

## **Практичні заняття з фізики як форми поглиблення та закріплення знань у майбутніх учителів хімії і біології**

**Анатолій СІЛЬВЕЙСТР**

*В статті розглядаються питання пов'язані з навчально-пізнавальною діяльністю студентів хімічного і біологічного напрямків підготовки на практичних заняттях під час розв'язування фізичних задач міжпредметного та прикладного спрямування.*

*The article deals with the question connected with the teaching and learning of students of chemical and biological areas of training at workshops at solving physical problems intersubject and application areas.*

**Постановка проблеми.** Однією із важливих форм проведення занять, крім лекцій, у ВНЗ є практичні заняття. Практичні заняття з фізики для майбутніх учителів хімії і біології мають свої особливості. У своїй практичній діяльності при розв'язуванні задач ми використовуємо такі системні методи та прийоми, які б дозволяли засвоювати найбільш загальні поняття курсу загальної фізики, тобто, щоб теоретичні знання отримані студентами під час лекційних занять могли б бути максимально використані у практичній діяльності. Відповідно до нашого спрямування ми розглядаємо задачі як якісного так і кількісного змісту, що містять стандартні, нестандартні, непоставлені, проблемні і довільні підходи до їх розв'язання. Використовуючи такі підходи до розв'язування задач, ми маємо можливість ознайомити студентів даних спеціальностей з прикладною базою їх застосування у фаховій діяльності.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз методичної літератури показує, що поглиблення та закріплення фізичних знань під час проведення практичних занять, відбувається під час розв'язування задач. Питання щодо розв'язування фізичних задач розглядалися рядом науковців та методистів: П.С. Атаманчуком, О.І. Бугайовим, В.Є. Володарським, С.У. Гончаренком, А.А. Давиденком, С.Ю. Каменецьким, Є.В. Коршаком, О.І. Ляшенком, В.В. Мендерецьким,

В.П. Ореховим, А.І. Павленком, В.Г. Разумовським, О.В. Сергеевим, А.В. Усовой та ін.; у студентів нефізичних спеціальностей - в роботах І.Т. Богданова, М.О. Борового, С.Г. Гільміярової, О.В. Гомонай, Н.В. Стучинської, Б.А. Суся та ін.

**Мета статті:** проаналізувати та конкретизувати підходи щодо поглиблення та закріплення фізичних знань під час проведення практичних занять у майбутніх учителів хімії і біології; навести приклади задач та показати їх роль у вивченні дисциплін хімічного і біологічного циклу.

**Виклад основного матеріалу.** Проблема формування у студентів хімічних і біологічних спеціальностей уміння розв'язувати задачі при навчанні фізики є важливою. Не дивлячись на те, що дисципліна «Фізика» у майбутніх учителів хімії і біології не є профільною дисципліною, вона необхідна для подальшої професійної діяльності майбутнього спеціаліста педагогічного профілю. Відомо, що задачі розвивають у студентів навички у використанні загальних законів природи для вирішення конкретних питань, які мають пізнавальне і практичне значення. Як зазначають автори [11, с. 3], вміння розв'язувати задачі є найкращим критерієм оцінки глибини вивчення програмного матеріалу і його засвоєння. Розв'язування задач з фізики у майбутніх учителів хімії і біології викликають деякі труднощі. В першу чергу вони пов'язані з отриманням формальних знань законів, явищ у школі. Друга особливість – це дефіцит часу у ВНЗ як на вивчення теоретичного матеріалу так і на практичні заняття взагалі. Як результат, на практичних заняттях розв'язується незначна кількість задач, щоб можна було б виробити у студентів міцні вміння і навички.

Незважаючи на вище перераховані проблеми, можна стверджувати, що важливим засобом вивчення фізики, а також зв'язку цієї науки з практикою - є розв'язування задач. Усяке фізичне поняття краще засвоюється, якщо воно знаходить застосування в задачах. Варто відзначити, що багато задач, розміщених у задачниках, хвибує на абстрактність, відірваність від життя і, безперечно, не може викликати зацікавленості. Натомість практичні заняття дають можливість ретельно проаналізувати ті чи інші процеси, явища природи та розширити і

поглибити знання про них.

Як зазначалося вище, що для студентів хіміків та біологів мають важливе значення задачі як якісного так і розрахункового змісту. Задачі якісного характеру не потребують математичних обчислень. Фізичні явища і процеси, які відбуваються в природі розглядаються на якісній основі. Якісні задачі підвищують інтерес студентів до вивчення фізики та сприяють розвитку практичних навичок.

Як зазначає [9, с. 4], розв'язування якісних задач спрямовує до аналізу фізичних явищ, розвиває логічне мислення, розширює науково-природничий світогляд, підготовлює студентів до практичної діяльності.

Розв'язування задач розрахункового характеру потребує від студентів дотримуватися деяких етапів [1, с. 4]:

- аналіз умови задачі і її наочна інтерпретація за допомогою схеми або креслення;
- складання рівнянь, що пов'язують фізичні величини, які характеризують явища з кількісного боку;
- спільний розв'язок отриманих рівнянь відносно тієї або іншої величини, яка вважається в даній задачі невідомою;
- аналіз отриманого результату та числові розрахунки.

Значення задач у навчанні потребує від викладача ВНЗ чіткого розуміння, що таке задача і яка їх роль та значення у процесі формування нових знань, умінь, компетенцій. Для викладача фізики актуальним буде питання, як використовувати задачі для закріплення і корекції нових знань, умінь при засвоєнні матеріалу, і як за допомогою них показати застосування знань на практиці [7, с. 7].

Як зазначають автори роботи [5], розв'язування задач з метою систематизації й узагальнення знань із фізики, дає змогу учням чи студентам опанувати методи наукового пізнання та здійснювати самостійний пошук і самостійне діяння. Лише узагальненні та систематизовані знання, наголошують автори, дають можливість їх ефективно використовувати для пояснення явищ

навколишнього світу і створення основ сучасного виробництва, нових технологій і техніки. Сам процес узагальнення й систематизації знань тими, хто опановує науку, є прекрасною школою розвитку їхніх творчих здібностей, їхньої наполегливості й самостійності в досягненні поставленої мети.

А.В. Усова [10] зазначає, що уміння і навички узагальненого характеру, які студенти набувають при розв'язуванні задач, можуть використовуватися не тільки в межах однієї дисципліни, при вивченні якої здійснюється формування даного вміння, але й при вивченні інших дисциплін, при виконанні інших навчальних задач.

Однією з форм активізації пізнавальної діяльності студентів хімічного і біологічного напрямків підготовки на практичних заняттях є розв'язування задач міжпредметного та профільного спрямування, тобто задачі, які вимагають комплексного застосування знань з біофізичного та біохімічного змісту. На наш погляд, використання спрямованого матеріалу на практичних заняттях у змісті задач дає можливість описувати для студента добре відомі факти та події. Розв'язуючи задачі міждисциплінарного змісту в курсі фізики, необхідно використовувати знання (законів, теорій, понять, принципів), отриманні при вивченні фізики, хімії і біології в ЗНЗ та на заняттях у ВНЗ при вивченні суміжних дисциплін. Так, наприклад, для студентів спеціальності «Хімія» будуть доцільними задачі, що включають теми, пов'язані з внутрішньою енергією, теплою, будовою кристалів, газовими законами, електричним струмом в різних середовищах, магнітними властивостями речовин, хімічною дією світла, радіоактивністю тощо; для студентів спеціальності «Біологія» - поняття температури та її вимірювання, вологість, капілярні явища, електромагнітне випромінювання,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -випромінювання, біологічна дія випромінювання тощо [8].

Мета розв'язування цих задач є не тільки в ілюструванні законів фізики, але і в навчанні студентів виявляти і вивчати головне, типове в роботі технологічних і природних об'єктів. Більша частина задач з таким змістом повинна відповідати профілю професійної підготовки. Щоб включити їх до

курсу фізики, викладачу фізики потрібно вникнути в суть майбутньої професії студентів. Необхідно вимагати, щоб при розв'язуванні задач студенти користувалися лише одиницями фізичних величин СІ [2, с. 188-190].

Підбір задач для даних спеціальностей є досить складним етапом, тому, щоб охопити весь напрям явищ, законів, процесів природи необхідно опиратися на знання студентів із хімічних і біологічних дисциплін. При цьому найбільш прийнятним рішенням буде відхід від задач із складним математичним апаратом, різнопланових задач, а на перший план будуть висуватися задачі, зміст яких близький до дисциплін природничого циклу, зокрема хімії і біології.

Незважаючи на сам зміст задач, вони у навчальному процесі виконують ряд функцій: навчальну, розвивальну, виховну, спонукальну, інтегративну, мотиваційну. Необхідно більше практикувати розв'язування задач, в яких дані беруться з практики і з життя. Частина задач такого типу викладач може скласти самостійно, користуючись власними знаннями з хімії і біології.

У методиці навчання фізики даються різні класифікації прикладних задач. Ми дотримуємося класифікації запропонованої автором роботи [6, с. 16]. Фізичні задачі з прикладним змістом автор поділяє:

- за змістом (конкретні, абстрактні, міжпредметні, прикладні, історичні, тематичні);
- за дидактичною метою (тренувальні, творчі, дослідницькі, контрольні);
- за способом подання умови (текстові, графічні, задачі-малюнки (фотографії));
- за ступенем складності (прості, середньої і підвищеної складності, складні);
- за вимогою (знаходження невідомого, доведення, конструювання);
- за способом розв'язування (якісні, обчислювальні, графічні, експериментальні).

Оскільки задачі на заняттях фізики, хімії і біології є дуже важливим методом раціонального навчання студентів, то буде корисним навести декілька прикладів задач із цього напрямку дослідження.

Для студентів напрямку підготовки 6.040102 «Біологія» навчальним планом практичні заняття непередбачено, але розв'язування задач зводиться у них не до уміння навчати розв'язувати задачі, а до пояснення і закріплення теоретичного матеріалу. Як приклад можуть бути задачі такого змісту:

Задача 1. Вважаючи тіло людини у вигляді циліндра, радіус якої  $R = 20$  см, висота  $h = 1,7$  м і маса  $m = 70$  кг, визначити момент інерції людини в положенні стоячи і лежачи відносно вертикальної осі, що проходить через центр циліндра (приблизно через центр мас людини).

Задача 2. Яке значення для людини має виділення поту в жаркий день?

Задача 3. Що є джерелом біонапруг у тварин? Чому людина не виробляє високих напруг?

Задача 4. У якому випадку велику роль відіграє дифракція в оці: при великій або малій яскравості світла? Чим пояснюється нерізде зображення в сумерках?

Задача 5. Середня потужність експозиційної дози опромінення в рентген кабінеті дорівнює  $6,45 \cdot 10^{-12}$  Кл/(кг · с). Лікар знаходиться на протязі дня 5 год в цьому кабінеті. Яка його доза опромінення за 6 робочих днів?

У студентів за напрямом підготовки 6.040101 «Хімія» навчальним планом передбачаються практичні заняття. Під час розв'язування задач на практичних заняттях ми стараємося створити умови, необхідні їм для розвитку пізнавального інтересу, природничо-наукового мислення та світоглядних знань. У процесі розв'язування задач дотримуємося послідовності дій, які дозволяють осмислювати і раціонально виконувати всі етапи розв'язування задач. Як приклад, для даного напрямку підготовки будуть мати місце задачі такого типу:

Задача 1. Із шлангу, що лежить на землі, б'є під кутом  $\alpha$  до горизонтальну струмінь води. Вода вилітає із отвору шлангу площею перерізу  $S$  зі швидкістю  $\mathcal{V}_0$ . Густина води  $\rho$ . Визначити масу струменю води  $m$  в повітрі. Опором повітря знехтувати.

Задача 2. В балоні ємністю  $V = 3$  л знаходиться кисень масою  $m = 4$  г. Визначити кількість речовини  $\nu$  газу і концентрацію  $n_0$  його молекул.

Задача 3. Електроліз води здійснюється струмом, сила якого  $I = 0,3$  А, протягом  $t = 30$  хв. Визначити об'єм виділеного при цьому водню при температурі  $t^0 = 20^0$  С і тиску  $p = 750$  мм рт. ст.

Задача 4. На поверхню літію падає монохроматичне світло ( $\lambda = 310$  нм). Щоб зупинити емісію електронів, необхідно прикласти затримуючу різницю потенціалів  $U$  не менше 1,7 В. Визначити роботу виходу  $A$ .

Задача 5. Ядро радону  ${}_{86}^{220}\text{Rn}$ , що знаходиться в спокою викинуло  $\alpha$ -частинку зі швидкістю  $v = 16$  Мм/с. У яке ядро перетворилося ядро радону? Яку швидкість  $v_1$  воно отримало внаслідок віддачі?

Наведені задачі дають можливість показати, що зміст самих задач дає можливість встановити зв'язок між фізикою і дисциплінами предметного циклу. Тобто, розв'язування подібних задач покаже студентам необхідність використання знань як з фізики так і з дисциплін хімічного і біологічного профілю. Фізика, як навчальна дисципліна для студентів даних напрямків підготовки, стає не відірваною від життя, а навпаки тісно поєднує і поглиблює їх знання з фахових дисциплін. Таке поєднання знань дає можливість студентам найбільш ефективно досягти цілі навчального пізнання. Тому практичні заняття з фізики дають можливість студентам з іншої точки зору підходити до пізнання об'єктів природи і самостійно робити висновки про їх взаємозв'язки. Розглянемо декілька прикладів із кожного розділу курсу фізики.

У розділі «Механіка» розглядаючи задачі на закони збереження, звертаємо увагу студентів на те, що ці закони є фундаментальними законами природи і вони лежать в основі пояснення багатьох законів і самих різних явищ природи. Під час розв'язування задач на конкретних прикладах, маємо можливість спостерігати, що дані закони мають місце не тільки в курсі фізики, а й проявляються у хімічних і біологічних процесах. Як приклад, можна назвати закон збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу тощо.

Під час розв'язування задач з розділу «Молекулярна фізика і термодинаміка» звертаємо увагу студентів на формування знань про

молекулярно-кінетичну теорію, яка є однією із фундаментальних теорій. Проводячи практичні заняття з даної теми, необхідно на прикладах із задач показати, що молекулярно-кінетична теорія дійсно слугує основою для пояснення багатьох фізичних, хімічних, біологічних явищ, без неї не може обійтися ні одна із природничих наук. Так наприклад, при розв'язуванні задач на знаходження кількості молекул, речовини, валентності, атомної маси елементів (хімія), задачі у яких проявляються явища дифузії, осмосу, капілярні, осмотичний тиск, поверхневий натяг, змочування (біологія), ми спираємося на основні положення МКТ, які проявляються як у хімічних так і у біологічних явищах.

Підбираючи задачі з даного розділу, необхідно звернути увагу на те, що тут мають місце статистичні закономірності. Статистичні закономірності зустрічаються як фізиці так і у хімії і біології. Їх основна відмінність, наприклад від законів механіки, полягає в тому, що статистичні закономірності керують системами, які складаються із великого числа об'єктів, схильних до випадкових подій. [4, с. 30]. Розв'язуючи задачі на розподіл Максвелла, маємо можливість знаходити найбільш імовірну, середню арифметичну та середню квадратичну швидкості частинок, середню кінетичну енергію тощо. Із розв'язання самих задач студенти спостерігають, що ці закони безпосередньо проявляються в хімічних реакціях (безпосередній контакт між молекулами реагуючих речовин) та в біологічних (в живому організмі приймає участь велике число частинок системи).

Серед задач з розділу «Електрика і магнетизм», які ми пропонуємо на практичних заняттях, мають місце задачі на закон збереження електричного заряду, електричний струм у різних середовищах, взаємодія змінного електричного і магнітного полів на речовину тощо. Закон збереження електричного заряду діє без обмежень у всіх процесах, пов'язаних з самими різноманітними фізичними (механічними, тепловими, електричними, магнітними, внутрішньоатомними і внутрішньоядерними), хімічними і біологічними явищами. В задачах з теми «Електричний струм в електролітах»



звертаємо увагу студентів на електролітичну дисоціацію, електроліз, закони Фарадея, застосування електролізу, хімічні джерела струму, гальванічні елементи, акумулятори, які мають місце в хімічних процесах.

У розділі «Оптика» важливе значення мають задачі з квантової оптики. Квантова теорія широко використовуються в фізичних, хімічних, біологічних науках. У фізиці застосовується при вивченні випромінювання, спектрального аналізу, фотоелектричних явищ (зовнішній і внутрішній фотоефект), фотоелементів та їхнє застосування, світловий тиск, хімічний вплив світла, фотосинтез, ланцюгові реакції, фотографія. Наприклад, спектральний аналіз використовується не тільки для якісного й кількісного аналізу, а й для вивчення будови молекул органічних речовин, оскільки окремі функціональні групи молекул органічних речовин мають у спектрі власні лінії.

Розв'язуючи задачі з майбутніми учителями хімії і біології в розділі «Атомна фізика», необхідно звернути їх увагу на закон збереження маси речовини, який діє в фізичних (механічних, теплових, електричних і магнітних) хімічних, біологічних явищах, тобто в процесах, де не відбувається взаємоперетворення елементарних частинок. У всіх процесах, що пов'язані з ядерними перетвореннями, необхідно застосовувати закон збереження повної маси системи [4, с. 81].

Для багатьох природничих наук має місце теорія про будову атома. Знання елементів цієї теорії багато в чому визначає науковий рівень засвоєння курсів фізики, хімії і біології у ВНЗ. Основою для систематизації знань про будову і властивості атома, отриманих на практичних заняттях з фізики, є квантові числа, принцип Паулі, періодична система Д.І. Менделєєва, рентгенівське випромінювання, закон Мозлі.

В процесі розв'язування задач міждисциплінарного змісту студенти даних спеціальностей набувають умінь:

- користуватися математичним апаратом фізики;
- розв'язувати задачі різними способами;
- знайти місце різним фізичним явищам та застосовувати їх в процесі

розв'язання задач;

- знаходити необхідну інформацію з фізики для розв'язування задач [3, с. 127-128].

Задачі, умови яких побудовані з використанням конкретного хімічного і біологічного матеріалу, як правило, цікаві студентам. Такі задачі студенти розв'язують із задоволенням і бажанням. Розв'язання цих задач сприяє розвитку інтересу до вивчення фізики.

В процесі навчання фізики розв'язання задач, спрямованих на майбутню професійну діяльність студентів, є основою формування їхньої творчої активності. Саме творча активність студентів є цілеспрямованою діяльністю особистості, що забезпечує її включення в процес творення нового, що припускає внутрішньо системний і міжсистемний перенос знань і вмінь у нові ситуації, зміну умов і способів дії при розв'язуванні навчальних задач.

При розв'язуванні таких задач студенти не тільки глибоко засвоюють фізичні явища, закони, але й набувають початкових знань із спеціальної підготовки, знайомляться з окремими поняттями, законами, формулами тощо, що забезпечують взаємозв'язок фізики з хімією і біологією та іншими дисциплінами. Розв'язування задач профільного спрямування дає також викладачеві широкі можливості для використання проблемного методу навчання, для залучення студентів до активної творчої пізнавальної діяльності, для підвищення зацікавленості студентів у виконанні завдання. Уміння розв'язувати задачі в значній мірі характеризує засвоєння навчального матеріалу. Практичні заняття, крім розв'язування задач, включають і елементи семінару, бо на них розглядаються теоретичні питання лекційного курсу, перевіряються знання теоретичного матеріалу, вивчення якого передбачено для самостійного опрацювання під час самостійної підготовки [8].

Задачі з фізики – одна з основних форм самостійної роботи студентів як на заняттях так і вдома, Крім того, задачі використовуються для закріплення вивченого теоретичного матеріалу з яким студенти знайомляться під час лекційних занять та набувають певних знань умінь і навичок, необхідних для

виконання лабораторних робіт. Вважається, що знання, уміння і навички є твердими й усвідомленими тільки тоді, коли вони здобуваються самостійно і студенти їх вміють застосовувати. Для самостійної діяльності студентів важливу роль мають задачі експериментального і графічного змісту, які формують навички на виконання досліджень та залучають студентів до творчого процесу.

Важливе значення мають практичні заняття з використанням засобів мультимедіа, які дозволяють підвищити якість і ефективність навчальних завдань, реалізувати індивідуальний підхід. Розв'язування задач з використанням сучасних технологій змінює відношення студента до навчальної діяльності. На таких заняттях студенти отримують повні, глибокі, міцні, систематичні фізичні знання, які спрямовують студентів до самостійного пізнання і відображають ступінь їх готовності до творчого пошуку при вивченні явищ природи.

Таким чином, практичні заняття дуже потрібні і фахово-важливі. Без них неможливо повноцінне вивчення фізики, яке за висловом академіка Л.А. Арцимовича є «фундаментом нової техніки, майстерня сміливих технічних ідей, опора оборони і рушійна сила безперервного індустріального прогресу». З іншого боку, складаючи і розв'язуючи задачі з фізики, в особливості практичного характеру і професійно спрямованих, студенти звертаються до довідників і спеціальної літератури, користуються поняттями і термінами вибраної ними спеціальності, привчаються до фізичного підходу і проблем тієї галузі у якій їм доведеться працювати. Таким шляхом студенти можуть набувати потрібні професійні знання і вміння, починаючи з першого курсу.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу та практики навчання фізики у студентів хімічних і біологічних спеціальностей можемо зробити висновок: фізика для студентів природничо-географічних факультетів (інститутів) повинна мати яскраво виражений фахово-орієнтований характер. Отриманні знання з розв'язування задач із курсу загальної фізики необхідні майбутнім учителям хімії і біології для проведення різних наукових досліджень та для організації шкільної навчально-дослідної роботи.

## Бібліографія:

1. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения: Пособие для учителя. – 4-е изд., перераб. и доп. /В.А. Балаш. – М.: Просвещение, 1983. – 432 с.
2. Богданов І.Т. Міжпредметні зв'язки фізики та спеціальних технічних дисциплін у вищих навчальних закладах І-ІІ рівня акредитації /І.Т. Богданов. //Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна /[редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – Вип. 20: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технічного профілю. – С. 188-190.
3. Земцова В.И. Теоретические основы методической подготовки учителя физики: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 /Валентина Ивановна Земцова. – Санкт-Петербург, 1995 – 310 с.
4. Ильченко В.Р. Перекрестки физики, химии и биологии: Кн. для учащихся /В.Р. Ильченко. – М.: Просвещение, 1986. – 174 с.
5. Коршак Є. Розв'язування задач з метою систематизації й узагальнення знань із фізики /Є. Коршак, Н. Коршак. //Фізика та астрономія в школі. – 2010. - №2. – С. 7-9.
6. Мельник Ю.С. Задачі прикладного змісту з фізики у старшій школі: Навчально-методичний посібник /Ю.С. Мельник. – К.: Педагогічна думка, 2013. – 123 с.
7. Полицинский Е.А. Задачи и задания по физике. Методы решения задач и организация деятельности по их решению: учебно-методическое пособие /Е.А. Полицинский, Е.П. Теслева, Е.А. Румбешта. – Томск: Изд-во томского педагогического университета, 2009, - 2010. – 483 с.
8. Сільвейстр А.М. Організація навчальних занять з фізики у майбутніх учителів хімії і біології. /А.М. Сільвейстр. //Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №3. Фізика і математика у вищій і середній школі: Зб. наукових праць. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. - №10. – С. 102-110.
9. Тульчинский М.Е. Качественные задачи по физике в средней школе: Пособие для учителей. Изд. 4-е. перераб. и доп. /М.Е. Тульчинский. – М.: Просвещение, 1972. – 240 с.
10. Усова А.В. Формирование у школьников обобщенных умений и навыков при осуществлении межпредметных связей /А.В. Усова. //Межпредметные связи естественно-математических дисциплин. Пособие для учителей. Сб. статей; Под ред. В.Н. Федоровой. – М.: Просвещение, 1980. – С. 40-53.
11. Физика: Задачник-практикум /П.Н. Вловык, С.У. Гончаренко, Д.П. Мавло, Е.Г. Мойся; Под ред. С.У. Гончаренко. – К.: Выща шк., 1988. – 360 с.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Сільвейстр Анатолій Миколайович** – кандидат педагогічних наук, доцент, докторант кафедри теорії і методики навчання фізики та астрономії Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.

*Коло наукових інтересів:* проблеми навчання фізики у майбутніх учителів хімії і біології.