

УДК [53.54-126]:378.147

**М.І. Садовий***Кіровоградський державний педагогічний університет  
імені Володимира Винниченка***МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ МІКРОСКОПІВ У ДОСЛІДЖЕННІ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*В статті акцентована увага на формуванні у майбутніх учителів технологій експериментаторської компетентності. Відображено методику навчання студентів спеціальності «8.01010301 Технологічна освіта» проводити вимірювання під час опанування дисципліною «Практикум з матеріалознавства» у педагогічному вищому навчальному закладі. Оскільки основа практикуму з матеріалознавства полягає у вивченні методики використання мікроскопів різних типів для дослідження структури та будови сучасних конструкційних матеріалів, то основна увага приділена саме використанню цих приладів та їх будові. Запропонований у статті підхід до виконання однієї з перших лабораторних робіт практикуму з матеріалознавства при підготовці фахівців спеціальності: «8.01010301 Технологічна освіта» сприятиме більш свідомому виконанню ними наступних лабораторних робіт та у підсумку забезпечить формування експериментаторської компетентності.*

***Ключові слова:** технологічна освіта, практикум з матеріалознавства, експериментаторські компетентності, мікроскоп, методика проведення вимірювань.*

**Постановка проблеми.** Формування у майбутніх учителів технологій експериментаторської компетентності відіграє одну з провідних ролей, адже професійна діяльність цих фахівців нерозривно пов'язана з практичною та творчою діяльністю. При цьому невід'ємною складовою зазначеної компетентності є вміння і навички проводити різноманітні вимірювання. Розв'язати окреслену проблему покликаний практикум з матеріалознавства, який передбачений навчальним планом підготовки фахівців спеціальності «8.01010301 Технологічна освіта» педагогічних вищих навчальних закладів.

**Аналіз останніх досліджень.** Вдосконалення фахової підготовки вчителів технологій займалися Н. Вовк, О. Гур'янова, О. Коберник, Н. Манойленко, В. Сидоренко, В. Соловей, В. Стешенко, О.М. Трифонова, Л. Хаєт, О. Щирбул, Г. Терещук [1], [3], [5] та ін. При цьому не було приділено належної уваги процесу формування вмінь і навичок проводити різноманітні вимірювання при підготовці фахівців спеціальності «8.01010301 Технологічна освіта» у педагогічних університетах.

**Мета статті** полягає у відображенні методики навчання студентів спеціальності «8.01010301 Технологічна освіта» проводити вимірювання під час опанування дисципліною «Практикум з матеріалознавства».

**Методи дослідження:** теоретичні (аналіз психолого-педагогічної, науково-методичної літератури), емпіричні (проведення дослідницьких лабораторних робіт та експериментальних вправ з матеріалознавства).

**Виклад основного матеріалу.** Основа практикуму з матеріалознавства полягає у вивченні методики використання мікроскопів різних типів для дослідження структури та будови сучасних конструкційних матеріалів. На першому занятті приділено особливу

увагу вивченню будови і використання мікроскопів не взагалі, а кожної моделі за призначенням.

Перед вивченням мікроскопів ми пропонуємо розглянути загальні питання збільшення будь-яких предметів та ознайомити студентів з різними видами мікроскопів [4]. Однією з основних характеристик пристроїв збільшення є їх роздільна здатність: спроможність розрізняти дрібні деталі; мінімальна відстань між послідовними частинками, досліджуваного об'єкту; мінімальна віддаль між двома окремими штрихами, при яких вони сприймаються, як окремі штрихи, а не зливаються до купи.

Око людини у своєму складі має унікальну лінзу, яка дає можливість розрізняти досить малі елементи досліджуваного об'єкта. Така властивість сприймати невеличкі точки чи лінії називається роздільною здатністю. За звичайних умов та відстані найкращого бачення у 0,25 м роздільна здатність ока складає 0,08 мм. У значній кількості людей вона рівна 0,20 мм. Розміри кристалів, мікроструктура металів та сплавів значно менші за роздільну здатність очей людини. Це відноситься і до мікроорганізмів, комах, клітин тощо. Дослідження малих структур сприяло виникненню мікроскопів, які забезпечують роздільну здатність до 0,20 мкм.

Мікроскоп – прилад, який складається з системи лінз і призначений для збільшення зображень, невидимих для ока людини, рис. 1. Крім спостережень мікроскоп використовується для вимірювання розмірів об'єктів, деталей, перерізів тощо.

Самі ранні відомості про мікроскопи відносяться до І. Ліппергея і З. Янсена (1590) із м. Мідделбург (Голландія), які займалися виготовленням окулярів. Вони помітили, що за допомогою комбінацій з лінзами можна збільшити роздільну здатність ока. Дещо пізніше (1624) Г. Галілей виготовив свою конструкцію мікроскопу. Сам термін «мікроскоп» ввів Д. Фабер у 1625 р.

У 1665 році Р. Гук оперуючи збільшувальними лінзами мікроскопу відкрив мікроорганізми. Подія стала відправною точкою, що дало можливість усвідомити таємницю всього живого. Голландський торговець А. ван Левенгук ознайомився із мікроскопом Гука і власноручно зробив власний мікроскоп. Між двох латунних пластинок він помістив маленький кусочок скла, що виконував роль лінзи. У 1675 р. А. ван Левенгук таким мікроскопом досліджував краплини води. В результаті помітив, що світ повний живих істот.

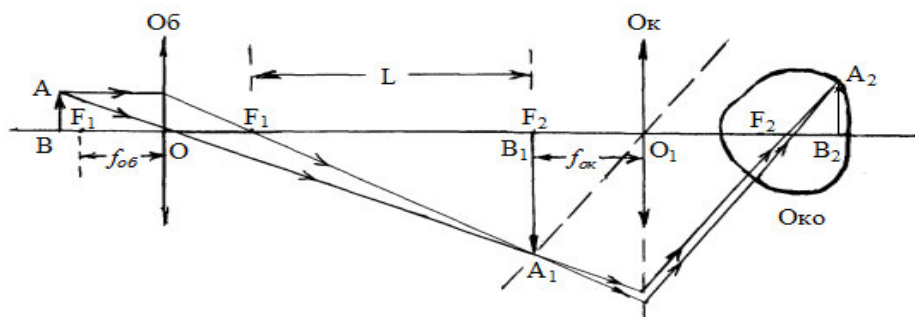


Рис. 1. Загальна оптична схема мікроскопа,

де  $Oб$  – об'єктив,  $Ок$  – окуляр,  $AB$  – об'єкт дослідження,  $A_1B_1$  – зображення об'єкту в об'єктиві,  $A_2B_2$  – зображення об'єкту мікроскопа в оці дослідника,  $F_1$  – фокус об'єктива,  $F_2$  – фокус окуляра,  $f_1$  – фокусна відстань об'єктива,  $f_2$  – фокусна відстань окуляра,  $O$  – оптичний центр об'єктива,  $O_1$  – оптичний центр окуляра,  $L$  – відстань між фокусами.

Мікроскоп – оптична система, яка складається із об’єктива та окуляра. Між ними є труба, яка називається тубусом. Лінза об’єктива має малу фокусну відстань, дає велике, уявне, обернене, збільшене зображення і знаходиться близько до предметного столика, на якому поміщено об’єкт дослідження. Далі окуляр перевертає і ще раз збільшує це зображення.

Нині мікроскопи класифікуються за призначенням:

- оптичні діляться на ближньополий, конфокальний, двофотонний лазерний з роздільною здатністю до 150 нм. Розрахункова роздільна здатність не перевищує півперіоду хвилі початкового випромінювання. Тому такий мікроскоп має обмеження у можливості відрізнити структури з відстанню між точками 0,20 мкм, а максимальне збільшення давати до 2000 крат. Люминесцентний мікроскоп працює в діапазоні ультрафіолетових променів довжиною хвиль 200-400 нм [6];

- електронні працюють на просвіт і роз’єднаний. Довжина електронної хвилі визначається енергією електрона, а остання різницею потенціалів  $E = e\Delta\phi$ . При  $\Delta\phi = 200000$  В довжина хвилі складає 0,1 нм. Електронне зображення за допомогою монітора можна перевести на видиме;

- скануючий мікроскоп, рис. 2, призначений для зондової мікроскопії: атомно-силової мікроскопії, тунельної мікроскопії, електростатичної мікроскопії, магнітної мікроскопії та літографії. Сутність дії такого мікроскопа ґрунтується на реєстрації взаємодії між зондом і досліджуваною поверхнею: атомами, молекулами, і тому вони за роздільною здатністю майже не уступають електронним;



Рис. 2. Скануючий мікроскоп

- рентгенівські мікроскопи є відбивальні, проєкційні, лазерні. Рентгенівські дозволяють досліджувати малі об’єкти розмірами сумісними з довжиною рентгенівської хвилі від 0,01 нм до 1 нм. Принцип дії полягає у використанні електромагнітного випромінювання довжиною хвилі 0,01-1 нм. Їх роздільна здатність складає 2-20 нм і лежить між оптичними та електронними мікроскопами;

- диференціальний інтерференційно-контрастний мікроскоп свою дію ґрунтує на інтерференції поляризованого світла.

В ньому поляризований промінь розділяється на два. Кожен з них проходить через досліджуваний зразок різними оптичними шляхами. Оптичний хід у них різний, тому коли вони сходяться, то інтерферують і дають об’ємно-рельєфне зображення оптичної густини зразка. За зображенням ліній та граней можна судити про структуру об’єкту.

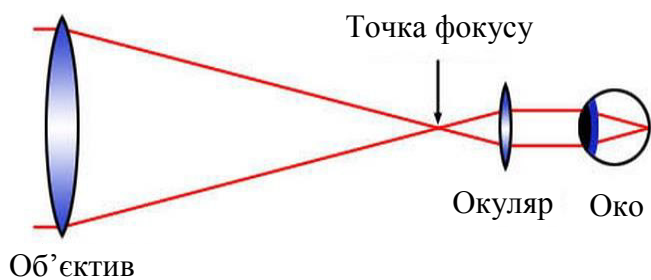


Рис. 3. Оптична схема ходу променів через об’єктив та окуляр

Зображення не є голограмою.

У роботі практикуму з навчального предмету сучасні конструкційні матеріали спеціальності «8.01010301 Технологічна освіта» педагогічних університетів використовуються оптичні мікроскопи для спостереження достатньо великого збільшення зображень досліджуваних об'єктів та їх структури. Відстань найкращого бачення людського ока складає 0,25 м. При цьому роздільна здатність складає 0,08 мм. У більшості студентів вона рівна близько 0,20 мм. Розміри дрібних кристалів, деталей мікроструктури металів та сплавів значно менше цієї величини. Згідно оптичних законів найпростіший мікроскоп має дві лінзи: об'єктив та окуляр, які з'єднані трубою, рис. 3. Лінза об'єктива має малу фокусну відстань і забезпечує велике обернене дійсне збільшене зображення. Окуляр також дає збільшене обернене зображення. Сучасні мікроскопи мають складні оптичні системи як об'єктиву, так і окуляру. Основну роль в системі освітлення відіграє конденсор.

Зображення розглядається оком спостерігача, в окулярі (виконує роль лупи). Окуляр в свою чергу ще раз збільшує проміжне зображення, але не підвищує роздільну здатність. Числове значення збільшення окуляра та об'єктива вказується на його оправі, рис. 4 та рис. 5. Тоді загальне збільшення буде рівне добутку збільшень об'єктива та окуляра. У найпростішому випадку має місце система двох короткофокусних лінз: окуляра та об'єктива. Збільшувальний об'єкт поміщається перед об'єктивом на близькій до фокусної відстані. Дія окуляра подібна до дії лупи. Окуляр дає збільшене уявне обернене зображення об'єкта.



Рис. 4. Окуляр



Рис. 5. Об'єктиви

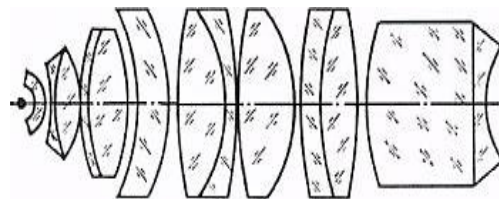


Рис. 6. Загальна схема об'єктива мікроскопа

У сучасних мікроскопах об'єктив є складною оптичною системою, яка включає фронтальну лінзу, що формує зображення об'єкту дослідження, визначає його числову апертуру і робочу його відстань, рис. 6.

Інші лінзи об'єктиву, кількість яких досягає 14, забезпечують необхідне збільшення об'єкту, фокусну відстань, якість та висоту зображення, довжину тубуса. Велика кількість різної конфігурації лінз покликана врахувати хроматичну та сферичну аберацію, астигматизм, викривлення поверхні. Об'єктиви розраховані на роботу в діапазоні довжин хвиль 486-656 нм.

На корпусі об'єктива позначені метод дослідження об'єкту, розрахункова якість його зображення, технологічні ознаки, контрастування для застосування, кінцева довжина тубуса 160 мм чи нескінченність  $\infty$ , покривне скло 0,17 мм. Об'єктиви мають ступінь збільшення: для малих збільшень – до 10x, середніх – до 50x, великих – більше 50x і більше 100x – надвелике. Можливі випадки використання ірисової діафрагми, яка

позначається I, Iris або W/Iris. Існують спеціальні об'єктиви для спеціальних методів дослідження та корекції аберації, де збільшене число апертури.

Числова апертура об'єктива відображає роздільну здатність мікроскопа – мінімальну відстань, на якій мікрооптична система може розрізнити дві точки об'єкта. Вона визначається співвідношенням  $n \cdot \sin\alpha$ , де  $n$  – показник заломлення середовища між фронтальною лінзою та об'єктом дослідження,  $\lambda$  – довжина хвилі світла джерела світла;  $\alpha$  – кутова апертура, рівна половині кута, що утворюють світлові промені, які входять в об'єктив.

Величину  $n \cdot \sin\alpha$  називають *числовою апертурою об'єктива*, яка вказується на оправі. Розрізняють об'єктиви з малою апертурою 0,25, рис. 8, середньою – 0,65, великою – більше 0,65. Роздільна здатність об'єктиву має свої межі. Тому вводять значення граничного, або корисного збільшення мікроскопу  $N_d = \delta_{ока} / \delta_{мікроскопу}$ , як відношення границі роздільної здатності ока до границі роздільної здатності мікроскопа. Для білого світла довжиною хвилі 589 нм око має граничну розподільну здатність порядку 200 мкм. Аббе розрахував межі доцільного збільшення мікроскопу через числову аберацию об'єктива. Вони визначається співвідношенням:  $1000n \cdot \sin\alpha \geq N_d \geq 500n \cdot \sin\alpha$ .

Тубус сучасного мікроскопа складається з труби, яка насичена системою лінз, дзеркал, світлофільтрів, які забезпечують передачу світлового зображення від об'єктива до окуляра. Роздільну здатність мікроскопа з урахуванням довжини хвилі визначають з співвідношення  $\mu = \frac{\lambda}{2n \cdot \sin\alpha}$ .

У практикумі з матеріалознавства для студентів спеціальності «8.01010301 Технологічна освіта» макро- та мікроаналіз металів, їх сплавів, зокрема мідних сплавів, здійснюється за допомогою досить поширених і надійних мікроскопів типу МИМ-7, МИМ-8, МБС-10, LCD Місго та ін. Мікроскоп МИМ-7 порівняно простий у використанні вертикального типу застосовується для контролю мікроструктури досліджуваних зразків. Він дає змогу вивчати мікроструктуру візуально у відбитому світлі при збільшенні від 60x до 2000x та фотографувати її.

Загальний вигляд цього мікроскопа подано на рис. 7, а принципова схема на рис. 8. На основі мікроскопу встановлено корпус 2, предметний столик з мікрофлішем 3, візуальний тубус 4. Джерело світла 1 знаходиться з протилежної від окуляра частині мікроскопа. Гвинтами 5 предметний столик можна переміщати горизонтально у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Це забезпечує спостереження різних ділянок поверхні мікрофлеша. Макрометричний гвинт 6 забезпечує переміщення мікрофлешу вертикально (груба наводка) та мікрометричним гвинтом 7 (точне фокусування). Оптична система мікроскопа складається з лінз та дзеркал, які вмонтовані у корпусі мікроскопа. Вона, разом із об'єктивом 8 та окуляром 9 забезпечує відповідний напрямок променів для візуального спостереження або фотографування фотокамерою 10.

До мікроскопу додається набір змінних об'єктивів та окулярів з різною роздільною здатністю та збільшенням, рис. 9.

Освітлювач вмикається в мережу змінного струму через трансформатор з перемикачем (для регулювання розжарювання лампи), рис. 7.



До нижньої частини корпусу перед освітлювачем прикріплено диск з комплектом світлофільтрів. Коли здійснюється візуальне спостереження об'єкта дослідження, то тубус виводиться до краю. У випадку фотографування він повністю виведеться. Верхня частина корпусу має ілюмінатор, у верхній отвір якого встановлюється об'єктив 9 та рухомий мікрофлеш з предметним столиком 3, в отвір якого вставляються досліджувані об'єкти.

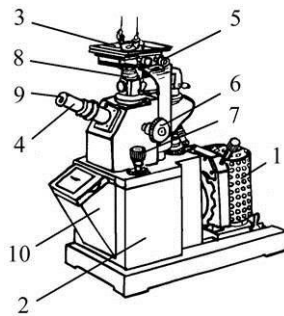


Рис. 7. Мікроскоп МИМ-7    Рис. 8. Схема мікроскопа МИМ-7    Рис. 9. Набір змінних приладів

Максимальна роздільна здатність мікроскопа, коли використано імерсійний об'єктив обчислюється за формулою 
$$\mu = \frac{\lambda}{2n \cdot \sin \alpha} = 0,55/2 \times 1,55 \times 0,95 = 0,2 \text{ нм.}$$
 З практики проведення практикуму встановлено, що роздільна здатність очей студентів в середньому складає 3 мм (300 нм), то можна обчислити максимально корисне збільшення мікроскопа за формулою  $N_d = \delta_{\text{ока}} / \delta_{\text{мікроскопу}} = 300 / 0,2 = 1500$  раз.

В практикумі використовується мікроскоп МБС-10, який дозволяє проводити спостереження як при штучному, так і при природному освітленні у відбитому та прохідному світлі. Цей мікроскоп збільшує об'єкти дослідження в межах 3,3 – 100 крат.

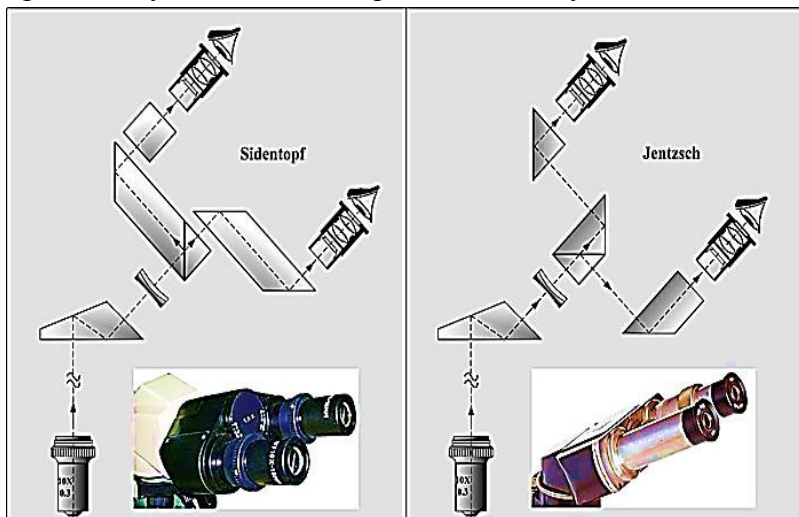


Рис. 10. Оптична схема



Рис. 11. Загальний вигляд

Загальний вигляд мікроскопа зображено на рис.11. При обертанні ручок, які закріплюються на осі барабана, відбувається зміна збільшень. Міжзрачкова відстань змінюється від 56 до 72 мм. Округлені значення збільшень об'єктивної частини мікроскопа нанесені на інших ручках: 7, 4, 2, 1, 0,6 крат. Для того, щоб встановити потрібне збільшення, слід сумістити цифру на ручці з індексом на кільці. Кожне з шести положень барабана

фіксується пружинним фіксатором. Робоча відстань не менше 95 см. Фокусування мікроскопа на об'єкт здійснюється переміщенням оптичної головки відносно предметного столика, а спостереження при цьому ведуть через біокуляр. Використовується при дослідженні прозорих речовин, тонких плівок сучасних конструкційних матеріалів.

*Мікроскоп LCD Micro* може використовуватись для мікроструктурних досліджень прозорих та непрозорих об'єктів.

Він має два джерела освітлення досліджуваного об'єкта і дає можливість проводити спостереження у трьох режимах. Для спостереження прозорих об'єктів у прохідному світлі використовується нижнє джерело світла. Непрозорі об'єкти досліджуються у відбитому світлі, коли ввімкнено верхнє джерело світла. У цьому випадку збільшення буде найменше 4х. При спостереженні напівпрозорих об'єктів рекомендується використовувати обидва джерела світла.

**Висновки.** Запропонований підхід до виконання однієї з перших лабораторних робіт практикуму з матеріалознавства при підготовці фахівців спеціальності: «8.01010301 Технологічна освіта» сприятиме більш свідомому виконанню ними наступних лабораторних робіт та у підсумку забезпечить формування експериментаторської компетентності. **Перспективи подальших пошуків у даному напрямі** пов'язані з удосконаленням методичної системи підготовки фахівців спеціальності: «8.01010301 Технологічна освіта».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гур'янова О.В. Педагогічні інновації в технологічній освіті / О.В. Гур'янова. – Кіровоград: ПП Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2014. – 60 с.
2. Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении / Иванов А.Г. – М.: Машиностроение, 1964. – 521 с.
3. Інноваційні педагогічні технології у трудовому навчанні / [Заг. ред. О.М. Коберника, Г.В. Терещука]. – Умань: СПД Жовтий, 2008. – 212 с.
4. Садовий М.І. Окремі питання сучасної та традиційної фізики: [навч. посібн. для студ. пед. навч. закл. осв.] / М.І. Садовий, О.М. Трифонова. – Кіровоград: Вид-во ПП «Каліч О.Г.», 2007. – 138 с.
5. Садовий М.І. Підготовка вчителів технологій з використанням синергетичного підходу / М.І. Садовий, О.М. Трифонова // Зб. наук. пр. Кам.-Под. нац. ун-ту імені Івана Огієнка. – Серія: Педагогічна. – Кам.-Под., 2014. – Вип. 20: Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю. – С. 53-55. – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/index.php/2307-4507>.
6. Сминтина В.А. Оптика: [підручн.] / Сминтина В.А. – [2-ге вид., виправ. і допов.] – Одеса: Астропринт, 2008. – 312 с.

**Mykola Sadovyi**

*Kirovograd State Pedagogical University of the name of Vladimir Vynnychenko*  
**METHODS OF USING THE MICROSCOPE IN THE STUDY PROPERTIES OF  
MODERN STRUCTURAL MATERIALS**

*The formation of the future teachers of technology experimentation competence plays a leading role, as the professional activities of these professionals is inextricably linked with the practical and creative work. This integral component of that competence is the skills to carry out various measurements. To solve the problem outlined aims of the workshop materials, which provides curriculum training specialty «8.01010301 Technological Education» pedagogical higher education institutions. Thus, the article shows the methodology of teaching students of specialty «8.01010301 Technological Education» measure while mastering the*

*discipline «Workshop on Materials Science» in the pedagogical university. This study used the following methods: theoretical (analysis of psychological and educational, scientific and methodical literature), empirical (conducting research labs and experimental exercises on material). Since the foundation of the workshop is to study materials science techniques using various types of microscopes to study the structure and the structure of modern construction materials, the main focus is given to the use of these devices and their structure. The first lesson given special attention to the study of the structure and use of microscopes not at all, and each model on purpose. Before studying the microscope, we look for common issues increase of any of the items and to acquaint students with different types of microscopes. One of the main characteristics of the devices are increasing their resolution: the ability to distinguish fine details; the minimum distance between successive particles of the object; the minimum distance between two separate strokes, in which they are perceived as separate strokes, and do not merge together. In the practical work of subjects modern construction materials specialty «8.01010301 Technological Education» pedagogical universities optical microscopes used for observing a large enough increase in the images of the objects and their structure. The proposed article in approach to the one of the first practical laboratory work on material at training specialty: «8.01010301 Technological Education» promote more conscious performance of their subsequent laboratory work and eventually promote the formation of experimentation competence.*

**Keywords:** *technological education, workshop materials, experimentation competence microscope, methods of measurement.*

**Н.И. Садовый**

*Кировоградский государственный педагогический университет  
имени Владимира Винниченко*

### **МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОСКОПОВ В ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*В статье акцентировано внимание на формировании у будущих учителей технологий экспериментаторской компетентности. Отображена методика обучения студентов специальности «8.01010301 Технологическое образование» проводить измерения во время овладения дисциплиной «Практикум по материаловедению» в педагогическом высшем учебном заведении. Поскольку основа практикума по материаловедению заключается в изучении методики использования микроскопов разных типов для исследования структуры и строения современных конструкционных материалов, то основное внимание уделено именно использованию этих приборов и их строению. Предложенный в статье подход к выполнению одной из первых лабораторных работ практикума по материаловедению при подготовке специалистов специальности «8.01010301 Технологическое образование» будет способствовать более сознательному выполнению ими следующих лабораторных работ и в итоге обеспечит формирование экспериментаторской компетентности.*

**Ключевые слова:** *технологическое образование, практикум по материаловедению, экспериментаторские компетентности, микроскоп, методика проведения измерений.*

### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**Садовий Микола Ілліч** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри фізики та методики її викладання, завідувач кафедри теорії та методики технологічної освіти, охорони праці і безпеки життєдіяльності Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

*Коло наукових інтересів:* дидактика фізики та технологічної освіти.