

ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ ЯКОСТЕЙ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В УМОВАХ МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОСТІ STEM-ОСВІТИ

УДК 371.302

DOI: 10.32626/2307-4507.2023-29.56-59

Юрій ГАЛАТЮК¹, Тарас ГАЛАТЮК²¹Рівненський державний гуманітарний університет²Гімназія № 6, м. Рівнеe-mail: ¹yhalatyuk61@gmail.com, ²tarashalatyuk@ukr.net;ORCID: ¹0000-0003-0751-6029, ²0000-0003-2649-5542

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ STEM-ОСВІТИ У КОНТЕКСТІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ

Анотація. У статті стверджується, що основою для впровадження елементів STEM-освіти у процес навчання природничих предметів, зокрема фізики, є їх інтеграція на основі відображення методології природничої науки. Акцентується увага на можливостях формування методологічних знань учнів у процесі розв'язування фізичних задач. Показано, що методологічний зміст розв'язку навчальної фізичної задачі полягає у теоретичному моделюванні. При цьому модель розв'язку задачі складається з трьох компонентів: фізичного, математичного та графічного. Процес побудови теоретичної моделі розв'язку задачі відображає навчальне дослідження і ґрунтується на застосуванні наукових методів пізнання. Теоретичні моделі розв'язку однієї задачі можуть відрізнитись і навпаки, математичні компоненти теоретичних моделей розв'язків різних задач можуть бути аналогами. Приклад побудови теоретичної моделі розв'язку творчої фізичної задачі на основі методу аналогії є підтвердженням того, що методологічні знання є орієнтувальною основою творчої пізнавальної діяльності.

Ключові слова: STEM-освіта, міжпредметна інтеграція, методологічні знання, навчальна фізична задача, теоретичне моделювання.

Згідно концепції Нової української школи обов'язкові результати навчання визначаються на основі формування ключових компетентностей, серед яких: математична компетентність, компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій, інформаційно-комунікаційна компетентність, екологічна компетентність, та ін. [10]. У цьому контексті важливою є реалізація елементів STEM-освіти, яка ґрунтується на синтезі здобутків науки, технології, інженерії та математики.

Основою впровадження елементів STEM-освіти у навчанні фізики є інтеграція природничих предметів, а також математики та технологій. Інтеграція можлива на основі елементів змісту (математика, фізика, політехнічний зміст тощо); на основі навчально-пізнавальної діяльності (процедура діяльності, її структура: проектна, дослідницька, частково-пошукова), на основі методології (методологія природничої науки: методологічні знання, методологічна культура учня). Ці три напрямки інтеграції тісно пов'язані та взаємно доповнюють один одного, утворюючи системну цілісність.

Мета статті – дослідити методологічний аспект STEM-освіти у контексті розв'язування фізичних задач. Мова йде про методологічні знання і пізнавальні

уміння, які проявляються у застосуванні прийомів наукового пізнання і відповідних розумових дій, у процесі розв'язування навчальних фізичних задач.

Дослідженню методологічних аспектів навчання фізики присвячені праці багатьох українських науковців: відображення гносеологічного змісту науки в освітньому процесі (П. Атаманчук, С. Гончаренко, О. Ляшенко, М. Мартинюк, Л. Калапуша, О. Сергєєв [5; 6; 7; 9]); методологія розв'язування фізичних задач (С. Гончаренко Є. Коршак, А. Павленко [4; 11]); формування методологічних знань засобами навчального фізичного експерименту (С. Величко, А. Кух, В. Мендерецький [1; 9]) та ін.

Предметом методологічних знань є загальнонаукові методи емпіричного і теоретичного рівнів пізнання: спостереження, експеримент, моделювання, аналогії, ідеалізація, формалізація, аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування та ін. Методологічні знання є елементом методологічної культури учня [3].

Пізнавальні уміння – це методологічні знання в дії. Методологічні знання і відповідні їм пізнавальні уміння формуються і реалізуються у процесі застосування відповідних прийомів наукових методів пізнання і проявляються у виконанні відповідних розумових

і практичних дій. Механізмом формування методологічних знань і відповідних пізнавальних умінь є процес розв'язування фізичних задач. У цьому контексті актуальним є метод моделювання, як метод дослідження об'єктів пізнання (реально існуючих предметів і явищ) за допомогою їхніх моделей. Це стосується як процесу пізнання в науці, так і процесу пізнання у навчанні.

Якщо розглядати навчально-пізнавальну діяльність як процес розв'язування навчальних фізичних задач, то обов'язково треба брати до уваги те, що в основі цієї діяльності лежать ті самі закономірності, що й у науковому пізнанні. Це зумовлює схожість у структурі й методології. Адже, навчальна діяльність, спрямована на оволодіння результатами наукового пізнання не може розвиватись на методологічних засадах, які відрізняються від тих, що складають основи розвитку самої науки [6]. Освітній процес розглядається як просторово-часова модель наукового пізнання: «...навчальний процес відрізняється від наукового пізнання відповідних явищ і законів насамперед кількістю затраченого часу, потрібного для досягнення кінцевого результату. У зв'язку з цим процес навчання певною мірою можна вважати моделлю процесу наукового пізнання», – зазначає проф. Л. Калапуша [5, с.19]. Метод моделювання є одним із основних методів навчально-пізнавальної діяльності. Застосування цього методу у навчанні фізики є актуальним питанням дидактики. У навчальному процесі треба ознайомити учнів з методом моделювання як з методом наукового дослідження і використовувати його як ефективний метод навчання.

Модель є відображенням реального об'єкта дослідження. Під моделлю розуміють уявну або матеріальну систему, яка відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна замінити його так, що її вивчення дає можливість отримати нову інформацію про об'єкт. Отже, модель знаходиться у певному відношенні до іншої системи, яка називається оригіналом. При цьому виконуються такі умови: 1) умова відображення: між моделлю й оригіналом існує відношення подібності; 2) умова репрезентації: модель у процесі наукового пізнання є заміном досліджуваного об'єкта; 3) умова екстраполяції: вивчення моделі дає можливість отримувати інформацію про оригінал. Існують моделі матеріальні та ідеальні. Ідеальні моделі вибудовуються в уяві дослідника і можуть бути відтворені (матеріалізовані) у знаковій формі за допомогою мови, рисунків, формул тощо.

Вивчаючи реальний об'єкт (природне явище, процес) дослідник створює його ідеальну модель, використовуючи відповідні поняття, графічні зображення, математичні символи, рівняння (формули) тощо. Фізичні поняття, величини, закони є мовою фізичної теорії, за допомогою якої і створюється теоретична модель досліджуваного об'єкта.

Отже, теоретичний рівень дослідження фізичного явища полягає у побудові й аналізі його теоретичної моделі, яка складається з фізичного, математичного та графічного компонентів.

Якщо поглянути на процес розв'язування фізичної задачі як на навчальне пізнання, яке моделює процес пізнання наукового, то розв'язування навчальної фізичної задачі по своїй суті є дослідженням. Задача – це засіб, яким задається об'єкт і предмет навчально-

го пізнання, зміст яких розкривається у процесі побудови теоретичної моделі розв'язку задачі. Нагадаємо, що задача в її широкому розумінні – це вимога, яка задана певними умовами. Фізична задача виникає на основі задачної ситуації, під якою розуміють явище або процес, про який йдеться в задачі з відповідно заданими параметрами та умовами [11]. Розв'язати задачу – означає запропонувати відповідну теоретичну модель, яка реалізує її вимогу в контексті задачної ситуації. Якщо теоретична модель є адекватною задачній ситуації, тоді задача розв'язується, тобто задовольняється вимога задачі. У протилежному випадку задача залишається нерозв'язаною [2].

Із викладеного слідує, що методологічний зміст розв'язку навчальної фізичної задачі полягає у теоретичному моделюванні. При цьому, модель розв'язку задачі складається з трьох компонентів: фізичного, математичного та графічного.

Фізичний компонент включає фізичні поняття, величини, фізичні закони, закономірності та принципи.

Математичний компонент представлений у формулах, відповідних геометричних інтерпретаціях, функціональних залежностях, рівняннях та способах їх розв'язання.

Графічний компонент – це, як правило, інтерпретація об'єкта і предмета задачі в рисунках, графіках, діаграмах тощо.

Зауважимо, що у контексті розв'язку експериментальної задачі окремо треба виділити етап моделювання фізичного експерименту. Процедура розв'язування експериментальної задачі обов'язково передбачає практичне виконання експерименту. Розв'язок експериментальної задачі, як правило, містить теоретичну модель (теоретичне обґрунтування експерименту) та модель експерименту (схема експериментальної установки; план виконання експерименту; способи вимірювання, реєстрації та інтерпретації результатів). Задачі, процедурою розв'язання яких передбачається тільки моделювання експерименту, без його практичної реалізації, ми називаємо квазіекспериментальними [2].

У контексті викладеного, приклади, коли математичні компоненти теоретичних моделей різних фізичних явищ і розв'язків відповідних задач є аналогами. Мова йде про метод аналогії. Можна навести приклади прямих аналогій між вільними механічними й вільними електромагнітними коливаннями; між вільними механічними коливання та рівномірним рухом по колу та ін. [8].

Нагадаємо, що аналог (від грец. *ἀνάλογος* – відповідний) – це об'єкт вивчення, схожий (аналогічний) з певним іншим об'єктом. Далі ми будемо використовувати термін «математична модель», маючи на увазі математичний компонент теоретичної моделі розв'язку задачі.

У випадку з вільними гармонічними коливаннями різної природи, рівномірним рухом по колу рівняння, що описують одне із названих явищ, мають однакову структуру з рівняннями, які описують інше фізичне явище. Тому між фізичними величинами, які характеризують ці явища, можна встановити певну відповідність на основі спільної математичної моделі. Абстрактною математичною моделлю цих явищ є диференціальне рівняння: $x'' = -\omega^2 x$, одним із розв'язків якого є функція $x = x_m \cos \omega t$, де x – параметр періодичного процесу.

Для випадку рівномірного руху по колу x – це ордината точки, при умові, що центр кола співпадає з початком координат, x_0 – радіус кола, ω – кутова швидкість обертання.

Для вільних механічних коливань x – це координата тіла, за умови, що положення рівноваги співпадає з початком координат; x_0 – амплітуда; ω – циклічна частота коливань. Для вільних електромагнітних коливань x – це заряд конденсатора (q); x_0 – максимальне значення (амплітуда) заряду (q_m); ω – циклічна частота коливань.

Узагальнюючи вищесказане, зазначимо, що аналогії між явищами можуть будуватися на основі спільної математичної моделі. Математична модель може бути різного рівня узагальнення. Наприклад, сукупність рівнянь

$$F = -kx; \quad a = -\frac{k}{m}x; \quad x = x_m \cos \omega t; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}},$$

складає математичну модель для вільних механічних коливань, де F – квазіпружна рівнодійна сила; k – коефіцієнт пропорційності; m – маса тіла, що коливається; ω – циклічна частота коливань.

Практика свідчить, що учні, які на достатньо високому рівні узагальнення володіють такою математичною моделлю, здатні успішно розв'язувати набагато ширше коло задач. Це не тільки задачі, в яких розглядаються вільні коливання тягарця на пружині, але й інші ситуації, наприклад: коливання поплавця на поверхні води, коливання рідини в U -подібній трубці та ін.

Якщо оцінювати математичні моделі з точки зору діяльнісного підходу, то можна стверджувати, що вони є орієнтувальною основою успішного розв'язування учнями широкого кола фізичних задач.

Формування згаданих методологічних знань має здійснюватися таким чином: від конкретного до загального, потім від загального до конкретно. Спочатку, в результаті аналізу, порівняння та узагальнення фізичних явищ в процесі розв'язування конкретних фізичних задач будується спільна математична модель. Потім, на основі цієї моделі, розв'язуються конкретні фізичні задачі із застосуванням аналогій на її основі.

Варто зауважити, що методологічні знання є потужним засобом для розв'язування творчих фізичних задач. Як відомо, задача вважається творчою, коли учню невідомі засоби і спосіб її розв'язку, тобто відсутня орієнтовна основа для пізнавальної діяльності. У даному випадку саме методологічні знання виступають орієнтиром і засобом творчого пошуку.

Підтвердимо сказане прикладом розв'язання конкретної творчої пізнавальної задачі. Практика свідчить, що однією з проблем, які виникають під час вивчення рівномірного руху по колу, є визначення напрямку і модуля вектора прискорення. Так як учні ще не знайомі з елементами математичного аналізу, то математично строго розв'язання цього питання на основі граничного переходу $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ є неможливим. Тому автори підручників та вчителі, як правило, вдаються до введення поняття так званих нескінченно малих величин, не даючи їм належного математичного і фізичного обґрунтування. Такий підхід ускладнює процес теоретичного пояснення матеріалу, а отже, і сприйняття його учнями.

Сформулюємо пізнавальну проблему у вигляді задачі.

Задача. Матеріальна точка M рухається рівномірно по колу радіуса r з швидкістю v . Визначити модуль і напрям вектора прискорення.

Для розв'язання задачі, скористаємося методом моделювання і аналогії, спираючись на відомі вже положення теоретичної моделі рівномірного руху точки по колу.

Розглянемо графічну модель руху на *рис. 1*. Положення т. M відносно центра кола визначається радіусом-вектором \vec{r} . Вектор миттєвої швидкості \vec{v} у будь-який момент часу напрямлений вздовж дотичної, а отже, перпендикулярний до \vec{r} . Очевидно, що за час T , рівний періоду обертання точки M , вектор \vec{v} робить повний оберт. Так як модуль вектора швидкості не змінюється, то процес зміни вектора швидкості можна представити як рівномірне обертання деякої т. M' по колу з центром в т. O' і радіусом-вектором \vec{v} (*рис. 2*). Таким чином, рух т. M' є графічною моделлю зміни швидкості т. M .

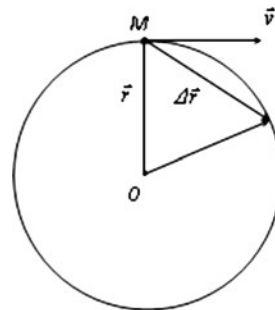


Рис. 1. Графічна модель руху

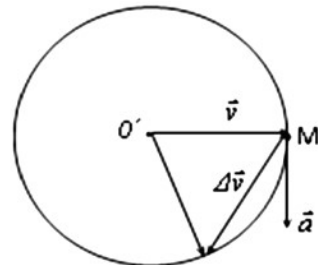


Рис. 2. Процес зміни вектора швидкості

Як видно з *рисунків 1, 2*, графічні моделі руху точок M і M' є аналогами. Зауважимо, що для цих рухів притаманна спільна математична модель рівномірного руху по колу.

Із зазначеної вище аналогії даних моделей і фізичного змісту миттєвої швидкості та прискорення слідує наступне: 1) радіус-вектор для т. M' є вектором миттєвої швидкості \vec{v} для т. M ; 2) вектор переміщення для т. M' є вектором зміни швидкості $\Delta \vec{v}$ для т. M ; 3) вектор швидкості для т. M' є вектором прискорення \vec{a} для т. M ; 4) період обертання T є однаковим для точок M і M' .

Виходячи із твердження 3, визначаємо на *рис. 2* напрям вектора прискорення. Він напрямлений по дотичній, а отже перпендикулярний до вектора швидкості. Відповідно на *рис. 1* цей вектор буде напрямлений до центра кола.

Для визначення модуля прискорення скористаємося спільною математичною моделлю руху точок M і M' . Модуль швидкості точки M :

$$v = \frac{2\pi r}{T}. \quad (1)$$

Виходячи із тверджень 1, 3, 4, записуємо формулу для модуля прискорення:

$$a = \frac{2\pi v}{T}. \quad (2)$$

Виразивши з (1) T і підставивши в (2), отримаємо:

$$a = \frac{v^2}{r}. \quad (3)$$

Задача розв'язана.

Враховуючи, що кутова швидкість ω для руху обох точок є однаковою, отримуємо й інші співвідношення. Для руху т. M :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{r}. \quad (4)$$

Для руху т. M' :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{a}{v}. \quad (5)$$

З формул (4), (5) отримаємо формулу (3), а також й інші формули:

$$v = \omega r; \quad a = \omega v.$$

Підсумовуючи, слід сказати наступне:

- Основою для впровадження елементів STEM-освіти у процес навчання природничих предметів, зокрема фізики, є їх інтеграція на основі відображення методології природничої науки.
- Методологічні знання є основою для інтеграції природничих предметів між собою, а також інтеграції між природничими предметами, математикою і технологіями.
- Розв'язування навчальних фізичних задач є дієвим механізмом формування методологічних знань учнів.
- Методологічний зміст розв'язку навчальної фізичної задачі полягає у теоретичному моделюванні.
- Модель розв'язку задачі складається з трьох компонентів: фізичного, математичного та графічного.
- Процес побудови теоретичної моделі розв'язку задачі відображає навчальне дослідження і ґрунтується на застосуванні наукових методів пізнання.
- Теоретичні моделі розв'язку однієї задачі можуть відрізнятися і навпаки, математичні компоненти теоретичних моделей розв'язків різних задач можуть бути аналогами.
- Методологічні знання і відповідні їм пізнавальні уміння є орієнтувальною основою і засобом творчої пізнавальної діяльності.

Список використаних джерел:

1. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі. Кіровоград: КДПУ, 1998. 302 с.
2. Галатюк Ю.М., Галатюк Т.Ю. Розв'язування фізичних задач у контексті формування гносеологічного компонента методологічної культури учнів. *Фізико-математична освіта: науковий журнал*. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2020. Вип. 1 (23). Ч. 2. С. 25-30.
3. Галатюк Ю.М., Галатюк Т.Ю. Формування методологічної культури учнів у контексті реалізації STEM-

освіти в новій українській школі. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. 2021. Вип. 27. С. 66-69.

4. Гончаренко С.У. Фізика: Методи розв'язування задач. Київ: Либідь, 1995. 128 с.
5. Калапуша Л.Р. Моделювання у вивченні фізики. Київ. 1982. 158 с.
6. Ляшенко О.І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: Логіко-дидактичні основи. Київ: Генеза, 1996. 128 с.
7. Мартинюк М.Т. Вивчення фізики і астрономії в основній школі: Теоретичні і метод. засади. Київ: ТОВ «Міжнар. фін. агенція», 1998. 274 с.
8. Методи розв'язування фізичних задач. Методи моделювання та аналогії / Галатюк Ю.М., Левшенюк Я.Ф., Левшенюк В.Я., Тищук В.І. Харків: Вид. група «Основа»: «Триада +», 2007. 144 с.
9. Методичні основи організації і проведення навчального фізичного експерименту / Кух А.М., Атаманчук П.С., Ляшенко О.І., Мендерецький В.В. Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2006. 216 с.
10. Нова українська школа. Міністерство освіти і науки України: веб-сайт. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf> (дата звернення: 10.09.2023).
11. Павленко А.І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач: (теоретичні основи). Київ: Міжнародна фінансова агенція, 1997. 177 с.

Yuriy HALATIUK¹, Taras HALATIUK²

¹Rivne State Humanities University

²Lyceum № 6, Rivne

METHODOLOGICAL ASPECT OF STEM-EDUCATION IN THE CONTEXT OF SOLVING PHYSICAL PROBLEMS

Abstract. The article claims that the basis for the introduction of elements of STEM education into the process of teaching natural subjects, in particular physics, is their integration based on the reflection of natural science methodology. Attention is focused on the possibilities of forming students' methodological knowledge in the process of solving physical problems. It is shown that the methodological content of solving an educational physical problem consists in theoretical modelling. At the same time, the problem solution model consists of three components: physical, mathematical and graphical. The process of building a theoretical model of problem solving reflects educational research and is based on the application of scientific methods of cognition. Theoretical models for solving one problem may differ, and vice versa, mathematical components of theoretical models for solving different problems may be analogs. An example of building a theoretical model of solving a creative physical problem based on the method of analogy is a confirmation that methodological knowledge is the guiding basis of creative cognitive activity.

Key words: STEM-education, interdisciplinary integration, methodological knowledge, educational physical task, theoretical modelling.

Отримано: 12.09.2023