



Юрій Павловський – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри технологічної та професійної освіти, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, м. Дрогобич, Україна.

Коло наукових інтересів: теорія і методика загальнотехнічної підготовки педагогів професійного навчання.

✉ yu_pavlovskyy@dspu.edu.ua

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8194-6820>

Володимир Попович –

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри технологічної та професійної освіти, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, м. Дрогобич, Україна.

Коло наукових інтересів: теорія і методика технологічної підготовки педагогів професійного навчання.

✉ vpopovych@dspu.edu.ua

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7470-6423>



Володимир Михальчишин – магістр кафедри технологічної та професійної освіти, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, м. Дрогобич, Україна.

Коло наукових інтересів: формування професійної адаптації учнів закладів професійно-технічної освіти.

✉ volodymyr.mykhalchyshyn@dspu.edu.ua

УДК 378.011.3–051:62

<https://doi.org/10.32405/2411-1317-2026-2-205-214>

Подано до редакції: 26.03.2026

Прийнято після рецензування: 18.04.2026

Затверджено до друку: 11.05.2026

Опубліковано: 29.05.2026

ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК ДИДАКТИЧНИЙ ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ КОМПЕТЕНЦІЙ У СИСТЕМІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

Анотація. У статті розглянуто роль експерименту як дидактичного засобу формування матеріалознавчих компетентностей у системі технологічної та професійної освіти. Розкрито сутність експериментального методу як інтегративної форми організації навчальної діяльності, що поєднує пізнавальну, практичну й дослідницьку складові. Визначено його основні функції в навчальному процесі, зокрема пізнавальну, розвивальну, мотиваційну та прикладну, а також окреслено методичні особливості впровадження в умовах компетентнісно орієнтованого навчання.

Особливу увагу приділено можливостям інтеграції навчального експерименту з елементами сучасних наукових досліджень у галузі матеріалознавства. На конкретному прикладі експериментального одержання титанових сплавів з ультрадрібнозернистою структурою шляхом інтенсивної пластичної деформації та подальшого дослідження їхніх механічних властивостей методом вимірювання мікротвердості розкрито дидактичний потенціал такого підходу. Описано технологічні особливості формування ультрадрібнозернистої структури, вплив ступеня деформації на зміну мікроструктури матеріалу та відповідні зміни механічних характеристик.

Проаналізовано результати експериментального дослідження, які засвідчують зростання твердості титанових зразків на початкових етапах деформації внаслідок підвищення щільності дислокацій і подрібнення зерен, а також її подальше зниження при збільшенні кількості циклів пресування, що пов'язано з процесами рекристалізації та структурної перебудови матеріалу. Обґрунтовано, що включення подібних досліджень до навчального процесу сприяє формуванню у здобувачів освіти цілісного уявлення про взаємозв'язок між структурою матеріалу та його властивостями.

Ключові слова: експеримент; матеріалознавство; титанові сплави; ультрадрібнозерниста структура; мікротвердість; технологічна освіта; професійна освіта.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції розвитку технологічної та професійної освіти зумовлюють необхідність оновлення змісту і методів навчання матеріалознавства з урахуванням досягнень сучасної науки, техніки та виробництва. Важливим завданням є формування у здобувачів освіти не лише теоретичних знань про властивості матеріалів, а й розуміння фізичних процесів, які відбуваються на мікроструктурному рівні.

Особливого значення набуває ознайомлення із сучасними матеріалами, наприклад, титановими сплавами з ультрадрібнозернистою структурою, які отримують шляхом інтенсивної пластичної деформації та термомеханічної обробки. Такі матеріали характеризуються підвищеними механічними властивостями та широко застосовуються у високотехнологічних галузях.

Традиційні пояснювально-ілюстративні методи навчання не забезпечують належного рівня засвоєння цих складних процесів. У такому контексті експеримент виступає як ефективний дидактичний засіб, що дає змогу інтегрувати елементи наукового дослідження в навчальний процес, забезпечуючи глибше розуміння матеріалу та формування дослідницьких умінь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній педагогічній науці проблема використання експерименту як дидактичного засобу розглядається в контексті компетентнісного, діяльнісного та дослідницького підходів до навчання. Дослідники підкреслюють, що експериментальна діяльність забезпечує перехід від репродуктивного засвоєння знань до їх конструктивного формування через безпосереднє пізнання явищ і процесів (Сліпухіна, 2016; Бутівчак, 2020; Ну, 2025). У системі освіти експеримент трактується як ключовий інструмент інтеграції теоретичних знань і практичної діяльності, як основа STEM-орієнтованого навчання (Zavalevskyi, 2023), а дослідницька креативність має не лише продуктивний, а й аналітико-оцінювальний компонент, що становить основу наукової культури дослідника (Онопченко, 2025).

Останніми десятиліттями значного розвитку набули дослідження в галузі матеріалознавства, пов'язані з формуванням ультрадрібнозернистої (УДЗ) структури в металах і сплавах. Зокрема доведено, що методи інтенсивної пластичної деформації, такі як рівноканальне кутове пресування і кручення під високим тиском, забезпечують істотне подрібнення зерен до субмікронного та нанорівня, що зумовлює суттєве підвищення механічних властивостей матеріалів (Valiev, 2006; Toth, 2014).

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділено вивченню мікротвердості як одного з ключових показників механічних властивостей матеріалів. Зокрема, встановлено, що зі збільшенням ступеня пластичної деформації спостерігається зростання мікротвердості, що пов'язано з фрагментацією зеренної структури та зміцненням за механізмом Холла – Петча (Русакова, 2017). Разом із тим у низці досліджень відзначається нелінійний характер зміни властивостей: після досягнення певного рівня деформації можуть проявлятися процеси рекристалізації та структурної перебудови, що призводить до часткового зниження твердості (Edalati, 2022; Jiang, 2023).

У багатьох наукових роботах також доведено, що формування ультрадрібнозернистої структури суттєво покращує експлуатаційні характеристики матеріалів, зокрема

їхню міцність, втомну довговічність і корозійну стійкість (Sauvage, 2012; Murashkin, 2015; Valiev, 2022). Це відкриває широкі перспективи їхнього застосування у високотехнологічних галузях, таких як авіаційна, медична та енергетична промисловість (Valiev, 2022; Mao, 2022).

Важливим аспектом є також дослідження мікроструктурних механізмів зміцнення, зокрема ролі дислокаційної структури, меж зерен та фазових перетворень. Показано, що під час інтенсивної пластичної деформації відбувається накопичення дефектів кристалічної ґратки, що зумовлює початкове зміцнення матеріалу, тоді як подальші термічні та деформаційні впливи можуть ініціювати процеси відновлення та рекристалізації (Valiev, 2016).

Незважаючи на значний обсяг досліджень у галузі фізичного матеріалознавства, питання їхньої дидактичної інтерпретації та інтеграції у зміст технологічної і професійної освіти залишаються практично не розробленими. Більшість наукових праць зосереджена на фізико-механічних аспектах, тоді як методика використання таких експериментів у навчальному процесі, зокрема для формування цілісних уявлень про взаємозв'язок «технологія – структура – властивості», потребує подальшого обґрунтування.

Таким чином, аналіз наукових джерел свідчить про наявність значного потенціалу використання результатів сучасних матеріалознавчих досліджень у процесі навчання. Це зумовлює необхідність розроблення методичних підходів до інтеграції таких експериментів у систему технологічної та професійної освіти як ефективного засобу формування науково обґрунтованих знань.

Метою дослідження є обґрунтування експерименту як дидактичного засобу формування знань із матеріалознавства у системі технологічної та професійної освіти, а також висвітлення можливостей інтеграції елементів сучасних наукових досліджень в навчальний процес здобувачів технологічної та професійної освіти.

Методи дослідження. У роботі використано теоретичні, емпіричні та експериментальні методи дослідження. Теоретичні методи (аналіз, синтез, узагальнення наукової літератури) застосовано для обґрунтування ролі експерименту у формуванні матеріалознавчих компетентностей. Емпіричні методи включали педагогічне спостереження та аналіз результатів навчальної діяльності здобувачів освіти. Експериментальні методи передбачали одержання титанових зразків з ультрадрібнозернистою структурою методом інтенсивної пластичної деформації та визначення їх мікротвердості за Віккерсом. Для обробки результатів використано методи кількісного і якісного аналізу експериментальних даних.

Результати та обговорення. Експеримент у педагогічному контексті розглядається як метод і форма організації навчальної діяльності, що передбачає активну взаємодію здобувачів освіти з об'єктами дослідження з метою здобуття нових знань або перевірки теоретичних положень. У процесі вивчення матеріалознавства експеримент виконує низку функцій:

- пізнавальну – забезпечує засвоєння знань через безпосереднє дослідження властивостей матеріалів;
 - розвивальну – сприяє формуванню логічного мислення, аналітичних умінь і дослідницьких навичок;
 - мотиваційну – підвищує інтерес до навчання через практичну спрямованість діяльності;
 - прикладну – формує готовність до використання знань у професійній діяльності.
- Експериментальний підхід дає змогу перейти від пасивного засвоєння інформації до активного конструювання знань, що відповідає сучасним освітнім тенденціям.

Організація експериментальної діяльності в навчанні матеріалознавства має враховувати такі методичні аспекти:

- цілеспрямованість – експеримент повинен бути пов'язаний із конкретною навчальною метою та очікуваними результатами;

- доступність і безпечність – добір обладнання та матеріалів має відповідати віковим особливостям здобувачів освіти та умовам навчального середовища;
- проблемність – експериментальні завдання доцільно формулювати у вигляді проблемних ситуацій, що стимулюють пошукову діяльність;
- рефлексивність – обов'язковим є аналіз результатів експерименту, формулювання висновків та їх співставлення з теоретичними положеннями.

У практиці технологічної та професійної освіти можуть бути використані різні типи експериментів, наприклад, «Дослідження механічних властивостей матеріалів» (визначення твердості деревини або металів); «Вивчення теплопровідності матеріалів», де студенти можуть порівнювати швидкість нагрівання різних матеріалів (метал, пластик, скло) за однакових умов; «Дослідження корозійної стійкості металів», де здобувачі спостерігають за змінами зразків металів у різних середовищах (волога, сольовий розчин); «Аналіз властивостей полімерних матеріалів» (визначення гнучкості, пружності та термостійкості різних видів пластмас) тощо. Такі експерименти можуть виконуватись як фронтально, так і в групах або у формі проектної діяльності, що сприяє розвитку комунікативних та організаційних компетентностей.

Нами реалізовано проведення експериментального дослідження на тему «Одержання титанових сплавів з ультрадрібнозернистою структурою та дослідження їхніх механічних властивостей» за участю здобувачів технологічної та професійної освіти. Дослідження проводилося в контексті опанування освітніх компонент «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів» та «Різання матеріалів, верстати та інструменти» у період проходження студентами технологічної практики на базі ПП «Компанія МІОС».

Для одержання експериментальних зразків використано пластину титану VT1-00 товщиною 20 мм. Досягнення дрібнозернистої структури забезпечувалося методом рівновісного пресування на пресі ПБ6330 зусиллям 100 т.

З пластини титану за допомогою стрічкової пили з водяним охолодженням було вирізано дослідні зразки у вигляді прямокутних паралелепіпедів розмірами 20×20×40 мм³. Отримані зразки вміщувалися під прес (рис. 1), розігрівалися за допомогою газової горілки до температури 400–450 °С і піддавалися пресуванню у трьох взаємно перпендикулярних напрямках до ступеня деформації приблизно 25%.

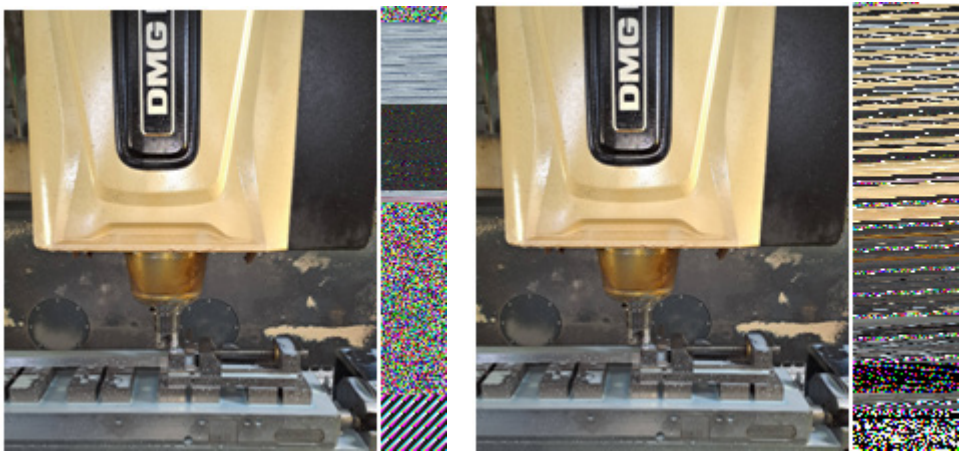


Рис. 1. Зразок VT1-00 під пресом: а) до пресування; б) після пресування

Після трьохстороннього пресування опуклості поверхонь зразків (рис. 1, б) знімалися на вертикально-фрезерному верстаті 6P13, далі знову вміщувалися під прес, розігрівалися і пресувалися по трьох сторонах.

Описаним методом було підготовлено заготовки з різною кількістю циклів пресування: 2, 4, 6, 8 та 12. Далі з них вирізалися зразки завтовшки 4-5 мм (рис. 2) та проводилися попередня обробка поверхні на фрезерувальному верстаті 6P13 і чистова обробка на верстаті з числовим програмованим управлінням (ЧПУ) DMG MORI-1100 (рис. 3).



Рис. 2. Вирізаний зразок



Рис. 3. Обробка поверхні зразків на ЧПУ DMG MORI-1100

На наступному етапі поверхня зразків шліфувалася на плоскошліфувальному верстаті 3Д722 і доводилася ручним шліфуванням на шліфувальному наждачному папері із зернистістю 1000, 1500 та 2000, періодично змінюючи напрям шліфування. На завершальному етапі здійснювалося полірування зразків на полірувальному крузі з натуральної повсті з додаванням автомобільної полірувальної пасти K2, яка надає ефект хіміко-механічного полірування, та промивання технічним спиртом і дистильованою водою. На рис. 4 представлено загальний вигляд одержаних зразків.



Рис. 4. Вигляд поверхні зразків після фінального полірування

Визначення твердості зразків проводилося на універсальному твердомірі NOVOTEST T (рис. 5), який має можливість вимірювати твердість за різними шкалами, зокрема за Віккерсом. На поверхні кожного зразка проводилося 15-20 вимірів та визначалося середнє значення.



Рис. 5. Вимірювання твердості на ультразвуковому твердомірі NOVOTEST T

На рис. 6 наведено графік залежності твердості за Віккерсом від ступеня деформації (числа циклів) досліджуваних зразків. Як бачимо, із зростанням числа циклів деформації до чотирьох твердість різко зростає, а далі зменшується.

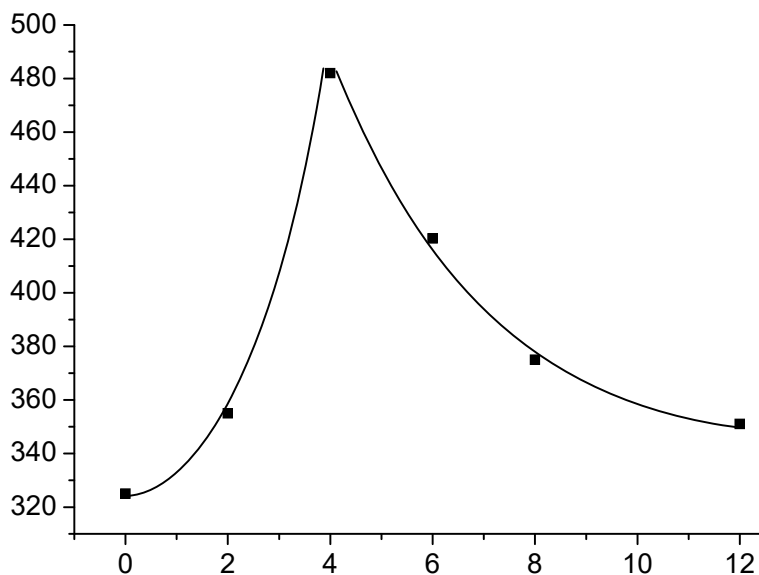


Рис. 6. Залежність твердості зразків титану від ступеня їхньої деформації

На нашу думку, виявлена немонотонна зміна твердості зумовлена еволюцією мікроструктури матеріалу, зокрема формуванням ультрадрібнозернистого стану. Як відомо, за умов інтенсивної пластичної деформації відбувається поступове подрібнення структурних елементів до деякого граничного розміру, що супроводжується зростанням кутів розорієнтування між фрагментами кристалічної ґратки (Polyakov, 2021; Zhrebtsov, 2005).

Механізм зміни твердості на різних етапах деформування може бути інтерпретований таким чином. На початкових стадіях процесу, відповідно до результатів роботи (Miller, 1999), відбувається інтенсивне накопичення дислокацій, що зумовлює дислокаційне зміцнення матеріалу. Зі збільшенням ступеня деформації активізуються процеси формування субзеренної структури та динамічної рекристалізації, що, у свою чергу, призводить до часткового зниження твердості внаслідок релаксації внутрішніх напружень і перерозподілу дефектів кристалічної будови.

На завершення варто зазначити, що важливим результатом упровадження експериментального підходу в навчальний процес стало зростання зацікавленості здобувачів освіти у вивченні матеріалознавства. Безпосередня участь у проведенні дослідження, спостереження за роботою з реальним технологічним обладнанням, виявлення змін властивостей матеріалу залежно від умов обробки та логічне обґрунтування одержаних результатів, спираючись на відомі теоретичні моделі, сприяли підвищенню пізнавальної активності студентів. Експериментальна діяльність викликала стійку навчальну мотивацію, оскільки дала змогу усвідомити практичну значущість теоретичних знань і їхній зв'язок із майбутньою професійною діяльністю. Як наслідок, було відзначено покращання якості засвоєння навчального матеріалу, зростання рівня навчальних досягнень і більш усвідомлене ставлення здобувачів освіти до процесу навчання.

Висновки та перспективи подальших розвідок. У результаті проведеного дослідження теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено доцільність використання експерименту як ефективного дидактичного засобу формування матеріалознавчих компетентностей здобувачів технологічної та професійної освіти. Доведено, що залучення студентів до виконання експериментальних досліджень, наближених до сучасних науково-виробничих практик, забезпечує глибше розуміння взаємозв'язку між структурою матеріалу, технологією його обробки та експлуатаційними властивостями.

Перспективи подальших досліджень вбачаються в розробленні цілісної методичної системи використання експерименту в навчанні матеріалознавства з урахуванням рівнів освіти та професійної спрямованості підготовки здобувачів. Доцільним є також розширення спектра навчальних експериментів за рахунок включення досліджень інших класів матеріалів (полімерів, композитів, функціональних матеріалів), а також використання цифрових технологій, зокрема віртуальних лабораторій та комп'ютерного моделювання мікроструктурних процесів.

Використані джерела

- Бутівчак, М. Ю. (2020). *Методика викладання предмета «Матеріалознавство» у закладах професійно-технічної освіти*. Херсон: ХДУ. <https://ekhsuir.kspu.edu/handle/123456789/11391>
- Онопченко, О. В. (2025). Дослідницька креативність у STEM/STEAM: потенціал VR/AR-технологій та методичні виклики. У *Інноваційні практики наукової освіти* (матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції) (с. 606-614). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України. <https://doi.org/10.63437/978-617-7734-48-1-2025-1056>
- Русакова, Г. В. (2017). *Низькотемпературні мікромеханічні властивості нових ультрадрібнозернистих і наноструктурних матеріалів* (Дисертація кандидата фізико-математичних наук).
- Сліпучіна, І. А. (2016). Сучасний фізичний експеримент у дидактиці STEM орієнтованого навчання. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*, (22), 224-228. <https://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/95527>
- Edalati, K. et al. (2022). Nanomaterials by severe plastic deformation: review of historical developments and recent advances. *Materials Research Letters*, 10 (4), 163-256. <https://doi.org/10.1080/21663831.2022.2029779>

- Jiang, B., Men, D., Emura, S., & Tsuchiya, K. (2023). Microstructural response and mechanical properties of α -precipitated Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr alloy processed by high-pressure torsion. *Journal of Materials Research and Technology*, (23), 564-576. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.047>
- Mao, Q., Liu, Ya., & Zhao, Yo. (2022) A review on mechanical properties and microstructure of ultrafine grained metals and alloys processed by rotary swaging. *Journal of Alloys and Compounds*, (896), 163122. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.163122>
- Miller, R. M., Bieler, T. R., & Semiatin, S. L. (1999). Flow softening during hot working of Ti-6Al-4V with a lamellar colony microstructure. *Scripta Materialia*, 40 (12), 1387-1393. [https://doi.org/10.1016/S1359-6462\(99\)00061-5](https://doi.org/10.1016/S1359-6462(99)00061-5)
- Murashkin, M. Yu. et. al. (2015). Fatigue Behavior of an Ultrafine-Grained Al-Mg-Si Alloy Processed by High-Pressure Torsion. *Metals*, 5 (2), 578-590. <https://doi.org/10.3390/met5020578>
- Polyakov, A. V., Raab, G. I., Semenova, I. P., & Valiev, R. Z. (2021). Mechanical properties of UFG titanium: Notched fatigue and impact toughness. *Materials Letters*, 302 (1), 130366. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.130366>
- Sauvage, X. et al. (2012). Microstructure and mechanical behaviour of nanostructured materials. *Materials Science and Engineering: A*, 540, 1-12.
- Toth, L. S., & Gu, C. (2014) Producing bulk ultrafine-grained materials by severe plastic deformation. *Materials Characterization*, (92), 1-14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-006-0213-7>
- Valiev, R. Z. et al. (2016). Producing Bulk Ultrafine-Grained Materials by Severe Plastic Deformation: Ten Years Later. *Journal metrics*, (68), 1216-1226. <https://doi.org/10.1007/s11837-016-1820-6>
- Valiev, R. Z., & Langdon, T. G. (2006). Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement. *Progress in Materials Science*, 51 (7), 881-981. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2006.02.003>
- Valiev, R. Z., Usmanov, E. I., & Rezyapova, L. R. (2022). The Superstrength of Nanostructured Metallic Materials. *Physics of Metals and Metallography*, 123, 1272-1278. <https://doi.org/10.1134/S0031918X22601627>
- Yali, Hu, Tingbin, Li, Yishuo, Liu (2025). Research on Teaching Reform of Basic Experiment Course of Material Science. *Curriculum and Teaching Methodology*, 8 (5), 117-122. <https://doi.org/10.23977/curtm.2025.080516>
- Zavalevskiy, Y. et al. (2023). Project based STEM activities as an effective educational technology in the context of blended learning. *Amazonia Investiga*, 12 (67), 152-161. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.67.07.14>
- Zherebtsov, S., Salishchev, G., Galeyev, R., & Maekawa, K. (2005). Mechanical properties of Ti-6Al-4V titanium alloy with submicrocrystalline structure. *Materials Transactions*, (46), 2020-2025. <https://doi.org/10.2320/matertrans.46.2020>

References

- Butivchak, M. Yu. (2020). *Metodyka vykladannia predmeta «Materialoznavstvo» u zakladakh profesiino-tekhnicnoi osvity*. Kherson: KhDU. <https://ekhsuir.kspu.edu/handle/123456789/11391> (in Ukrainian).
- Onopchenko, O. V. (2025). Doslidnytska kreatyvnist u STEM/STEAM: potencial VR/AR-tekhnologii ta metodychni vyklyky. In *Innovatsiini praktyky naukovoї osvity (materialy V Vseukrainskoi nauково-praktychnoi konferentsii)* (с. 606-614). Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy. <https://doi.org/10.63437/978-617-7734-48-1-2025-1056> (in Ukrainian).
- Rusakova, H. V. (2017). *Nyzkotemperaturni mikromekhanichni vlastyvoli novykh ultradrabnozernistykh i nanostrukturnykh materialiv* (Dysertatsiia kandydata fizyko-matematychnykh nauk) (in Ukrainian).

- Slipukhina, I. A. (2016). Suchasnyi fizychnyi eksperyment u dydaktytsi STEM oriyentovanoho navchannia. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka*, (22), 224-228. <https://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/95527> (in Ukrainian).
- Edalati, K. et al. (2022). Nanomaterials by severe plastic deformation: review of historical developments and recent advances. *Materials Research Letters*, 10 (4), 163-256. <https://doi.org/10.1080/21663831.2022.2029779> (in English).
- Jiang, B., Men, D., Emura, S., & Tsuchiya, K. (2023). Microstructural response and mechanical properties of α -precipitated Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr alloy processed by high-pressure torsion. *Journal of Materials Research and Technology*, (23), 564-576. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.047> (in English).
- Mao, Q., Liu, Ya., & Zhao, Yo. (2022) A review on mechanical properties and microstructure of ultrafine grained metals and alloys processed by rotary swaging. *Journal of Alloys and Compounds*, (896), 163122. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.163122> (in English).
- Miller, R. M., Bieler, T. R., & Semiatin, S. L. (1999). Flow softening during hot working of Ti-6Al-4V with a lamellar colony microstructure. *Scripta Materialia*, 40 (12), 1387-1393. [https://doi.org/10.1016/S1359-6462\(99\)00061-5](https://doi.org/10.1016/S1359-6462(99)00061-5) (in English).
- Murashkin, M. Yu. et. al. (2015). Fatigue Behavior of an Ultrafine-Grained Al-Mg-Si Alloy Processed by High-Pressure Torsion. *Metals*, 5 (2), 578-590. <https://doi.org/10.3390/met5020578> (in English).
- Polyakov, A. V., Raab, G. I., Semenova, I. P., & Valiev, R. Z. (2021). Mechanical properties of UFG titanium: Notched fatigue and impact toughness. *Materials Letters*, 302 (1), 130366. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.130366> (in English).
- Sauvage, X. et al. (2012). Microstructure and mechanical behaviour of nanostructured materials. *Materials Science and Engineering: A*, 540, 1-12 (in English).
- Toth, L. S., & Gu, C. (2014) Producing bulk ultrafine-grained materials by severe plastic deformation. *Materials Characterization*, (92), 1-14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-006-0213-7> (in English).
- Valiev, R. Z. et al. (2016). Producing Bulk Ultrafine-Grained Materials by Severe Plastic Deformation: Ten Years Later. *Journal metrics*, (68), 1216-1226. <https://doi.org/10.1007/s11837-016-1820-6> (in English).
- Valiev, R. Z., & Langdon, T. G. (2006). Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement. *Progress in Materials Science*, 51 (7), 881-981. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2006.02.003> (in English).
- Valiev, R. Z., Usmanov, E. I., & Rezyapova, L. R. (2022). The Superstrength of Nanostructured Metallic Materials. *Physics of Metals and Metallography*, 123, 1272-1278. <https://doi.org/10.1134/S0031918X22601627> (in English).
- Yali, Hu, Tingbin, Li, Yishuo, Liu (2025). Research on Teaching Reform of Basic Experiment Course of Material Science. *Curriculum and Teaching Methodology*, 8 (5), 117-122. <https://doi.org/10.23977/curtm.2025.080516> (in English).
- Zavalevskiy, Y. et al. (2023). Project based STEM activities as an effective educational technology in the context of blended learning. *Amazonia Investiga*, 12 (67), 152-161. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.67.07.14> (in English).
- Zherebtsov, S., Salishchev, G., Galeyev, R., & Maekawa, K. (2005). Mechanical properties of Ti-6Al-4V titanium alloy with submicrocrystalline structure. *Materials Transactions*, (46), 2020-2025. <https://doi.org/10.2320/matertrans.46.2020> (in English).

Yuriy Pavlovskyy, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Technological and Vocational Education, Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine.

Research interests: theory and methods of general technical training of vocational teachers.

Volodymyr Popovych, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Technological and Vocational Education, Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine.

Research interests: theory and methods of technological theory and methodology of technological training of vocational teachers.

Volodymyr Mykhalchyshyn, Master of Science, Department of Technological and Vocational Education, Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine.

Research interests: formation of professional adaptation of students of vocational education institutions.

EXPERIMENT AS A DIDACTIC MEANS OF FORMING MATERIAL SCIENCE COMPETENCES IN THE SYSTEM OF TECHNOLOGICAL AND VOCATIONAL EDUCATION

Abstract. The article provides a theoretical and methodological justification of the experiment as an effective didactic means of forming knowledge in materials science in the system of technological and vocational education. The essence of the experimental method as an integrative form of organizing educational activity, combining cognitive, practical and research components, is revealed. Its main functions in the educational process are determined, in particular cognitive, developmental, motivational and applied, and the methodological features of implementation in the conditions of competency-based learning are outlined. Particular attention is paid to the possibilities of integrating the educational experiment with elements of modern scientific research in the field of materials science. The didactic potential of this approach is revealed on the specific example of experimental production of titanium alloys with an ultrafine-grained structure by intensive plastic deformation and subsequent study of their mechanical properties by microhardness measurement. The technological features of the formation of an ultrafine-grained structure are described, the influence of the degree of deformation on the change in the microstructure of the material and the corresponding changes in mechanical characteristics. The results of the experimental study are analyzed, which indicate an increase in the hardness of titanium samples at the initial stages of deformation due to an increase in the density of dislocations and grain crushing, as well as its further decrease with an increase in the number of pressing cycles, which is associated with the processes of recrystallization and structural reorganization of the material. It is substantiated that the inclusion of such studies in the educational process contributes to the formation of a holistic idea of the relationship between the structure of the material and its properties in students.

Keywords: experiment; materials science; titanium alloys; ultrafine grain structure; microhardness; technological education; professional education.