

Ольга ДЮЖЕНКОВА¹, Тетяна ЧИЖСЬКА²

Національний технічний університет України «КПІ імені І. Сікорського»

e-mail: ¹olgaduzen@gmail.com, ²chijskaya@gmail.comORCID: ¹0000-0002-8146-0134, ²0000-0001-8657-5363

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІНІЙНОЇ ТА ВЕКТОРНОЇ АЛГЕБРИ ПРИ ВИКЛАДАННІ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Анотація. Останнім часом студенти багатьох технічних спеціальностей починають вивчати курс фізики у першому семестрі, в результаті чого деякі математичні поняття використовуються у фізиці раніше, ніж вивчаються у вищій математиці. У зв'язку з цим постає питання про забезпечення студентів необхідним методичним матеріалом, який поєднує математичні поняття та їх застосування у фізиці. У роботі розглядається підхід для вирішення цієї проблеми при вивченні векторних величин у курсі «Загальної фізики». Для кращого засвоєння матеріалу при вивченні фізики пропонується створення навчально-методичного посібника, який дає змогу студентам зрозуміти суть математичних понять та навчитись застосовувати їх при розв'язанні фізичних задач. При викладенні матеріалу в посібнику звертається увага на ті математичні поняття та їх властивості, які мають найбільш широке застосування у фізиці. Кожне поняття пов'язується з відповідними фізичними величинами та ілюструється прикладами. Розглядаються різноманітні задачі, які допомагають студентам зрозуміти зв'язок між математичними та фізичними поняттями та навчають студентів використовувати у фізиці відповідний математичний апарат.

Ключові слова: векторні величини, дії над векторами, застосування математичних понять, фізичні задачі, методичне забезпечення, структура посібника.

Постановка проблеми. У результаті змін в навчальних планах при переході на нові стандарти у вищих технічних навчальних закладах, вивчення курсу фізики було перенесено з другого на перший семестр. На жаль, такі зміни негативно вплинули на вивчення фізики студентами технічних спеціальностей. Справа в тому, що математичний апарат, який не вивчається в школі, а в університеті вивчається в другому семестрі, в курсі фізики застосовується вже у першому. У цій ситуації викладачі фізики і математики можуть допомогти студентам, запропонувавши методичний матеріал, який поєднує математичні поняття та їх застосування у фізиці. Студентам за навчальним планом виділена певна кількість годин для самостійної роботи, частину з яких можна використовувати на опрацювання цього матеріалу при підготовці до практичних та лабораторних робіт з фізики. Крім того, було вирішено включити в методичні рекомендації ще й розділ, який містить шкільний матеріал з даної тематики. Це необхідно для того, щоб вирівняти стартовий рівень студентів, оскільки їхні знання, отримані в школі, можуть бути неповними, фрагментованими або забутими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах є досить актуальною проблема якості вивчення фізики в школі, що зумовлено багатьма факторами. Основним негативним фактором є воєнний стан, що не дає можливості повноцінно проводити навчальний процес [1]. Фізика – природнича наука і вимагає не лише теоретичних знань, а й практичної лабораторної роботи. Під час онлайн навчання лабораторні роботи проводити неможливо. Другим негативним фактором можна вважати падіння попиту в країні на інженерно-технічні кадри, що приводить до відсутності мотивації в учнів вивчати фізику.

Очевидно, що невисокий рівень фізико-математичної підготовки абітурієнтів у свою чергу ускладнює вивчення курсу фізики у вищих навчальних закладах. Зокрема, методичні рекомендації, що можуть допомогти студентам адаптуватися і опанувати новий матеріал при вивченні фізики, запропоновано в робо-

тах [2], [3]. Оскільки математична освіта має велике значення для підготовки студентів технічних спеціальностей, то в процесі викладання фізики необхідно враховувати міждисциплінарні зв'язки, які дозволяють повною мірою застосовувати математичний апарат для кращого засвоєння матеріалу. Такий підхід сприяє формуванню професійних навичок у майбутніх фахівців – інженерів. Зазначимо, що необхідною складовою курсу вищої математики для студентів технічних спеціальностей повинна бути його професійна спрямованість, яка реалізується за допомогою достатньої кількості різноманітних прикладних задач [4–7].

Мета статті. У зв'язку з тим, що математичний апарат, необхідний для вивчення деяких фізичних величин, розглядається у курсі вищої математики пізніше, виникає потреба відповідного методичного забезпечення. Для того, щоб допомогти студентам у такій ситуації, викладачам математики і фізики необхідно співпрацювати для створення методичних матеріалів, які будуть містити основні теоретичні відомості з математики та приклади їх застосування при розв'язанні фізичних задач.

Виклад основного матеріалу дослідження. Очевидно, що для кращого розуміння та засвоєння матеріалу студентами при вивченні фізики є сенс у створенні викладачами фізики і математики спільного навчально-методичного посібника, в якому розглядаються необхідні математичні поняття, що мають фізичні застосування. Посібник повинен містити основні теоретичні відомості з вищої математики, проілюстровані як типовими прикладами, так і прикладними задачами з фізики. Такий підхід допоможе студентам зрозуміти суть математичних понять, вивчити їх властивості та навчитись їх застосовувати при розв'язуванні фізичних задач.

Розглянемо структуру посібника, в якому пропонується підхід для подолання труднощів при вивченні векторних величин у курсі загальної фізики. Спочатку розглядаються необхідні математичні поняття, їх властивості, обчислення і застосування, з детальними поясненнями та геометричними ілюстраціями. Оскільки посібник розрахований на самостійне опрацювання

студентами, то теоретичний матеріал повинен бути доступним і повною мірою розкривати суть понять.

Подача узагальнюючого теоретичного матеріалу у вигляді таблиць є ефективним методом. Переваги такого методу подачі матеріалу можна окреслити наступними позиціями:

1. Можливість систематизації формул, означень понять та їх інженерний/геометричний зміст, що критично важливо для ефективного запам'ятовування.

2. Зручне порівняння різних операцій (наприклад, скалярного та векторного добутків, їх застосування для знаходження певної фізичної величини).

3. Зручний довідковий матеріал при розв'язанні практичних задач. Можна використовувати як на практичних заняттях, так і при виконанні розрахункових робіт.

4. Лаконічність викладеного матеріалу. Лекційний матеріал як з фізики, так і з математики, подається з обов'язковим виведенням певних законів. В узагальнюючій таблиці подається лише кінцева формула та рисунок.

5. Комплексний підхід. Кожний рядок таблиці містить і математичні формули, і фізичні поняття і відповідні рисунки.

Приклад одного рядка такої таблиці подано нижче: перша колонка – математичне означення, друга колонка – застосування для фізичної величини, третя колонка – відповідний *рисунок 1*.

Вивчення курсу загальної фізики починається з кінематики, де використовуються поняття швидкості та прискорення, розглядаються траєкторії руху тіла під дією сил, положення тіла задається радіус-вектором [8]. При виконанні дій над векторами, потрібно пригадати додавання, віднімання і множення вектора на число. І хоча цей матеріал вивчався у школі, але, зважаючи на рівень математичної підготовки в сучасних умовах, варто повторити ці поняття і розглянути їх більш детально [9], [10]. При повторенні лінійних операцій над векторами варто звернути увагу на деякі аспекти.

Розглядаючи суму двох векторів, слід зазначити, в яких випадках застосовується правило трикутника, а в яких – правило паралелограма. Якщо два вектори з'єднані послідовно, то вони завжди визначають трикутник, оскільки їх сумою є вектор, що співпадає з третьою стороною. На двох векторах, які зведені до

спільного початку, завжди можна побудувати паралелограм, причому сума цих векторів співпадає з однією діагоналлю (виходить із спільного початку), а різниця – з іншою діагоналлю (з'єднує кінці цих векторів). Необхідно звернути увагу на те, що і правило трикутника, і правило паралелограма у фізиці використовуються при розв'язуванні задач на знаходження суми векторних величин. Хоча обидва правила дають ідентичний результат, їх вибір часто залежить від кількості векторів, або зручності побудови. Дії над векторами можна проілюструвати різними прикладами, зокрема, навести фізичну задачу на визначення рівнодіючої сил, прикладених до тіла. Доцільно розглянути фізичні задачі, де при додаванні векторних величин застосовується теорема косинусів, причому не тільки для трикутника, а й для паралелограма. Зазначимо, що теорема косинусів для паралелограма у фізиці застосовується частіше, а в шкільному курсі геометрії вона розглядається як наслідок з теореми косинусів. Тому в посібнику на теорему косинусів для паралелограма звертають особливу увагу. Важливо підкреслити, що при використанні правила многокутника для додавання кількох векторів не має значення порядок їх розміщення. Тому при обчисленні суми векторів слід звертати увагу, в якому порядку їх краще розмістити. У посібнику розглядаються відповідні приклади.

З точки зору фізичних понять важливе значення має множення скаляра на вектор. Зокрема, імпульс тіла $\vec{p} = m\vec{v}$ є добутком маси на швидкість, а векторна сума \vec{F} всіх сил, прикладених до тіла, дорівнює добутку його маси на прискорення: $\vec{F} = m\vec{a}$ (другий закон Ньютона).

Властивості множення скаляра на вектор також мають фізичні застосування. Зокрема, дистрибутивність множення відносно додавання скалярів можна проілюструвати на прикладі системи двох тіл, які рухаються з однаковою швидкістю \vec{v} і мають маси m_1 і m_2 . Імпульс системи цих тіл дорівнює сумі імпульсів цих тіл, а саме: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1\vec{v} + m_2\vec{v} = (m_1 + m_2)\vec{v}$. У фізиці часто застосовується проектування векторів на координатні осі. Після наведення поняття проєкції вектора на вісь та його властивостей у посібнику розглядаються приклади задач на другий закон Ньютона. Наведемо деякі з них.

1) *Тіло, що рухається похилою площиною.* В даному випадку осі розташовуються вздовж похилої

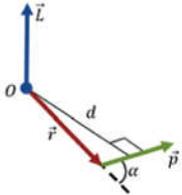
<p>Векторним добутком векторів \vec{a} і \vec{b} називається такий вектор $\vec{c} = [\vec{a}, \vec{b}]$, який задовольняє умови:</p> <p>1) вектор \vec{c} перпендикулярний до векторів \vec{a} і \vec{b};</p> <p>2) довжина вектора \vec{c} дорівнює добутку довжин векторів \vec{a} і \vec{b} на синус кута α між ними:</p> $ \vec{c} = \vec{a} \cdot \vec{b} \sin \alpha;$ <p>3) вектори $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ утворюють праву трійку, тобто з кінця вектора \vec{c} видно, що поворот від \vec{a} до \vec{b} на менший кут здійснюється проти годинникової стрілки.</p>	<p>Моментом імпульсу \vec{L} матеріальної точки відносно нерухомої точки O називається векторний добуток радіус-вектора \vec{r} матеріальної точки, проведений з точки O, на імпульс $\vec{p} = m\vec{v}$ цієї матеріальної точки:</p> $\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m\vec{v}],$ <p>Величина моменту імпульсу визначається за формулою:</p> $L = rp \sin \alpha = rmv \sin \alpha,$ <p>де α – кут між радіус-вектором та вектором імпульсу.</p>	
--	---	---

Рис. 1

площини та перпендикулярно до неї. На даному прикладі, за допомогою проєктування векторів на осі розглядається декілька задач: рівномірний рух вгору (вниз) похилою площиною, умови рівноваги тіла, вага тіла (рис. 2).

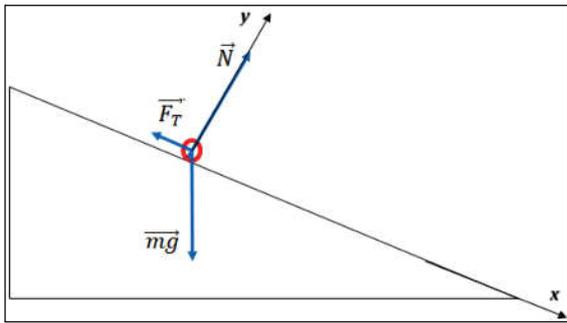


Рис. 2

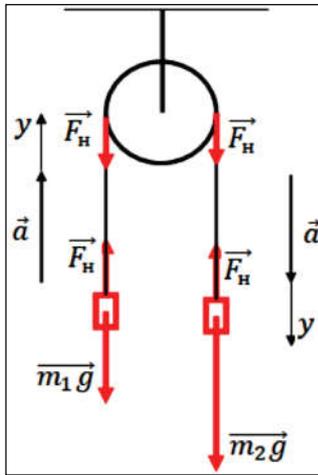


Рис. 3

2) Два вантажі, що висять на нитках. У цій задачі зручно вибрати вісь у вигляді ламаної вздовж напрямку прискорення кожного вантажу (рис. 3).

Для знаходження таких величин, як робота і потужність, використовують скалярний добуток векторів. Оскільки це поняття має широке застосування в механіці, необхідно розглянути його означення, властивості, обчислення і застосування з детальними поясненнями.

Студентам важливо зрозуміти, що розглянутий добуток двох векторів \vec{a} і \vec{b} є скалярною величиною $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cos \varphi$, де φ – кут між векторами \vec{a} і \vec{b} . Особливо слід звернути увагу на випадок, коли скалярний добуток дорівнює нулю (вектори перпендикулярні). В курсі фізики розглядається рух тіла по колу під дією доцентрової сили. Робота доцентрової сили завжди дорівнює нулю, так

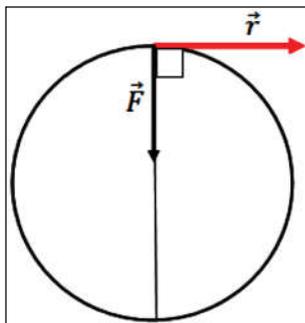


Рис. 4

як вектори сили і переміщення є перпендикулярними (рис. 4). Важливе значення таке розташування векторів має при вивченні теми «Магнітне поле», а саме, при русі зарядженої частинки в магнітному полі. Робота сили Лоренца також дорівнює нулю. Цей приклад детально розглянуто в посібнику.

Роботу по переміщенню тіла під дією кількох сил можна знайти як скалярний добуток рівнодіючої цих сил та вектора переміщення $A = \vec{F} \cdot \vec{s} = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n) \cdot \vec{s}$. Скориставшись властивістю дистрибутивності скалярного добутку, можна переконатись, що робота рівнодіючої сил дорівнює сумі робіт, виконаних кожною силою окремо:

$$A = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n) \cdot \vec{s} = \vec{F}_1 \cdot \vec{s} + \vec{F}_2 \cdot \vec{s} + \dots + \vec{F}_n \cdot \vec{s} = A_1 + A_2 + \dots + A_n.$$

У механіці під час вивчення теми «Потенціальна енергія. Потенціальні поля» теж використовується принцип дистрибутивності скалярного добутку. Знаходиться робота по переміщенню тіла під дією сили тяжіння по замкненій траєкторії і доводиться, що поле сили тяжіння є потенціальним. Тобто, робота не залежить від форми траєкторії, а лише від характеристик початкової і кінцевої точок.

Скалярний добуток також використовується для визначення потужності $P = \frac{A}{t} = \vec{F} \cdot \vec{v}$ як відношення

роботи, виконаної під дією сили \vec{F} , до часу t . Для ілюстрації такого застосування варто розглянути задачу, в якій для тіла, кинутого під кутом до горизонту, потрібно знайти величину потужності сили тяжіння у різні моменти часу, а саме: в початковий момент часу; в деякий момент часу на проміжку, коли тіло піднімається вгору; у верхній точці; у деякий момент часу на проміжку, коли тіло падає вниз та в нижній точці. На цьому прикладі можна показати, яких значень може набувати потужність, одержана в результаті скалярного добутку $P = \vec{F}_{\text{тяж}} \cdot \vec{v} = F_{\text{тяж}} \cdot v \cdot \cos \theta$, де θ – кут між векторами сили тяжіння та швидкості тіла. На прикладі даної задачі, студентам пропонується побудувати графік залежності потужності сили тяжіння від часу польоту, тобто виконати невелику розрахункову роботу.

При розв'язанні фізичних задач застосовується поняття векторного добутку, яке є зовсім новим для студентів, оскільки не вивчається у школі. Зокрема, аксіальні вектори (кутова швидкість та кутове прискорення) з'являються при вивченні фізики вже в другій лекції, тому викладачам фізики доводиться давати означення векторного добутку. Оскільки часу на це відводиться обмаль, то це поняття доводиться вивчати студентам самостійно. І хоча в курсі вищої математики векторний добуток розглядається досить детально у першому розділі «Елементи лінійної та векторної алгебри», але тільки після вивчення визначників. Це зумовлено тим, що обчислення векторного добутку в координатній формі пов'язано з використанням визначників. Внаслідок цього у посібнику доводиться розглядати елементи не тільки векторної, але й лінійної алгебри. Необхідно навести означення визначників другого і третього порядку, детально пояснити їх властивості, приділити особливу увагу розкладу визначника за елементами рядка (стовпця) та проілюструвати це прикладами. І тільки після цього можна розглянути поняття векторного добутку, його властивості, обчислення та геометричні і фізичні застосування. У посібнику наведені приклади фізичних задач з використанням векторного добутку, зокрема, обчислення моменту сили тяжіння під час коливання фізичного маятника, знаходження моменту імпульсу системи «тіло – лава Жуковського», Знаходження зв'язку між моментом сили та моментом імпульсу при русі електрона в атомі. Студентам важко дається використання тривимірного простору, тому креслення надаються як в аксонометрії, так і на площині (див. рис. 5).

Крім того, в розділі «Магнітне поле» ми маємо справу із наступною задачею. Потрібно визначити силу взаємодії між струмами. Тобто кожен провідник

зі струмом діє на паралельний за допомогою магнітного поля яке створює. Задача розв'язується із застосуванням двох законів. Спочатку за законом Біо–Савара–Лапласа $\left(d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{[I d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3} \right)$ потрібно знайти напрямки поля, а потім за законом Ампера $(d\vec{F} = I[d\vec{l}, \vec{B}])$ величину сили, що діє на провідник. В обох законах застосовується векторний добуток. Для паралельних струмів можна отримати відповідний рисунок (рис. 6).

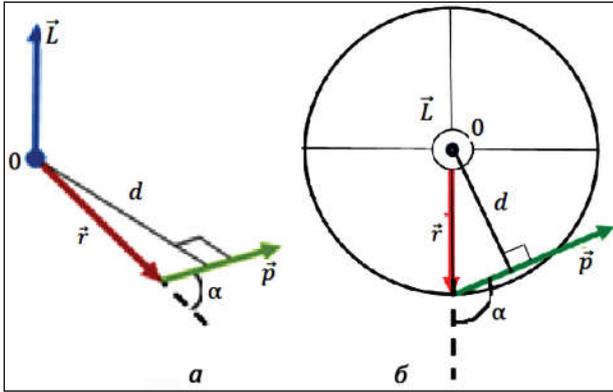


Рис. 5

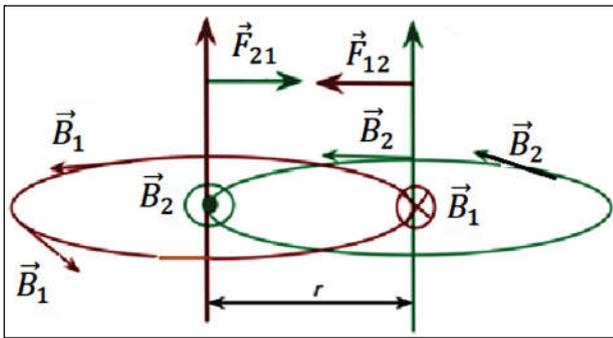


Рис. 6

Після вивчення векторного добутку у посібнику варто розглянути означення, властивості, обчислення та застосування мішаного добутку трьох векторів, який теж не вивчається у школі, але використовується при розв'язанні деяких фізичних задач. Після розгляду скалярного, векторного та мішаного добутків потрібно звернути увагу на їх відмінності та особливості застосування.

Для ілюстрації розглянутих понять можна навести таку задачу. Нехай сили $\vec{F}_1 = (1; -2; 3)$, $\vec{F}_2 = (3; -1; 2)$ і $\vec{F}_3 = (-1; -3; 4)$ прикладені до однієї точки M. Перевірити, чи будуть ці сили діяти в одній площині. Знайти роботу по переміщенню тіла, яке рухається під дією рівнодіючої заданих сил із точки M(5; 3; -1) в точку N(2; 1; 3). Для перевірки, чи будуть задані сили діяти в одній площині, знайдемо мішаний добуток векторів:

$$\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_2 \cdot \vec{F}_3 = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 3 \\ 3 & -1 & 2 \\ -1 & -3 & 4 \end{vmatrix} = -4 - 27 + 4 - 3 + 6 + 24 = 0.$$

Оскільки мішаний добуток дорівнює нулю, то сили \vec{F}_1 , \vec{F}_2 і \vec{F}_3 будуть діяти в одній площині. Знайдемо рівнодіючу сил, прикладених до точки M:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (1; -2; 3) + (3; -1; 2) + (-1; -3; 4) = (3; -6; 9).$$

Роботу по переміщенню тіла під дією сили визначимо як скалярний добуток вектора сили \vec{F} на вектор переміщення $\vec{MN} = (-3; -2; 4)$, дістанемо:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{MN} = (3; -6; 9) \cdot (-3; -2; 4) = 3 \cdot (-3) + (-6) \cdot (-2) + 9 \cdot 4 = 39.$$

Висновки. Для кращого засвоєння матеріалу при вивченні векторних величин у курсі фізики запропоновано створення навчально-методичного посібника. У першу чергу, він необхідний для того, щоб вирівняти стартовий рівень студентів, оскільки їхні знання, отримані в школі, можуть бути неповними, фрагментованими або забутими. Крім того, у посібнику розглядаються деякі математичні поняття, які використовуються у фізиці раніше, ніж вивчаються у вищій математиці. Наведемо найбільш важливі методичні рекомендації, розглянуті в посібнику.

1. Повторення бази.

Посібник є концентрованим довідником шкільного матеріалу, який швидко нагадає студентам:

- означення вектора та його графічне зображення;
- правила додавання/віднімання векторів (за правилом трикутника та паралелограма);
- розрахунок модуля вектора в системі координат;
- основи проєкцій вектора на осі;
- скалярний добуток векторів.

2. Забезпечення єдиної термінології.

Шкільні курси математики та фізики можуть використовувати дещо різні позначення або термінологію. Методичний посібник уніфікує ці знання, забезпечуючи єдиний векторний «словник», який буде використовуватися протягом усіх університетських курсів не тільки з фізики, а й з таких курсів, як «Теоретична механіка», «Опір матеріалів», тощо.

3. Місток від 2D до 3D.

У шкільному курсі елементарної фізики більшість задач розглядається на площині (2D). Вивчення загальної фізики у ВНЗ відразу вимагає роботи у просторі (3D). Методичні рекомендації допомагають студентам здійснити цей перехід, показуючи, як працюють вектори у трьох вимірах, що є необхідною передумовою для розуміння векторного і мішаного добутків.

Таким чином, методичний посібник виступає як інтеграційний посібник, який не лише заповнює прогалину між курсами, а й закріплює, систематизує та розширює вже наявні, але, можливо, призабуті, шкільні знання про вектори.

Список використаних джерел:

1. Шут М., Благодаренко Л., Січка Т., Василенко С. Підвищення якості навчання фізики як традиційно актуальна і багатопланова освітня проблема. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук*, 2023. Вип. 4. С. 79–87.
2. Носачов Ю.Ф., Савченко Д.В., Чижська Т.Г., Штофель О.О. Актуалізація нового матеріалу з фізики

- як один з методів адаптації першокурсників у ЗВО. *Збірник наукових праць К-ПНУ імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*, 2021. Вип. 27. С. 21–24.
3. Чижська Т.Г., Дюженкова О.Ю. Про застосування математичних понять при вивченні фізики. *XIX Міжнародна наукова конференція імені академіка Михайла Кравчука, присвячена 125-річчю КПІ імені Ігоря Сікорського*: матеріали конф., м. Київ, 11-12 жовтня 2023 р. / НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Київ, 2023. С. 253–254.
 4. Дюженкова О.Ю., Степахно І.В. Застосування прикладних задач при викладанні вищої математики студентам інженерних спеціальностей. *Стратегія якості в промисловості і освіті*: матеріали XVIII міжнар. конф., м. Варна, Болгарія, 3-6 червня 2024 р. / Технічний університет. Варна, 2024. С. 169–171.
 5. Авдєєва Т.В., Чижська Т.Г. Необхідність створення допоміжних матеріалів окремих розділів математики для використання в курсі фізики. *VIII Міжнародна науково-практична конференція «Фізика і хімія твердого тіла: стан, досягнення та перспективи»*: матеріали конф., м. Луцьк, 18-19 жовтня 2024 р. / ІВВ ЛНТУ, Луцьк, 2024. С. 185–186.
 6. Дюженкова О.Ю., Степахно І.В. Формування творчих здібностей та професійних навичок у студентів при викладанні вищої математики. *Наука і техніка сьогодні, серія Педагогіка*, 2025. Вип. 10 (51). С. 629–640.
 7. Дюженкова О.Ю. Міжпредметні зв'язки у процесі викладання вищої математики майбутнім інженерам. *Науковий вісник НУБіПУ Серія: Техніка та енергетика АПК*, 2018. Вип. 283. С. 321–327.
 8. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Т. 1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка: навч. посіб. / за ред. І.М. Кучерука. Київ: Техніка, 2006. 532 с.
 9. Дюженкова Л.І., Дюженкова О.Ю., Михалін Г.О. Вища математика. Приклади і задачі. Київ: Вид. центр «Академія», 2003. 624 с.
 10. Лінійна алгебра та аналітична геометрія: навч. посібник / В.В. Булдігін, І.В. Алексєєва, В.О. Гайдей, О.О. Диховичний та ін.; за ред. В.В. Булдігіна. Київ: ТВіМС, 2011. 224 с.

Olga DYUZHENKOVA, Tetiana CHYZHNSKA

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

APPLICATION OF LINEAR AND VECTOR ALGEBRA ELEMENTS IN TEACHING A PHYSICS COURSE

Abstract. Recently, students of many technical specialties begin to study the physics course in the first semester, as a result of which some mathematical concepts are used in physics earlier than they are studied in higher mathematics. In this regard, the question arises of providing students with the necessary methodological material that combines mathematical concepts and their application in physics. The article considers an approach to solving this problem when studying vector quantities in the "Physics" section. For better assimilation of the physics material, it is proposed to create a teaching and methodological manual that allows students to understand the essence of mathematical concepts and learn to apply them when solving physical problems. When presenting the material in the manual, attention is paid to those mathematical concepts and their properties that have the widest application in physics. Each concept is associated with

the corresponding physical quantities and illustrated with examples. Various tasks are considered that help students understand the connection between mathematical and physical concepts and teach students to use the appropriate mathematical apparatus in physics.

Key words: vector quantities, actions on vectors, application of mathematical concepts, physical problems, methodological support, structure of the manual.

References:

1. Shut M., Blahodarenko L., Sichkar T., Vasylenko S. Pidvyshchennya yakosti navchannya fizyky yak tradytsiyno aktual'na i bahatoplanova osvitnya problema. *Naukovi zapysky Vinnyts'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhayla Kotsyubyns'koho. Seriya: Teoriya ta metodyka navchannya pryrodnychuykh nauk*, 2023. Vyp. 4. S. 79–87.
2. Nosachov Yu.F., Savchenko D.V., Chyzhs'ka T.H., Shtofel' O.O. Aktualizatsiya novoho materialu z fizyky yak odyin z metodiv adaptatsiyi pershokursnykiv u ZVO. *Zbirnyk naukovykh prats' K-PNU imeni Ivana Ohiyenka. Seriya pedahohichna*, 2021. Vyp. 27. S. 21–24.
3. Chyzhs'ka T.H., Dyuzhenkova O.Yu. Pro zastosuvannya matematychnykh ponyat' pry vyvchenni fizyky. *XIX Mizhnarodna naukova konferentsiya imeni akademika Mykhayla Kravchuka, prysvyachena 125-richchyu KPI imeni Ihorya Sikorskoho*: materialy CONF., m. Kyiv, 11-12 zhovtnya 2023 r. / NTUU «KPI imeni Ihorya Sikorskoho». Kyiv, 2023. S. 253–254.
4. Dyuzhenkova O.Yu., Stepakhno I.V. Zastosuvannya prykladnykh zadach pry vykladanni vyshchoyi matematyky studentam inzhenernykh spetsial'nostey. *Stratehiya yakosti v promyslovosti i osviti*: materialy XVIII mizh-nar. CONF., m. Varna, Bolhariya, 3-6 chervnya 2024 r. / Tekhnichnyy universytet. Varna, 2024. S. 169–171.
5. Avdyeyeva T.V., Chyzhs'ka T.H. Neobkhdnist' stvorennya dopomizhnykh materialiv okremykh rozdiliv matematyky dlya vykorystannya v kursy fizyky. *VIII Mizhnarodna nauko-vo-praktychna konferentsiya «Fizyka i khimiya tverdoho tila: stan, dosyahnennya ta perspektyvy»*: materialy CONF., m. Luts'k, 18-19 zhovtnya 2024 r. / IVV LNTU, Luts'k, 2024. S. 185–186.
6. Dyuzhenkova O.Yu., Stepakhno I.V. Formuvannya tvor-chykh zdibnostey ta profesinykh navychok u studentiv pry vykladanni vyshchoyi matematyky. *Nauka i tekhnika s'ohodni, seriya Pedahohika*, 2025. Vyp. 10 (51). S. 629–640.
7. Dyuzhenkova O.Yu. Mizhpredmetni zv'yazky u protsesi vykladannya vyshchoyi matematyky maybutnim inzheneram. *Naukovyy visnyk NUBiPU Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK*, 2018. Vyp. 283. S. 321–327.
8. Kucheruk I.M., Horbachuk I.T., Lutsyk P.P. Zahal'nyy kurs fizyky. T. 1. Mekhanika. Molekulyarna fizyka i termodynamika: navch. posib. / za red. I.M. Kucheruka. Kyiv: Tekhnika, 2006. 532 s.
9. Dyuzhenkova L.I., Dyuzhenkova O.Yu., Mykhalin H.O. Vyshcha matematyka. Pryklady i zadachi. Kyiv: Vyd. tsentr «Akademija», 2003. 624 s.
10. Liniyna alhebra ta analitychna heometriya: navch. posi-bynek / V.V. Buldyhin, I.V. Alyeksyejeva, V.O. Haydey, O.O. Dykhovychnyy ta in.; za red. V.V. Buldyhina. Kyiv: TViMS, 2011. 224 s.

Отримано: 17.09.2025