

закладі цифрової метеостанції, біохімічної лабораторії, наборів фізичних датчиків тощо.

Реалізація дослідницької діяльності школярів через впровадження STEAM-практикуму може бути розглянута педагогічною радою і реалізовуватись в рамках навчальних годин різних предметів, за рахунок варіативної складової навчального плану, під час проведення наукових пікніків, навчальної практики чи Літньої школи для обдарованих учнів залежно від типу освітнього закладу, напрямків та пріоритетів його роботи.

#### **Список літератури**

1. Шарко В.Д. Сучасний урок: технологічний аспект / Посібник для вчителів і студентів / В.Д. Шарко. – К.: 2007. – 220 с.
2. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua>

## **КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЦЕСІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ**

*Савош В. О., Кобель Г. П., Дишко Ю. І.*

кафедра експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій ВНУ імені  
Лесі Українки,

[valsavosh@gmail.com](mailto:valsavosh@gmail.com), [grigor55@ukr.net](mailto:grigor55@ukr.net) [diskoulia29@gmail.com](mailto:diskoulia29@gmail.com)

Результативність самостійного розв'язування фізичних задач здобувачами освіти безпосередньо залежить від обізнаності вчителів з процесом організації цього виду діяльності під час навчання та засобів, які оптимально сприятимуть формуванню в учнів необхідних знань, вмінь, способів діяльності. Поміж значного різноманіття засобів виокремлено засоби моделювання.

Під час навчання учнів розв'язуванню задач вчителі дотримуються певної послідовності дій. Очевидно, що початком діяльності із задачею є опрацювання її умови та з'ясування фізичного змісту. Саме на цьому етапі в учнів виникають значні труднощі, які в подальшому впливають на кінцевий результат діяльності. Дані психометричного аналізу результатів зовнішнього незалежного оцінювання з фізики переконливо свідчать про несформованість у здобувачів освіти вміння розв'язувати задачі (ЗНО/НМТ).

На нашу думку, використання декількох засобів моделювання та встановлення послідовності їх запровадження є однією із організаційних умов самостійного розв'язування задач здобувачами освіти. Запропонований підхід передбачає встановлення вчителем відповідності між об'єктом пізнання та 1) головним очікуваним результатом діяльності учнів; 2) навченістю й научаністю здобувачів освіти; 3) умовами, в яких організовується діяльність учнів щодо розв'язування фізичних задач; 4) можливістю візуалізації об'єкта пізнання одним або декількома засобами моделювання; 5) доцільністю використання декількох засобів моделювання з огляду на сприяння більш продуктивному перебігу процесу пізнання, оптимальному використанню інтелектуальних і часових ресурсів під час досягнення головного очікуваного результату діяльності учнів; 6) послідовністю запровадження різних засобів моделювання на основі руху від простого до складного; 7) синергетичним підсиленням результатів діяльності учнів з огляду на те, що сумарна ефективність

використання різних засобів моделювання значно вища, ніж ефективність одного окремо взятого засобу (приміром, фізичного моделювання чи математичного).

Як приклад, розглянемо задачу, яка була запропонована учасникам зовнішнього незалежного оцінювання з фізики у 2021 році. Задача. 1. (№ 31, 2021). Бетонний циліндричний стовп, що лежав на горизонтальному дні глибокого озера, водолази поставили вертикально. Висота стовпа 4 м, маса 600 кг. Визначте мінімальну роботу, яку мали виконати водолази, піднявши стовп. Уважайте, що густина бетону  $2000 \text{ кг/м}^3$ , густина води  $1000 \text{ кг/м}^3$ , прискорення вільного падіння  $10 \text{ м/с}^2$ . Поперечні розміри стовпа не враховуйте. Відповідь запишіть у кілоджоулях (кДж).

Таблиця 1

Відповідь	Розподіл учасників (%) за кількістю набраних балів		Складність (P-value)	Дискримінація (D-index)	Кореляція (Rit)
	0	2			
6	95,0	5,0	5,0	15,1	0,4

Як видно із психометричного аналізу (Таблиця 1.) лише 5% або 1170 випускників із 23 407 осіб, які взяли участь у ЗНО, отримали правильну відповідь (4, С. 362).

Для розв'язування цього завдання потрібно було застосувати поняття, закономірності, експериментальні результати з кількох тематичних блоків, їхніх розділів або тем програми зовнішнього незалежного оцінювання з фізики.

Розв'язування. *Моделювання задачної ситуації.* Маємо бетонний циліндричний стовп, який лежить горизонтально. На нього діють сила тяжіння та сила реакції опори. В задачі нічого не сказано про структуру дна, тому можна вважати, що на лежачий на дні стовп ще діє архімедова сила. В реальній ситуації, як правило, дно є глинистим і вода під стовп не потрапляє, тобто у початковий момент на стовп діє сила тиску шару води але не діє архімедова сила. В умові можна виділити такі проблеми: 1) яким способом відбувається піднімання стовпа; 2) у якій точці стовпа доцільно прикладати силу; 3) у якому напрямку прикладати цю силу, вона стала за модулем і напрямком чи ні; 4) при яких умовах робота по підніманню буде мінімальною; 5) як врахувати той факт, що робота виконується не у повітрі а у воді. Оскільки озеро глибоке, то логічно вважати, що його глибина більша від 4 м і стовп весь час перебуває у воді.

Постає питання, яким чином водолази ставили стовп у вертикальне положення? Для аналізу цього процесу варто використати фізичне моделювання. Беремо дерев'яний брусок і переводимо його із горизонтального положення у вертикальне різними способами.

*Перший спосіб.* Прикладаємо силу  $\vec{F}$  до одного з кінців і поступово обертаємо його навколо нижньої точки тобто другого кінця стовпа (Рис. 2). Оптимальним є випадок, коли ця сила перпендикулярна до осі стовпа. При цьому плече прикладеної сили дорівнює висоті стовпа і момент сили буде найбільшим. У цьому випадку зріст водолазів має бути порівняний із висотою стовпа. Сила  $\vec{F}$  постійно змінює напрямку у просторі від вертикального до горизонтального. Стовп обертають повільно із сталою швидкістю, тому алгебраїчна сума моментів сил рівна нулю. Для визначення сили  $\vec{F}$  запишемо правило моментів

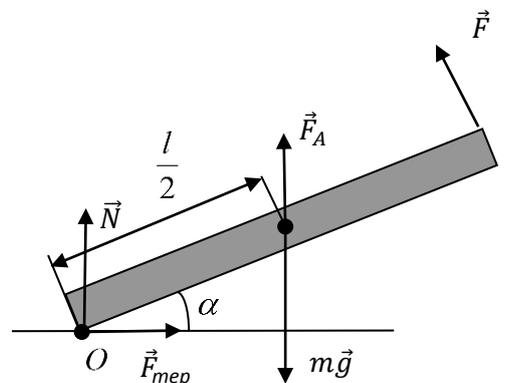


Рис. 2

відносно точки  $O$ :  $Fl - (mg - F_A)\frac{l}{2}\cos\alpha = 0$ . Звідки  $F = \frac{1}{2}(mg - F_A)\cos\alpha$ . Кут  $\alpha$  змінюється від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . Модуль прикладеної сили  $\vec{F}$  також змінюється, тому формулу роботи  $A = Fl\cos\varphi$  застосовувати не можна. Використаємо математичне моделювання. При повороті стовпа на кут  $d\alpha$  верхня його точка переміщується вздовж дуги  $ds = ld\alpha$ . Елементарна робота сили  $\vec{F}$   $dA = Fds = Fld\alpha$ .  $dA = Md\alpha$ , де  $M$  – момент сили.  $dA = \frac{1}{2}(mg - F_A)\cos\alpha \cdot ld\alpha$ . Для визначення роботи інтегруємо останній вираз.  $A = \int_0^{90^\circ} Fld\alpha = \int_0^{90^\circ} \frac{1}{2}(mg - F_A)l\cos\alpha \cdot d\alpha$ .  $A = \frac{1}{2}(mg - F_A)l\sin\alpha \Big|_0^{90^\circ} = \frac{1}{2}(mg - F_A)l$ .

$$A = \frac{1}{2} \cdot (mg - \rho_e gV)l = \frac{mg}{2} \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_o}\right)l. \quad \text{Виконаємо} \quad \text{обчислення:}$$

$$A = \frac{600 \cdot 10}{2} \left(1 - \frac{1000}{2000}\right) \cdot 4 = 6000 \text{ (Дж)} = 6 \text{ кДж}.$$

*Другий спосіб.* Якщо водолази мають зріст по 2 м, то вони піднімуть стовп на висоту 2 м, яка рівна половині висоти стовпа. Потім, повільно повертаючи його навколо центра мас (середина стовпа), водолази переводять його у вертикальне положення. Механічна робота виконується на етапі піднімання. У цьому випадку можемо використати згадану вище формулу для обчислення механічної роботи.  $A = Fl\cos\varphi$ .

Робота виконується проти рівнодійної сили тяжіння та архімедової сили.

$$A = \frac{l}{2}(mg - F_A) = \frac{l}{2}(\rho_o gV - \rho_e gV) = \frac{l}{2}mg \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_o}\right). \quad \text{Виконаємо} \quad \text{обчислення}$$

$$A = \frac{4}{2} 600 \cdot 10 \left(1 - \frac{1000}{2000}\right) = 6000 \text{ (Дж)} = 6 \text{ кДж}$$

Найпростіший спосіб розв'язати цю задачу – використати енергетичний підхід. Для цього потрібно проаналізувати початкове та кінцеве положення стовпа, а не заглиблюватися у сам процес піднімання. У вертикальному положенні потенціальна енергія стовпа більша. Мінімальна робота рівна зміні потенціальної енергії бетонного стовпа, який перебуває у воді. Якщо не враховувати поперечні розміри стовпа, то його центр мас перемістили вгору на  $\frac{l}{2}$ .

$$A = \Delta W_n = \frac{(mg - F_A)l}{2} = \frac{l}{2}(\rho_o gV - \rho_e gV) = \frac{l}{2}mg \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_o}\right)$$

При цьому ми абстрагуємося від ряду факторів: вплив сили опору води при русі стовпа, заглиблення нижнього кінця стовпа у ґрунт дна озера, не враховуємо товщину стовпа.

**Висновки.** Активний процес пізнання починається саме з постановки задачі людиною, яку вона потім розв'язує, адже в житті задачі не бувають чітко сформульованими. Тому варто залучати учнів до складання задач на основі аналізу різних ситуацій. Це сприяє формуванню в них уявлень про реальні процеси та можливості їх моделювання.

### **Список використаних джерел**

1. Гончаренко С.У. Розв'язування навчальних задач з фізики: питання теорії і методики. [С.У. Гончаренко, Є.В. Коршак, А.І. Павленко та ін.]; за заг. ред. Є.В. Коршака. Київ : НПУ імені М.П. Драгоманова, 2004. 185с.
2. Калапуша Л.Р. Моделі в науці та навчальному процесі з фізики. *Фізика та астрономія в школі*. 2007. №1. С. 10-13, 2007. № 3. С. 13-17.
3. Кобель Г.П., Савош В.О. Готовність учителя фізики до організації самостійного розв'язування старшокласниками фізичних задач засобами математичного моделювання. Професійний розвиток педагогів в умовах освітнього середовища (теоретико-прикладний аспект) : колективна монографія/ за ред. П. С. Олешка, Н. М. Ткачук. Луцьк : КП ІАЦ «Волиньенергософт», 2019. С.275-282.
4. Офіційний звіт про проведення в 2021 році зовнішнього незалежно оцінювання результатів навчання, здобутих на основі повної загальної середньої освіти. URL: [https://testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2021/08/ZVIT-ZNO\\_2021-Tom\\_2.pdf](https://testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2021/08/ZVIT-ZNO_2021-Tom_2.pdf) (дата доступу 20.11.2023).