

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет фізико-математичний
Кафедра фізики та методика її навчання**

**МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ ІЗ РОЗДІЛУ
«МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА» В
ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ**

Кваліфікаційна робота
студентки групи ФМм-24
ступінь вищої освіти магістр
спеціальності 014.08 Середня освіта
(Фізика та астрономія)
Москаленко Анни Іванівни

Керівник:
доктор технічних наук, професор
кафедри фізики та методики її
навчання
Здещиц В.М.

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Москаленко Анна Іванівна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ.....	6
1.1. Особливості вивчення молекулярної фізики та термодинаміки на профільному рівні.....	6
1.2. Значення фізичних задач у розвитку предметних та загальнопізнавальних умінь.....	12
1.3. Класифікація задач із молекулярної фізики та термодинаміки для профільної школи.....	16
1.4. Методичні підходи до навчання розв’язання фізичних задач.....	21
Висновки до розділу 1.....	30
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА НАВЧАННЯ РОЗВ’ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ ІЗ РОЗДІЛУ “МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА” В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ.....	31
2.1. Загальні методичні принципи роботи з типовими задачами.....	31
2.2. Алгоритми розв’язання основних груп задач.....	35
2.3. Розроблення системи типових задач для профільного навчання.....	46
2.4. Методичні рекомендації для вчителя щодо організації роботи учнів.....	48
Висновки до розділу 2.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

Вступ

Сучасний етап розвитку природничої освіти в Україні орієнтований на формування в учнів не лише системи знань, а й умінь застосовувати їх у практичних і навчальних ситуаціях, розвиток критичного мислення, здатності до математичного моделювання та аналізу фізичних процесів. Особливого значення в цьому контексті набуває задачний метод навчання фізики, який є ключовим інструментом формування глибокого розуміння фізичних явищ і закономірностей.

Розділ «Молекулярна фізика і термодинаміка» належить до найбільш теоретично й математично складних у шкільному курсі фізики, особливо в класах профільного рівня. Учні часто зазнають труднощів через високий рівень абстракції понять (молекула, теплота, ентропія, внутрішня енергія, процеси ідеального газу тощо), необхідність одночасного використання фізичних законів, рівнянь та графіків, а також потребу у сформованих міжпредметних зв'язках з математикою та хімією.

Аналіз шкільної практики та результатів зовнішнього незалежного оцінювання свідчить про те, що значна частина учнів не опановує у повній мірі алгоритми розв'язання задач з молекулярної фізики та термодинаміки. Це зумовлює необхідність розроблення та впровадження ефективної, науково обґрунтованої методики навчання розв'язуванню типових задач з даного розділу фізики.

Тому дослідження, спрямоване на вдосконалення методики розв'язання задач з молекулярної фізики та термодинаміки в умовах профільного навчання, є своєчасним і актуальним.

У зв'язку з вищесказаним метою дослідження є обґрунтування ефективної методики навчання розв'язання типових задач з розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» у профільній школі.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно розв'язати такі завдання:

1. Проаналізувати психолого-педагогічну, науково-методичну та навчальну літературу з проблеми навчання розв'язування фізичних задач.
2. Визначити роль і місце задач з молекулярної фізики та термодинаміки у профільному курсі фізики.
3. Класифікувати типові задачі з даного розділу та встановити основні труднощі, які виникають в учнів під час їх розв'язання.
4. Розробити методичну систему (алгоритми, прийоми, дидактичні матеріали) навчання учнів розв'язування задач з молекулярної фізики і термодинаміки.
5. Розробити й описати комплекс навчальних задач та методичних рекомендацій для вчителя.

Об'єкт дослідження: процес навчання фізики в учнів профільної школи.

Предмет дослідження: методика навчання розв'язування типових задач з молекулярної фізики і термодинаміки в профільній школі.

У процесі виконання магістерської роботи застосовувалися такі методи дослідження:

- Теоретичні методи: аналіз, синтез, узагальнення, систематизація наукових і педагогічних джерел з проблеми дослідження; моделювання методичної системи навчання.
- Емпіричні методи: розв'язання практичних завдань з теми «Молекулярна фізика і термодинаміка» та дослідження впливу різних методів викладання на результативність учнів.
- Методи математичної статистики: кількісний та якісний аналіз отриманих даних.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел.

Розділ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ

1.1. Особливості вивчення молекулярної фізики та термодинаміки на профільному рівні

Вивчення молекулярної фізики та термодинаміки в умовах профільної школи має свої специфічні особливості, які відрізняють його від базового рівня та потребують відповідного методичного обґрунтування. У роботах провідних методистів – зокрема Л. Генденштейна, С. Гончаренка та інших [1, 2,] – неодноразово підкреслюється, що саме цей розділ шкільного курсу формує в учнів здатність до наукового стилю мислення, працює як «місток» між мікроскопічною моделлю речовини та макроскопічними явищами, що спостерігаються у повсякденному житті. Тому в профільному навчанні важливо не лише дати учням систему формул, а створити умови для глибокого розуміння фізичної картини світу.

Згідно з методичними рекомендаціями МОН та сучасними концепціями природничої освіти, профільний рівень передбачає більшу кількість годин, ширший спектр завдань, а також орієнтацію на компетентнісний підхід [13]. Це означає, що учень має не просто відтворювати визначення чи розв'язувати стандартні задачі, а й уміти будувати моделі теплових процесів, аналізувати енергетичні перетворення, працювати з графіками та робити висновки на основі узагальнень. У працях Л. Генденштейна та С. Коршака [1, 3] наголошується, що термодинаміка є одним із найскладніших розділів шкільної фізики саме через високий рівень абстрактності, тому роль учителя полягає у створенні «поступового входження» у тему через наочність, моделювання та розв'язання задач різного типу.

Методичні дослідження вказують на те, що саме у профільних класах є можливість і потреба ширше розглядати статистичні уявлення про природу теплових явищ. Так, у працях В. Здешиц та його колег [8] підкреслюється, що формування в учнів уявлення про ймовірнісний характер параметрів газу, про зв'язок температури з середньою кінетичною енергією молекул чи про мікроскопічний зміст тиску є необхідним етапом засвоєння курсу. Це дозволяє уникнути поширених спрощень і формує більш науковий підхід до розуміння теплових процесів.

Окремі автори (зокрема А. Пінський [4] і С. Гончаренко [2]) звертають увагу на те, що профільний рівень дає змогу переходити до аналізу реальних теплових машин, принципів енергоефективності, впливу вологості на погодні процеси, роботи холодильних установок та теплових насосів. Такі прикладні аспекти суттєво підсилюють мотиваційний компонент навчання, оскільки демонструють, що термодинаміка — не абстракція, а реальний інструмент пояснення технічних і природних явищ.

Водночас методична література звертає увагу на труднощі, з якими стикаються учні під час опанування матеріалу [5, 11, 12, 14]. Найчастіше це: складність переходу від макроскопічних величин до мікроскопічних моделей, проблеми з інтерпретацією графіків p – V та T – S , труднощі в застосуванні першого закону термодинаміки, а також недостатня сформованість умінь аналізувати енергетичні процеси. Дослідники відзначають, що подолання цих труднощів можливе лише через систематичну роботу з різними типами задач, використання діяльнісних форм навчання та забезпечення логічної послідовності у викладанні матеріалу.

Особливості вивчення молекулярної фізики та термодинаміки на профільному рівні пов'язані насамперед із тим, що цей розділ не зводиться лише до ще однієї «теми з курсу фізики», а фактично є ключем до розуміння будови речовини, механізмів теплових процесів, принципів роботи значної частини сучасних технічних пристроїв. Саме тому в профільних класах, де фізика

вивчається поглиблено, роль молекулярної фізики та термодинаміки істотно зростає як у змістовому, так і в методичному плані.

По-перше, важливим є питання *ролі цього розділу у формуванні фізичної картини світу*. На відміну від механіки чи оптики, де учні переважно мають справу з безпосередньо спостережуваними явищами (рух тіл, поширення світла тощо), молекулярна фізика й термодинаміка спираються на моделі та уявлення про об'єкти, які безпосередньо не спостерігаються: молекули, атоми, їх хаотичний рух, статистичний характер параметрів макроскопічних систем. У профільному навчанні це дає можливість перейти від наївних уявлень про «тепло як особливу речовину» до сучасної фізичної картини, де тепло інтерпретується як форма передачі енергії, пов'язана з хаотичним рухом частинок. Через ознайомлення з цими ідеями учні починають сприймати фізичну картину світу не як набір формул, а як цілісну систему поглядів, де макроскопічні явища мають глибинні мікроскопічні причини.

Вивчення основних понять — внутрішня енергія, температура як міра середньої кінетичної енергії частинок, тиск як результат ударів молекул об стінки посудини, ентропія, рівноважний і нерівноважний стани — дозволяє будувати зв'язки між різними розділами фізики. Наприклад, через аналіз теплового руху природним чином встановлюється зв'язок із механікою (кінетична енергія молекул, імпульс, сила удару об стінку), з електродинамікою (модель провідника як системи заряджених частинок, які хаотично рухаються і впорядковуються у полі), з оптикою (теплове випромінювання, розподіл енергії за частотами). У профільному курсі ці зв'язки можна не лише згадувати, а й поглиблено аналізувати на рівні математичних моделей та задач підвищеної складності [8]. Це сприяє формуванню в учнів цілісного, узгодженого бачення природи, де окремі явища не існують ізольовано.

Окремо варто відзначити, що саме в розділі «Молекулярна фізика і термодинаміка» учні вперше системно стикаються з ідеєю статистичного опису. Пояснення того, що параметри, які ми вимірюємо (тиск, температура, густина), є результатом усереднення по величезній кількості частинок, формує в учнів

важливу світоглядну позицію: багато закономірностей у природі мають ймовірнісний характер, а детермінізм класичної механіки насправді доповнюється статистичними підходами. На профільному рівні є можливість бодай на елементарному рівні показати учням, що таке розподіл швидкостей молекул, чому не всі частинки мають однакову енергію, і як із цього випливають макроскопічні наслідки (випаровування, насичена пара, конденсація, теплове випромінювання тощо). Таким чином, цей розділ відіграє суттєву роль у формуванні сучасної наукової картини світу, де поєднуються детерміністичні та статистичні підходи.

По-друге, важливим аспектом є *узгодження вивчення молекулярної фізики та термодинаміки зі стандартом та програмами профільного навчання*. У профільних класах навчальні програми передбачають розширення як теоретичного, так і задачного компонентів порівняно з рівнем стандарту. Це означає, що учитель має не просто «пройти» обов'язкові теми, а й врахувати такі вимоги, як: поглиблене опрацювання моделей ідеального та реального газу, більш докладний аналіз термодинамічних процесів, ознайомлення учнів із основами аналізу теплових машин, енергоефективності, ролі термодинаміки в техніці та екології.

При плануванні уроків і тематичного оцінювання вчитель змушений балансувати між нормативними вимогами (державний стандарт, типова освітня програма) та реальними часовими і змістовими можливостями. На профільному рівні це особливо відчутно: кількість годин з фізики збільшується, але водночас зростають і очікування щодо глибини опрацювання матеріалу. Тому однією з задач учителя є продуманий добір тем для розширення. Наприклад, крім базового вивчення рівняння Менделєєва–Клапейрона та ізопроцесів, можна включати елементи теорії реальних газів (рівняння Ван-дер-Ваальса на якісному рівні), розглянути реальні теплові машини (Дизель, Отто, Стірлінг) не лише формально, а й із точки зору енергетичних втрат, ККД та практичних застосувань.

Узгодження зі стандартом проявляється також у необхідності орієнтуватися на *компетентнісний підхід*: від учнів очікується не просто відтворення формул, а здатність використовувати термодинамічні поняття в життєвих ситуаціях: аналізувати роботу побутових приладів (холодильник, кондиціонер, тепловий насос), інтерпретувати погодні явища (вологість повітря, туман, точка роси), оцінювати енергетичну ефективність різних процесів. У профільних класах учитель має змогу закласти більш ґрунтовну базу для таких компетентностей через навчальні проєкти, експериментальні дослідження, роботу з відкритими задачами, де немає однозначного набору даних, а потрібно обґрунтувати припущення.

Ще один момент узгодження зі стандартом — це логіка розміщення матеріалу в навчальному році. Важливо, щоб теми «Молекулярна фізика» і «Термодинаміка» були пов'язані з попередніми розділами (механіка, коливання та хвилі), а також створювали підґрунтя для подальшого вивчення (електродинаміка, елементи сучасної фізики). У профільному навчанні доцільно планувати уроки таким чином, щоб учні мали змогу повертатися до ключових ідей (наприклад, збереження енергії, роль потенціалу взаємодії частинок, статистичний опис) у різних розділах, що забезпечує внутрішню логіку програми.

По-третє, не можна обійти увагою *складнощі, які виникають у учнів при засвоєнні тем з молекулярної фізики та термодинаміки*. На мою думку, ці труднощі можна умовно поділити на кілька груп: концептуальні, математичні, методичні та мотиваційні.

До *концептуальних труднощів* належить насамперед перехід від «макроскопічного» мислення до мікроскопічного. Учні часто сприймають температуру як «кількість тепла» або «ступінь нагрітості», але не пов'язують її з середньою енергією хаотичного руху частинок. Так само непросто дається усвідомлення того, що тиск газу — це результат великої кількості зіткнень молекул зі стінками, а не якась «особлива сила або вага» газу. У термодинаміці труднощі викликають поняття внутрішньої енергії, роботи та кількості теплоти,

а особливо — розмежування між ними. Багато учнів неправильно інтерпретують перший закон термодинаміки, плутаючи, що саме в ньому є «причиною», а що — «наслідком».

Математичні труднощі пов'язані з тим, що в цьому розділі активно використовуються пропорційності, логарифми (при розгляді ізотермічного процесу), іноді інтеграли (на профільному рівні в окремих класах або для гурткової роботи), а також потреба працювати з графіками (p – V , T – S , U – T діаграми). Якщо рівень математичної підготовки нерівномірний, учням важко одночасно утримувати в полі уваги й фізичний зміст, і формальні перетворення. Тому вчитель змушений шукати баланс між чисто фізичною складовою й математичною технікою.

До *методичних труднощів* можна віднести складність опрацювання задач, де одночасно задіяні кілька законів (наприклад, рівняння стану газу, перший закон термодинаміки, співвідношення для адіабатних процесів). Для багатьох учнів проблемою є не саме володіння формулами, а вміння побачити, з чого почати розв'язання, як вибрати послідовність кроків, які величини доцільно вважати проміжними тощо. У профільних класах, де природно підвищується рівень вимог, це проявляється особливо гостро: учні стикаються з задачами, які не розв'язуються «в одну дію», і не завжди готові до такого рівня самостійності.

Нарешті, *мотиваційні труднощі* пов'язані з тим, що значна частина термодинамічних понять виглядає для учнів абстрактною та «відірваною від життя», якщо вчитель не встигає або не вважає за потрібне показувати їх зв'язок з реальними технічними й природними процесами. Без прикладів із сучасної енергетики, екології, техніки, без пояснення роботи знайомих учням пристроїв (холодильники, кондиціонери, двигуни внутрішнього згоряння, теплові насоси) розділ може сприйматися як «набір дивних формул про гази». На профільному рівні важливо планувати роботу так, щоб учні бачили практичний сенс у вивченні цих тем, укорінювали їх у досвід повсякденного життя.

Отже, вивчення молекулярної фізики та термодинаміки на профільному рівні має низку суттєвих особливостей. З одного боку, цей розділ відіграє

ключову роль у формуванні сучасної фізичної картини світу, даючи учням уявлення про мікроскопічну будову речовини й статистичну природу багатьох процесів. З іншого — вчитель змушений уважно узгоджувати зміст і методи навчання з вимогами стандарту та програм профільної школи, а також враховувати реальні складнощі учнів у засвоєнні абстрактних понять, виконанні математичних перетворень і застосуванні теорії до розв'язання задач. Від того, наскільки вдало буде враховано ці особливості, значною мірою залежить якість підготовки учнів, які обрали фізику профільним предметом і пов'язують із нею свою подальшу освітню й професійну траєкторію.

1.2. Значення фізичних задач у розвитку предметних та загальнопізнавальних умінь

Проблема розвитку вмінь розв'язувати задачі у шкільному курсі фізики має давню традицію й водночас не втрачає актуальності [11], оскільки сучасні освітні підходи роблять більший акцент на формуванні компетентностей, ніж на простому відтворенні знань. Задачі з фізики, зокрема з молекулярної фізики і термодинаміки, виступають одним із найефективніших засобів реалізації такого підходу [6, 7, 9, 10]. Вони дозволяють поєднати формування предметних умінь із розвитком загальнопізнавальних процесів — аналізу, синтезу, логічного мислення, уміння працювати з моделями й формулами, здійснювати самоконтроль і рефлексію. Саме тому значення задач у структурі навчання виходить далеко за межі їх формального «тренувального» призначення.

1.2.1. Місце фізичних задач у освітньому процесі

Задачі займають центральне місце у вивченні фізики як навчальної дисципліни. Вони не є другорядним елементом після теорії, а становлять невід'ємну частину самого процесу засвоєння матеріалу. У шкільній практиці

саме розв'язування задач сприяє переведенню теоретичних знань у внутрішні інтелектуальні дії, що дозволяє учню «прожити» фізичний зміст явищ, а не просто запам'ятати формулу.

У загальнопедагогічному сенсі задачі виконують роль «містка» між теорією та реальністю. Досить часто учні розуміють явище лише після того, як спробують застосувати поняття до конкретної ситуації: змодельовати тепловий процес, визначити параметри газу, порівняти роботу різних циклів. Таким чином, задачі виконують функцію активізації пізнавальної діяльності, дозволяючи учням не пасивно сприймати інформацію, а активно реконструювати її в розв'язанні.

Крім того, задачі забезпечують поступовий перехід від репродуктивної діяльності (підстановка чисел за зразком) до продуктивної, де учень має самостійно аналізувати умову, обирати метод і пояснювати результат. На профільному рівні така функція особливо важлива, оскільки програма передбачає значно ширше поле для творчих і пошукових задач, які стимулюють розвиток інтелектуальної автономності.

1.2.2. Основні функції фізичних задач

Задачі з фізики виконують низку функцій, які у своїй сукупності визначають їх цінність у навчальному процесі. У педагогічній літературі [1] найчастіше виділяють навчальну, розвивальну, діагностичну та мотиваційну функції, але в межах профільного вивчення фізики вони набувають ще глибшого змісту.

Навчальна функція

Навчальна функція полягає в тому, що задачі є основним засобом засвоєння фізичного матеріалу. Під час розв'язання задач учні:

- повторюють і закріплюють основні поняття й формули;
- застосовують закони фізики до реальних ситуацій;

- навчаються будувати фізичні моделі, робити припущення, працювати з графіками;
- вчаться переносити знання на нові умови.

Задачі з молекулярної фізики і термодинаміки особливо ефективні в навчальному плані, оскільки вимагають не механічних обчислень, а розуміння зв'язку між тиском, об'ємом, температурою, роботою газу, передачею теплоти. Це спонукає учнів до реального мислення, а не до формального застосування формул.

Розвивальна функція

Розв'язування задач розвиває:

- логічне та причинно-наслідкове мислення;
- здатність аналізувати ситуацію з різних боків;
- уміння будувати математичні моделі;
- уміння доводити правильність або хибність припущень;
- критичне ставлення до результатів.

У задачах з термодинаміки учні змушені використовувати кілька законів одночасно, аналізувати графіки, порівнювати результати, інтерпретувати фізичний зміст знаків та числових значень. У такому процесі природно формуються загальнопізнавальні уміння: аналіз, синтез, порівняння, класифікація, узагальнення.

Діагностична функція

Фізичні задачі є важливим інструментом діагностики рівня навчальних досягнень учнів. На відміну від тестових завдань, задачі дають змогу виявити:

- як учень розуміє зміст фізичних понять;
- чи вміє він будувати логічну послідовність дій;
- які типові помилки допускає (у виборі формул, переході до СІ, аналізі процесу);
- який рівень самостійності при розв'язанні.

Особливо показовими є задачі, що вимагають пояснення, обґрунтування або якісного аналізу. Саме вони дозволяють учителю побачити, наскільки

сформоване фізичне мислення учня, і визначити, які теми потребують додаткового опрацювання.

Мотиваційна функція

Правильно дібрані задачі здатні пробудити інтерес до предмета. Задачі, пов'язані з реальним життям (робота холодильника, принципи дії теплового насоса, ефективність двигуна, вплив вологості на погоду), показують учням практичний сенс фізики.

У профільних класах мотиваційна функція набуває ще й орієнтаційного значення: розв'язання складніших задач допомагає учням, які планують подальше навчання у сфері інженерії чи природничих наук, оцінити власні здібності й інтерес.

1.2.3. Психолого-дидактичні основи формування вмінь розв'язувати задачі

Формування вмінь розв'язувати задачі не може бути випадковим або стихійним. Воно спирається на певні психолого-дидактичні закономірності, які визначають, як учні сприймають матеріал, які когнітивні операції залучають і як формується алгоритм мислення.

Поступовість і поетапність

Психологічно учням важко відразу переходити від простих задач до складних, у яких необхідно робити кілька послідовних висновків. Тому процес навчання повинен будуватися поетапно:

1. від простих задач на застосування формул;
2. до комбінованих задач;
3. до задач підвищеної складності, де потрібно самостійно вибрати метод.

Поступове ускладнення сприяє розвитку внутрішніх структур мислення, що дозволяють учневі самостійно аналізувати проблему.

Опора на наочність і моделювання

Учням, особливо на перших етапах, важливо мати візуальну опору: графіки p – V , T – S , схеми процесів, моделі теплових машин. Наочність допомагає подолати абстрактність термодинаміки і є психологічно комфортною формою подання матеріалу.

Формування прийомів розумових дій

До прийомів, які потрібно спеціально формувати, належать:

- виділення головного в умові задачі;
- побудова фізичної моделі;
- прогнозування результату (якісне передбачення);
- перевірка правильності відповіді;
- уміння змінювати стратегію розв'язання, якщо початковий шлях виявився хибним.

Ці прийоми є фундаментом для розвитку критичного й системного мислення.

Роль рефлексії

Важливо, щоб учень не лише виконав задачу, а й зміг оцінити:

- чому саме так він розв'язував;
- які кроки виявилися найскладнішими;
- яких помилок припустився;
- які закономірності можна узагальнити.

Рефлексія перетворює розв'язання задач на усвідомлений процес, а не на формальну дію.

1.3. Класифікація задач із молекулярної фізики та термодинаміки для профільної школи

У процесі профільного вивчення молекулярної фізики та термодинаміки задачі відіграють настільки важливу роль, що фактично стають основою для формування предметної компетентності учнів. Саме через задачі школярі

можуть не просто ознайомитися з теорією, а й навчитися застосовувати її до конкретних ситуацій, робити висновки про фізичну природу явищ, аналізувати моделі та оцінювати реальні процеси. Для того щоб ця робота була системною та ефективною, важливо мати чітке уявлення про класифікацію задач, які використовуються у навчанні. Така класифікація дозволяє вчителю планувати уроки більш послідовно, обирати оптимальні типи задач на різних етапах навчання та забезпечувати поступовий перехід від простих дій до розвиненого фізичного мислення.

1.3.1. Види задач: якісні, розрахункові, графічні та комбіновані

Однією з найбільш поширених є класифікація задач за характером мисленнєвих операцій, які вони вимагають від учня. На мою думку, саме така класифікація найкраще відображає реальні складності, з якими стикаються учні під час роботи з матеріалом.

Якісні задачі

Якісні задачі вимагають від учня пояснення сутності явища, а не числових обчислень. Вони стимулюють аналіз: чому в ізохорному процесі тиск зростає, чому при адіабатному розширенні температура падає, що відбувається з кількістю молекул у насиченій парі тощо. Працюючи над такими задачами, учень вчиться мислити фізично, розуміти причинно-наслідкові зв'язки та будувати пояснення на основі моделей мікросвіту.

Розрахункові задачі

Розрахункові задачі залишаються найпоширенішими, але на профільному рівні вони набувають більшого змісту: тут важливі не стільки самі обчислення, скільки логіка виходу на формулу й осмислення результату. Учні працюють з рівнянням стану, визначають роботу газу, внутрішню енергію, кількість теплоти, аналізують послідовні переходи між станами. Такі задачі формують вміння оперувати формулами, проводити математичні перетворення і, що важливо, співвідносити числовий результат з фізичною реальністю.

Графічні задачі

Графічні задачі мають особливе методичне значення. Робота з p – V , T – S чи U – T діаграмами вимагає від учня бачити фізичний зміст процесу в геометричній формі. Учні не лише будують графіки, а й визначають роботу як площу під кривою, порівнюють процеси, аналізують цикли, роблять якісні висновки за формою графіка. Ці задачі добре розвивають просторову уяву та математичну інтуїцію.

Комбіновані задачі

У профільному навчанні комбіновані задачі є, мабуть, найбільш цінними, адже вони поєднують усі попередні типи. Наприклад, учень може спочатку побудувати графік процесу, потім виконати розрахунки, а після цього пояснити отримані значення. Такі задачі сприяють формуванню комплексного мислення, яке виходить за межі «механічного» застосування формули.

1.3.2. Класифікація задач за фізичним змістом

Ця класифікація є дуже важливою у практичній роботі, адже вона дозволяє підбирати задачі відповідно до теми уроку та рівня підготовленості учнів.

Задачі на рівняння стану газу

Це базові задачі, які закладають фундамент для подальшого вивчення тем. Учні визначають об'єм, тиск, температуру газу, знаходять кількість речовини, масу, густину. Такі задачі формують уявлення про взаємозв'язки між параметрами газу та про те, як змінюється стан системи під впливом зовнішніх умов.

Задачі на теплові процеси

Сюди входять задачі на ізотермічні, ізохорні, ізобарні та адіабатичні процеси. У кожному випадку учень має:

- вибрати відповідний закон;
- виконати перетворення;
- пояснити характер зміни параметрів.

Особливо складними є задачі на адіабатні процеси, оскільки вони потребують розуміння фізичного змісту рівнянь Пуассона.

Задачі на теплоємність

У задачах цієї групи учні навчаються працювати з внутрішньою енергією та теплоємністю газів. На профільному рівні важливо навчити аналізувати відмінність між ізохорною та ізобарною теплоємністю, а також робити висновки про те, як змінюється внутрішня енергія під час процесу.

Задачі на закони термодинаміки

Ці задачі часто викликають складності, бо вимагають одночасного розуміння кількох енергетичних величин. Учні мають з'ясовувати, у якій формі передається енергія, як її обчислити та як інтерпретувати знаки величин у першому законі термодинаміки. У профільній школі важливими є задачі, де потрібно самостійно визначити, яка частина енергії йде на роботу, а яка — на зміну внутрішньої енергії.

Задачі на теплові машини

Це одна з найбільш практично орієнтованих груп. Учні аналізують цикли, обчислюють ККД, будують графіки та роблять висновки про ефективність різних машин. Такі задачі формують уявлення про економічні та інженерні аспекти термодинаміки.

1.3.3. Критерії добору задач для профільного навчання

Добір задач для профільного рівня — важливе методичне рішення, від якого залежить, наскільки ефективно учні зможуть опанувати складний матеріал.

1. Відповідність навчальній програмі та стандарту

Задачі мають охоплювати всі змістові лінії, передбачені стандартом, і забезпечувати системний розвиток умінь — від базових до узагальнених.

2. Поступове збільшення складності

Учні повинні мати можливість рухатися від простих задач до складних, комбінованих або навіть дослідницьких. Це дозволяє формувати впевненість у власних силах і сприяє розвитку самостійності.

3. Практична спрямованість

Задачі, пов'язані з реальними життєвими ситуаціями, роботою побутових і технічних пристроїв, атмосферними явищами чи процесами в техніці, значно підвищують мотивацію до вивчення термодинаміки.

4. Різноманітність підходів до розв'язання

У комплекті задач повинні бути як аналітичні, так і графічні, якісні та комбіновані задачі. Це розвиває різні типи мислення — логічне, просторове, інтуїтивне.

5. Стимулювання творчості й дослідницьких умінь

Особливо цінними є задачі, у яких необхідно зробити припущення, побудувати модель, оцінити реалістичність результату або запропонувати кілька способів розв'язання. Вони допомагають формувати навички, необхідні для подальшого навчання у вищих технічного чи природничого профілю.

Класифікація задач з молекулярної фізики та термодинаміки є не формальною, а практично необхідною частиною методики навчання в профільній школі. Вона дозволяє структурувати вивчення тем, забезпечує оптимальний добір завдань і створює умови для розвитку в учнів глибокого розуміння фізичних явищ. Різні типи задач — якісні, розрахункові, графічні та комбіновані — поєднуючись із задачами на різні змістові лінії предмета, формують у школярів *комплексне* фізичне мислення. А продумана система критеріїв добору задач дає учителю змогу ефективно організувати навчальний процес і забезпечити високу результативність профільного курсу фізики.

1.4. Методичні підходи до навчання розв'язання фізичних задач

Розв'язування фізичних задач у шкільному курсі молекулярної фізики та термодинаміки вимагає не лише від учня, а й від учителя чіткого методичного бачення. Саме вибір підходу до навчання визначає, чи будуть задачі виконувати свою розвивальну та навчальну функції, чи перетворяться на механічне підставлення чисел у формули. У профільному курсі фізики це питання є особливо важливим, оскільки рівень складності матеріалу значно вищий, а від учнів очікується більший ступінь самостійності. Тому ефективна методика має ґрунтуватися на поєднанні кількох підходів, серед яких найбільш значущими є алгоритмічний, діяльнісний і компетентнісний.

1.4.1. Алгоритмічний, діяльнісний та компетентнісний підходи

Алгоритмічний підхід

Алгоритмічний підхід передбачає поступове формування в учнів стійкої послідовності дій, які забезпечують правильне розв'язання задачі. Цей підхід є особливо корисним на початкових етапах навчання, коли в учнів ще не сформована інтуїція щодо вибору закону чи моделі. Типовий алгоритм включає:

1. аналіз умови задачі;
2. побудову фізичної моделі;
3. вибір відповідних законів;
4. виконання математичних перетворень;
5. аналіз результату.

З одного боку, алгоритмізація дисциплінує мислення та дає учням зрозумілий «опорний майданчик». З іншого — на старших етапах вона має поступатися місцем більш гнучким підходам, щоб учень не сприймав розв'язування задач як набір формальних кроків.

Діяльнісний підхід

Діяльнісний підхід робить акцент на активній ролі учня. Згідно з ним знання формуються не в процесі пасивного сприймання, а в ході діяльності, спрямованої на розв'язання реальної проблеми. У фізичних задачах це проявляється таким чином:

- учень не просто «отримує задачу», а аналізує ситуацію, висуває припущення, обирає спосіб дії;
- оцінює, наскільки обрана стратегія є ефективною;
- порівнює різні підходи та робить висновки.

У діяльнісному підході велике значення має постановка відкритих задач, де є кілька можливих стратегій розв'язання або де від учня вимагається самостійно вибрати параметри для моделювання процесу.

Компетентнісний підхід

Компетентнісний підхід спрямований на формування здатності застосовувати знання в нових контекстах. У роботі з фізичними задачами це означає, що учень не лише знає закон Бойля–Маріотта чи вміє визначити роботу газу, а й може використати ці знання для пояснення реального явища: роботи компресора, двигуна, холодильника, зміни погоди, формування роси.

Компетентнісний підхід передбачає включення до навчання:

- задач практичного змісту;
- задач із міжпредметними зв'язками;
- задач, які потребують аргументації, а не просто обчислень;
- елементів дослідження та моделювання.

У профільній школі цей підхід є ключовим, оскільки готує учнів до університетського рівня мислення.

1.4.2. Принципи організації роботи з фізичними задачами

Ефективне навчання розв'язування задач спирається на ряд принципів, які визначають організацію навчального процесу.

Принцип поступовості

Поступовість означає перехід від найпростіших задач до складніших, від репродуктивних до творчих. Учні повинні мати можливість спочатку відпрацювати базові вміння, і лише після цього переходити до комбінованих задач або задач з елементами логічного пошуку.

Принцип системності

Задачі повинні охоплювати всі змістові лінії теми: рівняння стану, ізопроееси, теплоємність, перший закон термодинаміки, теплові машини. Тільки системне опрацювання дозволяє сформулювати цілісні уявлення про термодинаміку.

Принцип наочності та моделювання

Графіки, діаграми, схеми процесів, таблиці та моделі є важливою складовою роботи з задачами. Наочність допомагає учням зрозуміти причинно-наслідкові зв'язки й переносити знання на нові ситуації.

Принцип усвідомленості

Учень має розуміти, чому він застосовує ту чи іншу формулу, а не просто робити це за зразком. Тому важливо спонукати учнів до пояснень: які припущення вони роблять, чому обрали саме цей закон, чи є отриманий результат фізично реалістичним.

Принцип варіативності завдань

Добір задач має передбачати різноманітність: якісні, графічні, розрахункові, дослідницькі. Це дозволяє розвивати різні аспекти мислення та уникати одноманітності навчання.

1.4.3. Типові методичні помилки та шляхи їх подолання

У процесі навчання розв'язування задач як учні, так і вчителі стикаються з певними труднощами та методичними помилками. Їх врахування дозволяє значно підвищити ефективність навчання.

Помилка 1. Зведення задач до формальних підстановок

Часто учні намагаються підібрати формулу «на око», не аналізуючи фізичний зміст процесу. Це призводить до неправильної побудови моделі й, відповідно, до помилкового розв'язання.

Шлях подолання: систематичне використання якісних задач, графічних моделей, пояснень вибору закону, тренування аналізу умови.

Помилка 2. Ігнорування знакового та енергетичного аналізу

У задачах на перший закон термодинаміки учні часто помиляються зі знаком роботи або кількості теплоти, оскільки не аналізують енергетичний зміст процесу.

Шлях подолання: робота з енергетичними діаграмами, вправи на пояснення енергетичної сутності процесу, порівняння різних випадків.

Помилка 3. Невміння працювати з графіками

Учні можуть знати формули, але не вміти читати p – V чи T – S графік: визначати характер процесу, роботу газу, напрям переходу між станами.

Шлях подолання: регулярне включення графічних задач, побудова діаграм на уроці, аналіз типових помилок у графічних побудовах.

Помилка 4. Механічне використання формул без перевірки результату

Учні рідко задумуються, чи отримане значення є реалістичним (наприклад, температура нижча за абсолютний нуль, надто велика робота тощо).

Шлях подолання: введення елемента оцінювання результатів, аналіз граничних випадків, практика «перевірки на здоровий глузд».

Помилка 5. Невміння побудувати логічну послідовність дій

Учні часто губляться у задачах, де потрібно виконати кілька кроків поспіль: побудувати модель → знайти проміжну величину → підставити в іншу формулу.

Шлях подолання: робота з алгоритмами, блок-схемами, поетапне проговорювання розв'язання, взаємоперевірка.

Методичні підходи до навчання розв'язування задач відіграють ключову роль у формуванні компетентностей учнів профільної школи. Алгоритмічний підхід дозволяє структурувати діяльність, діяльнісний — стимулює активну

участь учня, компетентісний — забезпечує перенесення знань у реальний контекст. Дотримання принципів організації роботи з задачами та подолання типових помилок допомагає побудувати ефективний навчальний процес, у якому розв'язання задач стає не формальністю, а засобом глибокого розуміння фізики.

Задачі з молекулярної фізики та термодинаміки посідають важливе місце в системі формування фізичних компетентностей здобувачів освіти, оскільки дають змогу не лише перевірити засвоєння теоретичного матеріалу, а й сформувати вміння аналізувати фізичні процеси на мікрорівні, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, будувати математичні моделі та інтерпретувати їх у контексті реальних явищ. Специфіка задач цього розділу фізики полягає в тому, що вони ґрунтуються на ідеях статистичного опису, використанні рівнянь стану, рівнянь теплових процесів, поняттях внутрішньої енергії, ентропії та законів термодинаміки. Тому методи розв'язування таких задач повинні забезпечувати логічну послідовність, глибоке розуміння фізичного змісту величин і процесів, а також уміння працювати з математичним апаратом, що описує поведінку макроскопічних систем.

Одним із ключових методів є *аналітичний метод*, що передбачає побудову математичної моделі на основі фізичних законів. Розв'язування задачі починається з аналізу фізичної ситуації та визначення того, які явища чи процеси лежать в її основі: теплопередача, зміна об'єму газу, фазові переходи, робота в термодинамічних циклах, тощо. На цьому етапі учень виокремлює основні фізичні величини, ухвалює припущення (наприклад, вважати газ ідеальним, процес — квазістатичним), та встановлює зв'язки між ними через відповідні рівняння: рівняння Клапейрона, рівняння Пуассона, перший та другий закони термодинаміки. Перевагою аналітичного методу є його універсальність і можливість отримання загальних закономірностей, що дозволяє не тільки розв'язати конкретну задачу, але й глибше зрозуміти природу самого фізичного процесу.

Приклад застосування.

Задача: визначити, як зміниться тиск газу в посудині, якщо середня квадратична швидкість молекул зросла в 1,5 раза.

Аналітична модель:

$$P = \frac{1}{3} m n v^2, \quad v \rightarrow 1,5v.$$

Звідси

$$P' = \frac{1}{3} m n (1,5v)^2 = 2,25P.$$

Аналітичний підхід дозволяє швидко отримати точний результат, підкреслюючи функціональні зв'язки між величинами.

Приклад

Задача: знайти роботу газу при ізотермічному розширенні від V_1 до V_2 .

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Аналітичний метод незамінний тоді, коли задача вимагає точних кількісних результатів і коли математичні залежності становлять основу фізичного аналізу.

Важливим для ефективного навчання є *графічний метод*, який сприяє формуванню умінь інтерпретувати фізичні процеси на p – V , T – S та U – T діаграмах. Використання графіків під час розв'язування задач дає можливість візуалізувати хід процесу, з'ясувати характер його перебігу, оцінити роботу газу як площу під кривою на діаграмі, порівняти ефективність різних термодинамічних циклів. Графічний аналіз значно спрощує розуміння таких понять, як ізотерма, адіабата, ізохора, ізобара, а також робить очевидними співвідношення між змінами тиску, об'єму та температури. Цей метод є особливо корисним у задачах, пов'язаних із тепловими двигунами та визначенням коефіцієнта корисної дії циклів Карно, Отто, Дізеля тощо.

Приклад застосування.

Задача: зобразити адіабатний та ізотермічний процеси одного й того ж газу між однаковими об'ємами V_1 і V_2 та визначити, у якому випадку робота більша.

На p - V діаграмі ізотерма лежить вище за адіабату. Площа під ізотермою більша, отже робота в ізотермічному процесі більша.

Додатковий графічний аналіз дозволяє:

- встановити характер змін температури,
- побачити співвідношення сил та тисків,
- узгодити отримані результати з фізичними закономірностями.

Графічний метод також ефективний у задачах на порівняння різних циклів:

Приклад застосування.

Задача: порівняти ККД циклів Карно та Отто для однакових значень максимальних температур.

Графічний аналіз p - V діаграм дозволяє встановити, що цикл Карно «вписаний» у будь-який інший циклі має найбільшу енергетичну ефективність, що підтверджує теоретичне твердження про максимальний ККД

Серед методів, що забезпечують високий рівень усвідомленого розв'язування задач, важливе місце належить *якісному методу*, який орієнтує учня на з'ясування фізичної сутності явищ без виконання детальних числових розрахунків. Цей метод доцільно застосовувати на початковому етапі аналізу задачі, щоб визначити, які величини мають збільшуватися або зменшуватися в процесі, як впливають наявні умови на перебіг явища, чи є результат узгодженим із загальними законами фізики (зростання ентропії, принцип мінімуму енергії тощо). Якісний аналіз дозволяє уникнути типових помилок, пов'язаних з неправильним трактуванням умови задачі, та сприяє формуванню інтуїтивного розуміння фізичних процесів.

Приклад застосування.

Задача: Чому тиск насиченої пари залежить лише від температури?

Мікроскопічний аналіз: швидкість молекул і частота їх виходу з рідини

визначаються температурою $\rightarrow$ кількість молекул у газовій фазі встановлюється рівновагою $\rightarrow$ тиск не залежить від об'єму, якщо рідина присутня.

Такий метод є ключовим у формуванні фізичної інтуїції й підготовці до складніших розрахункових задач.

Особливу цінність у навчальному процесі має *енергетичний метод*, що базується на застосуванні першого закону термодинаміки. У задачах цього типу увага зосереджується на зміні внутрішньої енергії, кількості теплоти і роботі газу. Учень вчиться визначати, які з величин у процесі є додатними, негативними або рівними нулю; аналізувати, як енергія переходить з однієї форми в іншу; зіставляти отримані значення з фізичним змістом процесу. Метод також сприяє формуванню уявлень про неможливість побудови вічного двигуна, про обмеження на перетворення теплоти в роботу та про фундаментальну роль ентропії у природних процесах.

Енергетичний метод базується на застосуванні першого закону термодинаміки та використанні концепції внутрішньої енергії:

$$Q = \Delta U + A.$$

Він особливо ефективний у задачах, де потрібно встановити напрямок теплових процесів, визначити роботу або кількість теплоти.

Приклад застосування.

Задача: визначити кількість теплоти, яку отримує одноатомний газ при нагріванні з сталої сили тиску на ΔT .

Енергетичний підхід:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T, \quad A = \nu R \Delta T.$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2} \nu R \Delta T.$$

В інших задачах енергетичний метод дозволяє робити висновки без складних інтегралів.

Приклад застосування.

Задача: у яких процесах газ не отримує теплоти?

Якісний енергетичний аналіз: це адіабатичні процеси $Q = 0$.

Звідси можна вивести й ознаки таких процесів: швидкість, теплоізоляція, короткотривалість.

Важливою складовою методики є *алгоритмічний підхід*, що передбачає розроблення чіткої послідовності дій під час розв'язування задач певних типів. Алгоритми дозволяють систематизувати навчальний матеріал, полегшують опанування складних розділів молекулярної фізики, допомагають учням уникати механічного підстановочного розв'язування та концентрувати увагу на аналізі фізичної логіки. Приклади таких алгоритмів — визначення роботи газу в ізопроцесах, встановлення зв'язків між параметрами стану під час адіабатичного процесу, обчислення кількості теплоти під час фазових переходів.

Алгоритм для ізопроцесів:

1. Визначити тип процесу (імовірно, ізотермічний, ізохорний, ізобарний або адіабатний).
2. Записати відповідне рівняння процесу.
3. Встановити, які величини змінюються.
4. Знаходити роботу, теплоту та зміну енергії за таблицею формул.
5. Перевірити результат на відповідність фізичній логіці.

Приклад застосування.

Задача: знайти роботу в ізобарному процесі.

Послідовність:

$$A = p(V_2 - V_1) = \nu R \Delta T.$$

Алгоритм для задач на рівняння Клапейрона:

1. Виписати початковий і кінцевий стани.
2. Побудувати рівняння

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

3. Виконати перетворення.

4. Інтерпретувати фізичний зміст отриманого результату.

Комплексне використання зазначених методів забезпечує глибоке розуміння матеріалу та формує в учнях здатність гнучко обирати оптимальний спосіб розв'язування залежно від характеру задачі. Поєднання аналітичного, графічного, якісного, енергетичного та алгоритмічного методів створює багатовимірний простір навчальних дій, у якому учень не лише знаходить числову відповідь, а й усвідомлює структуру фізичного явища, закономірності його перебігу та логіку взаємозв'язків між основними параметрами.

Висновки до розділу 1

У розділі розглянуто: 1) особливості вивчення молекулярної фізики та термодинаміки на профільному рівні, а саме, роль розділу у формуванні фізичної картини світу, узгодження зі стандартом та програмами профільного навчання, складності учнів у засвоєнні тем, 2) значення фізичних задач у розвитку предметних та загальнопізнавальних умінь: місце задач у освітньому процесі, функції задач (навчальна, розвивальна, діагностична, мотиваційна), психолого-дидактичні основи формування вмінь розв'язувати задачі, 3) класифікація задач із молекулярної фізики та термодинаміки для профільної школи: якісні, розрахункові, графічні, комбіновані, задачі на рівняння стану, теплові процеси, теплоємність, закони термодинаміки, теплові машини; критерії добору задач для профільного навчання, 4) методичні підходи до навчання розв'язання фізичних задач: алгоритмічний, діяльнісний, компетентнісний підхід; принципи організації роботи з задачами; типові методичні помилки та шляхи їх подолання.

Розділ 2

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ ІЗ РОЗДІЛУ “МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА” В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ

2.1. Загальні методичні принципи роботи з типовими задачами

Ефективність формування в учнів умінь розв'язувати задачі з молекулярної фізики та термодинаміки значною мірою залежить від дотримання загальних методичних принципів, що забезпечують системність, послідовність і науковість навчання. До таких принципів належать: поетапність формування вмінь, методичні прийоми аналізу умови та побудови фізичної моделі, раціональний добір фізичних законів, а також використання опорних конспектів, блок-схем та алгоритмів. Сукупність цих принципів створює чітку методичну основу, що дозволяє здобувачам не лише репродукувати готові способи розв'язання, а й осмислено конструювати власні.

1. Поетапність формування вмінь

Поетапність є провідним дидактичним принципом у навчанні розв'язування фізичних задач. Вона забезпечує поступовий перехід від елементарних дій до складних аналітичних операцій, сприяючи поетапному розвитку предметних компетентностей. У межах цього підходу виділяють кілька рівнів сформованості вмінь:

1. Ознайомчо-орієнтувальний етап.

На цьому рівні студент отримує уявлення про типи задач, необхідні фізичні закони, способи запису умов. Викладач демонструє зразки розв'язання та звертає увагу на характерні особливості задач певного типу (наприклад, ізопроцеси, фазові переходи, встановлення рівноваги, залежність тиску від температури).

2. Реконструктивно-практичний етап.

Учень відтворює вже відомі способи розв'язання за зразком, виконує дії за готовим алгоритмом. На цьому етапі важливо сформувати правильний стиль роботи: акуратний запис даних, обґрунтування фізичних припущень, логічне структурування ходу розв'язання.

3. Варіативно-практичний етап.

Учень застосовує вже засвоєні методи в нових умовах, комбінує раніше вивчені способи. Задачі на цьому рівні передбачають ускладнення: зміну характеру процесу, введення проміжних величин, аналіз граничних випадків.

4. Творчо-пошуковий етап.

Учень самостійно обирає методи, будує фізичні моделі, аналізує різні варіанти розв'язання. Задачі цього рівня можуть мати декілька шляхів розв'язання або вимагати глибокого фізичного аналізу (наприклад, оцінювання похибок, застосування законів статистичної фізики).

Поетапність дозволяє послідовно формувати знання й уміння, забезпечуючи безперервний перехід від простого до складного та підвищуючи якість засвоєння матеріалу.

2.1.1. Методичні прийоми аналізу умови, побудови моделі та вибору фізичних законів

Другим важливим методичним принципом є цілеспрямоване використання прийомів, що допомагають студенту перейти від тексту умови до математичного апарату розв'язання. Цей процес включає кілька послідовних дій.

Аналіз умови задачі

Аналіз умови задачі передбачає:

- виокремлення основних фізичних величин;
- визначення їхнього характеру (початкові, кінцеві, проміжні);
- встановлення очевидних і прихованих зв'язків між величинами;

- з'ясування фізичного змісту процесу (ізопроеес? адіабата? фазовий перехід? рівновага?).

На цьому етапі учень має відповісти на запитання: *що відбувається з системою і які фізичні явища визначають результат?*

Побудова фізичної моделі

Після аналізу умови виконується перехід до фізичної моделі, який може включати:

- формулювання припущень (газ вважається ідеальним, теплообмін відсутній, посудина теплопровідна тощо);
- вибір системи координат або діаграми (p – V , T – S , U – T);
- окреслення меж системи та внутрішніх/зовнішніх взаємодій.

Правильна модель є визначальною: саме вона дозволяє встановити математичні зв'язки між величинами.

Вибір фізичних законів

Залежно від характеру процесу учень обирає необхідні закони:

- Закон збереження енергії (перший закон термодинаміки);
- Закон Шарля, Бойля–Маріотта, Гей-Люссака;
- Рівняння Клапейрона–Менделєєва;
- Рівняння Пуассона для адіабати;
- Закон Дальтона, формули тиску через кінетичну енергію, залежності насиченої пари тощо.

Після вибору законів учень складає математичну схему розв'язання: основні формули, перетворення, порядок обчислень.

Робота з опорними конспектами, блок-схемами та алгоритмами

Опорні конспекти, блок-схеми та алгоритми є важливими дидактичними засобами, які забезпечують візуальну та логічну структурованість способів розв'язування задач. Їх використання має кілька ключових функцій.

Опорні конспекти

Опорний конспект містить у концентрованому вигляді:

- основні формули процесів;
- умови застосування кожного рівняння;
- типові графіки (p – V , T – S);
- схему послідовності дій у процесі розв'язання задач.

Він слугує своєрідною «картою» предметної області, дозволяючи учню швидко зорієнтуватися у виборі способу розв'язання.

Блок-схеми

Блок-схеми є графічними моделями алгоритмів і містять розгалуження, що відображають різні варіанти розвитку фізичного процесу. Наприклад, блок-схема для визначення роботи газу містить гілки:

якщо процес ізохорний $\rightarrow A = 0$;

якщо ізобарний $\rightarrow A = p\Delta V$;

якщо ізотермічний $\rightarrow A = \nu RT \ln(V_2/V_1)$;

якщо адіабатний $\rightarrow$ перехід до формул Пуассона.

Такі схеми допомагають учню не лише запам'ятати спосіб розв'язання, а й чітко усвідомити логіку відбору формул.

Алгоритми

Алгоритмізація має особливе значення у роботі з типовими задачами, оскільки формує в студентів уміння розв'язувати задачі структуровано. Наприклад, універсальний алгоритм для задач з термодинаміки включає:

1. Аналіз фізичного процесу.
2. Вибір рівнянь стану.
3. Встановлення зв'язків між параметрами.
4. Обчислення роботи, теплоти та зміни внутрішньої енергії.
5. Перевірку отриманого результату на фізичну логічність.

Алгоритми сприяють не лише засвоєнню технічних прийомів, а й розвитку самостійності в мисленні: учні навчаються моделювати процеси, прогнозувати наслідки, оцінювати правильність отриманих результатів.

Загальні методичні принципи роботи з типовими задачами забезпечують цілісність та ефективність навчання молекулярної фізики і термодинаміки. Поетапність дозволяє поступово й системно формувати вміння; методичні прийоми аналізу умови та побудови моделі розвивають логіку та фізичне мислення; використання опорних конспектів, блок-схем та алгоритмів сприяє узагальненню та структуризації навчального матеріалу. Сукупність цих принципів створює міцне підґрунтя для успішного формування компетентностей у розв'язуванні фізичних задач.

2.2. Алгоритми розв'язання основних груп задач

Задачі на рівняння Менделєєва–Клапейрона

Рівняння Менделєєва–Клапейрона

$$pV = \nu RT, pV = (m/\mu)RT, pV = (N/N_A)RT$$

є базовим інструментом опису стану ідеального газу та переходів між різними станами. Алгоритм розв'язання задач цієї групи доцільно будувати так:

- *Аналіз умови задачі.*

1. Визначити, які параметри газу відомі: тиск p , об'єм V , температура T , маса m , кількість речовини ν , молярна маса μ .

2. З'ясувати, чи йдеться про один стан газу (статична задача) чи про перехід між двома станами (динамічна задача: $p_1, V_1, T_1 \rightarrow p_2, V_2, T_2$

- *Вибір форми рівняння.*

1. Якщо відома маса m і молярна маса $\mu \rightarrow$ зручно використовувати рівняння

$$pV = (m/\mu)RT.$$

2. Якщо відома кількість речовини $\nu \rightarrow$ використовують

$$pV = \nu RT.$$

3. Для двох станів одного й того ж газу, якщо немає фазових переходів та зміни кількості речовини, доречно застосувати співвідношення

$$p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2.$$

- *Перехід до єдиної системи одиниць.*

1. Перевести температуру в кельвіни: $T = t + 273$.

2. Перевести об'єм у м³, тиск — у паскалі (за потреби).

- *Складання рівняння для невідомої величини.*

1. Записати рівняння зі знаком « $=$ » тільки для одного невідомого.

2. Якщо задача передбачає кілька кроків, спочатку знаходять проміжні величини (наприклад, ν за масою, потім тиск чи об'єм).

- *Математичні перетворення та обчислення.*

1. Акуратно виконати алгебраїчні перетворення.

2. Здійснити числові обчислення, зберігаючи розмірність.

- *Аналіз отриманого результату.*

1. Оцінити порядок величини: чи реалістичне значення тиску, об'єму, маси.

2. Перевірити, чи узгоджується результат із фізичним змістом задачі (наприклад, при підвищенні температури за сталого об'єму тиск має зрости).

Приклад розв'язання типової задачі на рівняння Менделєєва–Клапейрона (ідеальний газ).

Завдання. У посудині об'ємом $V = 5$ л знаходиться газ за температури $T = 300$ К і тиску $p = 2$ атм. Знайти кількість молів газу ν (вважати газ ідеальним).

Розв'язок. Пишемо рівняння ідеального газу:

$$pV = \nu RT.$$

Потрібно перетворити значення величин на одиниці СІ: $V = 5 \text{ л} = 0,005 \text{ м}^3$,
 $p = 2 \text{ атм} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, константа $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$.

Тоді

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = 0,4 \text{ моль}.$$

Відповідь: $\nu = 0,4 \text{ моль}$.

Задачі на ізопроееси (ізотермічний, ізобарний, ізохорний)

В ізопроеесах один з параметрів газу залишається сталим. Задачі цієї групи спрямовані на відпрацювання відповідних газових законів та вміння обчислювати роботу, теплоту і зміну внутрішньої енергії.

Загальний алгоритм для задач на ізопроееси:

1. Розпізнавання типу процесу.

- Ізотермічний: $T = \text{const}$.
- Ізобарний: $p = \text{const}$.
- Ізохорний: $V = \text{const}$.

Зазвичай це визначається за формулюванням («нагрівають при сталому тиску», «стискають без зміни температури» тощо).

2. Запис відповідного газового закону.

- Ізотермічний процес:

$$pV = \text{const}, p_1/p_2 = V_2/V_1.$$

- Ізобарний процес (закон Гей-Люссака):

$$V_1/T_1 = V_2/T_2.$$

- Ізохорний процес (закон Шарля):

$$p_1/T_1 = p_2/T_2.$$

3. Визначення, що потрібно знайти.

- Параметри стану (p, V, T).
- Роботу газу A .

- Кількість теплоти Q .
- Зміну внутрішньої енергії ΔU .

4. *Вибір відповідних формул для енергетичних величин.*

Для одноатомного ідеального газу:

$$\Delta U = (3/2)\nu R \Delta T.$$

Для ізопроцесів:

- Ізотермічний: $\Delta U = 0$, $Q = A$.
- Ізобарний: $A = p \Delta V$, $Q = \Delta U + A$.
- Ізохорний: $A = 0$, $Q = \Delta U$.

5. *Розв'язання задачі.*

- За потреби спочатку знайти зміну температури, потім — ΔU , A , Q .
- При ізотермічному процесі роботу зручно обчислювати через інтеграл:

$$A = \nu RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

6. *Перевірка фізичного змісту результату.*

- При нагріванні за сталого тиску: T і V повинні збільшуватися.
- При ізохорному нагріванні: зростає тільки p і T .
- При ізотермічному розширенні: V зростає, p падає, температура стала.

Приклад розв'язання типової задачі на ізопроцеси.

Завдання. 10 г кисню знаходяться при тиску 304 кПа і температурі 10°C. Після нагрівання при постійному тиску газ розширився і зайняв об'єм 10 л.

Знайти:

1. Початковий об'єм газу;
2. Температуру газу після нагрівання;

Вважаємо, що кисень — ідеальний газ.

Дано:

Маса газу: $m = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$.

Тиск: $p_1 = 304 \text{ кПа} = 3,04 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Початкова температура: $t_1 = 10^\circ\text{C}$ або за шкалою Кельвина

$$T_1 = 273 + 10 = 283 \text{ К}.$$

Кінцевий об'єм: $V_2 = 10 \text{ л} = 0,01 \text{ м}^3$.

Молярна маса кисню: $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

Газова стала: $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$.

Розв'язок.

1. Знаходимо початковий об'єм V_1 . Користуємось рівнянням стану ідеального газу:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT.$$

Для початкового стану:

$$V_1 = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{p_1} = \frac{0,01 \cdot 8,31 \cdot 283}{32 \cdot 10^{-3} \cdot 3,04 \cdot 10^5} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 2,4 \text{ л}.$$

Отже, початковий об'єм газу дорівнює 2,4 л.

2. Знаходимо температуру після нагрівання T_2 :

Оскільки тиск не змінюється, використовуємо той самий закон:

$$T_2 = \frac{\mu p_1 V_2}{mR} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot 3,04 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2}}{10^{-2} \cdot 8,31} = 1170,6 \text{ К}.$$

Отже, температура після нагрівання стане 1170 К. Це $\approx 897,6^\circ\text{C}$.

Відповідь: якщо газ нагрівають, але тиск не змінюється, то:

- об'єм газу збільшується;
- температура зростає;
- густина газу зменшується, оскільки густина обернено пропорційна абсолютній температурі (чим вища T — тим менша густина).

Задачі на адіабатні процеси

Адіабатний процес характеризується відсутністю теплообміну з навколишнім середовищем: $Q = 0$. Це важливий випадок, де ключову роль відіграє зв'язок між параметрами стану через рівняння Пуассона.

Алгоритм:

1. *Визначення характеру процесу.*

- За умовою: система теплоізована; процес швидкий (теплообмін не встигає здійснитися); використовується термін «адіабатичний процес».

2. *Вибір показника адіабати γ .*

- Для одноатомного газу: $\gamma = 5/3$.
- Для двоатомного (при звичайних умовах): $\gamma = 7/5$, тощо.

3. *Запис рівнянь Пуассона.*

Залежно від того, які величини фігурують у задачі:

- $pV^\gamma = \text{const}$;
- $TV^{\gamma-1} = \text{const}$;
- $T^\gamma p^{1-\gamma} = \text{const}$.

4. *Зв'язок внутрішньої енергії та роботи.*

Для адіабатного процесу:

$$Q = 0, \Delta U = -A.$$

Отже, якщо знайдено зміну внутрішньої енергії, робота дорівнює їй за модулем з протилежним знаком.

5. *Побудова послідовності розрахунків.*

- Спершу за рівняннями Пуассона визначають невідомі параметри стану (наприклад, T_2 , p_2 , V_2).

- Далі обчислюють ΔT , а за нею — $\Delta U = \nu C_V \Delta T$.
- Визначають роботу: $A = -\Delta U$.

6. *Аналіз результату.*

- При адіабатичному розширенні газ охолоджується: $T_2 < T_1$.
- При адіабатичному стисканні температура зростає: $T_2 > T_1$.

Результати мають узгоджуватися з цими фізичними висновками.

Приклад розв'язання типової задачі на адіабатний процес

Завдання. Один моль одноатомного ідеального газу початково має тиск $p_1 = 10^5 \text{ Па}$ і об'єм $V_1 = 0,01 \text{ м}^3$. Газ адіабатно розширяється до об'єму $V_2 = 0,02 \text{ м}^3$.

Знайти кінцеву температуру T_2 і роботу, виконану газом. Для одноатомного газу

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{5/2}{3/2} = \frac{5}{3}.$$

Розв'язок. Знайдемо температуру T_1 з рівняння Менделєєва-Клапейрона для ідеального газу:

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 8,31} = 120,19 \text{ К.}$$

Для адіабати $TV^{\gamma-1} = \text{const}$, отже,

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{2/3}.$$

Підставимо $V_1/V_2 = 0,5$: $(0,5)^{2/3} = 0,63$. Тому

$$T_2 = 120,19 \cdot 0,63 = 75,7 \text{ К.}$$

Оскільки процес адіабатний $Q = 0$, робота $A = \Delta U = \nu C_V(T_1 - T_2)$, де

$C_V = \frac{3}{2}R = 12,47 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Отже, робота

$$A = 1 \cdot 12,47(120,19 - 75,7) = 554,8 \text{ Дж.}$$

Позитивна, оскільки робота виконана газом.

Відповідь: кінцева температура $T_2 = 75,7 \text{ К}$, а робота, виконана газом 554,8 Дж.

Задачі на застосування першого закону термодинаміки

Перший закон термодинаміки

$$Q = \Delta U + A.$$

є фундаментальною основою аналізу будь-якого термодинамічного процесу.

Задачі цього типу формують системне бачення енергетичних перетворень.

Алгоритм:

1. *Визначення типу процесу.*
 - Встановити, чи є процес ізохорним, ізобарним, ізотермічним, адіабатним чи довільним.
 - Це допоможе спростити вирази для A , Q , ΔU .
2. *Запис першого закону термодинаміки.*
 - У загальному вигляді: $Q = \Delta U + A$.
 - Визначити, які з величин відомі, а яку потрібно знайти.
3. *Обчислення зміни внутрішньої енергії.*
 - Знайти ΔT .
 - Для ідеального газу: $\Delta U = \nu C_V \Delta T$.

- Врахувати, що для одноатомного газу $C_V = (3/2)R$, для двоатомного — $C_V = (5/2)R$ (у простішому шкільному курсі це часто задається).

4. *Обчислення роботи газу.*

- Для ізобарного процесу: $A = p\Delta V$.

- Для ізотермічного: $A = \nu RT \ln(V_2/V_1)$.

- Для ізохорного: $A = 0$.

- Для адіабатного: $A = -\Delta U$.

- Для довільних процесів, якщо є p – V діаграма, роботу визначають як площу під графіком.

5. *Застосування першого закону для знаходження невідомої величини.*

- Якщо потрібно знайти Q , скористатися $Q = \Delta U + A$.

- Якщо невідома робота A , виразити її як $A = Q - \Delta U$ і т. ін.

6. *Перевірка знаків величин.*

- При нагріванні газу зазвичай $Q > 0$.

- Якщо газ виконує роботу, $A > 0$ (за прийнятою у шкільному курсі орієнтацією).

- Якщо внутрішня енергія зростає, $\Delta U > 0$.

Коректний знак — важлива складова якісного аналізу.

Приклад розв'язання типової задачі на застосування 1 закону термодинаміки

Завдання. Посудину наповнили $\nu = 0,5$ моль двоатомним ідеальним газом. В процесі йому підвели тепло $Q = 1500$ Дж, при цьому газ виконав роботу $A = 400$ Дж. Знайти зміну внутрішньої енергії ΔU і зміну температури ΔT . Для двоатомного газу $C_V = 5/2R$.

Розв'язок. Перший закон має вигляд:

$$\Delta U = Q - A,$$

тому зміна внутрішньої енергії дорівнює:

$$\Delta U = 1500 - 400 = 1100 \text{ Дж.}$$

З іншого боку

$$\Delta U = \nu C_V \Delta T,$$

де $C_V = (5/2) \cdot R = (5/2) \cdot 8,314 = 20,785$ Дж/(моль·К).

Тому

$$\Delta T = \frac{\Delta U}{\nu C_V} = \frac{1100}{0,5 \cdot 20,785} = 105,9 \text{ К.}$$

Відповідь: зміна внутрішньої енергії $\Delta U = 1100$ Дж, а зміна температури $\Delta T = 105,9$ К.

Задачі на ККД теплової машини

Задачі на коефіцієнт корисної дії (ККД) теплових машин спрямовані на формування розуміння принципу дії теплових двигунів та обмежень перетворення теплоти в роботу.

Алгоритм:

1. Усвідомлення фізичної суті процесу.

- Теплова машина отримує кількість теплоти Q_1 від нагрівника, віддає частину теплоти Q_2 холодильнику, а різницю перетворює на роботу:

$$A = Q_1 - Q_2.$$

2. Запис визначення ККД.

- У загальному вигляді:

$$\eta = A/Q_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1.$$

- Для оборотного циклу Карно:

$$\eta_{\text{Карно}} = 1 - T_2/T_1,$$

де T_1 — температура нагрівника, T_2 — температура холодильника (в кельвінах).

3. Підготовка даних.

- Перевести температури з градусів Цельсія в кельвіни: $T = t + 273$.

- Визначити, які величини задані: Q_1 , Q_2 , A , η , T_1 , T_2 .

4. Складання рівняння для ККД.

- Якщо відомі Q_1 і $Q_2 \rightarrow \eta = (Q_1 - Q_2)/Q_1$.

- Якщо відомі T_1 і T_2 (і припускається цикл Карно) $\rightarrow \eta = 1 - T_2/T_1$.

5. Визначення шуканої величини.

- Якщо шукають A :

$$A = \eta Q_1.$$

- Якщо шукають Q_2 :

$$Q_2 = Q_1 - A = Q_1(1 - \eta).$$

6. *Аналіз результату.*

- Значення ККД має бути в межах $0 < \eta < 1$ (або $0 < \eta < 100\%$).

- Для реальних теплових машин ККД завжди менший за ККД циклу Карно при тих же T_1, T_2 .

Приклад розв'язання типової задачі на ККД теплової машини

Завдання (а). Теплова машина отримує від нагрівача теплоту $Q_1 = 5000$ Дж і віддає холодильнику $Q_2 = 3500$ Дж. Знайти ККД теплової машини.

Завдання (б). Який максимальний ККД можливий між температурами $T_1 = 600$ К і $T_2 = 300$ К?

Розв'язок (а). ККД машини:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{5000 - 3500}{5000} = 0,3,$$

тобто, 30%.

(б) Максимально можливий ККД має цикл Карно:

$$\eta_{\text{карно}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{600} = 0,5,$$

тобто, 50%.

Відповідь: (а) ККД теплової машини 30%.. (б) Максимально можливий ККД для цього інтервалу температур 50%.

Задачі на вологість повітря

Задачі на вологість повітря поєднують знання молекулярно-кінетичної теорії газів, поняття насиченої пари та використання таблиць стану водяної пари.

Основні величини:

- Відносна вологість φ :

$$\varphi = p_{\text{пари}}/p_{\text{нас(Т)}} \cdot 100\%.$$

- Парціальний тиск водяної пари $p_{\text{пари}}$.
- Насичений тиск водяної пари $p_{\text{нас}(T)}$ — береться з таблиць.
- Абсолютна вологість — маса водяної пари в одиниці об'єму.

Алгоритм (типовий для задач на відносну вологість):

1. *Аналіз умови.*

- Визначити, чи задані температура повітря t , відносна вологість φ , загальний тиск повітря, чи, можливо, парціальний тиск пари.

- З'ясувати, що потрібно знайти: φ , $p_{\text{пари}}$, $p_{\text{нас}}$, абсолютну вологість, точку роси тощо.

2. *Робота з таблицями насиченої пари.*

- За заданою температурою знайти $p_{\text{нас}(T)}$.

- Якщо шукають точку роси, навпаки: відомий $p_{\text{пари}}$, потрібно знайти таку температуру, при якій $p_{\text{нас}(T)} = p_{\text{пари}}$.

3. *Визначення парціального тиску водяної пари.*

- Якщо відома відносна вологість:

$$p_{\text{пари}} = (\varphi/100\%) p_{\text{нас}(T)}.$$

- Якщо відомий $p_{\text{пари}}$, навпаки:

$$\varphi = (p_{\text{пари}}/p_{\text{нас}(T)}) \cdot 100\%.$$

4. *Обчислення абсолютної вологості (за потреби).*

Вважаючи водяну пару ідеальним газом, можна використати

$$\rho_{\text{пари}} = p_{\text{пари}} \mu / (RT),$$

де μ — молярна маса водяної пари.

5. *Застосування рівняння стану для суміші газів (за необхідності).*

- Загальний тиск повітря:

$$p_{\text{заг}} = p_{\text{сух}} + p_{\text{пари}}.$$

- Це дає змогу знайти тиск сухого повітря, а далі — його густину, масу тощо.

6. *Перевірка результатів.*

- Відносна вологість повинна бути в інтервалі 0–100%.

- Точка роси завжди нижча або дорівнює фактичній температурі повітря.

- Значення парціальних тисків і густин не повинні суперечити табличним даним за порядком величин.

Приклад розв’язання типової задачі на вологість повітря

Завдання. У повітрі при температурі $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ парціальний тиск водяної пари $p = 2,3\text{ кПа}$. Наскільки повітря вологе – знайти відносну вологість φ (в %), якщо тиск насиченої пари при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $p_{\text{нас}} = 3,17\text{ кПа}$.

Розв’язок. Відносна вологість

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}} \cdot 100\% = \frac{2300}{3170} \cdot 100\% = 72,5\%.$$

Відповідь: відносна вологість дорівнює 72,5%.

2.3. Розроблення системи типових задач для профільного навчання

Побудова ефективної системи задач для профільного вивчення молекулярної фізики та термодинаміки потребує попереднього аналізу наявних у педагогічній практиці збірників і методичних посібників. Сучасні шкільні курси спираються на низку традиційних джерел, серед яких найбільш поширеними є збірники задач авторів Корщак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф., Гельфгата І. М., Ненашева І. Ю., Кірюхіна О. О., Засєкіна Т. М., Засєкін Д. О., В. Г. Бар’яхтара, С. О. Довгого, Мельник Ю. С., Бурлакова М. В., Ветчинкіна З. К., Дзюбенко Н. І., Любченко О. А., Тавріна Т. В. та ін. Кожен із них має свої переваги та певні обмеження, і саме порівняльний аналіз дає можливість усвідомити, які типи задач недостатньо представлені або не повністю відповідають потребам профільної школи.

Більшість класичних збірників пропонують значний масив розрахункових і тренувальних задач, спрямованих на відпрацювання формул рівняння стану, газових законів та окремих аспектів першого закону термодинаміки. Наприклад, у традиційних посібниках переважають задачі з чітким алгоритмом розв’язання, що дозволяє ефективно відпрацювати базові навички, але водночас недостатньо

стимулює розвиток глибокого фізичного аналізу та моделювання. Так само доволі часто зустрічаються задачі з неповним набором контекстів: хоча розглянуті ізопроцеси, робота газу та визначення теплоти, значно менше приділяється уваги задачам, пов'язаним із побудовою графіків p – V або T – S , аналізом реальних теплових машин чи дослідницькими ситуаціями з кількома можливими способами розв'язання.

Дещо іншу спрямованість мають збірники, орієнтовані на підготовку до ЗНО/НМТ. У них більше уваги приділено типовим формулюванням і коротким задачам тренувального характеру. Хоча цей формат добре підходить для формування оперативних навичок, він не повною мірою забезпечує профільний рівень глибини, адже майже не охоплює задач на пояснення, моделювання, роботу з діаграмами та термодинамічними циклами.

У методичних посібниках для вчителів можна знайти окремі приклади задач практичного змісту (про вологість повітря, кондиціонери, теплові насоси, теплові втрати приміщень), але вони здебільшого подані епізодично і не утворюють цілісної системи. Це свідчить про те, що реальний запит сучасної профільної школи — це не просто набір задач, а продумана дидактична система, що включає якісні, розрахункові, графічні та комбіновані задачі, а також завдання прикладного й дослідницького характеру.

Аналізуючи збірники, можна побачити ще одну проблему: значна частина задач орієнтована на «закритий» тип мислення, коли учневі вже відомо, яку формулу слід застосувати. Для профільного ж навчання важливо включати задачі відкритого типу, де необхідно самостійно визначити, яка модель підходить, які припущення можна зробити, які закони є релевантними. Такі задачі краще розвивають компетентності, передбачені оновленими стандартами — уміння аналізувати, робити висновки, будувати власні стратегії розв'язання.

Отже, огляд існуючих збірників показує, що вони є цінною базою для формування фундаментальних умінь, але не забезпечують у повному обсязі потреб профільного навчання, яке вимагає ширшого спектра задач: від базових тренувальних до аналітичних, дослідницьких і практично орієнтованих. Саме

тому виникає необхідність у розробленні власної системи типових задач — такої, що відповідатиме навчальним цілям профільного курсу, сприятиме розвитку компетентностей і забезпечуватиме послідовне, гнучке й глибоке оволодіння матеріалом.

2.4. Методичні рекомендації для вчителя щодо організації роботи учнів

Ефективність навчання розв'язування задач з молекулярної фізики та термодинаміки значною мірою залежить від того, як учитель організовує діяльність учнів на всіх етапах опрацювання матеріалу — від первинного ознайомлення з теоретичним змістом до самостійної роботи й рефлексії. У науково-методичній літературі питання організації роботи над фізичними задачами є предметом численних досліджень, зокрема в роботах А. Пінського [4], Л. Генденштейна [1], В. Здешиц [8] та інших авторів, які наголошують, що задачі стають ефективним інструментом навчання лише за умови правильно вибудованої методичної послідовності.

На думку Л. Генденштейна [1], організація роботи над задачами повинна будуватися не лише на алгоритмічних діях, а на створенні умов для активного мислення учнів, що досягається шляхом урізноманітнення форм роботи, введенням проблемних ситуацій та опорою на моделювання фізичних процесів. У працях А. Пінського [4] простежується думка про необхідність поступового ускладнення задач, щоб учні могли переходити від репродуктивних дій до справді творчого пошуку розв'язання.

Сучасні методичні дослідження (зокрема роботи, присвячені компетентнісному навчанню) також акцентують увагу на важливості організації особистісно-орієнтованої діяльності, у якій учні виконують не просто обчислення, а аналізують процес, обговорюють різні варіанти розв'язань, співставляють отримані результати з реальними фізичними ситуаціями. Це узгоджується з положеннями діяльнісного підходу, який послідовно розвивають у вітчизняній педагогічній традиції О. Савченко [3] та інші дослідники.

Окремі методичні роботи, присвячені саме термодинамічним задачам, підкреслюють важливість поєднання розрахункових, якісних і графічних завдань. Зокрема, у працях В. Здешиц та його співавторів [8] наголошується, що формування стійких умінь розв'язувати задачі можливе лише тоді, коли учні регулярно мають справу з різними типами діяльності: побудовою p – V та T – S діаграм, аналізом теплових процесів, визначенням роботи та зміни внутрішньої енергії, поясненням фізичного змісту отриманих результатів.

Водночас у методичній літературі відзначається низка труднощів, які заважають ефективній роботі учнів: недостатня увага до етапу аналізу умови задачі, переважання рутинних завдань над творчими, поєднання великої кількості нових формул, що не завжди узгоджується зі стилем мислення учнів старшої школи. Ці труднощі вимагають від учителя продуманої організації навчального процесу, де чергуються індивідуальна, групова та самостійна робота, використовуються елементи формувального оцінювання, а задачі добираються за принципами різнорівневості та практичної спрямованості.

Вивчення молекулярної фізики та термодинаміки у шкільному курсі передбачає не лише засвоєння теоретичного матеріалу, а й систематичну роботу над задачами різного рівня складності [6, 7, 9, 10]. Саме задачі дають можливість учням усвідомити механізми перебігу фізичних процесів, зрозуміти природу закономірностей, навчитися будувати логічні міркування та аргументувати власний спосіб розв'язання. Проте ефективність цієї діяльності істотно залежить від того, як учитель організовує роботу учнів на уроці й поза ним. Тому нижче я розглядаю найбільш важливі, на мою думку, методичні підходи щодо індивідуальної та групової роботи, організації самостійних завдань, а також засоби формувального оцінювання вмінь розв'язувати фізичні задачі.

2.4.1. Індивідуальна та групова робота учнів

Індивідуальна робота

Індивідуальна робота є основою формування вмінь розв'язувати задачі, адже саме в індивідуальному підході найбільш помітними стають сильні та слабкі сторони кожного учня. Працюючи самостійно, учень вчиться не лише застосовувати формули, а й вибудовувати власну логіку аналізу, що в подальшому дає можливість переходити до більш складних типів задач.

У цій формі дуже корисною є диференціація завдань: частині учнів можна запропонувати задачі базового рівня, іншим — таких, що вимагають комбінування кількох законів чи аналізу графіка процесу. У школі нерідко виникає ситуація, коли хтось швидко справляється з типовою задачею і потребує більшого виклику, тоді як дехто потребує додаткової підтримки. Тому диференційований підхід допомагає уникнути як перевантаження, так і нудьги в окремих учнів.

Досить ефективно працюють картки-завдання з опорними підказками, які містять нагадування, наприклад, про характер енергетичних перетворень у ізопроесах чи особливості використання рівняння стану. Поступово, коли навички стають стійкішими, кількість підказок можна скорочувати, заохочуючи учнів діяти самостійно.

Корисним є й самоаналіз розв'язання, коли учень коротко пояснює, чому саме цей закон був обраний, які припущення були зроблені й наскільки результат узгоджується з фізичним змістом процесу. Цей прийом допомагає уникати «механічного» підставлення чисел і сприяє осмисленому навчанню.

Групова робота

Групова форма роботи створює інші дидактичні можливості — спільний пошук, взаємне консультування, обговорення неоднозначних моментів. Особливо це корисно для задач підвищеної складності, де правильне рішення часто народжується саме в дискусії.

Важливим є раціональний розподіл учнів по групах, коли у кожній є учні різного рівня підготовки. Це дає можливість сильнішим пояснити сутність процесу іншим учасникам групи, а слабші отримують корисну підтримку. За таким принципом може бути організована робота над задачами з побудови p – V або T – S діаграм, порівняння різних процесів або складання скороченого алгоритму дій.

Корисним є розподіл ролей у групі: аналітик, математик, ілюстратор, доповідач. Така організація не лише дисциплінує групову діяльність, а й розвиває відповідальність за результат.

Досить ефективною виявляється практика аналізу помилкових розв'язань. Учитель може запропонувати учням готове, але спеціально помилкове розв'язання задачі (неправильно визначений тип процесу, некоректне застосування першого закону термодинаміки, помилки в одиницях). Група повинна знайти й пояснити помилки. Це формує критичне ставлення до навчального матеріалу та вміння оцінювати логіку розв'язання.

Підсумовуючи групову діяльність, важливо організовувати коротку рефлексію: що було найскладнішим, що вдалося, який спосіб розв'язання виявився найраціональнішим. Таке обговорення підсилює навчальний ефект.

2.4.2. Організація самостійної та домашньої роботи

Самостійна й домашня робота мають сприяти закріпленню матеріалу, а не повторювати «механічно» те, що вже було зроблено на уроці. Тому завдання мають бути продуманими, системними та різнорівневими.

Принципи добору завдань

Передусім важливо дотримуватися послідовності від простого до складного: від задач на окремі ізопроееси — до аналізу послідовних процесів, від роботи з окремими законами — до об'єднання кількох методів.

Багато включати завдання на перенесення знань: наприклад, пояснити охолодження газу при різкому розширенні або роботу компресора з точки зору адіабатичного процесу. Такі задачі допомагають учням бачити зв'язок між теорією та практичними явищами.

Самостійна робота на уроці

Короткі самостійні роботи дають змогу оперативно визначити, як кожен учень орієнтується у вивченій темі. Це можуть бути:

- задачі-тренажери на визначення типу процесу;
- невеликі розрахункові завдання на 5–10 хвилин;
- робота з діаграмами або пропущеними фрагментами розв'язання.

Такі роботи виконують не контрольну, а формувальну функцію — учитель бачить, де саме виникають труднощі.

Домашня робота

Домашнє завдання має бути чітко структурованим: із вимогою запису «Дано — Потрібно знайти — Розв'язання — Відповідь». Це формує культуру виконання задач і робить мислення більш організованим.

Корисно додавати якісні задачі, які не потребують числових обчислень, але вимагають глибшого розуміння фізичного змісту (наприклад, чому при адіабатичному розширенні температура знижується).

2.4.3. Способи формувального оцінювання вмінь розв'язувати задачі

Формувальне оцінювання допомагає не лише оцінити знання учня, а й спрямувати його увагу на ті аспекти, які потребують покращення. Вивчення задач з термодинаміки особливо виграє від такої форми оцінювання, оскільки саме логіка розв'язання, а не просто числова відповідь, має найбільше значення.

Критерії оцінювання

Доцільно оцінювати не лише результат, а й структуру розв'язання:

- правильність аналізу умови задачі;
- обґрунтованість вибору закону чи формули;
- логіку математичних операцій;
- змістовність коментарів до отриманого результату.

Такі критерії можна подати учням у вигляді чек-листа, щоб вони могли самостійно перевіряти себе.

Взаємооцінювання та самооцінювання

У роботі над задачами добре зарекомендувала себе практика взаємоперевірки. Учні за підготвленим вчителем переліком критеріїв оцінюють розв'язання своїх однокласників. Це сприяє кращому розумінню типових помилок і підсилює взаємонавчання.

Самооцінювання також відіграє важливу роль. Учень може після виконання задачі відповісти на кілька коротких запитань: що було найскладнішим, які формули потребують повторення, що він зробив би інакше. Такі рефлексивні вправи розвивають метапізнавальні вміння.

2.4.4. Міні-тести та діагностичні завдання

Короткі тести або діагностичні задачі можна використовувати на початку й наприкінці вивчення теми. Вони дають учителю розуміння, чи сформовані в учнів базові навички — наприклад, визначення типу процесу чи застосування рівняння стану.

Цінність таких завдань у тому, що вони не спрямовані на «оцінку заради оцінки», а служать діагностичним інструментом, який дає зворотний зв'язок і вчителю, і учням.

Усний коментар і «зворотний зв'язок замість оцінки»

Особливо важливо надавати учням змістовний усний коментар. Короткі зауваги, які пояснюють, що зроблено правильно, а де потрібно попрацювати, допомагають учневі усвідомити, у чому полягала помилка, і формують внутрішню мотивацію до вдосконалення.

Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що добре організована індивідуальна та групова діяльність, продумана система самостійних і домашніх завдань, а також формувальне оцінювання створюють сприятливі умови для глибокого оволодіння учнями методами розв'язування задач з молекулярної фізики та термодинаміки. Такий підхід сприяє не тільки розвитку предметних компетентностей, а й формуванню в учнів умінь самостійно аналізувати, порівнювати, робити висновки — тобто застосовувати фізичні знання у повноцінному навчальному й життєвому контексті.

У розділі розглянуто: 1) загальні методичні принципи роботи з типовими задачами: поетапність формування вмінь; методичні прийоми аналізу умови, побудови моделі, вибору фізичних законів; робота з опорними конспектами, блок-схемами, алгоритмами, 2) алгоритми розв'язання основних груп задач: задачі на рівняння Менделєєва–Клапейрона; ізопроееси (ізоермічний, ізобарний, ізохорний); адіабатні проєеси; застосування першого закону термодинаміки; задачі на ККД теплової машини; задачі на вологість повітря, 3) розроблення системи типових задач для профільного навчання: добір задач відповідно до рівня підготовки учнів; система задач для формування базових, підвищених і високих рівнів; методичні коментарі до кожної групи задач, 4) методичні рекомендації для вчителя щодо організації роботи учнів: індивідуальна та групова робота; організація самостійної та домашньої роботи; способи формувального оцінювання вмінь розв'язувати задачі.

Висновки

У магістерській роботі було проведено огляд методів розв'язання типових задач із курсу «Молекулярна фізика і термодинаміка» у профільній школі. Під час аналізу літературних джерел, було розглянуто різноманітні методики викладання фізики та розв'язання задач. У даній роботі було запропоновано найтипівіший алгоритм розв'язання задач, котрий складається з таких компонентів: ознайомлення з задачею, виділення понять, короткий зміст задачі та за потреби схема, виокремлення важливих фізичних законів, обрання плану розв'язку і обрання необхідних констант і параметрів, переведення всіх потрібних величин в систему СІ, встановлення співвідношення між даними та шуканими величинами, виконання аналізу результатів та оцінення їх, якщо виникли неточності варто шукати альтернативні шляхи розв'язання. Запропонований метод ефективно довів свою ефективність на практиці.

Отже, мета дослідження, а саме обґрунтування ефективної методики навчання розв'язання типових задач із розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» у профільній школі досягнута.

Список використаних джерел

1. Генденштейн Л. Є., Ненашев І. Ю. Фізика (рівень профільний, за навчальною програмою авторського колективу) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти / за ред. Л. Є. Генденштейна, І. Ю. Ненашева. Харків : Вид-во «Гімназія», 2010. 272 с.
2. Гончаренко С. У. Фізика (рівень стандарту) : підруч. для 10 та 11 кл. закл. загал. серед. освіти. Київ : Вид-во «Освіта», 2002. 319 с.
3. Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. Фізика : підруч. для 9 –10 кл. закл. загал. серед. освіти. Київ : Вид-во «Генеза», 2010. 192 с.
4. Пінський А. А. Завдання з фізики (збірник задач) : навч. посіб. Київ : Вид-во «Освіта», 1977. 153 с.
5. Бурлакова М. В., Ветчинкіна З. К., Дзюбенко Н. І., Любченко О. А., Тавріна Т. В. Методичні вказівки до розв’язання задач за темою “Молекулярна фізика і термодинаміка. Частина І. Молекулярна фізика. Явища переносу” з курсу “Загальна фізика” для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання. Харків: НТУ “ХПІ”, 2010. 36 с.
6. Мельник Ю. С. Задачі прикладного змісту з фізики у старшій школі : навч.-метод. посіб. Київ : Педагогічна думка, 2013. 120 с.
7. Горват А. А., Височанський Ю. М. Методика розв’язування задач. Молекулярна фізика і термодинаміка : навч. посіб. Ужгород: ІВА, 2006. 183 с.
8. Здещиц В.М., Половина Г.П., Здещиц А.В. Молекулярна фізика і термодинаміка. Розв’язання задач фізичних олімпіад: навч.–метод. посіб. Кривий Ріг : Вид-во Роман Козлов, 2019. 276 с.
9. Бар’яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтєва В. М.) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти / за ред. В. Г. Бар’яхтара, С. О. Довгого. Харків : Вид-во «Ранок», 2018. 272 с.

10. Засєкіна Т. М., Засєкін Д. О. Фізика (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти. К. : УОВЦ «Оріон», 2018. 304 с.

11. Методика навчання розв'язування задач.

URL:https://naurok.com.ua/metodika-navchannya-rozv-yazuvati-zadachi-394302.html?utm_source=perplexity (дата звернення: 01.08.2025)

12. Методичні рекомендації щодо викладання фізики та астрономії.

URL:https://osvitoria.media/https-osvitoria-media-news-u-mon-nadaly-rekomendatsiyi-z-vykkladannya-fizyku/?utm_source=perplexity

(дата звернення: 23.03.2025)

13. Фізика. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів : навч. прогр. для 10-11 класів. Міністерство освіти і науки України. [Електронний ресурс]. URL:

<https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskiy-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf>

(дата звернення: 15.01.2025)

14. Особливості вивчення курсу фізики у старшій школі.

URL:https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/725436/1/Особливості%20вивчення%20курсу%20фізики%20у%20старшій%20школі_1.pdf (дата звернення: 10.02.2025)