

УДК 373.5.014.6.016:53-047.58
DOI 10.31494/2412-9208-2019-1-3-113-119

PEDAGOGICAL EFFICIENCY OF USING THE METHOD OF PHYSICAL MODELING

ПЕДАГОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Klavdiia ZYKOVA,
postgraduate

Клавдія ЗИКОВА,
аспірантка

<https://orcid.org/0000-0001-7289-7513>
klava.zykova@rambler.ru

*Berdiansk State Pedagogical
University*
✉ 4 Schmidta St.,
Berdiansk, Zaporizhzhia region

*Бердянський державний
педагогічний університет*
✉ вул. Шмідта, 4
м. Бердянськ, Запорізька обл.

*Original manuscript received: October 01, 2019
Revised manuscript accepted: December 11, 2019*

ABSTRACT

The physical models of the processes which are studied, play a special role in forming at students the fundamental basis knowledge. Simulation of physical phenomena and processes greatly facilitates mastering of educational material, conducting of experimental researches. However, the analysis of the educational process gives grounds to assert that the level of formation of basic knowledge and their strength in the high school do not meet the declared. Our studies have shown that in recent years there has been a significant decrease in the quality of teaching physics in institutions of general secondary education. Strength and quality of knowledge essentially depends on the level of formation of the physical model of the studied phenomenon. In connection with this, there is a need to develop a methodology for the formation of a qualitative model of the basic physical theories that are studied in the course of physics. In our study, conducted during the 2017-2019 academic years, we tested the pedagogical effectiveness of the proposed method for building strong basic knowledge based on the construction of imaginary physical models of processes and phenomena in high school students. Experimental training was conducted in general education institutions of the city of Berdiansk and Berdyansk region. In the experiment, at this stage, 86 students were enrolled.

Students of the X-XI grades took part in the testing. Experimental and control groups were identified. By random sampling, a sample of 44 experimental students and 42 pupils of the control group was compiled from the students who participated in the experimental training. On the basis of the pedagogical experiment conducted by us, testing of the effectiveness of the proposed method for the formation of solid basic knowledge based on the construction of physical models of processes and phenomena in high school students leads to the conclusion that it is expedient. After all, there is a decrease of primary and secondary educational achievements of pupils by 39.5% and an increase of sufficient and high levels by 38.4%.

Key words: *theory and methods of teaching physics, pedagogical experiment, senior school, physical models, basic knowledge.*

Вступ. Сучасне суспільство вимагає орієнтацію освіти на знайомство учнів з перспективними напрямками розвитку науки, техніки,

виробництва, сфери послуг, формування у випускників шкіл життєствердного образу світу. Уміння застосовувати наукові методи пізнання, спостерігати, аналізувати процеси та явища навколишнього світу стає важливою складовою підготовки випускників шкіл. Особливу роль у процесі формування в учнів міцних базових знань відіграють фізичні моделі процесів, що вивчаються. Проведене нами дослідження показало, що вивчення фізики на основі моделювання фізичних явищ та процесів значно підвищує міцність, довготривалість та якість засвоєння нового матеріалу. Проте аналіз освітнього процесу з фізики дає підстави стверджувати, що рівень сформованості базових знань та їх міцність у старшій школі не відповідають сучасним вимогам суспільства.

Наші дослідження показали, що в останні роки спостерігається значне зниження якості навчання фізики в закладах загальної середньої освіти (Зикова, 2017). Міцність та якість знань суттєво залежить від рівня сформованості фізичних моделей явища, що вивчається. У зв'язку з цим виникає потреба в розробці методики формування якісних моделей основних теорій, що вивчаються в курсі фізики.

Змісту навчального матеріалу, орієнтованому на розвиток світогляду учнів, формуванню фізичних понять та моделей приділяли увагу Б. Будний, О. Бугайов, Л. Благодаренко, І. Бургун, С. Гончаренко, О. Ляшенко, М. Садовий, В. Фоменко, Г. Шишкін та інші. Аналіз проведених нами досліджень проблеми активізації пізнавальної діяльності учнів старших класів закладів загальної середньої освіти і студентів I-II курсів професійних коледжів при вивченні фізики дозволив виявити ступінь зацікавленості фізикою і самооцінку рівня сформованості їх власних практичних умінь і навичок. Зроблено висновки про взаємозв'язок між інтересом учнів до вивчення фізики та їх прагненням пояснити природні явища з позицій фізичних теорій, уміннями застосовувати набуті знання в побуті (Зикова, 2017).

Мета статті полягає у представленні результатів експериментальної перевірки запропонованої методики формування міцних базових знань на основі побудови уявних фізичних моделей в учнів старшої школи.

Методи та методики дослідження: теоретичний аналіз науково-педагогічної літератури, педагогічний експеримент.

Результати та дискусії. У нашому дослідженні, яке проводилось протягом 2017-2019 навчальних років, ми перевіряли педагогічну ефективність запропонованої методики формування міцних базових знань на основі побудови уявних фізичних моделей процесів та явищ в учнів старшої школи. Експериментальне навчання проводилося в загальноосвітніх навчальних закладах м. Бердянська та Бердянського району. В експерименті на цьому етапі брали участь 86 учнів.

Ефективність запропонованої методики ми перевіряли на експериментальній і контрольній групах. При виборі контрольних і експериментальних груп для забезпечення достовірності результатів ми використовували метод вирівнювання умов, який передбачає

нівелювання різниці між основними суб'єктами освітнього процесу. Підбір учнів експериментальної та контрольної груп був таким, щоб забезпечити приблизно однаковий їх склад.

У дослідженні брали участь учні X-XI класів. Методом випадкового відбору з учнів, що брали участь в експериментальному навчанні, була складена вибірка з 44 учні експериментальної і 42 учні контрольної груп. Оцінювалися результати виконання контрольних (тестових) завдань за 60-бальною оціночною шкалою. Для порівняння результатів експериментального навчання використовувалося середнє арифметичне значення балів, отриманих учнями при виконанні контрольних завдань. Кожен відповідно до розроблених критеріїв та за кількістю набраних балів тестування міг потрапити в одну з чотирьох категорій. Результати тестування за двома вибірками учнів використовувалися для перевірки гіпотези про те, що експериментальне навчання ефективніше, ніж традиційне.

У нашому експерименті були виконані всі допущення критерію Вілкоксона-Манна-Уїтні (Грабарь, 1997: 105). Ми скористалися двостороннім критерієм χ^2 (хі-квадрат) у зв'язку з невеликою кількістю категорій вимірювань (чотири категорії). Експериментальні дані було записано у формі таблиці 2, де $2 \times C$ (у нашому випадку 2×4 , так як $C = 4$).

Результати тестування представлено у вигляді двох вибірок, які записані в порядку зростання кількості набраних учнями балів окремо для кожної вибірки.

Вибірка 1. 20, 21, 21, 22, 23, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 35, 38, 38, 39, $n_1 = 44$ 40, 41, 41, 41, 42, 43, 43, 43, 44, 44, 44, 45, 46, 46, 47, 47, 47, 48, 48, 48, 49, 49, 49, 49, 50, 53, 55.

Вибірка 2. 15, 16, 17, 19, 19, 21, 21, 22, 22, 23, 24, 25, 25, 26, 26, 27, 27, $n_2 = 42$ 29, 30, 30, 32, 32, 32, 33, 33, 35, 35, 35, 36, 36, 39, 39, 41, 41, 44, 45, 47, 47, 48, 48, 49, 52.

Число балів, присвоєних учням першої вибірки, позначили як X , а в другій вибірці – Y . Обсяг першої вибірки дорівнював 44; отже, ми мали 44 значення x_i ($i = 1, 2, \dots, 44$); обсяг другої вибірки – 42; відповідно ми мали 42 значення y_i ($i = 1, 2, \dots, 42$).

Всі значення x_i у ми об'єднали в одну групу обсягом $N = 86$ ($44 + 42 = 86$) і записали в порядку зростання значень. Визначили для кожного значення x_i у ранг R , чисельно рівний місця, яке він займає в цьому ряду. Тобто, однаковим значенням X і Y присвоюємо однакові ранги R .

Маючи достатні підстави для припущення про те, що значення змінної X першої вибірки має тенденцію перевищувати значення змінної Y другої вибірки, для перевірки гіпотези застосували двосторонній критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні. Ми провели перевірку гіпотези $H_0 : p(x < y) = 1/2$ при альтернативній гіпотезі $H_1 : p(x < y) \neq 1/2$. Вона H_0 передбачає, що результати тестування учнів першої вибірки (змінна X) різновірогідні з результатами другої вибірки (змінна Y). Використовуючи дані проведеного дослідження, розрахували статистики критерію T за формулою (Грабарь, 1997: 86).

$$T = S - \frac{n(n+1)}{2} \quad (1)$$

Для цього ми знайшли суму рангів вибірки меншого обсягу (змінна Y другої вибірки).

$$S = \sum_{i=1}^n R(y_i) \quad (2)$$

$$S = 1447,5, \quad T = 1447,5 - \frac{42(42+1)}{2} = 544,5$$

Оскільки обсяг вибірок n_1 і n_2 більше 20, то критичне значення статистики T знаходили за формулою (Грабарь, 1997: 89).

$$W_{\frac{\alpha}{2}} = \frac{n_1 \cdot n_2}{2} + x_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} - \sum K} \quad (3)$$

$$K = \frac{k^3 - k}{12} \quad (4)$$

k – число членів ряду, що мають одне і те ж значення;

$\sum K$ – сума значень для всіх ланцюжків з однаковими значеннями, що належать обом вибіркам; $x_{\alpha/2}$ – квантиль нормального розподілу.

На підставі отриманих даних мали 36 груп однакових значень змінних, що належать обом вибіркам. Далі ми знайшли значення k_i ($i = 1, 2, \dots, 36$):

| | |
|---|--|
| $k_1 = 1$ (значення 15, має 1 учень); | $k_{19} = 5$ (значення 35, мають 5 учнів) |
| $k_2 = 1$ (значення 16, має 1 учень); | $k_{20} = 2$ (значення 36, мають 2 учня); |
| $k_3 = 1$ (значення 17, має 1 учень); | $k_{21} = 2$ (значення 38, мають 2 учня); |
| $k_4 = 2$ (значення 19, мають 2 учня); | $k_{22} = 3$ (значення 39, мають 3 учня); |
| $k_5 = 1$ (значення 20, має 1 учень); | $k_{23} = 1$ (значення 40, має 1 учень); |
| $k_6 = 4$ (значення 21 мають 4 учня); | $k_{24} = 5$ (значення 41, мають 5 учнів); |
| $k_7 = 3$ (значення 22, мають 3 учня); | $k_{25} = 1$ (значення 42, має 1 учень); |
| $k_8 = 2$ (значення 23, мають 2 учня); | $k_{26} = 3$ (значення 43, мають 3 учня); |
| $k_9 = 1$ (значення 24, має 1 учень); | $k_{27} = 4$ (значення 44, мають 4 учня); |
| $k_{10} = 2$ (значення 25, мають 2 учня); | $k_{28} = 2$ (значення 45, мають 2 учня); |
| $k_{11} = 3$ (значення 26, мають 3 учня); | $k_{29} = 2$ (значення 46, мають 2 учня); |
| $k_{12} = 3$ (значення 27, мають 3 учня); | $k_{30} = 3$ (значення 47, мають 5 учня); |
| $k_{13} = 2$ (значення 29, мають 2 учня); | $k_{31} = 5$ (значення 48, мають 5 учнів); |
| $k_{14} = 3$ (значення 30, мають 3 учня); | $k_{32} = 5$ (значення 49, мають 5 учнів); |

мають 5 учнів);

$K_{15} = 1$ (значення 31, має 1 учень);

$K_{33} = 1$ (значення 50, має 1

учень);

$K_{16} = 4$ (значення 32, мають 4 учня);

$K_{34} = 1$ (значення 52,

має 1 учень);

$K_{17} = 2$ (значення 33, мають 2 учня);

$K_{35} = 1$ (значення 53,

має 1 учень);

$K_{18} = 1$ (значення 34, мають 1 учень);

$K_{36} = 1$ (значення 55, має 1

учень.

За формулою (4) знайшли 36 доданків суми K :

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_5 = K_9 = K_{15} = K_{18} = K_{23} = K_{25} = K_{33} = K_{34} = K_{35} = K_{36} = 0;$$

$$K_4 = K_8 = K_{10} = K_{13} = K_{17} = K_{20} = K_{21} = K_{28} = K_{29} = (8 - 2)/12 = 0,5;$$

$$K_7 = K_{11} = K_{12} = K_{14} = K_{22} = K_{26} = K_{30} = (81 - 3)/12 = 6,5;$$

$$K_6 = K_{16} = K_{27} = (64 - 4)/12 = 5;$$

$$K_{19} = K_{24} = K_{31} = K_{32} = (125 - 5)/12 = 10.$$

$$\sum K = 13 \cdot 0 + 9 \cdot 0,5 + 7 \cdot 6,5 + 3 \cdot 5 + 4 \cdot 10 = 100,5$$

За формулою (3), що включає корекцію на приписування однакових рангів, збігається значенням змінних X і Y для рівня значущості $\alpha = 0,05$ і $1,96$ (Грабарь, 1997: 87).

$$W_{\alpha/2} = \frac{44 \cdot 42}{2} + 1,96 \sqrt{\frac{44 \cdot 42 (44 + 42 + 1)}{12}} = 100,5 + 1149,85$$

Згідно з правилом прийняття рішення нульова гіпотеза була відхилена на рівні $\alpha = 0,05$, оскільки $T < W_{\alpha/2}$ ($544,5 < 1149,85$) і була прийнята альтернативна гіпотеза. Прийняття цієї гіпотези означає, що існують відмінності в стані знань, умінь і навичок експериментальної і контрольної груп.

Далі нами перевірялася гіпотеза про відсутність відмінностей при використанні традиційної та експериментальної методик навчання учнів із використанням критерію χ^2 (хі-квадрат). Отже, цю методику можна застосувати, оскільки обидві вибірки випадкові і члени вибірки незалежні між собою.

Об'єкти двох вибірок учнів експериментальної та контрольної груп розподілили на 4 категорії відповідно до кількості набраних балів. На підставі цих даних було складено таблицю $2 \times C$ ($C = 4$) (таблиця 1).

Таблиця 1

Розподіл результатів тестування учнів двох вибірок

| | Категорія 1 (12–24 бала) | Категорія 2 (25–36 балів) | Категорія 3 (37–48 балів) | Категорія 4 (49–60 балів) |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Вибірка 1 $n_1 = 44$ | $O_{11} = 5$ | $O_{12} = 9$ | $O_{13} = 23$ | $O_{14} = 7$ |
| Вибірка 2 $n_2 = 42$ | $O_{21} = 11$ | $O_{22} = 19$ | $O_{23} = 10$ | $O_{24} = 2$ |

У таблиці 1 O_{i1} – число учнів першої вибірки, які набрали кількість балів відповідної категорії (де i – номер категорії); O_{2i} – число учнів другої вибірки.

Ймовірність того, що учні першої вибірки набрали j – балів ($j = 1 -$

60), позначили p_{1j} ; p_{2j} – ймовірність того, що учні другої вибірки набрали j – балів. Використовуючи результати експериментального навчання, перевірили нульову гіпотезу H_0 : $p_{1j} = p_{2j}$ для всіх чотирьох категорій (тобто $p_{11} = p_{21}$, $p_{12} = p_{22}$, $p_{13} = p_{23}$, $p_{14} = p_{24}$) – при альтернативі H_1 : $p_{1j} \neq p_{2j}$ хоча б для однієї з $C = 4$ категорій.

Для перевірки гіпотези розрахунок значення статистики критерію χ^2 проводили за формулою (Грабарь, 1997: 101).

$$T = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum_{i=1}^c \frac{(n_1 O_{2i} - n_2 O_{1i})^2}{O_{1i} + O_{2i}}, \quad (5)$$

де n_1 і n_2 – обсяг вибірок. У результаті наших розрахунків $T=13,68$.

Для значення $\alpha = 0,05$ (Грабарь, 1997: 130) і числа ступенів свободи $\nu = C - 1 = 4 - 1 = 3$ визначили практичне значення статистики критерію T : $\chi_{1-\alpha}=7,815$. Отже, правильна нерівність $T_{\text{експ.}} > T_{\text{крит.}}$ ($13,68 > 7,85$). Відповідно до прийнятого рішення результати експериментального навчання дають підстави для відхилення нульової гіпотези. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої методики щодо формування міцних базових знань на основі побудови фізичних моделей процесів та явищ, що вивчаються.

Результати проведеного нами експериментального навчання показали, що початковий рівень в експериментальній групі становив 11,4%, а в контрольній – 26,2%. Тобто різниця становить 14,8%. Середній рівень в експериментальній групі дорівнює 20,5%, в контрольній – 45,5%. Різниця показників набула показників у 24,7%. Достатній рівень в експериментальній групі становив 51,2%, а в контрольній – 23,8%. Різниця між ними – 27,7%. Високий рівень в експериментальній групі складав 15,8%, в контрольній – 4,8%. Різниця між ними – 11%. Результати перевірки валідності експериментального навчання представлено на рис. 1.

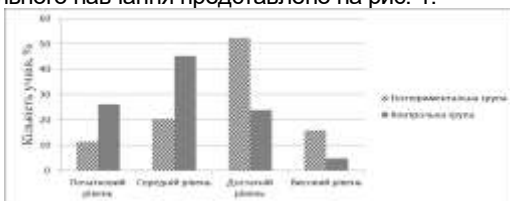


Рис. 1. Порівняння рівнів навчальних досягнень учнів після завершення педагогічного експерименту

Висновки. На основі проведеного нами педагогічного експерименту перевірки ефективності запропонованої методики формування міцних базових знань на основі побудови фізичних моделей процесів та явищ в учнів старшої школи робимо висновок про її доцільність. Адже спостерігається зниження початкового та середнього рівнів навчальних досягнень учнів на 39,5% та підвищення достатнього та високого рівнів на 38,4%. Подальших пошуків у напрямі дослідження потребує вдосконалення методики фізичного моделювання процесів та явищ для підвищення рівня міцності знань в учнів старшої школи на основі практико-орієнтованого навчання.

Література

1. Грабарь М. И., Краснянская К. А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях: непараметрические методы. М. : Педагогика, 1997. 136 с.
2. Зикова К. М., Косоков І. Г., Шишкін Г. О Аналіз пізнавальної активності учнів професійних коледжів під час вивчення фізики. *Збірник наукових праць "Педагогічні науки"*. Випуск LXXV. Том 1. Херсон, 2017. С. 122-125.
3. Зикова К. М., Шишкін Г. О Аналіз стану якості навчання фізики учнів у Запорізькій області. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету*. Серія : Педагогічні науки : зб. наук. пр. Вип.2. Бердянськ : БДПУ, 2017. С. 72-79.

References

1. Grabar` M. Y`., Krasnyanskaya K. A (1997) *Pry`meneny`e matematy`cheskoj staty`sty`ky` v` pedagogy`chesky`x` y`ssledovany`yah` : neparametry`chesky`e metody` [Application of mathematical statistics in pedagogical research: nonparametric methods]*, M. : Pedagogy` ka. p.136 [in Russian].
2. Zyкова K. M., Kosogov I. G., Shyshkin G. O *Analiz piznaval`noyi akty`vnosti uchniv profesijny`x koledzhiv pid chas vy`vchennya fizy`ky` [Analysis of cognitive activity of students of professional colleges during the study of physics]*, *Zbirny`k naukovy`x prac` «Pedagogichni nauky`»*. Vy`pusk LXXV. Tom 1. Xerson, 2017. 122-125 [in Ukrainian].
3. Zyкова K. M., Shyshkin G. O *Analiz stanu yakosti navchannya fizy`ky` uchniv u Zaporiz`kij oblasti [Analysis of the status of the quality of teaching physics students in Zaporozhye region]*, *Naukovi zapu`sky` Berdyans`kogo derzhavnogo pedagogichnogo universy`tetu*. Seriya : Pedagogichni nauky` : zb. nauk. pr. Vy`p.2. Berdyans`k : BDPU, 2017. 72-79 [in Ukrainian].

АНОТАЦІЯ

Фізичні моделі процесів, що вивчаються, відіграють особливу роль у формуванні в учнів фундаментальних базових знань. Моделювання фізичних явищ та процесів у старшій школі значно полегшує засвоєння навчального матеріалу, підвищує міцність знань та навички проведення експериментальних досліджень. Проте аналіз освітнього процесу дає підстави стверджувати, що рівень сформованості базових знань та їх міцність не відповідають сучасним вимогам суспільства. Проведені нами дослідження показали, що в останні роки спостерігається значне зниження якості навчання фізики в закладах загальної середньої освіти. Міцність та якість знань учнів суттєво залежить від рівня сформованості фізичної моделі явища, що вивчається. Тому постає потреба в розробці методики формування якісних моделей основних теорій, що вивчаються в курсі фізики. Наше дослідження проводилось протягом 2017-2019 навчальних років, у якому ми перевіряли педагогічну ефективність запропонованої методики формування міцних базових знань на основі побудови уявних фізичних моделей процесів та явищ в учнів старшої школи. Експериментальне навчання проводилось в загальноосвітніх навчальних закладах м. Бердянська та Бердянського району. На цьому етапі дослідження в експерименті брали участь 86 учнів.

У дослідженні брали участь учні X-XI класів, з яких було виділено експериментальну та контрольну групи. Методом випадкового відбору була складена вибірка з 44 учні експериментальної і 42 учні контрольної груп. На основі проведеного нами педагогічного експерименту, а саме перевірки ефективності запропонованої методики формування міцних базових знань на основі побудови фізичних моделей процесів та явищ в учнів старшої школи, робимо висновок про її доцільність. Адже було виявлено зниження початкового та середнього рівнів навчальних досягнень учнів на 39,5% та підвищення достатнього та високого рівнів на 38,4%.