розкладання, 4) узгодження, 5) заломлення, 6) огинання, 7) взаємодія, 8) додавання, 9) наведення, 10) порівняння.

Цей тип вправ непростий для учнів. Так, наведений тут приклад був використаний у текстах завдань відкритої олімпіади, яка проходила у 2003 році для абітурієнтів фізичного факультету Запорізького національного університету. В цій олімпіаді брали участь 60 учнів одинадцятих класів м. Запоріжжя та Запорізької області.

Виявилось, що рівень складності кожного із запропонованих завдань у вправі значно відрізняється. Так, правильно підібрав пару до першого терміна тільки один з учасників олімпіади. Інші не пов'язували явище *інтерференції* із взаємодією. Найчастіше серед невірних відповідей зустрічалися — додавання та накладання. Ми пов'язуємо цей факт з таким визначенням інтерференції як процесу взаємного підсилення або послаблення хвиль при їх накладанні одна на одну. До другого терміна правильно підібрав пару 31 учень, до третього — 22, до четвертого — 15 та до п'ятого — 32 учні.

- *Теорія та терміни.* Поява того чи іншого терміна спричиняється необхідністю закріпити назвою певне поняття. Але наукові поняття не з'являються самі по собі. Вони виникають і “живуть” у певних теоріях. Так, для пояснення конкретного фізичного явища необхідно висунути відповідну гіпотезу, а потім її підтвердити чи спростувати експериментально. Так виникають фізичні ідеї та уявлення. Щоб їх якось зафіксувати, полегшити оперування ними, потрібні терміни. Якщо фізична теорія була відхилена за наслідками експерименту, її часто відкидають разом з термінами, які з'явилися у цій теорії. Так відбулося з поняттям теплецю у молекулярній фізиці, яке тепер не використовується.

Іноді терміни одних теорій “перекочовують” в інші, нові. Так сталося з терміном “атом”, що у Левкіппа та Демокріта позначав неподільні частинки, з яких за їхнім ученням складаються усі існуючі речовини. Такий вибір терміна був пов'язаний з тим, що “атом” у перекладі з грецької як раз і означав “неподільний”. У сучасних теоріях цей термін використовується для позначення структурних частинок хімічних елементів, але ці частинки тепер не розглядаються як неподільні. На цьому хрестоматійному прикладі добре видно, що термінологічна робота має супроводжуватися ознайомленням учнів з історією фізики, а іноді не обійтись і без розгляду питань, пов'язаних з іншими науками. Причому йдеться не тільки про природничо-математичні науки. У даному випадку корисно звернутися і до лінгвістики. Таке звернення допоможе учням у подальшому легше засвоювати терміни (не лише фізичні) з префіксом

a-, який означає *заперечення, відсутність* (алогічний, асиметричний, ахроматичний тощо), а також з коренем *-том-*, який відповідає словам *поділ, розтин* (дихотомія, трихотомія, мікротом тощо).

Хоча термін “атом” у сучасній науці з погляду на його походження можна віднести до хибно орієнтуючих термінів (за термінологією Д.С. Лотте), це не означає, що має сенс приховувати від учнів його етимологію, намагаючись у такий спосіб перевести цей термін до розряду нейтральних.

Побудова означень фізичних понять, навіть якщо відповідні терміни знаходяться в активному словнику учня, часто не проста для нього справа. Тому коротко зупинимося на розгляді цього питання.

Означення є концентрованим, логічно оформленим вираженням змісту понять. Виклад фізичної теорії розпочинається часто саме із введення означень, щоб окреслити, про які саме об’єкти йтиметься. У процесі розвитку фізичної теорії означення понять збагачуються, уточнюються, вдосконалюються. Більш точні означення понять утворилися в теоріях, які досягли вищого розвитку.

Цей факт у поєднанні з попередніми висновками необхідно враховувати вчителям під час роботи, спрямованої на оволодіння учнями понятійним апаратом фізики. Якщо на певному ступені навчання теорія у повному обсязі недоступна учням, слід утримуватися від найбільш точних означень розглядуваних у ній понять. Але про це учні повинні знати. Необхідно вказувати їм на те, що введені означення є не зовсім точними, однак достатні для успішного розв’язання певного класу задач.

Якщо учнів спочатку примушувати заучувати “правильні” означення, вони їх запам’ятають, але *механічно*, бо ще не в змозі усвідомити зміст самого поняття чи окремих слів, які входять до його означення. Тоді спостерігається явище, коли деякі важливі слова несподівано зникають з означень фізичних понять при формулюванні їх учнями. Учителю треба звертати увагу на подібні речі, формуючи в учнів фізичні поняття та сприяючи засвоєнню ними відповідних термінів.

Для того, щоб учні оволоділи правилами означення понять через найближчий рід та видову відмінність, пропонуємо їм скласти таку таблицю: у першому стовпчику таблиці треба записати терміни певного розділу підручника, у другому — найближчий рід, до якого належить поняття, що позначається терміном з першого стовпчика, в третьому — видову відмінність даного поняття від інших, що належать до даного виду.

Таку роботу доцільно проводити наприкінці вивчення теми. Учні працюють вдома з термінологічними словниками та додатковою літературою. Таблиці оформляються на альбомних аркушах та подаються на перевірку за декілька днів до закінчення вивчення певної теми. Аналіз та оцінювання відбувається на заключному уроці. На перших етапах вивчення фізики така робота дозволяє учням систематизувати матеріал, сприяє свідомому запам'ятовуванню термінів, закріплює вивчені поняття, розвиває їхні інтелектуальні здібності та самостійність у роботі.

Для прикладу наведемо окремі фрагменти таблиці, складеної учнем 7 класу:

Таблиця 2.1

Приклад таблиці, складеної учнем 7 класу

<i>Термін</i>	<i>Найближчий рід</i>	<i>Видова відмінність</i>
Механічний рух	рух	при якому відбувається зміна положення тіла відносно інших тіл
Тіло відліку	тіло	відносно якого визначається положення даного тіла
Траєкторія	лінія	яку описує тіло під час руху
Шлях	довжина	ділянки траєкторії, що пройдена тілом за певний проміжок часу
Курвіметр	прилад	для вимірювання довжини кривих ліній на планах і картах

На окрему увагу заслуговує і *фізична символіка*, яка використовується

для позначення фізичних величин, їх одиниць, фізичних сталих, приладів (для схематичного позначення на схемах), знаків на обладнанні (наприклад, для зазначення класу точності та ін.) тощо.

Для того, щоб учні розуміли текст, записаний формалізованою мовою, вони повинні знати символи, вміти їх читати, а також знати правила інтерпретації набору певних символів. На це повинна бути спрямована організація діяльності учнів.

Мова фізики має спільні елементи з мовами інших наук. За допомогою математичних понять, термінів та символів стало можливим компактно подати фізичні знання, записати основні встановлені закони. Під час вивчення молекулярної, атомної та ядерної фізики не обійтися без хімічних символів — позначень хімічних елементів. Тому виникає потреба у налагодженні міжпредметних зв'язків. Про організацію цієї роботи детальніше йтиметься у п. 2.6.

Вчитель має звернути увагу учнів та те, що одна й та сама фізична величина може позначатися різними символами в залежності від загального контексту. Але треба сказати учням і те, що унормований перелік як основних, так і резервних символів (які використовуються, якщо основний символ фізичної величини вже використаний для позначення іншої величини) наведений у державному стандарті України [65].

Одиниці фізичних величин також позначаються спеціальними знаками. Але у цьому випадку варіації не передбачені. Існують десяткові кратні і частинні одиниці. Вони утворюються за допомогою спеціальних множників, а їх назви і позначення — з назв і позначень вихідних одиниць за допомогою відповідних префіксів. Ці множники, префікси та їх позначення унормовані у державному стандарті України [64].

Під час першого знайомства учнів з певним символом фізичної величини часто існує можливість пояснити його походження. Так, більшість фізичних величин прийнято позначати латинськими літерами, які є першими у назвах

відповідних термінів. У деяких випадках латинська назва величини аналогічна англійській її назві (можна провести аналогію і з іншими іноземними мовами).

Проілюструємо ідею роботи з символічною інформацією. На першому етапі вивчення механіки учням можна повідомити про те, що *сила* як фізична величина позначається літерою *F*, бо це перша літера в англійському слові *force*, що перекладається як сила; *прискорення* — літерою *a* від англійського слова *acceleration*, що у перекладі відповідно означає прискорення, *швидкість* — *v* від англійського *velocity*, що у перекладі — швидкість. Далі наводиться наступна низка слів: *велосипед*, *акселератор*, *акселерація*, *форсування* та пропонується учням самостійно встановити певні зв'язки з відповідними фізичними термінами, а також розкрити їх значення.

Інколи у ході такої роботи учні, що ухопили ідею, пропонують власно підібрані слова та аналогії. А.В. Хуторський пропонує проводити *уроки символотворчості* [227, с. 373]. Мета таких уроків полягає у пошуку та побудові учнями зв'язків між певними об'єктами та їхніми символами. Важливе місце на них займають пояснення та тлумачення учнями власно отриманих “символів”.

Цілеспрямоване формування різних за характером “мовних” умінь та навичок можна ефективно здійснювати за умови використання різних методичних прийомів. Розглянемо організацію роботи з використанням таких прийомів на прикладі спеціально сконструйованих вправ, що сприяють свідомому засвоєнню та застосуванню мови фізики.

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) [237, с. 158]. Проведені експерименти свідчать, що знання, вміння і навички, які здобуті без розуміння, дуже швидко втрачаються [116, с. 166]. Тому “зубрячка” фізики та її мови — 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 [49]. 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 далі деякі специфічні риси наукового тексту з фізики. Науковий текст, на відміну від, наприклад, поезії, не має властивої їй сили інтонації та ліричного натиску [96, с. 18]. Наукова література має на меті показати щось наперед визначене, яке не терпить багатозначності, а тому обмежене певною логікою у викладі, правилами використання вербальних і невербальних знаків. Але ми вважаємо, що провести чітку межу між логічним і емоціональним мовленням практично неможливо. Логічне мовлення може мати емоційні відтінки, а емоційне мовлення може бути логічно побудованим. Тому мова навчального тексту з фізики не повинна бути позбавлена образності та емоційності. Так, видатний фізик-теоретик Я.І. Френкель указував на те, що не вважає за потрібне писати книги та наукові статті “суконною мовою” [220].

Право користування образною мовою, метафорами, порівняннями, аналогіями не повинне бути монополією поетів та письменників. Для того, щоб мова фізики виступала стимулом розвитку пізнавальних інтересів учнів, необхідно, щоб мова навчальних текстів і вчителя була їм зрозумілою. Досягнути відчуття розуміння в учнів-читачів можна за рахунок використання у підручниках поряд з формально-словесним текстом великої кількості ілюстрацій різного типу (графіків, діаграм, схем, фотографій, рисунків тощо).

За час вивчення шкільної фізики потрібно навчити учнів розуміти навчальні тексти. Це необхідно їм і для успішного продовження подальшої освіти, наприклад, під час навчання у вищому навчальному закладі. У межах

досліджень, що проводяться під керівництвом Ю.П. Мінаєва і пов'язані з розробкою технології підготовки учнів до продовження фізичної освіти у вищих навчальних закладах, автор дисертації був залучений до розробки спеціальних вправ, спрямованих на засвоєння учнями прийомів осмислення навчальних текстів з фізики [126].

Розглянемо ідею двох типів таких вправ.

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 [146].

Приклад вправи. *Уважно прочитайте текст і твердження, які наведені після нього. Якщо, на Вашу думку, твердження узгоджується із текстом, то у бланку для відповідей треба поставити у відповідному місці “+”, а якщо не*

узгоджується, то “–“. Якщо Ви вагаєтесь із відповіддю, то треба поставити “0”.

Текст: Енергію руху і взаємодії частинок, із яких складається тіло, називають внутрішньою енергією тіла. Внутрішня енергія тіла не залежить ні від механічного руху тіла, ні від положення цього тіла відносно інших тіл. При підвищенні температури внутрішня енергія тіла збільшується, оскільки збільшується середня швидкість, а значить, і кінетична енергія молекул цього тіла.

Внутрішню енергію тіла можна змінити двома способами: виконанням механічної роботи або теплопередачею. Перенесення енергії від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих у результаті теплового руху і взаємодії частинок називається теплопровідністю. При цьому дуже важливо зазначити, що при теплопровідності сама речовина не переміщується від одного кінця тіла до іншого.

Різні речовини мають різну теплопровідність. Залізний цвях, наприклад, не можна нагрівати, тримаючи в руці, а сірник, що горить, можна тримати до тих пір, поки полум'я не торкнеться руки. Велику теплопровідність мають метали, особливо срібло та мідь. У рідинах, за винятком розплавлених металів, наприклад, ртуті, теплопровідність невелика. У газів теплопровідність ще менша, оскільки молекули їх знаходяться відносно далеко одна від одної. Тому зіткнення молекул відбуваються рідше, і енергія від одних молекул до інших передається повільніше.

Помістивши руку над гарячою плитою або над лампою, що горить, ми відчуємо, що від плити або лампи вгору підіймаються теплі струмені повітря. Тут ми спостерігаємо інший вид теплопередачі, який називають конвекцією (від лат. слова конвекціо — перенесення).

При конвекції енергія переноситься самими струменями газу або рідини. Повітря, яке торкається плити або лампи, нагрівається від її поверхні і розширюється. Густина повітря, що розширилося, менша ніж

густина холодного, і тому шар теплого повітря спливає в холодному повітрі. Адже архімедова сила, що діє на тепле повітря з боку холодного знизу вгору, більша, ніж направлена вниз сила тяжіння, що діє на тепле повітря. Ми розглянули конвекцію, яка є природною, або вільною. Якщо ж нерівномірно нагріту рідину (або газ) перемішувати насосом або мішалкою, то буде відбуватися вимушена конвекція.

Сидячи біля вогнища, ми зігріваємося, відчуваємо, як передається тепло від вогнища нашому тілу. Між полум'ям вогнища і нашим тілом знаходиться повітря, а воно, як відомо, має малу теплопровідність. Але і конвекцією пояснити передачу тепла в цьому випадку теж не можна, оскільки конвенційні потоки завжди направлені вгору. Отже, існує ще один вид теплопередачі. Його називають випромінюванням.

Передача енергії випромінюванням відрізняється від інших видів теплопередачі тим, що вона може здійснюватися у повному вакуумі. Випромінюванням передається на Землю і сонячна енергія.

Випромінюють енергію всі тіла при будь-якій температурі, і сильно, і слабо нагріті: тіло людини, піч, електрична лампа. Але чим вище температура, тим більше енергії передає воно шляхом випромінювання.

Випромінювання, поширюючись від тіла, падає на інші тіла. При цьому енергія випромінювання частково відбивається, а частково поглинається тілами, перетворюючись на їх внутрішню енергію, внаслідок чого вони нагріваються. Тіла з темною поверхнею краще поглинають енергію і сильніше нагріваються. Виявляється, що тіла з темною поверхнею і швидше охолоджуються шляхом випромінювання. Наприклад, в світлому чайнику порівняно з темним гаряча вода довше не остигає.

Твердження, істинність або помилковість яких слід встановити, спираючись на наведений вище текст:

1. Кінетична енергія тіла обернено пропорційна його швидкості.
2. Внутрішня енергія тіла зростає із збільшенням його температури.
3. Процес зміни внутрішньої енергії без здійснення роботи над тілом або самим тілом

називається теплопровідністю. 4. Теплопровідність, конвекція і випромінювання – це види теплопередачі. 5. Іноді слово “теплопровідність” використовують для позначення величини, що характеризує певну властивість речовин. 6. Слово “теплопровідність” ніколи не використовують як назву фізичного процесу. 7. Теплопровідність ртуті менша за теплопровідність води. 8. Теплопровідність дерева більша за теплопровідність сталі. 9. На космічній орбітальній станції природна конвекція відсутня. 10. Випромінюють тільки сильно нагріті тіла. 11. Для того, щоб тіло швидше нагрівалося випромінюванням, його поверхню треба зробити блискучою. 12. Теплопередача від одного тіла до іншого можлива без безпосереднього контакту цих тіл. 13. Енергію теплового руху молекул тіла можна змінити, здійснюючи роботу над ним. 14. У вакуумі конвекція відсутня. 15. При збільшенні густини газу без зміни температури його теплопровідність збільшується.

Вправа “Віднови пропущене”. Тексти підручників з фізики містять численну кількість формул, що призводить до збільшення об’єму семантичної інформації на одиницю мовного знаку. В формулах певне фізичне поняття чи логічна зв’язка позначаються символами, при цьому текст за кількістю знаків значно зменшується при збереженні смислу. Але для його свідомого засвоєння учні повинні навчитися розуміти мову формул.

Тому пропонуємо розробляти такі вправи, які нададуть можливості учням спробувати самотійно відновити частину інформації (зокрема, у формульному вигляді), яка була вилучена із навчального тексту, що побудований з окремих речень підручника. Нагадаємо, що ця вправа також виконується на початку вивчення теми, щоб учні не пригадували, а робили умовиводи, користуючись наявною інформацією, що міститься в тексті з пропусками.

Приклад вправи. *Уважно прочитайте текст та заповніть пропуски.*

“...Передача теплоти при теплообміні характеризується певною кількісною мірою, що називається *кількістю теплоти* (позначається Q). Зміна внутрішньої енергії (ΔU) у результаті теплообміну дорівнює кількості теплоти, що передана тілу: _____ . Кількість теплоти вимірюють у джоулях (Дж).

Теплову енергію часто отримують в результаті спалювання різних речовин. У промисловості та в побуті для отримання теплоти у результаті горіння, як правило, використовують *пальне*, тобто такі речовини, які під час згоряння дають найбільший тепловий ефект. Теплотворна властивість палива характеризується фізичною величиною, що має назву *питомої теплоти згоряння палива* (позначається q).

Її числове значення показує, яка кількість теплоти утворюється при повному згорянні 1 кг палива. Отже, одиницею питомої теплоти згоряння палива є _____.

Для того, щоб визначити кількість теплоти, яка виділяється при згорянні довільної кількості палива, необхідно питому теплоту згоряння палива q помножити на його масу m : _____.

А якщо необхідно визначити масу палива з відомою питомою теплотою згоряння, необхідного для отримання заданої кількості теплоти, то треба кількість теплоти Q _____ на питому теплоту згоряння q .”

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 [127]. Методична розробка зазначеного питання проводилася дисертантом разом з Ю.П. Мінаєвим та М.М. Циганком. 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. На важливість знання учнями синтаксичної форми речень, які є означеннями фізичних величин, звертали увагу учені-методисти О.І. Бугайов та О.І. Ляшенко. Обговорюючи питання єдиного підходу до формулювання означень фізичних величин, вони запропонували їх загальну синтаксичну структуру [26]. Однак головна увага ними приділялася фізичному змісту, який треба відбити в означеннях, а не тому, якими мовними (синтаксичними) засобами це має робитися. Спеціального дослідження потребують також й інші синтаксичні структури, які зустрічаються у фізичних текстах.

У цьому підрозділі ми 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 [28; 98], або спеціально складені нами.

По-друге, пропонована методика ґрунтується на психологічній теорії поетапного формування розумових дій П.Я. Гальперіна [43] та єдиній теорії психічних процесів Л.М. Веккера [35]. 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 [106, с. 272].

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 знаками [106, с. 272].

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.

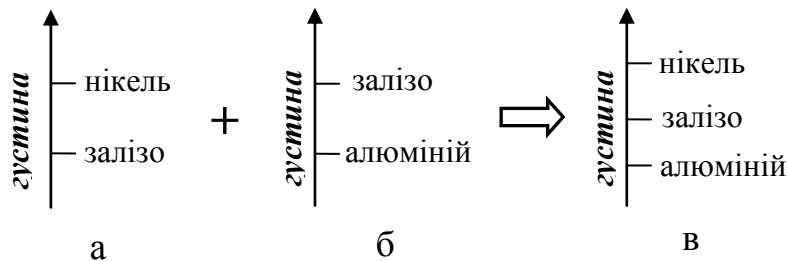


Рис. 2.3. Ілюстрація до прикладу 1

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.

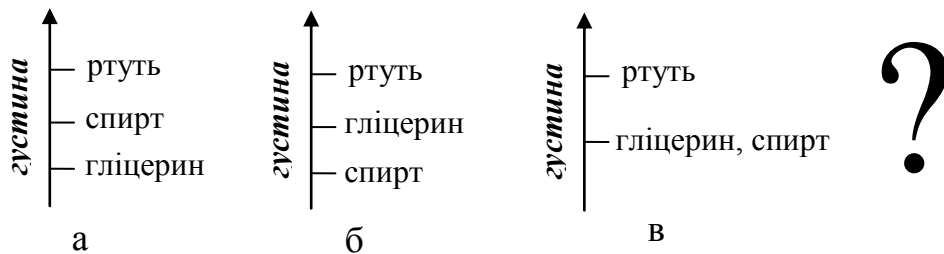


Рис. 2.4. Ілюстрація до прикладу 2

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*. 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).

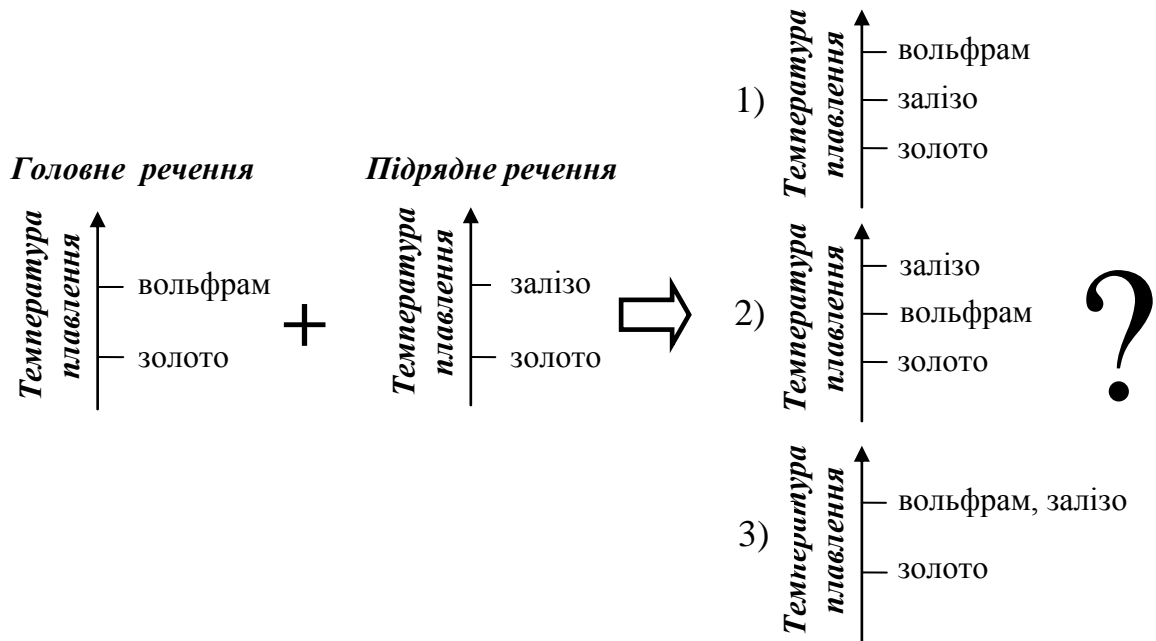


Рис. 2.5. Ілюстрація до прикладу 3

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 іменників

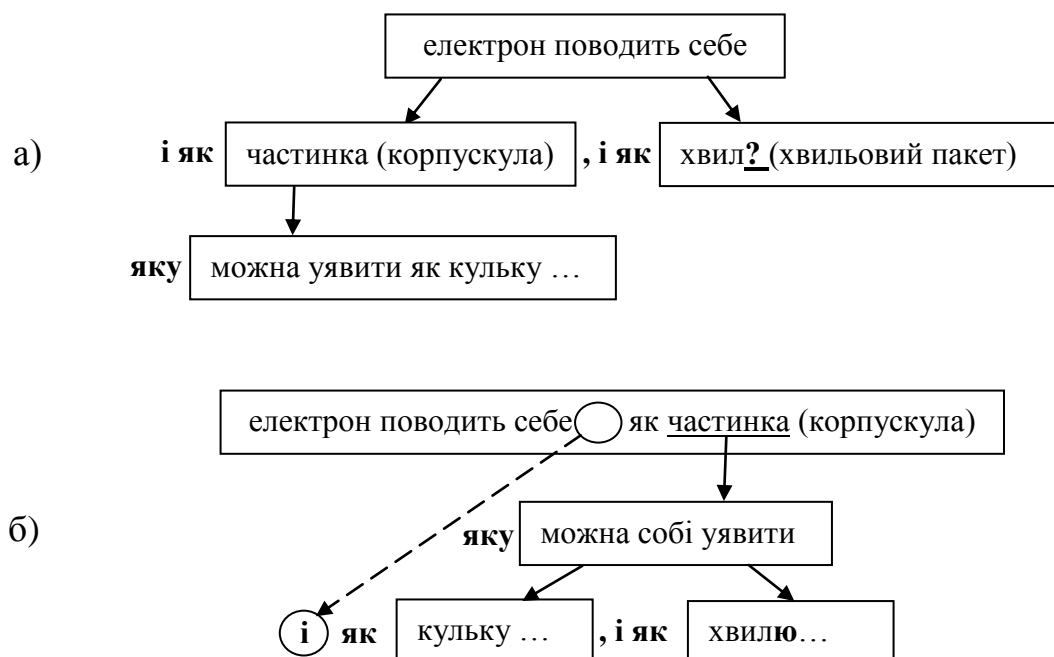


Рис. 2.6. Ілюстрація до прикладу 4

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.

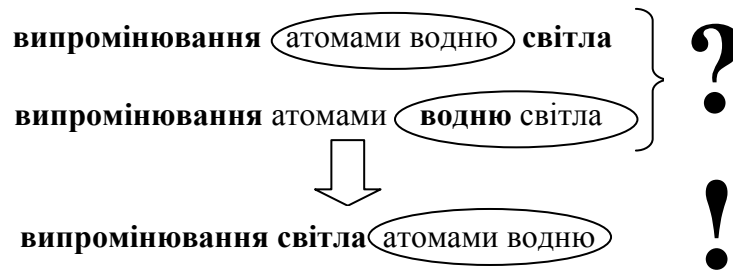


Рис. 2.7. Ілюстрація до прикладу 5

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.

2.3.2. Мова фізичних задач

Аналіз ключових слів-термінів та ілюстрацій в умовах фізичних задач як шлях до їх розв'язання. Розглянемо докладніше процес навчання учнів розв'язування фізичних задач, який є важливим засобом поєднання теорії з практикою. Перш за все звернемо увагу на важливість усвідомлення необхідності проведення учнями аналізу умов фізичних задач. На необхідність цього етапу під час навчання учнів розв'язування задач неодноразово вказувалося у методичній літературі [17; 31; 73; 141; 163]. Але його конкретизація вимагає подальшої, більш детальної розробки.

Так, Ю.П. Мінаєв звертає увагу на існування специфічної мови фізичних задач та висловлює ідею про доцільність проведення аналізу ключових слів в умовах фізичних задач [122]. Запропонований ним метод ключових слів отримав відповідну розробку в умовах фізико-математичного ліцею. Поява

зазначеного методу пов'язана з існуванням певної задачної культури зі своєю *специфічною мовою*. На практиці це призводить до того, що учень, який має необхідні фізичні знання, не в змозі розв'язати певну шкільну задачу, бо не розуміє, що “приховується” за деякими словами умови. Тому виникає потреба у перекладі умови задачі зі специфічної мови, яка зрозуміла для “спеціаліста з розв'язування шкільних задач”, на таку, що буде доступна для непосвяченого у цю культуру.

Йдеться про вельми складні фізичні задачі, в умовах яких у ролі ключових слів часто виступають і слова повсякденного лексикону. Але слід зазначити, що ключовими словами можуть бути також і фізичні терміни. Тому звернемо наш погляд на задачі, що пропонуються для розв'язування за програмою з фізики для загальноосвітніх шкіл. У цих задачах ключовими словами зазвичай є *фізичні терміни*. І це зрозуміло, бо такі задачі призначені для закріплення учнями відповідного теоретичного матеріалу. Отже, виникає необхідність у розробці методики навчання учнів розуміння саме *ключових слів-термінів* в умовах фізичних задач.

Учнів треба навчити “бачити” за ключовими словами-термінами в умовах задач головну ідею та відповідні рівняння, необхідні для її розв'язування. Тільки у цьому випадку можна сподіватися на їхні успіхи у подальшій самостійній роботі з розв'язування фізичних задач, у тому числі і олімпіадного рівня.

Початковий етап навчання учнів розуміння текстів умов фізичних задач може проводитися у формі виконання ними *підготовчих вправ*, у яких до тексту умови задачі додаються навідні запитання. Відповіді на них дозволять учням зрозуміти призначення ключових слів-термінів в умові конкретної задачі.

Вправа “Навідні запитання”. Наведемо приклади запитань до задачі зі збірника різнорівневих завдань для державної підсумкової атестації з фізики, затвердженого Міністерством освіти і науки України [44], які проілюструють пропонуваній методичний прийом.

Зазначимо відразу, що для розв'язування задачі можуть знадобитися

знання понять, про які в умові безпосередньо не згадується. Отже, відповідні терміни можуть з'явитися у навідних запитаннях. Вони будуть орієнтувати учнів відносно того, який теоретичний матеріал їм потрібно пригадати. Крім того, запитання можуть стосуватися не лише вербальної складової умови задачі, а й ілюстрацій.

Задача 1. (№ 15.31 з [44]) *На рисунку 2.8 показано вольт-амперну характеристику вакуумного фотоелемента, на катод якого падає світло з довжиною хвилі 450 нм. Знайдіть червону межу фотоефекту для матеріалу даного катода.*

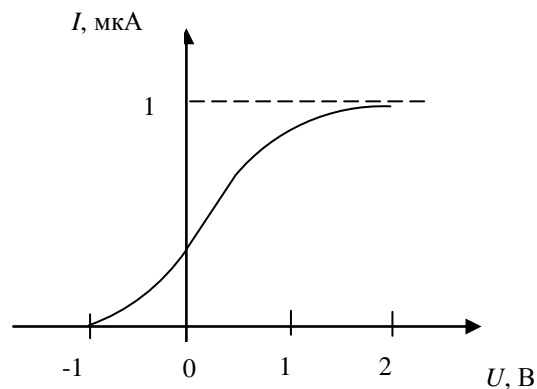


Рис. 2.8. Вольт-амперна характеристика вакуумного фотоелемента (до зад. 1)

Ключові слова-терміни умови задачі: фотоефект, червона межа фотоефекту, вольт-амперна характеристика, вакуумний фотоелемент, катод, довжина хвилі.

Додатковий список понять, якими необхідно володіти для розв'язування задачі: робота виходу, рівняння Ейнштейна для фотоефекту, стала Планка, швидкість світла у вакуумі, енергія фотона, затримуюча різниця потенціалів, кінетична енергія електрона.

Навідні запитання:

- 1) Що таке “фотоефект”? Які величини входять до рівняння Ейнштейна для фотоефекту?
- 2) Як пов'язана енергія фотона з довжиною хвилі?
- 3) Що називають роботою виходу? Характеристикою чого вона виступає?

4) Що таке “червона межа фотоефекту”? Якою фізичною величиною вона характеризується?

5) Як знайти червону межу фотоефекту, якщо відома робота виходу?

6) Що таке “затримуюча різниця потенціалів”? Як знайти її з вольт-амперної характеристики?

7) Як знайти максимальну кінетичну енергію фотоелектронів, якщо відома затримуюча різниця потенціалів?

З'ясування кожного терміна та встановлення відповідних зв'язків між ними дозволяє багатьом учням самостійно отримати розв'язок. Розглянемо ще один тип мовних вправ, спрямованих на навчання учнів “бачити” зв'язок між ключовими словами-термінами задачі та відповідними рівняннями.

Вправа “Коментування математичної моделі задачної ситуації”.

Задача 2. *Тілу маси m , що лежить на довгій горизонтальній платформі нерухомого візку, надають швидкість v уздовж платформи. Коефіцієнт тертя між тілом та платформою k . Який шлях пройде візок до моменту, коли тіло зупиниться на ньому? Яка кількість теплоти виділиться при русі тіла вздовж платформи? Візок котиться по рейках без тертя. Його маса M ”.*

За умовою цієї задачі складена система рівнянь:

$$\begin{cases} m v = (M + m) \cdot u, & (2.1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} u^2 = 2aS, & (2.2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Ma = mgk, & (2.3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q = \frac{m v^2}{2} - \frac{(m + M) \cdot u^2}{2}. & (2.4) \end{cases}$$

Дайте відповіді на наступні запитання:

1. Як у рівняннях системи позначені: а) кінцева швидкість тіла; б) кінцева швидкість візка; в) шлях, що пройде візок; г) кількість теплоти, що виділилась?

2. У рівняннях системи символом a позначено прискорення тіла чи візка?

3. Яке з рівнянь системи є записом: а) другого закону Ньютона; б) закону

збереження імпульсу; в) закону збереження енергії?

4. Яким чином у рівняннях системи враховано те, що: а) візок у початковий момент знаходився у стані спокою; б) у деякий момент часу тіло зупинилось на візку?

5. Для чого в умові говориться, що: а) платформа довга; б) платформа горизонтальна?

Звернемо увагу на те, що відповіді на запитання 1а і 1б однакові. Це може виявитися дещо несподіваним для деяких учнів. Але подібні “провокації”, як свідчить наш досвід, дуже корисні для розвитку критичного мислення. Запитання 4а,б і 5а,б потребують більш розгорнутих відповідей ніж попередні.

Після усвідомлення учнями важливості ідеї ключових слів для успішного розв’язування задач вони мають потренуватися “чіплятися” до кожного слова-терміна в умові задачі. Для цього пропонуються завдання на складання систем рівнянь за умовами конкретних фізичних задач. Ставиться вимога докладно прокоментувати появу кожного рівняння. Спочатку вчитель демонструє зразки таких розгорнутих пояснень, потім допомагає учням будувати власні тексти доповідей з коментарями складених систем, а згодом можна вже і заслухати такі доповіді перед однокласниками (починаючи з малих груп).

Підкреслимо, що лише спостерігаючи за тим, як учитель розв’язує задачі, учням важко навчитися цієї справи. Згадаємо, що вказуючи на провідну роль навчання у розвитку особистості, Л.С. Виготський зазначав: “...те, що сьогодні учень робить за допомогою вчителя, завтра зможе роботи самостійно” [41, с. 232].

Наведемо приклад **розгорнутого пояснювального тексту** до математичної моделі задачної ситуації на матеріалі теми “Електричне поле”.

Задача 3. (№ 6.42 з [44]) *Весь простір між пластинами плоского конденсатора займає парафінова пластинка. Ємність конденсатора 40 пФ, його заряд 2нКл. Яку роботу потрібно виконати проти сил електростатичного поля, щоб витягнути пластинку з конденсатора? Конденсатор відключений від джерела напруги.*

Обґрунтування математичної моделі на основі аналізу ключових слів умови задачі. В умові зазначено, що конденсатор *плоский*, отже можна скористатися формулою $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$ та встановити, що його ємність внаслідок витягування пластинки зменшиться в ε разів.

З інформації про *відключення конденсатора від джерела напруги* робимо висновок про незмінність заряду на його пластинах: $q = const$. Отже, енергія електростатичного поля конденсатора, яку можна знайти за формулою $W = \frac{q^2}{2C}$, збільшиться у стільки разів, у скільки зменшиться ємність (тобто в ε разів).

А *механічна робота*, яку треба знайти за умовою задачі, дорівнює приросту енергії конденсатора:

$$A = W_2 - W_1 = \frac{q^2}{2C_2} - \frac{q^2}{2C_1} = \frac{q^2}{2C_1} (\varepsilon - 1). \quad (2.5)$$

Розглянута задача має у збірнику [44] позначку про її високий рівень. Але вона, як бачимо, не вимагає від учнів використання специфічних методів розв'язування чи складних математичних перетворень. Її рівень може пояснюватися тільки відповідним “мовним” насиченням. Тому пропонується робота з ключовими словами-термінами у цьому випадку є доцільною, бо перетворює задачу високого рівня в усну вправу.

Зазначимо, що особливо корисним є розбір тих задач, розв'язок яких займає у збірнику з розв'язками кілька рядків, але на докладний аналіз на шкільному уроці може не вистачити і півгодини.

Наведемо конкретний приклад, який цікавий тим, що для написання адекватного рівняння, яке б було математичною моделлю, суттєвим виявляється наведене в умові задачі числове значення фізичної величини.

Задача 4. *Знайдіть густину насиченої водяної пари при 100 °С [45, с. 71].*

У спеціально проведеному дослідженні було встановлено, що на запитання: “Що таке насичена водяна пара?” учні часто дають такі невірні відповіді:

- насичена водяна пара — пара, яка насичена водяними крапельками;
 - насичена водяна пара — це, коли молекули речовини рухаються з великою швидкістю і знаходяться на невеликій відстані одна від одної;
 - насичена водяна пара — це означає, що в парі висока концентрація молекул води;
 - насичена водяна пара — це значить, що її тиск дорівнює атмосферному.
- Отже, треба детально зупинитися на ситуації, що розглядається у задачі.

Обґрунтування математичної моделі на основі аналізу ключових слів умови задачі. Пропонуємо учням звернути увагу на те, що зазначене в умові задачі числове значення температури не є випадковим. Це температура кипіння води саме при *нормальному* атмосферному тиску. А що таке *кипіння*? Тільки після детального обговорення цього питання стає зрозумілим, яким чином пов'язана залежність тиску насиченої пари від температури із залежністю температури кипіння від зовнішнього тиску. Виявляється, що вони пов'язані як взаємно обернені функції.

Залишається підставити значення тиску насиченої водяної пари, яке при 100 °С дорівнює значенню нормального атмосферного тиску, до рівняння Клапейрона-Менделєєва і знайти відношення маси пари до об'єму. То й буде шукана густина. А чи можна використовувати вказане рівняння до насиченої пари? І хоча в одному з шкільних посібників [54, с. 62] стверджується, що можна, пропонуємо учням розібратися з цим питанням.

З'ясуємо, що рівняння Клапейрона-Менделєєва є рівнянням стану ідеального газу. А чи буде насичена пара ідеальним газом? Це залежить від температури. А саме від того, як далеко вона від *критичної*. Більш детальний аналіз цього питання і робота з таблицями приводять нас до висновку, що при 100 °С розбіжність між табличним значенням густини і обчисленим за відомим тиском через рівняння Клапейрона-Менделєєва не більше 2%. Але при температурі, що є критичною для води, експериментальне значення густини буде відрізнятися від підрахованого за рівнянням для ідеального газу аж у 4 рази!

Зрозуміло, що такий аналіз щодо ідеальності насиченої водяної пари не передбачався автором задачі, бо вся її суть полягала в тому, щоб *без таблиць* знайти густину цієї пари, спираючись на те, що $100\text{ }^\circ\text{C}$ — це значення температури *кипіння* води при зовнішньому тиску, який дорівнює *одній атмосфері*. При цьому застосовність рівняння Клапейрона-Менделєєва (як це пропонується у [45]) не повинна була викликати сумнівів. Але, на наш погляд, не треба зводити розв'язування фізичних задач виключно до процесу одержання відповіді, що співпадає з тією, яка наведена у збірнику.

Наведемо інші приклади задач, які може й не такі глибокі за фізичним змістом, але добре, на наш погляд, ілюструють ідею ключових слів-термінів в умові.

Задача 5. (№ 4.59 з [44]) *Температура повітря $t_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$, точка роси $t_p = 8\text{ }^\circ\text{C}$. Знайти відносну вологість повітря.*

Обґрунтування математичної моделі на основі аналізу ключових слів умови задачі. За означенням *відносна вологість* дорівнює помноженому на сто відсотків відношенню парціального тиску водяної пари p , яка міститься в повітрі, до тиску p_0 насиченої пари при даній температурі:
$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%.$$

Якщо значення тиску насиченої пари p_0 можна знайти за допомогою таблиці залежності тиску насиченої водяної пари від температури, то звідки взяти значення парціального тиску водяної пари p ? Очевидно, що для цього треба розуміти, що таке *точка роси*. Згадаємо, що на практиці відносну вологість можна знайти, наприклад, за допомогою *конденсаційного гігрометра* шляхом визначення точки роси, тобто температури, за якої водяна пара, що міститься в повітрі, стає *насиченою*. Найважливішим є те, що *парціальний тиск* водяної пари під час охолодження не змінюється. Тобто тиск насиченої водяної пари при точці роси дорівнюватиме парціальному тиску водяної пари, який ми позначили через p , що міститься в неохолодженому повітрі. Таким чином, значення тиску p , яке потрібно підставляти до кінцевої формули, знаходиться

за тією самою таблицею, бо воно дорівнює значенню тиску насиченої водяної пари при точці роси.

Задача 6. Два однакових плоских конденсатори з'єднані послідовно і підключені до джерела постійної напруги U . У скільки разів зміниться напруженість поля в одному з конденсаторів, якщо в інший внести пластину з діелектричною проникністю ε так, щоб діелектрик заповнив увесь простір між обкладками конденсатора? Який заряд пройде при цьому через джерело, якщо ємність одного повітряного конденсатора C ?

Обґрунтування математичної моделі на основі аналізу ключових слів умови задачі. З того, що конденсатори з'єднані послідовно, випливає, по-перше, що заряди на них однакові; по-друге, що сумарна напруга на конденсаторах дорівнює прикладеній різниці потенціалів.

Досвід показує, що перше твердження потребує окремого пояснення. Воно випливає з того, що сумарний заряд у тих межах, які позначені на рис. 2.9 штриховою лінією, під час зарядки буде залишатися нульовим.

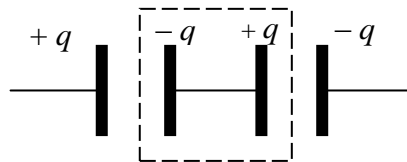


Рис. 2.9. Послідовне з'єднання двох плоских конденсаторів (до зад. 6)

Конденсатори *однакові*, відповідно їхні ємності теж однакові. Отже, $U = 2 \frac{q}{C}$, де q — заряд кожного конденсатора.

Після заповнення простору між обкладками одного з конденсаторів діелектриком його ємність збільшилася в ε разів і стала дорівнювати $C' = \varepsilon \cdot C$.

При цьому заряди на конденсаторах змінилися, але як і раніше вони залишаються рівними між собою. З того, що джерело залишилося підключеним, випливає, що сумарна напруга на двох конденсаторах не зміниться. Тому

можна записати: $U' = U = \frac{q'}{C} + \frac{q'}{\varepsilon \cdot C}$.

Напруженість поля в повітряному конденсаторі пропорційна зарядові на його обкладках, тому напруженість E зміниться у стільки ж разів, у скільки зміниться заряд: $\frac{E'}{E} = \frac{q'}{q}$. Використовуючи отримані рівняння, маємо відповідь

на перше запитання задачі: $\frac{E'}{E} = \frac{2\varepsilon}{1 + \varepsilon}$.

При заповненні одного з конденсаторів діелектриком заряд на позитивно заряджених обкладках збільшився від q до q' . Отже, через джерело пройшов заряд $Q = q' - q$. Остаточна відповідь на друге запитання задачі: $Q = \frac{CU(\varepsilon - 1)}{2(\varepsilon + 1)}$.

Учні, які вийшли на відповідний рівень в оволодінні мовою фізичних задач, можуть самостійно працювати з посібниками, що містять готові розв'язки. В іншому випадку учням буде незрозумілим те, як автор посібника дійшов до того чи іншого розв'язку. Тоді, як свідчать проведені нами спеціальні спостереження, відбуваються спроби механічного запам'ятовування готових розв'язків, що не є бажаним [9].

Звернемо увагу на необхідність відповідної підготовки вчителів, спроможних продуктивно керувати творчою діяльністю учнів у цьому напрямку. З метою навчання майбутніх учителів специфічної мови фізичних задач був започаткований спецкурс “Мова фізичних задач”, який з 2001-2002 навчального року введений до навчального плану фізичного факультету Запорізького національного університету. Студентам на конкретних прикладах демонструється, як увага до слів умови задачі дозволяє проаналізувати її таким чином, щоб виявити всі необхідні для розв'язування математичні співвідношення.

Зрозуміло, що такий підхід не відміняє розгляду спеціальних методів розв'язування фізичних задач. Але й тут ми постійно звертаємо увагу студентів на термінологію, яка використовується в цих методах.

Розглянемо далі один з прийомів розв'язування задач, який пов'язаний з перекладом інформації, що міститься в умові задачі, на мову просторових образів або навпаки — з графічної мови на мову слів та формул.

Роль мови геометричних образів у процесі розв'язування фізичних задач. У першому розділі нами було встановлено, що в процесі розв'язування фізичних задач відчуття *розуміння* з'являється в учнів тільки тоді, коли вони здатні одночасно і *уявити*, і *описати* ситуацію, про яку йдеться. Тому необхідно пропонувати їм здійснювати переклад задачної інформації, яка подана словесно або за допомогою формул, на мову образів та навпаки. Це сприятиме осмисленню фізичної ситуації та зробить контрольованим хід розв'язування. Створення образів за словесним (або формульним) описом сприяє виникненню ідеї розв'язку фізичної задачі.

Розв'язування учнями фізичних задач дозволяє всебічно розкривати фізичні поняття, свідомо засвоювати терміни, набувати досвіду “бачення” фізичних залежностей тощо. Відповідь повинна отримуватися учнем тільки після усвідомлення задачі, а не механічно, коли він робить певні обчислення за відомим алгоритмом, не заглиблюючись у його суть. Формуванню такого “бачення” сприяють задачі, ілюстровані малюнками, графіками, схемами, діаграмами, фотознімками, а також ті з них, що вимагають побудувати “картинку” за певними даними в умові, поданими мовленнєвими структурами [19; 24; 135].

Кожна фізична задача для учня має бути джерелом його розвитку. Але всі етапи розв'язування певної фізичної задачі — від формулювання проблеми (запитання) до отримання розв'язку (відповіді) — повинні включати як словесні, так і образні компоненти. Задача — це стартова фаза, що задає вектор розумовому процесу [36, с. 143]. Розв'язування задачі спрямоване на пошук ймовірно вірного варіанту зближення та узгодження аналітико-символьного та графічного подання шуканих у ній відношень. Саме у цьому полягає специфіка розумового процесу з розв'язування задач, зокрема фізичних.

Формулювання умови задачі досить часто містить у собі неузгодженість аналітичного та графічного способів вираження поданих у ній відношень. Тоді процес розв'язування задачі полягає у досягненні оборотного перекладу цих відношень з мови одновимірних структур (ключових слів-термінів в умові, певної комбінації символів) на мову просторових образів (формул, рисунків, графіків фізичних процесів тощо). Ця двостороння реалізація зазначеного перекладу є свідченням осмислення знайденого відношення та отримання вірної відповіді.

Отже, організація мовної роботи під час розв'язування фізичних задач сприятиме не тільки розумінню учнями явищ природи, а й розвитку їхнього мислення.

На початку навчання учнів перекладу задачної інформації з мови слів, яка міститься в умовах фізичних задач, на мову образів, поданих у вигляді графіків та рисунків, доцільно організувати тренування учнів у перекладі відповідної словесної чи символічної інформації у графічну. Для цього пропонуємо використовувати вправи, подібні до наступних.

Вправа „Уяви та назви”. Як з математичної точки зору називається лінія, яка є ...

1. ... траєкторією руху електрона між пластинами плоского зарядженого конденсатора, якщо він влітає паралельно до них? 2. ... траєкторією руху електрона, що влетів в однорідне магнітне поле паралельно до ліній магнітної індукції? 3. ... траєкторією штучного супутника Землі, який рухається зі швидкістю 10^{10} км/с ? 4. ... траєкторією матеріальної точки, для якої

$\begin{cases} x(t) = a \cos \omega t \\ y(t) = b \sin \omega t \end{cases}$? 5. ... графіком залежності $x(t)$ руху для матеріальної точки, що

рухається зі сталою за модулем швидкістю по колу $x^2 + y^2 = R^2$? 6. ... графіком ізотермічного процесу для ідеального газу в PV – координатах? 7. ... графіком залежності потенціальної енергії взаємодії двох точкових зарядів від відстані між ними? 8. ... графіком залежності напруженості гравітаційного поля

всередині однорідної кулі від відстані до її центра? 9. ... графіком залежності від часу координати тіла, що здійснює гармонічні коливання? 10. ... графіком залежності від часу горизонтальної координати матеріальної точки, якій надали швидкість під кутом $\alpha = 30^\circ$ до горизонту?

Вправа “Знайди відповідність”.

- Позначте правильні продовження фрази.

Наведений рисунок (рис. 2.10) може бути графічним поданням залежності...

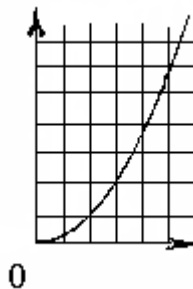


Рис. 2.10. Ілюстрація до вправи “Знайди відповідність”

- ...енергії електричного поля конденсатора від заряду на його обкладках;
- ...густини енергії електричного поля від його напруженості;
- ...напруги на кінцях резистора з незмінним опором від сили струму;
- ...напруженості електричного поля точкового заряду від відстані до нього;
- ...напруги між обкладками конденсатора від значення заряду на ньому;
- ...напруженості електричного поля ззовні рівномірно зарядженої кулі від відстані до її центра;
- ...потужності виділення теплової енергії на резисторі від напруги на ньому при постійному струмі.

Поповнити “банк” завдань, подібних до наведеного, можна за допомогою використання різних елементарних функцій, а також словесного опису різноманітних фізичних залежностей, що вивчаються у шкільному курсі фізики.

Вправи “Знайди відповідність” можуть мати також характер *відкритого* тесту. У цьому випадку вони не міститимуть переліку можливих відповідей. Наведемо конкретний приклад.

• *Вкажіть назву та одиницю фізичної величини, якій відповідає запропонований вираз:*

$$m\nu, \frac{\nu^2}{R}, FS \cos \alpha, \frac{p^2}{2m}, \frac{kx^2}{2}, mgh, \rho gV, G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \mu N.$$

Зразок: $\left[\frac{m\nu^2}{2} \right] = \text{Дж}$, кінетична енергія матеріальної точки масою m , що рухається зі швидкістю ν .

Зрозуміло, що такі завдання можна складати у великій кількості. Розглядуваний тип вправ може мати комбінований характер: лише частина відповідей обирається із запропонованого переліку. Наприклад:

• *Вкажіть номери рисунків з графіками і запишіть формули (див. табл. 2.2), які можуть відповідати вказаними залежностям:*

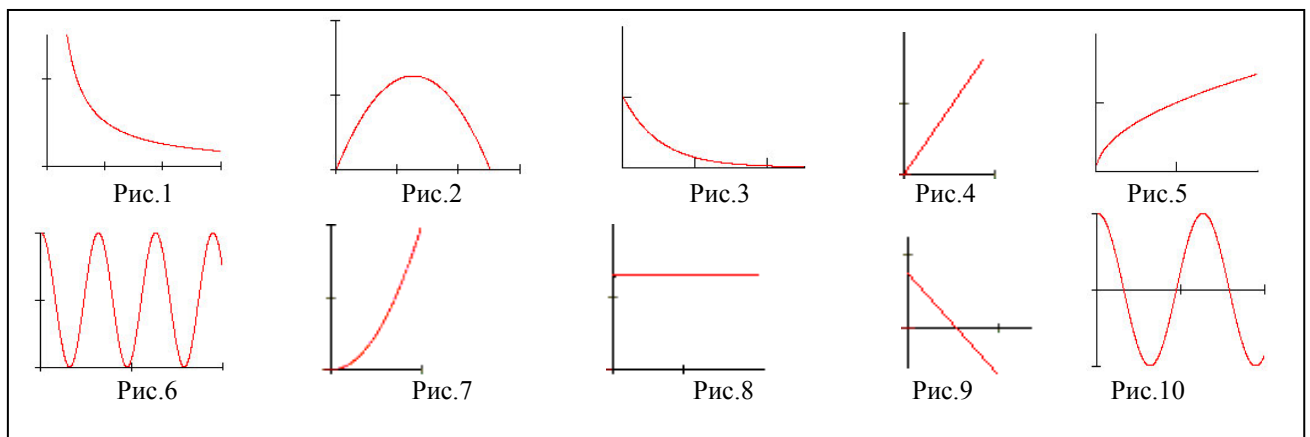


Рис. 2.11. Десять графіків до вправи “Знайди відповідність”

Наведені приклади вправ в основному бралися з нашого банку завдань для контролю рівня підготовки з фізики випускників середньої школи. Тому окреме завдання може охоплювати декілька тем шкільної програми. Зазначимо, що такі комплексні завдання дозволяють учителю досить швидко виявляти прогалини у знаннях учнів з метою організації цілеспрямованої допомоги.

Таблиця 2.2

Бланк для відповідей на завдання вправи “Знайди відповідність”

№	Залежність	Рис.	Формула
1	2	3	4
1	тиску ідеального газу від об'єму при ізотермічному розширенні		
2	потенціалу електростатичного поля точкового позитивного заряду від відстані до нього		
3	опору металевого дроту від його довжини		
4	потужності змінного гармонічного струму від часу		
5	горизонтальної проекції швидкості від часу для тіла, кинутого під кутом до горизонту		
6	енергії електричного поля конденсатора від часу при гармонічних коливаннях в LC – контурі		
7	кінетичної енергії тягарця пружинного маятника від часу при гармонічних коливаннях		
8	потенціальної енергії пружини від її видовження		
9	вертикальної координати від горизонтальної для тіла, кинутого під кутом до горизонту		
10	періоду малих коливань математичного маятника від його довжини		

Наразі звернемося до традиційних задач, процес розв'язування яких може значно спрощуватися, якщо учні вже навчилися досить швидко створювати просторові образи за текстом умови задачі.

Задача 7. (№ 1.32 з [44]) *Який шлях пройшло тіло за 15 с при рівноприскореному русі, якщо його початкова швидкість 20 м/с, а прискорення, що дорівнює 4 м/с^2 , направлене протилежно до початкової швидкості?*

Учні часто невірно розв'язують цю задачу, використовуючи кінематичну формулу для проекції переміщення: $S_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. І коли ця формула дає від'ємне значення S_x , вони зовсім відмовляються від будь-яких подальших дій, бо сприймають S_x як *шлях*, а не *проекцію переміщення*.

Пропонуємо їм “побачити” фізичну ситуацію задачі, зробивши переклад її умови на мову образів, а саме: побудувати графік залежності проекції швидкості тіла від часу $v_x(t)$ (рис. 2.12). Тоді стане очевидним те, що через певний час швидкість тіла буде дорівнювати нулю, тобто тіло зупиниться, а потім воно почне прискорено рухатися, але у зворотний бік. А шлях, який треба знайти за умовою задачі, визначиться як сума $S_1 + S_2$, де S_1 — шлях, що пройшло тіло до зупинки, а S_2 — шлях, що пройшло тіло, рухаючись у зворотному напрямку.

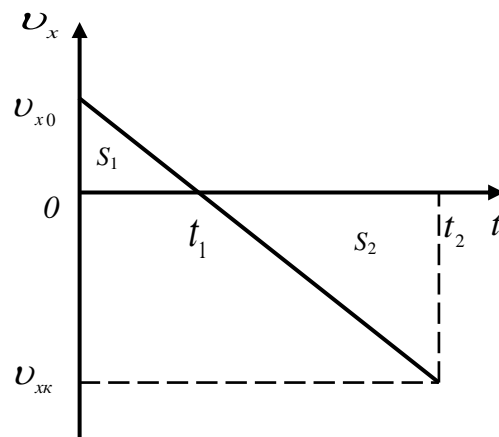


Рис. 2.12. Графік залежності проекції швидкості тіла від часу (до зад. 7)

Далі, користуючись графіком, легко скласти систему рівнянь для знаходження S_1 і S_2 :

$$\left\{ \begin{array}{l} t_1 = \frac{v_{x0}}{a}, \\ S_1 = \frac{1}{2} v_{x0} t_1, \\ \frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{t_2 - t_1}{t_1} \right)^2, \end{array} \right. \quad (2.6)$$

$$(2.7)$$

$$(2.8)$$

де $a = 4 \text{ м/с}^2$, $t_2 = 15 \text{ с}$, $v_{x0} = 20 \text{ м/с}$.

Задача 8. (№ 1.58 з [44]) З однієї точки з інтервалом 3 с вертикально вгору кидають два тіла з початковою швидкістю 40 м/с. Через який час вони зустрінуться після початку руху першого тіла?

Якщо шукану величину позначити через t_3 , а відомі — через $\tau (=3 \text{ с})$ та $v_0 (=40 \text{ м/с})$, то відповідь фактично усно можна отримати, побудувавши ескізи графіків залежностей вертикальних координат обох тіл від часу (рис. 2.13).

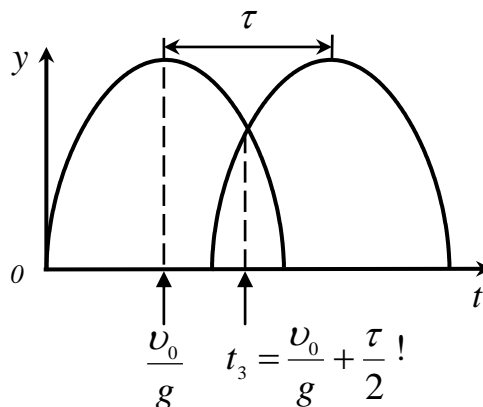


Рис. 2.13. Ескіз графіків $y(t)$ для двох тіл (до зад. 8)

Задача 9. (№1.2.20 з [74]). Тіло починає рухатися із точки A і рухається спочатку рівноприскорено протягом часу t_0 , потім рухається із тим самим за модулем, але протилежним за напрямком, прискоренням. Через який час від початку руху тіло повернеться в точку A ?

Ескіз графіка залежності проекції швидкості тіла від часу (див. рис. 2.14) робить відповідь задачі очевидною: $t = (2 + \sqrt{2}) \cdot t_0$

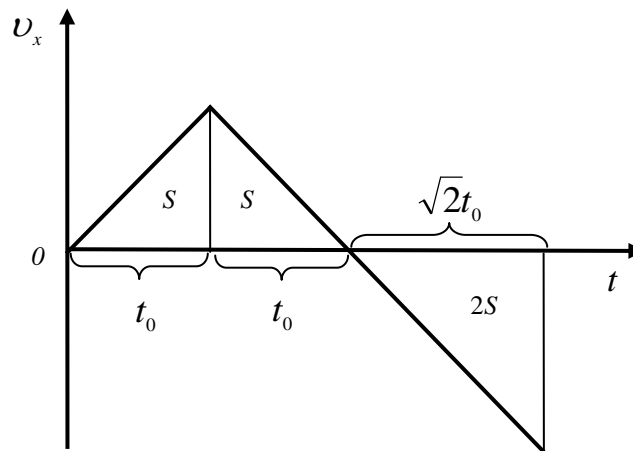


Рис. 2.14. Ескіз графіка $v_x(t)$ (до зад. 9)

Під час навчання учнів мови фізичних задач ми ставимо за мету розвинути здібності учнів, щоб у майбутньому вони змогли розв’язувати задачі самостійно. Одним із напрямків такої роботи з розвитку учнів є залучення їх до пошуково-творчої діяльності. Так, найбільш підготовлені учні під нашим керівництвом брали участь у створенні відповідних методичних матеріалів та захищали їх на учнівських конкурсах.

У 2001-2002 навчальному році десятикласник Запорізького ліцею № 105 м. Запоріжжя Юрій Селезньов (вчитель фізики — Ю.П. Мінаєв) посів перше місце на обласному етапі Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідних робіт школярів — членів МАН. Мета його роботи “Мова фізичних задач” полягала у розробці методичних матеріалів, необхідних для організації навчання учнів мови фізичних задач.

У 2002-2003 навчальному році учень 11 класу цього ж ліцею Ігор Сабо (вчитель фізики — Ю.П. Мінаєв) посів друге місце на обласному етапі Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідних робіт школярів з тематикою “Геометричні образи при розв’язуванні задач з кінематики”. Він проаналізував задачі з кінематики, виокремив ті з них, розв’язування яких істотно спрощуються при використанні геометричних образів, та написав докладний текст з розв’язками.

У 2002-2003 навчальному році ця ідея отримала подальший розвиток. Учениця 11 класу цього ж ліцею Олена Тихомирова (вчитель фізики — С.Ю. Білоус) посіла третє місце на обласному етапі Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідних робіт школярів з тематикою «Образні структури при розв’язуванні фізичних задач з теми “Коливання і хвилі”». Вона розглянула різні типи задач з теми “Електромагнітні коливання”, які вимагають знання мови геометричних образів. У її роботі були представлені докладні розв’язки задач цих типів.

Організація обговорення головної ідеї та плану розв’язування фізичної задачі. Розглянемо докладніше методику організації обговорення з учнями головної ідеї та розгорнутого плану розв’язку фізичної задачі на конкретному прикладі з теми “Фізика атома та атомного ядра”.

Учні при цьому займають активну позицію, звертаючи особливу увагу на головну ідею, бо без цього неможливо утримати в пам’яті весь план розв’язку.

Задача (№ 16.43 з [44]). *Протон з кінетичною енергією 5,0 МеВ налітає на нерухоме ядро ${}^7_3\text{Li}$. У результаті реакції вилітають дві α -частинки з однаковими енергіями. Знайдіть кут між напрямками руху α -частинок.*

Коментар. Учитель починає обговорювати з учнями підхід до розв’язування цієї задачі. Він зазначає, що перш за все треба зробити аналіз фізичної ситуації та визначитися з рівняннями, які її описують.

Текст діалогу. *Вчитель (В):* Для того, щоб записати рівняння, що описують рух частинок, про які йдеться в умові задачі, треба відповісти на запитання: “Ці частинки релятивістські чи нерелятивістські?”. Від цього залежатиме вигляд рівнянь, які будуть використовуватися для розв’язку. Протон, який налітає на нерухоме ядро, є релятивістською чи нерелятивістською частинкою?

Учень (У1): А в чому полягає різниця між ними?

У2: Релятивістські частинки мають швидкості, близькі до швидкості світла, на відміну від нерелятивістських, швидкості яких набагато менші.

В: Підказка: щоб відповісти на поставлене запитання треба порівняти енергію спокою частинки з її кінетичною енергією. Поясніть — чому?

У1: Чим більша швидкість руху частинки, тим більша її кінетична енергія. І якщо ця енергія, наприклад, буде набагато менша за енергію спокою, яка розраховується за формулою $E = m_0 c^2$, то можна зробити висновок, що швидкість руху частинки буде набагато менша, ніж швидкість світла у вакуумі c .

В: Гарзд. Давайте зробимо відповідне порівняння за допомогою розрахунків. Нагадую, що наприкінці збірника завдань міститься додаток з фізичними сталими. У ньому є інформація про енергію спокою протона, а також інші необхідні дані.

У1: За табличними даними ця енергія набагато більша за кінетичну, що задана в умові ($938,26 \text{ MeV} \gg 5 \text{ MeV}$). Отже, можна зробити висновок, що протон у даній задачі нерелятивістський.

В: Треба ще з'ясувати, чи відбувається ядерна реакція? Якщо так, то треба буде визначитися, збільшується кінетична енергія розглядуваної системи чи зменшується?

У2: В умові задачі йдеться про зіткнення протона з нерухомим ядром літію ${}^7_3\text{Li}$, у результаті якого з'явилися дві α -частинки. Це і є ядерною реакцією за означенням.

В: Чи вистачить для розв'язку задачі використання тільки закону збереження енергії?

У2: У задачах з механіки на зіткнення тіл ми завжди використовували поряд з законом збереження енергії закон збереження імпульсу.

В: Вірно, треба записати також закон збереження імпульсу. Причому модуль імпульсу раціональніше попередньо виразити через кінетичну енергію.

У1: Чи вірно я зрозумів хід розв'язку? По-перше, необхідно з'ясувати, збільшиться чи зменшиться кінетична енергія системи в результаті ядерної реакції, та не забути врахувати це, записуючи закон збереження енергії. По-

друге, треба записати закон збереження імпульсу, використовуючи значення кінетичних енергій частинок.

В: Так. Чи є запитання щодо реалізації цього плану?

УЗ: Як розраховується зміна кінетичної енергії системи?

В: Хто може відповісти на це запитання?

У1: Для цього застосовується формула $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$, де Δm — різниця мас частинок, які вступили до реакції, та тих, що утворилися в її ході.

Але перед тим, як почати робити розрахунки, треба обов'язково визначити, які частинки брали участь у ядерній реакції.

У2: До реакції існували протон та ядро літію ${}^7_3\text{Li}$. У результаті реакції утворилися дві α -частинки.

УЗ: Рівняння, що відбиває ідею закону збереження енергії, матиме такий вигляд: $E_p + \Delta E = 2E_\alpha$, бо кінетичні енергії α -частинок однакові.

В: Вірно. А як буде виглядати закон збереження імпульсу, записаний через значення кінетичних енергій?

У2: Спочатку треба згадати, як пов'язані між собою кінетична енергія та імпульс частинок.

У1: За формулою $E = p^2/2m$.

У2: Ага, тоді $p = \sqrt{2mE}$. Але закон збереження імпульсу треба писати у векторному вигляді, а нам невідомі напрямки векторів імпульсів α -частинок.

В: Сумарний імпульс системи до взаємодії мав певний напрямок. Він співпадав з напрямком руху протона, бо ядро, з яким він зіткнувся, не рухалося. Після взаємодії сумарний імпульс системи не змінився. Тому можна стверджувати, що вектор імпульсу протона до взаємодії і вектори імпульсів α -частинок після взаємодії знаходяться в одній площині. Який висновок з цього можна зробити щодо проєкцій імпульсів α -частинок на напрямок, перпендикулярний до початкового імпульсу системи?

УЗ: За законом збереження імпульсу сума проєкцій імпульсів на цей напрямок повинна дорівнювати нулю, бо система не мала імпульсу у цьому

напрямку. Отже, проекції імпульсів α -частинок на цей напрямок рівні за модулем та протилежні за знаком.

В: Тому можна стверджувати, що частинки розлітаються під однаковими кутами до напрямку руху протона. Позначимо через γ кут розльоту α -частинок. Як тоді записати суму проекцій їх імпульсів у зазначеному напрямку?

У3: У зв'язку з тим, що енергії α -частинок однакові, їх імпульси за модулем також будуть однакові: $p_\alpha = \sqrt{2m_\alpha E_\alpha}$. А сума проекцій імпульсів на напрямок руху протона буде складати $2p_\alpha \cos \frac{\gamma}{2} = 2\sqrt{2m_\alpha E_\alpha} \cdot \cos \frac{\gamma}{2}$.

Коментар. Учням пропонується продовжити розв'язувати задачу самостійно. Але їм надається можливість поставити вчителю запитання про будь-який крок у розв'язку, що викликав певні труднощі. Таким чином, вчитель вчасно приходить на допомогу.

У2: У мене є питання щодо визначення різниці мас частинок, які вступили до реакції, та тих, що утворилися в її ході. Я не знаю, де знайти масу α -частинки?

В: α -частинка — це ядро атома гелію ${}^4_2\text{He}$. Отже, треба звернутися до відповідної таблиці у додатках до збірника завдань.

У2: У таблицях збірника значення мас ядер відсутні. Є тільки таблиця мас атомів деяких ізотопів.

В: Уважно подивіться на цю таблицю. У дужках після її заголовку є інформація щодо визначення маси ядра: можна відняти від маси атома сумарну масу його електронів.

Коментар. Це твердження треба додатково обґрунтувати. Але не зараз, бо важливо не втратити лінію розв'язку.

Багато учнів починає визначати кількість електронів в атомі гелію та літію задля того, щоб визначити відповідні маси ядер. Але можна зрозуміти, що це не обов'язково робити у даній задачі. Дійсно, якщо у формулі для розрахунку різниці мас частинок, які вступили до реакції, та тих, що утворилися в її ході, замінити маси ядер масами відповідних атомів, то

відповідь, як легко збагнути, не зміниться. Масу протона при цьому треба замінити масою атома ${}^1_1\text{H}$. Буде добре, якщо вчитель потім особливо відмітить тих, хто зробив це “відкриття” самостійно.

Учні записують рівняння для визначення різниці мас у такому вигляді:
 $\Delta m = m_{{}^1_1\text{H}} + m_{{}^7_3\text{Li}} - 2m_{{}^4_2\text{He}}$. Далі підставляють числові значення і отримують відповідь: $\Delta m = 1,00783 + 7,01601 - 2 \cdot 4,0026 = 0,01864$ (а.о.м.)

Для розрахунку енергетичного виходу ядерної реакції вчитель пропонує скористатися коефіцієнтом пропорційності між одиницями маси й енергії, що міститься у додатках до збірника. Це значно скорочує розрахунки. Але бажано також надати можливість учням дійти до цього самостійно.

Школярі отримують таке значення енергетичного виходу:

$$\Delta E = 0,01864 \times 931,5 = 17,4 \text{ (MeV)}.$$

Далі розв’язується система рівнянь, у якій значення ΔE вже вважається

$$\text{відомим: } \begin{cases} E_p + \Delta E = 2E_\alpha, \\ \sqrt{2m_p E_p} = 2\sqrt{2m_\alpha E_\alpha} \cdot \cos \frac{\gamma}{2}. \end{cases}$$

Багато учнів потребують допомоги вчителя. Він надає її кожному в міру потреби.

З першого рівняння системи учні знаходять енергію α -частинок E_α і підставляють у друге рівняння системи. Потім виражають шуканий кут γ :

$$\gamma = 2 \arccos \sqrt{\frac{m_p E_p}{2m_\alpha (E_p + \Delta E)}} = 2 \arccos \sqrt{\frac{1 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot (5 + 17,4)}} \approx 160^\circ.$$

Тут треба звернути увагу учнів на те, що в останню формулу доречно підставляти наближені значення m_p і m_α . В атомних одиницях маси вони дорівнюватимуть кількості нуклонів, з яких складаються ці частинки, тобто для протона $m_p \approx 1$ а.о.м., а для α -частинки $m_\alpha \approx 4$ а.о.м.

Зазначимо принагідно, що значення мас та енергій у даному випадку не треба переводити у СІ, бо перевідні коефіцієнти все одно б скоротилися.

Задача вже розв'язана, але існує питання, до якого доцільно повернутися: “Як обґрунтувати твердження, що міститься у додатках до збірника, про те, що для визначення маси ядра можна відняти від маси атома сумарну масу його електронів?”.

У1: Атом складається з ядра та електронів. Зрозуміло, що маса цілого дорівнює масі його складових. Отже, маса атома дорівнює сумі мас ядра та всіх електронів в атомі.

В: Чому тоді сума мас нуклонів у ядрі не дорівнює сумі мас цих нуклонів, але взятих окремо?

У2: Бо існує певний зв'язок частинок в ядрі. Для того, щоб його “розірвати” треба виконати роботу проти ядерних сил, які утримують нуклони у ядрі.

В: А чи немає подібного зв'язку між електронами та ядром в атомі?

У1: Дійсно, негативно заряджені електрони повинні притягуватися позитивно зарядженим ядром і відштовхуватися між собою. Тому треба враховувати цей зв'язок.

В: Давайте зробимо оцінку для енергії зв'язку електрона з ядром атома. Для цього корисно пригадати, яку роботу треба виконати, щоб іонізувати, наприклад, атом водню?

У3: Коли ми розглядали схематичне зображення енергетичних рівнів атома водню, найнижчий рівень відповідав значенню — 13,6 еВ. Отже, для іонізації з основного стану електрону потрібно надати енергію 13,6 еВ.

В: У скільки разів відрізняється ця енергія від енергії спокою електрона?

У1: За табличними даними енергія спокою електрона дорівнює 0,5 МеВ. Отже, енергія зв'язку електрона з ядром набагато менша за енергію спокою електрона. Ось і виходить, що нею можна знехтувати.

Запропонований спосіб організації уроку розв'язування задач високого рівня, на наш погляд, є більш дієвим, ніж традиційний, коли розв'язок отримує вчитель, або один учень біля класної дошки під його безпосереднім керівництвом.

Перевага, на наш погляд, полягає у можливості визначити загальний напрямок розв'язування задачі в цілому. Це є важливим з точки зору сприйняття процесу розв'язування не як послідовності майже не пов'язаних між собою кроків, а як усвідомлення фізичної сутності явищ, що згадуються в умові. Учень, який достатньо уважно слідкує за ходом такого уроку, та ще й бере активну участь в обговоренні, краще усвідомить і теоретичний матеріал, бо цілеспрямовано застосовує його при розв'язуванні задачі. Це допоможе учневі у майбутньому розв'язувати задачі самостійно.

2.3.3. Мова фізики в системі шкільного фізичного експерименту

Для того, щоб шкільний фізичний експеримент не перетворювався на формальний ритуал та виконував свою функцію потужного засобу навчання, необхідна розробка завдань, спрямованих на забезпечення розуміння учнями зв'язку теоретичних знань і практики, розуміння сутності експериментальних методів, будови та принципу роботи приладів. Учні мають засвоїти відповідну мову, що органічно поєднує у собі номенклатуру, специфічні терміни та символи, схеми та зображення обладнання, навчитися користуватися нею під час планування та проведення експерименту, а також при обробці отриманих експериментальних результатів.

Проведення фізичного експерименту, вимагає від учнів таких “мовних” знань та вмінь:

- знання номенклатури, зокрема знання назв фізичних приладів;
- знання умовних позначень приладів на схемах;
- знання одиниць величин, що вимірюються конкретними фізичними приладами, та умовні позначення цих одиниць;
- вміння будувати схеми експериментальних установок;
- вміння подавати у вигляді таблиць і графіків результати експерименту тощо.

Як бачимо, навчальна діяльність з проведення учнями фізичних експериментів за своєю структурою багатокomпонентна.

Систематична робота, що спрямована на свідоме оволодіння учнями мовою фізики, дозволить їм якісно засвоїти шкільний курс фізики та використовувати набуті знання на практиці. Під час навчання мови фізики треба звернути увагу на необхідність створення в учнів необхідної кількості різноманітних предметних образів з одночасним формуванням у них відповідних мовленнєвих структур.

Саме у процесах побудови образів, які необхідні для організації процесу фізичного мислення учнів, виключного значення набуває *фізичний експеримент*. Система шкільного фізичного експерименту охоплює демонстраційні досліди, лабораторні роботи, фізичні практикуми, експериментальні задачі, домашні досліди і спостереження, виготовлення моделей і приладів.

Навчальний фізичний експеримент як джерело пізнання й один із методів навчання фізики міцно укріпився у вітчизняній загальноосвітній середній школі. Сьогодні немає потреби доводити будь-кому переваги навчання фізики із широким застосуванням експерименту. Процес розвитку й удосконалення цього методу навчання продовжується: відбувається розробка окремих проблем застосування фізичного експерименту в процесі навчання фізики; уточнюються загальнодидактичні проблеми методики та техніки навчального фізичного експерименту; розробляються методичні засади його комп'ютеризації та ін.

Отримані результати у цьому напрямку свідчать про те, що ефективність засвоєння навчального матеріалу значно підвищується при підкріпленні словесних пояснень учителя відповідними демонстраціями. Тут розкривається перспектива звернення уваги учнів на ті обставини, які необхідні для розуміння суті навчального матеріалу. Матеріал, проілюстрований певними демонстраціями та одночасно пояснений за допомогою слів та формул, дає учням інструмент для формулювання власних думок на фізичні теми. Слід зазначити, що на початку вивчення фізики учні вже мають набір чуттєво-наочних образів, які виникли у ході набуття буденного досвіду. Однак цей досвід має безсистемний характер та є недостатнім. Демонстраційний

експеримент та лабораторні роботи повинні збагатити чуттєві знання учнів, сприяти створенню в них чітких наочних образів.

Шкільний фізичний експеримент розкриває широкі можливості для організації розумової діяльності учнів. Коли образи, що виникають в учнів під час наукових спостережень, вступають у протиріччя з їхніми попередніми уявленнями, то створюється проблемна ситуація, яка є початковим моментом у процесі мислення. Проблемна постановка демонстрацій робить процес навчання фізики змістовнішим та глибшим. Використання проблемних ситуацій дозволяє здійснювати тренування мислення учнів та сприяє його розвитку.

Аналізуючи результати проблемного дослідження, вчитель повинен уявляти можливий хід думок учнів із розв'язання проблеми та керувати їхньою пізнавальною діяльністю. У разі потреби доцільно повторити *словесне* формулювання проблеми, *схематично* записати на дошці основні моменти дослідження, підкріпити *образи*, що виникли, відповідними демонстраціями. Тільки у поєднанні слів та відповідної наочності ми вбачаємо шлях до розв'язання проблеми формування міцних і дієвих знань з фізики.

Слід зазначити, що учнів необхідно спеціально готувати до сприймання демонстрацій та виконання експерименту. Взагалі шкільний фізичний експеримент є складною діяльністю, яка вимагає відповідної попередньої підготовки. Ідея того чи іншого дослідження і одержані результати повинні бути зрозумілими учням. Необхідно прагнути до індивідуалізації змісту роботи учнів з урахуванням особливостей їхніх розумових процесів.

У контексті теорії Л.М. Веккера зрозуміло, що учитель має показувати учням та обговорювати з ними схеми експериментального обладнання, всі його складові, звертати увагу на вимірювальні прилади. Кращі результати експериментальної роботи можна отримати за умови організації тренування учнів у перекладі інформації, що надається вчителем словесно або у письмовій формі у вигляді інструкцій, на мову просторових образів (графіків, схем, зображень тощо) та навпаки. Саме це забезпечить успішну реалізацію

розумових дій учнів. Така робота може бути організованою у вигляді підготовчих вправ, що спрямовані на засвоєння учнями знань та вмінь, необхідних для подальшого свідомого сприймання демонстрацій з фізики чи виконання лабораторних робіт.

Вправа “Мовна підготовка до експерименту”. Ідея цієї вправи полягає у формуванні в учнів зв’язку між різними знаково-символічними засобами, що виконують функцію замісників реальних вимірювальних приладів, які застосовуються у фізичному експерименті. Іншими словами вправа налагоджує зв’язок між зображенням (фотографією) приладу та його назвою, умовним позначенням, а також з іншими знаково-символічними засобами, що мають відношення до нього.

Текст завдання до фотографії (рис. 2.15):



Рис. 2.15. Ілюстративний матеріал до вправи “Мовна підготовка до експерименту”

- 1) Як називається прилад, зображений на фотографії?
- 2) Яке його схематичне позначення на електричній схемі?
- 3) Яку фізичну величину він вимірює?
- 4) Яка одиниця цієї величини?
- 5) Як треба вмикати цей прилад в електричне коло?
- 6) Яка ціна поділки приладу?
- 7) Яка межа вимірювання?

8) Яке значення вимірюваної величини на момент, зафіксований на фотографії?

Метою шкільного фізичного експерименту є не тільки забезпечення свідомого засвоєння учнями наукових фактів, законів, теорій, а й формування в них експериментальних умінь і навичок. Під останніми розуміється система розумових і практичних дій, потрібних для дослідження фізичного об'єкта (фізичної системи, її стану та процесів, що в ній відбуваються) [42, с. 6].

Під час формування зазначених умінь та навичок значна роль належить *мові фізики*. Лише за допомогою її словесних та образних компонентів учні зможуть сформулювати мету дослідження, висунути гіпотезу про існування зв'язків між фізичними величинами, що характеризують об'єкт дослідження, теоретично обґрунтувати обраний метод дослідження, спланувати експеримент, отримати і обробити експериментальні результати, оформити звіт про виконану роботу (скласти необхідні таблиці, накреслити графіки, сформулювати висновки тощо).

Учнів слід спеціально готувати до кожного із зазначених етапів фізичного експерименту. У зв'язку з тим, що на виконання лабораторної роботи відводиться обмежений час, доцільно заздалегідь здійснювати перевірку опорних знань учнів та їх корекцію у разі необхідності. Для цього пропонуємо застосовувати вправи на зразок попередньої (підготовчої), але у формі тесту з вибором відповіді.

Наприклад, у лабораторній роботі “Вивчення явища електромагнітної індукції” використовується прилад, що зображений на фотографії (див. рис. 2.16). Тут доречною буде така вправа.

Вправа “Діагностика готовності”.

1. На фотографії (рис. 2.16) зображений:

а) гігрометр; б) генератор; в) гальванометр.

2. Схематичне його позначення має такий вигляд:



3. Його можна застосовувати:

- а) тільки як амперметр, б) тільки як вольтметр;
в) у залежності від умов і як амперметр, і як вольтметр.

4. У шухляді кожуха цього приладу знаходяться:

- а) набір реостатів; б) набір конденсаторів; в) набір шунтів та додаткових опорів.

5. Дія приладу ґрунтується на...:

- а) ... зміні опору напівпровідника під дією світла; б) ... взаємодії рухомого контуру струму з магнітним полем постійного магніту; в) ... зміні температури провідника під час проходження електричного струму.



Рис. 2.16. Ілюстративний матеріал до вправи
“Діагностика готовності”

У сучасних умовах учням корисно пропонувати робити фотографії, використовуючи при цьому можливості мобільних телефонів з відеокамерами або цифрових фотокамер, та самостійно складати завдання до них. Наш досвід переконує, що багато учнів відгукується на пропозицію скласти завдання до зроблених власноруч фотографій.

Під час проведення фронтальних лабораторних робіт учні повинні грамотно оформляти отримані результати. Отже, проведення *мовної роботи* має передбачати навчання учнів виконувати необхідні записи та рисунки у зошитах для лабораторних робіт. Рисунки повинні розкривати сутність зображуваного і у той же час бути достатньо простими, схематичними. Їх треба виконувати швидко та чітко, переважно від руки, з необхідними словесними

поясненнями. При цьому треба дотримуватися стандартних умовних позначень приладів та інших об'єктів.

Окрема увага повинна приділятися оформленню таблиць отриманих значень фізичних величин, побудові графіків залежностей досліджуваних величин, формулюванню висновків тощо.

Слід зазначити, що недоступність деяких фізичних об'єктів та явищ безпосередньому спостереженню в навчальних умовах викликає необхідність їх вивчення за допомогою моделей.

Моделі не просто надають можливість для створення образів об'єктів. Вони створюють образи найбільш суттєвих ознак цих об'єктів. Всі інші властивості, які не є суттєвими в даному випадку, відкидаються. Таким чином, в учнів створюється узагальнений образ об'єкта, що моделюється.

Доцільним є залучення школярів до власноручного створення моделей фізичних об'єктів і простих фізичних приладів за їх словесним описом. Так, учням восьмих класів можна пропонувати проведення домашніх експериментів, що передбачають створення саморобних електроскопів, електромагнітів тощо за відповідними словесними поясненнями.

Найкращих учнів можна підключати до розробки більш складних моделей. Так, у 2005-2006 навчальному році під нашим керівництвом ученицею 10 класу Запорізької гімназії № 28 Зоєю Курмак (вчитель фізики — А.М. Андрєєв) розроблялася модель поверхні, що описується рівнянням стану ідеального газу: $pV = \nu RT$.

Спочатку для моделювання цієї поверхні було застосовано комп'ютерну програму Mathcad (див. рис. 2.17). Образ потрібної поверхні створювався з використанням системи ізотерм та ізобар. Однак таку саму поверхню можна зробити наочною і за допомогою ізобар та ізохор (див. рис. 2.18).

Побачивши, як виглядає поверхня на екрані комп'ютера, було вирішено, що застосування відповідної матеріальної моделі у навчальному процесі може суттєво полегшити сприйняття учнями молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу.

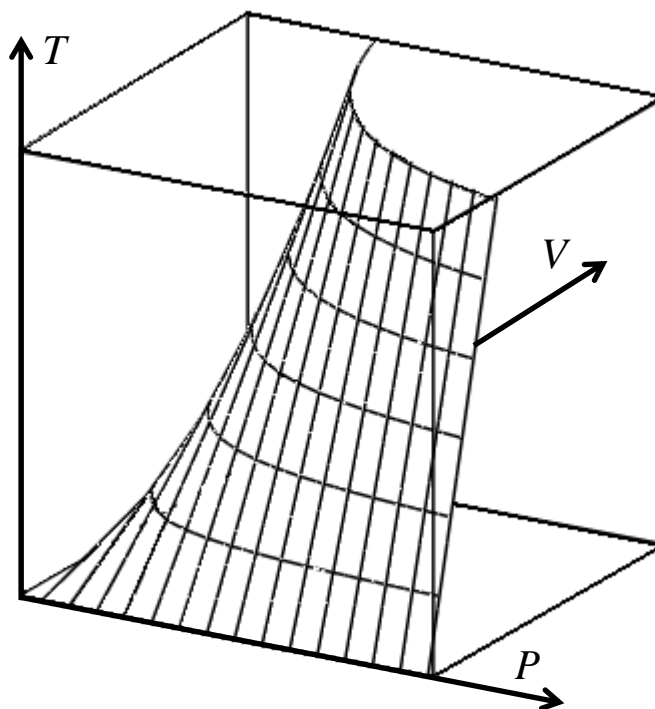


Рис. 2.17. Залежність $T(p,V)$, що побудована за допомогою програми Mathcad шляхом візуалізації ізотерм та ізобар

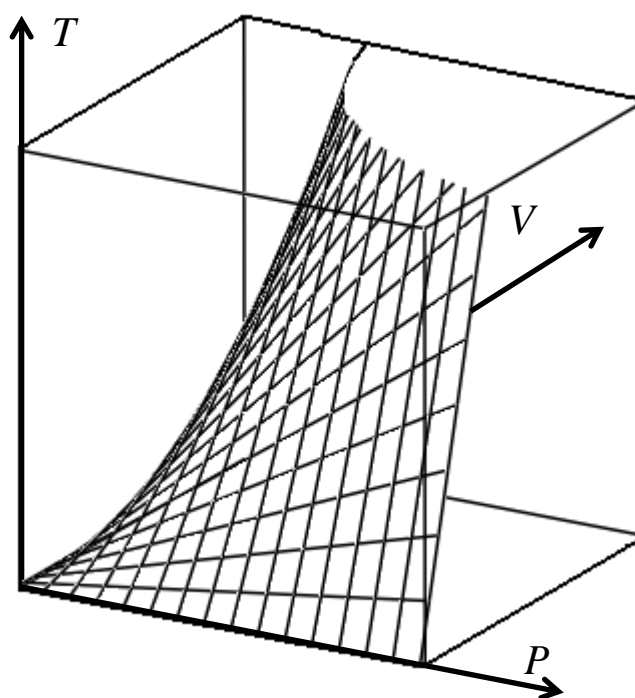


Рис. 2.18. Залежність $T(p,V)$, що побудована за допомогою програми Mathcad шляхом візуалізації ізохор та ізобар

Фотографії двох варіантів матеріальної моделі поверхні, що задається рівнянням стану ідеального газу, подані на рис. 2.19.

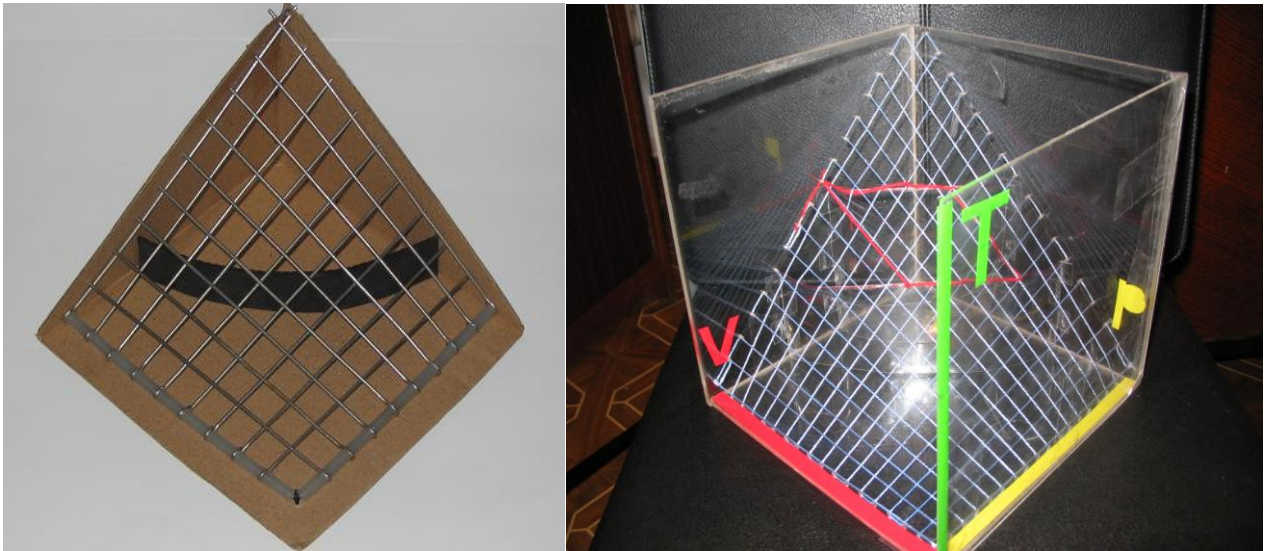


Рис. 2.19. Матеріальні моделі поверхні,
що задається рівнянням стану ідеального газу

Модель поверхні з прозорими стінками і позначеннями координатних осей дозволяє візуалізацію графіків зміни стану ідеального газу, зокрема графіків ізопроцесів.

Результатом цієї пошукової роботи став розроблений *пристрій для демонстрації поверхні, що описується рівнянням стану ідеального газу*. Опис та виготовлення пристрою входили до завдань науково-дослідної роботи Зої Курмак. З цією роботою вона стала переможцем II (обласного) етапу Всеукраїнського конкурсу МАН на секції “фізика” (III місце). Крім того, на цей пристрій була оформлена заявка на корисну модель і відправлена до Державного департаменту інтелектуальної власності МОН України. Автори корисної моделі, серед яких була і десятикласниця Зоя Курмак, 15.09.2006 отримали деклараційний патент №17081U [144] (див. додаток А).

Треба зазначити, що прототипом цієї корисної моделі є модель гіперболічного параболоїда, яку розробила С.В. Повар [150]. Найбільш близькою до запатентованої корисної моделі є просторова модель, яку запропонували В.Г. Нижник, Г.П. Грищенко, Є.О. Перепелиця та Г.А. Федорук [133].

2.4. Використання новітніх інформаційних технологій у контексті навчання учнів мови фізики

Для результативного навчання учнів мови фізики виявилось доцільним створювати відповідні комп'ютерні навчальні програми. У цьому підрозділі ми зробимо короткий огляд дидактичних можливостей мультимедійних засобів у контексті навчання мови фізики, а потім розглянемо програмні продукти, створені у зв'язку з потребами нашого дисертаційного дослідження.

Дидактичні можливості мультимедіа. *Multimedia* (англ. *multimedia*) — термін для визначення комп'ютерної технології, яка дозволяє гнучко керувати потоками різноманітної інформації — текстами, графічними зображеннями, звуками, відеозображенням. Саме можливість комп'ютерів подавати інформацію у різних модальностях робить їх ефективним засобом навчання учнів мови фізики (з урахуванням двомовності розумових процесів).

Комп'ютер може виконувати різноманітні функції: контролюючих машин, навчальних тренажерів, моделювальних стендів, інформаційно-довідкових систем, ігрових навчальних середовищ, електронних конструкторів тощо [190, с. 99].

Сьогодні у Україні створено чимало оригінальних педагогічних програмних засобів з фізики для вчителів та учнів середньої загальноосвітньої школи. Так, відповідна робота здійснюється в лабораторії математичної і фізичної освіти Інституту педагогіки АПН України під керівництвом О.І. Бугайова [48]. У результаті розроблена структура і зміст таких педагогічних програмних засобів з фізики, як: “Бібліотека електронних наочностей. Фізика. 7-9 клас” та “Бібліотека електронних наочностей. Фізика. 10-11 клас”; “Віртуальна фізична лабораторія. 7-9 клас” та “Віртуальна фізична лабораторія. 10-11 клас”; “Фізика-7”, “Фізика-8” та “Фізика-9” тощо.

Комп'ютерне забезпечення для використання у навчальному процесі розробляє також Інститут засобів навчання АПН України [72]. У ньому під керівництвом Ю.О. Жука були створені автоматизована база даних “Засоби

навчання”, педагогічні програмні засоби “Лабораторні роботи з фізики для 8 класу”, “Аналіз інформаційної насиченості підручника” та ін.

Комп’ютерні програмні засоби створюють умови для ефективного навчання фізики. Розглянемо їх потенційні можливості щодо навчання учнів мови цього навчального предмета.

На окрему увагу заслуговує використання електронних підручників. Такий підручник, як і друкований, містить текстову інформацію, таблиці, рисунки, фотографії та ін. Однак він має і додаткові можливості: інформація в ньому може бути подана у вигляді анімацій та відеозаписів, а також супроводжуватися дикторським текстом. Прикладом реалізації електронного підручника на лазерному компакт-диску є українська програма “Фізика-7” та російська — “Использование Microsoft Office в школе”.

Учитель має можливість змінювати структуру тексту електронного підручника, створювати власні лекції шляхом додавання окремих блоків з тих, що запропоновані в електронному підручнику тощо. Так, у програмному пакеті Microsoft Office міститься програма Power Point для створення *презентацій* з готових слайдів. За її допомогою учитель для створення статичних та динамічних ілюстрацій, які сприяють розумінню учнями програмного матеріалу з фізики, може використати як матеріал електронних підручників, так і банк наочностей в електронному вигляді (наприклад, зміст програмного засобу “Бібліотека електронних наочностей. Фізика. 7-9 клас” чи власно створених рисунків та цифрових фотографій).

Такий підхід дозволяє модернізувати таку форму організації уроку як лекція. Модернізовану форму називають *слайд-лекцією*. Під слайд-лекцією розуміється така форма навчання, в ході якої відбувається інтеграція мовлення вчителя та відеоматеріалу, що поданий на екран за допомогою відеопроєктора, керованого комп’ютером. Слайд-лекції дозволяють здійснювати більш якісне засвоєння учнями курсу фізики завдяки поєднанню мовлення та образної наочності.

Саме використання презентацій на основі відеокомп'ютерних систем (поєднання ЕОМ з відеопроєкторами) стає тим ефективним засобом, який активізує навчально-пізнавальну діяльність учнів сучасної школи.

Електронний консультант з мови фізичних задач. Реалізація ідеї використання комп'ютерних презентацій у нашому випадку полягала у створенні *електронного консультанта*, з нагромадженням спеціально створених навчальних матеріалів, що спрямовані на допомогу учню у навчанні мови фізичних задач (див. п. 2.3.2). Йдеться про ефективне використання мультимедійних можливостей комп'ютера під час створення так званого “розв'язника” фізичних задач, в якому можна одночасно поєднувати як образні елементи мови фізики (наприклад, ілюстрації, що сприяють розумінню учнями фізичної ситуації задачі), так і мовленнєві (тексти розв'язків задач із звуковим супроводом).

За допомогою створення гіпертекстового документу, в якому зв'язок між окремими елементами інформації організований за допомогою взаємних посилань, стає можливим дозоване “читання” розв'язку конкретної фізичної задачі. У такий спосіб створюється необхідна індивідуалізація навчання.

Вигляд монітора комп'ютера під час роботи з електронним консультантом поданий на рис. 2.20.

Використання пропонованого мультимедійного засобу суттєво активізує роботу учнів на уроці, а також покращує сприйняття ними ідей розв'язків фізичних задач. Розглянемо для прикладу низку слайдів, що ілюструють хід обговорення розв'язку однієї з задач (див. рис. 2.21).

Задача (№ 4.65 з [44]). *Кристал солі NaCl має кубічну структуру. Знайдіть мінімальну відстань між центрами іонів Na^+ і Cl^- , якщо густина солі $2,2 \text{ г/см}^3$.*

Цей мультимедійний консультант можна з успіхом використовувати не лише на уроках фізики, але й у домашніх умовах для самостійної роботи над фізичними задачами.

Молекулярна фізика

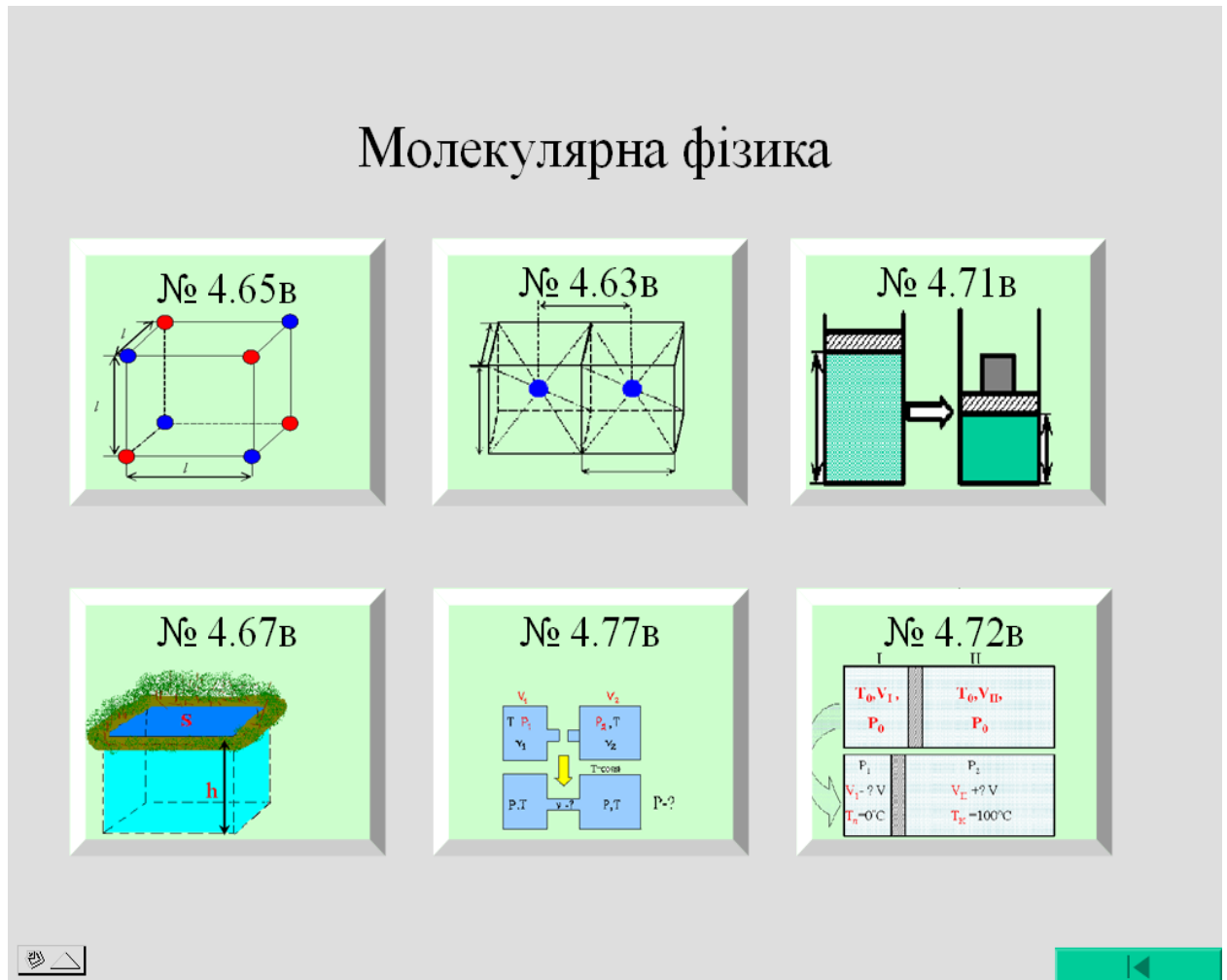


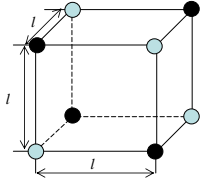
Рис. 2.20. Вигляд однієї з сторінок меню електронного консультанта з мови фізичних задач

Залучення учнів до створення комп'ютерних засобів навчання. Темою учнівських науково-дослідних робіт може бути розробка комп'ютерного забезпечення уроків фізики. Наприклад, можна залучати їх до розробки засобів навчання на зразок розглянутого нами електронного консультанта. Під керівництвом досвідченого учителя фізики така робота є для них цілком посильною, яка до того ж приносить їм задоволення. Так, слайди електронного консультанта виконувала учениця 10 класу НВК "Освіта" м. Запоріжжя Ольга Казанцева під керівництвом її вчителя фізики — Ю.П. Мінаєва. З цією роботою у 2005-2006 році вона посіла III місце на секції "фізика" на обласному етапі конкурсу-захисту науково-дослідних робіт учнів — членів МАН.

1

Розглянемо кубик з ребром l , у вершинах якого розташовані іони натрію та хлору.

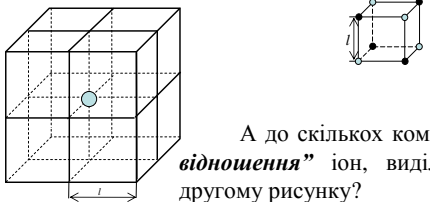
А скільки іонів одного типу (наприклад Na^+) “мають відношення” до цієї кубічної комірки?



▶ ◀ 🔊

2

Як видно з рисунку, кількість іонів одного типу, що “мають відношення” до виділеної комірки, буде дорівнювати чотирьом.

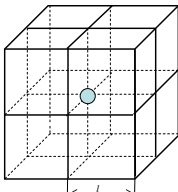


А до скількох комірок “має відношення” іон, виділений на другому рисунку?

▶ ◀ 🔊

3

Зрозуміло, що до восьми!

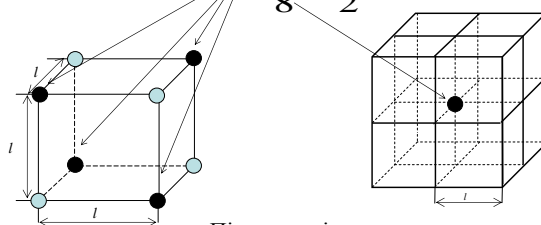


Тепер можна зробити висновок щодо кількості іонів одного типу, що припадає на одну комірку об'ємом l^3 .

▶ ◀ 🔊

4

“Півіона” натрію (Na^+) і “півіона” – хлору (Cl^-) припадає на одну кубічну комірку з ребром l !

$$4 \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$$


Підемо далі...

▶ ◀ 🔊

5

А яка ж маса припадає на одну кубічну комірку з ребром l ?

Дайте відповідь двома різними способами:

- 1) Через молярну масу $NaCl$;
- 2) Через довжину ребра комірки і густину $NaCl$.

▶ ◀ 🔊

6

$$\frac{M_{NaCl}}{2N_A}$$

через
молярну масу $NaCl$

$$= \rho_{NaCl} \cdot l^3$$

через густину $NaCl$
і довжину l .

З цієї формули вже можна легко знайти мінімальну відстань між центрами іонів Na^+ і Cl^- .

▶ ◀ 🔊

Рис. 2.21. Серія слайдів, що ілюструють хід розв'язування фізичної задачі

Іншим прикладом може бути наведений у п. 2.3.3 результат комп'ютерного моделювання поверхні, що описується рівнянням стану ідеального газу. Цю роботу виконувала учениця 10 класу гімназії № 28 м. Запоріжжя Зоя Курмак під нашим керівництвом. На першому етапі вона застосувала програму Mathcad. А для оформлення заявки на корисну модель, яка була відправлена нами до Державного департаменту інтелектуальної

власності України, використовувалася програма *Flesh*. Для учнів така діяльність надзвичайно корисна. А займаються вони нею із задоволенням. Тут можна реально встановити партнерські стосунки між учителем і учнем, бо у багатьох випадках школярі краще володіють комп'ютерною технікою і потребують в основному допомоги з питань методики навчання фізики.

Програмні продукти, про які йтиметься далі теж створені учнями на замовлення вчителів і під їхнім загально-методичним керівництвом.

Комп'ютерний тренажер-контролер для навчання мови фізики.

Перейдемо до розгляду напрямку використання новітніх інформаційних технологій для навчання учнів мови фізики, що пов'язаний з практичною реалізацією ідеї тренування у поданні фізичної інформації у різних формах. Створювати бази даних для завдань такого типу доцільно саме за допомогою комп'ютерної техніки. Покажемо, як такі програми можуть технічно забезпечити “мовну” практику учнів.

Із теоретичного підґрунтя нашого дисертаційного дослідження випливає, що для організації навчання учнів мови фізики доцільно створювати як такі типи завдань, що сприяють розвитку в учнів уміння перетворювати інформацію, залишаючись у межах однієї модальності (мовленнєвої або образної), так і такі, що вчать перекладу (перекодуванню) інформації з мови одновимірних послідовних структур на мову просторово-одночасних структур та у зворотному напрямку. При цьому одновимірні послідовні структури подаються як послідовності знаків, які треба “читати” один за іншим. На відміну від них просторово-одночасні структури мають сприйматися одномоментно завдяки їхній просторовій будові (графіки, рисунки, фотографії тощо). Пропонована методика проведення “мовної” практики учнів спирається на систему дидактичних завдань на подання фізичної інформації у різних формах.

За кількістю необхідних переходів до потрібної модальності будемо умовно поділяти завдання на “*прості*” (без переходів або з одним переходом)

та “складні”. Схеми різновидів завдань “простого” типу представлені на рис. 2.22, а “складного” — на рис. 2.23.

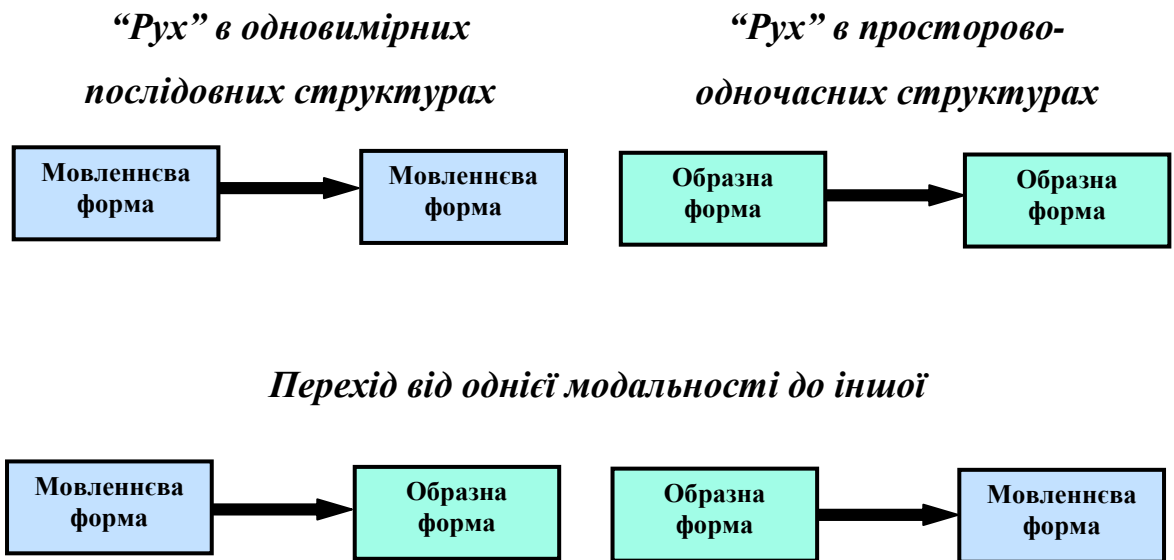


Рис. 2.22. Типи “простих” завдань на перетворення та подання фізичної інформації

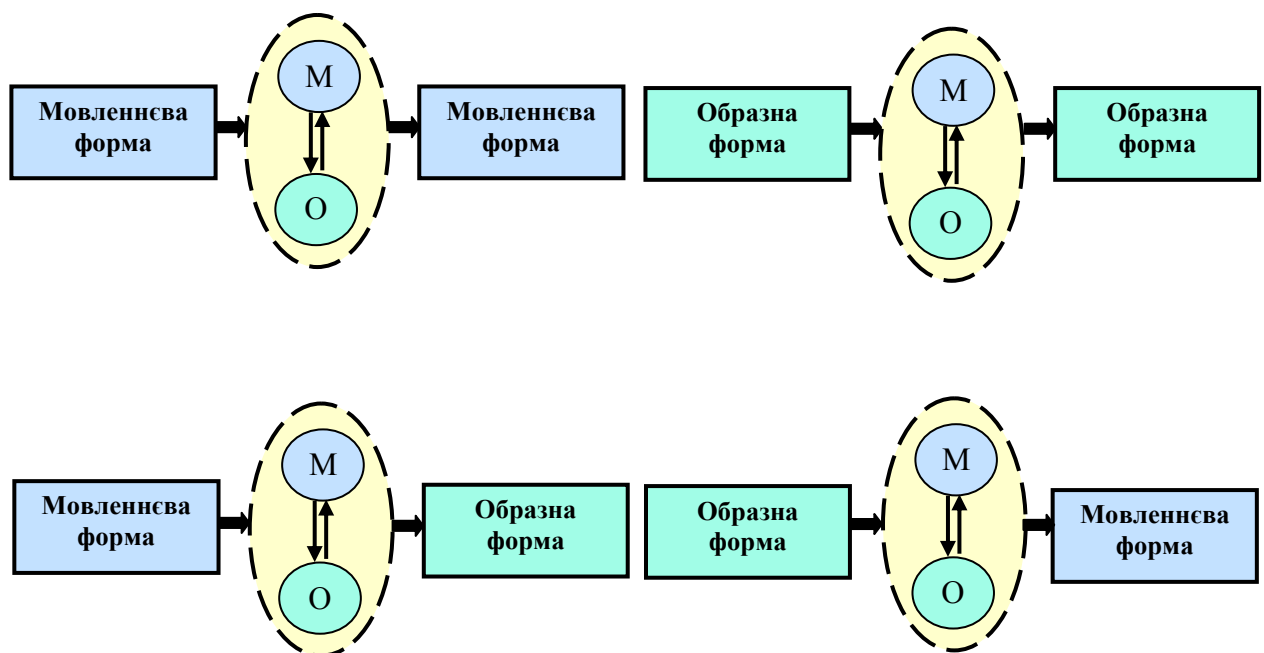


Рис. 2.23. Типи “складних” завдань на перетворення та подання фізичної інформації

Для практичної реалізації розроблених завдань доцільним стає використання мультимедійних можливостей новітніх інформаційних

технологій. Це пов'язане з тим, що вони, *по-перше*, дозволяють створити відповідну тренувальну базу, що містить досить великий за обсягом “банк” різноманітних образів, а *по-друге*, — організувати ефективне тренування учнів у виконанні цих вправ з автоматичним контролем за часом та кількістю вірно виконаних завдань.

Ідея застосування досить великого за обсягом “банку” різноманітних картинок була реалізована нами у навчальній комп'ютерній програмі “Знайдіть відповідність”. Ця програма була створена на наше замовлення Борисом Мінаєвим із використанням мови програмування PureBasic. Вона призначена як для “мовного” тренування учнів, так і для діагностики результатів навчання учнів мови фізики. Частина використаного у цій програмі наочного матеріалу була взята із ППЗ “Бібліотека електронних наочностей. Фізика. 10-11 клас”. Інші рисунки та фотографії зроблені автором цієї дисертації.

Приклади реалізації у комп'ютерному варіанті “простого” завдання подані на рис. 2.24 та 2.25. Перший приклад стосується теоретичного матеріалу,



Рис. 2.24. “Просте” завдання на теоретичний матеріал

пов'язаного з типами електричних розрядів. А другий ми візьмемо зі створеної нами бази завдань для попередньої підготовки учнів до проведення фізичного експерименту. Про необхідність цієї роботи йшлося у п. 2.3.3. Така підготовка включає серед іншого навчання учнів схематичного позначення фізичних приладів.

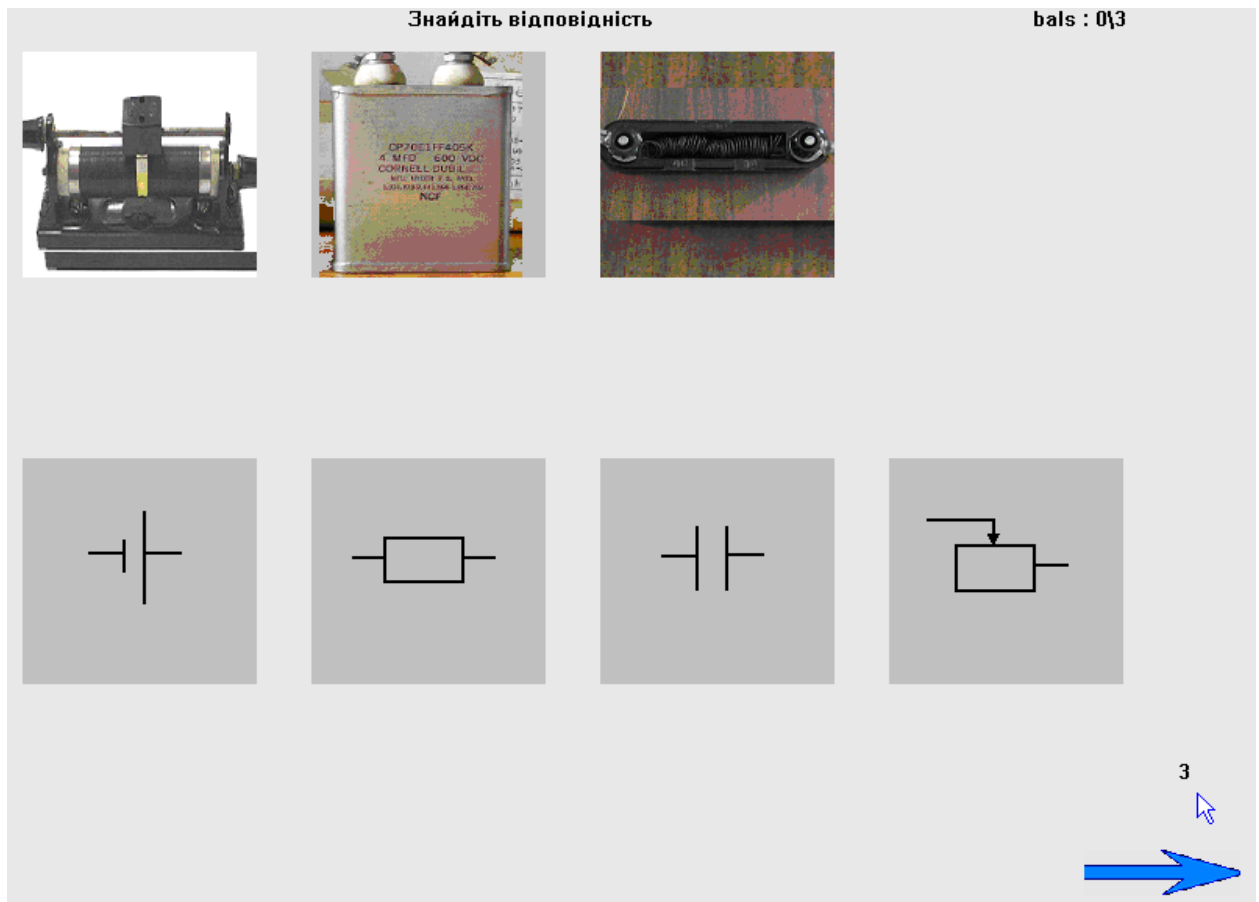


Рис. 2.25. “Просте” завдання для підготовки до проведення фізичного експерименту

Приклади реалізації завдань “складного” типу у пропонованій нами програмі “Знайдіть відповідність” представлені на рис. 2.26 та 2.27. Подібні завдання легко тиражуються. Запам’ятовувати відповіді тут принципово не має сенсу. У цьому випадку використання комп’ютера доцільне на етапі контролю, коли відповідні розумові дії вже сформовані.

При виконанні цих завдань учень має курсором попарно виділити відповідні елементи. За кожну правильну відповідь нараховується один бал, за невірну — один бал віднімається, у випадку відсутності відповіді — 0 балів.

Знайдіть відповідність

bals : 0/0

$$\sqrt{\frac{Дж}{Тл \cdot А}}$$

$$\frac{\Gamma_H \cdot A}{B}$$

$$\frac{Кл \cdot Вб}{\Gamma_H \cdot \Phi}$$

ВТ

с

м

Ом

3

Рис. 2.26. Приклад “складного” завдання з одиницями СІ

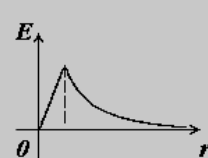
Знайдіть відповідність

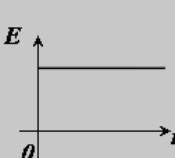
1) $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

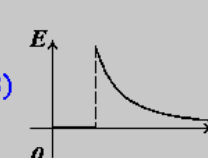
2) $E = \begin{cases} k \frac{qr}{R^3}, & r < R \\ k \frac{q}{r^2}, & r \geq R \end{cases}$

3) $E = k \frac{q}{r^2}$

4) $E = \begin{cases} 0, & r < R \\ k \frac{q}{r^2}, & r \geq R \end{cases}$

1) 

2) 

3) 

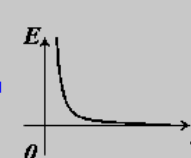
4) 

Рис. 2.27. “Складне” завдання з графіками
функціональних залежностей

Звичайно, що система нарахування балів може бути змінена. Після закінчення роботи над системою завдань на монітор виводиться загальна кількість

набраних балів, яка може бути перерахована в оцінку за прийнятою у сучасній школі дванадцятибальною шкалою.

Цей програмний засіб є дуже простим у використанні і не потребує від респондента спеціальних навичок роботи з комп'ютером. Серед його переваг є те, що створені завдання мають вигляд тестів закритого типу. Це дозволяє обмежити час перебування учнів біля моніторів при достатньо великій кількості запропонованих завдань (біля 20-30 за 10-15 хвилин).

У ході нашого дослідження були визначені напрямки створення баз даних для комп'ютерних програм, орієнтованих на навчання мови фізики.

Так, мовленнєвим структурам можуть бути поставлені у відповідність такі типи “картинок”:

- 1) фотографії вимірювальних приладів;
- 2) фотографії, отримані у результаті фізичного експерименту;
- 3) фотографії видатних фізиків;
- 4) фотографії експериментальних установок;
- 5) фотографії окремих моментів фізичного явища;
- 6) серії фотографій, на яких зображені послідовні моменти певного фізичного процесу;
- 7) стробоскопічні фотографії швидкоплинних процесів;
- 8) ілюстративний матеріал, отриманий у результаті комп'ютерного моделювання;
- 9) ілюстративний матеріал для пояснення певних фізичних явищ;
- 10) графіки фізичних залежностей;
- 11) умовні позначення на схемах;
- 12) електричні та оптичні схеми;
- 13) технічні креслення окремих елементів фізичного обладнання;
- 14) ілюстрації до задачних ситуацій.

Отже, подібні програмні засоби дозволяють забезпечити як своєрідну “мовну” практику учнів, так і контроль за рівнем засвоєння окремих елементів мови фізики. При цьому відповідне тренування може здійснюватися як під час

уроків фізики, так і в позаурочний час. Методика проведення “мовної” практики спирається на систему дидактичних завдань, у яких фізична інформація подається у вигляді як одновимірних послідовних мовленнєвих структур, так і просторово-одночасних образів.

2.5. Організація роботи учнів із засвоєння мови нової навчальної теми (на матеріалі молекулярно-кінетичної теорії)

Сучасна школа ставить завдання навчити учнів орієнтуватися у швидко зростаючому потоці інформації, знаходити необхідне та застосовувати його на практиці [63]. Безумовно, успіх у цій діяльності визначається не в останню чергу знанням тієї специфічної мови, якою поданий матеріал. Так, для розуміння фізичних проблем необхідно оволодіти мовою фізики. Це передбачає знання формул, що відображають певні фізичні закони, знання назв цих законів та величин, між якими встановлені зв'язки, вміння формулювати закони словесно тощо.

Але як досягнути знання учнями досить великої кількості формул та вміння ними вільно користуватися? Тут на механічне запам'ятовування, тобто звичайну зубрячку, покладатися не можна. І чи взагалі потрібно вимагати від учнів заучування всіх формул шкільного курсу фізики? На нашу думку, важливіше навчити учнів відновлювати у пам'яті забуті формули. Тому у даному підрозділі дисертації йтиметься про організацію такої роботи з учнями, яка б сприяла їхньому *розумінню* навчального матеріалу теми “Основи молекулярно-кінетичної теорії”.

Пропонована методика ознайомлення учнів з елементами мови молекулярно-кінетичної теорії обґрунтовується з позицій психологічної теорії мислення Л.М. Веккера, згідно з якою відчуття *розуміння* чогось пов'язується з таким станом, коли з'являється можливість передати один і той самий матеріал різними способами, наприклад, словами, картинками або формулами.

З досвіду роботи у школі та ВНЗ нам відомо, що часто учні і навіть студенти не можуть здійснити такий міжмовний переклад (між мовою слів і

мовою образів). Проведені нами спеціальні дослідження засвідчили, що як запис розгорнутого формулювання за наведеною фізичною формулою, так і навпаки, — запис формули за наведеним формулюванням — викликає у них певні труднощі [89].

Якщо в 10 класі є нові для вчителя фізики учні, то перед початком вивчення теми: “Основи молекулярно-кінетичної теорії” треба з’ясувати, чи вміють ці учні виконувати завдання, подібні до таких:

1. Запишіть фізичною формулою фразу та наведіть список використаних позначень (для невідомих Вам величин можна вводити власні позначення):

а) “Середня квадратична швидкість руху молекул газу дорівнює кореню квадратному з відношення потроєного добутку універсальної газової сталої та термодинамічної температури до молярної маси цього газу”;

б) “Тиск ідеального газу дорівнює одній третині від добутку концентрації молекул газу, маси однієї молекули та середнього квадрату швидкості руху молекул”.

2. Запишіть фразою (на зразок такої, як у попередньому завданні) фізичну формулу:

а) $p = \frac{2}{3} n \langle E \rangle$, де p — тиск ідеального газу, n — концентрація молекул газу, $\langle E \rangle$ — середня кінетична енергія молекул;

б) $p = \frac{\rho RT}{M}$, де p — тиск ідеального газу, ρ — густина газу, M — молярна маса газу, R — універсальна газова стала, T — абсолютна температура.

Якщо при виконанні подібних завдань на новому для учнів матеріалі в них виникають труднощі, то треба організувати роботу з формування відповідних умінь.

Повернемося до методичних прийомів, які б дозволяли учням самостійно отримувати переважну більшість формул. Так, на одному з перших занять з

теми “Основи молекулярно-кінетичної теорії” вчитель може ввести загальноприйняті в навчальній літературі позначення фізичних величин та сталих і вербально пояснити зміст деяких з них. Далі учні отримують таке завдання.

**Завдання на самостійне одержання
формул-означень та наслідків з них**

Введені позначення:

N – число молекул речовини;

N_A – стала Авогадро (число молекул в одному молі речовини);

ν – кількість речовини (число молей);

V – об’єм газу;

n – концентрація (число молекул газу в одиниці об’єму);

m – маса газу;

M – молярна маса (маса моля газу);

m_0 – маса молекули газу;

ρ – густина газу (маса газу в одиниці об’єму);

V_m – молярний об’єм газу (об’єм моля газу).

Виразіть величини через ті, що стоять у дужках:

1) $n(N, V)$; 2) $\nu(N, N_A)$; 3) $M(m, \nu)$;

4) $m_0(M, N_A)$; 5) $m_0(m, N)$; 6) $V_m(V, \nu)$;

7) $\rho(m, V)$; 8) $V_m(M, \rho)$; 9) $\rho(n, m_0)$.

У разі необхідності вчитель може підказати доречну аналогію. Коли учні, наприклад, ніяк не можуть збагнути, як пов’язані між собою молярна маса та маса однієї молекули газу, то варто їм запропонувати визначити масу цукерки, якщо відома маса заданого числа таких самих цукерок. Ефективним буде і залучення учнів, які швидко впоралися з цим завданням, до роботи з тими учнями, які отримали помилкові відповіді.

Запропоноване завдання допомагає учням усвідомити той факт, що існують формули, які можна записати безпосередньо після з'ясування фізичного змісту величин та введення позначень.

Що ж до формул, які виражають фізичні закони, то деякі з них легко запам'ятовуються, бо легко читаються, наприклад, так: “ p дорівнює nkT ”. Інші легше запам'ятати у формулюваннях типу: “На кожен ступінь вільності припадає енергія $kT/2$ ”. Але не має сенсу вигадувати мнемонічне правило для основного рівняння МКТ, не дивлячись на те, що його називають основним. Воно досить громіздке для безпосереднього запам'ятовування. З іншого боку, його можна швидко відновити за допомогою більш простих формул, які легко запам'ятовуються.

Корисною на практиці виявляється “Схема відновлення в пам'яті формул МКТ” (рис. 2.28). Доречно організувати у класі обговорення цієї схеми після того, як учні її уважно роздивилися і подумали над імовірним авторським задумом та засобами його втілення.

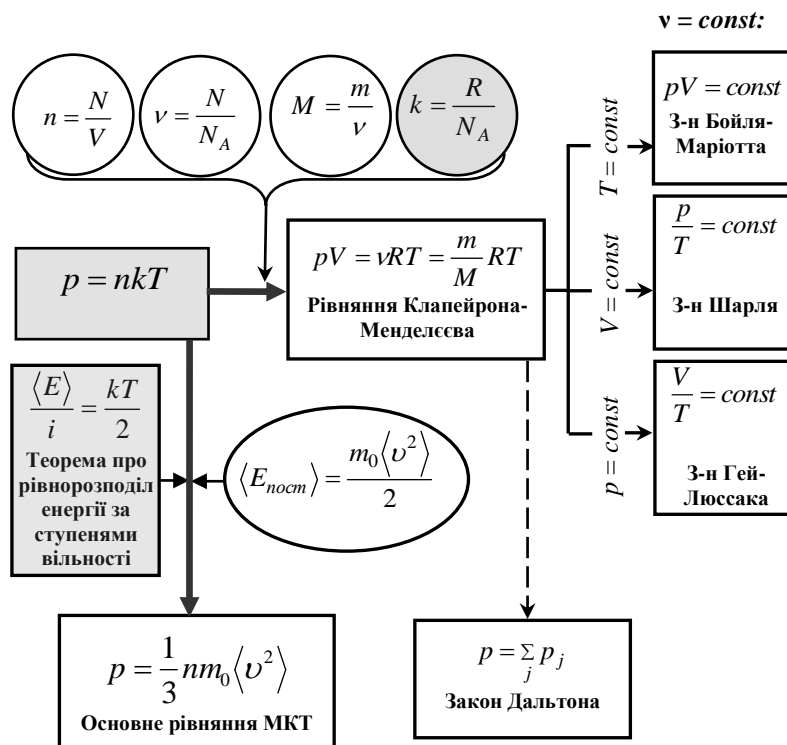


Рис. 2.28. Схема відновлення в пам'яті формул МКТ

Можливі запитання для організації обговорення схеми:

- 1) Які формули фактично є означеннями фізичних величин?
- 2) Яка величина криється за позначенням $\langle E_{\text{пост}} \rangle$? Що тут означають кутові дужки та нижній індекс “пост”?
- 3) Звідки береться коефіцієнт $\frac{1}{3}$ в основному рівнянні МКТ, якщо у схемі “трійка” ніде більше не зустрічається?
- 4) Як словами сформулювати теорему про рівнорозподіл енергії за ступенями вільності?
- 5) Яке з наведених у схемі рівнянь можна було б назвати рівнянням стану ідеального газу?
- 6) Що розуміють під терміном “ізопроееси” під час вивчення законів ідеальних газів?
- 7) Як Ви розумієте запис $\sum_j p_j$ у законі Дальтона? Як цей закон можна було б сформулювати словами?
- 8) Як представляють процес ізотермічного розширення у pV – координатах? Звідки видно, що йдеться про розширення, а не про стискання? Як відповісти на подібні запитання для pT – і VT – координат? Для інших ізопроеесів?
- 9) Як сформулювати словами закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака, Шарля?
- 10) Який сенс Ви вбачаєте у використанні на схемі рамок різної форми “Заливки”? Стрілок?

Звернемо увагу на те, що розглядання та обговорення запропонованої схеми у нашій методиці передують детальному вивченню теорії. Тому відповіді на запитання вчителя вимагають від учнів не відтворення знайомого навчального матеріалу, а власного розмірковування, висування гіпотез, перекодування інформації з однієї форми в іншу.

Після детального обговорення запропонованої схеми і з’ясування можливих способів відновлення у пам’яті відповідного навчального матеріалу

нашою методикою передбачається виконання учнями вправ, які допомагають звикнути до нових формул і потренуватися у їх використанні.

Завдання на перетворення основних формул МКТ

Виразіть величини через ті, які стоять у дужках та, можливо, фізичні сталі R , k , та N_A :

- | | |
|---------------------|---|
| 1) $\rho(n, m_0)$; | 2) $\rho(p, M, T)$; |
| 3) $m(m_0, N)$; | 4) $p(\rho, v_{\text{кв}})$; |
| 5) $N(m, M)$; | 6) $p(n, \langle E_{\text{ном}} \rangle)$; |
| 7) $n(p, T)$; | 8) $v_{\text{кв}}(T, M)$; |
| 9) $p(v, V, T)$; | 10) $v_{\text{кв}}(T, m_0)$. |

Примітка: середня квадратична швидкість руху молекул газу позначена як $v_{\text{кв}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$.

Після виконання учнями запропонованого завдання на перетворення формул має сенс зібрати колекцію помилкових відповідей і організувати їхнє обговорення. Особлива увага має бути приділена “озвучуванню” формул та побудові відповідних графіків, розгляду окремих і граничних випадків.

Ключовою тут стає проблема розвитку в учнів їхньої уяви, здібності за формулами і словами “бачити” конкретні фізичні стани і процеси, користуватися під час розмірковування модельними уявленнями.

Наведемо найелементарніший приклад. Скажімо, хтось у першій вправі отримав таку відповідь: $\rho = \frac{m_0}{n}$. Учням пропонується порівняти дві “картинки”, на яких “зображені” молекули газу (рис. 2.29), та сказати, у якому випадку більшою буде концентрація (n), а в якому — густина (ρ), якщо всі молекули мають однакові маси (m_0).

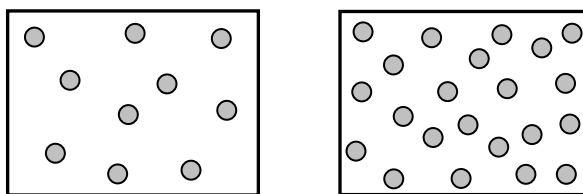


Рис. 2.29. “Картинки” із “зображенням” молекул газу для обговорення понять *концентрація молекул* і *густина газу*

Після з’ясування питання про зв’язок концентрації молекул і густини газу за допомогою просторових образів учням пропонують порівняти свій висновок з тим, що дає формула, яку хтось отримав. Звернемо увагу на те, що наведені примітивні “картинки” надають можливість учителю і самому поставити ряд корисних запитань, і запропонувати це зробити учням, а потім організувати обговорення відповідей.

Сучасні школярі і навіть студенти фізичних та математичних факультетів часто помиляються під час елементарних математичних перетворень фізичних формул і при цьому абсолютно безпорадні у справі самостійної перевірки кінцевого результату. Для ліквідації цих вад особливого значення набуває розвиток навичок міжмовного перекладу (від слів до формул, графіків та рисунків, а також у зворотному напрямку). У ході такого перекладу і досягається, як було зазначено у п.1.3, розуміння навчального матеріалу.

2.6. “Мовний” аспект міжпредметних зв’язків (на матеріалі молекулярно-кінетичної теорії)

Обґрунтування актуальності організації роботи з вивчення основних понять молекулярно-кінетичної теорії, з якими учні мають бути знайомі з курсу хімії. Програмою з фізики для старшої школи вчителям рекомендовано при вивченні теми “Основи молекулярно-кінетичної теорії” спиратися на ті знання, які учні вже отримали на уроках хімії, і не приділяти багато часу формуванню таких понять як кількість речовини, молярна маса, стала Авогадро тощо [157]. Але у підручниках з хімії відповідний матеріал поданий так, що

виникають сумніви щодо очікуваної якості засвоєння учнями понять, важливих для успішного вивчення молекулярної фізики. З метою більш детального з'ясування стану проблеми ми провели за спеціально складеними завданнями вибірккову перевірку рівня володіння старшокласниками і студентами основними поняттями МКТ, що є спільними для шкільних курсів фізики і хімії.

Наведемо деякі із завдань, що були запропоновані учням 10-х класів загальноосвітніх шкіл м. Запоріжжя, а також студентам фізичного та математичного факультетів Запорізького національного університету:

1. Ви знаєте, що $N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. Виразіть 1 а.о.м. у кг.
2. У підручнику хімії моль визначається через кількість речовини у 0,012 кг вуглецю. Який вуглець тут мається на увазі: той, що містить природну суміш ізотопів Карбону, чи той, що містить лише однакові нукліди визначеного типу?
3. У таблиці Д.І. Менделєєва для кожного хімічного елемента наведена середня маса природної суміші ізотопів чи маса найпоширенішого нукліда?
4. У підручнику хімії можна знайти твердження, що маса протона дорівнює 1 а.о.м. Це точне значення чи наближене?
5. Чи можна визначити склад атомних ядер за допомогою таблиці Д.І. Менделєєва? Якщо так, то як саме?

У більшості респондентів виникли проблеми навіть із завданнями 2 – 4. Що ж до першого з наведених завдань, то ситуація виявилася просто катастрофічною: з ним змогли впоратися лише окремі учні та студенти.

Подальший цілеспрямований аналіз навчальної і довідникової літератури показав, що отриманому результату не треба дуже дивуватися. У більшості сучасних посібників, що орієнтовані на учнів старшої школи, такі фізико-хімічні сталі як стала Авогадро і атомна одиниця маси вводяться так, нібито вони жодним чином між собою не пов'язані.

Останнє з наведених вище завдань було нами фактично “запозичене” з діючого в Україні підручника хімії для 9-го класу, де цілком серйозно “навчають” читачів визначати склад атомних ядер за допомогою періодичної системи [30, с. 25]. Отож не дивно, що один студент-математик навіть навів нам

алгоритм, як підраховувати число нейтронів і протонів у ядрі атома за атомною масою, яку можна дістати з таблиці Д.І. Менделєєва: “Щоб отримати число протонів, треба атомну масу поділити на два і округлити до цілого в меншу сторону, а у випадку нейтронів — у більшу” (?). Біда полягає в тому, що то був далеко не найгірший студент. Він був налаштований отримати найвищу оцінку з університетського курсу фізики, який читається на математичному факультеті.

Отже, вибірковий контроль засвідчив, що основні поняття молекулярно-кінетичної теорії, які є спільними для шкільних курсів фізики і хімії, залишаються погано засвоєними навіть кращими учнями і студентами. Аналіз відповідної навчальної і довідникової літератури показав, що існує брак навчальних текстів, які б допомогли принаймні здібним учням усвідомити важливі фізико-хімічні поняття.

Тому ми пропонуємо ознайомити учнів зі спеціально складеним навчальним текстом, який містить запитання для роздумів, а потім організувати обговорення відповідей на ці запитання. У кабінеті фізики має бути у наявності довідкова література та різноманітні навчальні посібники з фізики та хімії, наприклад, [66; 69; 210; 217; 229; 242; 244 та ін.].

Спочатку це обговорення здійснюється в малих групах. У кожному з таких груп мають увійти більш підготовлені учні (принаймні один). Така організація роботи на уроці вчить школярів висловлювати свої думки, а також “бачити” та виправляти помилки у міркуваннях товаришів. Потім відповіді, які були обговорені у мікрогрупах, виносяться на розсуд усього класу. Вчитель на першому етапі виконує роль консультанта, а потім — організатора загальної полеміки.

Навчальний текст із запитаннями для роздумів

1. *Атом складається з ядра й електронної хмари, що його оточує. Розмір “хмари” приблизно на п’ять порядків більший за розмір ядра (у сто тисяч разів). Якщо атом уявити збільшеним настільки, що ядро буде мати “діаметр” близько 1 мм, тоді розмір електронної хмари збільшиться до сотні метрів. Але сумарна*

маса *електронів* “хмари” у тисячі разів менша за масу ядра. Іншими словами, практично всю масу атома складає маса ядра.

Запитання для роздумів: 1) Якщо атом такий “порожній” (об’єм, що займає ядро, на п’ятнадцять порядків менший за загальний об’єм атома), то чому ми не відчуваємо цієї “порожнистості”, скажімо, у твердих тіл? 2) Як один електрон в атомі водню (за новою термінологією — Гідрогену) може утворювати електронну хмару?

2. Ядро атома утворюється з двох типів частинок. Одні називають *протонами*, а інші — *нейтронами*. Перші заряджені позитивно, а другі — нейтральні. Заряд протона дорівнює заряду електрона за модулем, але відрізняється за знаком. У ядрі атома стільки ж протонів, скільки електронів знаходиться в електронній хмарі, яка оточує ядро. Тому атом електрично нейтральний. Якщо у “хмарі” виникає надлишок або брак електронів, тоді говорять, що атом перетворився на *іон*. Маса нейтрона і протона практично однакові (у нейтрона трохи більше). Для нейтронів та протонів існує загальна назва. Їх називають *нуклонами* (Згадайте, як буде англійською словосполучення “ядерна зброя”!). Оскільки маса атома фактично визначається кількістю нуклонів, то цю кількість називають не тільки *нуклонним числом*, а часто і *масовим числом*, та позначають літерою *A*.

Запитання для роздумів: 1) Як відомо, однойменно заряджені тіла відштовхуються одне від одного. Чому цього не роблять протони, які містяться у ядрі? 2) А які сили утримують нейтрони в ядрі?

3. Кількість протонів у ядрі атома (і відповідно кількість електронів в електронній хмарі електрично нейтрального атома) визначає його хімічні властивості. Кількість протонів у ядрі атома співпадає з порядковим номером відповідного хімічного елемента у таблиці Д.І. Менделєєва. Якщо заряд протона умовно прийняти за одиницю, то заряд ядра в цих умовних одиницях буде дорівнювати числу протонів. Тому кількість протонів у ядрі називають не тільки *протонним числом*, а часто і *зарядовим числом*, та позначають літерою *Z*.

Запитання для роздумів: 1) Чи впливає кількість електронів у “хмарі” на її форму? 2) Чому при монотонному зростанні зарядового числа спостерігається певна періодичність хімічних властивостей атомів?

4. Атом, для якого відомі протонне і нуклонне числа (тобто з цілком визначеним складом ядра), називають *нуклідом*, використовуючи для нього позначення типу A_ZX , де символ X повинен бути замінений на символ відповідного хімічного елемента. Наприклад, ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ — нуклід хлору (символ Cl), у ядрі якого 17 протонів (нижній індекс — 17) і 20 нейтронів (верхній індекс, який відображає загальне число нуклонів, — 37, а $37-17=20$). Звичайно, можна обмежитись таким записом: ${}^{37}\text{Cl}$. Але у цьому випадку потрібно пам’ятати, що Cl займає у таблиці Д.І. Менделєєва комірку під номером 17, або мати цю таблицю під руками.

Ядра атомів одного і того ж хімічного елемента, як уже було сказано, мають однакове число протонів (яке співпадає з номером комірки, відведеної під цей хімічний елемент у таблиці Д.І. Менделєєва), але можуть мати різне число нейтронів (і відповідно різну масу). Так, існують нукліди хлору не лише з масовим (нуклонним) числом, що дорівнює 37, а і нукліди ${}^{35}_{17}\text{Cl}$. Причому останні на Землі зустрічаються приблизно втричі частіше. Нукліди одного і того ж хімічного елемента (тобто з однаковим числом протонів у ядрі), які відрізняються масою, бо мають різне число нейтронів, називають *ізотопами*. У таблиці Д.І. Менделєєва не виділяють комірки під кожний нуклід. Усі нукліди одного і того ж хімічного елемента (тобто його ізотопи) опиняються в одній комірці. Тому вони так і називаються (*ізо-* від “однаковий”, а *-топ* перекладається як “місце”).

Запитання для роздумів: 1) Якщо нукліди одного і того ж хімічного елемента не відрізняються за своїми хімічними властивостями, то яким чином можна було відкрити ізотопи? 2) Якщо майже у кожного хімічного елемента існують ізотопи, то масу якого з них наводять у таблиці Д.І. Менделєєва?

5. У таблиці Д.І. Менделєєва доводиться вказувати усереднену масу ізотопів кожного хімічного елемента. Таке усереднення виявляється можливим, оскільки ізотопний склад хімічних елементів практично однаковий у різних куточках Землі. Для багатьох хімічних елементів спостерігається явна перевага вмісту одного ізотопу в природній суміші. Але бувають і цілком порівнянні числа. Крім хлору, про який ми говорили, згадаємо про мідь: для ^{63}Cu і ^{65}Cu масові вмісти у природній суміші відносяться приблизно як 7:3. Це призводить до того, що неможливо обрати умовну одиницю маси так, щоб атомні маси всіх хімічних елементів у таблиці Д.І. Менделєєва виражались числами, які були б достатньо близькими до цілих, адже у кожного ізотопу одного і того ж хімічного елемента своє, відмінне від інших, число нуклонів у ядрі, кількістю яких і визначається в основному маса нукліда (див. крім *Cl* і *Cu*, наприклад, *Zn*, *Ga*, *Ge*, *Rb*, ...).

Інша справа — таблиця нуклідів. Маса нуклідів можна виразити у таких одиницях, що їхні числові значення будуть практично співпадати з відповідними нуклонними (масовими) числами. Таблицю, у якій наведені маси нуклідів з великою точністю, можна знайти, наприклад, у багатьох збірниках задач з фізики (у додатках). Знайдіть таку таблицю та уважно її розгляньте. У яких одиницях наведені маси нуклідів? Зверніть увагу на те, що деякі автори не використовують слово “нуклід”, і таблиця може називатись так: “Відносна атомна маса деяких ізотопів”.

Краще було б останнє слово замінити на слово “нукліди” у відповідному відмінку, а про ізотопи говорити, коли мова йде про різні нукліди якого-небудь уже виділеного хімічного елемента. Наприклад, ізотопи хлору, ізотопи вуглецю тощо. Але Ви маєте бути готовими і до того, що деякі автори надають перевагу використанню слова “ізотопи” також і у випадку таблиці нуклідів. На це є свої історичні причини. А слово “нуклід” іноді використовують не для позначення атома з певним ядром, а для позначення власне самого ядра. Причому обидва розуміння цього слова зустрічаються в однаково поважних енциклопедичних виданнях, які виходили майже одночасно. Але повернемося до таблиці

нуклідів. Звернемо увагу на нуклід $^{12}_6\text{C}$ (ізопоп вуглецю ^{12}C , вуглець-12 чи Карбон-12). Атомна маса цього нукліда згідно з таблицею складає 12,00000 а.о.м. Зрозуміло, що таке число не могло бути результатом вимірювання. Така дивовижна точність повинна бути пов'язана з вибором тієї одиниці маси, яка представлена буквами “а.о.м.”.

Запитання для роздумів: 1) Нуклід водню ^1_1H містить у 6 разів менше як протонів, так і нейтронів та електронів, ніж нуклід вуглецю $^{12}_6\text{C}$. Чому ж його маса не дорівнює 2,00000 а.о.м.? 2) Згідно з фізичними таблицями маса нуклона (як протона, так і нейтрона) перевищує 1 а.о.м. Чи не суперечить це тому, що маса нукліда $^{12}_6\text{C}$ точно дорівнює 12 а.о.м.?

6. Як Ви вже напевно здогадалися, а.о.м. — скорочення слів “*атомна одиниця маси*”. Якщо обрати відносну одиницю маси так, щоб маса нукліда $^{12}_6\text{C}$ в точності дорівнювала 12 а.о.м., то, як можна впевнитися за таблицею нуклідів, їхні маси в цих відносних одиницях будуть дуже мало відрізнятися від нуклонних чисел, які за своїм означенням є цілими. Але чому орієнтуються саме на нуклід $^{12}_6\text{C}$? Чи не природно було б обрати масу “найлегшого” нукліда ^1_1H за атомну одиницю маси? Звичайно природно! Але... нічого не вийде. Як зміняться числові значення мас нуклідів за такого вибору одиниці маси?

Зрозуміло, що у такому випадку усі “старі” числові значення мають бути помножені (або, якщо зручніше, поділені) на одне й те саме число (на яке саме у даному випадку?). Після такого перерахунку числове значення маси нукліда ^1_1H у “нових” одиницях буде, звичайно, в точності дорівнювати одиниці. Числове ж значення маси нукліда $^{12}_6\text{C}$ не буде точно дорівнювати 12, але воно не буде і дуже сильно відрізнятися від цілого числа, яке показує кількість нуклонів у ядрі цього нукліда. Впевніться у цьому самостійно! Якщо Ви будете виходити з того, що нуклід ^1_1H має масу 1,007825 а.о.м. за *вуглецевою шкалою* (за якою маса $^{12}_6\text{C}$ точно дорівнює 12 а.о.м.), то за “водневою” шкалою має

вийти 11,90683. А ось якщо ми візьмемо найбільш стабільний ізотоп урану ${}_{92}^{238}\text{U}$, у якого за вуглецевою шкалою маса дорівнює 238,05076 а.о.м. (порівняйте з нуклонним числом!), то після перерахунку на “водневі” одиниці числове значення дорівнюватиме 236,20247. Отримане число ближче до цілого числа 236, а не до 238, як нам того хотілося. Адже ми хотіли вести мову про уран-238, а не про уран-236, у якого період напіврозпаду на два порядки менший!

Отже, природна на перший погляд “воднева” шкала призводила б до подібних незручностей. Звичайно, наведені міркування не пояснюють, чому для введення атомної одиниці маси обирають саме вуглець-12, а не, скажімо, кисень-16. Але зазначимо принагідно, що з точки зору визначення понять, якими користуються в хімії і у фізиці, “киснева” шкала була б нічим не кращою: замість числа 12 у всіх означеннях було б присутнім не менш загадкове число 16. До речі, така шкала у свій час існувала. Вона мала назву *фізичної кисневої шкали*. Але існувала також і *хімічна киснева шкала*, де за 16 одиниць приймали не масу нукліда ${}^1_8\text{O}$, а середню масу природної суміші ізотопів кисню. І до 1961 року у восьмій комірці таблиці Д.І. Менделєєва, відведеній під кисень (або, як пишуть у сучасних таблицях, Оксиген), можна було побачити число 16,000, яке і було числовим значенням атомної маси кисню за хімічною кисневою шкалою. Наявність одночасно двох шкал (фізичної та хімічної) була незручною. Прийняття спільної і для фізиків, і для хіміків вуглецевої шкали практично не змінило чисел, до яких звикли хіміки. Подивіться на атомну масу кисню у новій (після 1961 року) таблиці Д.І. Менделєєва. Вона, звичайно, зараз не 16,000, але і не дуже сильно змінилася (15,999). З іншого боку, була виконана вимога фізиків прив’язати спосіб введення атомної одиниці маси до певного нукліда, а не до якогось хімічного елемента, коли можна говорити лише про усереднену за всіма ізотопами масу атома.

Запитання для роздумів: 1) Чому “воднева” шкала призводить до значних відхилень числових значень мас “важких” нуклідів від їхніх нуклонних

(масових) чисел? 2) А що таке період напіврозпаду? І чому він різний у ізотопів одного і того ж хімічного елемента?

7. Як у молекулярній фізиці, так і в хімії часто важливою величиною є число частинок N . Наприклад, тиск газу при заданій температурі визначається числом молекул, що припадає на одиницю об'єму, але не залежить від того, які саме молекули складають газ. Однак, число частинок (або, як узагальнено говорять, *структурних елементів речовини*) зазвичай надто велике. Наприклад, за нормальних умов число молекул будь-якого газу в одному кубічному метрі становить приблизно $2,7 \cdot 10^{25}$ (до речі, ми щойно навели наближене числове значення так званої *сталой Лошмідта*).

Щоб уникнути таких великих чисел вводять фізичну величину, яка пропорційна розглядуваному числу структурних елементів речовини, але зазвичай має цілком прийнятне числове значення. Цю нову фізичну величину називають *кількістю речовини*. При цьому, фактично, замість загального числа частинок підраховують число порцій речовини, у кожній з яких міститься велике, але фіксоване число частинок (структурних елементів цієї речовини). Така порція має спеціальну назву — *моль*. А сталу, яка виражає собою число структурних елементів речовини у такій порції, називають *сталою Авогадро* та позначають N_A . Зрозуміло, що кількість речовини, якщо її позначити через ν ,

задається виразом $\nu = \frac{N}{N_A}$, а її одиницею є моль. З яких же міркувань

обирається те фіксоване число структурних елементів, яке міститься в одному молі речовини?

Якщо треба було лише позбавитися великих степенів у числових значеннях, то можна було б домовитися за одиницю кількості речовини прийняти таку порцію, яка містить, скажімо, 10^{25} структурних елементів. Але, як відомо, стала Авогадро має досить дивне, на перший погляд, числове значення ($N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹). Та й означення моля, яке можна знайти у підручниках з хімії та з фізики, виглядає досить заплутаним (... така кількість

речовини, у якій міститься стільки структурних елементів, скільки атомів міститься у 0,012 кг...).

Запитання для роздумів: 1) А навіщо ж такі ускладнення? 2) Що таке нормальні умови? Якщо через них визначається принаймні одна з фізико-хімічних сталих (стала Лошмідта), то ці умови мають бути задані дуже точно.

8. Уведення поняття кількості речовини та її одиниці майже автоматично тягне за собою необхідність введення ще однієї фізичної величини — *молярної маси речовини*. Зрозуміло, що маса певної речовини, взятої у кількості одного моля, дорівнює добутку маси структурного елемента цієї речовини на число цих структурних елементів в одному молі. Отже, якщо масу структурного елемента позначити через m_0 , а молярну масу через M , то $M = m_0 N_A$. Зазначимо, що у залежності від структури речовини структурними елементами треба вважати молекули, атоми або інші частинки. Більш того, згідно з Державним стандартом України [66] можна говорити про молярну масу електрона, молярну масу протона тощо. Фактично це означає, що молярна маса формально перераховується з маси відповідної частинки (структурного елемента) множенням її на сталу Авогадро (тобто за формулою, яку ми щойно навели).

Але для частинок, про які йдеться, вважалось зручним увести спеціальну одиницю маси — 1 а.о.м. Саме із використанням цієї одиниці записані маси хімічних елементів у таблиці Д.І. Менделєєва, подані маси нуклідів у відповідних таблицях, обчислюють молекулярні маси речовин, для яких відомі хімічні формули. Щоправда, позначення “а.о.м.” часто не пишуть, а також говорять не про молекулярну масу, а про *відносну молекулярну масу*, яку позначають M_r (індекс r від англ. relative, що означає “відносний”).

Молярна маса речовини вимірюється у кг/моль (Державним стандартом іноді дозволяється (!) у г/моль). Було б зручно, щоб числові значення молярної маси і відносної молекулярної маси збігалися. Історично склалося так, що у той час, коли вводилося поняття кількості речовини, за основну одиницю маси брали 1 г, а не 1 кг, як це робиться у Міжнародній системі одиниць. Тому

одиницю кількості речовини обрали так, щоб збігалися відносна молекулярна маса (тобто, фактично, маса молекули, виражена в а.о.м.) і молярна маса, виражена у г/моль. Звичайно, за таку зручність доводиться “платити”. Саме тому один моль речовини складається не з такого привабливого числа структурних елементів як, скажімо, 10^{25} , та й означення моля доводиться прив’язувати до того самого нукліда $^{12}_6\text{C}$, що і у випадку з уведенням атомної одиниці маси. Отже, тепер має бути зрозумілим, як пов’язані між собою такі фізичні сталі, як N_A і а.о.м., не дивлячись на те, що у Державному стандарті [66] вони проходять як незалежні. Для тих, хто ще не збагнув, у чому полягає зв’язок, про який ідеться, — підказка: знайдіть добуток числових значень цих сталих і отримайте напрочуд “красиве” число.

До відома:

$$1 \text{ а.о.м.} = (1,6605402 \pm 0,0000010) \cdot 10^{-27} \text{ кг};$$

$$N_A = (6,0221367 \pm 0,0000036) \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Запитання для роздумів: 1) Як згадати, як перевести атомні одиниці маси у кілограми, якщо Ви добре пам’ятаєте числове значення сталої Авогадро? 2) У Державному стандарті для всіх *фундаментальних фізичних сталих*, за винятком атомної одиниці маси (уніфікованої), наведені позначення у вигляді латинських або грецьких букв (можливо з індексами). На цьому тлі явно вирізняється позначення “а.о.м.”. А яке б позначення запропонували Ви? Порівняйте його з тим, що використовується у довіднику “Фізичні величини” [217]. 3) Чому у стандарті для атомної одиниці маси вводять пояснювальне слово “уніфікована”? А які ще бувають атомні одиниці маси?

Для наочності основний розглянутий нами навчальний матеріал поданий у вигляді схеми на рис. 2.30.

Запитання для роздумів до схеми: 1) Що означають фігурні дужки та індекси у таких позначеннях як $\{m_0\}_{\text{а.о.м.}}$? 2) Як розуміти наведений запис числового значення сталої Авогадро?

Поняття про кількість речовини

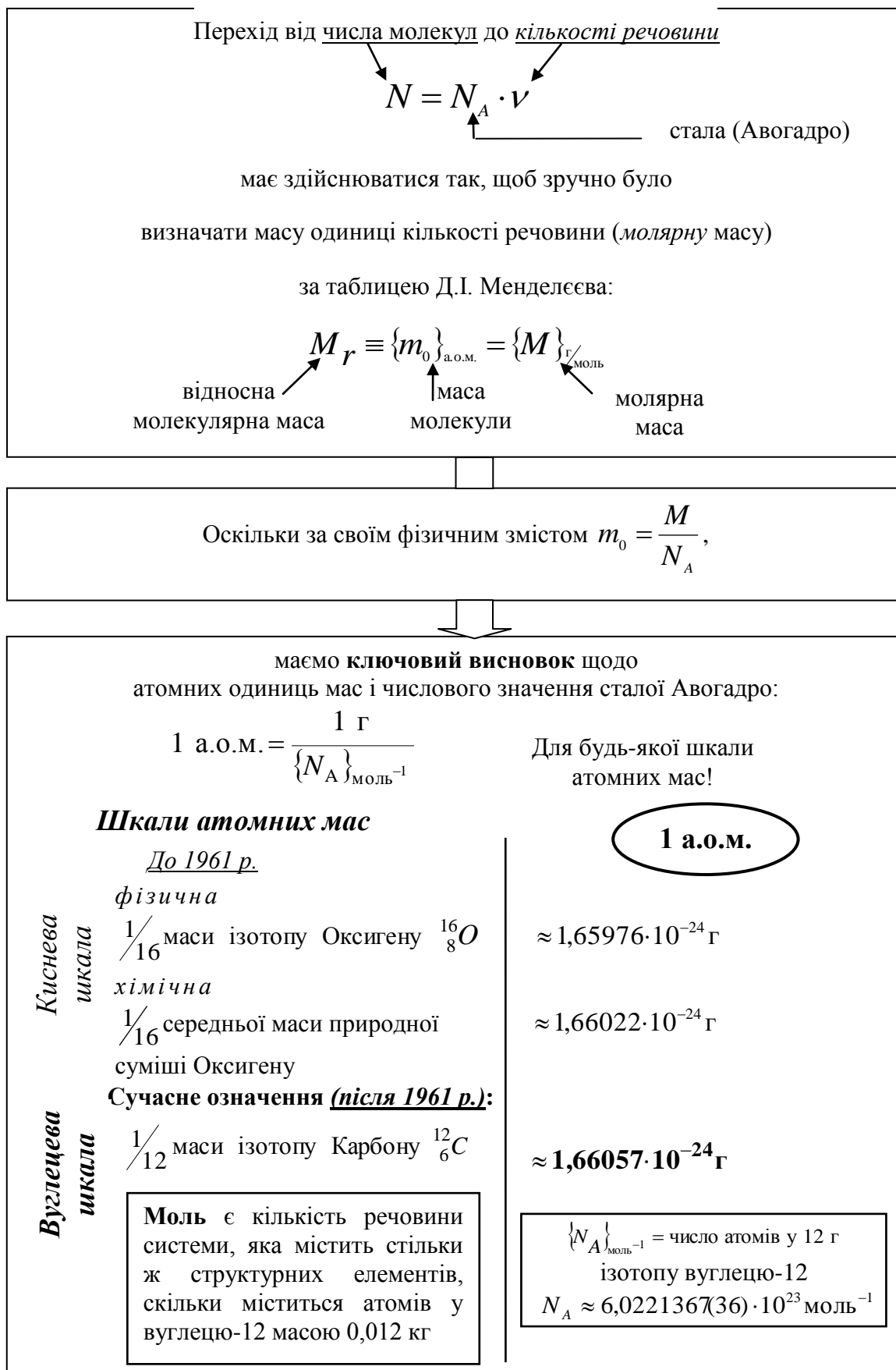


Рис. 2.30. Підсумкова схема введення основних понять МКТ, спільних з поняттями шкільного курсу хімії

В учнів під час роботи над запитаннями є можливість спиратися як на текст, так і на схему. В такий спосіб враховані індивідуальні уподобання учнів щодо способу сприйняття і переробки інформації, про які йшлося у 1.4.

Бліц-контроль результатів. Після загальної полеміки щодо навчального тексту із запитаннями до роздумів корисно швидко оцінити ефективність проведеної роботи за допомогою вправи “Доведи або спростуй твердження”:

Чи згодні Ви з наступними твердженнями?

1. Нуклонне та масове число — це те саме.
2. Протонне число називають також зарядовим числом.
3. 1 а.о.м. приблизно дорівнює масі протона.
4. 1 а.о.м. за сучасним означенням точно дорівнює $\frac{1}{12}$ маси нукліда $^{12}_6\text{C}$.
5. Якщо відомо як 1 а.о.м. виражається у грамах, то можна знайти значення сталої Авогадро.
6. Якщо відома відносна молекулярна маса речовини, то можна знайти молярну масу цієї речовини.
7. За таблицею Д.І. Менделєєва можна знайти кількість нейтронів у ядрі атома заданого хімічного елемента.
8. За таблицею Д.І. Менделєєва можна знайти кількість протонів у ядрі атома заданого хімічного елемента.
9. За таблицею Д.І. Менделєєва можна знайти кількість електронів у заданому нейтральному нукліді.
10. Для кожного нукліда модуль різниці його маси, яка виражена в а.о.м., та його масового числа менший, ніж 0,1.

На самостійне виконання вправи відводиться не більше 5 хвилин, а потім проходить обговорення результатів.

Наприкінці цього підрозділу слід сказати, що у запропонованому навчальному тексті із запитанням для роздумів міститься більше нових для учнів понять, ніж це передбачено програмою з фізики для 10 класу. Але ми вважаємо, що у такий спосіб учні отримали матеріал для власних роздумів, що надає їм можливість розвивати власну природну допитливість. Такий підхід

дозволяє виявляти тих учнів, які не лише самі із задоволенням будуть займатися фізикою, але зможуть залучити до цієї діяльності своїх товаришів по класу, тобто дозволяє виявляти потенційних помічників учителя.

Висновки до другого розділу

1. Аналіз вимог до “мовних” знань і умінь учнів у шкільному курсі фізики дозволив зробити висновок, що мовленнєві вміння, конче необхідні для результативного навчання учнів фізики, віднесені авторами нормативних документів до іншої освітньої галузі (“Мови і літератури”). Однак спостереження за навчальним процесом з фізики свідчить про те, що необхідного переносу знань і умінь у більшості випадків не відбувається. Крім того, фізичні тексти значно відрізняють за своєю синтаксичною структурою від тих, з якими учні мали справу, коли вивчали за шкільною програмою відповідний розділ мовознавства.

2. Поділивши знаково-символічні засоби мови фізики за усталеністю та сферою вживання на нормативні та індивідуальні, особливу увагу у своїй методиці ми приділяємо символотворчості учнів для потреб комунікації та мислення. Встановлено, що творчість у мовній сфері дозволяє їм *активно* опановувати і культурні мовні норми.

3. Серед критеріїв оволодіння мовою фізики особливе місце займає уміння бачити смислову тотожність зовнішньо різних речень (синонімію) та смислову різницю зовнішньо схожих речень (омонімію). Цей критерій дозволяє організувати оперативну діагностику за допомогою спеціально складених вправ тестового типу з вибором правильної відповіді.

4. Лише узгоджене поєднання мовленнєвих та образних елементів мови фізики може бути основою успішного навчання учнів фізики та розвитку їхнього мислення, бо фізична думка народжується у процесі оборотного перекладу між двома компонентами фізичної мови. Цей висновок ґрунтується на єдиній теорії психічних процесів і моделі будови ментального досвіду та підтверджується результатами нашої роботи, а також інших дослідників у галузі методики фізики.

5. Організацію навчання учнів мови фізики пропонується проводити у режимі, названому нами *середовищним*. Головними матеріалізованими складовими “мовного середовища” за нашою методикою стають спеціально сконструйовані навчальні тексти із завданнями для роздумів, а також система вправ, спрямованих на формування в учнів умінь сприймати, переробляти та подавати фізичну інформацію у різних формах (способах її кодування).

6. Комплексне використання новітніх інформаційних технологій та засобів мультимедіа дозволяє ефективніше і результативніше використовувати розроблені нами спеціальні вправи для тренування учнів у перекладі фізичної інформації з мови мовленнєвих структур на мову образів та у зворотному напрямку, а також сприяє налагодженню діагностики результатів проведеного міжмовного тренування. Можливості мультимедіа дозволили реалізувати ідею створення електронного консультанта з мови фізичних задач.

7. Наведена у дисертації методика навчання мови фізики у межах вивчення теоретичного матеріалу з теми “Основи молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу” може бути використана учителями фізики як приклад для створення власної методики навчання учнів мови інших розділів шкільного курсу фізики.

8. Обґрунтовано актуальність розробки “мовного аспекту” міжпредметних зв'язків (на конкретних прикладах з математики, хімії, мовознавства). Виокремлено напрямок методики навчання мови фізики, пов'язаний з ознайомленням учнів із синтаксичними засобами навчальних фізичних текстів.

9. Питання, пов'язані з урахуванням вікових та індивідуальних особливостей учнів, а також з поділом завдань навчання між основною і старшою ланками середньої школи потребують подальших досліджень, а також організаційних змін щодо процедури планування і оцінки діяльності учасників навчального процесу. Загальні поради, які можна дати вчителям уже зараз, наведені наприкінці п. 2.2. (“Загальні питання методики навчання учнів мови фізики”).