

## ОБМЕЖУЮЩИЙ ВПЛИВ РІВНЯ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ НА УСПІХИ В РОЗВ'ЯЗУВАННІ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ

Кенева І.П., магістр, аспірант

*Запорізький національний університет*

У статті проаналізовані результати математичного туру Всеукраїнської студентської олімпіади зі спеціальності «Фізика». Експериментально виявлено, що рівень виконання завдань цього туру накладає обмеження на успіхи в розв'язуванні задач з курсу загальної фізики.

*Ключові слова: математичні завдання з фізичним змістом, математична пропедевтика курсу загальної фізики.*

Кенева И.П. ОГРАНИЧИВАЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ НА УСПЕХИ В РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ / Запорожский национальный университет, Украина.

В статье проанализированы результаты математического тура Всеукраинской студенческой олимпиады по специальности «Физика». Экспериментально получено, что уровень выполнения заданий этого тура налагает ограничения на успехи в решении задач по курсу общей физики.

*Ключевые слова: математические задачи с физическим содержанием, математическая пропедевтика курса общей физики.*

Keneva I. LIMITATIVE EFFECT OF THE MATHEMATICAL COMPETENCE LEVEL ON ACHIEVEMENTS IN SOLUTION OF PHYSICAL PROBLEMS / Zaporizhzhya national university, Ukraine.

The results of mathematical round of All-Ukrainian students' competition on "Physics" specialty are analyzed in the article. It is experimentally proved that such task performance level imposes restrictions on achievements in solution of physics problems.

*Key words: mathematical problems with physical content, mathematical propaedeutic of general physics.*

Проблема застосування математичних знань, умінь і навичок до конкретних фізичних ситуацій досить відома. У зв'язку з давно існуючою неузгодженістю шкільних програм з фізики та математики, основним напрямком досліджень з цього питання є реалізація міжпредметних зв'язків фізики та математики в середній школі. Останнім часом з'явилися роботи, присвячені використанню зв'язків між курсами загальної фізики та вищої математики шляхом проведення інтегрованих лекцій та практичних занять [1].

При продовженні фізичної освіти у вищій школі зазначена проблема набуває ще більшої **актуальності**, оскільки завдання вищої школи в цьому випадку полягає в підготовці компетентного фахівця у галузі фізики. Що розуміти під цими словами? М. Холодна визначає інтелектуальну компетентність як особливий тип організації знань, який забезпечує можливість прийняття ефективних рішень у певній предметній галузі діяльності (у тому числі і в «екстремальних умовах»). Серед вимог до знань такого роду виділяються такі: швидкість актуалізації в даний момент у необхідній ситуації (оперативність та легкодоступність знання); можливість використання в широкому спектрі ситуацій (у тому числі здатність до переносу знань у нову ситуацію); володіння не лише декларативним знанням (знанням про те, «що»), але і процедурним знанням (знанням про те, «як») [2, с. 206-207]. Отже, однією з характеристик компетентного фахівця в галузі фізики є вільне володіння математичним апаратом та уміння швидко і правильно застосовувати його до розв'язування широкого кола фізичних проблем.

У [3] повідомляється про сучасні проблеми математичної освіти студентів вищих навчальних закладів у світлі впровадження компетентнісного підходу. Зміст навчального матеріалу, вміщеного в діючих підручниках з вищої математики, якими користуються студенти, не дозволяє повноцінно реалізовувати завдання професійної підготовки. У цих підручниках дуже обмежена кількість прикладів, які б безпосередньо стосувалися професійних інтересів чи професійних обов'язків майбутніх фахівців. Незважаючи на те, що потреби фізики в цьому розумінні є найширшими, прикладів із фізичним змістом у підручниках з вищої математики явно не вистачає.

Отже, актуальним є створення спеціальних завдань для підвищення рівня математичної компетентності майбутніх фахівців у галузі фізики. Цим і було вирішено зайнятися в рамках дослідження, **метою** якого стало вивчення впливу рівня математичної компетентності студентів, які брали участь у Всеукраїнській студентській олімпіаді зі спеціальності «Фізика», на їхні успіхи у розв'язуванні задач з фізики. Далі представлений аналіз результатів проведеного дослідження.

На базі фізичного факультету Запорізького національного університету три роки поспіль (2007-2008 н.р., 2008-2009 н.р., 2009-2010 н.р.) проходила Всеукраїнська студентська олімпіада зі спеціальності «Фізика» (далі – Олімпіада). У ній щороку брали участь близько 70 студентів з різних вишів країни. Останні два роки перший тур Олімпіади проходив у дещо незвичному форматі. Він був умовно названий «Математичні розваги з фізичним змістом». У рамках цього туру учасникам були запропоновані

завдання, які стосувалися використання університетського (або навіть шкільного) курсу математики для розв'язання конкретних фізичних проблем. Про результати першого туру Олімпіади 2008-2009 н.р. повідомлялося в [4]. Наразі розглянемо матеріали Олімпіади 2009-2010 н.р.

Студентам педагогічних та класичних університетів у першому турі були запропоновані шість однакових завдань, кожне з яких містило два пункти. Наведемо умови цих завдань.

1. У досліді Штерна атоми, які вилітають зі щілини внутрішнього циліндра, розподілені за законом

$$f(\mathbf{v}) = A v^3 \exp\left(-\frac{m v^2}{2kT}\right),$$

де  $A$  визначається з умови нормування  $\int_0^\infty f(\mathbf{v}) d\mathbf{v} = 1$ . Координата

осідання атома, що рухається зі швидкістю  $\mathbf{v}$ , на зовнішньому циліндрі  $l(\mathbf{v}) = \frac{\omega(R-r)^2}{v}$ . Знайдіть:

а) нормувальний коефіцієнт  $A$ ; б) значення швидкості, яке відповідає найбільш імовірному значенню координати осідання.

2. Частинка рухається так, що її положення в будь-який момент часу визначається радіус-вектором  $\vec{r}(t) = At \cdot \vec{i} + (Bt - Ct^2) \cdot \vec{j}$  ( $A, B$  і  $C$  — відомі додатні константи). Знайдіть радіус кривини

траєкторії тіла в точках: а) з координатами  $(0; 0)$ ; б) де скалярний добуток векторів  $\frac{d\vec{r}}{dt}$  і  $\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$  дорівнює нулю.

3. а) Розв'яжіть в ряд Фур'є  $\sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin(nx)$  прямокутну хвилю  $f(x) = \frac{1}{0} \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \pi \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline 2\pi \\ \hline \end{array}$ .

б) Використовуючи це розвинення, знайдіть значення виразу  $1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots$ .

4. а) Побудуйте ескіз графіка залежності потенціалу Морзе:  $U(x) = D(e^{-2ax} - 2e^{-ax})$ , де  $D$  і  $a$  — відомі додатні константи, вказавши нулі, екстремуми та точки перегину.

б) Для частинки маси  $m$ , яка знаходиться в потенціальному полі  $U(x)$ , знайдіть частоту малих коливань біля положення рівноваги.

5. Для тонкої пластини, розташованої в площині  $XY$ , матриця компонентів тензора інерції відносно

початку координат має вигляд  $\hat{I} = \begin{pmatrix} a & \lambda & 0 \\ \lambda & b & 0 \\ 0 & 0 & a+b \end{pmatrix}$ , де  $a, b > 0$ , а  $\lambda \neq 0$  (якщо осі  $OX$  і  $OY$  не є

головними осями еліпсоїда інерції). Позначимо через  $\varphi$  мінімальний додатний кут, на який треба повернути систему координат навколо осі  $OZ$  так, щоб у новій системі матриця компонентів тензора інерції набула діагонального вигляду. а) Знайдіть  $\text{ctg } 2\varphi$ . б) Виразіть діагональні елементи  $C_{ii}$  нової матриці через  $a, b, \lambda$ .

6. Закон розподілу випромінювання абсолютно чорного тіла має вигляд  $f(\omega) = \frac{\hbar \omega^3}{4\pi^2 c^2 \left( e^{\frac{\hbar \omega}{kT}} - 1 \right)}$ .

Переходячи до нової змінної  $x = \frac{\hbar \omega}{kT}$ , покажіть, що: а) проінтегрована за всіма частотами повна інтенсивність випромінювання пропорційна четвертому степеню температури; б) частота  $\omega_m$ , за якої  $f(\omega)$  має максимальне значення, пропорційна абсолютній температурі.

На рис. 1 представлені результати виконання завдань першого туру студентами педагогічних та класичних університетів. Перше, що впадає в око, – це суттєва різниця між результатами студентів педагогічних та класичних університетів. Бесіда з першими виявила, що про деякі математичні поняття, необхідні для розв'язання поставлених завдань, вони майже не чули. Але, з математичної точки зору, запропоновані завдання не виходили за рамки програми перших чотирьох семестрів для фізичних факультетів. Результати студентів класичних університетів є дещо кращими, але все одно з деякими завданнями впоралися лише 10% учасників. Прокоментуємо ці два завдання (№1б і №5). У дужках записана назва відповідного математичного курсу.

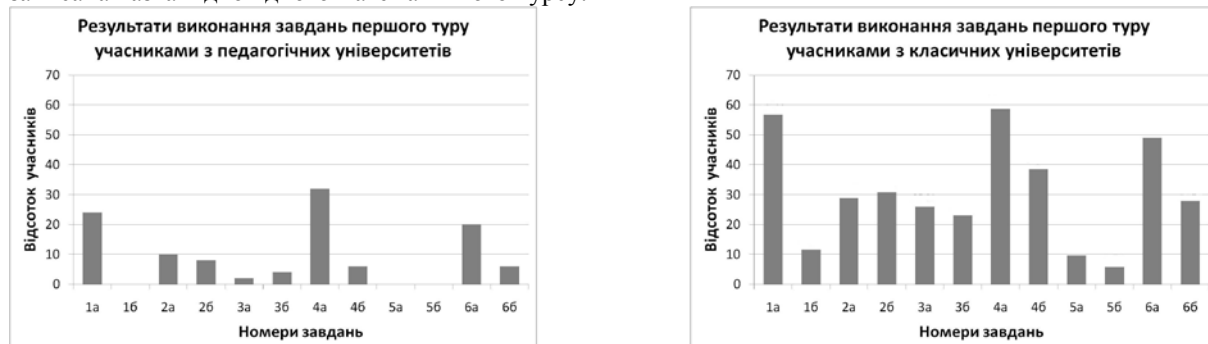


Рис. 1. Результати виконання завдань першого туру учасниками Олімпіади.

*Коментар до завдання №1б* (теорія ймовірностей та математична статистика). З фізичної точки зору це завдання стосується досліду Штерна, який є експериментальною перевіркою розподілу Максвелла. Значні труднощі в учасників Олімпіади викликав другий пункт завдання, де необхідно було знайти значення швидкості, яке відповідає найбільш імовірному значенню координати.

Перехід від швидкості атома до нової випадкової величини – координати осідання – приводить до такого розподілу атомів за координатами осідання  $p(l)$ , який визначається з умови рівності відповідних імовірностей:  $f(\mathbf{v})d\mathbf{v} = -p(l)dl$  (знак « $\leftarrow$ » пов'язаний з тим, що збільшенню швидкості відповідає зменшення координати). Найбільш імовірне значення координати осідання атома знайдеться з умови  $\frac{dp}{dl} = 0$ , а відповідне значення швидкості потрібно буде обчислити за допомогою формули

$$l(\mathbf{v}) = \frac{\omega(R-r)^2}{v}.$$

У результаті отримаємо значення швидкості, яке не збігається з жодною із характерних швидкостей розподілу Максвелла. А багато зі студентів вказували саме значення найбільш імовірної швидкості. Звідси сумний результат – серед студентів класичних вишів правильну відповідь отримали близько 11% учасників, а студенти педагогічних вишів взагалі не впоралися із цим завданням.

*Коментар до завдання №5* (аналітична геометрія та лінійна алгебра). Поняття тензора та еліпсоїда інерції необхідні для усвідомленого вивчення теми «Обертальний рух твердого тіла». І без використання відповідного математичного апарату засвоїти ці поняття вкрай важко. Але рівень засвоєння необхідних математичних понять навіть учасниками Олімпіади залишає бажати кращого: серед студентів класичних університетів з цим завданням впоралися менше 10% учасників, а представники педагогічних університетів у своїй більшості навіть не намагалися його розв'язати.

З математичної точки зору це завдання являє собою знаходження елементів матриці при переході до нової системи координат. Матриця переходу від нових до старих координат у нашому випадку буде мати

$$\text{вигляд } \alpha = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \text{ Матриця, яка представляє тензор інерції у новій системі координат,}$$

визначається зі співвідношення  $\hat{C} = \alpha^T \cdot \hat{I} \cdot \alpha$ . З умови рівності нулю недиагональних елементів матриці  $C_{ij}$  ( $i \neq j$ ) можна знайти  $\text{ctg } 2\varphi$ . Використавши отримане значення, вже легко визначити діагональні елементи  $C_{ii}$  нової матриці. Можливий також інший варіант розв'язку, пов'язаний з розв'язуванням рівняння на власні вектори і власні числа.

Для дослідження впливу результатів виконання завдань першого туру на успіхи в другому турі Олімпіади були проаналізовані результати Олімпіад 2008-2009 н.р. та 2009-2010 н.р. для студентів класичних університетів. У другому турі Олімпіади їм були запропоновані чотири задачі з курсу загальної фізики. Усвідомлене засвоєння математичного апарату (а саме це і перевіряли завдання першого туру) є невід'ємною складовою вміння розв'язувати фізичні задачі. А, отже, гіпотезою дослідження стало таке твердження: результати виконання завдань «математичного» туру накладають принципові обмеження на успіхи у другому турі Олімпіади.

Раніше, за допомогою математичної моделі, було доведено, що результати складної діяльності істотно обмежуються успішністю виконання однієї з двох елементарних операцій, які її складають [5]. Типовий розподіл експериментальних точок у цьому випадку поданий на рис. 2. Подібні розподіли були отримані при дослідженні впливу коефіцієнта інтелекту на індивідуальну продуктивність у певній сфері життєдіяльності [2, с. 150]; при дослідженні впливу рівня розвитку формального мислення на успішність виконання контролюючих завдань з фізики [6].



Рис. 2. Обмежуючий вплив успішності виконання елементарної операції на результати виконання складної діяльності.

У результаті обробки даних Олімпіад 2008-2009 н.р. та 2009-2010 н.р. були отримані розподіли учасників за успішністю виконання завдань двох турів, подані на рис. 3. Як видно з цього рисунка, високі результати в розв'язуванні фізичних задач фактично неможливі, якщо низькими є результати виконання завдань математичного туру. З іншого боку, висока успішність у розв'язуванні математичних завдань з фізичним змістом не гарантує успіхів у розв'язуванні фізичних задач.

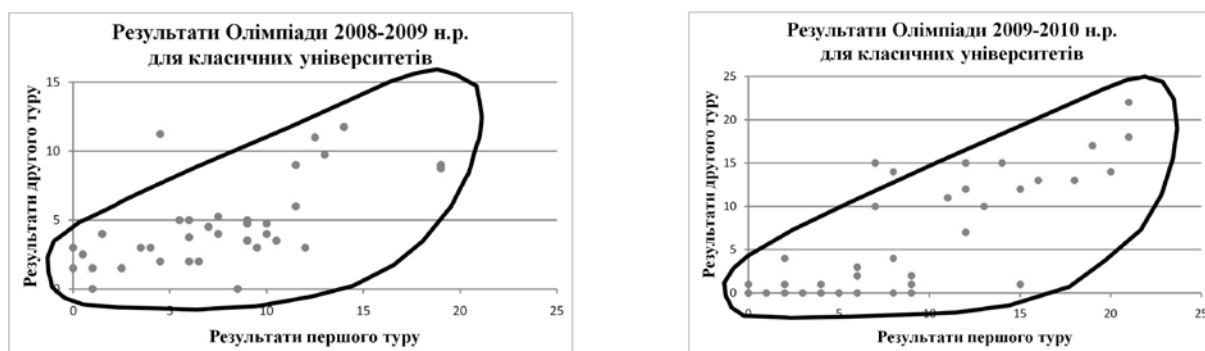


Рис. 3. Обмежуючий вплив результатів виконання математичних завдань з фізичним змістом на успіхи в розв'язуванні фізичних задач.

Отже, проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки. **По-перше**, створені завдання можна використовувати як діагностичні для перевірки рівня засвоєння математичного апарату. **По-друге**, цей рівень накладає принципові обмеження на успіхи в розв'язуванні конкретних фізичних проблем. Тому на заняттях з математичних дисциплін необхідно проводити математичну пропедевтику курсу загальної фізики за допомогою завдань на зразок тих, які наведені в межах статті. До розробки завдань такого типу доцільно залучати викладачів курсу загальної фізики, оскільки вони, з одного боку, зацікавлені в належній математичній підготовці студентів, а з іншого – можуть підібрати конкретні приклади використання певного математичного апарату безпосередньо у фізиці. У перспективі планується створення добірок дидактичних матеріалів, які б містили елементи математичної пропедевтики курсу загальної фізики.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Евграфова И. В. Межпредметные связи курсов общей физики и высшей математики в технических вузах : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (физика, уровень профессионального образования)» / И. В. Евграфова. – СПб, 2010. – 18 с.
2. Холодная М. А. Психология интеллекта. Парадоксы исследований / М.А. Холодная – [2-е изд., перераб. и доп.]. – СПб. : Питер, 2002. – 272 с. : ил. – (Серия «Мастера психологи»).
3. Куделіна О. В. Математична освіта студентів у світлі впровадження компетентнісного підходу / О. В. Куделіна // Дидактика математики: проблеми і дослідження: Міжнар. збірник наук. робіт. – Донецьк : Вид-во ДонНУ, 2008. – №29. – С. 13-17.
4. Кенєва І. П. Проблеми з математикою на студентській олімпіаді зі спеціальності «Фізика» / І. П. Кенєва // Збірник науково-методичних праць «Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін» // Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Рівне, 2009. – №13. – С. 89-93.
5. Кенєва І. П. Математичне пояснення характерного розподілу експериментальних точок, які отримують при діагностуванні складних умінь / І. П. Кенєва, Ю. П. Мінаєв // Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції «Управління якістю навчання учнів природничо-математичних дисциплін в умовах профільної та рівневої диференціації». – Херсон, 2004. – №3. – С. 17-19.
6. Афанасьєва Н. І. Залежність якості засвоєння школярами і студентами навчального матеріалу з фізики від рівня розвитку їхнього формального мислення / Афанасьєва Н. І., Кенєва І. П., Мінаєв Ю. П. // Збірник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія : педагогічні науки. – Чернігів, 2002. – Т. 2, №13. – С. 167-172.

УДК 371.134:53

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗМІСТУ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ, ПОВ'ЯЗАНА ІЗ ЗАПРОВАДЖЕННЯМ ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ

Мінаєв Ю.П., к. ф.-м. н., доцент, Тихонська Н.І., к. пед. н., ст. викладач

*Запорізький національний університет*

На основі порівняльного аналізу завдань зовнішнього незалежного оцінювання якості шкільної фізичної освіти і змісту професійно-методичного курсу “Практикум з розв’язування фізичних задач”, орієнтованого на майбутніх учителів, зроблено висновок про необхідність внесення змін у подібні спецкурси. Пропонується варіант відповідних змін, реалізований у межах спецкурсу “Мова фізичних задач”, що читається студентам п’ятого курсу Запорізького національного університету.

*Ключові слова: зовнішнє незалежне оцінювання якості освіти, мова фізичних задач, професійна підготовка майбутніх учителів фізики.*

Минаев Ю.П., Тихонская Н.И. МОДЕРНИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, СВЯЗАННАЯ С ВНЕДРЕНИЕМ ВНЕШНЕГО НЕЗАВИСИМОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ / Запорожский национальный университет, Украина.

На основе сравнительного анализа заданий внешнего независимого оценивания качества школьного физического образования и содержания профессионально-методического курса “Практикум по решению физических задач”, ориентированного на будущих учителей, сделан вывод о необходимости внесения изменений в подобные спецкурсы. Предлагается вариант соответствующих изменений, который реализован в рамках спецкурса “Язык физических задач”, читающегося пятикурсникам Запорожского национального университета.

*Ключевые слова: внешнее независимое оценивание качества образования, язык физических задач, профессиональная подготовка будущих учителей физики.*