

ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ СТУДЕНТІВ МОЛОДШИХ КУРСІВ ВНЗ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ

У статті розглянуто особливості організації навчального дослідження студентів 1-го, 2-го курсів ВНЗ. Вказані характерні особливості навчального дослідження, розглянуто його операційну, змістову та мотиваційну складові. Наведено приклади постановки локальних навчально-дослідницьких задач із фізики або астрономії. Вказано прямі та побічні продукти навчально-дослідницької діяльності студентів у випадку розв'язування цих задач.

Ключові слова: Особливості навчального дослідження, дослідницькі задачі, припливне тертя, система Земля-Місяць.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку дидактики дослідницькому методу навчання приділяється значна увага. Як наслідок, розроблено концепцію впровадження дослідницького методу через систему адаптованих до навчально-виховного процесу прийомів, подібних до наукових методів пізнання [1]. З'ясовано дидактичні принципи реалізації дослідницького методу навчання шляхом організації самостійних досліджень учнів, які полягають у виконанні експериментальних навчально-дослідницьких завдань [2]. Але, як свідчать наша практика і системні дослідження інших науковців, студенти 1-го, 2-го курсу ні психологічно, ні за рівнем знань ще не готові до суто наукового дослідження в прямому розумінні цього роду діяльності. Тому навчально-дослідницьку роботу студентів доцільно організовувати через послідовність цілком визначених локально-дослідницьких задач.

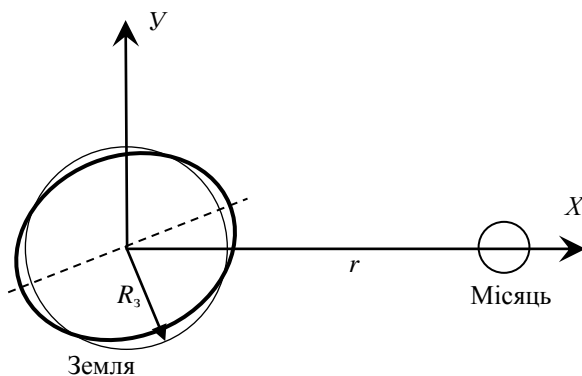
Аналіз останніх досліджень. Згідно досліджень [3], [4] характерними особливостями навчального дослідження є:

- навчальне дослідження – це один із найефективніших засобів розвитку мислення учнів та студентів;
- його реалізація потребує поєднання дослідницького методу навчання з іншими, особливо з частково-пошуковим;
- змістовою стороною навчально-дослідницької діяльності є задачі проблемного характеру;
- операційна сторона навчально-дослідницької діяльності спрямована на формування навчально-дослідницьких вмінь реалізовувати окремі етапи наукового пізнання;
- мотивація навчально-дослідницької діяльності у значній мірі залежить від: зацікавленості предметом дослідження; створення атмосфери емоційного задоволення від своєї роботи; врахування індивідуальних особливостей загальних здібностей, системи моральних та соціальних цінностей, результату виховання кожного суб'єкта навчання;
- методи навчального дослідження містять елементи методів наукових досліджень: спостереження, експеримент, ідеалізація та моделювання, уявний експеримент, аналогії, метод гіпотез тощо;
- організація навчального дослідження спрямована на забезпечення самостійної роботи студентів (учнів), її самоорганізації та самооцінки результату;
- метою навчального дослідження є включення в систему нових знань його результатів та способів дій їх досягнення;
- нові знання, здобуті в результаті навчально-дослідницької діяльності виступають в ролі її прямого продукту, способи дій, структура дослідження та прийоми самоорганізації студентів (учнів) можуть бути як прямим, так і побічним продуктами;
- система засобів навчального дослідження спрямована на перехід його побічного продукту в прямий. При цьому особлива роль відводиться засобам регулювання навчально-дослідницької діяльності;
- реалізація навчально-дослідницької діяльності здійснюється через спеціально розроблену систему навчально-дослідницьких задач.

Метою цієї статті є ілюстрація реалізації вищевказаного підходу до постановки локально-дослідницьких задач на прикладі завершеного дослідницького завдання з фізики або астрономії.

Постановка навчально-дослідницького завдання. Єдиний природний супутник нашої планети – Місяць невинно віддаляється від Землі. За допомогою лазерної локації встановлено, що зараз радіальна швидкість віддалення Місяця становить порядку 3 см/рік [5], [6], [7], [8]. Причиною цього віддалення є припливне тертя, в результаті якого частина механічної енергії системи Земля-Місяць весь час розсіюється у вигляді тепла, що призводить до поступового зменшення як кутової швидкості обертання

Землі навколо своєї осі, так і швидкості обертання Місяця навколо Землі. Кутова швидкість обертання Місяця навколо власної осі на сучасну епоху вже не змінюється, оскільки зараз він весь час повернутий до Землі лише однією стороною.



Мал. 1. Захоплення Землею припливних горбів унаслідок тертя

Сповільнення добового обертання нашої планети, згідно законів динаміки обертального руху, спричинене діючим на неї гальмівним моментом. Він виникає за рахунок того, що Земля захоплює за собою припливні горби, оскільки вона обертається швидше, ніж навколо неї обертається Місяць (див. мал. 1). Тому припливні горби знаходяться не на лінії, що сполучає центри Землі та Місяця, а дещо випереджують її. Різниця моментів сил гравітаційної дії Місяця на припливні горби і створює гальмівний обертальний момент.

Згідно законів збереження моменту імпульсу, Ньютона та всесвітнього тяжіння, автори [9] вивели диференціальне рівняння залежності зміни кутової швидкості обертання Землі навколо власної осі $d\omega_z$ від зміни середньої відстані між центрами Землі та Місяця dr

$$I_z d\omega_z = -\frac{1}{2} m \sqrt{GM} \cdot r^{-\frac{1}{2}} dr, \quad (1)$$

де G – гравітаційна стала, I_z – момент інерції Землі навколо власної осі обертання, m – маса Місяця, M – маса Землі, r – середня відстань між центрами Землі та Місяця.

Задача 1. Розділити обидві частини рівняння (1) на мізерний проміжок часу $dt \rightarrow 0$, отримати залежність між кутовим прискоренням обертального руху Землі ε_z від швидкості віддалення Місяця v .

Задача 2. Оцінити значення кутового прискорення сповільнення добового обертання Землі на сучасну епоху, вважаючи, що момент інерції Землі відносно власної осі обертання дорівнює $I_z = 0,33MR_3^2$ [5].

Задача 3. Оцінити миттєву потужність дисипації кінетичної енергії обертального руху Землі навколо своєї осі P , враховуючи, що вона дорівнює швидкості зміни цієї енергії.

Задача 4. Вважаючи, що насправді система Земля-Місяць обертаються навколо спільного центра мас, а не навколо центра Землі оцінити кінетичну енергію поступального руху Землі навколо спільного центра мас.

Задача 5. Оцінити кінетичну енергію обертального руху Землі навколо власного центра, на сучасну епоху, та порівняти її із кінетичною енергією поступального руху нашої планети навколо спільного центра мас системи Земля-Місяць.

Задача 6. Вважаючи, що повна механічна енергія системи складається з кінетичної енергії обертального руху Землі навколо власної осі $w_z = \frac{I_z \omega_z^2}{2}$, кінетичної енергії руху Місяця на

навіколоземній орбіті $w_{к.м} = \frac{mv^2}{2}$, та потенціальної енергії взаємодії цих небесних тіл $w_n = -\frac{GMm}{r}$

$$W = \frac{I_z \omega_z^2}{2} + \frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{r}, \quad (2)$$

оцінити потужність дисипації механічної енергії цієї системи P_1 .

Задача 7. Порівняти значення потужностей P та P_1 і зробити висновок.

Виконання *першої* та *другої* задачі для підготовленого студента не є складним, і приводить його до наступних рівнянь

$$I_z \varepsilon_z = -\frac{1}{2} m \sqrt{GM} r^{-\frac{1}{2}} v. \quad (3)$$

$$\varepsilon_z = -\frac{m \sqrt{GM} v}{2 I_z \sqrt{r}} = -\frac{m \sqrt{GM} v}{0,66 M R_3^2 \sqrt{r}} = -\frac{m \sqrt{g} v}{0,66 M R_3 \sqrt{r}}, \quad (4)$$

де враховано, що $GM = gR_s^2$. Враховуючи, що $\frac{m}{M} = \frac{1}{81,3}$, $r = 60,3R_s$, $R_s = 6,37 \cdot 10^6$ м.

$$\varepsilon_s = -\frac{1}{0,66 \cdot 6,37 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{81,3} \cdot \sqrt{\frac{9,8}{60,3 \cdot 6,37 \cdot 10^6}} \cdot \frac{3,78 \cdot 10^{-2}}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = -5,60 \cdot 10^{-22} \text{ (рад/с}^2\text{)}.$$

Під час розв'язування *третьої* задачі варто звернути увагу студента на те, що кінетична енергія обертального руху визначається формулою $W_s = \frac{I_s \omega_s^2}{2}$, а кутове прискорення дорівнює $\varepsilon_s = \frac{d\omega_s}{dt}$. Тоді

$$\begin{aligned} P &= \frac{dW_s}{dt} = \frac{d\left(\frac{1}{2} \cdot I_s \omega_s^2\right)}{dt} = I_s \omega_s \frac{d\omega_s}{dt} = \\ &= \frac{0,66\pi M R_s^2 \varepsilon_s}{T} = -3,26 \cdot 10^{12} \text{ (Вт)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Розв'язування наступної *четвертої* задачі потребує знання виразу знаходження координати центра мас системи тіл. На сучасну епоху центр мас системи Земля-Місяць знаходиться від центра Землі на відстані $x_c = \frac{mr}{M+m} = \frac{m \cdot 60,3R_s}{81,3m+m} = 0,73R_s$. Отже, відносно системи відліку, пов'язаною із центром мас системи Земля-Місяць, центр мас Землі здійснює поступальний рух по колу радіусом x_c (якщо вважати, що центр мас Землі знаходиться в її геометричному центрі).

Оцінка кінетичної енергії цього руху, враховуючи, що періоди обертання Землі та Місяця навколо їх спільного центра мас однаковий (27,3 доби) дає наступний результат

$$W_{n.p.z} = \frac{M v^2}{2} = \frac{4\pi^2 M x_c^2}{2T_m^2} = 4,59 \cdot 10^{26} \text{ (Дж)}. \quad (6)$$

Розв'язування *п'ятої* задачі для підготовленого студента, як у перших двох випадків, не є складним

$$W_s = \frac{I_s \omega_s^2}{2} = \frac{0,66\pi^2 M R_s^2}{T^2} = 2,11 \cdot 10^{29} \text{ (Дж)}. \quad (7)$$

Отже, згідно виразів (6), (7), на сучасну епоху кінетична енергія руху центра мас Землі навколо центра мас системи Земля-Місяць у 0,002 рази менша за кінетичну енергію обертання Землі навколо власної осі ($W_{n.p.z} \ll W_s$). Тому розраховуючи повну механічну енергію системи Земля-Місяць величиною $W_{n.p.z}$ можна знехтувати.

Для розв'язку *шостої* задачі варто запропонувати студенту вважати місячну орбіту близькою до колової. Тоді згідно другого закону Ньютона та закону всесвітнього тяжіння, квадрат швидкості руху Місяця відносно Землі дорівнює $v^2 = \frac{GM}{r}$. Враховуючи, що $GM = gR_s^2$, вираз (2) набуде виду

$$W = \frac{I_s \omega_s^2}{2} - \frac{mgR_s^2}{2r}. \quad (8)$$

Згідно виразу (8) елементарна зміна механічної енергії системи Земля-Місяць на сучасну епоху дорівнює

$$\begin{aligned} dW &= I_s \omega_s d\omega_s + \frac{mgR_s^2}{2} \cdot \frac{dr}{r^2} = \left(\frac{mgR_s^2}{2r^2} - \frac{\pi m \sqrt{gR_s}}{T \sqrt{r}} \right) dr = \\ &= \frac{m \sqrt{gR_s}}{\sqrt{r}} \left(\frac{\sqrt{gR_s}}{2r^{3/2}} - \frac{\pi}{T} \right) v dt \end{aligned} \quad (9)$$

де враховано вираз (1), формула $GM = gR_s^2$, та зв'язок між кутовою швидкістю та періодом обертання Землі $T = \frac{2\pi}{\omega_s}$.

Згідно (9) потужність дисипації механічної енергії системи Земля-Місяць на сучасну епоху становить

$$P_1 = \frac{dW}{dt} = \frac{m \sqrt{gR_s}}{\sqrt{r}} \left(\frac{\sqrt{gR_s}}{2r^{3/2}} - \frac{\pi}{T} \right) v = -3,32 \cdot 10^{12} \text{ (Вт)}. \quad (10)$$

Розв'язування *сьомої* задачі приводить студента до висновку, що потужність втрат механічної енергії системи Земля-Місяць внаслідок дії припливного тертя P_1 та кінетичної енергії обертового руху Землі навколо своєї осі P (вираз (5)) відрізняються усього на 1,8 %. Отже, практично уся втрата механічної енергії цієї системи йде на гальмування добового обертання Землі.

Висновок. Пропонований підхід до постановки вищевказаного завдання студентам 1-го курсу НУВГП підтвердили результати дидактичних досліджень стосовно ефективності впровадження елементів навчально-дослідницького методу навчання. У студентів виникає зацікавленість предметом дослідження, емоційне задоволення від своєї роботи. Нові знання, отримані внаслідок цієї діяльності, стали як прямими, так і побічними її продуктами. У цьому випадку *прямим продуктом* є інформація про дисипацію механічної енергії системи Земля-Місяць, *побічним* – навички застосування диференціальних рівнянь для прогнозування та оцінки істотних закономірностей нашого буття.

Подальшими завданнями нашого дослідження є розроблення навчально-дослідницьких завдань із іншої тематики області фізики та астрономії для інших суб'єктів навчання.

Використані джерела

1. Андреев В. И. Эвристическое программирование учебно-исследовательской деятельности: Метод. пособие. – М.: Высш. школа, 1981. – 240 с.
2. Галатюк Ю. М. Організація дослідницької роботи учнів під час вивчення фізики в старших класах середньої школи: Дис. ... канд. пед. наук. – Рівне, 1998. – 156 с.
3. Рибалко А. В., Галатюк М. Ю. Системно-структурний аналіз навчального дослідження // Вісник Чернігівського держ. педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 65. Серія: педагогічні науки: Збірник. – Чернігів: ЧДПУ, 2009. – № 65. – 352 с. С. 291-294.
4. Мерзликін Олександр Володимирович, м Кривий Ріг. Навчальні дослідження у курсі фізики профільної школи: компетентнісний підхід [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://lib.iitta.gov.ua/6541/1/Merzlykin_paper-Kherson_2014.pdf
5. Бялко А. В. Наша планета – Земля. М.: Наука. 1989. – 236 с.
6. Сборник задач по физике. Под ред. Козела С. М. – 2-е изд., испр. – М.: Наука. 1990. – 352 с., 41 с.
7. Эврика – 87 / Сост. А. Лельевр. – М.: Мол. гвардия, 1987 – 316 с.
8. Чому Місяць віддаляється від Землі? [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/chomu-misyats-viddalyaetsya-vid-zemli>.
9. Рибалко А.В., Галатюк Ю.М. Технологія Організації навчального дослідження учнів – членів МАН на прикладі завдань з астрономії //Фізика та астрономія в школі. – 2006. – № 3 – С. 31–35.

Rybalko A., Kocherhina O., Rybalko O.

ORGANIZATION OF EDUCATIONAL INVESTIGATION OF HIGH SCHOOLS JUNIOR STUDENTS ON PHYSICS AND ASTRONOMY

The article deals with the peculiarities of the organization of studying of students of the 1st, 2nd years of studying of higher educational institutions. Specific features of the study are the following: 1) studying is one of the most effective means of developing the thinking of pupils and students; 2) its realization requires a combination of research method of teaching with others, especially with partial-search; 3) the nature of the problem is the content of the research and development activities; 4) the operational side of educational activities is aimed at forming educational and research skills to realize separate stages of scientific knowledge; 5) the motivation of teaching and research activity depend on a large extent on the interest in the subject of research; creating an atmosphere of emotional satisfaction from their work; taking into account the individual characteristics of general abilities, the system of moral and social values, the result of education of each subject of learning; 6) methods of studying contain elements of methods of scientific research: observation, experiment, idealization and modeling, imaginary experiment, analogy, method of hypotheses, etc.;

Examples are given of the setting of local educational and research tasks for the estimation of the dissipation of the mechanical energy of the Earth-Moon system.

The proposed approach to the formulation of the above tasks students 1st year NUWEE confirmed the results of research on the effectiveness of teaching deployments elements of teaching and research methods. Students have an interest in the subject of research, emotional pleasure arises from their work. New knowledge gained as a result of this activity has become both direct and by-product of its products. In this case, the direct product is about dissipation of mechanical energy of the Earth-Moon system, side – skills to use differential equations for predicting and evaluating the essential patterns of our being.

Key words: *peculiarities of educational research, research tasks, tidal friction, Earth and Moon system.*

Стаття надійшла до редакції 24.05.2018