

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

І.П. Даценко, Ю.П. Мінаєв, Н.І. Тихонська

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МОВИ ФІЗИКИ

**Навчальний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти
магістра спеціальності «Середня освіта»
освітньо-професійної програми «Середня освіта (Фізика)»**

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № від
. .2018

Запоріжжя
2018

УДК: 378.8:53:81(075.8)
Д215

Даценко І. П. Методика навчання мови фізики: навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Середня освіта» освітньо-професійної програми «Середня освіта (Фізика)» / І.П. Даценко, Ю.П. Мінаєв, Н.І. Тихонська. – Запоріжжя: ЗНУ, 2018. – 104 с.

У посібнику поданий зміст навчального матеріалу з курсу «Методика навчання мови фізики». З позицій сучасних психолого-педагогічних концепцій теоретично обґрунтований новий підхід до розбудови методики навчання мови фізики. На основі психологічного положення щодо двомовного характеру мислення зроблено висновок, що навчання узгодження мовленнєвих і образних структур, як складових мови фізики, стає основою для розуміння навчального матеріалу.

Навчальний посібник призначений для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Середня освіта» освітньо-професійної програми «Середня освіта (Фізика)». Він також може бути корисним шкільним учителям фізики.

Рецензент

О.А. Лозовенко, канд. пед. наук, доцент кафедри загальної фізики
Запорізького національного технічного університету

Відповідальний за випуск

О.І. Іваницький, д-р пед. наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її викладання Запорізького національного університету.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПСИХОЛОГО-ДИДАКТИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ МОВИ ФІЗИКИ.....	6
1.1. Мова фізики як система знаково-символічних засобів	6
1.2. Оволодіння мовою фізики у контексті теорії поетапного формування розумових дій	8
1.3. Двомовна специфіка мислення у єдиній теорії психічних процесів	11
1.4. Навчання мови фізики у світлі моделі будови ментального досвіду ...	23
2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ МОВИ ФІЗИКИ	30
2.1. Загальні питання методики навчання учнів мови фізики	30
2.2. Особливості засвоєння мови фізики при вивченні теоретичного матеріалу.....	39
2.3. Організація мовної роботи на матеріалі молекулярно-кінетичної теорії	55
2.4. Використання сучасних інформаційних технологій у контексті навчання учнів мови фізики	59
3 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	66
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	91
ДОДАТОК Завдання для організації самостійної роботи	96

ВСТУП

У цьому навчальному посібнику йтиметься про авторську методику навчання мови фізики, запровадження якої у навчальний процес середньої освіти сприяє розвитку мислення учнів. У ході розробки теоретичного підґрунтя даної методики визначальним етапом для нас було ознайомлення з єдиною теорією психічних процесів Л.М. Веккера [8; 9]. Його оригінальний підхід до трактування механізму мислення підказав нам ідею, яка стала стрижневою для створення методики навчання мови фізики.

Для розуміння подальшого викладу матеріалу треба звернути увагу на той факт, що ми вимушені будемо вживати слово “мова” у різних значеннях. Так, дещо незвичним для дидактики фізики є таке значення, що використовує автор єдиної теорії психічних процесів, до якої ми будемо звертатися для отримання дидактичних наслідків. Проведений ним аналіз емпіричних характеристик мислення дозволив розкрити загальну специфіку цього процесу. Вона полягає у тому, що мислення протікає як неперервний оборотний переклад інформації з мови просторово-предметних структур, які сприймаються або уявляються одночасно (симультанно), на символічно-операторну мову, для якої характерна одновимірність, послідовність у часі (сукцесивність). Окрема думка при цьому виступає результатом, узгодженим психічним інваріантом зазначеного оборотного перекладу.

Докладніше про двомовну специфіку мислення йтиметься у п. 1.3. Наразі лише зазначимо, що загальна ідея про двомовне розгортання розумових процесів потенційно розкриває закономірності пізнавальної діяльності. Однак вона могла би стати теоретичним підґрунтям і одночасно провідною ідеєю не лише при створенні методики навчання мови фізики, а і послугувати розвиткові дидактики фізики у цілому.

Це припущення має такі підстави. *По-перше*, існує позитивний досвід урахування цієї ідеї при розробці інноваційної “збагачувальної моделі” розвитку інтелекту на матеріалі навчання математики (М.О. Холодна [61]). *По-друге*, теорія двомовної специфіки розумових процесів Л.М. Веккера може, на наш погляд, пояснити як отримані психологами і дидактами численні експериментальні факти щодо доцільності перекодування учнями навчальної інформації (Л.В. Занков [16; 17], Н.Г. Салміна [46; 47], А.М. Сохор [54], Л.М. Фрідман [221] та ін.), так і існування позитивного впливу наочності на ефективність навчання фізико-математичних дисциплін, на який вказують учені-методисти (Н.С. Бесчастна [3], Ф.З. Босенко [5], Є.В. Коршак, В.Г. Нижник, В.Д. Сиротюк [38], І.В. Сальник [48], Н.А. Тарасенкова [56] та ін.).

Даний курс складається з двох навчальних розділів “Психолого-дидактичні засади навчання мови фізики” і “Методичні засади навчання мови фізики”.

Метою викладання навчальної дисципліни “Методика навчання мови фізики” є оволодіння студентами основними поняттями курсу: мова фізики як

система знаково-символічних засобів; “мовні” знання і вміння у шкільному курсі фізики та вимоги до них; двомовна специфіка мислення у єдиній теорії психічних процесів; мовлення як ключове поняття в теорії поетапного формування розумових дій.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Методика навчання мови фізики” є:

ознайомити студентів з двомовною специфікою мислення у єдиній теорії психічних процесів та теорією поетапного формування розумових дій;

висвітлити модель будови ментального досвіду та пояснити, як нею користуватися для навчання учнів мови фізики;

розкрити особливості засвоєння учнями мови фізики на навчальних заняттях різних типів;

навчити студентів розробляти дидактичні матеріали у вигляді навчальних вправ, які можуть використовуватися вчителями фізики у їхній практичній діяльності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти повинні

знати:

зміст поняття “мова фізики”;

роль мови фізики під час формування розумових дій (за П.Я. Гальперінім) у процесі навчання фізики;

психологічну специфічність організації розумових процесів (за Л.М. Веккером);

модель будови ментального досвіду (за М.О. Холодною).

уміти:

враховувати сучасні психолого-педагогічні концепції під час розробки дидактичних матеріалів для навчання мови фізики;

визначати напрямки створення баз даних для навчальних і контролюючих комп’ютерних програм, орієнтованих на навчання мови фізики;

використовувати синтаксичні засоби навчальних фізичних текстів у навчальному процесі, пов’язаному з вивченням фізики, а також метод ключових слів при розв’язуванні фізичних задач у застосуванні до ключових слів-термінів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі вищої освіти повинні досягти таких **результатів навчання** (компетентностей):

- здатність до пошуку, аналізу та критичної оцінки інформації, її узагальнення та інтерпретації;
- здатність ефективно формувати комунікативну стратегію;
- здатність до організації і проведення навчального процесу з фізики у профільній і вищій школі;
- здатність продемонструвати знання психолого-педагогічних механізмів комунікації;
- володіння основами професійної мовленнєвої культури.

1 ПСИХОЛОГО-ДИДАКТИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ МОВИ ФІЗИКИ

1.1. Мова фізики як система знаково-символічних засобів

Проведений нами аналіз методичної літератури виявив різні підходи до тлумачення поняття “мова фізики”. Так, у джерелах [18; 51; 67; 68] під мовою фізики розуміють фактично її понятійний апарат. В одному з них звертається увага на те, що фізика, як і будь-яка конкретна наука, оперує певними поняттями, має притаманну лише їй “мову”, основними елементами якої є суто фізичні поняття — фізичне явище, фізична величина, фізичний закон, а також загальнонаукові — гіпотеза, принцип, постулат, закономірність і т.п. [67, с. 7]. Далі у зазначеній роботі у стислій формі викладені основні поняття фізики як навчального предмета, охарактеризовані основні фізичні закони, теорії та їх взаємозв'язок, описані характерні особливості фундаментальних взаємодій. При цьому вказується, що “мовою” окремих фізичних теорій слугує відповідний математичний апарат.

Думка про те, що мовою фізики є математика, набула поширення ще з часів Г. Галілея. Про значення математики для фізики він писав: “Філософія написана в тій величній книзі, яка завжди відкрита в нас перед очима (я маю на увазі Всесвіт), але яку неможливо зрозуміти, якщо заздалегідь не вивчити її мову і не пізнати ті письмена, якими її написано. Її мова — математика...” (Цит. за [22, с. 3]).

Знання у фізичних теоріях фіксуються за допомогою математики, і у цьому сенсі вона є мовою цих теорій. Таку думку поділяють багато фізиків. Наприклад, у відомій книзі Нобелівського лауреата Л. Купера “Фізика для всіх” [27] є навіть параграф “Мова фізики”, в якому він обговорює питання, що пов'язані з математикою як мовою фізики.

Дослідники специфічних мов наук також відбивають таке бачення у своїх працях. Так, В.В. Налімов — автор імовірнісної моделі мови — в одному з розділів монографії [37], який має назву “Математика як мова”, приділяє спеціальну увагу математиці як мові фізики. Безумовно, не можна не визнавати тієї величезної ролі, яку відіграє математика у фізиці. Але все ж таки тезу “математика — мова фізики” можна сприймати лише у метафоричному значенні.

Для того, щоб розуміти та створювати тексти на фізичні теми, необхідно знати серед іншого і правила інтерпретації та вживання фізичної термінології, символіки, номенклатури. Ця думка знаходить своє відображення в роботах О.В. Сергєєва та П.І. Самойленка. За їхнім означенням мова фізики — штучна знакова система, що виконує пізнавальну та комунікативну функції; це сукупність термінології, символіки та номенклатури, правил їх складання, перетворення, тлумачення й оперування ними [50, с. 61].

Навіть такий короткий огляд деяких позицій щодо тлумачення поняття мови фізики свідчить, що науковці ще не дійшли згоди щодо цього питання.

Проведені нами дослідження дозволили подивитися на поняття мови фізики дещо ширше. У даному посібнику під *мовою фізики* будемо розуміти

систему знаково-символічних засобів, які використовуються у навчальному процесі, пов'язаному з вивченням фізики. Знаково-символічні засоби мови фізики були нами умовно поділені за певними ознаками (див. рис. 1.1).

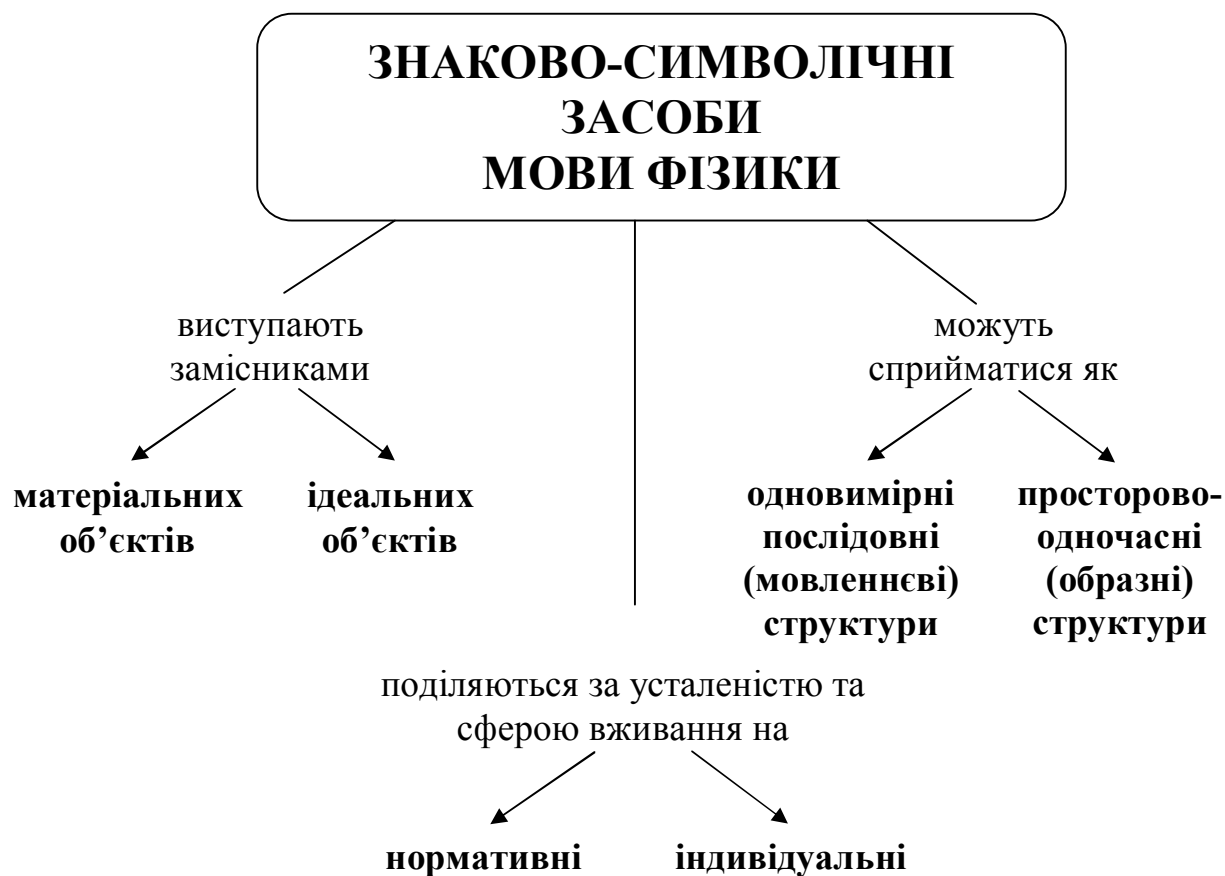


Рис. 1.1. Поділ знаково-символічних засобів мови фізики за суттєвими ознаками

Оскільки елементи мови фізики заміщають (або представляють) у нашій свідомості матеріальні чи ідеальні об'єкти, ми можемо їх вважати знаково-символічними засобами. Крім того, окремий елемент однієї з цих мов у залежності від контексту може сприйматися як елемент другої мови. Так, фізичні формули часто сприймаються як символічний запис формулювання закону чи означення, а в інших випадках на них можна дивитися як на графічні об'єкти, з якими можна проводити перетворення, переміщуючи їх окремі фрагменти у просторі за певними правилами. У першому випадку формули сприймаються як *мовленнєві структури*, а у другому — як *просторові образи*, які “схоплюються” одночасно (симультанно).

Система знаково-символічних засобів, які використовуються у навчальному процесі, пов'язаному з вивченням фізики, містить елементи, що відрізняються за унормованістю і, відповідно, сферою вживання. Умовно їх можна поділити на *нормативні* та *індивідуальні*. Зазвичай, коли йдеться про навчання учнів мови фізики, мають на увазі нормативну її частину. Але нехтування індивідуальними знаково-символічними засобами мови фізики є, на

нашу думку, принципово шкідливим.

Яскравим прикладом сфери широкого вжитку індивідуальних (неунормованих) знаково-символічних засобів поряд з унормованими є умови і розв'язки фізичних задач. І якщо вчитель має на меті навчити своїх учнів розв'язувати не лише декілька типів стандартних задач, то він повинен подбати про засвоєння ними відповідної мови. Ми вже звертали увагу на те, що мислення за теорією Л.М. Веккера протікає як процес узгодження мови просторових образів і мови мовленнєвих структур, причому елементи першої з них значно менше унормовані, але вони так само як і елементи другої мови виконують замісну функцію і беруть участь у розумових процесах. Крім того, вони часто виконують і комунікативну функцію, коли ми передаємо інформацію з використанням графіків, діаграм, рисунків, креслень тощо. Отже, елементи мови просторових образів можна поряд з елементами мови мовленнєвих структур вважати знаково-символічними засобами і комунікації, і мислення. Зазначимо принагідно, що у сучасній дидактиці стали підкреслювати значення символотворчості учнів для успішності навчального процесу [62].

У наступних пунктах цього розділу будуть послідовно розглянуті основні теорії, які виконали роль психолого-дидактичних засад пропонованої нами методики.

1.2. Оволодіння мовою фізики у контексті теорії поетапного формування розумових дій

Звернемося до більш докладного розгляду *теорії поетапного формування розумових дій*, яка розроблялася видатними психологами П.Я. Гальперініним та Н.Ф. Талізінною [11; 55]. Перехід від зовнішніх, предметних дій до внутрішніх, розумових відбувається, згідно з цією теорією, через проміжні етапи, безпосередньо пов'язані з *мовленням*. Були виділені три форми дії: матеріальна, зовнішньомовленнєва та розумова.

Матеріальна (матеріалізована) форма є початковою. Її особливість полягає в тому, що об'єкт дії пропонується учневі або у вигляді реальних предметів (матеріальна форма дії), або у вигляді моделей, схем, рисунків, графіків (матеріалізована форма дії). Ця форма дії дозволяє розкрити перед учнем зміст самої дії, її склад та алгоритм, за яким відбувається розв'язування задач із застосуванням відповідної дії.

Зовнішньомовленнєва форма дії характеризується тим, що об'єкт дії поданий у формі мовлення, і процес перетворення цього об'єкта відбувається також у мовленнєвій формі — у формі суджень. У цій формі дія набуває характеру теоретичної, ідеальної дії, але доступної ще зовнішньому, об'єктивному спостереженню.

Розумова форма дії повністю відбувається як внутрішня, її об'єктами є уявлення або поняття.

Дослідження функціональних частин дії дозволило авторам розглядуваної теорії розділити діяльність на орієнтувальну, виконавчу та контрольнокоригуючу частини.

Особливе місце у цій теорії належить *орієнтувальній основі діяльності* (ООД), яка спрямована на правильну побудову виконавчої частини діяльності та на раціональний вибір одного з можливих способів її виконання. ООД характеризується тими ж параметрами, що й діяльність у цілому (формою, мірою узагальненості, ступенем розгорнутості, мірою засвоєння). На підставі трьох основних характеристик ООД (повноти відображення умов, що забезпечують успішність виконання дії; міри узагальненості орієнтирів, що визначають межі застосування даної ООД; способу отримання ООД суб'єктом дії — знайдена самостійно чи отримана ззовні) П.Я. Гальперінім та Н.Ф. Тализіною були виділені три основні типи ООД.

1-й тип характеризується тим, що склад орієнтувальної основи неповний, орієнтири виокремлюються учнем самостійно шляхом спроб та помилок. Процес формування дії на такій основі відбувається повільно, з великою кількістю помилок. Сформована дія виявляється чутливою до незначних змін умов її виконання.

2-й тип характеризується наявністю вказівок, необхідних для виконання дії. Але вони отримуються учнем, по-перше, у готовому вигляді, а по-друге, в конкретній формі. Формування дії на такій основі відбувається швидше та без помилок. Сформована дія більш стійка, ніж при першому типі орієнтування. Проте сфера переносу дії не виходить за межі схожості конкретних умов її виконання.

3-й тип характеризується тим, що має повний склад, орієнтири подані в узагальненому вигляді, який є характерним для цілого класу явищ. У кожному окремому випадку орієнтувальна основа діяльності складається учнями самостійно за допомогою загального методу, який їм надається. Дія, що сформована, виявляється стійкою до змін умов виконання і може бути перенесена у принципово нові умови.

Найпродуктивнішим з цих типів є третій. П.Я. Гальперін вказує на швидкість і безпомилковість процесу формування дій, а також на їхню високу стійкість і широту переносу [11, с. 270].

Розглянемо коротко етапи формування розумових дій.

На *етапі матеріальної або матеріалізованої дії* учні виконують її у зовнішній, розгорнутій формі. Спеціальні дослідження, які проводила Н.Г. Салміна [46], показали, що ефективність засвоєння навчального матеріалу учнями збільшується при використанні спочатку матеріалізованих, а потім матеріальних об'єктів.

Після того як увесь зміст дії як матеріальної або матеріалізованої виявляється засвоєним, її слід перевести на наступний етап — *голосного мовлення*. На цьому етапі, де всі елементи дії подані у формі зовнішнього мовлення (усного або письмового), дія проходить подальше узагальнення та скорочення.

Перенесення дії у розумовий план стає можливим завдяки відриву дії від речей та переведення її у мовленнєву форму. На цьому етапі учні коментують дію в її суттєвих моментах. Тут відбувається поступовий перехід до *наукової*

мови, засвоєння якої стає кінцевим результатом цього етапу. За Н.Г. Салміною [46], наукова термінологія та символіка повинна вводитися уже на етапі матеріалізованої дії, оскільки наукова мова несе особливий зміст, який не можна передати природною мовою.

Перейдемо до розгляду наступного етапу формування розумових дій — етапу так званого “зовнішнього мовлення сам до себе”. На цьому етапі відбувається перенесення мовленнєвої дії у внутрішній план. Тобто, дія виконується у формі мовлення сам до себе і зазнає подальших змін за параметрами узагальнення та згорнутості. Власне це вже перша форма розумової дії.

На останньому етапі мовлення зовнішнє перетворюється у внутрішнє. Дія максимально скорочується й автоматизується.

З розглянутої теорії випливає, що *сформуванню розумові дії у будь-якій предметній галузі принципово неможливо без знання учнями мови відповідного предмета*. Якщо учень не відображає предметний зміст у мові, то він у змозі вирішувати лише певне коло практичних завдань, де є достатнім орієнтування у плані сприйняття. У цьому випадку не формуються вміння міркувати, обґрунтовувати отриманий розв’язок.

Теорія поетапного формування розумових дій експериментально перевірялася на величезному матеріалі. Її основні результати використовують вчителі-практики. Так, відомий донецький учитель В.Ф. Шаталов запропонував новий підхід до керування пізнавальною активністю учнів через збільшення їхньої мовленнєвої практики (понад 20 учнів на одному уроці). У запропонованій ним методиці значна увага приділена розвитку мовлення учнів з різних предметів (зокрема фізики), бо саме “...активне мовленнєве спілкування школярів при оволодінні знаннями стає джерелом творчого їх відношення до навчальної діяльності” [64, с. 62].

Учні експериментальних класів В.Ф. Шаталова отримали можливість тихо промовляти навчальний матеріал перед учителем або на магнітофон, використовуючи при цьому так звані опорні сигнали, які в образно-символічній формі відображають суть матеріалу певної теми [65]. Цей винахід, на думку його автора, дозволяє не тільки збільшувати темп мовлення учнів та спрощувати оперування новими термінами, а також сприяє міцному засвоєнню предметних знань.

Психологією накопичений багатий експериментальний матеріал стосовно зв’язку мислення та мовлення. Так, А.Г. Маклаков звертає увагу на те, що якість і кількість розв’язаних учнями завдань збільшується, якщо вони їх формулюють вголос [32, с. 301]. Отже, процес мислення відбувається тоді, коли його результат у вигляді окремої думки набуває словесного вираження.

Проаналізуємо коротко організацію *контролюючої* та *коригуючої* частин. У теорії поетапного формування розумових дій пропонуються такі параметри якості розумової дії, як узагальненість, розгорненість, ступінь засвоєння, усвідомленість, розумність, міцність та ін. Контролююча частина дії спрямована на перевірку правильності результатів як орієнтувальної частини,

так і виконавчої, а також на спостереження за ходом виконання наміченого плану. У випадку знаходження помилки необхідна своєчасна її корекція.

У теорії поетапного формування розумових дій мислення розглядається як “згорнутий” у мові процес зовнішньої предметної діяльності [49, с. 133]. Основна закономірність розвитку розумових процесів полягає у зростаючому взаємопроникненні їхніх предметно-структурних та символічно-операторних компонентів.

Матеріали досліджень П.Я. Гальперіна та Н.Ф. Тализіної дозволяють зробити висновок, що *чим сформованіші в учнів мовленнєві компоненти розумових операцій, тим узагальненішими стають ці операції*. Причому, ймовірність їх здійснення збільшується. А разом зі збільшенням цієї ймовірності збільшується варіативність у виконанні операцій та пов’язана з цим широта переносу, на яку вказував П.Я. Гальперін, говорячи про третій тип орієнтувальної основи діяльності.

Головна особливість третього типу орієнтування полягає в тому, що у такий спосіб в учнів з’являється можливість в отриманні не тільки теоретичних знань, а й методів їх добування.

Вивчення мови фізики взаємопов’язане із засвоєнням учнями логічних прийомів мислення, які також мають бути засвоєні якомога раніше. У подальшому мова фізики і логічні прийоми мислення будуть використовуватися учнями як пізнавальні засоби для успішного вивчення фізики.

Завдяки мовним засобам орієнтувальна діяльність може відбуватися у внутрішньому плані та набувати більш згорнутої форми, маючи при цьому більш збагачений зміст [43, с. 72]. *Засобом переходу* орієнтувальної діяльності у внутрішній, згорнутий план є *мовлення*, що фіксує діяльність системою значень.

Тому наше дослідження було спрямоване на розробку спеціальних вправ для навчання учнів мови фізики, бо мовленнєва ланка є обов’язковою при формуванні розумових дій. Провідна ідея, яку ми використали під час створення таких вправ, виникла як результат ознайомлення з єдиною теорією психічних процесів Л.М. Веккера [8]. Звернемося до тієї частини теорії, яка пов’язана зі специфікою протікання розумових процесів.

1.3. Двомовна специфіка мислення у єдиній теорії психічних процесів

Неповнота традиційних означень мислення. У науковій і навчальній літературі з психології наводиться велика кількість варіантів означень процесу мислення, які відрізняються між собою особливостями використаних термінів та формулювань [25; 53; 57; 63]. Усі вони поєднуються спільністю основних ознак, що складають специфіку мислення.

По-перше, мислення розглядається як відображення зв’язків та відношень між предметами і явищами об’єктивної дійсності. *По-друге*, специфіка цього відображення вбачається у тому, що воно є *узагальненим*. *По-третє*, особливість розумового відображення пов’язують також з його

опосередкованістю, завдяки якій воно виходить за межі безпосереднього досвіду.

Не викликає сумніву сам факт належності цих ознак до розумових процесів. Це не випадково, що саме вони містяться у традиційних означеннях мислення, бо наведені ознаки явно виражені в логічній та мовленнєвій структурі розумових актів і тому легше за все піддаються фіксації та аналізу. Однак, як слушно зазначає автор єдиної теорії психічних процесів Л.М. Веккер, питання полягає в тому, чи є ці ознаки не лише необхідними компонентами структури розумових процесів, а ще й носіями специфіки цієї структури в порівнянні з формою організації *дорозумових* процесів або процесів “чисто” образного пізнання об’єктивної дійсності [9, с. 18]. Інакше кажучи, питання полягає в тому, чи є достатніми ці ознаки для проведення чіткої демаркаційної лінії, що розмежовує структуру думки та структуру образів.

Л.М. Веккер обґрунтовано доводить, що наведені вище ознаки мислення не містять у собі достатнього критерію, який би дозволив чітко відмежувати розумовий рівень пізнавальних процесів від дорозумового, образного рівня [9, с. 20].

Розглянувши по черзі кожну з названих ознак мислення, що містяться у традиційних означеннях, він констатує: “Як би там не було, але між фактом монопольної приналежності мислення людині (що ясно вказує на соціально-трудова детермінацію його генезису і структури та прокреслює певну межу між розумовими і дорозумовими процесами) та надзвичайною загальністю розглянутих ознак (що не дає опорних точок для проведення такої розмежувальної лінії) існує явна неузгодженість і навіть суперечність” [8, с. 177].

Дійсно, з одного боку, прокреслення чіткої межі між образним і розумовим рівнями організації психічних процесів натикається на значні емпіричні та теоретичні труднощі. А з іншого, — здавалося б, цілком очевидна специфічність людської психіки у порівнянні з психікою тварин. Це примушує припустити, що існує перехідна ланка, яка маскує розмежувальну лінію своїм проміжним характером і відповідною невизначеністю структури. Задля усунення зазначеного протиріччя Л.М. Веккер звертається до пошуку перехідних форм, що займають проміжне положення між перцептивними (пов’язаними зі сприйняттям) і розумовими (пов’язаними з мисленням) процесами та реалізують у ході розвитку стрибок через межу “образ — думка”.

У своєму дослідженні автор єдиної теорії психічних процесів зіставляє теоретико-психологічні наслідки теорії антропогенезу, яка розкрила співвідношення вихідних і похідних компонентів і факторів становлення людської психіки, з основними емпіричними висновками порівняльного дослідження тваринного і людського інтелектів. Прослідкуємо за деякими елементами такого співставлення.

У своєму фундаментальному дослідженні тварин Е. Торндайк на основі ретельного аналізу кривих навчання зробив такий висновок: розв’язування задач тваринами не ґрунтується на розумінні та не носить усвідомленого

характеру. Але Е. Торндайк зробив і наступний крок у своїх умовиводах: оскільки спроби і помилки піддослідних тварин виявляють нерозуміння ситуації, тобто констатують відсутність виокремлених розумовими операціями взаємозв'язків між її елементами, поведінка тварин носить випадковий характер.

Л.М. Веккер вважає, що саме тому, що Е. Торндайк не бачить принципової межі між розумовим і образним рівнями психіки, він робить свій поспішний висновок, який став підґрунтям класичного біхевіоризму, про те, що дії тварин чисто випадкові й тому взагалі не містять об'єктивних проявів психіки. Дійсно, якщо ототожнювати психіку будь-якого рівня організації з усвідомленістю і розумінням, то потім уже емпірична констатація відсутності проявів думки автоматично приведе до заперечення наявності психіки взагалі.

Але для такого ототожнення немає ніяких інших підстав, окрім концептуальної невизначеності у трактовці межі між образом і думкою. Подальші дослідження самих же біхевіористів привели до висновку про те, що спроби і помилки тварин все ж таки не підкоряються закону хаосу або чистої випадковості, а виражають певну спрямованість, детерміновану такими психічними регуляторами, як сенсорно-перцептивні або вторинні образи.

Факти, що свідчать про психічно опосередковану спрямованість не лише діяльності людини, а й поведінки тварин, були покладені в основу гештальтистської критики біхевіористського принципу випадкових спроб і помилок як головного чинника організації поведінки. Але у гештальтизмі, не дивлячись на явну протилежність висновкам біхевіоризму, склалася теоретична ситуація, що приховує у своєму вихідному пункті те саме загальне уявлення про психіку, в якому замасковані відмінності між принципово різними рівнями її організації.

Л.М. Веккер підсумовує: “Розпливчатість межі між біологічно детермінованою перцептивною психікою і соціально детермінованою власне розумовою її надбудовою обумовила у біхевіоризмі ототожнення відсутності думки з відсутністю психіки взагалі, а у гештальтизмі призвела до ототожнення перцептивної психіки з її інтелектуальним або розумовим рівнем. Саме з цього коріння випливає висновок В. Келера про те, що у антропоїдів виявляється інтелект “того самого роду і виду”, що і у людини. Оскільки тут стверджується не лише родова, а й видова спільність, подібність тут дійсно перетворюється у тотожність” [8, с. 180].

Отже, у підвалинах протилежних інтерпретацій дійсно знаходиться одна концептуальна схема, яка фактично ототожнює мислення з психікою і таким чином стирає ту структурну межу між сприйняттям і мисленням, яка у даному контексті є головним об'єктом розгляду.

Цьому стиранню меж і ототожненню двох різних рівнів психіки на підставі їх спільності (це поєднує біхевіоризм і гештальтизм) різко протистоїть інша позиція, згідно з якою межа, що відокремлює мислення від перцепції (сприйняття), перетворюється у нездоланну перепону. Тут людське мислення повністю відривається від свого загальнобіологічного сенсорного коріння. До

свого логічного кінця цей відрив специфіки людського мислення від загальних принципів організації розумової психіки був доведений вюрцбургською школою, яка сформулювала положення про “безобразний” і взагалі “позачуттєвий” характер думки. Цілком прозорий філософський зміст цього висновку втілений у твердженнях О. Кюльпе про незалежність мислення від досвіду і про те, що воно є таким самим первинним психічним процесом, як і відчуття.

Л.М. Веккер вважає, що ця емпірико-теоретична полярна ситуація, у підвалинах якої лежить фіктивна альтернатива, є втіленням концептуального глухого кута, оскільки розкрити *видову* специфіку явища неможливо ні за рахунок фактичного ототожнення із *родовою* спільністю, ні за рахунок відриву від неї. В обох випадках дійсне співвідношення роду і виду виявляється перевертеним. Наукове пояснення специфіки потребує розкриття її природи як особливого, окремого варіанту загального принципу. Стосовно до психології мислення у її співвідношенні з психологією образу це означає, що специфіка мислення має бути виведена як хоча й вищий та особливий, але все ж таки спеціальний (окремий) випадок загальних принципів організації психічних процесів.

Посилаючись на О.М. Леонтєва, Л.М. Веккер зазначає, що вихідним пунктом досоціального розвитку мислення є першосигнальний сенсорно-перцептивний рівень психічної діяльності. Первинні та вторинні образи виявляються необхідною загальнобіологічною передумовою розвитку мислення не лише тому, що без образного відображення об'єктів неможливим є відображення зв'язків між цими об'єктами, яке реалізується у мисленні, але й тому, що без регулювальної функції образів неможливі ті первинні вихідні форми предметної діяльності та діяльності спілкування, які самі, у свою чергу, є рушійною силою і головним чинником розвитку мислення.

Положення про дворівневу будову людської психіки (образний і розумовий рівні) та відповідне до неї ієрархічне співвідношення двох способів детермінації діяльності людини отримало чітке, конкретне втілення вже в культурно-історичній теорії Л.С. Виготського про походження вищих психічних функцій [10].

Згідно з цією теорією вищі психічні функції під впливом соціально-культурної детермінації надбудовуються у ході філогенезу людської психіки над її натуральним, “першосигнальним” шаром, піддаючи його перетворюючому впливу.

Якщо, таким чином, перцептивний рівень психіки складає біологічну передумову і вихідний пункт соціально-трудоного розвитку, розумовий рівень є результат, а перетворююча і комунікативна діяльності становлять засіб і головну детермінанту цього розвитку, то із усього цього з необхідністю випливає, що повинна існувати *перехідна стадія* цього генезису [9, с. 26]. На цій стадії перцептивний рівень разом з його власними характеристиками вже існує та працює як основний регулятор, розумовий рівень у його власних зрілих формах ще відсутній, а дія та спілкування йдуть попереду мислення, яке ще

тільки формується. На такій перехідній стадії предметна дія, не піддаючись ще регулюючому впливу думки, виступає лише засобом її формування.

Зміст основних висновків проведеного Л.М. Веккером попереднього аналізу вихідних позицій у постановці проблеми мислення полягає у принциповій дворівневості структури пізнавальних процесів. Вихідний образний рівень першосигнальної регуляції визначається загальнобіологічними закономірностями розвитку психіки як результату і фактору еволюції. А другий, похідний рівень, тобто рівень розумового пізнання і другосигнальної регуляції, є результатом включення чинників соціально-історичної детермінації у хід органічної еволюції. У цьому висновку, на думку Л.М. Веккера, полягає підсумковий зміст концепції І.П. Павлова про дві сигнальні системи та, відповідно, про два рівня сигналів, що керують поведінкою людини [39]. Вивчаючи закони вищої нервової діяльності, І.П. Павлов увів поняття про другу (мовленнєву) сигнальну систему, що взаємодіє з першою (предметною). Подразником другої сигнальної системи стає слово — засіб спілкування, носій абстракції та узагальнення.

Спільні характеристики образу і думки. Розглянувши питання про неповноту традиційних означень мислення і пов'язане з ним питання про існування перехідної форми між образом і думкою, Л.М. Веккер розпочинає пошук явного образно-розумового “перерізу”, використовуючи загальну для всього свого дослідження стратегію. І у відповідності до цієї стратегії він складає перелік головних емпіричних характеристик мислення, які були виявлені експериментальною психологією. Зазначимо, що в єдиній теорії психічних процесів розглядається і межа “нервовий сигнал — найпростіший психічний сигнал”, яка передує межі “образ-думка”. Відповідно, скрупульозно вивчався “психофізіологічний переріз”. Зрозуміло, що для цілей нашого дослідження “образно-розумовий переріз” має більший інтерес, бо перехід саме через цей “переріз” пов'язується з мовленням і, відповідно, з навчанням мови.

Л.М. Веккер розглядає родові характеристики мислення (спільні з дорозумовими пізнавальними процесами), поділяючи їх на такі блоки: просторово-часова структура мислення, модальність мислення, інтенсивність мислення. При цьому він порівнює їх з відповідними характеристиками дорозумового рівня психічних процесів.

Аналізуючи *просторово-часову структуру* мислення, автор єдиної теорії психічних процесів приходить до висновку, що при переході через межу, що розділяє образ і думку, долаються всі види просторово-часових лімітів — верхніх і нижніх абсолютних, а також диференціальних порогів. Мислена часова вісь і мислене просторове поле розширюються до нескінченності. З іншого боку, абсолютна величина мисленого елемента просторової і часової структури може бути як завгодно малою. Але зникнення всіх видів порогів означає не усунення і не послаблення просторово-часових компонентів, а, навпаки, розширення їх діапазонів у сфері думки порівняно з дорозумовими психічними процесами [8, с. 191].

Значно більше ускладнень, як вважає Л.М. Веккер, порівняно із встановленням інтегральної просторово-часової структури загального поля думки і його диференціальних елементів криє у собі виявлення просторово-часових характеристик розумового відображення окремих об'єктів або подій. Цікаво, що фактичні свідчення просторово-предметної структурованості думки були знайдені не в роботах представників “академічної” експериментальної психології, а у дослідженнях з педагогічної, клінічної та інженерної психології. Л.М. Веккер пов'язує це з тим, що експериментальний пошук “академічних” психологів спрямовується “зверху” традиційними теоретичними позиціями, а прикладні дослідження знаходяться під неперервним прямим тиском “знизу” і вимушені реагувати на гострий практичний запит, який пробиває шлях тенденціям і фактам незалежно від загальноприйнятих теоретичних установок.

Із галузі педагогічної психології він вибірково вказує на ряд демонстративних тенденцій і фактів. Перше коло емпіричних узагальнень стосується даних психології навчання, які розкривають роль моделей у процесі оволодіння матеріалом різних навчальних дисциплін. Хоча ці дані відносяться перш за все до природничих і технічних навчальних предметів, вони мають загальне принципове значення, бо будь-яке усвідомлене оволодіння об'єктом вивчення і розуміння його суттєвих відношень передбачає мислене відтворення, тобто побудову працюючої моделі, якщо не втіленої у матеріальній технічній схемі, то принаймні ідеальної.

Посилаючись на цикл досліджень, проведених у Новосибірському електротехнічному інституті, Л.М. Веккер наводить ряд основних схематичних узагальнень, які, на його думку, відносяться не лише до загального просторового поля або його диференціальних елементів, але й до розумового відображення предметних фігур та відтворених думкою конфігурацій явищ і подій:

1. Застосування методу моделей у процесі навчання істотно сприяє ефективності навчання і розвитку розумових операцій, умінь і навичок.

2. Найважливішою частиною психологічного складу ідеальних моделей, що формуються у свідомості учнів, є образи відтворених думкою об'єктів.

3. Образи ці формуються і функціонують на різних рівнях узагальненості, від максимально повних і конкретних до символічно схематизованих і абстрактно-фрагментарних.

4. Усі образні компоненти моделей, які відносяться до різних рівнів узагальненості, відображають зв'язки і відношення, що моделюються, перш за все у вигляді просторово-часових структур, які є найзагальнішою формою організації образу об'єкта.

5. Експериментальний матеріал свідчить про значний вплив оперування цими просторово-часовими структурами на загальну продуктивність розумових процесів [8, с. 194].

Цікавими є також інші напрямки прикладних досліджень, але ми не будемо на них зупинятися, а звернемося до розгляду наступного блоку родових характеристик мислення. Йтиметься про *модальність мислення*.

Л.М. Веккер зазначає, що у масиві фактів і феноменів традиційної лабораторної експериментальної психології мислення властивість модальності повністю відсутня. Порівнюючи цю ситуацію з тією, яка була у випадку просторово-часової структури мислення, він приходить до висновку, що модальність не входить до числа традиційно розглядуваних характеристик думки, оскільки саме в області думки знімаються порогові обмеження, які існують на перцептивному рівні [8, с. 201].

Дійсно, добре відомо, що кожна сенсорно-перцептивна модальність “вирізає” певний діапазон з об’єктивного фізичного континуума відповідних подразників (оптичних, акустичних, термічних, механічних, хімічних тощо). У ряді випадків ці діапазони, що відповідають різним модальностям, відносяться до різних ділянок одного і того ж самого фізичного спектра-континуума. Так, вібраційна і слухова модальності відносяться до одного й того ж спектра механічних коливань, а температурна (у випадку теплових променів) і зорова модальності — до різних ділянок фізично єдиного спектра електромагнітних коливань.

Думка виходить за межі “вирізаних” відповідною сенсорно-перцептивною модальністю ділянок спектрів, і “ходить” по всьому діапазону кожного з них, розсуваючи межі до нескінченності та навіть переходячи з однієї модальності до іншої.

Для нас важливим є той факт, підкреслений Л.М. Веккером, що розширення і універсалізація родової характеристики мислення (як у випадку просторово-часової структури, так і у випадку модальності) сприймається багатьма дослідниками за зникнення цієї характеристики, що сприяє ототожненню логіко-символічної і власне психологічної структури думки. При такому ототожненні психологічна структура думки “приноситься у жертву” структурі логіко-символічній, яка таким чином — будучи ще й до того ж чуттєво доступною — стає єдиним об’єктом розгляду. У результаті з’являється здавалося б емпірично обґрунтована можливість позбавити думку як її модальності, так і просторово-часової структури. Вони стають при цьому не властивостями самої думки, які відтворюють з тією чи іншою мірою інваріантності відповідні характеристики її об’єкта, а тільки характеристиками самого об’єкта, відображеного думкою лише опосередковано, а саме як результат логічного виводу, який здійснюється шляхом оперування “чистими” символами.

Л.М. Веккер пише, що тут спрацьовує по суті біхевіористська модель “визволення” психології від психіки, у даному випадку — психології мислення від чуттєво недоступної тканини думки. Залишаються лише чуттєво доступні стимули (у даному випадку символи) і чуттєво доступні реакції (у даному випадку операції з символами). Модальність і просторово-часова структура “випаровуються” так само, як у більш загальній схемі “стимул — реакція” взагалі відсторонюється психіка [8, с. 203].

Звертаючись до останньої родової характеристики мислення, а саме до *інтенсивності мислення*, зазначимо, що тут ситуація виявляється ще більш

парадоксальною. Справа в тому, що інтенсивність як кількісна, енергетична характеристика, будучи універсальною властивістю всіх явищ природи, є з цієї причини більш загальним параметром психічних процесів, ніж конкретно якісна характеристика “модальність”. Між тим, в експериментальній психології інтенсивність є традиційним об’єктом дослідження у галузі психофізики, за межами якої у психології пізнавальних процесів вона майже не розглядається.

Звернувшись знов-таки до робіт з прикладної психології, автор єдиної теорії психічних процесів знайшов велику кількість фактів, що прямо свідчать про залежність багатьох властивостей розумових процесів від внутрішньої енергетики суб’єкта як носія інформації.

Зняття порогових лімітів, яке відбувається в області просторово-часових і модальних характеристик, у достатньо явній формі характерне при переході від образу до думки і по відношенню до параметра інтенсивності. Думка в принципі може містити інформацію і про як завгодно малу, і про як завгодно велику інтенсивність її об’єкта.

Думка як результат і структурна одиниця розумового процесу. Не потребує зараз спеціальних коментарів і експериментальних обґрунтувань той факт, що думка не може бути виражена окремим словом, а втілюється у цілісному виразі або фразі. При цьому структурною одиницею такої фрази, що зберігає ще специфіку думки, є *тричленне речення*, яке містить підмет, присудок і зв’язку. Щоправда, зв’язка може переходити у приховану форму. Цей універсальний характер тричленного речення як необхідної мовленнєвої одиниці закінченої думки був дуже чітко підкреслений у психологічному і навіть у психофізіологічному значенні ще І.М. Сеченовим.

Трикомпонентність мовленнєвої структурної формули думки він виводив з того, що предметна думка відображає не просто ізольовані об’єкти, а й відносини між ними. Відносини ж за своєю природою щонайменше двокомпонентні. Розкриття відносин, у свою чергу, потребує співставлення цих двох елементів. Отже, у структурній формулі мовленнєвої “оболонки” думки мають бути представлені еквіваленти не лише об’єктів, які співвідносяться, а й еквівалент акту їх співвідношення. Тому структурна формула мовленнєвої одиниці думки містить у собі, якщо використовувати сучасну термінологію, два операнди і один оператор.

Тричленна структурна формула одночасно втілює у собі, з одного боку, еквіваленти просторово-часової організації образно-предметного матеріалу думки, який відтворює у ній об’єкти, що співвідносять, та, з другого боку, — еквівалент символічної, мовленнєвої операції цього співвідношення. На думку Л.М. Веккера, ці емпірико-теоретичні положення І.М. Сеченова у більшій мірі відповідають логіці та структурі мислення, ніж більш пізні дані експериментальної психології мислення, у якій закріпився традиційний розрив логіко-символічних і просторово-часових властивостей думки. Сеченівська психологічна теорія далеко випередила не лише свій час, а і наступний період, найхарактернішим моментом якого була явна перевага аналітичного підходу, а не теоретико-експериментального синтезу [9, с. 68].

Тричленне речення як структурна одиниця зовнішньої мовленнєвої форми думки приховує за собою і відповідний структурний еквівалент, що відноситься вже не до мовленнєвої “оболонки” думки, а до її внутрішньої або так званої логічної форми.

Універсальною логічною формою і структурною одиницею думки є *судження*. До такого висновку приходять Л.М. Веккер, аналізуючи дані своїх попередників, зокрема Л.С. Виготського [9, с. 72]. Судження — це одночасно логічна структурна одиниця думки і разом з тим акт мислення, об’єктивований у цій структурі. Або, інакше кажучи, судження — це універсальна одиниця як предметної, так і операційної структури думки. У думці компоненти предметної і операційної структури розведені у вигляді її окремих самотійних елементів, спільно і рівноправно представлених в єдиній структурній формулі. Л.М. Веккер наводить таку аналогію: молекулярна одиниця думки, що втілює її специфічну якість “відображення відношення”, — двохатомна, але трикомпонентна. Два “атоми” реалізують відображення об’єктів, що співвідносять, а третій компонент — зв’язка — втілює у собі “хімічний зв’язок” між атомами, який об’єднує їх у молекулу. Ця зв’язка відповідає оператору. Отже, молекулярна структурна формула думки включає два операнди і один оператор, який реалізує співвідношення операндів. Операнди на різних рівнях складності, що відповідають різним стадіям розвитку, можуть бути різними. У більш загальному і генетично більш ранньому випадку — це образи, а у більш частковому і специфічному випадку — це поняття [9, с. 73].

Такою необхідністю наявності мінімум двох операндів і одного оператора у молекулярній структурній одиниці думки і визначається як структура судження, яка втілює логічну форму думки, так і структура його мовленнєвого еквівалента — тричленного речення.

Аналізуючи таку характеристику думки як *опосередкованість*, Л.М. Веккер робить висновок, що специфічно розумове відображення відношень між операндами, оскільки думка саме відокремлює ці відношення, за необхідністю опосередковане самою операцією співвідношення цих операндів, яка також має свій символічно-мовленнєвий еквівалент у формі логіко-граматичних операторів [9, с. 76].

Що ж до *узагальненості* думки, то автор єдиної теорії психічних процесів пов’язує її з тим, що один і той же оператор може відповідати різним парам операндів. Це відокремлене за допомогою відповідної операції відношення, оскільки воно охоплює клас пар об’єктів, об’єднаних зв’язком незалежно від конкретної специфічності операндів, що співвідносяться, є тут загальною ознакою всіх пар класу. Таким чином, відношення представлене тут в узагальненій формі, а ця узагальненість є узагальненістю саме відношень [9, с. 77].

Якщо опосередкованість і узагальненість можуть виступати характеристиками не лише думки, а й образу, то специфічною особливістю думки є її “зрозумілість” або, навпаки, “незрозумілість”, відомі в експериментальній психології мислення у зв’язку з так званим “*феноменом*

розуміння”. Перефразуючи відомий вислів А. Ейнштейна, що найнезрозуміліше у цьому світі — те, що він зрозумілий, Л.М. Веккер стверджує, що найнезрозумілішою характеристикою думки якраз є її зрозумілість або незрозумілість. Парадоксальність цієї особливої незрозумілості природи розуміння полягає у надзвичайно різкому розриві між враженням безпосередньої суб’єктивної ясності і уявної “очевидності” того, що означає “розуміння”, та величезною складністю не лише теоретичного визначення, але й чіткого емпіричного опису цього специфічного явища та адекватного співвідношення його суб’єктивних та об’єктивних показників та особливостей.

Процес сприйняття і образ як його результат у дорослої людини також супроводжується розумінням (або нерозумінням) і навіть може суттєво залежати від зрозумілості або незрозумілості того, що сприймається. Але в принципі, в оптимальних умовах, адекватний перцептивний образ може бути сформований і без розуміння. Можна адекватно і точно сприйняти об’єкт, відтворити його характеристики, скажімо, у малюнку, і при цьому не лише не зрозуміти, “що це таке”, а й навіть і зовсім не впізнати в ньому практично нічого знайомого і тому не мати можливості означити його якимось конкретним ім’ям.

Зрозумілою чи незрозумілою може бути також своя власна або чужа емоція. Але незрозуміла емоція не перестає бути емоцією як “психічною реальністю” (Сеченов), так само незрозумілий перцептивний образ не перестає бути образом у його психологічній специфічності. На відміну від цього незрозуміла думка, якщо у ній дійсно відсутні навіть проблиски розуміння, перестає бути думкою у її специфічній якості, що якраз і означає, що у цьому випадку від неї залишається лише порожня мовленнєва оболонка. Життєва практика, зокрема і особливо практика клінічна і педагогічна, ясно свідчить про те, що такий “мовленнєвий труп” думки є, на превеликий жаль, ще достатньо розповсюдженою реальністю. Це виражається, зокрема, у такій тяжкій “педагогічній хворобі”, як зубріння [9, с. 79].

Аналіз феномена розуміння з опорою на результати експериментальних досліджень попередників (К. Дункер, М. Вертгеймер, О.Р. Лурія) дозволив Л.М. Веккеру зробити висновок про те, що думка з необхідністю містить як образно-просторові, так і символічно-операторні компоненти. Відсутність такого поєднання робить думку незрозумілою, “...перетворюючи її у знакову логіко-лінгвістичну форму, яка може існувати в голові людини (якщо взяти граничний випадок) фактично у такій же якості, як у надрукованому тексті, на кам’яній плиті або на магнітофонній стрічці, але очевидно, що у всіх цих трьох випадках реальністю є не думка як психічний процес, а лише та чи інша форма її коду” [9, с. 79].

Зв’язок розуміння зі складом думки має ще один емпіричний аспект, який представляє теоретичний інтерес і має велике практичне значення для педагогічної психології. Педагогічна практика з достатньою визначеністю показує, що існують на інтуїтивному рівні добре відомі кожному педагогу об’єктивні критерії розуміння. Найважливіший з цих критеріїв пов’язаний з

варіативністю конкретної форми вираження думки при незмінності відображеного нею відношення, яке складає її головний зміст. Л.М. Веккер підкреслює: “Чим повніша глибина розуміння даного відношення, тим більшим числом способів воно може бути розкритим і вираженим. І навпаки, чим менше це відношення зрозуміле, тобто чим з меншою визначеністю воно виокремлене за допомогою відповідної операції, тим менш варіативною, або більш стандартною, буде розумова структура” [9, с. 85].

Лише за умови виокремленості та зрозумілості відповідного відношення як інваріанта, який зберігається під час різних варіацій операндного і операторного складу думки, може відбуватися адекватний перенос і використання цієї думки у ситуації, де відношення залишається тим самим, хоча операнди, а також оператори, що їх співставляють, є вже іншими. Виходячи з цього, Л.М. Веккер вважає, що якісним показником і кількісним критерієм розуміння є міра переносу інваріантного відношення, яке виражене даною думкою [9, с. 86].

Основна гіпотеза щодо специфіки розумових процесів. Після аналізу емпіричних характеристик мислення Л.М. Веккер веде пошук того принципу організації розумових процесів, по відношенню до якого ці характеристики, як і решта феноменів і фактів розумової діяльності, мають бути представлені як наслідки.

Оскільки вірно, що мислення відображає зв'язки і відношення між об'єктами, а також, що зв'язки і відношення відображаються і на рівні образного пізнання, є підстави припустити, що шуканий принцип, який розкриває специфіку думки, стосується *способу* відображення зв'язків і відношень. Математичним еквівалентом поняття “відношення” є поняття “функція”. Саме поняття функції виражає дійсну природу відношень як таких, тобто максимально протиставлених природі об'єктів, які співвідносяться, звільняючи їх до можливої границі конкретної специфічності. Корисно порівняти два способи подання функції: графічний і аналітичний. Таке порівняння приводить Л.М. Веккера до висновку, що конфігуративний і символічно-операторний (або, відповідно, графічний і аналітичний) способи подання всякої функції виражають собою дві основні універсальні форми відображення відношень [9, с. 117].

Гіпотеза, яку скрупульозно обґрунтовує автор єдиної теорії психічних процесів, виходить з того, що ні сам по собі фігуративний, ні сам по собі символічно-операторний способи відображення (і, відповідно, окремо взяті відповідні способи подання функції) не можуть забезпечити специфічності інформаційно-психологічної структури мислення порівняно з образним відображенням. Ця психологічна специфічність розумового процесу, відповідно до гіпотези, створюється *обов'язковістю участі і неперервністю взаємодії обох способів відображення* — фігуративного, який втілює зв'язки і відношення у структурі просторових образів, і символічно-операторного, який розчленовує ці структури і розкриває та виражає зв'язки і відношення між об'єктами шляхом оперування символами, що відповідають цим об'єктам.

Отже, обидві форми відображення складають необхідні компоненти внутрішньої структури розумового процесу як такого, а його організація і динаміка реалізується саме у ході неперервної взаємодії цих обох форм. Ця взаємодія якраз і становить ту специфіку, яка забезпечує перехід через якісно-структурну межу між образом і думкою [9, с. 132].

Л.М. Веккер підкреслює, що сам висновок про необхідність взаємодії фігуративного і операторного способів відображення у структурі мислення не є абсолютно новим. Близькі теоретичні позиції займали Ж. Піаже і У. Рейтман. Ще ближчою до сформульованої гіпотези є у деяких аспектах позиція В.Н. Пушкіна, який іде далі Піаже і Рейтмана у тому відношенні, що висуває положення не просто про участь двох способів відображення у розумовому процесі, але навіть про необхідну взаємодію *двох мов* у структурі мислення — дискретної символічно-операторної мови, яка представляє, за В.Н. Пушкіним, алгебру думки, і мови динамічних аналогових моделей зовнішніх об'єктів, яка представляє геометрію думки. У його роботах дві основні форми відображення подані, з одного боку, як алгебра і геометрія мислення, а з другого — як дві його мови. Отже, зроблені суттєві кроки як у бік узагальнення, так і у бік подальшої конкретизації понять про ці два універсальні способи відображення зв'язків і відносин. Але мова операцій з символами, яка втілює алгебру думки, все ж таки не подана як специфічна форма мови у кібернетичному розумінні цього поняття, а аналогова мова динамічних моделей, яка представляє геометрію думки, зовсім не співвіднесена з іншими частковими формами мови як загальнокодової форми організації інформаційних процесів. Саме тому залишалася прихованою як специфічна інформаційна структура обох способів, так й інформаційна суть їхньої взаємодії [9, с. 133].

Проведене дослідження дозволило Л.М. Веккеру припустити, що шукана інформаційно-психологічна специфічність організації мислення полягає в тому, що воно представляє собою процес неперервно здійснюваного оборотного перекладу інформації з власне психологічної мови просторово-предметних структур (і пов'язаних з ними модально-інтенсивнісних параметрів), тобто з мови образів, на психолінгвістичну, символічно-операторну мову, яка представлена мовленнєвими сигналами. Оскільки обидві мови знаходяться у рамках загальнотеоретичної ієрархії рівнів просторово-часової упорядкованості сигналів з переважною віднесеністю однієї з них до часової, а другої до просторової вітки цієї ієрархії, такий переклад має відбуватися шляхом оперування символами і образами. У процесі такого руху по різних горизонталях ієрархії рівнів відбувається, згідно з гіпотезою, перетворення відповідних просторових структур, виокремлення і символічне позначення їх елементів, розкриття відносин між останніми і зворотний процес переходу від виокремлених і символічно виражених міжелементних відношень до їх просторового втілення у цілісних структурах, які відносяться до різних рівнів упорядкованості інформації [9, с. 134].

Ми лише у загальних рисах простежили шлях, який привів Л.М. Веккера до формулювання основної гіпотези щодо специфіки організації розумових

процесів. У подальшому викладі своєї теорії він показує, як із цієї гіпотези можна дедуктивним способом отримати ті характеристики розумових процесів, які були встановлені емпірично.

Виключно цікавими є і ті розділи монографій Л.М. Веккера [8, 9], що присвячені дослідженню межі між допонятійною та понятійною думкою, а також розділ, у якому понятійне мислення розглядається як інтегратор інтелекту.

Але цих питань ми деякою мірою торкнемося у наступному підрозділі, присвяченому сучасним дослідженням з психодидактики, які, з одного боку, спираються на єдину теорію психічних процесів, а з іншого, — слугують підґрунтям для так званої “збагачувальної моделі” навчання.

1.4. Навчання мови фізики у світлі моделі будови ментального досвіду

Не виглядає дивним твердження, що ефективним є тільки таке навчання, яке побудовано у відповідності до закономірностей інтелектуального розвитку особистості. Але такий підхід до навчання не повинен бути лише механічним поєднанням відомостей з психології та дидактики. Мова йде про створення якісно нового педагогічного підходу, який спирається одночасно на психологічні, дидактичні, методичні та предметні (відповідно до певного навчального предмета) знання, та використовує психічні закономірності розвитку особистості як основу організації навчального процесу.

У цьому підрозділі буде розглянута “збагачувальна модель” навчання, яка запропонована відомим фахівцем в області психології інтелекту М.О. Холодною. Ця модель орієнтована на інтелектуальне виховання учнів на основі збагачення їх ментального (розумового) досвіду засобами спеціально сконструйованих навчальних текстів.

Наразі звернемо увагу на питання інтелектуального виховання учнів. У сучасному світі, який постійно змінюється, неможливо нормально орієнтуватися за рахунок одних лише деклараційних знань. Необхідно вміти інтегрувати наявні знання та застосовувати їх для отримання нових, щоб потім успішно розв’язувати реальні проблеми. Таким чином, інтелектуальне виховання, поряд із наявністю знань, умінь та навичок, повинне передбачати сформованість певних особистісних якостей, спрямованих на підвищення продуктивності інтелектуальної діяльності учнів.

Звернемо увагу на особистісно-орієнтований підхід до навчання, у якому на перший план виходить особистий досвід учнів. Він може бути представлений у вигляді вже існуючих уявлень та раніше засвоєних понять, практичних та розумових дій, особистісних установок та стереотипів. При цьому постає завдання побудови індивідуальної траєкторії розвитку учня з урахуванням його особистісних розумових уподобань. Отже, інтелектуальне виховання повинне передбачати також і розвиток індивідуальної своєрідності інтелекту учнів шляхом підтримки і збагачення їхнього розумового досвіду.

Як же визначати ступінь інтелектуальної вихованості учнів? М.О. Холодна пропонує взяти за критерії інтелектуальної вихованості міру

сформованості таких особистісних інтелектуальних якостей як *компетентність, ініціатива, творчість, саморегуляція* та *унікальність складу розуму (КІТСУ)* [61, с. 206].

Компетентність як особливий тип організації знань забезпечує можливість прийняття ефективних рішень у певній предметній області діяльності (у тому числі і в екстремальних умовах). У даному випадку мова йде про інтелектуальне виховання у широкому розумінні з урахуванням майбутньої професійної спеціалізації учнів.

Інтелектуальна ініціатива об'єднує пізнавальні та мотиваційні фактори діяльності, і передбачає готовність виходити за межі стимульованої ззовні інтелектуальної діяльності. Важливим проявом інтелектуальної ініціативи є здатність здійснювати вибір, що свідчить про розумову вихованість.

Інтелектуальна творчість спрямована на створення суб'єктивно та об'єктивно нових ідей, продуктів та способів діяльності.

Інтелектуальна саморегуляція проявляється в умінні доволно керувати власною інтелектуальною діяльністю, в тому числі планувати і контролювати власні дії, відстежувати та пояснювати помилки і, головне, самостійно будувати процес власного навчання.

Унікальність складу розуму виявляється в особливостях індивідуального ставлення до дійсності, в тому числі сформованості індивідуальних пізнавальних стилів та уподобань.

М.О. Холодна звертає увагу на той факт, що ці інтелектуальні якості знаходяться у тісному взаємозв'язку. Так, наприклад, коли відбувається зростання компетентності учня у певній предметній області, у нього з'являється можливість для прояву ініціативи у різних видах діяльності; якщо відбувається розвиток творчих здібностей учня, то більш виразно проявляються риси індивідуальної своєрідності розуму.

Отже, призначення інтелектуального виховання М.О. Холодна вбачає у створенні умов для удосконалення інтелектуальних можливостей учнів на основі збагачення їхнього ментального (розумового) досвіду [12, с. 67].

Розглянемо далі психологічну модель будови ментального досвіду, запропоновану М.О. Холодною.

Відповідно до цієї моделі виділяються три рівні (або шари) досвіду, кожен з яких має своє призначення:

- *когнітивний досвід* утворюють ментальні структури, основне призначення яких — оперативна переробка поточної інформації;
- *метакогнітивний досвід* утворюють структури, призначені для контролю за станом індивідуальних інтелектуальних ресурсів, а також за процесами переробки інформації;
- *інтенціональний досвід* утворюють ментальні структури, які формують суб'єктивні критерії вибору певної предметної області, напрямку пошуку розв'язку конкретної проблеми, джерел інформації і способів її переробки та ін.

Саме особливості організації когнітивного, метакогнітивного та інтенціонального досвіду визначають властивості індивідуального інтелекту

(тобто конкретні прояви інтелектуальної діяльності у вигляді тих чи інших інтелектуальних здібностей, що характеризують продуктивність та індивідуальну своєрідність інтелектуальної діяльності суб'єкта).

Розглянемо схему, яка ілюструє особливості структурної організації інтелекту з точки зору складу і будови ментального досвіду суб'єкта (рис. 1.2).

До ментальних структур *когнітивного* досвіду М.О. Холодна відносить архетипічні структури, способи кодування інформації, когнітивні схеми, семантичні структури і, нарешті, понятійні структури як результат інтеграції вищезазначених базових механізмів переробки інформації.

Багато дослідників визнавали особливу роль понятійного мислення в структурі інтелекту. По-перше, поняття — це засіб сприйняття світу за допомогою “сітки” категоріальних та логічних відношень, прихованих за видимою поверхнею явищ. По-друге, поняття виступають як засіб адекватного та повного засвоєння досвіду людства. По-третє, відбувається перебудова

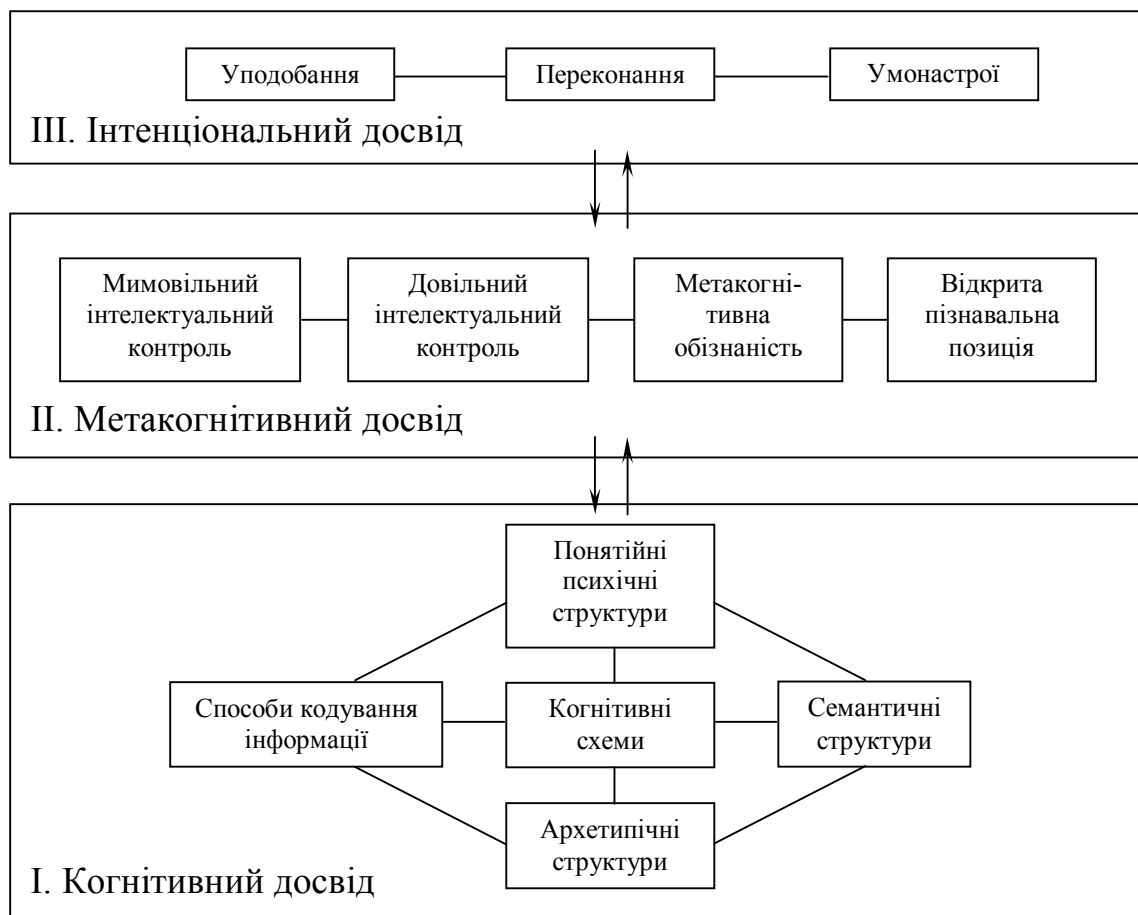


Рис. 1.2. Рівні ментального досвіду в моделі психологічної будови інтелекту (за М.О. Холодною)

елементарних пізнавальних функцій на основі їхнього синтезу з функцією утворення понять: сприйняття фактично перетворюється на наочне мислення, запам'ятовування починає спиратися на смислові зв'язки тощо. Тому не дивно, що формування понятійного мислення — це одна з необхідних умов розвитку особистості.

Як зазначає М.О. Холодна, формування понять з психологічної точки зору — це процес перетворення об'єктивно існуючого знання в суб'єктивні ментальні структури, які існуватимуть уже “всередині” досвіду людини у вигляді психічних новоутворень. Отже, необхідно приділяти увагу утворенню понятійних структур як психологічних носіїв понятійного знання [61, с. 226].

Понятійні психічні структури — це інтегральні когнітивні утворення, психічним матеріалом яких є три модальності досвіду — словесно-мовленнєва, візуальна та чуттєво-сенсорна. Схематично формування понять можна представити так, як це зроблено на рис. 1.3.

Таким чином, процес формування понять передбачає розвиток уміння оперувати різними складовими понятійних структур, які можуть бути представлені засобами певної модальності досвіду. Іншими словами, йдеться про уміння використовувати різні способи кодування інформації.

Ще Дж. Брунер говорив про існування трьох основних способів суб'єктивного представлення світу: у вигляді дій, наочних образів і мовних знаків. Кожний з трьох способів кодування інформації — дієвий, образний і символічний — відображає події по-своєму. Розвиток інтелекту в онтогенезі здійснюється у міру послідовного оволодіння цими трьома формами

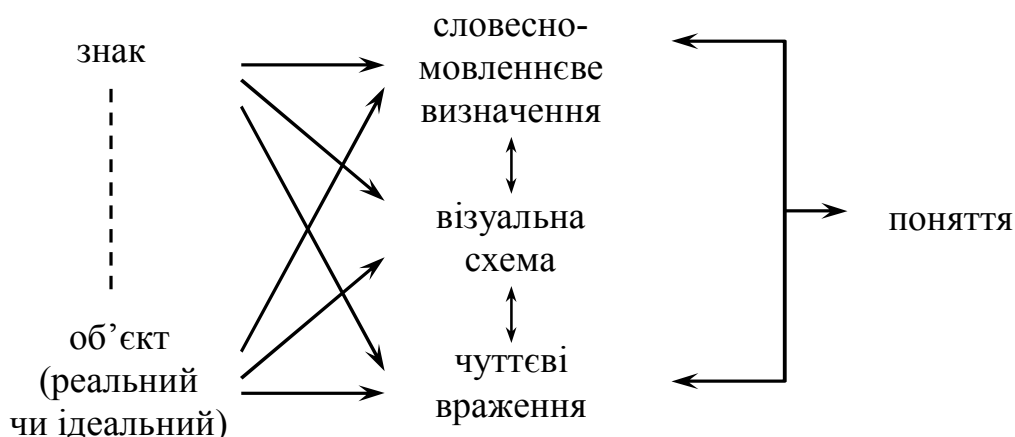


Рис. 1.3. Співвідношення модальностей досвіду в процесі формування понять (за М.О. Холодною)

представлення інформації. Формування і розвиток словесно-знакового способу відображення світу кардинально перебудовує і збагачує дієво-практичний і образний досвід школяра. Це відбувається завдяки специфічним властивостям мови (категоріальності, ієрархічності, причинності, контекстуальності і т.д.).

Така перебудова може і повинна відбуватися, але в реальному житті відбувається далеко не завжди. Процитуємо М.О. Холодну: “Біда полягає в тому, що традиційне навчання, перетворюючи слова (знаки, символи) мало не на єдиний засіб інтелектуального спілкування з дитиною, тим самим ігнорує ключове значення двох інших, настільки ж важливих для розвитку інтелектуальних можливостей дітей способів накопичення знань про світ — через дію і образ. Проте без підключення і відповідної організації дієвого (і,

отже, чуттєво-сенсорного), а також візуально-просторового досвіду дитини повноцінне засвоєння знаків і символів (у тому числі і оволодіння змістом понять) ускладнюється. Мовні “коди” працюють вхолосту, зачіпаючи лише поверхневі шари уявлень дитини про світ” [61, с. 111]. Тут слід зазначити, що слово *мова* часто використовують, маючи на увазі знаково-словесний спосіб обробки інформації. Проте в єдиній теорії психічних процесів Л.М. Веккера [8], на якого посиляється і М.О. Холодна, слово *мова* використовується в таких словосполученнях як *мова образів* і *мова мовленнєвих структур* (точніше — мова симультанно-просторових гештальтів і мова одновимірних сукцесивних мовленнєвих структур). А процес мислення Л.М. Веккер трактує як процес оборотного перекладу з однієї “мови” на іншу. Відповідно, становлення інтелекту передбачає розвиток здатності здійснювати такий оборотний переклад з однієї “мови” представлення інформації на іншу. Цей загальнопсихологічний висновок можна знайти у М.О. Холодної [61, с. 112]. Ми ж, зі свого боку, вирішили покласти ідею розвитку названої здібності в основу розроблюваної нами методики навчання учнів мови фізики.

У складі *метакогнітивного* досвіду М.О. Холодна виділяє мимовільний та довільний інтелектуальний контроль, метакогнітивну обізнаність і відкриту пізнавальну позицію. Вказані ментальні структури є психологічною основою формування здатності до інтелектуальної саморегуляції. Американський психолог і педагог Д. Дьюї називав здатність керувати власною інтелектуальною діяльністю “дисципліною розуму”. Він зазначав, що дисципліну в інтелектуальному розумінні цього слова можна ототожнювати зі справжньою свободою розуму.

Для успішного навчання важливим є свідоме керування власною інтелектуальною поведінкою — здатність до планування інтелектуальної діяльності, оцінювання власних знань у певній предметній області, передбачення наслідків своїх дій тощо. Але формування таких умінь неможливе за відсутності уявлень про свої інтелектуальні можливості. Саме метакогнітивна обізнаність передбачає знання власних інтелектуальних якостей та основ власної інтелектуальної діяльності. Крім цього, показниками інтелектуальної зрілості можна вважати такі характеристики індивідуального світогляду: гнучкість та багатоваріантність оцінок ситуації; готовність сприймати незвичну, суперечливу інформацію; толерантність по відношенню до точки зору іншої людини. Все це складає особливий тип ставлення до світу — відкриту пізнавальну позицію. Отже, формування здатності до інтелектуальної саморегуляції є важливою передумовою продуктивної інтелектуальної діяльності.

Іntenціональний досвід складають три типи ментальних структур, які визначають направленість індивідуальної інтелектуальної діяльності — уподобання, переконання та умонастрої. Такі суб’єктивні орієнтири виявляються вже в дитячому віці. М.О. Холодна звертає увагу на питання: що відбудеться, якщо наявний інтенціональний досвід дитини ігноруватиметься або буде повністю відторгтися? І сама ж дає відповідь на нього: “Відбудеться

те, що насправді і відбувається з дітьми в умовах традиційного шкільного навчання: темп інтелектуального розвитку школяра порівняно з темпом інтелектуального розвитку дошкільника різко сповільнюється і, що найсумніше, знижується творчий потенціал дитини” [61, с. 137]. Важливо, щоб учні усвідомили право обирати спосіб навчальної поведінки у відповідності до власних уподобань, інтуїтивних оцінок, емоціонального ставлення до навчального матеріалу, а також могли обґрунтувати свій вибір.

Завдання інтелектуального виховання учнів передбачає необхідність розв’язання наступної суперечності. З одного боку, розвиток інтелектуальних здібностей учня може відбуватись тільки через певний предметний зміст. З іншого боку, змістове середовище, в якому знаходиться учень в процесі своєї навчальної діяльності, має створювати умови для його інтелектуального росту. Для усунення цієї суперечності М.О. Холодною була запропонована “збагачувальна модель” навчання, у якій засобами спеціально сконструйованих навчальних текстів здійснюється інтелектуальне виховання учнів на основі збагачення їх ментального (розумового) досвіду.

Слово “збагачення” означає, по-перше, формування основних компонентів розумового досвіду учнів, що складають основу продуктивної інтелектуальної поведінки — на рівні когнітивного, метакогнітивного та інтенціонального досвіду, та, по-друге, зростання індивідуальної своєрідності складу розуму кожного учня за допомогою урахування індивідуальних пізнавальних схильностей.

Спираючись на визначення інтелекту як форми організації ментального досвіду, М.О. Холодна формулює ряд положень, які характеризують суть інтелектуального виховання у “збагачувальній моделі” навчання [12, с. 111]:

- кожний учень “заповнений” власним ментальним досвідом, який і визначає характер його інтелектуальної активності у конкретних ситуаціях;
- склад і будова ментального досвіду кожного учня різні, тому учні, безперечно, різняться за своїми інтелектуальними здібностями. Але кожна дитина має вихідний інтелектуальний “капітал” і свій власний діапазон нарощування інтелектуальних сил. Відповідно завдання учителя полягає в наданні йому необхідної педагогічної допомоги;
- психологічною основою інтелектуального виховання учня є збагачення ментального досвіду;
- адресатом педагогічних дій в умовах шкільної освіти є особливості складу і будови індивідуального розумового досвіду — його когнітивні (в першу чергу, понятійні), метакогнітивні та інтенціональні компоненти;
- межі збагачення ментального досвіду кожного учня (а, відповідно, темп і напрямок інтелектуального розвитку особистості) наперед визначити неможливо. Відповідно, усі діти рівні з точки зору права на повноцінний інтелектуальний розвиток в умовах якісної та індивідуалізованої шкільної освіти;
- критерії ефективності освітнього процесу, поряд зі знаннями, уміннями і навичками, пов’язані зі сформованістю базових інтелектуальних характеристик

особистості, таких як компетентність, ініціатива, творчість, саморегуляція та унікальність складу розуму (КІТСУ).

Яку ж роль виконує навчання мови фізики в інтелектуальному вихованні школярів? Аналіз робіт, так чи інакше присвячених навчанню учнів мови фізики, дозволяє нам виокремити два крайніх підходи, які умовно можна назвати **нормативним** і **розвивальним**. У першому випадку особлива увага приділяється відповідності фізичної термінології, яку використовують учні та вчителі, нормативним документам. Представники другого підходу більше звертають увагу на значення мови фізики для інтелектуального розвитку учнів, для формування в них понятійного мислення, для підвищення їхньої здатності засвоювати та породжувати фізичні знання. До цього останнього підходу ми відносимо і наше дослідження, де навчання учнів специфічної мови, на якій написані тексти навчальних книг з фізики, розглядається як підґрунтя для формування у них базових інтелектуальних характеристик (КІТСУ), які, у свою чергу, є необхідною умовою успішного засвоєння основ фізики.

Для розробки розвивального підходу до навчання мови фізики необхідно мати уявлення про те, що являє собою інтелект з точки зору *сучасної* психології, а також знати, як враховувати індивідуальні особливості особистості, яка формується. Саме тому виникла необхідність звернутися до сучасних досліджень, спеціально присвячених формуванню і розвитку інтелектуальних здібностей, та у їх світлі подивитися на проблему розробки науково обґрунтованої методики навчання учнів середньої школи мови фізики.

2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ МОВИ ФІЗИКИ

2.1. Загальні питання методики навчання учнів мови фізики

Під час реформування сучасної середньої освіти один зі 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 навчання мови мовленнєвих структур. І лише останнім часом у дидактиці почали звертати увагу на те, що треба навчати висловлювати свої думки і мовою образних структур [62].

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 [15, 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 [4, с. 179].

Отже, мозок людини функціонує як одне ціле та поєднує обидві стратегії обробки інформації [44, 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.

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.

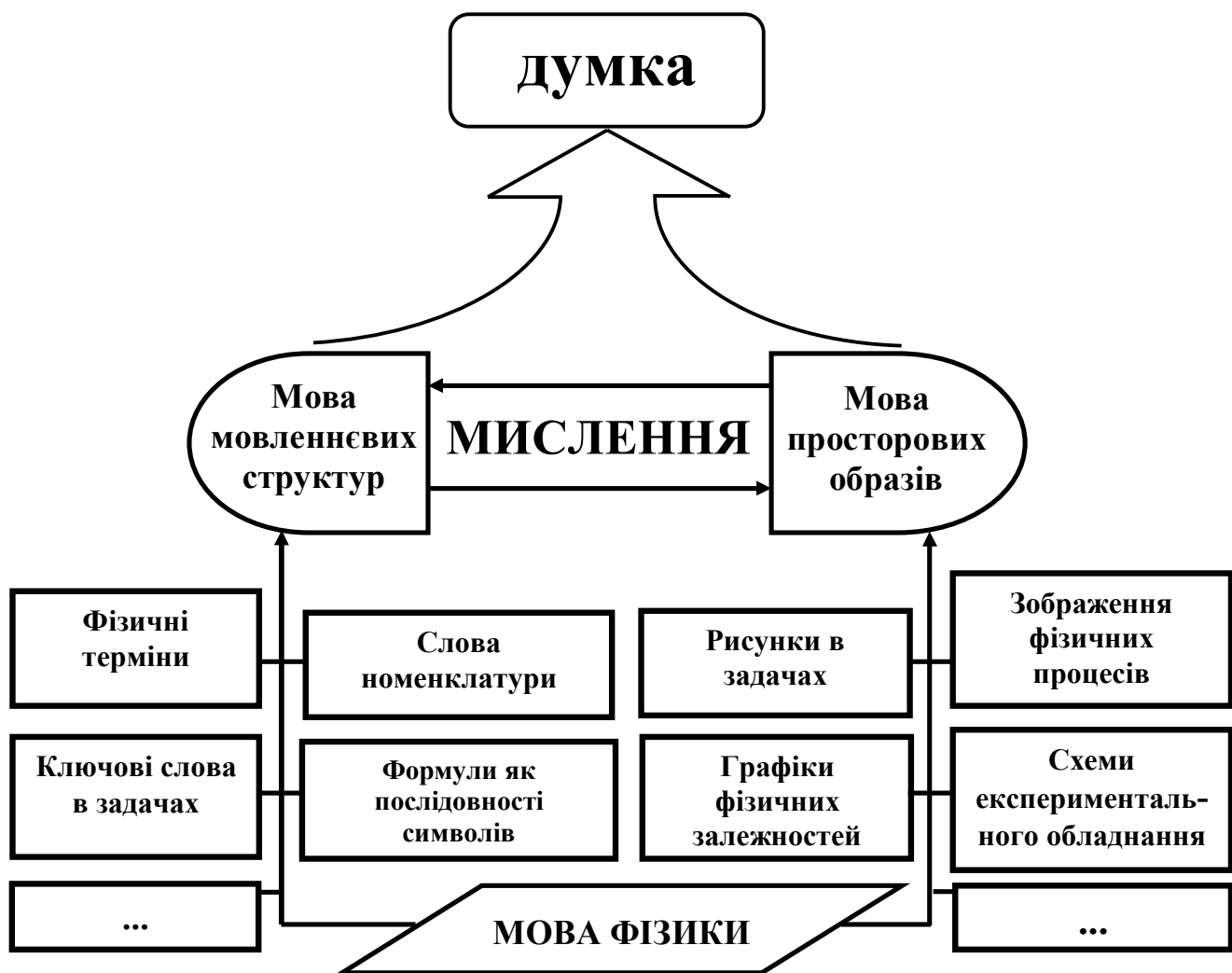


Рис. 2.1. Компоненти мови фізики та організація розумового процесу

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.

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, принципів 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.

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. 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 [11; 29].

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 введення у навчальну діяльність завдань на перекодування інформації неодноразово звертали увагу як психологи (Л.В. Занков [15], Н.Г. Салміна [46], А.М. Сохор [54], Л.М. Фрідман [60] та ін.), так і учені-методисти (Є.В. Коршак, В.Г. Нижник, В.Д. Сиротюк [38], І.В. Сальник [48], Н.А. Тарасенкова [56] 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 [47, с. 89].

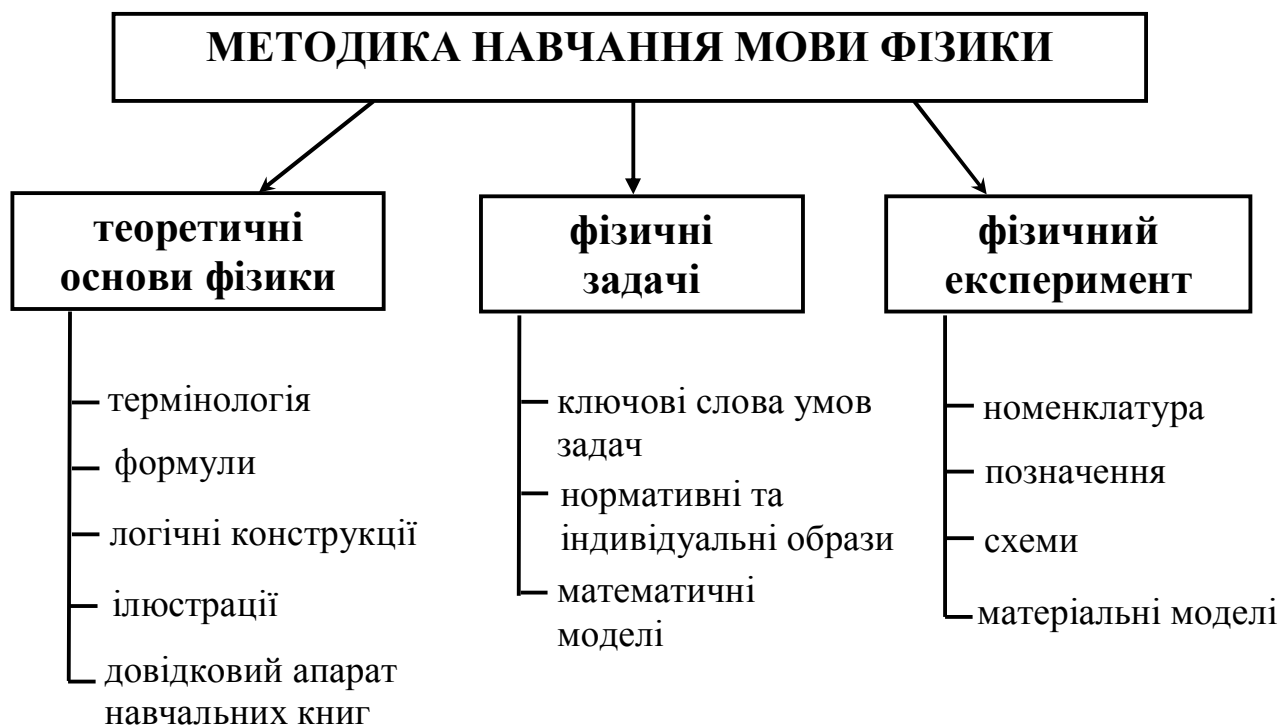


Рис. 2.2. Напрямки навчання мови фізики за типами уроків

Спроба *теоретичного* обґрунтування важливості організації вищезазначеного тренування учнів для їх результативного навчання була зроблена у п. 1.3. посібника на основі встановленої Л.М. Веккером [8] 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.

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.

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 [62]. 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, наскільки 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 [69, 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 навчальному посібнику 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.

Приклади конкретних завдань будуть наведені у п. 2.2. Наприкінці цього підрозділу 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 [33; 35], так і експериментальні дослідження [19]. 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 [62]).

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 [20; 21].

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 [31; 42]. З іншого боку, вивчення фізики на рівні конкретних операцій (за Піаже) — марна трата часу. Це підтвердили і наші дослідження [1].

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.

2.2. Особливості засвоєння мови 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 [26, 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) витрачати ~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) **електрична 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 [45], 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 орієнтовані, нейтральні та хибно орієнтовані [30, с. 24-25]. Чим більше буквально значення слова, яке використовується як термін, відповідає змісту того поняття, що позначається цим терміном, тим він буде більш точно орієнтованим.

Наукові терміни, в яких важко розпізнати буквально 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.

Виявилося, 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 орієнтованих 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 непростя для нього справа. Тому коротко зупинимось 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 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, формулюючи 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

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, записувати 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.

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 [14].

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 їхні назви і позначення — з назв і позначень вихідних одиниць за допомогою відповідних префіксів. Ці множники, префікси та їхні позначення унормовані у державному стандарті України [13].

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* [62, 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 самостійно 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 використовується навіть аббревіатура — ЗУНР (знання, уміння, навички, розуміння) [66, с. 158]. Проведені експерименти свідчать, що знання, вміння і навички, які здобуті без розуміння, дуже швидко втрачаються [34, 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. 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 [23, 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 емоційним 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” [59].

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. Розглянемо ідею двох типів 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 [40].

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 *convectio* — 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 зі 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 самостійно 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 [36]. Учнім 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 [6]. 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 [7; 24], або спеціально складені нами.

По-друге, пропонована методика ґрунтується на психологічній теорії поетапного формування розумових дій П.Я. Гальперіна [11] та єдиній теорії психічних процесів Л.М. Веккера [8]. 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 відношення [28, 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 в розкритті значень цих конструкцій. У даному випадку вся повнота відношень, що ними виражається, має бути подана виключно граматичною структурою та порядком тих слів, які їх складають, а також розділовими знаками [28, 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.

Спробуємо скористатися подібним прийомом у дещо складнішому випадку.

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

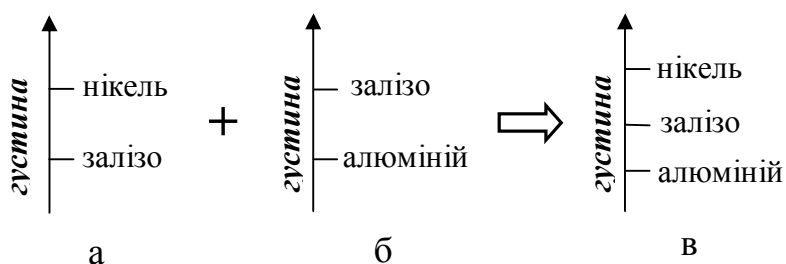


Рис. 2.3. Ілюстрація до прикладу 1

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.

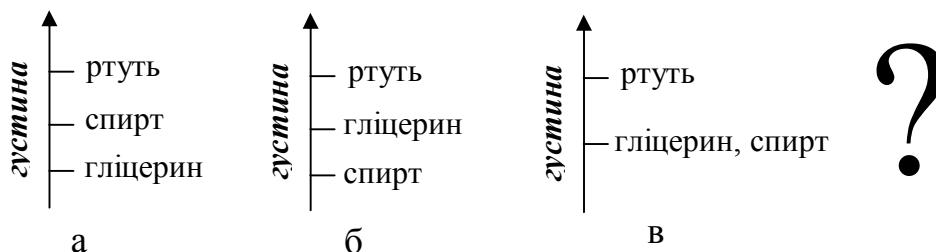


Рис. 2.4. Ілюстрація до прикладу 2

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

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

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).

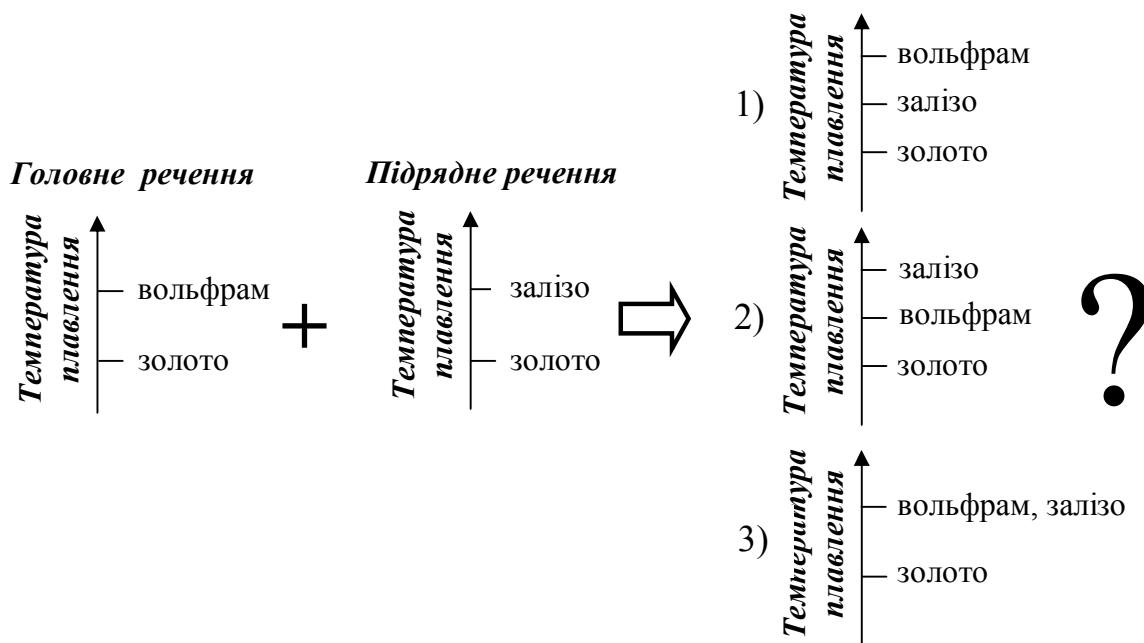


Рис. 2.5. Ілюстрація до прикладу 3

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)” [7].

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 не сформовані. 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

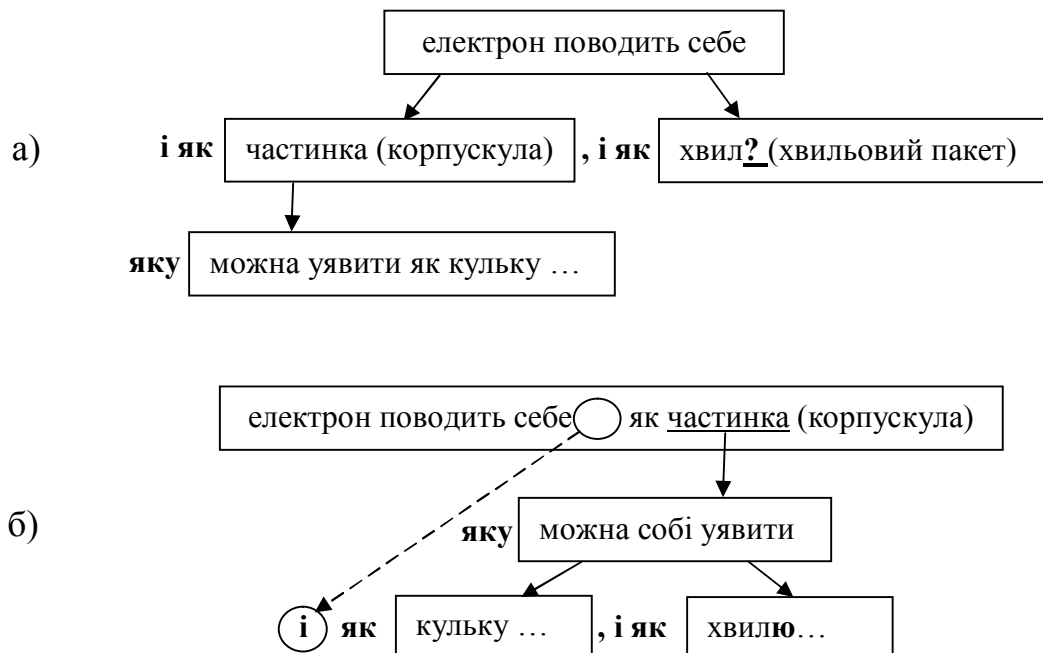


Рис. 2.6. Ілюстрація до прикладу 4

конструкція “і як..., і як...” вимагає *однакового* узгодження відмінків іменників *частинка* і *хвиля* з дієсловом, яке керує ними.

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

Приклад 5. В одному з підручників для 8-го класу є таке речення: “На основі численних спостережень за випромінюванням атомами водню світла Нільс Бор розвинув далі планетарну модель атома і показав, що радіуси орбіт електронів у атомі не можуть бути довільними — електрони у атомі можуть перебувати лише на так званих “дозволеніх” орбітах, які відповідають дискретним значенням їх енергій” [7].

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

Декому перше запитання може здаватися зовсім безглуздим, 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).

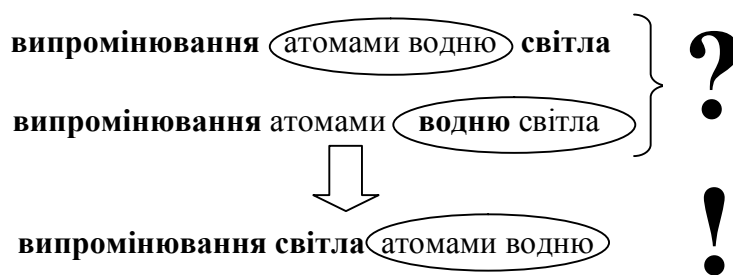


Рис. 2.7. Ілюстрація до прикладу 5

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.

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. Організація мовної роботи на матеріалі молекулярно-кінетичної теорії

Сучасна школа ставить завдання навчити учнів орієнтуватися у швидко зростаючому потоці інформації, знаходити необхідне та застосовувати його на практиці. 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 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 [19].

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 фразу (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 поступального руху молекул газу;

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 газу.

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

Уведені 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 одного 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: “пе дорівнює ен ка те”. Інші легше запам'ятати у формулюваннях типу: “На кожному ступіні вільності припадає енергія ка те на два”. 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. 2.8). Доречно організувати у класі обговорення цієї схеми після того, як учні її уважно роздивилися і подумали над імовірним авторським задумом та засобами його втілення.

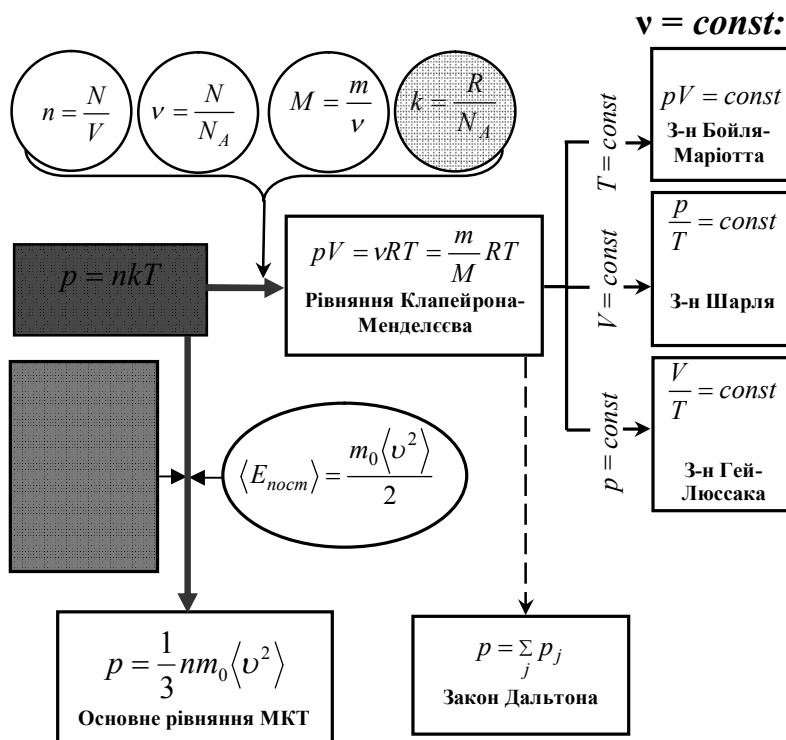


Рис. 2.8. Схема відновлення в пам'яті формул МКТ

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 стискування? 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) $p(\rho, \nu_{\text{кв}})$; |
| 5) $N(m, M)$; | 6) $p(n, \langle E_{\text{пост}} \rangle)$; |
| 7) $n(p, T)$; | 8) $\nu_{\text{кв}}(T, M)$; |
| 9) $p(\nu, V, T)$; | 10) $\nu_{\text{кв}}(T, m_0)$. |

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

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: $\rho = \frac{m_0}{n}$. Учні пропонується порівняти дві “картинки”, на яких “зображені” молекули газу (рис. 2.9), та сказати, у якому випадку більшою буде концентрація (n), а в якому — густина (ρ), якщо всі молекули мають однакові маси (m_0).

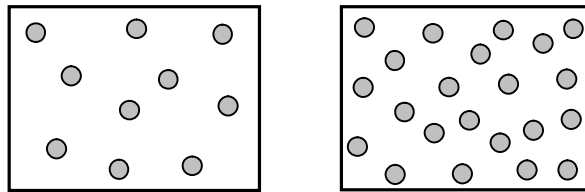


Рис. 2.9. “Картинки” із “зображенням” молекул газу для обговорення понять *концентрація молекул* і *густина* газу

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 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.

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

Для результативного навчання 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 дослідження.

Дидактичні можливості мультимедіа. *Мультимедіа* (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 [52, с. 99]. 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.

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. З 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.

Комп'ютерний тренажер-контролер для навчання мови фізики. Розглянемо напрямок використання сучасних інформаційних технологій для навчання 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 наших досліджень 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. 2.10, а “складного” — на рис. 2.11.

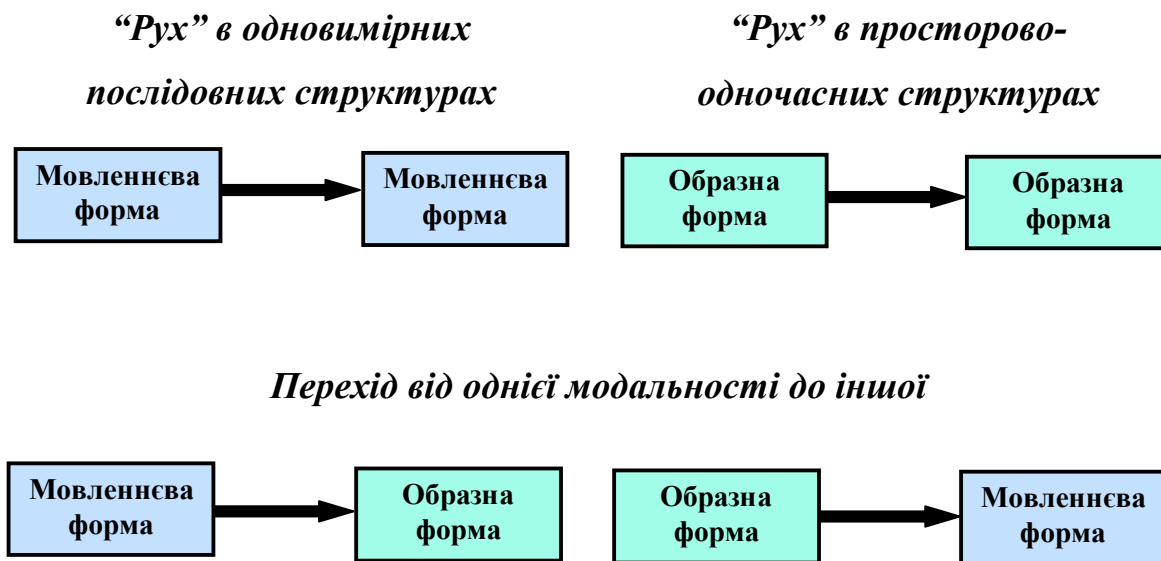


Рис. 2.10. Типи “простих” завдань на перетворення та подання фізичної інформації

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 правильно виконаних завдань.

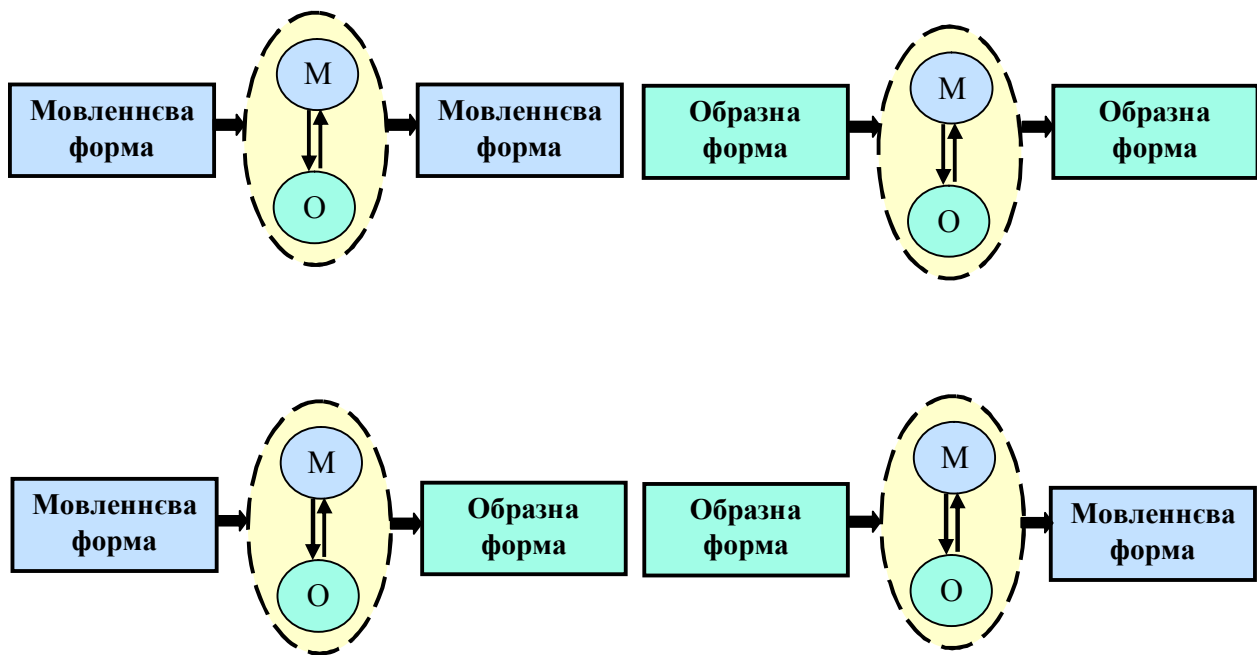


Рис. 2.11. Типи “складних” завдань на перетворення та подання фізичної інформації

Ідея застосування досить великого за обсягом “банку” різноманітних картинок була реалізована нами у навчальній комп’ютерній програмі “Знайдіть відповідність”. 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 авторами.

Приклади реалізації у комп’ютерному варіанті “простого” завдання подані на рис. 2.12 та 2.13. Перший приклад стосується теоретичного матеріалу, пов’язаного з типами електричних розрядів. А другий ми візьмемо зі створеної нами бази завдань для попередньої підготовки учнів до проведення фізичного експерименту. Така підготовка включає серед іншого навчання учнів схематичного позначення фізичних приладів.

Приклади реалізації завдань “складного” типу у пропонованій нами програмі “Знайдіть відповідність” представлені на рис. 2.14 та 2.15. 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 1 бал, за неправильну — 1 бал віднімається, у випадку відсутності відповіді — 0 балів.

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.

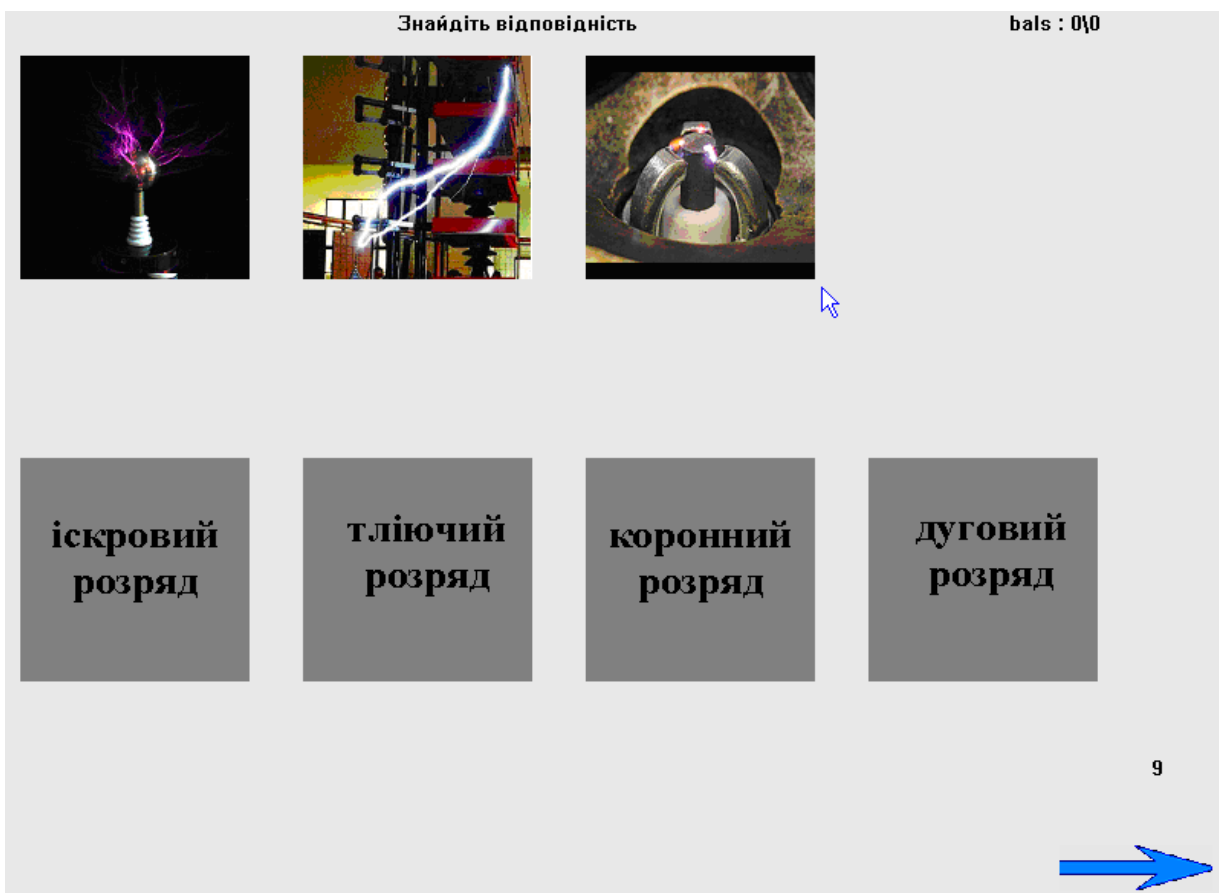


Рис. 2.12. “Просте” завдання на теоретичний матеріал

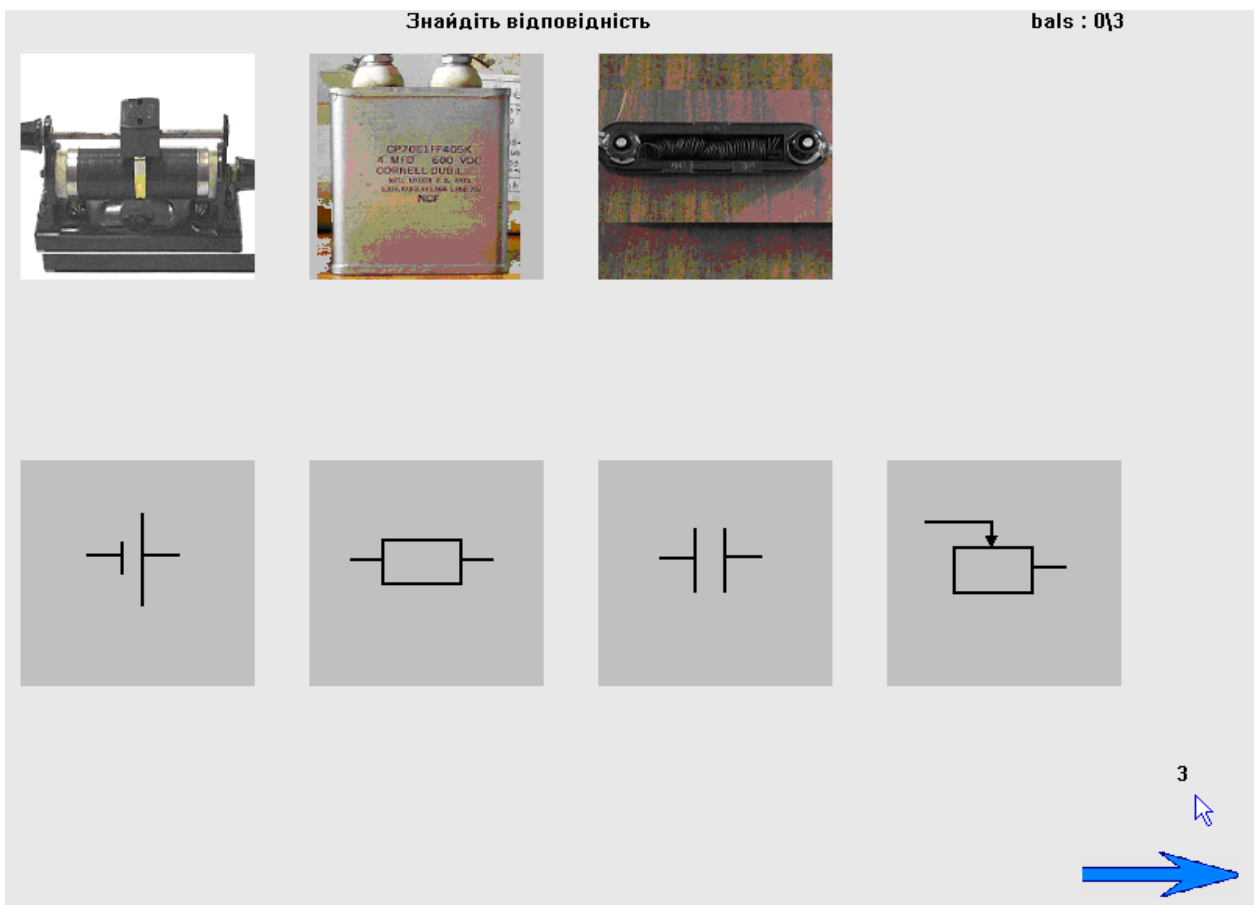


Рис. 2.13. “Просте” завдання для підготовки до проведення фізичного експерименту

Знайдіть відповідність

bals : 0/0

$$\sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{Тл} \cdot \text{А}}}$$

$$\frac{\text{Гн} \cdot \text{А}}{\text{В}}$$

$$\frac{\text{Кл} \cdot \text{Вб}}{\text{Гн} \cdot \text{Ф}}$$

ВТ

С

М

Ом

3

Рис. 2.14. Приклад “складного” завдання з одиницями SI

Знайдіть відповідність

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

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

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. 2.15. “Складне” завдання з графіками функціональних залежностей

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 наших досліджень 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.

3 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

У цьому розділі представлені методичні рекомендації до виконання завдань, спрямованих на формування навичок і умінь, пов'язаних із знанням та застосуванням мови фізики. Такі завдання можна використовувати як для діагностики, так і контролю рівня сформованості відповідних умінь.

1. Як зміниться сила гравітаційної взаємодії F двох матеріальних точок, якщо відстань між ними R зменшиться у 2 рази? Примітка:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

Наведена формула виражає закон всесвітнього тяжіння, відкритий Ньютоном. Буквою G позначена гравітаційна стала, числове значення якої можна знайти у довіднику з фізики або в додатках до збірників фізичних задач. Але для виконання запропонованої вправи нам потрібно тільки знати, що G — це стала, яка від R (тобто відстані між матеріальними точками) не залежить. Маси матеріальних точок позначені як m_1 і m_2 . Вони також не залежать від R . Таким чином, можна сказати, що сила взаємодії F обернено пропорційна квадрату відстані. Це записується так: $F \sim \frac{1}{R^2}$ або $F = \frac{k}{R^2}$, де k — коефіцієнт пропорційності. У нашому випадку $k = Gm_1m_2$.

Що таке квадрат якоїсь величини, наприклад, відстані? І як він змінюється, коли сама величина зменшується в 2 рази або збільшується, наприклад, у 3 рази?

Квадрат величини (або, іншими словами, другий степінь) — це результат, який ми отримуємо, помноживши її саму на себе. У нашому випадку $R^2 = R \cdot R$. Наприклад, якщо $R = 5$ м, то $R^2 = 25$ м². Як змінюється R^2 при зростанні R ? Це питання схоже з таким: як змінюється величина y при зростанні x , якщо $y = x^2$? Кажуть, що при додатних x (тобто $x > 0$) змінна y зростає за квадратичним законом. А щоб це уявити, треба побудувати квадратичну параболу, яку вивчали на уроках математики (рис. 3.1).

Важливо пам'ятати, що R вимірюється в одиницях довжини, наприклад, у метрах, а R^2 — в одиницях площі, наприклад, у квадратних метрах. Слід також розуміти, що відстань є невід'ємною величиною, тоді графік залежності R^2 від R буде виглядати, як на рис. 3.2.

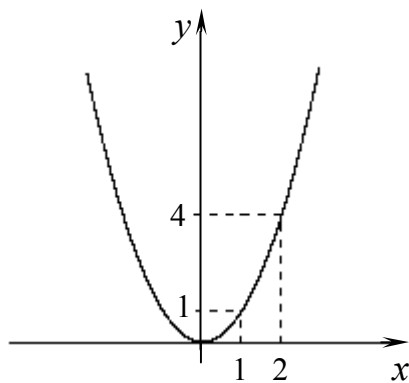


Рис. 3.1

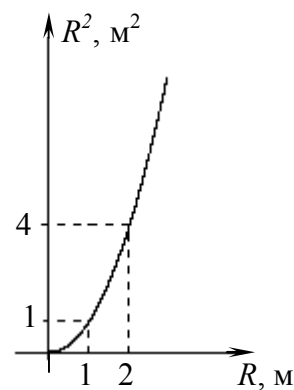


Рис. 3.2

У математиці можна поставити таке питання: при яких x виконується нерівність $x > x^2$? Але не можна ставити подібне питання стосовно R , якщо R — відстань. Воно було б безглуздим, бо не можна порівнювати величини, одна з яких вимірюється в метрах, а інша — у квадратних метрах. Що більше: відстань від Запоріжжя до Києва чи площа України?! Як би Ви подивилися на ту людину, яка б задала таке питання? А ось учні, які вважають, що $R^2 < R$, якщо $R < 1$ м, зустрічаються, на жаль, досить часто.

Повертаючись до питання про те, як змінюється R^2 при зміні R , ми вже сміливо можемо сказати, що R^2 збільшується при збільшенні R (а також, що R^2 зменшується зі зменшенням R), бо R^2 є монотонно зростаючою функцією R при додатних R . А у скільки разів збільшується R^2 при збільшенні R ? Щоб отримати відповідь на це питання, треба знати квадрат (тобто другий степінь) того числа, в яке збільшилася відстань R . Якщо R збільшується в 3 рази, то R^2 збільшиться в 9 разів. Зі зменшенням аналогічно: якщо R зменшується вдвічі, то R^2 зменшиться в 4 рази.

Уявити все це можна не тільки завдяки графікам. Другий степінь недарма називається квадратом. Подивіться на рис. 3.3 і 3.4. Якщо вважати R довжиною сторони квадрата, то R^2 буде площею цього квадрата. На рис. 3.3 показаний випадок, коли R збільшили в 3 рази: від a до $3a$. Легко бачити, що площа при цьому збільшилася в 9 разів. А на рис. 3.4 показано, як R зменшили вдвічі: від b до $b/2$. При цьому площа квадрата (відповідно і R^2) зменшилася в 4 рази.

Зробимо зауваження щодо використання словосполучень “збільшити в n разів” та “зменшити в n разів”. По-перше, так говорять тільки у тому випадку, коли йдеться про додатні величини. Можна сказати, що відстань збільшилася у 6 разів, але

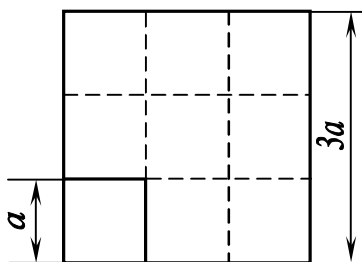


Рис. 3.3

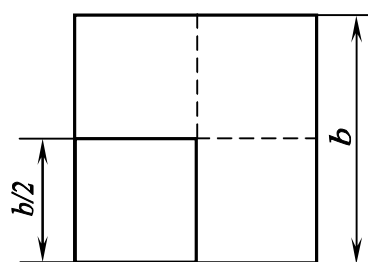


Рис. 3.4

не можна говорити, що координата збільшилася у 6 разів (принаймні, коли вона від’ємна). Дійсно, якщо початкова координата $x_0 = -5$ м, то координата $x_1 = 6x_0 = -30$ м. Таким чином, $x_1 < x_0$. Якщо ж $\tilde{x}_0 = 5$ м, то $\tilde{x}_1 = 6\tilde{x}_0 = 30$ м. Відповідно, $\tilde{x}_1 > \tilde{x}_0$. Як бачимо, помноживши початкову координату в обох випадках на однакове число, отримуємо одного разу зменшення координати, а в іншому — збільшення (рис. 3.5). Таких непорозумінь не буде, коли збільшують або зменшують додатну величину.

По-друге, у словосполученнях “збільшити в n разів” та “зменшити в n разів” величина $n > 1$. Не кажуть “збільшити в 0,5 раза”, бо

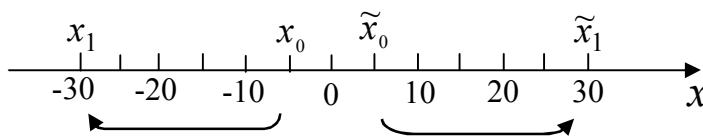


Рис. 3.5

фактично це б означало “зменшити в 2 рази”.

Тепер звернемося до словосполучення *обернено пропорційно* і порівняємо його зі словосполученням *прямо пропорційно* або, як іноді скорочено кажуть, *пропорційно*.

Пропорційність відноситься до найпростіших видів функціональних залежностей. Розрізняють пряму і обернену пропорційність. Дві змінні величини називають *прямо пропорційними* (або просто *пропорційними*), якщо відношення їх не змінюється, тобто при множенні однієї з них на будь-яке число друга множиться на те саме число. Пряма пропорційність між двома змінними величинами аналітично виражається формулою: $y = kx$, де число k називають коефіцієнтом пропорційності. Пряма пропорційність між двома величинами графічно виражається прямою лінією, що проходить через початок координат і має кутовий коефіцієнт k (рис. 3.6). Упевніться в цьому самостійно!

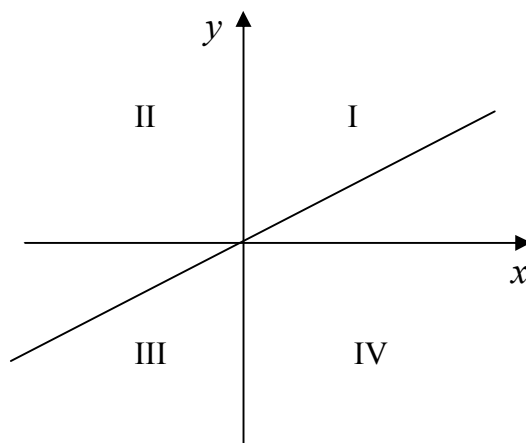


Рис. 3.6

Змінні величини x і y називають *обернено пропорційними*, якщо одна з них пропорційна оберненому значенню іншої, тобто $y = k \cdot \frac{1}{x}$ або $xy = k$.

Можна сказати і так: змінні величини називають обернено пропорційними, якщо їхній добуток залишається сталим ($x_1 y_1 = x_2 y_2 = \dots = const$, де x_1, x_2, x_3, \dots — деякі значення змінної x , а y_1, y_2, y_3, \dots — відповідні їм значення величини y), тобто при множенні однієї зі змінних на будь-яке число друга ділиться на те саме число. Обернена пропорційність графічно виражається гіперболою, для якої асимптотами слугують вісі координат (рис. 3.7). Упевніться в цьому самостійно!

Звернемо увагу на те, що коефіцієнт пропорційності (як прямої, так і оберненої) може бути і від’ємним. У цьому випадку графіки функцій $y = kx$ і

$y = \frac{k}{x}$ будуть розташовуватися у другому і четвертому квадрантах, а не в першому і третьому (як на рис. 3.6 і 3.7).

Якщо ми кажемо, що якась величина *збільшується* пропорційно іншій або *зменшується* обернено пропорційно, то вважаємо коефіцієнт пропорційності та самі величини додатними. А ось словосполучення “*змінюється* пропорційно” та “*змінюється* обернено пропорційно” можна

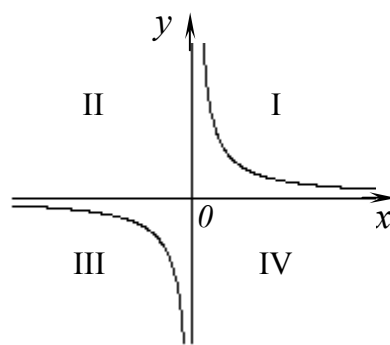


Рис. 3.7

використовувати і при від'ємному коефіцієнті ($k < 0$).

Повертаючись до нашої вихідної вправи, тепер легко побудувати ланцюжок умовиводів:

- якщо R зменшиться у 2 рази, то R^2 також зменшиться, але у 4 рази;
- якщо R^2 зменшиться у 4 рази, то F навпаки збільшиться у 4 рази, оскільки сила гравітаційної взаємодії двох точкових мас обернено пропорційна квадрату відстані між ними.

Ми вільно використовували слова “збільшується” і “зменшується”, бо коефіцієнт оберненої пропорційності додатний: $k = Gm_1m_2 > 0$ (як добуток додатних величин).

Звернемо увагу на те, що вправу можна було виконати формально:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = G \frac{m_1 m_2}{R_1^2} \\ F_2 = G \frac{m_1 m_2}{R_2^2} \\ R_2 = \frac{R_1}{2} \end{array} \right. \Rightarrow F_2 = 4F_1.$$

Це й означає, що сила збільшується у 4 рази. Але, якщо треба швидко отримати відповідь, то писати таку систему рівнянь, а потім її розв'язувати, мабуть, не кращий шлях. Треба навчитися уявляти собі функціональні залежності. Це дозволить виконувати подібні вправи в думці за лічені секунди. Якщо ж цьому не навчитися, то дійсно цікаві фізичні задачі ніколи не стануть для Вас доступними.

Все ж таки, якщо комусь до вподоби формальний шлях, або вимагається записати розв'язок, то краще одразу замінити Gm_1m_2 на k . Тоді система стає “прозорішою” і виглядатиме так:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = \frac{k}{R_1^2} \\ F_2 = \frac{k}{R_2^2} \\ R_2 = \frac{R_1}{2} \end{array} \right.$$

“Поділивши” друге рівняння на перше, отримуємо $\frac{F_2}{F_1} = \frac{R_1^2}{R_2^2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$. А відношення R_1 до R_2 за умовою дорівнює 2 (див. останнє рівняння системи). Таким чином, $\frac{F_2}{F_1} = 2^2 = 4$. Звідки $F_2 = 4F_1$.

Ми не випадково так докладно зупинилися на цій примітивній (тобто дуже простій) вправі. Щоб навчитися виконувати подібні вправи швидко та в думці, важливо “відчути” ті поняття, які ми згадували, пояснюючи цю вправу, а

не зазубрювати їхні означення. А для цього потрібен певний час і установка на *усвідомлення*, а не на зубрячку. Здається, що швидше запам'ятати кінцевий алгоритм виконання вправи певного типу і на цьому заспокоїтися. Але, виявляється, що через деякий час алгоритми виконання різних типів вправ переплутуються, якщо вони не “відчуті”. І тоді можна робити грубі помилки, не помічаючи цього. А це ще гірше, ніж зовсім не розв'язати задачу. Більше того, залишається впевненість, що все робиш правильно, за добре завченим алгоритмом.

Таким чином, головне правило: не заучувати алгоритмів! Хочеться сказати, що кращий алгоритм — це власний алгоритм, хоча він може виявитися менш раціональним або не таким узагальненим, ніж той, що можна знайти у підручнику або узнати безпосередньо від інших людей.

Але тут треба звернути увагу на те, що у людей, на відміну від тварин, навчання йде в першу чергу як *привласнення* чужого досвіду. А таке привласнення може відбутися тільки завдяки власній активності, яка спрямована на усвідомлення, а не на механічне запам'ятовування. Щоб привласнити досвід, накопичений людством, треба пропустити його через себе. Проте набуття досвіду самостійного створення алгоритму виконання певної дії помітно відрізняється від усвідомлення й привласнення алгоритму, який розробив хтось інший. Самостійне створення дає впевненість у власних силах. Зникає страх забути завчений алгоритм. З'являється відчуття вільного володіння певним навчальним матеріалом. А також зникає боязнь *нових*, незнайомих задач. У сучасних умовах це особливо важливо, бо кількість людей, яким доводиться розв'язувати нові задачі, невпинно зростає, причому стрімкими темпами. Крім того, це набагато цікавіше, ніж механічно повторювати завчені дії.

Чи не забагато для першої вправи ліричних відступів? Але перед тим, як перейти до другої, спробуйте зробити *рефлексію* своєї діяльності, яку Ви виконували під час читання великого за обсягом пояснювального тексту до такої простої вправи.

В енциклопедичному словнику можна знайти, що слово *рефлексія* походить від пізньолатинського *reflexio* — повернення назад, а означає *роздуми, самоспостереження, самопізнання*. У філософському розумінні рефлексія — це форма теоретичної діяльності людини, спрямована на осмислення своїх власних дій та їхніх законів. Чи було в цьому тексті для Вас щось нове, або таке, що Ви знали, але забули? Чи все було зрозумілим? Чи пам'ятали Ви, що таке *кутовий коефіцієнт, квадрант, асимптоти*? А якщо ні, то чи згадали це, читаючи наш текст, в якому означення цим термінам не даються, але можна здогадатися, про що йде мова? Чи відчуваєте Ви різницю між прийменниками *в (у)* і *на*, які використовують під час порівняння двох значень величини (яке з них більше)? Зауважимо, що в розглянутій вправі на питання “*Як зміниться ...?*” можна сказати тільки *збільшиться* або *зменшиться* та у скільки разів. А як треба змінити умову завдання, щоб можна було спитати про те, *на скільки...?*

Для виконання нашої першої вправи формально не потрібно було знати, що таке *матеріальна точка*. Але тим, хто збирається продовжувати фізичну освіту в університеті, не завадило б це знати. Чи можна, наприклад, обчислювати силу гравітаційної взаємодії між яблуком і Землею за наведеною в умові вправи формулою? Треба навчитися ставити собі подібні запитання і шукати відповіді на них.

Якщо у Вас були проблеми з вправами такого типу, як ми зараз розібрали, не забудьте звернутися до додатків, які містяться наприкінці посібника, знайти подібні вправи і потренуватися.

2. Як треба змінити відстань від точкового заряду q , щоб напруженість електричного поля E зменшилася у 2 рази? Примітка:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}.$$

Напруженість електричного поля, яке створює точковий заряд, спадає *обернено пропорційно* квадрату відстані від нього: $E \sim \frac{1}{r^2}$, або $E = \frac{\alpha}{r^2}$, де $\alpha = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}$ — коефіцієнт пропорційності. Щоб напруженість E зменшилася в 2 рази, квадрат відстані від точкового заряду (r^2) треба *збільшити* в 2 рази, а саму відстань r , відповідно, треба збільшити в $\sqrt{2}$ разів.

Якщо треба навести формальний розв'язок, то це можна зробити так:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 = \frac{\alpha}{r_1^2} \\ E_2 = \frac{\alpha}{r_2^2} \\ E_2 = \frac{E_1}{2} \end{array} \right. \Rightarrow \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 = \frac{E_1}{E_2} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} \Rightarrow r_2 = \sqrt{2}r_1.$$

Така відповідь і означає, що відстань треба збільшити в $\sqrt{2}$ разів.

Можна записати і коротше: $E \sim \frac{1}{r^2} \Rightarrow r \sim \frac{1}{\sqrt{E}} \Rightarrow$ щоб зменшити E в два рази, треба збільшити r в $\sqrt{2}$ разів.

Хочеться дописати: "...бо відстань обернено пропорційна кореню квадратному з напруженості". Але краще цього не робити. Хоча формально можна розглядати r як функцію E : $r(E) = \sqrt{\frac{\alpha}{E}}$, але реально ми можемо змінювати тільки r , наближаючись або віддаляючись від точкового заряду і фіксуючи при цьому зміну напруженості електричного поля.

У деяких абітурієнтів виникає якийсь психологічний бар'єр, коли треба записати число, використовуючи знак квадратного кореня. Якщо цю ж саму вправу задати, замінивши 2 на 100 або 25, то відповідають правильно: відстань

треба збільшити в 10 або, відповідно, в 5 разів. А ось коли стоїть 2 (або 3 чи 5), корінь квадратний з якого не буде цілим числом, виникає цей психологічний бар'єр. Навіть після того, як вони правильно виконали вправу з числами 100 або 25, бажання отримати відповідь у вигляді цілого або хоча б раціонального числа у таких абітурієнтів призводить до того, що вони замість $\sqrt{2}$ кажуть 4 або 1/2.

У зв'язку з таким експериментальним фактом, ми вимушені зробити відступ щодо використання поняття *обернена функція* в математиці та фізиці. При цьому треба звернути особливу увагу на відміну значення першого слова у словосполученнях “*обернена пропорційність*”, а також “*обернене значення змінної*”, які ми використовували при розгляді попередньої вправи, від значення цього слова у словосполученні “*обернена функція*”.

Розглянемо такий приклад. Площа S квадрата зі стороною, довжина якої a , обчислюється за формулою $S = a^2$. Ця формула задає функціональну залежність S від a . У цьому розумінні, функція — це правило, за яким можна зі значень однієї величини (a) дістати значення іншої (S), яка пов'язана з першою. Правило, про яке йдеться у нашому прикладі, можна сформулювати такими словами: піднесіть значення a до квадрата (або, іншими словами, до другого степеня). Як виконати цю дію? Це питання ми вже розглядали в першій вправі.

А як знайти довжину сторони квадрата a , якщо відома його площа S ? Тут потрібне своє правило або, іншими словами, своя функція, яку вважають *оберненою* до функції піднесення до квадрата і називають функцією *добування квадратного кореня*. Символічно це записується таким чином: $a = \sqrt{S}$. А як виконати операцію добування квадратного кореня? Фактично нам потрібно *підібрати* таке значення величини a , щоб у квадраті воно давало близьке до заданого значення S . Користуючись тим, що S зростає з ростом a , можна організувати процедуру *послідовних наближень*, яка дозволила б нам отримати значення a за відомими значеннями S з необхідною точністю. Але у наш час подібні процедури запрограмовані навіть у найпростіших калькуляторах, і нам достатньо після набору заданого значення S натиснути відповідну клавішу ($\sqrt{\quad}$), щоб отримати значення a .

Іноді на екзаменах дозволяють залишати відповідь зі знаком радикала (тобто квадратного кореня), не обчислюючи наближене значення за допомогою калькулятора. Так, у нашій вправі вірною вважалася відповідь “збільшити в $\sqrt{2}$ разів”. Щоправда, ми і наближене значення не розглядали як помилку.

Розглядаючи поняття оберненої функції, ми писали рівність $a = \sqrt{S}$, яка є наслідком вихідного рівняння $S = a^2$.

А як у математиці? Там функція $y = \sqrt{x}$ вважається оберненою до $y = x^2$, хоча рівність $y = \sqrt{x}$ не впливає з $y = x^2$. У чому справа?

Коли говорять про функцію, виділяють *аргумент* функції і *значення* функції. Функція задає правило, за яким можна кожному значенню аргументу

поставити у відповідність значення функції. Для найпростіших правил (функцій) існують спеціальні символи, які їх скорочено позначають, наприклад: \sin , \ln , arctg . У математиці склалася традиція для позначення аргументу функції використовувати букву x , а для позначення значення функції — букву y . Тому, коли йдеться про конкретні функції пишуть $\sin x$, $\ln x$, $\operatorname{arctg} x$, а не так як ми писали вище. Іноді навіть більш розгорнуто: $y = \sin x$, $y = \ln x$, $y = \operatorname{arctg} x$. Сенса у цій традиції, безумовно, є. Розглянемо такі функції: $y = x^3$, $y = \sqrt{x}$, $y = 2^x$. На відміну від попередніх прикладів знак аргументу (x) не займає місця після знаку функції (як у випадку \sin , \ln , arctg , ...), і тому виділити символ самої функції, відірвавши його від позначення аргументу, досить важко. Але все ж таки необхідно пам'ятати, що в математичному записі функції добування квадратного кореня букви y і x фактично тільки фіксують місце, куди треба вписувати відповідні величини конкретної задачі, а сама функція (тобто правило, за яким із аргументу отримуємо значення функції) умовно позначається знаком радикалу (квадратного кореня).

Часто символи конкретних взаємообернених функцій мало чим схожі. Порівняйте: $y = x^2$ і $y = \sqrt{x}$; $y = e^x$ і $y = \ln x$. Щоправда, обернені тригонометричні функції позначаються одноманітно і так, що простежується зв'язок із вихідними тригонометричними функціями: $\arcsin x$, $\arccos x$, $\operatorname{arctg} x$ та $\operatorname{arcctg} x$.

А ось коли розглядають загальнотеоретичні питання про функції, то функцію, обернену до $y = f(x)$, позначають як $y = f^{-1}(x)$.

Може, саме тут витoki тих непорозумінь, із якими доводиться зустрічатися при розв'язуванні учнями завдань, подібних до нашої другої вправи?

Верхній індекс “-1”, який має буква “ f ”, не можна сприймати як показник степеня, тобто $f^{-1}(x)$ не означає те саме, що $\frac{1}{f(x)}$ (іншими словами, це не є $f(x)$ у степені мінус один). Цей індекс — позначка оберненої функції для тієї, яка записується за допомогою букви “ f ”, але без верхнього індексу “-1”. Звернемо увагу на таке: $\left(\frac{1}{x}\right)^{-1} = x$, але для функції $y = \frac{1}{x}$ оберненою до неї є вона сама ($y = \frac{1}{x}$); так само $x^{-1} = \frac{1}{x}$, але для функції $y = x$ оберненою до неї є вона сама ($y = x$). Упевніться в цьому!

У цих прикладах “-1” — показник степеня, а не позначка оберненої функції. А ось коли ми бачимо на клавіші калькулятора напис “ \sin^{-1} ”, то

сприймати його повинні як позначку для функції $y = \arcsin x$, а не “ $\frac{1}{\sin x}$ ”, бо тут “-1” навпаки, — позначка оберненої функції, а не показник степеня.

Як же розібратися, в яких випадках “-1” — це позначка оберненої функції, а коли — знак степеня? А як, наприклад, у побутовій мові ми дізнаємося, про яку *косу* йдеться: про ту, якою працює косар, чи про ту, що з волосся? Зрозуміло, що з контексту, тобто з того оточення, в якому знаходиться це слово. Приблизно так само можна зрозуміти, який смисл несе верхній індекс “-1” у тому чи іншому випадку.

А про який контекст можна говорити у випадку з позначкою на клавіші калькулятора? Таким контекстом є інші клавіші. Можна зрозуміти, що $\frac{1}{\sin x}$ можна обчислити, послідовно використовуючи клавіші “sin” і “ $\frac{1}{x}$ ”, а для обчислення $\arcsin x$ подібного шляху немає. Це свідчить на користь того, що клавіша “ \sin^{-1} ” призначається для обчислення функції $y = \arcsin x$. Перевірити гіпотезу щодо призначення клавіші “ \sin^{-1} ”, можна й іншим шляхом: подивитися, як вона діє на аргумент, який дорівнює нулю. Дійсно, $\arcsin 0 = 0$, а ось функція $\frac{1}{\sin x}$ не існує при $x = 0$. Перевірка однозначно відкидає гіпотезу, що клавіша “ \sin^{-1} ” означає “ $\frac{1}{\sin x}$ ”.

Уміння висувати й перевіряти гіпотези дуже важливе для всіх людей, але особливо для тих, хто за характером своєї роботи постійно стикається з новими завданнями, алгоритми виконання яких невідомі. Це вміння корисне і при навчанні фізики та математики. Наприклад, щоб пригадати забуту формулу, іноді достатньо критично розглянути можливі варіанти.

Припустимо Ви забули, як правильно розписати $\cos^2 x$ через подвійний кут: $\frac{1 + \cos 2x}{2}$ чи $\frac{1 - \cos 2x}{2}$. Якщо Вам відомо, що $\cos 0 = 1$, то другий варіант Ви миттєво відкинете. Словом, не поспішайте у подібних випадках звертатися до довідника, а подумайте, чи не можна використати ті знання й уміння, які є у Вас в наявності.

Спробуйте, не звертаючись до інших посібників, знайти обернені функції до таких: $y = 2x + 1$; $y = \ln(3x - 1)$; $y = (1 + x)^3$. Чи змогли Ви усно це зробити і отримати: $y = \frac{x - 1}{2}$; $y = \frac{e^x + 1}{3}$; $y = \sqrt[3]{x} - 1$?

3. Як треба змінити температуру T газу в ізобарному процесі ($p = \text{const}$), щоб концентрація його молекул n збільшилася у 3 рази?
Примітка: $p = nkT$.

Після розбору першої вправи повинно бути зрозумілим, що у даному випадку n і T пов'язані обернено пропорційною залежністю. Дійсно, p — стала, бо процес ізобарний (процес, що проходить при незмінному тиску: *ізо* — частина слова, яка підкреслює незмінність, сталість; а друга частина слова має спільне походження зі словом *барометр*, яке позначає відомий усім прилад для вимірювання атмосферного тиску), k — стала Больцмана. Таким чином, для того щоб рівність $p = nkT$ виконувалася, потрібно, щоб сталим був добуток величин n і T ($nT = const$). Це і означає, що при ізобарному процесі концентрація молекул n обернено пропорційна абсолютній (або термодинамічній) температурі T . Отже, щоб концентрація молекул при сталому тиску збільшилася у 3 рази, температуру треба зменшити у стільки ж разів (тобто в 3).

Формально розв'язок можна записати так:

$$\left\{ \begin{array}{l} p = n_1 k T_1 \\ p = n_2 k T_2 \\ n_2 = 3n_1 \end{array} \right. \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{T_2}{T_1} = \frac{n_1}{n_2} \\ \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{3} \end{array} \right| \Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{3}.$$

Це і буде означати, що температуру треба зменшити в 3 рази.

Зазначимо, що “ліричний” відступ стосовно того, як запам'ятати слово *ізобарний*, зроблено принагідно (до речі), а отримати правильну відповідь можна було і без знання про походження (про етимологію) цього слова, бо безпосередньо в умові вказано, що воно означає ($p = const$). Щоправда, треба було знати, що ховається за позначкою “*const*”.

До речі, як пов'язана абсолютна (або термодинамічна) температура з температурою за шкалою Цельсія? Чому ця температура так називається?

4. Тіло, що кинули з початковою швидкістю v_0 під кутом до горизонту $\alpha_1 = 30^\circ$, піднялося на висоту $h_1 = 2$ м. На яку висоту підніметься це тіло, якщо кут буде дорівнювати $\alpha_2 = 60^\circ$, а початкова швидкість не зміниться? Примітка:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

Деякі учні починають обчислювати початкову швидкість v_0 , користуючись відомими h_1 , α_1 і g . При цьому вони запитують, яке значення брати для g : $9,8 \text{ м/с}^2$ чи 10 м/с^2 ? Безумовно, можна обчислити початкову

швидкість, але чи необхідно це робити? За умовою, $h \sim \sin^2 \alpha$, бо $\frac{v_0^2}{2g} = const$.

$$\text{Відповідно, } \frac{h_2}{h_1} = \frac{\sin^2 \alpha_2}{\sin^2 \alpha_1} \Rightarrow h_2 = h_1 \frac{\sin^2 \alpha_2}{\sin^2 \alpha_1}.$$

При виконанні цієї вправи в учнів часто виникають проблеми з обчисленням синусів. Що робити, якщо Ви забули числові значення тригонометричних функцій для 30° , 60° або 45° ?

Будемо сподіватися, що Ви не забули теорему Піфагора... Якщо взяти рівносторонній трикутник і провести з однієї вершини висоту, то вона буде одночасно і бісектрисою, і медіаною (рис. 3.8). А значить, розіб'є вихідний рівносторонній трикутник на два однакових прямокутних трикутника з гострими кутами, що дорівнюватимуть 30° і 60° , причому катет, який протилежний до кута в 30° , буде вдвічі менший за гіпотенузу.

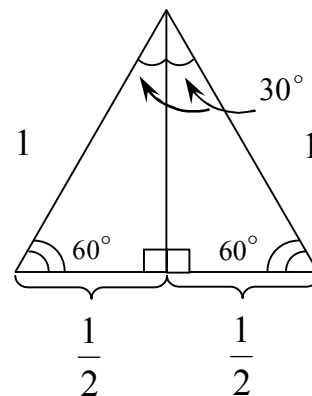


Рис. 3.8

Нехай сторона рівностороннього трикутника (i , відповідно, гіпотенуза прямокутного трикутника) має одиничну довжину (в умовних одиницях). Тоді катет прямокутного трикутника, протилежний до кута в 30° , матиме довжину $\frac{1}{2}$ (ум. од.). А катет, який співпадає з проведеною нами висотою вихідного рівностороннього

трикутника, обчислюватиметься за теоремою Піфагора: $\sqrt{1^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$. Синус

кута дорівнює відношенню протилежного катета до гіпотенузи. Отже, $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$, $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$. А косинус є відношенням прилеглого катета до гіпотенузи. Відповідно, $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$.

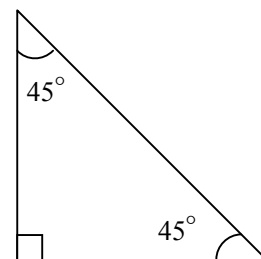


Рис. 3.9

Що ж до кута в 45° , то його тригонометричні функції легко встановити з рис. 3.9. Зробіть це самостійно!

Повертаючись до нашої вправи, маємо: $h_2 = 2 \cdot \frac{3}{1} = 6$ (м).

Наприкінці наведемо мнемонічне правило (тобто правило для запам'ятовування), яке на багатьох справляє враження:

$\alpha =$	0°	30°	45°	60°	90°
$\sin \alpha =$	$\frac{\sqrt{0}}{2}$	$\frac{\sqrt{1}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{4}}{2}$
$\cos \alpha =$	$\frac{\sqrt{4}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{1}}{2}$	$\frac{\sqrt{0}}{2}$

Але, використовуючи мнемонічні правила, треба усвідомлювати, що вони можуть несподівано підвести, причому помилку буде важко помітити. Були випадки, коли учні та студенти, які поклалися на *механічну* пам'ять і мнемонічні правила, відновлюючи наведену таблицю, замість того, щоб під знаками квадратних коренів писати 0, 1, 2, ..., писали 1, 2, 3, ...

Чи не краще встановлювати *логічні* зв'язки між окремими фактами і покладатися потім на *логічну* пам'ять, пам'ять дорослої *культурної* людини?

5. Запишіть фізичною формулою фразу: “Енергія електричного поля конденсатора дорівнює половині добутку його ємності та квадрата напруги на ньому”. Наведіть список використаних позначень.

Як відомо, формула виражає існуючі зв'язки між величинами, символи яких до неї входять. Так, у першому завданні ми розглядали залежність сил гравітаційної взаємодії двох матеріальних точок F від їхніх мас m_1 , m_2 та відстані R між ними і, відповідно, користувалися формулою $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$.

Фізичні символи та математичні знаки у **формулі** (від лат. *formula* — образ, вигляд) дозволяють у дуже компактній формі відобразити зв'язки між величинами.

Для того, щоб переписати речення у вигляді фізичної формули, треба виділити в ньому назви фізичних величин та позначити знайдені величини відповідними фізичними символами. Так, у завданні, що розглядається, зустрічаються три фізичні величини: *енергія* електричного поля конденсатора, *ємність* цього конденсатора та *електрична напруга* на ньому. Зазвичай у фізиці їх позначають W , C та U відповідно. Далі треба перекласти математичні операції, які зустрічаються в реченні, на мову математичних знаків. Перша частина речення “енергія електричного поля конденсатора *дорівнює*” у символах буде виглядати так: $W =$. *Квадрат напруги* позначають U^2 (про це ми вже згадували у першому завданні). *Добуток* ємності C та квадрата напруги U^2 скорочено записуємо як CU^2 . Фраза “*половина* добутку ємності та квадрата напруги на ньому” означає, що вираз CU^2 треба поділити на два або помножити на одну другу. Отже, половина добутку ємності C та квадрата напруги U^2 позначається як $\frac{CU^2}{2}$, або як $\frac{1}{2}CU^2$. Повернемося до початку фрази та отримаємо шукану фізичну формулу: $W = \frac{1}{2}CU^2$.

У цьому типі завдань може зустрічатися також операція ділення. Тоді буде сказано про відношення однієї величини до іншої. У математиці операцію ділення позначають символами “:” або “—”. У фізичних формулах використовується тільки другий символ. Наприклад, *відношення енергії конденсатора до напруги* на його обкладинках позначається як $\frac{W}{C}$. Якщо ж буде

сказано, що фізична величина подвоєна, то це означає, що її треба помножити на 2. Наприклад, *подвоєна ємність* конденсатора позначається як $2C$.

6. *Запишіть фразу (на зразок такої, як у попередньому завданні)*

фізичну формулу: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, де T — період гармонічних коливань математичного маятника, l — його довжина, g — прискорення вільного падіння.

Для успішного виконання завдань такого типу треба знати математичні символи та вміти їх словесно формулювати. Правильною відповіддю може бути така: “Період гармонічних коливань математичного маятника *дорівнює добутку подвоєного числа π та кореня квадратного з відношення довжини маятника до прискорення вільного падіння*”.

7. *Переведіть у SI, записавши відповідь у стандартному вигляді (як*

$a \cdot 10^n$, де $1 \leq a < 10$, $n \in Z$): $0,12 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} =$

Примітка. *Одиниці SI, в яких потрібно записати відповідь, містяться серед таких: Вт, А, Па.*

Досить часто при розв’язуванні розрахункових задач з фізики доводиться числові значення фізичних величин переводити у Міжнародну систему одиниць (SI). Для правильного виконання цієї дії треба знати позначення одиниць фізичних величин, які прийняті в SI. Наприклад, знати що Н — позначення для одиниці сили, Дж — енергії або механічної роботи, Па — тиску, Вт — потужності, Кл — електричного заряду тощо.

Необхідно пам’ятати основні фізичні формули і вміти швидко усно виводити з них інші. До формул, які треба пам’ятати, в першу чергу відносяться

“формули-означення” фізичних величин, наприклад: $p = \frac{F}{S}$ (тиск = $\frac{\text{сила}}{\text{площа}}$,

відповідно: $\text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$); $A = F \cdot L$ (робота = сила · відстань, відповідно:

$\text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м}$); $N = \frac{A}{t}$ (потужність = $\frac{\text{робота}}{\text{час}}$, відповідно: $\text{Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$); $I = \frac{q}{t}$

(сила струму = $\frac{\text{заряд}}{\text{час}}$, відповідно: $\text{А} = \frac{\text{Кл}}{\text{с}}$).

Безумовно, треба знати формулу для другого закону Ньютона, яка дозволяє виразити одиницю вимірювання сили через основні одиниці SI: $\text{Н} = \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$, бо $F = ma$ (сила = маса · прискорення). До речі, SI має сім основних одиниць (кг, м, с, А, моль, К, кд), з яких тільки перші чотири використовувались нами у вправах розглядуваного типу. Зазначимо також, що наведені вище формули записані в такому вигляді, який дозволяє правильно знайти зв’язок між одиницями фізичних величин, але вони не претендують на те, що без змін можуть використовуватися для інших цілей. Наприклад,

наведена формула для сили електричного струму може використовуватися тільки у тому випадку, якщо ми маємо справу з постійним струмом; робота навіть *сталі* сили є *скалярним* добутком двох *векторів*: сили і переміщення тощо. Але подібні обмеження на використання формул не впливають на одиниці вимірювання.

Потрібне також знання деяких префіксів, що використовуються для утворення десяткових кратних і дольних одиниць. У наших вправах ми обмежувалися префіксами, що означають такі множники: 10^3 (назва префікса — “кіло-”; позначення — к), 10^{-3} (“мілі-”; м), 10^{-2} (“санти-”; с), 10^6 (“мега-”; М), 10^{-6} (“мікро-”; мк).

Але треба бути уважним при переведенні в SI одиниць площі та об’єму. Порівняйте: $\text{км} = 10^3 \text{ м}$, але $\text{км}^2 = 10^6 \text{ м}^2$, $\text{км}^3 = 10^9 \text{ м}^3$; $\text{см} = 10^{-2} \text{ м}$, але $\text{см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$, $\text{см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$. Справа в тому, що, наприклад, км^2 треба сприймати як $(\text{км})^2$, а не як $\text{к}(\text{м})^2$, тобто префікс “кіло-” відноситься не до *квадратного* метра $(\text{м})^2$, а до звичайного (лінійного) метра (м), який є одиницею вимірювання довжини. А показник степеня “2” використовується замість скорочення “кв.”; тобто іноді пишуть “кв.км”, а іноді — “ км^2 ”, що читається однаково: “квадратний кілометр”. Відповідно, $\text{км}^2 = (10^3 \cdot \text{м})^2 = 10^6 \text{ м}^2$.

При переведенні в SI одиниць часу також існують певні проблеми. Використовуються префікси “мілі-” та “мікро-” для утворення одиниць мілісекунда (мс) та мікросекунда (мкс), але префікси “санти-”, “кіло-”, “мега-” з секундою не вживаються.

Здавалося б, що складного у розглядуваній вправі? Треба лише виконати ланцюжок примітивних операцій:

$$0,12 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 1,2 \cdot 10^{-1} \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 1,2 \cdot 10^{-1} \frac{\text{Н}}{(10^{-2} \text{ м})^2} = 1,2 \cdot 10^{-1} \frac{\text{Н}}{10^{-4} \text{ м}^2} = 1,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Па}.$$

Усього п’ять маленьких кроків до успіху! Але навіть випадкова помилка на одному з цих кроків призведе до невірної відповіді. І якщо виконати відповідні операції механічно, не задумуючись, то таку помилку важко помітити.

Що ж робити? Ми пропонуємо такий план. Спочатку треба з’ясувати, яка одиниця вимірювання буде в остаточній відповіді (Вт, А, Па). У даному випадку буде паскаль, бо $\text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$, що відрізняється від $\frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$ тільки числовим коефіцієнтом.

Цей коефіцієнт буде більше або менше одиниці? Таке запитання дуже корисно ставити перед собою, бо воно надає можливість підключити уяву. Дійсно, уявіть собі квадрат зі стороною 1 м, який поділений на однакові маленькі квадратики зі сторонами 1 см. Скільки маленьких квадратиків? Зрозуміло, що $100 \cdot 100$, тобто 10^4 . А якщо на кожний маленький квадратик (площа якого 1 см^2) припадає сила 1 Н, то скільки буде припадати на великий

(площа якого 1 м^2)? Стільки ж ньютонів скільки маленьких квадратиків! Тобто 10^4 Н . Таким чином, $\frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 10^4 \text{ Па}$. Залишилося лише $0,12$ помножити на 10^4 і записати так, щоб відповідь мала стандартний вигляд. Зрозуміло, що в нашому випадку $a = 1,2$, бо $1 \leq a < 10$. Це означає, що множити треба так: $0,12 \cdot 10^4 = 0,12 \cdot 10 \cdot 10^3 = 1,2 \cdot 10^3$. Остаточо будемо мати $0,12 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Па}$.

8. Виберіть до виразу одну з таких одиниць: м, кг, с, Ом, А, Н, Дж, Па, Гн, Ф, Тл, Вб, Кл, К, В, Вт, Гц. Примітка: G — гравітаційна стала, l — довжина, F — сила.

$$\left[l \sqrt{\frac{F}{G}} \right] =$$

Як бачимо, в умові завдання крім фізичних сталих використовуються фізичні величини (у нашому випадку — довжина та сила), що відрізняє його від попереднього. Для успішного виконання цього завдання необхідне знання формул, до яких входять подані в умові фізичні величини та сталі, і вміння виконувати найпростіші математичні операції.

У нашому прикладі величини F і G входять до формули, яка виражає закон всесвітнього тяжіння ($F = G \frac{mM}{R^2}$), де m та M — маси взаємодіючих точкових тіл, R — відстань між ними. Тоді можна записати, що $[F] = \left[G \frac{m^2}{R^2} \right]$.

Користуючись отриманим результатом, перетворимо поданий в умові вираз:

$$\left[l \sqrt{\frac{F}{G}} \right] = \left[l \sqrt{\frac{G \frac{m^2}{R^2}}{G}} \right] = \left[l \sqrt{\frac{m^2}{R^2}} \right] = \left[l \cdot \frac{m}{R} \right]. \quad \text{Оскільки} \quad [l] = [R] = \text{м}, \quad \text{маємо}$$

$$\left[l \cdot \frac{m}{R} \right] = [m] = \text{кг}. \quad \text{Отже, отримали, що} \quad \left[l \sqrt{\frac{F}{G}} \right] = \text{кг}.$$

9. Виразіть із рівняння $W = \frac{LI^2}{2}$ величину I через інші.

Ця вправа стосується найпримітивніших операцій, які можна виконувати з рівняннями, але навіть з такими вправами не всі учні можуть упоратися.

Якщо нам потрібно виразити I через інші величини, що входять до формули, то треба послідовно “витягувати” цю величину з того “оточення”, в якому вона заходиться:

$$W = \frac{LI^2}{2} \Rightarrow 2W = LI^2 \Rightarrow \frac{2W}{L} = I^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{2W}{L}} = I.$$

Тут ми крок за кроком виконали необхідні операції з обома частинами рівняння: помножили на 2, поділили на L , добули квадратний корінь.

Ми вважали I додатною величиною, тому перед радикалом (квадратним коренем) не поставили “ \pm ”. Таким чином, $I = \sqrt{\frac{2W}{L}}$.

Але такий ланцюжок умовиводів, як ми навели, необхідно навчитися швидко “прокручувати” в голові, а не тільки на папері. У протилежному випадку Ви не будете на лекціях встигати за ходом думки викладача.

10. Зробіть ескіз графіка залежності від часу координати

$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ ($t \geq 0$), якщо $a_x > 0$, $v_{0x} > 0$, $x_0 > 0$.

Перш за все, слід звернути увагу на те, що розглядувана залежність координати від часу може відповідати рівноприскореному рухові тіла вздовж осі Ox з початковою координатою x_0 , початковою швидкістю v_{0x} та прискоренням a_x . Це стане у пригоді під час подальшого дослідження функції.

Якщо $a_x \neq 0$, то графіком поданої залежності буде парабола. Для побудови її ескізу необхідно знати такі характеристики: точку перетину з віссю Ox (у нашому випадку — з вертикальною віссю ординат), “поведінку” параболи у початковий момент часу ($t = 0$) та її орієнтацію на координатній площині.

Положення точки перетину даної параболи з віссю координати визначається значенням функції $x(t)$ при $t = 0$, тобто початковою координатою тіла (дійсно, $x(0) = x_0 + v_{0x} \cdot 0 + \frac{a_x \cdot 0^2}{2} = x_0$). Отже, якщо $x_0 > 0$, точка перетину знаходиться вище осі часу; якщо $x_0 < 0$ — нижче неї; якщо $x_0 = 0$ — співпадає з початком координат.

Яким чином буде відбуватися згадуваний вище перетин? Зростає чи спадає функція при малому значенні аргументу? З математичної точки зору відповісти на це запитання можна, знаючи рівняння дотичної до даної параболи в початковий момент часу. Але відповідь можна отримати і з фізичних міркувань. Достатньо тільки уявити собі рух тіла, який описується поданою в умові формулою. Таким є, наприклад, рух у вертикальному напрямку під дією сили тяжіння. Очевидно, що в початковий момент часу тіло рухатиметься за напрямком швидкості, тобто, коли початкова швидкість $v_{0x} > 0$, координата тіла буде збільшуватись (відповідно, функція $x(t)$ зростатиме). І навпаки, у випадку $v_{0x} < 0$, функція $x(t)$ спадатиме при малих t . Якщо ж $v_{0x} = 0$, то дотична до графіка буде горизонтальною.

Залишається питання щодо орієнтації гілок параболи. Як визначити, вниз чи вгору вони спрямовані? Знову звернемося до фізичного змісту поданої залежності координати від часу. Якщо прискорення тіла напрямлене у бік збільшення координати (тобто $a_x > 0$), то вона врешті-решт стане додатною. Це

означає, що гілки параболи спрямовані вгору. Якщо ж прискорення тіла від'ємне ($a_x < 0$), аналогічні міркування приводять до висновку, що гілки параболи у цьому випадку спрямовані донизу.

Ескіз графіка, що відповідає наведеним у завданні умовам, подано на рис. 3.10.

Наприкінці звернемо увагу на кілька нескладних, але цікавих питань, які Ви в змозі дослідити самостійно.

По-перше, розгляньте випадок, коли $a_x = 0$ (очевидно, що рух тіла буде рівномірним). Залежність координати тіла від часу буде лінійною $x(t) = x_0 + v_{0x} \cdot t$, отже її графіком буде пряма. Подальші дослідження та ескіз графіка зробіть самостійно.

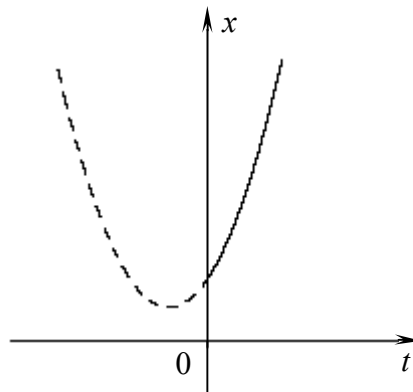


Рис. 3.10

По-друге, дослідіть також питання щодо перетину даної параболи з віссю часу (абсцис).

Для цього з'ясуйте, чи існують такі значення часу $t_i \geq 0$, що $x(t_i) = 0$, та від яких умов залежить їхня кількість? Зверніть також увагу на фізичний зміст розглядуваних питань.

11. Відповідаючи на запитання, запишіть кінцеву формулу та назвіть величини, які до неї входять. Якщо вважаєте за потрібне, зробіть додаткові пояснення.

Як знайти діелектричну проникність діелектрика, що заповнює плоский конденсатор, якщо відомі ємність конденсатора, відстань між пластинами і площа пластин?

Завдання такого типу перевіряють усвідомлене знання основних фізичних формул і навички їх перетворення. На жаль, у багатьох учнів існує установка на “фотографічне” запам’ятовування формул. Це призводить до того, що вони під час виконання вправ, подібних до наведеної, запитують якими буквами позначаються фізичні величини, які містяться в умові. Без цього вони не можуть пригадати потрібні формули.

А для тих учнів, хто за формулами бачить фізичний зміст, такі вправи є усними, і вони одразу можуть записати кінцеву відповідь. Дійсно, якщо знаєш

формулу для ємності плоского конденсатора ($C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$), то виразити з неї

діелектричну проникність діелектрика (ϵ) через ємність конденсатора (C), відстань між пластинами (d) і площу кожної з пластин (S) дуже просто:

$$\epsilon = \frac{Cd}{\epsilon_0 S}. \text{ Залишається лише вказати, що } \epsilon_0 \text{ — електрична стала.}$$

Щоб добре знати фізичні формули, треба не заучувати їх, покладаючись на механічну пам’ять, а більше працювати з ними: виводити їх, розмірковувати над ними. Спеціальні дослідження показали, що ті, хто займається зубрячкою,

погано виконують завдання навіть на звичайне відтворення формул, якщо тестування проводиться за весь шкільний курс. Характерним є те, що такі учні не тільки зовсім не пам'ятають багатьох формул, а й не помічають помилок у тих формулах, які вони, на їхню думку, пригадали. З іншого боку, ті, хто ніколи спеціально не заучував формули, а розмірковував над ними, досить швидко і без помилок виводять їх, якщо навіть не можуть записати одразу.

12. Розв'яжіть систему рівнянь і виразіть шукану величину через ті, що стоять у дужках, а також математичні та фізичні константи:

$$\left\{ \begin{array}{l} Mv = mi \\ \frac{l_1}{l_2} = \frac{v}{u} \\ L = l_1 + l_2 \end{array} \right. \Rightarrow l_1(L, m, M) - ?$$

Одна з проблем, яка виникає під час виконання завдань такого типу, полягає у тому, що деякі учні не розуміють умов завдання і тому навіть не намагаються його виконувати або лише бездумно пишуть співвідношення між окремими величинами, що входять до системи. Тому спочатку пояснимо, як потрібно розуміти умови завдання.

У математиці словосполучення “розв'язати систему рівнянь” означає, що треба знайти такі числові значення невідомих величин, при підстановці яких до рівнянь системи останні перетворюються у тотожності.

У фізиці системи рівнянь виникають, в основному, під час розв'язування задач. Причому часто трапляється так, що неможливо одразу скласти рівняння, до якого б входили тільки величини, подані в умові задачі, та деякі сталі. Тоді доводиться вводити нові невідомі величини (вони не повинні входити до кінцевої відповіді, тому у процесі розв'язування системи рівнянь їх потрібно виключати). Ці величини виконують допоміжну функцію: дозволяють записати декілька співвідношень між величинами, що входять до умови, а також пов'язують шукану в задачі величину з даними в умові.

Отже, словосполучення “виразіть шукану величину через ті, що стоять у дужках, а також математичні та фізичні константи” означає, що невідому величину потрібно подати у вигляді комбінації величин, що стоять у дужках (вони вважаються відомими), а також математичних та фізичних констант (якщо є така необхідність). Інші величини не повинні входити до отриманого виразу.

Ми визначили, що у фізиці фраза “розв'язати систему рівнянь” означає виразити шукану величину через ті, що вважаються відомими.

Тепер перейдемо до розв'язку конкретної системи рівнянь. Ми вже визначили, що величину l_1 , яка є невідомою, необхідно подати у вигляді комбінації величин L , m та M (у цій системі рівнянь фізичні сталі відсутні). Величини v , u та l_2 є допоміжними, тому їх треба послідовно виключати з рівнянь системи.

У другому рівнянні бачимо комбінацію допоміжних величин $\frac{v}{u}$, яку можна виразити з першого рівняння через відомі величини:

$$Mv = mu \Rightarrow \frac{v}{u} = \frac{m}{M}.$$

Тоді отримаємо систему, що складається з двох рівнянь:

$$\begin{cases} l_1 = \frac{m}{M} \\ l_2 = \frac{m}{M} \\ L = l_1 + l_2 \end{cases}.$$

Тепер з першого рівняння отриманої системи можна виразити допоміжну величину, що залишилася: $\frac{l_1}{l_2} = \frac{m}{M} \Rightarrow l_2 = l_1 \cdot \frac{M}{m}$. Маємо рівняння

$L = l_1 + l_1 \cdot \frac{M}{m}$, звідки знайдемо шукану величину:

$$L = l_1 \left(1 + \frac{M}{m} \right) = l_1 \cdot \frac{m + M}{m} \Rightarrow l_1 = L \cdot \frac{m}{m + M}.$$

13. Виберіть до виразу одну з наступних одиниць: м, кг, с, Ом, А, Н, Дж, Па, Гн, Ф, Тл, Вб, Кл, К, В, Вт, Гц.

$$\left[\frac{c^3 \cdot e^4}{\varepsilon_0^2 \cdot h^2 \cdot G} \right] =$$

Примітка: e — заряд електрона, c — швидкість світла в вакуумі, h — стала Планка, G — гравітаційна стала, ε_0 — електрична стала.

Квадратні дужки означають, що ми маємо справу тільки з одиницями вимірювання фізичних констант, а числові значення не враховуватимуться. Якщо знати, в яких одиницях вимірюється кожна константа, можна спробувати “розписати” їхню комбінацію через основні одиниці SI. Потім замінити отриману відповідь тільки однією одиницею з наведеного списку. Але цей шлях нераціональний, хоча формально правильний.

Можна спробувати “пробитися” іншим, коротшим шляхом, використовуючи знання фізичних формул. Звернемо увагу на той факт, що всі константи у примітці входять до різноманітних формул для розрахунку енергії:

$m_e c^2$ (спокую електрона), $h\nu$ (фотона), $\left(-G \frac{mM}{r} \right)$ (гравітаційної взаємодії

двох матеріальних точок), $\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r} \right)$ (взаємодії двох нерухомих точкових зарядів).

Зрозуміло, що $[mM] = [m_e^2]$, а $[q_1 q_2] = [e^2]$. Тому ми можемо записати:

$$[m_e c^2] = [h\nu] = \left[G \frac{m_e^2}{r} \right] = \left[\frac{e^2}{\varepsilon_0 r} \right] = \text{Дж}.$$

Тож у завданні треба умовно виділити або сформувані “блоки”, що за одиницями вимірювання відповідають енергії, і в які входять використані константи. Якщо пощастить знайти такі комбінації і в чисельнику, і в знаменнику, то їх можна буде скоротити, тим самим спростивши вираз. Якщо для утворення якоїсь комбінації знадобиться певна величина, то її можна дописати одночасно в знаменник та чисельник.

Останнє, що може стати у пригоді у конкретній розглядуваній вправі, так це формула зв'язку довжини хвилі та частоти: $c = \lambda \cdot \nu$. Одиниці довжини хвилі такі самі, як і одиниці відстані, отже, маємо: $[c] = [r \cdot \nu]$.

Подивіться уважно на запропоновану комбінацію $\left[\frac{c^3 \cdot e^4}{\varepsilon_0^2 \cdot h^2 \cdot G} \right]$. У чисельнику при наявності ще одного c та m_e^2 утворюється квадрат енергії ($m_e^2 \cdot c^4$), а також якщо в знаменнику стояв би r^2 — ще один квадрат енергії ($\frac{e^4}{\varepsilon_0^2 r^2}$). Тому ми можемо записати наступний крок, помноживши чисельник та знаменник на необхідні c , m_e^2 та r^2 :

$$\left[\frac{c^3 \cdot e^4}{\varepsilon_0^2 \cdot h^2 \cdot G} \cdot \frac{c \cdot m_e^2 \cdot r^2}{c \cdot m_e^2 \cdot r^2} \right] = \left[\frac{m_e^2 \cdot c^4 \cdot \frac{e^4}{\varepsilon_0^2 r^2}}{h^2 \cdot G} \cdot \frac{r^2}{m_e^2 \cdot c} \right] = \left[\frac{E^4 \cdot r^2}{h^2 \cdot G \cdot m_e^2 \cdot c} \right],$$

де E — енергія. Тепер у знаменнику можна утворити комбінацію, що дає розмірність енергії ($G \frac{m_e^2}{r}$), яку потім можна скоротити з енергією у

чисельнику. Залишається вираз $\left[\frac{E^3 \cdot r}{c \cdot h^2} \right]$. Пригадаємо, що $\left[\frac{r}{c} \right] = \left[\frac{1}{\nu} \right]$. Тому

$\left[\frac{E^3 \cdot r}{c \cdot h^2} \right] = \left[\frac{E^3}{\nu \cdot h^2} \right]$. Помноживши останній вираз на $\left[\frac{\nu}{\nu} \right]$ скорочуємо на E^2 , бо

$[E^2] = [h^2 \cdot \nu^2]$. Залишається $[E \cdot \nu]$. Цей вираз має одиницю вимірювання Дж/с, тобто Вт. Ця одиниця входить до переліку одиниць у примітці. Остаточно

маємо: $\left[\frac{c^3 \cdot e^4}{\varepsilon_0^2 \cdot h^2 \cdot G} \right] = \text{Вт}$.

Треба намагатися якомога більше операцій прокручувати в думці і не розписувати все так докладно. Ми це робили, щоб розкрити ідею розв'язку.

14. Матеріальна точка рухається так, що її координата змінюється за законом: $x(t) = 3 + t + 0,3e^{-2t}$. Запишіть вираз для дотичної до графіка цієї залежності в початковий момент ($t = 0$) у вигляді $\tilde{x} = A + Bt$. Який фізичний зміст мають константи A і B ?

Останнє запитання допомагає виконати вправу. Дійсно, порівняємо вираз $\tilde{x} = A + Bt$ з таким: $\tilde{x} = x_0 + v_{0x}t$. З цього порівняння видно, що A — початкова координата $x(0)$, а B — початкова проекція швидкості на вісь x . Щоб знайти A , треба тільки підставити $t = 0$ у вираз для $x(t)$: $x(0) = 3 + 0 + 0,3 \cdot e^0 = 3,3$ (м).

А для того, щоб знайти B , необхідно спочатку знайти похідну за часом від $x(t)$: $v_x(t) = \dot{x}(t) = 1 - 0,6 \cdot e^{-2t}$ (точка над x означає похідну за часом!). Після цього підставляємо $t = 0$:

$$B = v_x(0) = \dot{x}(0) = 1 - 0,6 \cdot e^0 = 0,4 \text{ (м/с)}.$$

Таким чином, дотичною буде пряма $\tilde{x} = 3,3 + 0,4t$.

Корисно знати, що функція $y(x)$, яка має похідну будь-якого порядку при $x = 0$, може бути наближена поліномом $C_0 + C_1x + C_2x^2 + C_3x^3 + \dots$. Заміну $y(x)$ таким поліномом називають розвиненням у ряд Маклорена. Порівнюючи значення вихідної функції і полінома при $x = 0$, отримуємо $C_0 = y(0)$. Порівнюючи значення перших похідних при $x = 0$, знайдемо, що $C_1 = y'(0)$.

Продовжуючи цю процедуру, маємо $C_2 = \frac{y''(0)}{2!}$, $C_3 = \frac{y'''(0)}{3!} = \frac{y'''(0)}{1 \cdot 2 \cdot 3} = \frac{y'''(0)}{6}, \dots$,

$$C_n = \frac{y^{(n)}(0)}{n!}, \dots$$

Оскільки будь-яка похідна від e^x дорівнює e^x , а $e^0 = 1$, то $e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \dots$. Зрозуміло, що для нашої вправи достатньо обмежитися першими двома членами ряду: $e^{-2t} \approx 1 - 2t$. Тоді $\tilde{x} = 3 + t + 0,3 \cdot (1 - 2t) = 3,3 + 0,4t$.

Легко отримати розвинення в ряд Маклорена і для інших функцій. Зокрема,

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots; \quad \cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots$$

Але, якщо нам треба знайти дотичну до графіка в точці з абсцисою $x = 0$, то нам достатньо скористатися такими наближеннями: $\sin x \approx x$; $\cos x \approx 1$.

Наприклад, знайти дотичну до графіка функції $x(t) = 7 - 5t + 3 \sin 2t - 4 \cos 3t$ у точці з $t = 0$ за допомогою ряду Маклорена дуже просто: $\tilde{x} = 7 - 5t + 3 \cdot 2t - 4 = 3 + t$. Як бачимо, такі вправи можна виконувати усно.

15. Не розв'язуючи повністю задачу, вкажіть відповідь у тому конкретному випадку, який запропонований у дужках після умови.

Паралельно з'єднані конденсатор ємністю C і резистор опором R під'єднані до джерела струму з ЕРС \mathcal{E} і внутрішнім опором r . Визначити

заряд на обкладках конденсатора. $(\frac{R}{r} \rightarrow 0)$

Одним з обов'язкових етапів розв'язування фізичних задач є оцінка вірогідності отриманої відповіді. Але в реальній шкільній практиці про нього часто забувають, бо в більшості випадків є можливість звіритися з відповіддю, яку можна знайти в підручнику чи задачнику.

Майже всіх учнів вчать в школі перевіряти кінцеву формулу на розмірність, а ось перевіряти на окремі та граничні випадки вчать далеко не всіх. Щоб виконати таку перевірку, треба спочатку себе запитати: “Що чекати від відповіді задачі?”. У завданні запропонованого типу розглядається лише один аспект цього питання: “Яку відповідь буде мати спрощена задача?”. Звернемось до наведеної умови конкретної фізичної задачі.

У спрощеному варіанті пропонується розглянути випадок: $\frac{R}{r} \rightarrow 0$. Така умова означає, що джерело струму буде фактично накоротко замкненим. При цьому ЕРС джерела струму буде дорівнювати падінню напруги на внутрішньому опорі, а напруга на резисторі буде дорівнювати нулю. Таким чином, конденсатор виявляється фактично не зарядженим. Іншими словами, правильна відповідь для заряду конденсатора у вихідній задачі повинна прямувати до нуля за умови $\frac{R}{r} \rightarrow 0$. Ось і вся вправа! Вона, як бачите, виконується усно.

Припустимо, що хтось розв'язав вихідну задачу і отримав таку відповідь: $q = \frac{CEr}{R+r}$. Вона витримує перевірку на розмірність, але $\lim_{\frac{R}{r} \rightarrow 0} \frac{C\varepsilon}{\frac{R}{r} + 1} = C\varepsilon$. Тому

цю відповідь треба визнати невірною, бо вона не пройшла перевірку на граничний випадок. Правильна відповідь вихідної задачі така: $q = \frac{C\varepsilon R}{R+r}$. Легко

бачити, що $\lim_{\frac{R}{r} \rightarrow 0} \frac{C\varepsilon R}{R+r} = 0$, як і повинно бути.

Треба зазначити, що перевірка на граничні та окремі випадки не гарантує правильності знайденої кінцевої формули, але вона допомагає в багатьох випадках помітити її помилковість.

Розглянемо тут ще один варіант цієї ж вправи. Вихідною задачею буде та сама, але пропонується отримати відповідь для випадку $\frac{r}{R} \rightarrow 0$.

Якщо r набагато менше за R ($r \ll R$), а це те саме, що $\frac{r}{R} \rightarrow 0$, то падіння напруги на внутрішньому опорі буде значно менше за напругу на резисторі та, відповідно, на конденсаторі. Таким чином, на конденсаторі буде напруга, що дорівнює ЕРС джерела струму, а значить, $q = C\varepsilon$.

Легко встановити, що відповідь вихідної задачі, яку ми навели як правильну, витримує перевірку і на цей граничний випадок: $\lim_{r/R \rightarrow 0} \frac{C\varepsilon R}{R+r} = C\varepsilon$.

Радимо не тільки переглянути всі завдання цього типу, які розміщені у додатках до нашого посібника, а і потренуватися у прогнозуванні властивостей відповідей інших фізичних задач. А після отримання кінцевої відповіді в кожній задачі перевірте, чи має вона прогнозовані властивості, зокрема, чи витримує перевірку на граничні та окремі випадки.

16. Виберіть до виразу одну з наступних одиниць: м, кг, с, Ом, А, Гц, Н, Дж, Па, Гн, Ф, Тл, Вб, Кл, К, В, Вт.

$$\sqrt{\frac{\text{Ом} \cdot \text{А} \cdot \text{Н}}{\text{Па} \cdot \text{В}}} =$$

Створення завдань такого типу пов'язано з тим, що при розв'язуванні задач виникає необхідність перевірки фізичної формули на розмірність. У школі, частіше за все, навчають користуватися певним алгоритмом: розписати всі похідні одиниці через основні, потім спростити отриманий вираз і замінити його однією одиницею SI. Формально цей шлях правильний, але довгий і такий, що збільшує ймовірність помилки при виконанні математичних операцій. А її потім буває ой як нелегко знайти!

Існує інший спосіб розв'язування таких завдань. Його ідею можна описати наступним чином: певні комбінації одиниць (як основних, так і похідних) замінюються однією за допомогою фізичної формули. Але все-таки зручніше це пояснити на прикладі.

Користуючись знайомою формулою, що виражає закон Ома для ділянки електричного кола ($I = \frac{U}{R}$), отримаємо, що $\text{Ом} \cdot \text{А} = [R] \cdot [I] = [RI] = [U] = \text{В}$ (квадратні дужки означають, що ми маємо справу тільки з одиницями фізичних величин без урахування числових коефіцієнтів). Після цього скорочуємо В в чисельнику і знаменнику, отримуючи вираз $\sqrt{\frac{\text{Н}}{\text{Па}}}$. Далі використовуємо

означення тиску як відношення сили до площі ($p = \frac{F}{S}$), і тоді $\text{Н} = [F] = [p \cdot S] = [p] \cdot [S] = \text{Па} \cdot \text{м}^2$. Скорочуючи Па в чисельнику і знаменнику, отримуємо $\sqrt{\text{м}^2} = \text{м}$. Вказана одиниця вимірювання є у наведеному в умові списку.

Отже, для успішного виконання цього завдання необхідно знати основні фізичні формули, одиниці фізичних величин та вміти виконувати прості математичні операції.

17. Матеріальна точка рухається так, що її координата змінюється за законом $x(t) = 8t^2 - 16t + 1$. Знайдіть мінімальне значення координати, якщо $t \geq 0$.

Порівняємо залежність координати x від часу t , наведену в умові вправи, з формулою для рівноприскореного руху: $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Тоді отримаємо, що початкова (при $t = 0$) координата матеріальної точки $x_0 = 1$ м, початкова проекція швидкості на вісь x : $v_{0x} = -16$ м/с, а проекція прискорення на ту саму вісь: $a_x = 16$ м/с² (бо $8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{a_x}{2}$). Тут ми навмисне написали одиниці вимірювання, щоб підкреслити, що іноді в умовах задач у формулах використовують числові значення фізичних величин, а одиниці вимірювання не пишуть. Слід знати, що у таких випадках маєтися на увазі, що числові значення подані в певній системі одиниць (у даному випадку — в SI).

Для *формального* виконання цієї вправи немає необхідності здійснювати таке порівняння, як ми зробили. Але бачити конкретний фізичний процес за математичною формулою буває дуже корисним. Ми можемо легко зрозуміти, що координата спочатку буде зменшуватися, бо початкова проекція швидкості $v_{0x} < 0$, а через деякий час вона буде збільшуватися, бо на матеріальну точку діє сила, що має додатну проекцію на вісь x (бо $a_x > 0$). Таким чином, координата x буде мати мінімум при деякому додатному значенні t . А ось, якщо б початкова проекція швидкості була додатною ($v_{0x} > 0$) разом із проекцією прискорення ($a_x > 0$), то під час руху координата x завжди збільшувалася б (нагадуємо, що $t \geq 0$). Це означало б, що значення координати мінімальне на початку руху, тобто $x_{\min} = x_0$. Наприклад, коли $x(t) = 3t^2 + 18t + 2$, можна відразу записати відповідь: $x_{\min} = 2$ м.

Але у розглядуваній вправі для знаходження мінімального значення координати необхідно виконати деякі математичні дії. Які саме — залежить від Ваших особистих уподобань. Хтось, наприклад, пам'ятає з уроків математики формулу для ординати вершини параболи. У цьому випадку треба бути уважним до позначень. Для точок параболи з нашої вправи через x позначаються їхні ординати, а в математичних вправах через x позначали абсциси. Відповідно, треба пригадувати формулу саме для *ординати* вершини параболи $y = ax^2 + bx + c$ (у звичних з уроків математики позначеннях)

($y_e = c - \frac{b^2}{4a}$), а не для абсциси ($x_e = -\frac{b}{2a}$).

У математичних вправах аргументом був x , а в нашій вправі цю роль виконує t . Зважаючи на це, у задану формулу треба підставляти такі значення:

$a = 8$, $b = -16$, $c = 1$. Таким чином, $x_{\min} = 1 - \frac{(-16)^2}{4 \cdot 8} = -7$ (м). Нагадуємо, що

$4 = 2 \cdot 2$, а $2 \cdot 8 = 16$, тому не треба 16 підносити до квадрата: $\frac{16^2}{4 \cdot 8} = \frac{16 \cdot 16}{2 \cdot 16} = 8$.

Ми робимо це зауваження, бо досвід показує, що учні надто часто застосовують

калькулятор і у тих випадках, коли без нього обчислення можна зробити навіть швидше.

Однак, слід підкреслити, що наведений спосіб ми не вважаємо найкращим. Таке ставлення до нього пов'язане з тим, що в багатьох випадках школярі механічно запам'ятовують математичні та фізичні формули. При такому підході немає можливості перевірити, чи правильно згадана формула. Краще пам'ятати, що координати вершини параболи можна знайти за допомогою виділення повного квадрата, і скористатися цим прийомом у нових умовах. Дійсно, вираз $x(t) = 8t^2 - 16t + 1$ легко переписати у вигляді $8(t - t_{\min})^2 + x_{\min}$. Це можна зробити, наприклад, так: розкрити дужки в останньому виразі, а потім порівняти його з попереднім. Тоді отримаємо: $8 \cdot 2t_{\min} = 16$ і $8 \cdot t_{\min}^2 + x_{\min} = 1$. Відповідно, $t_{\min} = 1$ (с) і $x_{\min} = -7$ (м). За своїм фізичним змістом x_{\min} і є мінімальне значення координати, а t_{\min} — значення часу, за якого досягається мінімум координати. Дійсно, якщо $x(t) = 8(t - 1)^2 - 7$, то $x \geq -7$, бо $8(t - 1)^2 \geq 0$. Причому, коли $t = 1$, $x = -7$.

Можна запропонувати інший шлях. Зрозуміло, що при мінімальному значенні координати, проекція швидкості буде дорівнювати нулю. Дійсно, якщо координата зменшується, то проекція швидкості v_x від'ємна величина, а якщо збільшується, то додатна. Швидкість руху матеріальної точки дорівнює похідній від $x(t)$ за часом $v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(8t^2 - 16t + 1) = 16t - 16$.

Звернемо увагу на те, що $\frac{d}{dt}$ має сприйматися як символ диференціювання за часом, а не як відношення величини d до добутку величин d і t , тому скорочувати d в чисельнику і знаменнику не можна. Часто символом диференціювання за часом у фізиці виступає точка над буквою тієї величини, похідну від якої обчислюють. Використовуючи такі позначення, можна було б записати: $v_x = \dot{x} = 16t - 16$.

З цього легко знайти t_{\min} , розв'язуючи отримане рівняння: $16 \cdot t_{\min} - 16 = 0$. Знайдене значення $t_{\min} = 1$ підставимо у вираз для $x(t)$ і одержимо кінцеву відповідь: $x_{\min} = 8 - 16 + 1 = -7$ (м).

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасьєва Н.І. Залежність якості засвоєння школярами і студентами навчального матеріалу з фізики від рівня розвитку їхнього формального мислення / Н.І. Афанасьєва, І.П. Кенєва, Ю.П. Мінаєв // Вісник Чернігівського державного університету імені Т. Г. Шевченка. Випуск 13. Серія: педагогічні науки : Збірник. У 2-х т. — Чернігів : ЧДПУ. — 2002. — № 13. — Т.2. — С. 167—172.
2. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения : пособие для учителя. — М. : Просвещение, 1983. — 432 с.
3. Бесчастная Н.С. Физика в рисунках. — М. : Просвещение, 1981. — 121 с.
4. Блум Ф. Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер : пер. с англ. — М. : Мир, 1988. — 248 с.
5. Босенко Ф.З. Наочність при розв'язуванні задач з фізики. — К. : Рад. шк., 1971. — 119 с.
6. Бугаєв А. И. Об определении физических понятий / А. И. Бугаев, А. И. Ляшенко // Физика в школе. — 1978. — №4. — С. 66—68.
7. Бугайов О.І. Фізика. Астрономія : пробн. підручник для 8 кл. серед. шк. / О.І. Бугайов, М.Т. Мартинюк, В.В. Смолянець.— К. : Освіта, 1996. — 367 с.
8. Веккер Л.М. Психика и реальность : единая теория психических процессов. — М. : Смысл, 1998. — 685 с.
9. Веккер Л.М. Психические процессы : в 3 т. — Л. : Изд-во Ленинградского университета — . 1976. —
Т. 2. Мышление и интеллект. 1976. — 342 с.
10. Выготский Л.С. Психология. — М. : Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. — 1008 с.
11. Гальперин П.Я. Введение в психологию : учебное пособие. — М. : Книжный дом “Университет”, 2000. — 336 с.
12. Гельфман Э.Г. Психодидактика школьного учебника. Интеллектуальное воспитание учащихся / Э.Г. Гельфман, М.А. Холодная — СПб. : Питер, 2006. — 384 с.
13. ДСТУ 3651.0-97. Метрологія. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. — К. : Держстандарт, 1998. — С. 1—9. — (Національний стандарт України)
14. ДСТУ 3651.1-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення. — К. : Держстандарт, 1998. — С. 1—75. — (Національний стандарт України)
15. Доброхотова Т.А. Асимметрия мозга и асимметрия сознания человека / Т.А. Доброхотова, Н.Н. Брагина // Вопросы философии. — 1993. — №4. — С. 125—134.

16. Занков Л.В. Сочетание слова учителя и средств наглядности в обучении. — М. : АПН РСФСР, 1958. — 342 с.
17. Занков Л.В. Избранные педагогические труды. — М. : Педагогика, 1990. — 418 с.
18. Касперський А.В. Система формування знань з радіоелектроніки у середній та вищій педагогічних школах. — К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2002. — 325 с.
19. Кенєва І.П. Мінімальні вимоги до фізико-математичної підготовки випускників сучасної середньої школи у завданнях вступних іспитів до вищих навчальних закладів / І.П. Кенєва, Ю.П. Мінаєв, Н.І. Тихонська // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського державного університету : Серія педагогічна : Дидактики дисциплін фізико-математичної та технологічної освітніх галузей. — Кам'янець-Подільський: КПДУ, 2004. — Вип.10. — С. 68–71.
20. Кенєва І.П. Про вивчення основних понять молекулярно-кінетичної теорії, з якими учні мають бути знайомі з курсу хімії / І.П. Кенєва, Ю.П. Мінаєв, Н.І. Тихонська // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 36. Серія: педагогічні науки: Збірник у 2-х т. — Чернігів : ЧДПУ, 2006. — № 36. — Т. 1. — С. 104–110.
21. Кенєва І.П. Обучение школьников языку физики в свете результатов современных психологических и соционических исследований / И.П. Кенєва, Ю.П. Минаєв, Н.И. Тихонская // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського державного університету : Серія педагогічна : Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника фізики в світлі сучасної парадигми. — Кам'янець-Подільський : КПДУ, 2006. — Вип. 12. — С. 46–49.
22. Кікоїн І.К. Фізика : підруч. для 9 кл. серед. шк. / І.К. Кікоїн, А.К. Кікоїн — К. : Рад. шк., 1990. — 208 с.
23. Корніяка О.М. Лабіринти розуміння : текст як об'єкт розуміння. — К. : Знання, 1990. — 48 с.
24. Коршак Є.В. Фізика, 8 кл. : підручник для серед. загальноосвіт. шк. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко — Київ; Ірпінь : ВТФ “Перун”, 1999. — 200 с.
25. Костюк Г.С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості. — К. : Рад. шк., 1989. — 608 с.
26. Кривенко Д.Т. Становлення вихідних кількісних понять у фізиці. — К. : Наукова думка, 1997. — 143 с.
27. Купер Л. Физика для всех. В. 3 т. — М.: Мир, 1973. — Т.1. — 479 с.
28. Лекции по общей психологии / А.Р. Лурия. — СПб. : Питер, 2004. — 320 с.
29. Леонтьев А.Н. Избранные психологические произведения: в 2 т. — М. : Педагогика, 1983. — Т.1. — 1983. — 392 с.

30. Лотте Д.С. Основы построения научно-технической терминологии. — М. : Изд-во Академии наук СССР, 1962. — 158 с.
31. Ляшенко О.І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи : Логіко-дидактичні основи. — К. : Генеза, 1996. — 128 с.
32. Маклаков А.Г. Общая психология. — СПб. : Питер, 2001. — 592 с.
33. Марченко О.А. Вплив системи оцінювання навчальних досягнень на вибір методів навчання / О.А. Марченко, Ю.П. Мінаєв, М.М. Циганок // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. — Херсон: Айлант, 2001. — Випуск 24. — С. 37–44.
34. Марченко О.А. Застосування спеціальних завдань для активного оволодіння теоретичним матеріалом з фізики / О.А. Марченко, Ю.П. Мінаєв, М.М. Циганок // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету : Серія педагогічна : Дидактики дисциплін природознавчо-математичної та технологічної освітніх галузей. — Кам'янець-Подільський : КПДУ, 2000. — Вип.6. — С.165–169.
35. Минаев Ю.П. Максимизация знаний : выбор образовательной стратегии методом математического моделирования / Ю.П. Минаев, П.И. Самойленко, М.Н. Цыганок // Приложение к ежемесячному теоретическому и научно-методическому журналу “Среднее профессиональное образование”. — 2001. — №3. — С. 147–160.
36. Минаев Ю.П. Углубление знаний о свойствах реальных газов при работе с альтернативными учебниками / Ю.П. Минаев, Н.И. Тихонская, М.Н. Цыганок // Физика в школе. — 1999. — №5. — С. 43–46.
37. Налимов В.В. Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков. — М. : Наука, 1979. — 303 с.
38. Нижник В.Г. Дидактичні матеріали з фізики для 7 класу : посіб. для вчителів / В.Г. Нижник, Є.В. Коршак, В.Д. Сиротюк. — К. : Пед. преса, 1999. — 84 с.
39. Павлов И.П. Рефлекс свободы. — СПб. : Питер, 2001. — 432 с.
40. Перышкин А.В. Физика : учеб. для 8 кл. сред. шк. / А.В. Перышкин, Н.А. Родина— М. : Просвещение, 1989. — 191 с.
41. Петров Ю.А. Азбука логичного мышления. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. — 104 с.
42. Райс Ф. Психология подросткового и юношеского возраста. — СПб. : Питер, 2000. — 624 с.
43. Решетова З.А. Психологические основы профессионального обучения. — М. : МГУ, 1985. — 205 с.
44. Ротенберг В.С. Мозг, обучение, здоровье. / В.С. Ротенберг, С.М. Бондаренко— М. : Просвещение, 1989. — 239 с.
45. Русско-английский физический словарь. Ок. 76000 терминов / [авт.—сост. Новиков В.Д.] — М. : Руссо, 2001. — 928 с.
46. Салмина Н.Г. Виды и функции материализации в обучении. — М. : Изд-во Моск. у-та, 1981. — 136 с.

47. Салмина Н.Г. Знак и символ в обучении. — М. : Изд-во Моск. у-та, 1988. — 288 с.
48. Сальник І.В. Графічний метод дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики : Автореф. дис... канд. пед. наук : 13.00.02 / І.В. Сальник — К., 2000. — 20 с.
49. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии : учебное пособие. — М. : Народное образование, 1998. — 256 с.
50. Сергеев А.В. Методика ознакомления учащихся с языком физической науки / А.В. Сергеев, П.И. Самойленко // Методические рекомендации по физике. — Вып. 13. — М. : Высш. шк., 1990. — С. 48—88.
51. Сергієнко В.П. Курс фізики : навч. посібник. — К. : Майстер-клас, 2006. — 368 с.
52. Слепкань З.І. Методика навчання математики. — К. : Зодіак-ЕКО, 2000. — 512 с.
53. Советский энциклопедический словарь / [гл. ред. А.М. Прохоров]. — М. : Сов. энциклопедия, 1983. — 1600 с.
54. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа. — М. : Педагогика, 1974. — 192 с.
55. Талызина Н.Ф. Педагогическая психология: Учеб. для студ. сред. пед. учеб. заведений. — М. : Академия, 2001. — 288 с.
56. Тарасенкова Н.А. Теоретико-методичні основи використання знаково-символьних засобів у навчанні математики учнів основної школи : дис. ... д-ра. пед наук : 13.00.02 / Тарасенкова Ніна Анатоліївна. — Черкаси, 2003. — 500 с.
57. Тихомиров О.К. Психология мышления. — М. : Изд-во МГУ, 1984. — 270 с.
58. Усова А.В. Психолого-дидактические основы формирования у учащихся научных понятий : учеб. пособие. — Челябинск, 1988. — 89 с.
59. Френкель Я.И. Воспоминания, письма, документы. — Л. : Наука, 1986. — 492 с.
60. Фридман Л.М. Наглядность и моделирование в обучении. — М. : Знание, 1984. — 80 с.
61. Холодная М.А. Психология интеллекта. Парадоксы исследования. — СПб. : Питер, 2002. — 272 с.
62. Хуторской А.В. Современная дидактика : учебник для вузов. — СПб : Питер, 2001. — 544 с.
63. Шапар В.Б. Сучасний тлумачний психологічний словник. — Х. : Прапор, 2005. — 640 с.
64. Шаталов В.Ф. Куда и как исчезли тройки. — М. : Педагогика, 1979. — 136 с.
65. Шаталов В.Ф., Шейман В.М. Опорные сигналы по физике для 6 класса / В.Ф. Шаталов, В.М. Шейман. — К. : Рад. школа, 1978. — 79 с.
66. Шевандрин Н.И. Психодиагностика, коррекция и развитие личности. — М. : ВЛАДОС, 1999. — 512 с.

67. Шут М.І. “Мова” фізики : довідковий навчальний посібник / М.І. Шут, П.В. Бережний, А.В. Касперський. — К. : НПУ, 2000. — 37с.

68. Шут М.І. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах : навч. посіб. / Шут М.І., Сергієнко В.П. — К. : Шкільний світ, 2004. — 128 с.

69. Энциклопедический словарь юного филолога (языкознание) / [Сост. М.В. Панов]. — М. : Педагогика, 1984. — 352 с.

70. Griffiths D.H. Physics teaching: Does it hinder intellectual development? // American Journal of Physics. — Vol. 44. — No 1, 1976. — P. 81—85.

ДОДАТОК

Завдання для організації самостійної роботи

1. Як зміниться сила гравітаційної взаємодії F двох матеріальних точок, якщо відстань R між ними:

- 1) зменшиться у 2 рази? 2) зменшиться у 3 рази? 3) зменшиться у 4 рази?
- 4) зменшиться у 5 разів? 5) зменшиться у 6 разів? 6) збільшиться у 2 рази?
- 7) збільшиться у 3 рази? 8) збільшиться у 4 рази? 9) збільшиться у 5 разів?
- 10) збільшиться у 6 разів?

Примітка: $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$.

2. Як треба змінити відстань від точкового заряду q , щоб напруженість електричного поля E :

- 1) зменшилася у 2 рази? 2) зменшилася у 3 рази? 3) зменшилася у 4 рази?
- 4) зменшилася у 5 разів? 5) зменшилася у 6 разів? 6) збільшилася у 2 рази?
- 7) збільшилася у 3 рази? 8) збільшилася у 4 рази? 9) збільшилася у 5 разів?
- 10) збільшилася у 6 разів?

Примітка: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$.

3. Як треба змінити температуру T газу в ізобарному процесі ($p = \text{const}$), щоб концентрація його молекул n :

- 1) збільшилася у 2 рази? 2) збільшилася у 3 рази? 3) збільшилася у 4 рази?
- 4) збільшилася у 5 разів? 5) збільшилася у 6 разів? 6) зменшилася у 2 рази?
- 7) зменшилася у 3 рази? 8) зменшилася у 4 рази? 9) зменшилася у 5 разів?
- 10) зменшилася у 6 разів?

Примітка: $p = nkT$.

4. Тіло, що кинули з початковою швидкістю v_0 під кутом до горизонту α_1 , піднялося на висоту h_1 . На яку висоту підніметься це тіло, якщо кут буде дорівнювати α_2 , а початкова швидкість не зміниться?

- 1) $\alpha_1 = 30^\circ$, $h_1 = 2\text{ м}$, $\alpha_2 = 60^\circ$; 2) $\alpha_1 = 30^\circ$, $h_1 = 2\text{ м}$, $\alpha_2 = 45^\circ$; 3) $\alpha_1 = 45^\circ$, $h_1 = 2\text{ м}$, $\alpha_2 = 60^\circ$; 4) $\alpha_1 = 60^\circ$, $h_1 = 2\text{ м}$, $\alpha_2 = 30^\circ$; 5) $\alpha_1 = 60^\circ$, $h_1 = 2\text{ м}$, $\alpha_2 = 45^\circ$;
- 6) $\alpha_1 = 45^\circ$, $h_1 = 2\text{ м}$, $\alpha_2 = 30^\circ$; 7) $\alpha_1 = 30^\circ$, $h_1 = 4\text{ м}$, $\alpha_2 = 60^\circ$; 8) $\alpha_1 = 30^\circ$, $h_1 = 4\text{ м}$, $\alpha_2 = 45^\circ$; 9) $\alpha_1 = 45^\circ$, $h_1 = 4\text{ м}$, $\alpha_2 = 60^\circ$; 10) $\alpha_1 = 60^\circ$, $h_1 = 4\text{ м}$, $\alpha_2 = 30^\circ$.

Примітка: $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$.

5. Запишіть фізичною формулою фразу:

- 1) “Енергія електричного поля конденсатора дорівнює половині добутку його ємності та квадрата напруги на ньому”.
- 2) “Енергія електричного поля конденсатора дорівнює відношенню квадрата заряду до подвоєної електроємності”.
- 3) “Енергія розтягнутої пружини дорівнює половині добутку її коефіцієнта жорсткості та квадрата її видовження”.
- 4) “Енергія розтягнутої пружини дорівнює відношенню квадрата сили, що розтягує пружину, до подвоєного коефіцієнта жорсткості”.
- 5) “Кінетична енергія тіла дорівнює половині добутку його маси та квадрата його швидкості”.
- 6) “Кінетична енергія тіла дорівнює відношенню квадрата його імпульсу до подвоєної маси тіла”.
- 7) “Енергія магнітного поля соленоїда дорівнює половині добутку його індуктивності та квадрата сили струму, що проходить через нього”.
- 8) “Енергія магнітного поля соленоїда дорівнює відношенню квадрата власного магнітного потоку до подвоєної його індуктивності”.
- 9) “Енергія обертального руху тіла дорівнює половині добутку його моменту інерції та квадрата його кутової швидкості”.
- 10) “Енергія обертального руху тіла дорівнює відношенню квадрата моменту кількості руху до подвоєного його моменту інерції”.

Наведіть список використаних позначень.

6. Запишіть фразую (на зразок такої, як у попередньому завданні) фізичну формулу:

- 1) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, де T — період гармонічних коливань математичного маятника, l — його довжина, g — прискорення вільного падіння; 2) $E = mc^2$, де E — енергія спокою частинки, m — маса, c — швидкість світла у вакуумі; 3) $W = \frac{kx^2}{2}$, де W — потенціальна енергія розтягнутої пружини, x — її видовження, k — жорсткість пружини; 4) $W = \frac{\Phi^2}{2L}$, де W — енергія магнітного поля соленоїда, L — його індуктивність, Φ — магнітний потік; 5) $a = \frac{v^2}{R}$, де a — доцентрове прискорення тіла, що рухається по колу, v — його швидкість, а R — радіус кола.

7. Переведіть у SI, записавши відповідь у стандартному вигляді (як $a \cdot 10^n$, де $1 \leq a < 10$, $n \in \mathbb{Z}$):

- 1) $0,12 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} =$; 2) $0,03 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} =$; 3) $1,4 \frac{\text{Н}}{\text{дм}^2} =$; 4) $0,11 \frac{\text{Н}}{\text{км}^2} =$; 5) $0,72 \frac{\text{Кл}}{\text{год}} =$;
 6) $1,2 \frac{\text{Кл}}{\text{хв}} =$; 7) $7,2 \frac{\text{Дж}}{\text{год}} =$; 8) $0,12 \frac{\text{Дж}}{\text{хв}} =$; 9) $1,1 \frac{\text{Дж}}{\text{мс}} =$; 10) $0,9 \frac{\text{Дж}}{\text{мкс}} =$;
 11) $0,6 \frac{\text{МДж}}{\text{хв}} =$; 12) $0,02 \frac{\text{кН}}{\text{дм}^2} =$; 13) $0,4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} =$; 14) $3,6 \frac{\text{мКл}}{\text{год}} =$; 15) $70 \frac{\text{кН}}{\text{мм}^2} =$;
 16) $0,07 \frac{\text{Кл}}{\text{мс}} =$; 17) $2,4 \frac{\text{кДж}}{\text{хв}} =$; 18) $2,4 \frac{\text{кКл}}{\text{хв}} =$; 19) $0,36 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} =$; 20) $0,72 \frac{\text{МДж}}{\text{год}} =$;
 21) $1,7 \frac{\text{кВб}}{\text{мм}^2} =$; 22) $5,5 \frac{\text{кВб}}{\text{см}^2} =$; 23) $3,8 \frac{\text{МВб}}{\text{мм}^2} =$; 24) $5,7 \frac{\text{кДж}}{\text{м}} =$; 25) $23,4 \frac{\text{МДж}}{\text{м}} =$.

Примітка. Одиниці SI, в яких потрібно записати відповідь, містяться серед таких: Вт, А, Па.

8. Виберіть до виразу одну з таких одиниць: м, кг, с, Ом, А, Н, Дж, Па, Гн, Ф, Тл, Вб, Кл, К, В, Вт, Гц.

1) $\left[\frac{C}{\varepsilon_0} \right] =$. **Примітка:** ε_0 — електрична стала, C — ємність конденсатора.

2) $[\varepsilon_0 l] =$. **Примітка:** ε_0 — електрична стала, l — довжина.

3) $[\varepsilon_0 ES] =$. **Примітка:** ε_0 — електрична стала, E — напруженість електричного поля, S — площа.

4) $\left[\sqrt{\frac{e}{\varepsilon_0 E}} \right] =$. **Примітка:** e — заряд електрона, ε_0 — електрична стала, E — напруженість електричного поля.

5) $\left[G \frac{m^2}{l} \right] =$. **Примітка:** m — маса, G — гравітаційна стала; l — довжина.

6) $\left[m \sqrt{\frac{G}{F}} \right] =$. **Примітка:** m — маса, F — сила, G — гравітаційна стала.

7) $\left[\frac{h}{R^2 C^2} \right] =$. **Примітка:** h — стала Планка, C — ємність конденсатора, R — опір резистора.

8) $\left[\frac{h}{\sqrt{LC}} \right] =$. **Примітка:** h — стала Планка, C — ємність конденсатора, L — індуктивність соленоїда.

9) $\left[\frac{W}{h}\right] =$. **Примітка:** h — стала Планка, W — енергія.

10) $[\varepsilon_0 E^2 V] =$. **Примітка:** ε_0 — електрична стала, E — напруженість електричного поля, V — об'єм.

9. Виразіть із рівняння вказану величину через інші.

1) $W = \frac{LI^2}{2} \Rightarrow I - ?;$ 2) $W = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow x - ?;$ 3) $W = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow U - ?;$

4) $W = \frac{I\omega^2}{2} \Rightarrow \omega - ?;$ 5) $W = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v - ?;$ 6) $W = \frac{\Phi^2}{2L} \Rightarrow \Phi - ?;$

7) $W = \frac{F^2}{2k} \Rightarrow F - ?;$ 8) $W = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow q - ?;$ 9) $W = \frac{p^2}{2m} \Rightarrow p - ?;$

10) $W = \frac{L^2}{2I} \Rightarrow L - ?;$ 11) $0,125N_0 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow t - ?;$

12) $\frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2} \Rightarrow v - ?;$ 13) $\frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow C - ?;$

14) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l - ?;$ 15) $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_2 - ?;$

16) $I = I_0 e^{-ax} \Rightarrow x - ?;$ 17) $W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} Sd \Rightarrow E - ?;$

18) $\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = p_0 \Rightarrow v - ?;$ 19) $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \Rightarrow u - ?;$

20) $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - G \frac{mM}{r} \Rightarrow v - ?.$

10. Зробіть ескіз графіка залежності від часу координати

$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} (t \geq 0)$, якщо:

- 1) $a_x > 0, v_{0x} > 0, x_0 > 0;$ 2) $a_x > 0, v_{0x} > 0, x_0 < 0;$ 3) $a_x > 0, v_{0x} < 0, x_0 > 0;$ 4) $a_x > 0, v_{0x} < 0, x_0 < 0;$ 5) $a_x < 0, v_{0x} > 0, x_0 > 0;$ 6) $a_x < 0, v_{0x} > 0, x_0 < 0;$ 7) $a_x < 0, v_{0x} < 0, x_0 > 0;$ 8) $a_x < 0, v_{0x} < 0, x_0 < 0;$ 9) $a_x > 0, v_{0x} = 0, x_0 > 0;$ 10) $a_x < 0, v_{0x} > 0, x_0 = 0.$

11. Відповідаючи на запитання, запишіть кінцеву формулу та назвіть величини, які до неї входять. Якщо вважаєте за потрібне, зробіть додаткові пояснення.

1) Як знайти температуру ідеального газу, якщо відомі тиск і концентрація молекул?

2) Як знайти відстань між двома маленькими зарядженими тілами, якщо відомі добуток модулів зарядів, значення сили взаємодії, а також, що тіла розташовані у вакуумі?

3) Як знайти заряд конденсатора, якщо відомі його ємність і накопичена в ньому енергія?

4) Як знайти силу струму в провіднику, якщо відомі напруга на ньому і потужність тепла, що в ньому виділяється?

5) Як знайти силу струму в соленоїді, якщо відомі його індуктивність і енергія магнітного поля в ньому?

6) Як знайти кількість теплоти, що отримує робоче тіло теплової машини від нагрівача за певний час, якщо відомі кількість теплоти, що передається за той же час холодильнику, і коефіцієнт корисної дії циклу?

7) Як знайти діелектричну проникність діелектрика, що заповнює плоский конденсатор, якщо відомі ємність конденсатора, відстань між пластинами і площа пластин?

8) Як знайти значення швидкості зарядженої частинки, що рухається в магнітному полі, якщо відомі індукція магнітного поля, сила, що діє на частинку з боку поля, заряд частинки та кут між напрямком швидкості і вектором індукції?

9) Як знайти ємність одного з конденсаторів, які з'єднані послідовно, якщо відомі ємність другого конденсатора і їхня загальна ємність як системи?

10) Як знайти напруженість однорідного електричного поля конденсатора, якщо відомі напруга на обкладинках та відстань між ними?

12. Розв'яжіть систему рівнянь і виразіть шукану величину через ті, що стоять у дужках, а також математичні та фізичні константи:

$$1) \left. \begin{aligned} mg &= \rho_b gV \\ V &= V_n + V_c \\ V_n &= \frac{\pi d^2}{4} l \\ V_c &= \frac{m}{\rho_c} \end{aligned} \right\} \Rightarrow d(m, l, \rho_c, \rho_b)?$$

$$2) \left. \begin{aligned} mg \frac{a}{2} &= Fa \cos \alpha \\ F \cos \alpha - F_{\text{мер}} &= 0 \\ -F \sin \alpha - mg + N &= 0 \\ F_{\text{мер}} &= \mu N \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{tg } \alpha (\mu)?$$

$$3) \left. \begin{aligned} \frac{a_1 t_1^2}{2} &= \frac{a_2 t_2^2}{2} \\ t_2 &= n t_1 \\ a_1 &= g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \\ a_2 &= g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mu(n, \text{tg } \alpha)?$$

$$4) \left. \begin{array}{l} m = \rho v \Delta t \frac{\pi d^2}{4} \\ m \lambda = \eta N \Delta t \\ \rho = \frac{P \mu}{RT} \end{array} \right\} \Rightarrow v(\eta, N, T, d, \lambda, P, \mu)?$$

$$5) \left. \begin{array}{l} m_1 v_1 = m_2 v_2 \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = E \end{array} \right\} \Rightarrow v_1(m_1, m_2, E)?$$

$$6) \left. \begin{array}{l} mg = m \omega^2 R \\ mg = G \frac{Mm}{R^2} \\ M = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho(T)?$$

$$7) \left. \begin{array}{l} G \frac{mM}{x^2} = m \omega^2 x \\ G \frac{mM}{R^2} = mg \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{array} \right\} \Rightarrow x(T, R)?$$

$$8) \left. \begin{array}{l} mg = \frac{m v_1^2}{L} \\ \frac{m v^2}{2} = 2mgL + \frac{m v_1^2}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow v(L)?$$

$$9) \left. \begin{array}{l} G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R \\ g = G \frac{M}{r^2} \end{array} \right\} \Rightarrow g(R, r, T)?$$

$$10) \left. \begin{array}{l} Ma = F \cos \alpha \\ mb = mg - 2F \sin \alpha \\ a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow a(m, M, \alpha)?$$

13. Виберіть до виразу одну з таких одиниць: м, кг, с, Ом, А, Н, Дж, Па, Гн, Ф, Тл, Вб, Кл, К, В, Вт, Гц.

Примітка: m_e — маса електрона, e — заряд електрона, c — швидкість світла в вакуумі, h — стала Планка, G — гравітаційна стала, ε_0 — електрична стала.

$$1) \left[\frac{m_e^2 \cdot c^3}{h} \right] =; \quad 2) \left[\frac{G \cdot m_e}{c^3} \right] =; \quad 3) \left[\frac{h^2}{G \cdot m_e^3} \right] =; \quad 4) \left[\frac{h \cdot c^5}{G^2 \cdot m_e^2} \right] =; \quad 5) \left[\frac{G \cdot m_e^3}{h \cdot c} \right] =;$$

$$6) \left[\frac{G \cdot m_e}{c^2} \right] =; \quad 7) \left[\frac{h \cdot c^3}{G \cdot m_e} \right] =; \quad 8) \left[\frac{h \cdot c^6}{G^2 \cdot m_e^2} \right] =; \quad 9) \left[\frac{c^4}{G} \right] =; \quad 10) \left[\frac{G^2 \cdot m_e^3}{h \cdot c^4} \right] =.$$

14. Матеріальна точка рухається так, що її координата змінюється за вказаним законом. Запишіть вираз для дотичної до графіка цієї залежності в початковий момент ($t=0$) у вигляді $\tilde{x} = A + Bt$. Який фізичний зміст мають константи A і B ?

$$1) x(t) = 3 + t + 0,3e^{-2t}; \quad 2) x(t) = 2 + 3t - \sin 2t; \quad 3) x(t) = 2 + 4 \cos 5t + 3 \sin 5t;$$

$$4) x(t) = 5 - 3e^{-0,1t}; \quad 5) x(t) = 3 \cos 2t - 4 \sin 2t; \quad 6) x(t) = 4 + 5t + e^{-3t};$$

$$7) x(t) = -5 + 4t - 2 \sin t; \quad 8) x(t) = 4 + 3 \cos 6t + 4 \sin 6t; \quad 9) x(t) = 7 - 6e^{-0,9t};$$

$$10) x(t) = \cos 4t - \sqrt{3} \sin 4t.$$

15. Не розв'язуючи повністю задачу, вкажіть відповідь у тому конкретному випадку, який запропонований у дужках після умови.

1) Стержень довжиною l і масою m підвішено до стелі на двох легких проводах однакової довжини. Проводи закріплені на кінцях стержня і паралельні один до одного. Система розміщена в однорідному вертикальному магнітному полі з індукцією B . Чому дорівнюватиме натяг кожного провода, якщо по стержню пропустити струм силою I ? ($I \rightarrow 0$)

2) Маленька кулька з масою m і зарядом q підвішена на діелектричній нитці. На який кут від вертикалі відхилиться нитка, якщо кульку помістити в однорідне електричне поле з напруженістю E , вектор якої напрямлений горизонтально? ($\frac{mg}{qE} \rightarrow 0$)

3) У плоский конденсатор, обкладинками якого є квадратні пластини зі стороною a , вводять зі сталою швидкістю діелектричну пластину з діелектричною проникністю ε і товщиною d , яка щільно прилягає до обкладинок. Конденсатор під'єднано до батареї з ЕРС E . З якою швидкістю треба всовувати пластину, щоб у колі проходив струм силою I ? ($\varepsilon \rightarrow 1$)

4) Три повітряні конденсатори ємністю C_0 кожний з'єднані послідовно. Конденсатори зарядили і від'єднали від джерела. Заряд цієї батареї Q_0 . Потім простір між обкладинками одного з конденсаторів повністю заповнюють діелектриком з діелектричною проникністю ε . Визначити енергію, накопичену в електричному полі цих конденсаторів. ($\varepsilon \rightarrow 1$)

5) Два конденсатори розраховані на максимальну напругу U кожний, мають різні ємності C_1 та C_2 і з'єднані послідовно. Яку найбільшу напругу можна прикласти до такої системи? ($\frac{C_1}{C_2} \rightarrow 1$)

6) Межа вимірювання міліамперметра з внутрішнім опором R дорівнює I . Якої довжини треба взяти манганінову дротину діаметром d як додатковий опір, щоб використати амперметр як вольтметр з межею вимірювань U ? ($\frac{IR}{U} \rightarrow 1$)

7) При силі струму I_1 в зовнішній частині кола виділяється потужність P_1 , а при силі струму I_2 — потужність P_2 . Визначити внутрішній опір джерела струму. ($\frac{P_1 I_2}{I_1 P_2} \rightarrow 1$)

8) Паралельно з'єднані конденсатор ємністю C і резистор опором R під'єднані до джерела струму з ЕРС E і внутрішнім опором r . Визначити заряд на обкладинках конденсатора. ($\frac{r}{R} \rightarrow 0$)

9) Плоский повітряний конденсатор з квадратними пластинами (сторона пластини дорівнює a) рівномірно занурюється в рідкий діелектрик з діелектричною проникністю ε так, що пластини перпендикулярні до рівня рідини. Відстань між пластинами d . До конденсатора під'єднано джерело постійної напруги U . Якої сили струм проходить через джерело при швидкості занурення v ? ($\varepsilon \rightarrow 1$)

10) Прямий провідник масою m і довжиною l підвішений горизонтально на двох невагомих нитках, прив'язаних до його кінців. Провідник розміщений в однорідному вертикальному магнітному полі, індукція якого B . Якої сили струм треба пропустити через провідник, щоб він відхилився від положення рівноваги і нитки утворили з вертикаллю кут α кожна? ($\alpha \rightarrow 0$).

16. Виберіть до виразу одну з таких одиниць: м, кг, с, Ом, А, Гц, Н, Дж, Па, Гн, Ф, Тл, Вб, Кл, К, В, Вт.

1) $\sqrt{\frac{\text{Ом} \cdot \text{А} \cdot \text{Н}}{\text{Па} \cdot \text{В}}}$ =; 2) $\sqrt{\frac{\text{Вт} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{Н}}}$ =; 3) $\sqrt{\frac{\text{А}^3 \cdot \text{Гн}}{\text{Вб}}}$ =; 4) $\sqrt{\frac{\text{Кл} \cdot \text{А}^3}{\text{Ф} \cdot \text{Вт}}}$ =; 5) $\sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Тл} \cdot \text{А}}}$ =;
 6) $\sqrt{\frac{\text{Гн} \cdot \text{А}^3}{\text{Вб}}}$ =; 7) $\sqrt{\frac{\text{А} \cdot \text{Гн}^3}{\text{Вб}}}$ =; 8) $\sqrt{\frac{\text{Дж} \cdot \text{А}}{\text{Вб}}}$ =; 9) $\text{м}^2 \sqrt{\frac{\text{Тл}}{\text{Вб}}}$ =; 10) $\text{А} \sqrt{\frac{\text{Гн} \cdot \text{м}}{\text{Н}}}$ =.

17. Матеріальна точка рухається так, що її координата змінюється за вказаним законом. Знайдіть мінімальне значення координати, якщо $t \geq 0$.

1) $x(t) = 8t^2 - 16t + 1$; 2) $x(t) = 2t^2 - 12t + 23$; 3) $x(t) = 3t^2 - 6t + 5$;
 4) $x(t) = 2t^2 - 4t - 2$; 5) $x(t) = 4t^2 - 16t + 25$; 6) $x(t) = 3t^2 - 12t - 1$;
 7) $x(t) = 5t^2 - 10t - 2$; 8) $x(t) = 4t^2 - 24t + 1$; 9) $x(t) = 3t^2 + 12t - 3$;
 10) $x(t) = 2t^2 + 8t - 1$.

Навчальне видання
(українською мовою)

Даценко Ірина Петрівна
Мінаєв Юрій Павлович
Тихонська Наталія Іванівна

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МОВИ ФІЗИКИ

**Навчальний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти
магістра спеціальності «Середня освіта»
освітньо-професійної програми «Середня освіта (Фізика)»**

Рецензент *О.А. Лозовенко*
Відповідальний за випуск *О.І. Іваницький*
Коректор *Н.І. Тихонська*