

## ПРО "ДИНАМІЧНУ" ОЗНАКУ НАВЧАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ЗАДАЧІ

*У роботі показано, що особливі логічні операції фізичного мислення, які були виявлені автором раніше в "особливих" розв'язках навчальних фізичних задач, існують також і в "стандартних" розв'язках. Цей факт дозволяє сформулювати "динамічну" ознаку навчальної фізичної задачі, що фіксує зазначену обставину як виняткову властивість фізичної задачі. Описаний метод спільної роботи викладача і учня, за допомогою якого можуть бути виділені логічні операції фізичного мислення.*

**Ключові слова:** навчальна фізична задача, логічна операція, фізичне мислення, ознака фізичної задачі.

**Вступ.** Кожен викладач фізики згоден з тим, що навчальна фізична задача відрізняється від навчальних задач з інших галузей знань. Однак, у чому саме полягає ця відмінність, зазвичай ніхто сказати не може. У роботі автора [1] було поставлено питання про знаходження ознаки навчальних фізичних задач, тобто знаходження такої їхньої властивості, яка однозначно відрізняла б їх від задач з інших-галузей знань.

Вихідними положеннями для такого пошуку були, по-перше, свідчення педагогів-новаторів про існування особливих розв'язків, "які ґрунтуються на методах самої фізики" [1], а, по-друге, вказівки А. І. Павленко на існування особливих розумових дій, які в [2] отримали назву логічні оператори. Ці факти вказали нам на область пошуку і на передбачуваний об'єкт пошуку. Предметом дослідження в [1] були обрані "справжні фізичні задачі", а точніше "справжні фізичні розв'язки" таких задач. Цей вибір був обумовлений тим, що такі розв'язки найсильніше відрізняються від формально-математичних розв'язків, і тому під час їхнього розгляду найлегше виявити *element incognito* фізичних задач.

У [1] на прикладі аналізу чотирьох "справжніх фізичних розв'язків" було показано, що *elements incognito* цих розв'язків суть логічні операції фізичного мислення, які полягають у перетворенні предметів задачі і відносин між ними. А саме, були виокремлені такі логічні операції: логічні операції зміни предмета задачі (зміна форми [3], створення нового предмета завдання, надання нової якості) і логічна операція перенесення відношення з однієї системи предметів на іншу.

Важливість цього попереднього результату полягає в тому, що були виділені реальні зразки *element incognito*, а це дає нам можливість відшукати аналогічні елементи і в "стандартних" розв'язках, оскільки ми вже знаємо *що* треба шукати.

У цій роботі ми повідомимо і обґрунтуємо основний результат нашого дослідження "стандартних" розв'язків. Він полягає в тому, що у цих випадках розв'язки *також* містять особливі логічні операції фізичного мислення. Цей факт дозволить нам у кінці статті сформулювати ознаку навчальної фізичної задачі.

**Метод дослідження.** Предметом нашого дослідження були розв'язки навчальних фізичних задач (див., наприклад, збірник [4]). Звичайно, виникає резонне питання про те, як можна знайти щось нове в цьому добре знайомому всім матеріалі, які щорічно проглядається і опрацьовується тисячами вчителів та учнів? Відповідь полягає в тому, що нами був використаний новий метод дослідження, який ми зараз опишемо.

В основу нашого методу дослідження розв'язків навчальних фізичних задач було покладено два принципи: "*принцип невидимості*" і "*принцип неможливості*".

"Принцип невидимості" формулюється нами наступним чином.

*Для викладача, що має великий досвід навчальної діяльності, багато логічних рухів дуже сильною мірою інтеріоризовані (перейшли у внутрішнє, приховане мислення, злилися разом) [5], і тому вони залишаються прихованими від самоаналізу як щось саме по собі зрозуміле.*

У силу цього положення метод систематичної інтроспекції освіченої людини, який з часів Вюрцбургської школи розглядається як основний метод дослідження мислення, є неефективним для виділення логічних операцій.

Другий основний принцип нашого дослідження, "Принцип неможливості", формулюється нами таким чином.

Не слід перебільшувати можливості наших учнів і припускати те, що вони можуть самостійно виконати нові, ще незнайомі їм логічні операції (розумові дії).

Підставою для цього принципу є досвід автора з проведення фізичних олімпіад – задачі, що вимагають для свого розв'язання нових ідей, завжди залишаються нерозв'язаними.

Сказане привело нас до створення такого методу дослідження, який ми назвали *метод спільної роботи викладача і учня*.

1) Для того, щоб виявити приховані елементи розумової діяльності, пов'язані з навчальними фізичними задачами, слід звернутися до вивчення спільної роботи викладача і учня. Місцем пошуку повинна стати практична діяльність учнів на уроках, лекціях, практичних і лабораторних заняттях.

2) Початком акту аналізу повинен стати той момент розв'язання задачі, коли учень зупиняється і не може рухатися далі, хоча, на думку викладача, подальший хід розв'язання очевидний. Саме така ситуація є індикатором того, що учень зіткнувся з необхідністю виконати деяку "приховану" логічну дію, яку викладач не бачить через її "природність", а учень не може виконати через її "новизну".

За допомогою описаного методу нами була розглянута велика кількість навчальних фізичних задач в у різних навчальних групах і за різних форм проведення занять. Було знайдено, що, дійсно, у всіх розв'язках навчальних фізичних задач існують особливі логічні операції, подібні до тих, які були виявлені нами раніше в "справжніх фізичних розв'язках".

**Логічні операції в стандартних розв'язках.** Наведемо тут як приклад аналіз "стандартних" розв'язків двох задач, для яких в [1] були розглянуті "справжні фізичні розв'язки".

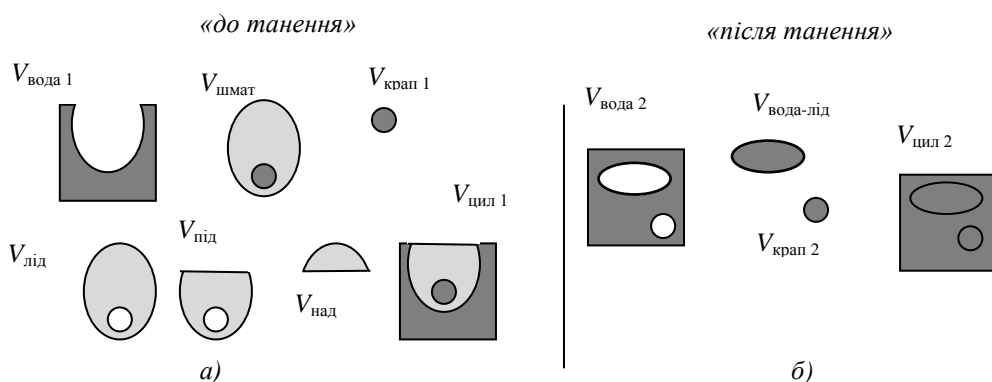
**Задача 1.** Відомо, що якщо лід, який плаває у воді, розтане, то рівень води в посудині не зміниться. Що станеться з рівнем води після плавлення льоду, якщо всередині нього знаходиться крапелька незамерзлої води?

**Стандартний розв'язок.** Дана фізична система має два стани: стан "до танення льоду" і стан "після танення льоду". Для кожного стану умова задачі задає предмети задачі та відносини між ними.

Для першого стану це три предмети-фігури – вода, шматок льоду з крапелькою (далі – шматок) і сама крапелька, і один фоновий предмет – посудина, в якому все знаходиться. Для другого стану умова задачі дає нам всього один предмет-фігуру ("вся вода"). Цих предметів недостатньо, щоб описати всі відносини, які існують у даній фізичній задачі. Наприклад, сила Архімеда, яка діє на плаваючий шматок льоду, залежить не від його об'єму, а від об'єму його зануреної частини.

Для повного опису всіх відносин, які існують у цій системі, нам необхідно створити додаткові предмети задачі з вже існуючих. А для цього нам необхідно в думках розрізати деякі предмети-фігури на частини, а потім об'єднати деякі з отриманих частин.

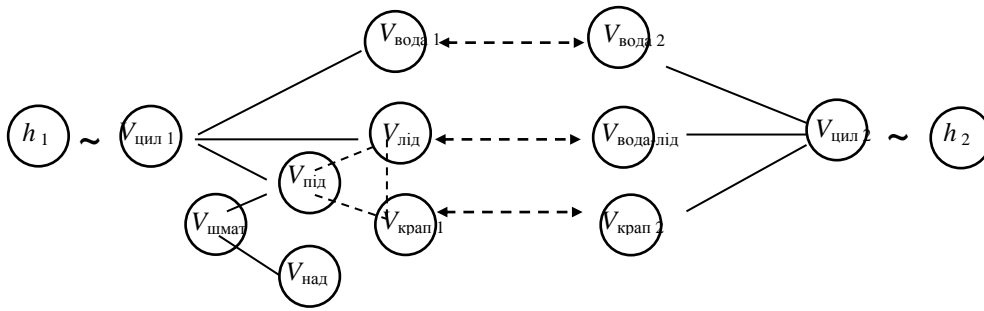
Повний набір предметів задачі для першого стану складається з семи предметів (мал. 1, а): вода в посудині ( $V_{\text{вода } 1}$ ), шматок ( $V_{\text{шмат}}$ ), крапелька ( $V_{\text{крап } 1}$ ), чистий лід ( $V_{\text{лід}}$ ), підводна частина шматка ( $V_{\text{під}}$ ), надводна частина шматка ( $V_{\text{над}}$ ), циліндр висотою  $h_1$  ( $V_{\text{цил } 1}$ ).



**Мал. 1. Сім предметів-фігур початкового стану (а) та чотири предмети-фігури кінцевого стану (б)**

Повний набір предметів задачі для другого стану складається з чотирьох предметів (мал. 1, б): вода ( $V_{\text{вода } 2}$ ), вода, що вийшла з льоду ( $V_{\text{вода-лід}}$ ), крапелька ( $V_{\text{крап } 2}$ ) і циліндр висотою  $h_2$  ( $V_{\text{цил } 2}$ ).

Відносини між цими предметами задачі породжують відносини (фізичні закони) між фізичними величинами, які характеризують предмети задачі. Система відповідних відносин показана на мал. 2.



Мал. 2. Чотири типу відносин між фізичними величинами задачі

Суцільними лініями на ньому показані відношення "частина і ціле". Для предметів вони презентуються висловлюваннями типу "Шматок складається з чистого льоду і крапельки", а для об'ємів (фізичних характеристик предметів) – фізичними законами виду  $V_{шмат} = V_{лід} + V_{крап1}$ . Пунктирним трикутником зображено відношення  $\rho_s V_{лід} = \rho_l V_{лід} + \rho_s V_{крап1}$  (закон Архімеда), яке випливає з відносин між шматком і водою – "Шматок плаває у воді". Пунктирними лініями зі стрілками показані "відносини походження" типу  $V_{вода1} = V_{вода2}$ , які випливають з відносин між предметами, заданими висловлюваннями типу "Лід перетворився в воду". І, нарешті, четвертий вид відносин – це відносини між рівнями і об'ємами відповідних циліндрів  $h_{1,2} = V_{цил1,2} / S$ . На малюнку 2 вони показані двома тильдами.

За допомогою математичних перетворень систему відносин можна звести до двох рівнянь:

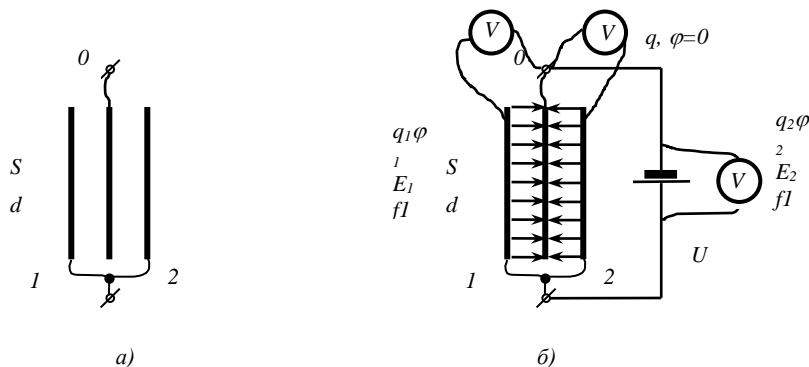
$$\begin{cases} h_1 = (V_{вода1} + V_{лід}) / S = (V_{вода1} + \frac{\rho_l}{\rho_s} V_{лід} + V_{крап1}) / S, \\ h_2 = (V_{вода2} + V_{вода-лід} + V_{крап2}) / S = (V_{вода1} + \frac{\rho_l}{\rho_s} V_{лід} + V_{крап1}) / S, \end{cases}$$

з порівняння яких виходить відповідь: після танення льоду рівень води в посудині не зміниться.

*Аналіз стандартного розв'язку.* На фізичному етапі розв'язання було виконано логічну операції *групування-розгрупування*, яка полягає в уявному роз'єднанні і з'єднанні предметів задачі. Ця операція є необхідною операцією. Без виконання цієї операції ми не змогли б записати всі відносини, які існують у розглянутій задачі.

*Задача 2.* Знайти ємність складного конденсатора, утвореного трьома пластинами (мал. 3, а). Площі всіх пластин однакові і дорівнюють  $S$ , відстані між пластинами дорівнюють  $d$ .

*Стандартний розв'язок.* Умова задачі задає нам три предмета задачі. Це три пластини, між якими існують два геометричних (метричних) відношення ("перебувати на відстані  $d$ ") і одно топологічне відношення ("бути єдиним провідником"). Така система пластин є нестандартною і у нас немає готової формули для розрахунку. Нам слід вивести її.

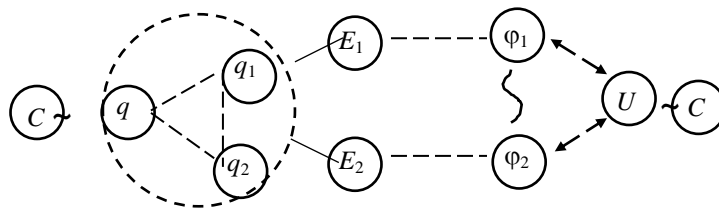


Мал. 3. Початкова (а) і розширена (б) множина предметів задачі

Приступимо до виведення. Подумки підключимо до конденсатору джерело живлення з напругою  $U$  (мал. 3, б). Джерело ("електричний насос") перекачає деякий заряд  $q$  з верхньої пластини на дві нижні [6].

У результаті такої дії світ нашої задачі суттєво збагатився. Вихідні предмети задачі, три пластини, тепер мають не тільки геометричну характеристику (площу), але і дві нові фізичні характеристики (заряд і потенціал). З'явилися нові предмети-фігури задачі: джерело струму і два електричних поля в областях між пластинами.

Враховуючи, що далі ми будемо говорити про напруги між пластинами, додаємо до перерахованих об'єктів ще три фонових предмета – три вольтметра (мал. 3, в). Разом в нашому розпорядженні опинився світ з дев'яти предметів, які характеризуються одинадцятьма фізичними величинами ( $S, d, q, q_1, q_2, \varphi, \varphi_1, \varphi_2, U, E_1, E_2$ ), система відносин між якими показана на мал. 4.



Мал. 4. Структура відносин між фізичними величинами задачі

Відносини, які існують в "розширеній" групі предметів задачі, призводять до системи рівнянь, з якої випливає шукана відповідь  $C = 2\epsilon_0 S / d$ .

*Аналіз стандартного розв'язку.* Для людини, далекої від розв'язання навчальних фізичних задач, думка про необхідність підключення джерела, здається абсолютно несподіваною. А чому слід виконувати саме таку дію? Чому до пластин слід підключити джерело струму, а не висвітлити їх кольором або не скинути з деякої висоти?

У даному випадку була виконана логічна операція, яка в [7] отримала назву *алгебраїчне розширення задачі*. Суть цієї операції полягає в тому, що ми подумки занурюємо фізичну систему в ту вихідну фізичну ситуацію, з якої виникає саме поняття електроємності. Назву "логічна операція алгебраїчного розширення" ми дали цій операції з тим, щоб підкреслити роль алгебраїчного принципу розв'язування задач [8].

Наведені приклади є ілюстраціями, які роз'яснюють наш загальний висновок: розв'язки навчальних фізичних задач містять особливі логічні операції, які полягають у перетворенні предметів задачі і відносин між ними.

*Динамічна ознака навчальної фізичної задачі.* Чи є зазначена обставина винятковою властивістю саме навчальних фізичних задач? Поза сумнівом, так! Для задач з інших галузей знань (географія, історія і тощо) зміна предметів задачі або відносин між ними є неприпустимою підміною поняття. (Розподіл навчальних фізичних і навчальних математичних завдань вимагає окремої розмови.) Але якщо вказана властивість є винятковою властивістю навчальних фізичних задач, то вона є *ознакою* навчальної фізичної задачі. Це дає нам право сформулювати наступний "динамічну" ознаку навчальної фізичної задачі.

*Особливістю навчальних фізичних задач є та обставина, що під час їхнього розв'язання виконуються особливі розумові дії (логічні операції), які зводяться до перетворення предметів задачі і відносин між ними.*

Ми назвали цю ознаку "динамічною" щоб підкреслити той факт, що вона виділяє дію, пов'язану з навчальною фізичною задачею.

Логічні операції, які виконуються під час розв'язання фізичних задач, природно назвати логічними операціями фізичного мислення. Приклади, розглянуті в даній статті і в [1], вказують на те, що логічні операції фізичного мислення численні і різноманітні. Ця обставина робить актуальним завдання повного опису і класифікації логічних операцій фізичного мислення.

#### Висновки

1. В роботі сформульовано "динамічна" ознака навчальних фізичних задач, яка полягає в тому, що винятковою властивістю цих задач є виконання під час їхнього розв'язання особливих логічних операцій фізичного мислення.

2. Логічні операції фізичного мислення численні і різноманітні. Ця обставина робить актуальним завдання про їх опис і класифікацію.

3. Слід дати опис логічного комплексу навчальної фізичної задачі, тобто описати ті об'єкти думки, які є предметом діяльності, пов'язаної з процесом розв'язання-складання навчальної фізичної задачі. Тільки на цій основі можна побудувати класифікацію логічних операцій фізичного мислення.

### Використані джерела

1. Соколов Е. П. О феноменах "настоящая физическая задача" и "настоящее физическое решение" / Е. П. Соколов // Наукові записки ЦДПУ [Текст]. – Кропивницький : ЦДПУ, 2018. – друк.
2. Павленко А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язанню і складанню фізичних задач: (теоретичні основи) / А. І. Павленко. – К.: ТОВ "Між. фін. агенція", 1997. – 177 с.
3. Соколов Є. П. Логічна операція руху. Група форми / Є. П. Соколов // Вісник ЧНПУ імені Т. Г. Шевченка [Текст]. – Чернігів : ЧНПУ, 2016. – Випуск 138. – С. 160-165.
4. Соколов Є. П. Збірник структурованих комплексних завдань з фізики / Є. П. Соколов, Д. І. Анпілогов. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2010. – 208 с.
5. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. – СПб. : Питер, 2007. – 713 с.
6. Соколов Є. П. Екзаменаційна фізика. Лекції: навчальний посібник: в 2 т. / Є. П. Соколов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – Т. 2. – 222 с.
7. Соколов Є. П. Алгебраїчний прийом розгортання фізичної структури задачі. Методологічний аналіз / Є. П. Соколов // Зб. наук. праць КПНУ. Серія педагогічна. – КП. : КПНУ, 2016. – Вип. 22. – С. 162–165.
8. Соколов Є. П. Кінематика. Практикум. Факультатив. Фізичний гурток / Є. П. Соколов. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. – 164 с.

Sokolov Ye.

### ON THE "DYNAMIC" ATTRIBUTE OF THE TRAINING TASKS ON PHYSICS

*In this article the "dynamic" attribute of the training physical tasks is formulated. This attribute fixes an exclusive property of the training physical tasks, which consist in the special logical operations of physical thinking are performed when somebody solves them. The logical operations of physical thinking transforms the objects of task and their relationships. This action is an exceptional property of the physical tasks, since a similar change for the tasks from other fields of knowledge (history, geography etc.) is a substitute of the concept.*

*The conclusion about the special nature of educational physical problems was made by us on the basis of the study of a large number of processes for solving physical training tasks. Studies were conducted in different training groups and for various forms of lessons. The starting point of our research is the earlier discovery of the logical operations of physical thinking in solutions of a special kind ("genuine physical solutions"). This discovery gave us a real example of what we should look for in the usual solutions. In our research we used a special method, which we called the method of cooperation work of a teacher and a student. This method of investigation is described in the article.*

*In this paper, two examples are analyzed as the illustrations. In the first one the logical grouping-ungrouping operation is allocated. And in the second one the logical operation of algebraic expansion of the system is allocated.*

**Key words:** physical task, logical operation, physical thinking, attribute of physical task.

Стаття надійшла до редакції 19.05.2018