

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

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 φ 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, λ .

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 ω_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.

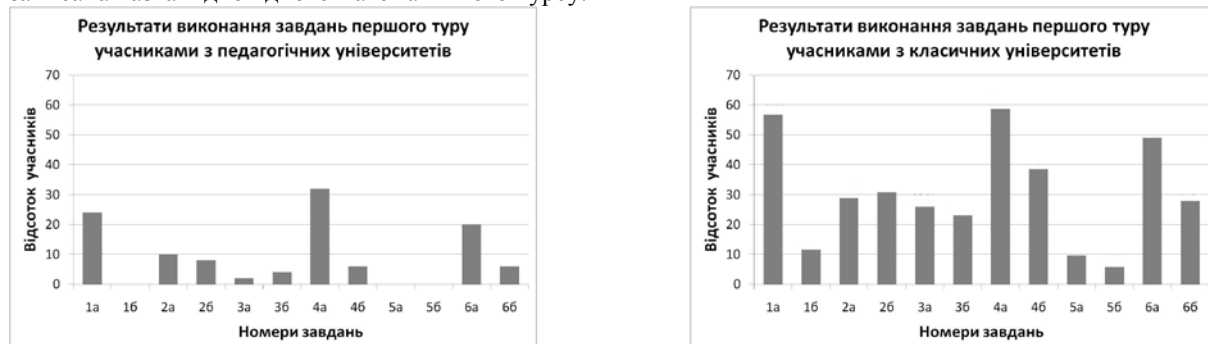


Рис. 1. Результати виконання завдань першого туру учасниками Олімпіади.

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 « \rightarrow » 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.

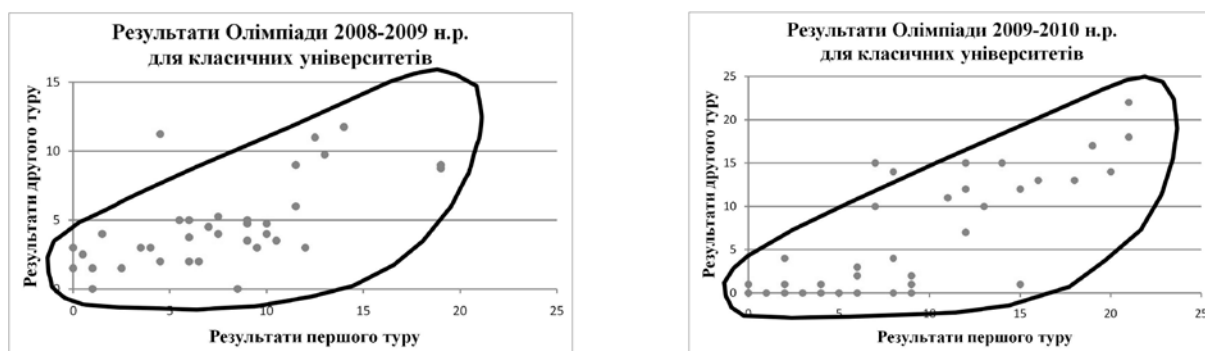


Рис. 3. Обмежуючий вплив результатів виконання математичних завдань з фізичним змістом на успіхи в розв'язуванні фізичних задач.

Отже, проведене дослідження дозволяє 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.