

МАТЕМАТИЧНА АДАПТАЦІЯ ПЕРШОКУРСНИКІВ ФІЗИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ

У статті автори розглядають питання математичної адаптації першокурсників фізичного факультету, а також пропонують нову програму пропедевтичного курсу «Математичний апарат фізики».

Ключові слова: безперервна фізична освіта, математичний апарат фізики.

Постановка проблеми. Аналіз програм з математики і фізики для 12-річної школи [11] показав, що розширення абітурієнтів за рівнем підготовки буде лише збільшуватися. Треба готуватися до тих часів, коли в університети прийдуть випускники шкіл, які одержали суттєво різну фізико-математичну підготовку на рівні загальної освіти. Причому це розширення сплановане, його підтримка закладена державними програмами.

З урахуванням такого розширення за рівнем підготовки, допомога першокурсникам має бути адресною. А це, у свою чергу, вимагає не лише зменшення кількісного складу навчальних груп (поділ на підгрупи), а й розробки засобів індивідуальної допомоги (зокрема, комп'ютерних помічників [2]). Крім того, важливо розв'язати психолого-педагогічне завдання щодо налагодження взаємодопомоги студентів у справі їхньої адаптації до навчання у ВНЗ. І та частина адаптації, яку ми назвали математичною, грає не останню роль. Без неї вивчати університетські курси фізики безперспективно.

Аналіз актуальних досліджень. Питання, що стосуються навчання фізики у профільній старшій школі та подальшого здобуття фізико-математичної освіти, висвітлені у сучасних дослідженнях [1; 8; 9]. У російському журналі «Фізика в школі» можна знайти низку статей, присвячених елективним курсам для старшокласників, створеним для допомоги у підготовці до єдиного державного екзамєну. Серед цих курсів звертає на себе увагу математичний практикум для підготовки до Єдиного державного екзамєну з фізики [10]. Але це тільки лише кроки у реалізації математичної підтримки курсу фізики нової профільної школи. А поки що викладачам вищів доведеться самим займатися математичною адаптацією першокурсників. Автори вже мають певний досвід роботи у цьому напрямку.

На фізичному факультеті ЗНУ вже декілька років у першому семестрі студенти вивчають пропедевтичний курс «Математичний апарат фізики» [2], який передувє загальному курсу фізики. До цього курсу входять питання, яким приділяють недостатню увагу і у школі, і у виші, але знайомство з якими допоможе запам'ятати часто використовувані формули та пов'язати між собою важливі математичні та фізичні поняття.

Оскільки програма курсу була обмежена лише часом, який виділений навчальним планом, складеним у ЗНУ, ми мали можливість її змінювати, накопичуючи відповідний досвід. Крім того, за ці роки нами були створені спеціалізовані комп'ютерні засоби для організації самостійної роботи студентів, а також написані тексти, які студенти можуть вивчати в позаурочний час. Це наразі дає нам можливість досить кардинально перебудувати наш пропедевтичний курс, перерозподіливши навчальний час на вивчення окремих тем і зробивши відповідні акценти з урахуванням розроблених навчальних матеріалів, а також нових програм для старшої профільної школи.

Метою статті є презентація нової програми (тематичного плану) пропедевтичного курсу «Математичний апарат фізики», який слугуватиме для математичної адаптації першокурсників ЗНУ. Фактично буде поданий перелік тем на кожне з запланованих 30 занять з відповідними коментарями.

Виклад основного матеріалу. Досвід роботи зі студентами фізичного факультету університету і наші попередні психолого-педагогічні дослідження [4; 5] дають нам можливість зробити висновок про те, що найбільшою вадою шкільної фізико-математичної підготовки абітурієнтів є принципово неправильна психологічна установка на способи вивчення фізико-математичних дисциплін. Більшість наших студентів

налаштовані на механічне запам'ятовування теоретичного матеріалу, зокрема фізичних і математичних формул. Вони зазвичай не переймаються встановленням логічних зв'язків у навчальному матеріалі, виявленням змістовних аналогій.

З урахуванням таких реалій пропедевтичний курс, про який йдеться, має бути спрямований на подолання шкідливої школярської звички механічного зубріння, на відкриття перспектив розвитку логічної пам'яті дорослої культурної людини, на перехід у когнітивному розвитку зі стадії конкретних операцій на стадію формальних операцій (за Піаже). Цим зумовлене те, що у своєму курсі ми демонструємо студентам, як можна знайти зв'язки між поняттями, з якими вони знайомі, але ніколи не поєднували їх разом у своїй свідомості. Звертаємо увагу на те, що більшість фактів, які вони мають знати, легко пригадуються за рахунок логічних умовиводів та математичних перетворень. До деяких важливих понять ми повертаємося неодноразово, звертаючи увагу студентів на різні їхні грані та можливості застосування. Знайомство з тематикою занять і відповідними коментарями дозволить у цьому впевнитися.

Тематичний план курсу «математичний апарат фізики»

1. Зведення числових значень фізичних величин до стандартного вигляду. Перевірка на розмірність фізичних формул.

Формально з цієї теми першокурсники мають бути знайомі зі школи. Але досвід показує, що відповідні навички відпрацьовані далеко не у всіх. Ми пропонуємо їм розроблені нами завдання та вже опубліковані тексти [3]. Звертаємо їх увагу на перевагу розроблених нами методів перевірки фізичних формул на розмірність. На наступних заняттях і консультаціях відповідаємо на запитання, які виникають під час самостійної роботи над матеріалом цієї теми.

2. Біном Ньютона, трикутник Паскаля і похідна функції $y = x^n$.

Далеко не всі першокурсники знають зі школи про такі корисні поняття як біном Ньютона та трикутник Паскаля. Ми ж повертаємося до цих понять неодноразово і демонструємо, як вони часто допомагають відновити у пам'яті формули, які, здавалося б, ніяк між собою не пов'язані. На цьому ж занятті ми пропонуємо самостійно одержати похідну функції $y = x^n$ для натуральних значень показника степеня, враховуючи значення перших двох коефіцієнтів бінома Ньютона.

3. Фізичний зміст першої і другої похідної за часом. Рівняння і графіки, що стосуються рівноприскореного руху.

4. Приклади фізичних процесів математично аналогічних до рівноприскореного прямолінійного руху.

Ці два заняття присвячені тому, щоб показати студентам, що всі формули і графіки, які вони бачили у шкільних підручниках фізики на цю тему, можна одержати самостійно. Дещо несподіваним може бути порівняння рівноприскореного прямолінійного руху не лише з рівноприскореним обертальним рухом. Тут вперше у нашому курсі мова піде про механіко-електродинамічну аналогію, до якої ми ще будемо неодноразово повертатися.

5. Перше знайомство з рядом Маклорена. Біноміальний ряд як ряд Маклорена для функції $y = (1+x)^a$. Сума геометричної прогресії.

Ряд Маклорена (окремий випадок ряду Тейлора) – виключно важливе математичне поняття для фізиків. У школі

з ним не знайомлять, а в університеті він часто губиться серед іншого матеріалу математичного аналізу. Ми до нього будемо повертатися неодноразово. Наразі ми лише звертаємо увагу студентів на те, що загальну формулу для коефіцієнтів можна вивести цілком самостійно, а також, що іноді для знаходження коефіцієнтів легше згадати біном Ньютона, а не обчислювати похідні. Крім того, вказуємо на те, що під час вивчення у школі нескінченної спадної геометричної прогресії вони вже мали справу з рядом Маклорена, але не знали, що це він.

6. *Фізичні приклади апроксимації функцій вигляду $y = (1+x)^a$ біноміальним рядом.*

На цьому занятті ми вперше на конкретних прикладах демонструємо студентам важливість цього математичного поняття для фізики і пропонуємо перевірити свої сили у розвиненні у ряд Маклорена тих фізичних залежностей, які математично виглядають як $y = (1+x)^a$. Для домашнього опрацювання студенти отримують тексти статей [6; 7], які допоможуть їм підготуватися до наступних занять, на яких знайомство з рядом Маклорена буде продовжено.

7. *Показникова та логарифмічна функції як взаємобернені. Число e як основа натурального логарифма.*

Показникова і логарифмічна функції вивчаються в школі надто пізно, що не дозволяє на належному рівні засвоювати відповідний матеріал з фізики. Першокурсники у своїй більшості побоюються логарифмів, хоча цей матеріал по суті значно простіше того, що пов'язаний з тригонометричними функціями. Багатьох лякає число e , яке є основою натурального логарифма. Натурального, бо природного! Ми вводимо число e як таке, для якого похідна показникової функції буде збігатися з самою функцією. Такий вибір числа для основи натурального логарифма видається цілком природним.

8. *Властивості логарифма як наслідки властивостей степеня.*

9. *Правила знаходження похідної складної функції і похідної оберненої функції на прикладі показникових і логарифмічних функцій.*

Формули на кшталт $a^b \cdot a^c = a^{b+c}$ і $(a^b)^c = a^{bc}$ відомі майже всім першокурсникам фізичного факультету, але те, що з них без проблем виводяться всі формули для логарифмів, мало хто знає. І обчислити, наприклад, $\log_2 3$ за допомогою інженерного калькулятора – теж проблема. А як, знаючи, що $(e^x)' = e^x$, легко знайти купу похідних інших функцій? Це запитання виявляється несподіваним для багатьох першокурсників, які у школі старанно зубрили таблицю похідних.

10. *Приклади фізичних ситуацій, у математичному описі яких виникають показникові і логарифмічні функції. Механіко-електродинамічна аналогія.*

11. *Найпростіші показникові та логарифмічні рівняння з фізичним змістом.*

Тут треба згадати і про закон радіоактивного розпаду, і про закон Бугера, і про обчислення роботи ідеального газу в ізотермічному процесі. Доречним буде повернення до механіко-електродинамічної аналогії.

12. *Ряд Маклорена для функцій $y = e^x$ і $y = \ln(1+x)$. Використання відповідних апроксимацій для дослідження фізичних залежностей.*

Після одержання першокурсниками розвинення у ряд Маклорена для функції $y = e^x$, слід звернути їх увагу на те, що тепер з'являється нова можливість знайти значення числа e . А після «лобового» розвинення функції $y = \ln(1+x)$ показати, як це робиться усно, якщо пам'ятаєш про нескінченну спадну геометричну прогресію. Що ж до апроксимації фізичних залежностей, то з пошуком цікавих прикладів проблем немає.

13. *Степенева та дробово-лінійна функції, їх графіки та рівняння з ними. Геометричні перетворення графіків.*

14. *Фізичні приклади степеневих та дробово-лінійних функцій.*

Як показує досвід, з правилами геометричних перетворень графіків функцій першокурсники зазвичай плутаються. Про розроблений комп'ютерний засіб для відпрацювання відповідних навичок ми вже повідомляли у [2]. Графіки дробово-лінійних функцій одержують геометричними перетвореннями графіка $y = \frac{1}{x}$. Тому саме тут доречно докладніше поговорити про це. Фізичних прикладів дробово-лінійних, а особливо степеневих функцій вдосталь.

15. *Цікаві системи рівнянь, які виникають під час розв'язування фізичних задач.*

Розв'язування систем рівнянь – величезна проблема для багатьох наших першокурсників. Тому відповідні завдання ми даємо студентам на початку семестру. До того ж, вони мають можливість вдома попрацювати зі спеціальними розробленими комп'ютерними засобами. Це заняття є фактично останньою консультацією перед контрольною роботою за матеріалом першого модуля, до якої буде включене і завдання на розв'язування систем рівнянь.

16. *Радіанна міра кутів, одиничне коло, означення тригонометричних функцій, періодичність, парність, графіки.*

У школі радіанну міру кутів вводять тоді, коли учні вже звикли до градусної. І часто їм незрозуміло, чому вони повинні при записі кутів використовувати якесь число π ,

ще й виконувати дії з дробами на кшталт $\frac{\pi}{6} + \frac{2\pi}{3}$. Наше

завдання – показати їм переваги введення радіанної міри кутів, зокрема для потреб фізики. Розповідаючи про одиничне коло, звертаємо увагу на те, що за допомогою нього можна отримати всі властивості тригонометричних функцій, а також побудувати ескізи відповідних графіків.

17. *Теорема Піфагора, основна тригонометрична тотожність, значення тригонометричних функцій для деяких окремих значень аргументу.*

За допомогою низки підготовлених нами завдань першокурсники зможуть самостійно довести теорему Піфагора не лише у такий спосіб, який їм пропонували шкільні підручники, а з неї – основну тригонометричну тотожність (знов-таки за допомогою одиничного кола). Ми підкажемо, як запам'ятати та швидко відновити у пам'яті значення тригонометричних функцій для конкретних значень аргументу, зробивши просте креслення та скориставшись теоремою Піфагора.

18. *Одиничне коло як засіб швидкого пригадування тригонометричних формул зведення.*

Вдало та акуратно зроблений рисунок часто допомагає розв'язати задачу. Ось ми і покажемо, як усі формули зведення, які займають так багато місця на шпаргалках, можна отримати з одного рисунку з одиничним колом.

19. *Перші два підходи до одержання основних тригонометричних формул: з геометрії трикутника та з порівняння двох виразів для скалярного добутку одиничних векторів.*

Кількість тригонометричних формул зазвичай пригнічує школярів при першому знайомстві. А найбільш старанні студенти зберігають і носять з собою шпаргалки з цієї теми, зроблені ще у школі, бо на фізичному факультеті вони можуть стати у пригоді у найнесподіваніший момент. На нашу думку, треба позбавити студентів страху забути якусь тригонометричну формулу. Для цього ми знайомимо їх з прийомом швидкого відновлення у пам'яті формул з цієї непростой для багатьох теми.

Існує чимало різноманітних способів виводу основних тригонометричних формул. Ми хочемо продемонструвати декілька з них. Тоді кожен зможе обрати найзручніший для себе та користуватися ним. Крім того, студенти, виконуючи створені нами вправи, багато раз виводитимуть одні й ті самі

формули, і врешті звикнуть до них. На цьому занятті ми розглянемо лише два способи виводу основних тригонометричних формул, а далі ще повернемося до цього питання.

20. *Фізичні приклади використання основних тригонометричних формул.*

Могутнім джерелом необхідних тут прикладів є теорія коливань і хвиль. Але чимало цікавих прикладів можна знайти у кінематиці і динаміці, особливо – обертального руху.

21. *Обернені тригонометричні функції. Область визначення і область значень. Побудова графіків.*

Поняття оберненої функції розглянуто раніше на прикладі показникової та логарифмічної функцій. Тож тут ми запропонуємо студентам самостійно побудувати графіки обернених тригонометричних функцій, звернувши їхню увагу на вибір ділянок монотонності.

22. *Розв'язування найпростіших тригонометричних рівнянь.*

Як одержуються формули розв'язків найпростіших тригонометричних рівнянь, ми демонструємо і з використанням графіків, і на одиничному колі. Заучування цих формул без відповідної візуалізації, як показує досвід, – прямий шлях до численних помилок. Звертаємо також увагу на те, що фізичні умови часто накладають обмеження на вибір розв'язків.

23. *Шляхи виведення формул похідних тригонометричних і обернених тригонометричних функцій з формули похідної функції $y = \sin x$.*

Продовжуючи «відлучувати» студентів від зубріння таблиці похідних, пропонуємо їм схему самостійного одержання формул для похідних тригонометричних та обернених тригонометричних функцій.

24. *Приклади гармонічних коливань. Механіко-електродинамічна аналогія.*

На цьому занятті ми розглядаємо окремі випадки гармонічних коливань у рамках механіко-електродинамічної аналогії, розширивши список «аналогічних» величин.

25. *Розвинення у ряд Маклорена тригонометричних і обернених тригонометричних функцій.*

Ми пропонуємо студентам слайди із завданнями, виконуючи які вони зможуть самостійно отримати розвинення у ряд Маклорена тригонометричних (безпосередньо з означення ряду Маклорена) та обернених тригонометричних функцій (як наслідок розвинення функції $y = (1+x)^a$).

26. *Зведення фізичних залежностей до певного вигляду.*

Ця тема виникла у нашому курсі не одразу. Досвід показав, що для багатьох першокурсників є значною проблемою впізнати знайомі математичні задачі за специфічними позначеннями фізичних величин і дещо незвичною формою рівнянь. Тому систему відповідних завдань вони одержують на початку семестру, а це заняття використовується як остання консультація з цієї теми.

27. *Ряд Маклорена і оцінка похибок експериментальних результатів.*

Низка формул, якими студенти користуються, часто без належного усвідомлення, під час обробки експериментальних результатів, одержаних у фізичній лабораторії, фактично є прямим наслідком розвинення в ряд Маклорена відповідних функцій. Усвідомлення першокурсниками цього факту дозволить їм не лише швидко відновлювати у пам'яті необхідні формули, а й зрозуміти межі їх використання.

28. *Геометрична інтерпретація комплексних чисел, формула Ейлера, формули тригонометричних функцій суми двох аргументів.*

29. *Одержання за допомогою формули Ейлера тригонометричних формул для кратних кутів, зниження степеня і перетворення добутку в суму та навпаки.*

30. *Використання комплексних чисел для опису коливальних процесів.*

Ще один спосіб одержання основних тригонометричних формул пов'язаний з поняттям комплексного числа. У школі, у кращому випадку, розглядають лише алгебраїчну та тригонометричну форму запису комплексного числа. Нам знадобиться ще й показникова. У подальшому вивченні фізики вона ще не раз стане у пригоді, а наразі ми маємо на меті показати її корисність для тригонометрії та окремих питань, пов'язаних з математичним описом коливальних процесів. Звернемо увагу наших студентів на цікаве співвідношення, від якого багато поколінь людей науки отримували інтелектуально-естетичне задоволення: $e^{i\pi} + 1 = 0$.

Висновки. Перехід в Україні на загальну освіту з профільною старшою школою лише загострює проблему математичної адаптації першокурсників фізичних факультетів університетів. Готуючись до чергових викликів часу, ми запропонуємо оновлений тематичний план пропедевтичного курсу «Математичний апарат фізики», в якому врахували досвід останніх років проведення занять з цього курсу, а також наявність вже напрацьованих дидактичних матеріалів і розроблених комп'ютерних засобів для організації самостійної роботи студентів. Розпочалася розробка методичного забезпечення оновленого курсу.

Список використаних джерел:

1. Каленик В., Каленик М. Оцінювання навчальних досягнень випускників шкіл з фізики в умовах профільного навчання // Фізика та астрономія в школі. – №2. – 2010. – С. 30-33.
2. Кенева І.П., Марченко О.А., Мінаєв Ю.П. Комп'ютерні засоби допомоги першокурсникам у засвоєнні математичного апарату фізики // Наукові записки. – Випуск 77. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2008. – Частина 2. – С. 201-208.
3. Кенева І.П., Мінаєв Ю.П., Тихонська Н.І. Фізико-математичні вправи на вступних іспитах до університету та олімпіадах для абітурієнтів: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНУ, 2005. – 98 с.
4. Кенева І.П., Мінаєв Ю.П., Тихонська Н.І. Психологічний аналіз стратегій засвоєння навчального матеріалу з фізики // Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін: Збірник науково-методичних праць. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 5. – Рівне: РДГУ, 2002. – С. 98-102.
5. Кенева І.П., Мінаєв Ю.П., Тихонська Н.І. Залежність якості засвоєння школярами і студентами навчального матеріалу з фізики від рівня їхнього формального мислення // Збірник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 13. Серія: педагогічні науки: Збірник у 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2002. – №13. – Т. 2. – С. 167-172.
6. Марченко О.А., Мінаєв Ю.П. Знайомство з рядом Тейлора і розвиток критичного мислення // Наукові записки. – Випуск 60. Серія: Педагогічні науки. Частина 2. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2005. – С. 77-84.
7. Марченко О.А., Мінаєв Ю.П. Про використання ряду Тейлора при вивченні поглибленого курсу фізики // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2005. – Вип. 11. – С. 153-156.
8. Непорожня Л. Вивчення коливань у старшій профільній школі: міжпредметні зв'язки // Фізика та астрономія в школі. – №4, 2010. – С. 20-23.
9. Сергієнко В., Рудницький В. Профільне навчання: орієнтація на фізико-технологічні професії // Фізика та астрономія в школі. – №5-6. – 2008. – С. 24-26.
10. Соколова Н.И. Математический практикум при подготовке к ЕГЭ по физике (элективный курс) // Физика в школе. – 2008. – №8. – С. 46-48.
11. <http://www.mon.gov.ua/main.php?query=education/average/prog12>.

In this article authors pay attention to the problem of mathematical adaptation of first-year physical students. The new program of introductory course “Mathematical apparatus of physics” is also presented in the article.

Key words: continuous physical education, mathematical apparatus of physics.

Отримано: 26.05.2010