Yurchenko K. Readiness of science & math teachers to apply stem technologies in professional activities according to the cognitive criterion indicators. *Освіта. Інноватика. Практика,* 2024. Том 12, № 7. С. 102-108. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i7-015.

Yurchenko K. Readiness of science & math teachers to apply stem technologies in professional activities according to the cognitive criterion indicators. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice,* 2024. Vol. 12, No 7. S. 102-108. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i7-015.

УДК 378.147:[37.011.3-051:[5:51]]-027.561:37.091.33
DOI: 10.31110/2616-650X-vol12i7-015

Катерина ЮРЧЕНКО
Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна
https://orcid.org/0000-0002-4153-4397
k.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua

ГОТОВНІСТЬ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ STEM У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ КОГНІТИВНОГО КРИТЕРІЮ

Анотація. *Розвиток STEM-освіти вимагає від вчителів не тільки знань у природничо-математичних дисциплінах, але й комплексних міжпредметних знань, здатності інтегрувати різні галузі науки, технологій та інженерії у освітній процес. Це вимагає нових підходів до формування готовності вчителів, які передбачають розвиток когнітивних здібностей, зокрема здатності до аналітичного та критичного мислення, креативності, а також здатності до інноваційної діяльності. У статті ми представили короткий теоретичний аналіз наукових джерел вітчизняних та зарубіжних науковців, який дав змогу уточнити поняття «готовність вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності». З огляду на основні підходи до визначення критеріїв готовності до певного виду діяльності від відомих науковців, сформульовані критерії, серед яких виділяємо когнітивний критерій, який характеризує сукупність знань та уявлень про характер професійної діяльності, фахових знань, умінь і навичок впровадження STEM у освітній процес. Виділено показники когнітивного критерію: 1) «обізнаність у галузі STEM», що відображає рівень знань майбутнього вчителя про сучасні тенденції розвитку STEM-освіти й технології, які використовуються в STEM-проєктах, 2) «комплексні міжпредметні знання», що відображає знання з різних дисциплін природничо-математичного циклу, а також розуміння міжпредметних зв'язків у рамках STEM та здатність майбутнього вчителя встановлювати зв'язки. Описано методики розрахунку показників для визначення рівнів готовності вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності. Наведено результати педагогічного експерименту, який опрацьовано за критерієм Стьюдента. Підтверджено, що рівень сформованості знаннєвого компоненту готовності за показниками когнітивного критерію (обізнаність в галузі STEM та наявність комплексних міжпредметних знань) має позитивну динаміку в експериментальній групі.*

Ключові слова: *вчителі природничо-математичних дисциплін, STEM, STEM-технології, когнітивний критерій, підготовка майбутніх вчителів, професійна підготовка.*

Kateryna YURCHENKO
Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-4153-4397
k.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua

READINESS OF SCIENCE & MATH TEACHERS TO APPLY STEM TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL ACTIVITIES ACCORDING TO THE COGNITIVE CRITERION INDICATORS

Abstract. *The development of STEM education requires teachers to have knowledge in science and mathematics, comprehensive interdisciplinary knowledge, and the ability to integrate various fields of science, technology, and engineering into the educational process. That calls for new approaches to building teachers' readiness that involve the development of cognitive abilities, including the ability to analyze and critically think creativity, and the ability to innovate. In the article, we present a brief theoretical analysis of scientific sources of domestic and foreign scholars, which allowed us to clarify the concept of "readiness of teachers of natural and mathematical disciplines to use STEM technologies in their professional activities." Considering the approaches to determining the readiness criteria, the criteria are formulated, among which we single out the cognitive criterion, which characterizes the totality of knowledge and ideas about the nature of professional activity, professional knowledge, skills, and abilities to implement STEM in the educational process. The indicators of the cognitive criterion are highlighted: 1) "awareness in the field of STEM," which reflects the level of knowledge of the future teacher about current trends in the development of STEM education and technologies used in STEM projects; 2) "comprehensive interdisciplinary knowledge," which reflects knowledge of various disciplines of the natural and mathematical cycle, as well as an understanding of interdisciplinary connections within STEM and the ability of the future teacher to make connections. The methods of calculating indicators for determining the readiness levels of teachers of natural and mathematical disciplines to use STEM technologies in their professional activities are described. The results of the pedagogical experiment, which was processed according to the Student's criterion, are presented. It has been confirmed that the level of formation of the knowledge component of readiness according to the indicators of the cognitive criterion (awareness of STEM and the availability of comprehensive interdisciplinary knowledge) has positive dynamics in the experimental group.*

Keywords: *teachers of natural and mathematical disciplines, STEM, STEM technologies, cognitive criterion, training of future teachers, professional training.*

Problem statement. With global transformations and rapid technological development, the education system requires new approaches to future teacher training. In particular, STEM education (Science,

Technology, Engineering, Mathematics) has become one of the key tasks of educational reform in many countries, including Ukraine. Successful implementation of STEM technologies depends on the readiness of science and mathematics teachers to use these technologies in their professional activities effectively. However, today there is a problem of insufficient training of teachers in STEM, which, in turn, affects the quality of the educational process and the preparation of future generations for the requirements of modern society. Because of this, the development of STEM education requires teachers not only knowledge in natural and mathematical disciplines but also comprehensive interdisciplinary knowledge, and the ability to integrate various fields of science, technology, and engineering into the educational process. This calls for new approaches to building teacher readiness that involve the development of cognitive abilities, including the ability to analyze and critically think, creativity, and the ability to innovate. Studying the dynamics of the development of these abilities in teacher training is important for understanding the effectiveness of educational programs and identifying areas for their improvement.

Analysis of current research. Taking into account our analysis of scientific literature [2; 3; 14], we determine that "the readiness of future teachers of natural and mathematical disciplines to use STEM technologies in professional activities" is a complex indicator that includes motivation, knowledge, skills, personal qualities and practical experience necessary for the effective implementation and use of STEM technologies in the educational process to improve the quality of education and develop students' key competencies

By "developing the readiness of future science and mathematics teachers to use STEM technologies in their professional activities" we mean a comprehensive pedagogical process based on the development and integration of motivation, knowledge, skills, personal qualities, and practical experience necessary for the future science and mathematics teachers to effectively implement and use STEM technologies in the educational process to improve the quality of education and develop students' key competencies.

We have analyzed different approaches to defining criteria that characterize the readiness of future science and mathematics teachers to use STEM technologies in their professional activities. This is because the criteria allow us to evaluate the most developed areas of the studied characteristics and, conversely, the most problematic ones.

V. Chornous, studying the formation of professional competence of students of pedagogical specialties, includes the main criteria: motivational, cognitive, activity, and resultant [17]. When studying the formation of research competence of future computer science teachers, I. Kryvoruchko identifies motivational and value, content, informational, activity, behavioral, and evaluation, and reflection criteria [10]. T. Myroniuk in her work [11] considers the motivational and value, cognitive and informational, practical and active components of future teachers' training. A. Drozdova [8] distinguishes motivational and target, cognitive and value, and creative and activity criteria

The analysis of various criteria establishes that the main components of the readiness of science & math teachers to use STEM technologies are motivational, knowledge, praxeological, and personal (Fig. 1).

Fig. 1. Components of future science & math teachers ' readiness to apply STEM technologies in their professional activities

The motivational component determines how much a future teacher wants to master and use STEM technologies in their teaching. The knowledge component includes a wide range of knowledge necessary to understand the essence of STEM education, the peculiarities of using STEM technologies in the educational process, and the creation of effective learning environments for STEM projects. The praxeological component

reflects the level of teachers' practical skills and abilities necessary to use STEM technologies effectively. The personal component demonstrates the teacher's internal readiness for change, attitude to innovation, and ability to self-develop and reflect in STEM.

The importance of the knowledge component in the study of future teachers' readiness is emphasized by S. Barda [1], O. Vasylenko [5], V. Vizniuk and O. Buzduhan [6], N. Mulyar [13], M. Yatsiuk [21] and others. Scientists argue that the competence or readiness of a future teacher is based on knowledge. Considering the basic principles for defining criteria [4, 7, 9, 15, 16, 18, 19], we have developed a cognitive criterion characterized by knowledge and ideas about the nature of professional activity in implementing STEM technology. The criterion focuses not only on the amount of knowledge but also on its quality, the ability to constantly update, critical thinking, analysis, and application of knowledge in specific pedagogical situations. This ensures that future science & math teachers are prepared to use STEM technologies in their professional activities effectively.

The paper's purpose is to experimentally test the development of teachers' readiness to apply STEM technologies in their professional activities by the indicators of the cognitive criterion.

Research methods. The following methods were used to achieve the goal:

theoretical: analysis and systematization of literature, works of domestic and foreign authors, methodological materials, which define the conceptual and categorical apparatus of the study; classification and generalization of different approaches to determining the criteria for the readiness of future teachers of natural and mathematical disciplines to use STEM technologies;

empirical: pedagogical experiment;

statistical: Student's criterion for identifying statistically significant changes in the results of the pedagogical experiment

Summary of the main results. The knowledge component of science and mathematics teachers' readiness to apply STEM technologies in their professional activities is characterized by the following features: deep theoretical knowledge (future teachers should have an understanding of the basic principles and concepts of STEM education, including knowledge of modern scientific achievements, technical innovations, and innovative pedagogical approaches) and knowledge integration (the criterion involves the ability to integrate knowledge from different science and math disciplines to create a holistic educational process

The cognitive criterion is characterized by the indicators "STEM awareness" and "comprehensive interdisciplinary knowledge" (Fig. 2).

STEM Awareness indicator	Indicator "Comprehensive interdisciplinary knowledge"
• reflects the level of knowledge of the future teacher about current trends in STEM education, technologies used in STEM projects, as well as understanding of interdisciplinary connections within STEM	• reflects knowledge of various disciplines of the natural and mathematical cycle and the ability of the future teacher to establish links between them and other academic disciplines in the context of STEM projects

Fig. 2. Indicators of the cognitive criterion

Based on the method of comparison, we characterized three levels of readiness of science and mathematics teachers to use STEM technologies in their professional activities according to the cognitive criterion:

– A low level in the defined indicators is characterized by limited knowledge of STEM education, interdisciplinary connections, and knowledge of natural and mathematical disciplines. The future teacher perceives each subject as a separate discipline, and has superficial knowledge of the basic concepts of STEM - he or she may know the general definition of STEM, but not understand the depth and breadth of this concept. Knowledge of STEM education's latest technologies, methods, and tools is limited. They also do not fully understand the importance of integrating knowledge from different disciplines.

– The intermediate level is defined by primary STEM education, science, and mathematics knowledge. Future teachers understand the basic principles of the STEM approach, and the importance of interdisciplinary connections, but have difficulties in establishing them in practice. They have a general idea of modern technologies and methods, but use them selectively, have sufficient knowledge in their subject area, and partially have knowledge of other disciplines.

– High level is characterized by deep and systematic knowledge of STEM education, modern STEM technologies, and knowledge of natural and mathematical disciplines. Future teachers will have a wide range of technological tools and be able to apply them to solve complex educational problems. They will also know the latest technologies and actively implement them.

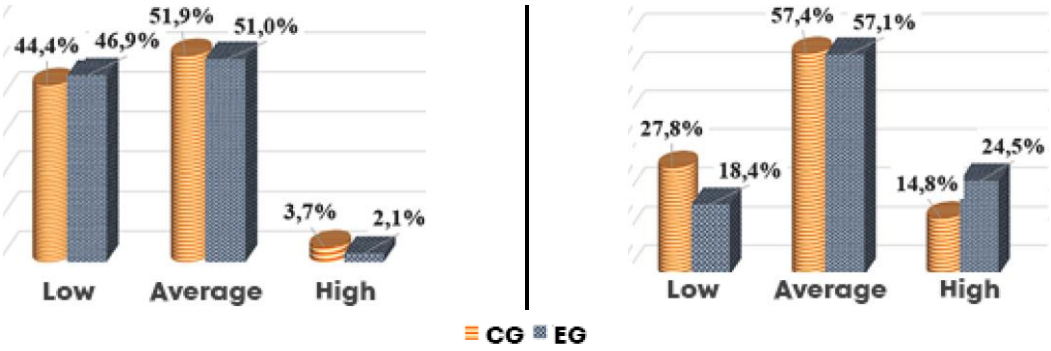
The transition from one level to another occurs consistently and continuously from the lowest to the highest. Each previous level is a prerequisite for the formation of the next one, and timely and objective

determination of the level of readiness makes it possible to determine the ways of self-development and self-improvement, which is one of the essential professional qualities of a modern science and mathematics teacher.

The dynamics of the formation of the knowledge component were tested during the pedagogical experiment. The control group (CG) included 54 students who were taught according to traditional approaches and curricula. The experimental group (EG) included 49 students who were taught using STEM technologies based on a developed special course and mastering courses on digital educational platforms [21]. The groups participating in the experiment were not specially selected, so they included students with different academic performances in their respective disciplines. It should be noted that they all studied under similar curricula. The material and technical support of the educational process was also the same. The formation of CGs and EGs was carried out in such a way as to ensure statistical correspondence of the level of knowledge of students of both groups

At the beginning of the pedagogical experiment, each indicator of the cognitive criterion of science and mathematics teachers' readiness to use STEM technologies in their professional activities was tested by the Student's t-test [12]. The methodology of statistical processing of the results of the pedagogical experiment on the indicator of "STEM awareness" was to organize a test of STEM knowledge, which provides for the use of different question formats and answer options. The test included 35 questions worth 1 point each. The results are distributed by level as follows: low level (0-12 points), medium (13-26 points), high (27-35 points). Such testing was offered to future teachers twice: at the beginning and the end of the experiment, based on which it is possible to conclude the effectiveness of the proposed approaches to developing the readiness of teachers of natural and mathematical disciplines to use STEM technologies in their professional activities

The overall results at the beginning and end of the experiment were distributed as follows (Fig. 3).



at the beginning of the experiment *at the end of the experiment*

Fig. 3. Distribution of levels for CG and EG groups by the indicator "STEM awareness»

Analyzing the diagrams at the beginning of the experiment, we can assume that the samples are statistically identical. At the end of the experiment, we observe positive dynamics in both groups, but the average score in the EG is higher. At the same time, it is necessary to check statistically whether the evaluation results based on the Student's t-test are the same. Let's fix the significance level at 0.05 and build hypotheses: the null hypothesis H0 - the means are the same, the alternative H1 - the means are statistically different

Using the analysis package of the MS Excel spreadsheet processor, we have the following results (Table 1).

Table 1.

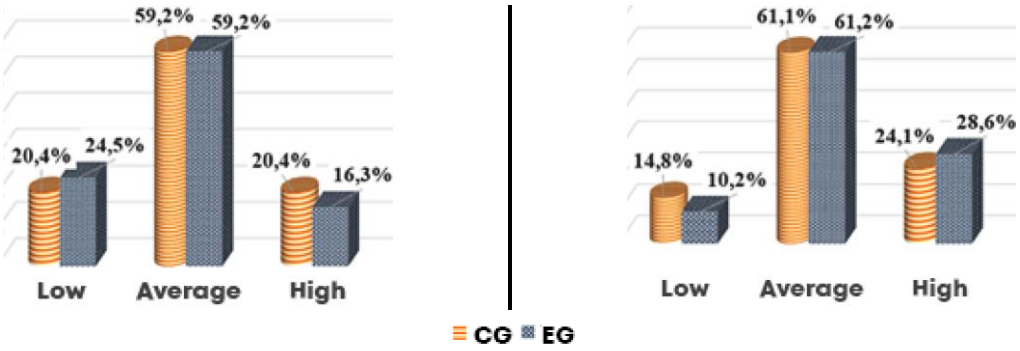
Estimation of mean scores for the STEM Awareness indicator by group (CG and EG at the beginning and end of the experiment)

Two-sample t-test with different variances	**CG**	**EG**	**CG**	**EG**
	at the beginning of the experiment		at the end of the experiment	
Average value	13,07	12,59	17,48	22
Number of students	54	49	54	49
Difference of means for the hypothesis H_0	0		0	
t- statistics (experiment)	**0,42**		**-3,18**	
t critical bilateral	**1,98**		**1,98**	

According to the calculations, we find that for the CG and EG groups at the level of significance of 0.05 for the indicator "STEM awareness" the values of $T_{крит.}$ = 1,98 more than a module $T_{експ.}$ = 0,42 at the beginning of the experiment and less than the module for $T_{експ.}$ = – 3,18 at the end of the experiment. That means the groups included in the pedagogical experiment are statistically the same at the beginning and statistically different at the end, and random causes cannot explain this.

Thus, the statistical analysis of the levels of distribution of academic achievement for the indicator "STEM Awareness" in the CG and EG groups at the level of significance of 0.05 confirms the similarity of the samples at the beginning of the experiment and their statistical difference at the end. For the indicator "Comprehensive Interdisciplinary Knowledge", a test with general questions on natural and mathematical disciplines and interdisciplinary connections was developed. The maximum number of points that can be scored in the test is 25. The levels for the indicator are distributed as follows: 0-8 points - low level, 9-17 - medium level, 18-25 - high level.

The overall results of students' testing at the beginning and end of the experiment were distributed as follows (Fig. 4).



at the beginning of the experiment *at the end of the experiment*

Fig. 4. Distribution of levels for CG and EG groups by the indicator "Comprehensive interdisciplinary knowledge"

Based on the shape of the diagrams, we assume that the mean of the sample at the beginning and end of the experiment are statistically identical. The checking based on the Student's t-test for estimating the means using the statistical functions of MS Excel is in the table (Table 2).

Table 2.

Evaluation of statistical data of CG and EG for the indicator "Comprehensive interdisciplinary knowledge" at the beginning and end of the experiment

Two-sample t-test with different variances	CG	EG	CG	EG
	at the beginning of the experiment		at the end of the experiment	
Average value	13,59	12,78	14,96	16,69
Number of students	54	49	54	49
Difference of means for the hypothesis H_0	0		0	
t- statistics (experiment)	**0,87**		**-2,04**	
t critical bilateral	**1,98**		**1,98**	

According to the calculations, we find that for the CG and EG groups at the level of significance of 0.05 for the indicator "STEM awareness" the values of $T_{крит.}$ = 1,98 more than a module $T_{експ.}$ = 0,87 at the beginning of the experiment and less than the modulus for T_{exp} = - 2.04 at the experiment end. The samples included in the pedagogical experiment are statistically the same at the beginning and statistically different at the end, and it cannot be explained by random causes.

Thus, the statistical analysis of the levels of academic achievement distribution for the indicator "Comprehensive Interdisciplinary Knowledge" in the CG and EG groups at the 0.05 significance level confirms the similarity of the samples at the beginning of the experiment and their statistical difference at the end.

Conclusions. The study confirmed the positive dynamics of the levels of readiness of teachers of natural and mathematical disciplines to use STEM technologies in their professional activities according to the indicators of the cognitive criterion. It has been established that the level of formation of the knowledge component of readiness according to the indicators of the cognitive criterion (awareness of STEM and the availability of comprehensive interdisciplinary knowledge) has a positive trend, which indicates the ability of more future teachers to integrate STEM technologies into professional activities.

Список використаних джерел

1. Барда С. І. Когнітивний компонент готовності майбутнього вчителя початкової школи до реалізації синергетичного підходу в процесі педагогічної взаємодії. The Scientific Heritage, 2021. №60(4). С. 16-19.
2. Баюрко Н. В. Підготовка майбутніх учителів біології до розвитку екологічної компетентності учнів основної школи. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук за спеціальністю

13.00.04 – теорія і методика професійної освіти. Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, 2017. 22 с.
3. Білоусова Л., Життєньова Н. Компоненти готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій візуалізації у предметно-професійній діяльності. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка, 2018. №3. С. 80-87.
4. Борозенець Н. Сутність і структура дослідницької компетентності бакалаврів з аграрних наук у процесі вивчення математичних дисциплін. Освіта. Інноватика. Практика, 2022. Том 10, № 7. С. 13-18. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol10i7-002.
5. Василенко О. Компоненти готовності студентів-психологів до використання інформаційних технологій в майбутній професійній діяльності. Adaptive Management: Theory and Practice. Series Pedagogics, 2020. №9. С. 17.
6. Візнюк В. В.; Буздуган О. А. Когнітивний компонент готовності майбутніх педагогів до використання цифрових технологій в умовах дистанційного навчання. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи, 2022. Випуск 86. С. 51-56.
7. Діда Г. Професійний саморозвиток особистості студента медичного коледжу: мотиваційно-ціннісний компонент. Освіта. Інноватика. Практика, 2023. Том11, No5. С. 13-17. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i5-002.
8. Дроздова К. Є. Критерії та показники сформованості готовності майбутніх учителів музичного мистецтва до виховання. Початкова освіта: історія, проблеми, перспективи: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої Дню початкової освіти, м. Ніжин, 19 жовтня 2018 р. / за заг. ред. Є. І. Коваленко, упоряд. Н. В. Білоусова. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2018. с. 86-87.
9. Друшляк М. Критеріальна база дослідження рівнів сформованості візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики. Фізико-математична освіта, 2020. Вип. 4(26). С. 40-44.
10. Криворучко І. І. Критерії та показники сформованості дослідницької компетентності майбутніх учителів інформатики. Актуальні питання у сучасній науці, 2023. № 4(10). С. 326-337.
11. Миронюк Т. Формування здоров'язбережувальної компетентності майбутніх учителів біології. Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, 2018. № 1. С. 199-206.
12. Моцний Ф. В. Аналіз непараметричних і параметричних критеріїв перевірки статистичних гіпотез. Частина II. Критерії узгодження Романовського, Стьюдента і Фішера. Статистика України, 2019, №1. С. 13–23. https://doi.org/10.31767/su.1(84)2019.01.02.
13. Муляр Н. Знаннєвий та діяльнісний компоненти екологічної компетентності здобувачів освіти. Матеріали конференцій МЦНД, 2022, Львів, Україна. С. 58-60.
14. Семеніхіна О. В. Теорія і практика формування професійної готовності майбутніх учителів математики до використання засобів комп'ютерної візуалізації математичних знань. Дисертація на здобуття ступеня доктора наук за спеціальністю 13.00.04 - Теорія і методика професійної освіти. Державний вищий навчальний заклад «Донбаський державний педагогічний університет», 2017. 490 с.
15. Семеніхіна О.В. Впровадження моделі формування професійної готовності майбутніх учителів математики до використання засобів комп'ютерної візуалізації математичних знань: теоретичний критерій. Фізико-математична освіта, 2016. Випуск 3(9). С. 95-108.
16. Семеніхіна О.В., Шамоня В.Г. Впровадження моделі формування професійної готовності майбутніх учителів математики до використання засобів комп'ютерної візуалізації математичних знань: мотиваційний критерій. Фізико-математична освіта, 2016. Випуск 2(8). С. 109-118.
17. Чорноус В. Основні критерії та показники сформованості професійної компетентності студентів педагогічних спеціальностей. Актуальні питання гуманітарних наук. 2020. Вип 31, том 4. С. 232-237.
18. Юрченко А. О. Динаміка розвитку ІК-компетентності майбутніх учителів фізики: когнітивний критерій. Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: Педагогіка. 2019. Вип. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadped_2019_1_13.
19. Юрченко А.О. Визначення динаміки розвитку інформаційно-комунікативної компетентності майбутніх вчителів фізики за показниками технологічного критерію. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 4(18). С. 183-189.
20. Юрченко К. В., Семеніхіна О. В. STEM-освіта на відкритих освітніх платформах. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. Кропивницький: Центрально-український державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, 2023. Випуск 208. С. 282-287. https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-282-287.
21. Яцюк М. Когнітивний компонент креативності особистості юнацького віку. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Педагогіка. Психологія», 2022. Вип. 2. С. 56-61.

References

1. Barda S. I. Kohnityvnyi komponent hotovnosti maibutnoho vchytelia pochatkovoi shkoly do realizatsii synerhetychnoho pidkhodu v protsesi pedahohichnoi vzaiemodii. The Scientific Heritage, 2021. №60(4). S. 16-19.
2. Baiurko N. V. Pidhotovka maibutnikh uchyteliv biolohii do rozvytku ekolohichnoi kompetentnosti uchniv osnovnoi shkoly. Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata pedahohichnykh nauk za spetsialnistiu 13.00.04 – teoriia i metodyka profesiinoi osvity. Vinnytskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni Mykhaila Kotsiubynskoho, Vinnytsia, 2017. 22 s.
3. Bilousova L., Zhyttienova N. Komponenty hotovnosti maibutnikh uchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin do zastosuvannia tekhnolohii vizualizatsii u predmetno-profesiinii diialnosti. Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriia: pedahohika, 2018. №3. S. 80-87.

4. Borozenets N. Sutnist i struktura doslidnytskoi kompetentnosti bakalavriv z ahrarnykh nauk u protsesi vyvchennia matematychnykh dystsyplin. Osvita. Innovatyka. Praktyka, 2022. Tom 10, № 7. S. 13-18. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol10i7-002.
5. Vasylenko O. Komponenty hotovnosti studentiv-psykholohiv do vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii v maibutnii profesiinii diialnosti. Adaptive Management: Theory and Practice. Series Pedagogics, 2020. №9. S. 17.
6. Vizniuk V. V.; Buzduhan O. A. Kohnityvnyi komponent hotovnosti maibutnikh pedahohiv do vykorystannia tsyfrovykh tekhnolohii v umovakh dystantsiinoho navchannia. Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova Seriia 5. Pedahohichni nauky: realii ta perspektyvy, 2022. Vypusk 86. C. 51-56.
7. Dida H. Profesiinyi samorozvytok osobystosti studenta medychnoho koledzhu: motyvatsiino-tsinisnyi komponent. Osvita. Innovatyka. Praktyka, 2023. Tom11, No5. S. 13-17. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i5-002.
8. Drozdova K. Ye. Kryterii ta pokaznyky sformovanosti hotovnosti maibutnikh uchyteliv muzychnoho mystetstva do vykhovannia. Pochatkova osvita: istoriia, problemy, perspektyvy: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, prysviachenoi Dniu pochatkovoi osvity, m. Nizhyn, 19 zhovtnia 2018 r. / za zah. red. Ye. I. Kovalenko, uporiad. N. V. Bilousova. Nizhyn: NDU im. M. Hoholia, 2018. s. 86-87.
9. Drushliak M. Kryterialna baza doslidzhennia rivniv sformovanosti vizualno-informatsiinoi kultury maibutnikh uchyteliv matematyky ta informatyky. Fizyko-matematychna osvita, 2020. Vyp. 4(26). S. 40-44.
10. Kryvoruchko I. I. Kryterii ta pokaznyky sformovanosti doslidnytskoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv informatyky. Aktualni pytannia u suchasnii nautsi, 2023. № 4(10). C. 326-337.
11. Myroniuk T. Formuvannia zdoroviazberezhuvalnoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv biolohii. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Pavla Tychyny, 2018. № 1. S. 199-206.
12. Motsnyi F. V. Analiz neparametrychnykh i parametrychnykh kryteriiv perevirky statystychnykh hipotez. Chastyna II. Kryterii uzghodzhennia Romanovskoho, Stiudenta i Fishera. Statystyka Ukrainy, 2019, №1. S. 13–23. https://doi.org/10.31767/su.1(84)2019.01.02.
13. Muliar N. Znannievyi ta diialnisnyi komponenty ekolohichnoi kompetentnosti zdobuvachiv osvity. Materialy konferentsii MTsND, 2022, Lviv, Ukraina. S. 58-60.
14. Semenikhina O. V. Teoriia i praktyka formuvannia profesiinoi hotovnosti maibutnikh uchyteliv matematyky do vykorystannia zasobiv kompiuternoi vizualizatsii matematychnykh znan. Dysertatsiia na zdobuttia stupenia doktora nauk za spetsialnistiu 13.00.04 - Teoriia i metodyka profesiinoi osvity. Derzhavnyi vyshchyi navchalnyi zaklad «Donbaskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet», 2017. 490 s.
15. Semenikhina O.V. Vprovadzhennia modeli formuvannia profesiinoi hotovnosti maibutnikh uchyteliv matematyky do vykorystannia zasobiv kompiuternoi vizualizatsii matematychnykh znan: teoretychnyi kryterii. Fizyko-matematychna osvita, 2016. Vypusk 3(9). S. 95-108.
16. Semenikhina O.V., Shamonia V.H. Vprovadzhennia modeli formuvannia profesiinoi hotovnosti maibutnikh uchyteliv matematyky do vykorystannia zasobiv kompiuternoi vizualizatsii matematychnykh znan: motyvatsiinyi kryterii. Fizyko-matematychna osvita, 2016. Vypusk 2(8). S. 109-118.
17. Chornous V. Osnovni kryterii ta pokaznyky sformovanosti profesiinoi kompetentnosti studentiv pedahohichnykh spetsialnostei. Aktualni pytannia humanitarnykh nauk. 2020. Vyp 31, tom 4. S. 232-237.
18. Yurchenko A. O. Dynamika rozvytku IK-kompetentnosti maibutnikh uchyteliv fizyky: kohnityvnyi kryterii. Visnyk Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Seriia: Pedahohika. 2019. Vyp. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadped_2019_1_13.
19. Yurchenko A.O. Vyznachennia dynamiky rozvytku informatsiino-komunikatyvnoi kompetentnosti maibutnikh vchyteliv fizyky za pokaznykamy tekhnolohichnoho kryteriiu. Fizyko-matematychna osvita. 2018. Vypusk 4(18). S. 183-189.
20. Yurchenko K. V., Semenikhina O. V. STEM-osvita na vidkrytykh osvitnikh platformakh. Naukovi zapysky. Seriia: Pedahohichni nauky. Kropyvnytskyi: Tsentralno-ukrainskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni Volodymyra Vynnychenka, 2023. Vypusk 208. S. 282-287. https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-282-287.
21. Yatsiuk M. Kohnityvnyi komponent kreatyvnosti osobystosti yunatskoho viku. Naukovyi visnyk Vinnytskoi akademii bezperervnoi osvity. Seriia «Pedahohika. Psykholohiia», 2022. Vyp. 2. S. 56-61.