

Keywords: studies of physics, optional employments, methodology of realization of optional employments.

УДК 53(075.3):001+37.091.322

Коновал О. А., Слюсаренко М. А., Соломенко А. О., Туркот Т. І.

ПРИНЦИП НАУКОВОСТІ ПРИ ВИСВІТЛЕННІ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ В ШКІЛЬНИХ ПІДРУЧНИКАХ З ФІЗИКИ: КРИТИЧНО-КОНСТРУКТИВНИЙ АНАЛІЗ

Аналізуються методичні підходи до висвітлення основних положень спеціальної теорії відносності в сучасних шкільних підручниках з фізики. Показано, що в деяких підручниках мають місце фізичні помилки, некоректні формулювання та пояснення наслідків спеціальної теорії відносності. Наголошено на необхідності реалізації принципу науковості при висвітленні спеціальної теорії відносності в підручниках для закладів загальної середньої освіти.

***Ключові слова:** самостійна робота, принцип науковості, суб'єкти навчання, критичне мислення, спеціальна теорія відносності, методика навчання.*

Проблема навчання молодшої людини критичному стилю мислення в процесі самостійної навчальної діяльності має глибокі історичні корені, однак не втрачає актуальності й у нашому сьогоденні, бо не є вирішеною остаточно. У більшості учнів недостатньо сформоване вміння самостійно опрацювати навчальний матеріал, вони схильні до поверхневих і навіть хибних висновків, не усвідомлюючи глибинного, сутнісного підґрунтя навчальної інформації [1, с. 128].

У процесі верифікації наукових гіпотез суб'єкти навчання можуть перебільшувати значення "пріоритету факту над теорією", не розуміючи значення глибокого самостійного осмислення фактів у процесі їх "накопичення" для підтвердження чи заперечення того чи іншого висновку. Для пояснення деяких фактів учні та студенти-фізики іноді використовують еkleктичні міркування – некритичне поєднання різнорідних, внутрішньо непов'язаних, а іноді навіть несумісних ідей. Саме тому має приділятися особлива увага формуванню критичного мислення здобувачів освіти, як в процесі вивчення нового матеріалу в аудиторії, так і під час самостійної роботи.

Отже, актуальним постає завдання навчання студентів – майбутніх учителів критичному аналізу інформації, сконцентрованої в джерелах інформації, зокрема в навчальних посібниках і підручниках. Майбутні вчителі в процесі своєї подальшої роботи, звертаючи увагу на методичні особливості навчального матеріалу, суперечності, парадоксальності тих чи

інших питань шкільного курсу фізики, мають формувати критичний погляд у своїх учнів. Тому об'єктивно зростають загально-дидактичні та науково-методичні вимоги до змісту посібника чи підручника, які використовують учні чи студенти, самостійно опрацьовуючи навчальний матеріал. На наше переконання зміст шкільного курсу фізики, викладений в науковій, навчальній та навчально-методичній літературі, має досить значний дидактичний потенціал щодо реалізації цього завдання. З огляду на викладене, звернемося до *теоретичного* аналізу фізичних тверджень в деяких підручниках з фізики для закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО), і безпосередньо до науково-методичного аналізу змісту висвітлення спеціальної теорії відносності (СТВ) в сучасних шкільних підручниках з фізики.

Як відомо, СТВ – розділ фізики, який відіграє надзвичайно важливу роль у формуванні наукового світогляду учнів та студентів, дозволяє їм отримати сучасні уявлення про простір і час, дає розуміння меж застосування законів класичної фізики.

Слід зазначити, що наразі в науково-методичній літературі немає єдиного підходу щодо викладання цієї фізичної теорії в середній школі [2; 3; 4]. Це обумовлено перш за все специфікою СТВ та парадоксальністю її наслідків, зокрема, кінематичних. Саме аналіз кінематичних наслідків СТВ, в основному, і пропонується в навчальній літературі.

З іншого боку, відносно складний математичний апарат (перетворення Лорентца (Lorentz)) вимагає від суб'єктів навчання високого рівня розвитку логічного і абстрактного мислення для усвідомлення суті фізичних явищ і процесів, які описуються з позицій теорії відносності. Ці обставини також зумовлюють широкий спектр методичних новацій в процесі вивчення СТВ в ЗЗСО [2-7].

Загальновідомо, що класична механіка ґрунтується на законах Ньютона, які є інваріантними відносно перетворень Галілея, простір і час розглядаються як незалежні поняття, а сам час є абсолютним. У релятивістській фізиці події відбуваються в чотиривимірному просторі-часі, в її основі лежать два постулати спеціальної теорії відносності, сформульовані Ейнштейном, та математичний апарат СТВ (перетворення Лоренца (ПЛ)).

Саме завдяки ПЛ здійснюється перетворення координат і часу при переході від однієї інерціальної системи відліку (СВ) до іншої. ПЛ та їх наслідки є науковим підтвердженням існування простору-часу (як фізичної реальності) з його особливими геометричними властивостями. Тому розуміння ПЛ та їх наслідків є необхідною складовою формування наукового світогляду учнів.

Зазначимо, що висвітлення кінематичних наслідків СТВ на достатньому методичному рівні здійснено в [2; 3; 4].

Однак, аналіз сучасних підручників і методичної літератури засвідчує,

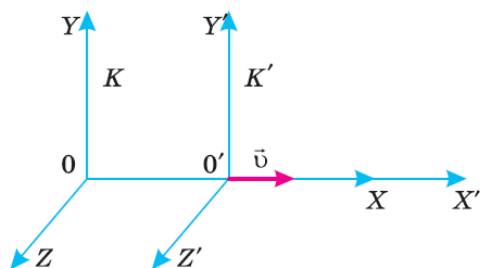
що типовим є виклад релятивістської механіки у вигляді досить розрізнених фактів і понять, з фрагментарним висвітленням фундаментальних положень та з не завжди достатньою глибиною їх аналізу й інтерпретації. В деяких посібниках, та підручниках, зокрема [5; 6], наявні фізичні помилки, неточності формулювань, некоректне трактування деяких положень СТВ.

З огляду на викладене вище **метою** статті визначаємо критично-конструктивний аналіз особливостей реалізації принципу науковості при висвітленні спеціальної теорії відносності в деяких підручниках для ЗЗСО.

У багатьох підручниках з фізики для загальноосвітніх навчальних закладів взагалі не згадуються ПЛ, не пояснюються їх місце та значення в релятивістській фізиці. Такий підхід до викладання спеціальної теорії відносності, на нашу думку, не забезпечує науковості та системності у викладі матеріалу. Розгляд основних положень СТВ без висвітлення ПЛ залишає нерозкритим питання переходу від класичної до релятивістської механіки, від перетворень Галілея до перетворень Лоренца. При цьому учням залишається незрозумілим звідки з'являється новий закон додавання швидкостей тощо. Такий підхід не дозволяє сформуванню системні знання, створює дидактичні труднощі, які можуть бути причиною нерозуміння окресленої фізичної теорії.

Так, у підручниках [5; 6] подаються ПЛ, і підкреслюється, що вони є узагальненням перетворень Галілея, за умови відносності часу. Однак, форма подання перетворень Лоренца, є, на нашу думку, не зовсім методично вивіреною (а місцями і помилковою), а саме має вигляд [5, с. 250; 6, с. 150-151]:

“Зв’язок між величинами, що характеризують подію в різних інерціальних системах відліку, називають перетвореннями Лоренца:



$$x' = \frac{x \pm vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, y = y', z = z', t' = \frac{t \pm \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Знак “+” у чисельнику застосовується при переході від системи K' до системи K , знак “-” застосовується при переході від системи K до системи K' . Це зумовлено тим, що система K' рухається відносно системи K зі швидкістю v , водночас можна вважати, що система K рухається відносно системи K' зі швидкістю $-v$ “.

Але у такому випадку ще треба додатково пояснювати, що при застосуванні формули в такому вигляді при переході від системи K' до

системи K , і навпаки, окрім знаків “+” та “-” необхідно ще й змінювати відповідні змінні x' на x , а t' на t . Тобто, зміст речення “Знак “+” у чисельнику застосовується при переході від системи K' до системи K , ...” є помилковим.

Аналогічне непорозуміння зустрічаємо і в підручнику [7, с. 145]: “У СТВ місце перетворень Галілея заступають *перетворення Лоренца*:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Щоб виразити x' , t' через x , t (тобто отримати зворотні перетворення), достатньо змінити знаки перед швидкістю”.

Такий об'єм додаткових пояснень, на наш погляд, здатен лише заплутати учнів, тому доцільно ПЛ подавати у вигляді:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

при переході від системи K до системи K' . А при переході від системи K' до системи K подавати у формі:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Розглянемо далі суперечливий момент, який ми зустрічаємо в підручниках [5; 6], коли автори розглядають наступний приклад: на підлозі вагона розташоване джерело світла, а на стелі дзеркало. Пропонується знайти інтервал часу, протягом якого світло досягне стелі та, відбившись від дзеркала, повернеться назад. Розглядаючи поширення світлового сигналу відносно спостерігача, що рухається разом із вагоном та відносно нерухомого спостерігача рис. 1, автори [5; 6] на ілюстраціях в підручниках неправильно вказують напрям поширення світлового променя [5, с. 249; 6, с. 149].



Рис. 1. Пояснення явища поширення світлового сигналу в “світловому годиннику” згідно з підручниками [5; 6]

Дійсно, на мал. 223 б ([5, с. 249]) та мал. 132 б ([6, с. 149]) помилково показано, що відносно нерухомого спостерігача світловий промінь поширюватиметься в напрямі ламаної ABC (рис. 1). Насправді ж напрямок поширення світлового сигналу – ABC має проходити так, як це показано на рис. 2.

Водночас формула для “сповільнення ходу рухомого годинника” одержана вірна [5, с. 250; 6, с. 150].

Перейдемо до критичного осмислення релятивістського закону додавання швидкостей в підручниках [5, с. 253; 6, с. 153]. Так читаємо: “Нехай тіло рухається відносно системи K' зі швидкістю \vec{u} . Сама система K' рухається відносно системи K , яка вважається нерухомою, з постійною швидкістю \vec{v} уздовж осі X . Позначимо швидкість цього самого тіла відносно нерухомої системи K літерою \vec{w} . Тоді релятивістський закон додавання швидкостей матиме вигляд:

$$\vec{w} = \frac{\vec{v} + \vec{u}}{1 + \frac{\vec{v}\vec{u}}{c^2}}$$

Якщо $u \ll c$ та $v \ll c$, маємо класичний закон додавання швидкостей $\vec{w} = \vec{v} + \vec{u}$ “.

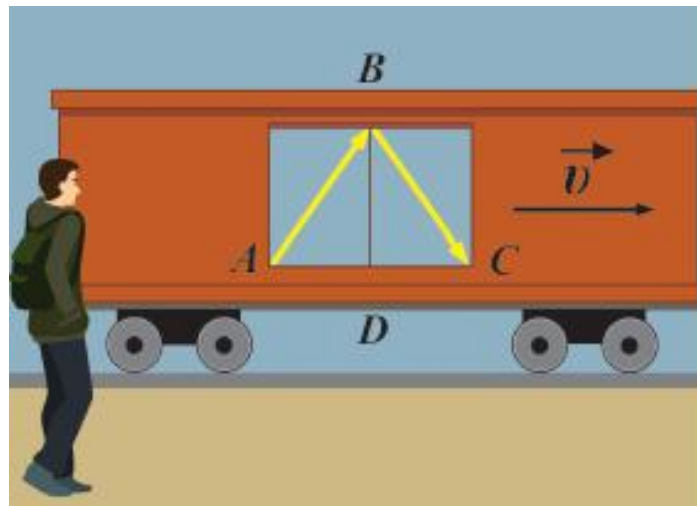


Рис. 2. Поширення світлового сигналу в “світловому годиннику” з точки зору спостерігача на платформі (в системі K)

Як бачимо, автори [5; 6] записують начебто зовні зручну форму подання релятивістського закону додавання швидкостей, яка дозволяє за малих швидкостей перейти безпосередньо до класичного закону додавання швидкостей, до того ж записаному у векторній формі. Однак постає питання, чи відповідає дійсності така форма запису релятивістського закону додавання швидкостей? Як показано в роботі [2, с. 86] релятивістська формула додавання швидкостей для загального випадку довільної взаємної орієнтації векторів \vec{v} та \vec{v}' має вигляд:

$$\vec{v} = \frac{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \vec{v}' + \vec{V} + (1 - \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}) \frac{(\vec{v}' \vec{V})}{V^2} \vec{V}}{1 + \frac{(\vec{v}' \vec{V})}{c^2}}$$

де \vec{v} – швидкість руху тіла відносно нерухомої системи відліку K , \vec{v}' – швидкість руху тіла відносно нерухомої системи відліку K' , \vec{V} – швидкість рухомої системи відліку K' , відносно нерухомої K .

Навіть якщо зробити певні спрощення і розглядати релятивістське додавання швидкостей за умови, що швидкість \vec{V} рухомої системи відліку K' , відносно нерухомої K , значно менше швидкості світла у вакуумі, то в цьому випадку отримуємо вираз [9, с. 27]:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V} - \vec{v}' \frac{(\vec{v}' \vec{V})}{c^2}$$

Отже, навіть за такого спрощення, формула релятивістського додавання швидкостей суттєво відрізняється від тієї, що наводиться в підручниках [5, с. 253; 6, с. 153].

З методичної точки зору, зважаючи на складність математичного

запису, формулу релятивістського додавання швидкостей у векторній формі в шкільному курсі фізики недоцільно розглядати, навіть у фізико-математичних класах. Уважаємо можливим обмежуватись розглядом одновимірного релятивістського руху тіл, коли їх швидкості лежать на одній прямій. Розглянемо це детальніше.

Нехай тіло рухається зі швидкістю \vec{v}' уздовж осі $O'X'$ системи відліку K' , яка у свою чергу рухається відносно системи відліку K зі швидкістю \vec{V} , так, що під час руху координатні вісі OX і $O'X'$ направлені вздовж однієї прямої, а координатні вісі OY і $O'Y'$ та OZ і $O'Z'$ залишаються паралельними. У цьому випадку релятивістський закон додавання швидкостей має вигляд:

$$v = \frac{v' + V}{1 + \frac{V}{c^2} v'}$$

Слід також зазначити, що в навчально-методичній та навчальній літературі, на жаль, немає загальноприйнятих позначень швидкостей, що вносить певну плутанину в процес фізичних пояснень та методику навчання цієї теми.

Оскільки в ЗЗСО [2-7] на вивчення СТВ навчальними програмами зазвичай відводиться 4-6 годин, то самостійна робота потребує значної кількості часу, високої інтелектуальної напруги учнів та особливої уваги вчителя. Досвід засвідчує, що при самостійному вивченні СТВ в учнів середньої школи виникає чимало труднощів, адже вивчення цього розділу окрім розкриття фізичних основ цієї теорії, вимагає використання складного математичного та категоріально-поняттєвого апарату, розвинутого абстрактно-логічного мислення, сформованості умінь встановлювати змістовно-логічні зв'язки між окремими складовими теорії, здатності формулювати кінематичні наслідки із фундаментальних теоретичних положень.

Саме тому під час організації навчання спеціальної теорії відносності важливим для вчителя є чітке дотримання принципу науковості, системності та наступності при формуванні наукових понять, формулюванні висновків і наслідків релятивістської теорії задля забезпечення цілісної, логічно структурованої фізичної теорії. Адже "Здійснення принципу науковості навчання вимагає озброєння учнів методами наукового пізнання, а не лише повідомлення їм системи готових наукових істин" [8, с. 228].

Приведений аналіз свідчать про неповноту пояснень та певну некоректність формулювань щодо ПЛ та деяких кінематичних наслідків. Уважаємо це неприпустимим для підручників такого рівня, адже суперечить принципу науковості. Тим паче, що детальний фізичний аналіз поширення світла в світловому годиннику дає можливість обґрунтувати релятивістські формули додавання для поперечних складових швидкості [3, с. 208-208].

Зазначимо, до речі, що детальний аналіз та опис методичних підходів щодо вивчення СТВ в ЗЗСО наведено в [4; 10].

Відтак, аналіз змістового компоненту СТВ, запропонованого в деяких підручниках і посібниках для ЗЗСО, свідчить про його неповну відповідність принципу науковості. Зважаючи на універсальність цього принципу, вважаємо слушним побажати авторам діючих та майбутніх підручників з фізики бути більш уважними при висвітленні фундаментальних положень сучасної фізики і, зокрема, спеціальної теорії відносності.

Використана література:

1. *Попков В. А., Коржуев А. В.* Дидактика высшей школы : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательский центр “Академия”, 2004. – 192 с.
2. *Коновал О. А.* Науково-методичний аналіз методів обґрунтування перетворень Лорентца : навч. посіб. / Криворіж. пед. інститут ДВНЗ “КНУ”. – Кривий Ріг : КПІ ДВНЗ “КНУ”, 2014. – 137 с.
3. *Коновал О. А.* Основи спеціальної теорії відносності : навч.-метод. посіб. / Кривор. пед. інститут ДВНЗ “КНУ”. – Кривий Ріг : Вид. Р. А. Козлов, 2014. – 272 с.
4. *Буряк В. І., Коновал О. А., Туркот Т. І.* Методика вивчення спеціальної теорії відносності в середній школі в умовах профільної диференціації навчання : навч.-метод. посіб. / за ред. О. А. Коновала. – Кривий Ріг : КПІ ДВНЗ “КНУ”, 2014. – 285 с.
5. *Засєкіна Т. М., Головка М. В.* Фізика : підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. : профільн. рівень. – Київ : Педагогічна думка, 2010. – 304 с., іл., табл.
6. *Засєкіна Т. М., Засєкін Д. О.* Фізика (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти. – Київ : УОВЦ “Оріон”, 2018. – 304 с. : іл.
7. *Гельфгат І. М.* Фізика (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти. – Харків : Вид-во “Ранок”, 2018. – 272 с. : іл., фот.
8. *Гончаренко С. У.* Український педагогічний словник. – Київ : Либідь, 1997. – 376 с.
9. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теория поля : учеб. пособ. – Москва : Наука, 1973. – 504 с.
10. Критично-конструктивний підхід до вивчення спеціальної теорії відносності в профільних класах закладів загальної середньої освіти : навч.-метод. посіб. / А. О. Соломенко, О. А. Коновал, М. А. Слюсаренко, Т. І. Туркот ; за ред. О. А. Коновала. – Кривий Ріг : КДПУ, 2018. – 150 с.

References:

1. *Popkov V. A., Korzhuev A. V.* Didaktika vysshej shkoly : ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij, 2-e izd., ispr. i dop. – Moskva : Izdatelskij centr “Akademiya”, 2004. – 192 s.
2. *Konoval O. A.* Naukovo-metodychnyi analiz metodiv obgruntuvannia peretvoren Lorentsa : navch. posib. / Kryvorizh. ped. instytut DVNZ “KNU” / O. A. Konovalov. – Kryvyi Rih : KPI DVNZ “KNU”, 2014. – 137 s.
3. *Konoval O. A.* Osnovy spetsialnoi teorii vidnosnosti : navch.-metod. posib. / Kryvor. ped. instytut DVNZ “KNU”. – Kryvyi Rih : Vyd. R. A. Kozlov, 2014. – 272 s.
4. *Buriak V. I., Konoval O. A., Turkot T. I.* Metodyka vyvchennia spetsialnoi teorii vidnosnosti v serednii shkoli v umovakh profilnoi dyferentsiatsii navchannia : navch.-metod. posib. / za red. O. A. Konovala. – Kryvyi Rih : KPI DVNZ “KNU”, 2014. – 285 s.
5. *Zasiekina T. M., Holovko M. V.* Fizyka : pidruch. dlia 10 kl. zahalnoosvit. navch. zakl. : profiln. riven. – Kyiv : Pedahohichna dumka, 2010. – 304 s., il., tabl.
6. *Zasiekina T. M., Zasiekin D. O.* Fizyka (profilnyi riven) : pidruch. dlia 10 kl. zakladiv zahalnoi serednoi osvity. – Kyiv : UOVTS “Orion”, 2018. – 304 s. : il.
7. *Hel'fhat I. M.* Fizyka (profilnyi riven, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom Loktieva V. M.) : pidruch. dlia 10 kl. zakl. zahal. sered. osvity. – Kharkiv : Vyd-vo “Ranok”, 2018. – 272 s. : il., fot.
8. *Honcharenko S. U.* Ukrainskyi pedahohichnyi slovnyk. – Kyiv : Lybid, 1997. – 376 s.
9. *Landau L. D., Lifshic E. M.* Teoriya polya : ucheb. posob. – Moskva : Nauka, 1973. – 504 s.

10. Krytychno-konstruktivnyi pidkhid do vyvchennia spetsialnoi teorii vidnosnosti v profilnykh klasakh zakladiv zahalnoi serednoi osvity : navch.-metod. posib. / A. O. Solomenko, O. A. Konoval, M. A. Sliusarenko, T. I. Turkot ; za red. O. A. Konovala. – Kryvyi Rih : KDPU, 2018. – 150 s.

КОНОВАЛ А. А., СЛЮСАРЕНКО М. А., СОЛОМЕНКО А. А., ТУРКОТ Т. И. Принцип научности при освещении специальной теории относительности в школьных учебниках по физике: критически конструктивный анализ.

Анализируются методические подходы к освещению основных положений специальной теории относительности в современных школьных учебниках физики. Показано, что в некоторых учебниках имеют место физические ошибки, некорректные формулировки и объяснения следствий теории относительности. Указано на необходимости реализации принципа научности при освещении специальной теории относительности в учебниках для средних учебных заведений.

Ключевые слова: самостоятельная работа, принцип научности, субъекты обучения, критическое мышление, специальная теория относительности, методика обучения.

KONOVAL O. A, SLYUSARENKO M. A, SOLOMENKO A. O., TURKOT T. I. The principle of science in covering the special theory of relativity in school textbooks on physics: critical-constructive analysis.

Methodological approaches to covering basic provisions of the special relativity theory in modern physics textbooks are analyzed. It is shown that in some books there are physical errors, incorrect statements and explanations of the consequences of the special relativity theory. The necessity of the implementation of the principle of science in the coverage of the special relativity theory in the textbooks for secondary schools is stressed. In organizing teaching the special relativity theory a strict adherence to the principle of science, consistency and continuity in the formation of scientific concepts, formulation of conclusions and consequences of the relativistic theory to ensure a complete, logically structured physical theory is important for the teacher.

Keywords: independent work, the principle of science, subjects of study, special relativity theory, teaching methodology.

УДК 37.014.54:377

Лебединець Г. М.

ТЕНДЕНЦІЇ РЕТРОСПЕКТИВИ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВОЇ РОБОТИ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

У статті розкриті тенденції розвитку педагогічної освіти і науки у вищих навчальних закладах України у 60-90-х роках ХХ століття. Розкрито визначальність наукової діяльності, зміст і напрями наукових досліджень професорсько-викладацького складу вищих навчальних закладів у контексті суспільно-історичних змін та охарактеризовано її організаційно-педагогічні умови в окреслений дослідженням період. Актуалізовано науково-педагогічні ідеї професорсько-викладацького складу вищих педагогічних навчальних закладів та можливість їх впровадження в освітній процес; особливості інтеграції наукової і педагогічної діяльності.

Ключові слова: тенденції, вища школа, педагогічна наука, впровадження, наукова робота, навчальний процес, система професійної підготовки.