

Кращі навички сучасної України», яка реалізовується у семи пілотних регіонах України за підтримки ЄС та його країн-членів: Німеччини, Фінляндії, Польщі, Естонії.

Основними аспектами даного експертного гендерного аудиту професійної освіти були: рамкові умови та перешкоджаючі / сприятливі фактори щодо гендерної рівності в системі професійної освіти в цілому та у вибраних пілотних навчальних закладах; виокремлення відповідних заходів щодо усунення гендерної нерівності; індикатори, що підходять для вимірювання прогресу в реалізації проєкту з урахуванням гендерних аспектів / перетворень; механізм скорочення гендерного розриву в галузевій зайнятості; рівні підтримки системи професійної освіти щодо реалізації гендерної політики; гендерні тренінги та інші заходи щодо розвитку потенціалу, які необхідно організувати для співробітників системи професійної освіти.

Подане нижче дослідження ґрунтувалося на зборі емпіричних даних та аналізі відповідних документів: плани дій відповідних організацій були проаналізовані з точки зору гендерно-чутливої діяльності, з метою визначення проблем, що стосуються поточного статусу гендерної ситуації та порядку можливого включення гендерних аспектів; якісні дані були зібрані в рамках серії професійних інтерв'ю з липня по жовтень 2020 року, включаючи 14 інтерв'ю та групових обговорень з представниками відповідних зацікавлених сторін на двох попередньо визначених рівнях: національному, регіональному.

Крім того, було проведено 10 інтерв'ю та групових дискусій з керівниками команд та членами команд відповідних програмних підрозділів EU4Skills. Метою серії інтерв'ю було отримання уявлення про різні точки зору на проблеми просування гендерної рівності в системі професійної освіти як такої та на відповідних рівнях, а також визначення можливості включення гендерної складової у процес реформування системи професійної освіти.

Ключові слова: гендер, гендерна рівність, гендерний аудит, освіта, професійна освіта.

Стаття надійшла до редакції / Received 30.10.2021

Прийнята до друку / Accepted 19.11.2021

Унікальність тексту 95,5 % (Unicheck ID1009967583)

© Дьоміна Юліана Володимирівна, 2021

DOI: <https://doi.org/10.51706/2707-3076-2021-4-2>

УДК: 378.147:620.3

Анатолій Іванович Павленко
ORCIDiD <https://orcid.org/0000-0002-6553-3057>
доктор педагогічних наук, професор,
завідувач кафедри соціальної роботи
Хортицька національна академія,
м. Запоріжжя, Україна
anatolypavlenko@ukr.net

ЗНАННЯ НАНОНАУКИ ПРО НАНОСВІТ І НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ЗМІСТІ STEM-ОСВІТИ

У науковій статті здійснено спробу систематизації, а також обґрунтування й визначення ролі і місця знань нанонауки про наносвіт і нанотехнології та їх застосування у змісті STEM-освіти. Розкрито, що вони є авангардною, важливою й необхідною складовою інноваційного розвитку економіки на базі високих технологій, науково-технічного і технологічного прогресу та культури людської цивілізації.

Доведено, що ключове місце нанотехнологій у ядрі нового – шостого технологічного устрою в економіці та потужний потенціал їх впливу на соціально-економічні зміни в державі повинні

обумовлювати: пріоритетність при організації, формуванні тематики й змісту навчальних програм і курсів у системі STEM-освіти; широку освітню популяризацію і вивчення нанотехнологій разом із проведенням професійної орієнтації на STEM-сферу діяльності, високотехнологічні галузі економіки.

Ключові слова: знання нанонауки, наносвіт, нанотехнології, STEM-освіта, технологічний устрій в економіці.

Вступ. Нанонаука і нанотехнології є новою галуззю, зародження якої пов'язують з ім'ям видатного американського фізика, лауреата Нобелівської премії Річарда Філіпса Фейнмана, який у 1959 році уперше оцінив перспективи мініатюризації та науково обґрунтував, що з точки зору фундаментальних законів фізики немає жодних перешкод для того, щоб створювати речі безпосередньо з атомів (Коваленко, 2020). Подальші проривні наукові досягнення у спостереженні і визначенні розмірів й маніпулюванні наночастинками відразу в наукових дослідженнях з фізики і хімії, матеріалознавства, біології і генетики, медицини дозволили виокремити самостійну фундаментальну наукову галузь – нанонауку, а їх практичне застосування – відповідні численні й вражаючі інноваційністю нанотехнології.

Високий рівень вже отриманих актуальних науково-технічних досягнень і економічний ефект від їх впровадження дозволив провідним вченим світу і АН України зробити прогноз, що таке широке впровадження нанотехнологій в життя людства «...стане своєрідною нанореволюцією XXI століття» (Патон, Москаленко, Чекман, 2009, с. 18).

І, більш за все, як стверджують численні прогнози не тільки футурологів, але спеціалістів і науковців багатьох галузей, за лічені роки вже в найближчій перспективі ця революція за своїми наслідками у соціальному й культурно-історичному вимірах перевершить показники усіх відомих попередніх науково-технічних й промислових революцій, а також і відповідних технологічних устроїв разом. А, отже, відповідно до загальних вихідних положень сучасної культурологічної парадигми освіти (Дж. Брунер, І. Зязюн, І. Лернер, М. Скаткін) інноваційні за своєю сутністю знання нанонауки про наносвіт і нанотехнології, та їхнє застосування, як важливі і перспективні до використання культурні надбання людства, закономірно повинні бути враховані у змісті освіти.

Важливим перспективним напрямом впровадження знань нанонауки про наносвіт і нанотехнології в освітній курикулум на державному рівні в Україні є становлення визнаного і популярного у світі освітнього проекту – STEM-освіта, яке відбувається разом із становленням його науково-понятійного апарату. Акронім STEM (S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics) вживається для позначення цього напрямку сучасної освіти, що поєднує природничі науки, технології, інженерію (технічну творчість) та математику. У спеціальному глосарії термінів (що мають відношення і визначають сутність поняття «STEM-освіта») Інституту модернізації змісту освіти МОН України це ключове поняття подається також як «низка чи послідовність курсів або програм навчання, яка готує учнів до успішного працевлаштування, до освіти після школи або для того й іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять» (STEM-освіта. Глосарій, 2020).

Основною метою реалізації сучасної Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України у 2020 році, було визначено сприяння розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) як основи конкурентоспроможності та економічного зростання нашої держави, формування новітніх компетентностей громадян, підготовки фахівців нової генерації, здатних до засвоєння знань і розроблення та використання новітніх технологій (Про схвалення Концепції, 2020).

Як показує аналіз положень Концепції природничо-математичної освіти (STEM-освіти), із перелічених у ній п'яти пріоритетних й різноаспектних за характером напрямів розвитку STEM-освіти на період до 2027 року названі і 2 інноваційні за своєю сутністю і можливостями практичного впровадження напрями, спрямовані

на подальше визначення й модернізацію її змісту: 1) розроблення інноваційних навчальних програм, зокрема для здобувачів спеціалізованої освіти наукового спрямування на основі принципу постійного оновлення змісту освіти з урахуванням досягнень науки, розвитку технологій та вимог ринку праці; 2) популяризація природничо-математичної освіти (STEM-освіти). При цьому системною складовою формування змісту STEM-освіти, як визначено Концепцією, повинен стати «...трансфер знань, який забезпечує впровадження досягнень наукової сфери в освітній процес» (*Про схвалення Концепції, 2020*).

В останніх методичних рекомендаціях Інституту модернізації змісту освіти з впровадження STEM-освіти в закладах як загальної середньої, так і позашкільної освіти України у 2020-2021 навчальному році відзначено, що посилення ролі STEM-освіти є одним із сучасних пріоритетів модернізації освіти й одним з основних відповідних факторів інноваційної діяльності у сфері освіти. При цьому STEM-освіта повинна бути «спрямована на розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей з використанням трансдисциплінарного підходу до навчання, що базується на практичному застосуванні наукових, математичних, технічних та інженерних знань і вмій для розв'язання практичних проблем для подальшого використання їх у професійній діяльності» (*Методичні рекомендації, 2020*).

Разом із тим, проблема визначення значущості нових наукових знань про наносвіт і пов'язані з ними інноваційні технології, їх обґрунтоване й належне представлення у сучасному змісті STEM-освіти, на сьогодні ще потребує подальшого вивчення.

Метою дослідження у статті стало обґрунтування і визначення ролі і місця знань нанонауки про наносвіт й нанотехнології, їх застосування у змісті STEM-освіти.

У статті застосовані **методи** дослідження: порівняльний і системний аналіз, міждисциплінарний аналіз, емпіричне узагальнення і метод прогнозування.

Нанотехнології і науково-технічний прогрес. З'ясування ролі і місця технологічного застосування на практиці знань нанонауки у поступальному розвитку науково-технічного прогресу допоможе обґрунтувати рівень їх належного представлення у змісті STEM-освіти.

У теорії науково-технічного прогресу людської цивілізації основні показники НТП пов'язуються з поняттям і рівнями технологічного устрою в різні часові періоди. Дані Вільної енциклопедії свідчать, що синонімами терміна «технологічний устрій» в англійській мові вважають терміносполуки *waves of innovation*, *techno-economic paradigm* (Технологічний устрій, 2021).

Згідно з визначенням С. Глазьева, технологічний устрій в економіці – це цілісне і стійке утворення, в межах якого здійснюється послідовний замкнутий цикл від добування й отримання первинних ресурсів і аж до випуску набору кінцевих продуктів, які відповідають типу громадського споживання. Відповідний комплекс вихідних сукупностей технологічно пов'язаних виробництв утворює ядро такого технологічного устрою. Для довгострокового розвитку економіки з отриманням «інтелектуальної ренти» у глобальному вимірі виключну роль матиме випереджувальне освоєння ключових виробництв ядра нового технологічного укладу. При цьому ключовими факторами, які визначають ядро технологічного устрою, є нововведення (інновації – авт.). (*Нанотехнології, 2009, с. 8–11*).

Не вдаючись до повного викладу цікавої і освітньо-пізнавальної загальної хронології виникнення і розвитку попередніх технологічних устроїв в економіці, відзначимо, що сучасний (п'ятий) технологічний устрій охоплює епоху комп'ютерів і телекомунікацій (бере відлік з початку 70-років ХХ століття), вже досягнутий розвиненими країнами світу і базується на домінуючому застосуванні в економіці досягнень комп'ютерної техніки на базі мікроелектроніки та керування фізичними процесами лише на мікронному рівні (одна мільйонна метра). Важливим на сьогодні є той факт, що більшість науковців пов'язує сучасний етап розвитку людської цивілізації безпосередньо з переходом

світової економіки до нового (шостого) технологічного устрою, що базується на розробці одного з пріоритетних напрямів науковотехнологічного прогресу – нанотехнологіях (*Нанотехнологии*, 2009, с. 9; Мороз (ред.), 2016, с. 16). Нанотехнології, їх практичне застосування «інструментально» проникає в сучасні біо- й інформаційні технології, зокрема, на умовах їхньої конвергенції (NBIC-конвергенції) з когнітивними і соціальними науками. Вже сьогодні нанотехнології розпочинають у лабораторних умовах виходити на рівень маніпулювання об'єктами, розмірами порядку нанометра (однієї мільярдної метра – 10^{-9} м) і здатні змінювати молекулярну структуру речовини, надавати їй принципово нові властивості (нові наноматеріали, наприклад, відкриття графену у 2004 році), цілеспрямовано вираховувати і змінювати генну структуру живих організмів (генна інженерія), створювати деталі для наночипів у процесорах (наноелектроніка, нанокomp'ютери) і т.п.

Згідно з сучасною культурологічною парадигмою освіти нові наукові знання у процесі зростання їхнього застосування в суспільно-економічній практиці та наступної педагогічної інтерпретації й адаптації через певний проміжок часу стають складовими змісту освіти на різних рівнях. Проведений нами ретроспективний, історичний і порівняльний аналіз генези технологічних устроїв в економіці від першого (механізація праці у ткацькому виробництві) до сучасного, і їхнє відображення у змісті освіти (зокрема, природничо-наукової) це повністю підтверджує і дозволить у кінцевому рахунку визначити перспективи становлення змісту STEM-освіти.

Чого потрібно чекати суспільству від актуального для сьогодення процесу зміни технологічних устроїв в економіці? Адже вже сьогодні на розробку технологій шостого технологічного устрою в розвинених країнах відкрите пріоритетне фінансування в науково-технічній сфері і відбувається активне їхнє впровадження у промисловість. Така зміна, як показує соціально-історичний аналіз, може бути пов'язана з кризовими явищами в суспільстві, так званим «технологічним безробіттям» (наприклад,

в історії відомий протестний рух луддитів проти впровадження ткацьких верстатів на початку XIX століття в Англії).

У зв'язку з необхідністю послаблення актуальної загрози подібних кризових явищ у процесі зміни технологічних устроїв А. Дробінсправедливо відзначає роль у цьому можливостей освіти як основи культурно-перетворюючої сили суспільства, яка здатна не тільки виявляти проривні технології, а й «...враховувати і якісно засвоювати позитивні інновації шостого технологічного укладу» (Дробін, 2019).

С. Глазьєвим на основі проведеного теоретичного аналізу сучасної динаміки за визначеними 12 основними індикаторами розвитку нанотехнологій і комплексу відповідно технологічно зв'язаних виробництв у різних країнах світу була доведена ключова роль нанотехнологій у процесі розвитку сучасної глобальної економіки. Самі нанотехнології не тільки віднесені до ядра нового 6-го технологічного устрою в економіці, а й визначаються як ключовий фактор ядра (*Нанотехнологии*, 2009, с. 2,6,17). У гіпотетичному ядрі шостоготехнологічного устрою в економіці, окрім нанотехнологій, сьогодні розглядають також сучасні біоінформаційні, когнітивні й соціально-гуманітарні технології, які будуть об'єднуватися, зливатися і синергетично посилюватися в результаті NBIC-конвергенції (Schummer, 2009). О. Баксанський (2014) вказує при цьому на універсальну роль нанотехнологій як інструменту такої конвергенції. За футуристичними прогнозами, що поступово стають науковими, така конвергенція призведе до результатів фантастичного рівня – створення штучного інтелекту, кіборгів тощо.

Це повинно означати, що вивчення наукових знань про наносвіт і інноваційні нанотехнології, що відповідають ядру 6-го технологічного устрою, теж повинне мати пріоритетний й перспективний характер у структурі курикулуму STEM-освіти. Разом із тим, технології 5-го і навіть 4-го технологічного устрою, внаслідок своєї поширеності та безальтернативності, повинні продовжувати займати належне важливе місце у

змісті STEM-освіти. Зокрема, до четвертого устрою відносимо двигуни внутрішнього згоряння і авіа- й автотранспорт, що їх використовують, традиційну енергетику і металургію, радіо і телебачення та багато інших галузей. Прикладами п'ятого устрою є мікроелектроніка і мобільний зв'язок, лазерна і робототехніка та інше.

Проте, є цілком закономірним той факт, що між розвиненим, і в силу цього домінуючим технологічним устроєм й новим устроєм, що зароджується, існують своєрідні «спадкові» зв'язки. Адже інноваційні технології виникають на основі певної «надбудови» у вивченні нових знань і можливостей вже існуючих технологій. Закономірності такої «надбудови» у науково-технічному прогресі може розкривати аналіз історії розвитку науки і техніки та наукове прогнозування, футурологія (від лат. futurum – майбутнє та грец. λόγος – вчення) шляхом екстраполяції вже існуючих технологічних тенденцій.

Знання нанонауки і нанотехнології в освітній галузі. У монографії, присвяченій педагогічно-адаптованому змісту розгляду нанотехнологій в освітній галузі (Мороз (ред.), 2016), нанонаука розглядається як «синтез знань із галузі фізики, хімії, біології, медицини та інших наук, які, спираючись на досягнення математики та інформатики, вивчають феномен створення матеріалів шляхом маніпуляції на молекулярному, атомному та субатомному рівнях, властивості яких значно змінюються в порівнянні з їх властивостями на більшому рівні». Також визначаються складові нанотехнологій, що включають в себе «конструювання, характеристики, виробництво і застосування структур, пристроїв і систем шляхом керування формою та розмірами на нанометровому рівні, Крім того, це – маніпулювання, прецизійне розміщення, зміна, моделювання або виробництво матеріалів в масштабах до 100 нм». На думку авторів, для актуального впровадження саме таких інноваційних технологій, що вже скоро витиснуть застарілі технології, разом із відповідним відродженням високого рівня інженерної освіти в цілому, прийшов час і необхідність створення системи

нанотехнологічної освіти студентів і навіть школярів (Мороз (ред.), 2016, с. 10, 15).

Прогностичний висновок про необхідність вивчення в закладах освіти на різних рівнях (від ознайомлювального і науково-популярного – до наукового) наносвіту і нанотехнологій, пов'язаних з перспективами людської цивілізації, було зроблено нами раніше на науково-практичній конференції (Павленко, 2010, с. 192). Також погоджуємося з потребою посилення природничо-наукової складової професійної підготовки сучасних фахівців щодо реалізації ними завдання STEM-освіти (Андрєєв, Тихонська, 2019).

Вивчення нормативних документів МОН України та Кабінету Міністрів України з проблеми реалізації STEM-освіти (*Про схвалення Концепції, 2020; Методичні рекомендації, 2020*) дозволяють виокремити на сьогодні такі взаємопов'язані узагальнені критеріальні характеристики змісту STEM-освіти в Україні:

1. Трансдисциплінарність

(трансдисциплінарний підхід) як методологічна основа формування змісту природничо-математичної освіти (STEM-освіти) і підхід до навчання STEM, «що базується на практичному застосуванні наукових, математичних, технічних та інженерних знань і вмінь для розв'язання практичних проблем для подальшого використання їх у професійній діяльності».

2. *Інноваційність*, що широко пов'язана із практикою залучення інновацій у всіх сферах діяльності суспільства й посиленням ролі STEM-освіти як одного із пріоритетів модернізації змісту освіти й поширенням інноваційних методик викладання, спрямованих на виконання «завдання розвитку і виховання всебічно розвиненої, освіченої, інноваційної особистості» та «підготовки фахівців нової генерації, здатних до засвоєння знань, розроблення та використання новітніх технологій».

3. *Інтеграція* змісту вихідних складових дисциплінарних знань і вмінь STEM-освіти як її провідного принципу, що «дозволяє здійснювати модернізацію методологічних засад, змісту, обсягу навчального матеріалу предметів природничо-математичного циклу, технологізацію процесу навчання».

4. *Технологічність* змісту освіти, що пов'язана з вивченням і оволодінням технічними й інженерними знаннями і вміннями, інжинірингом (як застосуванням досягнень науки і винахідництвом у технічному вирішенні практичних проблем людства, проектуванні, створенні технологічних процесів), з орієнтацією змісту STEM-освіти на підготовку фахівців для наукоємних і високотехнологічних галузей, здатних до винахідництва – «генерування нових ідей і знань, створення нових технологій», а також з інноваційною технологізацією самого процесу навчання STEM.

Знання нанонауки про наносвіт і нанотехнології (як технологічні нововведення), що входять до ядра новітнього за визначенням шостого технологічного устрою в економіці, є також інноваційними й трансдисциплінарними, високотехнологічними, спрямованими на вирішення практичних проблем людства (інжиніринг), а, отже, потенційно здатними створити передумови для інноваційного розвитку суспільства, «наскрізно проникаючими», «інструментальними» на рівні наукових знань і технологій складових STEM (природничі науки, технології, інженерія, математика). До того ж факт, що «за сучасними оцінками більше половини STEM-сфери діяльності відносяться до інженерії» (Стрижак, 2017, с. 22), обумовлює важливість вивчення і оволодіння нанотехнологіями саме у змісті STEM-освіти.

Наукове поняття «трансдисциплінарність» вперше було використано швейцарським психологом і філософом Жаном Піаже (як взаємодію різних наукових дисциплін з подоланням дисциплінарних меж знання) і згодом, у другій половині ХХ століття, значно розширено у соціальному контексті австрійським філософом Еріхом Янчем (як об'єднання у загальній структурі соціальної системи науки, освіти й інноватики, що потенційно здатне створити необхідні умови для реалізації інноваційних механізмів розвитку суспільства). На той час і створилися умови для усвідомлення необхідності визначення спільної політики для

науки і розвитку вищої освіти, що відповідає новій, створеній людською цивілізацією ситуації технологічної ери, і переходу від індустріального суспільства до постіндустріального (Piaget, 1972; Jantsch, 1970; Бейлін, 2015; Ганаба, 2014, с. 64; Тягло, 2020; Киященко, Гребенщикова, 2011, с. 20). Саме трансдисциплінарність знань нанонауки і нанотехнологій, їх потенційна здатність до інжинірингу і NBIC-конвергенції відкриває подальші можливості інтеграції STEM-освітніх навчальних програм і курсів. Виокремлена навчальна програма з вивчення і практичного застосування знань нанонауки і нанотехнологій може бути міждисциплінарно інтегрованою і відповідно повинна входити до інваріантної частини змісту STEM-освіти.

Висновки. Сьогодні знання нанонауки про наносвіт та їх практичне застосування й реалізація у нанотехнологіях та вирішенні практичних проблем людства (інжинірингу) є авангардною, важливою й необхідною складовою інноваційного розвитку економіки на базі високих технологій, науково-технічного і технологічного прогресу, культури людської цивілізації.

Ключове місце нанотехнологій у ядрі нового – шостого технологічного устрою в економіці – та потужний потенціал їхнього впливу на соціально-економічні зміни в державі повинні обумовлювати пріоритетність при організації, формуванні тематики й змісту навчальних програм і курсів у системі STEM-освіти, широку освітню популяризацію і вивчення знань нанонауки про наносвіт і нанотехнології, проведення професійної орієнтації на STEM-сферу діяльності, високотехнологічні галузі економіки,

Навчальні програми і курси з вивчення і застосування знань нанонауки про наносвіт і нанотехнології та вирішення на їхній основі практичних проблем повинні входити до інваріантної частини (ядра) STEM-освіти.

Перспективами дослідження і розвідок може бути подальша розробка і систематизація змісту навчальних програм і курсів STEM-освіти та відповідних дидактичних систем з вивчення знань нанонауки про наносвіт і нанотехнологій.

Література

- Андреев А. М., Тихонська Н. І. Система підготовки майбутніх учителів фізики до організації інноваційної діяльності учнів. *Науковий журнал Хортицької національної академії. (Серія: Педагогіка. Соціальна робота)* : наук. журн. / [редкол. : В. В. Нечипоренко (голов. ред.) та ін.]. Запоріжжя : Вид-во комунального закладу вищої освіти «Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія» Запорізької обласної ради, 2019. Вип. 1(1). С. 67–74. DOI : <https://doi.org/10.51706/2707-3076-2019-1-7>
- Баксанский О. Е. Конвергенция: методология меганауки. *Философия и культура*. 2014. 4(76). С. 505–518. DOI : 10.7256/1999-2793.2014.4.10390
- Бейлін М. В. Нанотехнології в контексті постнекласичної науки: формування філософських основ : автореф. дис. ... док. філос. наук. Харків : Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна. 2015. 32 с.
- Ганаба С. Методологічний потенціал трансдисциплінарного підходу в організації змісту навчання. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія»*. Серія «Філософія». Випуск 15. 2014. С.62-67. URL: <https://eprints.oa.edu.ua/2781/1/13.pdf> (Дата перегляду 14.02.2021).
- Дробін А. А. Шостий технологічний уклад: освітні аспекти. IX Міжнародна науково-практична онлайн-інтернет конференція «Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті». 18–29 листопада 2019 р. URL : <https://www.cuspu.edu.ua/ua/konferenc-19-20/ix-mizhnarodna-naukovo-praktychna-onlain-internet-konferentsiia-problemy-ta-innovatsii-v-prirodnycho-matematychnii-tekhnolohichnii-i-profesiinii-osviti/sektsiia-5/10530-shostyy-tekhnolohichnyu-uklad-osvitni-aspekty> (Дата перегляду 18.05.2021).
- Киященко Л. П., Гребенщикова Е. Г. Современная философия науки: трансдисциплинарные аспекты : учебное пособие. Москва, МГМОУ, 2011. 146 с. Коваленко І. В. Нанонаука. *Енциклопедія Сучасної України: електронна версія [онлайн]* / гол. редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2020. URL: https://esu.com.ua/search_articles.php?id=71841 (дата перегляду: 18.06.2021)
- Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2020/2021 навчальному році. Лист ІМЗО від 19.08.2020 № 22.1/10-1646 URL : <https://imzo.gov.ua/2020/08/20/lyst-imzo-vid-19-08-2020-22-1-10-1646-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2020-2021-navchal-nomu-rotsi/> (Дата перегляду: 12.05.2021).
- Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. Под ред. академика РАН С. Ю. Глазьева и профессора В. В. Харитонов. Москва : «Тривант». 2009. 304 с. URL : <https://danilevsky.ru/sovremennyye-myslители/nanotekhnologii-kak-klyuchevoy-faktor-novogo-tehnologii-cheskogo-uklada-v-ekonomike/> (Дата просмотра: 12.05.2021).
- Нанотехнології в освітній галузі: [монографія] / за заг. ред. І. О. Мороз. Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 244 с.
- Павленко А. І. Горизонти розвитку науки і техніки у навчанні фізики в школі: пізнання наносвіту і нанотехнології. *Засоби і технології сучасного навчального середовища*. Матеріали науково-практичної конференції, м. Кіровоград, 21-22 травня 2010 року. Відповідальний редактор С. П. Величко. Кіровоград : Ексклюзив-Систем, 2010. С. 189–192.
- Патон Б. Є., Москаленко В. Ф., Чекман І. С. та ін. Нанонаука і нанотехнології: технічний, медичний та соціальний аспекти *Вісник НАН України*. 2009. № 6. С. 18–26.

- Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). *Розпорядження Кабінету Міністрів України; Концепція* від 05.08.2020 № 960-р URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-r#n8>(Дата перегляду:14.04.2021).
- Стрижак О. Є., Сліпучина І. А., Поліхун Н. І., Чернецький І. С. Stem-освіта: основні дефініції. Інформаційні технології засоби навчання, 2017, Том 62, No 6. С. 16–33. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2017_62_6_4. (Дата перегляду: 14.05.2021).
- Технологічний устрій https://uk.wikipedia.org/wiki/Технологічний_устрій#П'ятий_технологічний_устрій (Дата перегляду:12.05.2021)
- Тягло А. В. К понятию трансдисциплинарности. *Знання. Освіта. Освіченість*. Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Вінниця, 1–2 жовтня 2020 р.URL : https://www.researchgate.net/publication/344310755_K_ponatiu_transdisciplinarnostiDOI : 10.13140/RG.2.2.16081.35688. (Дата перегляду:12.05.2021)
- Jantsch E. Inter- and Transdisciplinary University: A Systems Approach to Education and Innovation. *Policy Science*. 1970. Vol. 1. P. 403–428.
- Piaget J. The Epistemology of Interdisciplinary Relationships *Interdisciplinarity. Problems of Teaching and Research in Universities*. Paris : OECD, 1972. P. 127–139.
- Schummer J. From Nano-Convergence to NBIC-Convergence: «The best way to predict the future is to create it» *Governing Future Technologies*. Springer Netherlands, 2009. P. 57–71.
- STEM-освіта. Глосарій. URL : <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/glosariy/> (Дата перегляду 03.04.2021)

References

- Andriev, A. M. & Tykhonska, N. I. (2019). The system of preparing future physics teachers for the organization of students' innovative activities. *Scientific Journal of Khortytsia National Academy. (Series: Pedagogy. Social Work) : scientific journal / [editorial board : V. Nechyporenko (chief editor) and others] : Publishing house of the Municipal Institution of Higher Education -Khortytsia National Educational and Rehabilitation Academy of Zaporizhzhia Regional Council, Iss. 1(1). 67–74* <https://doi.org/10.51706/2707-3076-2019-1-7> (ukr).
- Baksanskij, O. E. (2014). Convergence: Megascience Methodology. *Philosophy and culture*. 4(76). 505–518. <https://doi.org/10.7256/1999-2793.2014.4.10390> (rus.)
- Beilin, M. V. (2015). Nanotechnology in the context of post-nonclassical science: the formulation of philosophical foundations: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Philosophical Sciences. : V. N. Karazin Kharkiv National University (ukr).
- Drobin, A. A. (18–29 November 2019). The sixth technological paradigm: educational aspects. IX International scientific-practical online conference "Problems and Innovations in Science, Mathematics, Technology and Vocational Education.". <https://www.cuspu.edu.ua/ua/konferenc-19-20/ix-mizhnarodna-naukovo-praktychna-onlain-internet-konferentsiia-problemy-ta-innovatsii-v-prirodnycho-matematychnii-tekhnologichnii-i-profesiinii-osviti/seksiia-5/10530-shostyy-tekhnologichnyy-uklad-osvitni-aspekty> (Date of reference: 18.05.2021) (ukr).
- Glaziev S. Yu. (Ed.) (2009). Nanotechnology as a key factor in the new technological paradigm in the economy. «Тrovant». <https://danilevsky.ru/sovremennyye-mysliteli/nanotehnologii-kak-klyuchevoy-faktor-novogo-tehnologicheskogo-uklada-v-ekonomike/> (Date of reference: 12.05.2021) (rus).
- Hanaba, S. (2014). Methodological potential of transdisciplinary approach in the organization of learning content. *Scientific Notes of Ostroh Academy National University. «Philosophy» series*. Issue 15. 62–67. <https://eprints.oa.edu.ua/2781/1/13.pdf> (Date of reference: 14.02.2021). (ukr).
- Jantsch, E. (1970). Inter- and Transdisciplinary University: A Systems Approach to Education and Innovation. *Policy Science*. Vol. 1. 403–428(eng).

- Kiiashchenko, L. P. & Grebenshchikova, E. G. (2011). Modern philosophy of science: transdisciplinary aspects: manual. MGMOU (rus.)
- Kovalenko, I. V. (2020). Nanoscience. Encyclopedia of the Modern Ukraine: electronic version [online] : Institute of Encyclopedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, https://esu.com.ua/search_articles.php?id=71841 (date of reference: 18.06.2021) (ukr).
- Methodology recommendations for the development of STEM education in general secondary and extracurricular education institutions in the 2020/2021 academic year. Letter of Institute of Education Content Modernization from 19.08.2020 № 22.1/10-1646 <https://imzo.gov.ua/2020/08/20/lyst-imzo-vid-19-08-2020-22-1-10-1646-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2020-2021-navchal-nomu-rotsi/> (Date of reference: 12.05.2021) (ukr).
- Morozovl. O.(Ed.) (2016). Nanotechnologies in the educational field: [monography] : Publishing house of A. S. Makarenko Sumy State University (ukr).
- On the approval of the Concept of development of natural sciences and mathematical education (STEM-education). *Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine; Concept* from 05.08.2020 № 960-r <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-r#n8> (Date of reference: 14.04.2021)(ukr).
- Paton B. Ye., Moskalenko V. F. , Chekman I. S. [ta in.]. Nanoscience and nanotechnologies: technical, medical and social aspects *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2009. № 6. 18–26(ukr).
- Pavlenko, A. I. (2010). Horizons of development of science and technology in teaching physics at school: knowledge of nanoworld and nanotechnology. *Means and technologies of modern educational environment*. Proceedings of the scientific-practical conference, Kirovograd, May 21-22, 2010. : Ekskliuzyv-System. 189–192 (ukr).
- Piaget, J. (1972). The Epistemology of Interdisciplinary Relationships. *Interdisciplinarity. Problems of Teaching and Research in Universities*. Paris : OECD. 127–139 (eng).
- Schummer, J. (2009). From Nano-Convergence to NBIC-Convergence: “The best way to predict the future is to create it” *Governing Future Technologies*. Springer Netherlands. 57–71 (eng).
- STEM-education. Glossary. <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/glosarij/> (Date of reference: 03.04.2021). (ukr).
- Stryzhak, O. Ie., Slipukhina, I. A., Polikhun, N. I. & Chernetskyi, I. S. (2017). Stem-education: general definitions. *Information technologies and teaching aids*, Volume 62, No 6. 16–33. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2017_62_6_4. (Date of reference: 14.05.2021). (ukr).
- Technological paradigm https://uk.wikipedia.org/wiki/Tekhnolohichni_ustrii#Piatyi_tekhnolohichni_ustrii (Date of reference: 12.05.2021) (ukr).
- Tiahlo, A. V. (2020). On the concept of transdisciplinarity. *Knowledge. Training. Education*. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference, Vinnytsia, October 1-2, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16081.35688>. (ukr).

ЗНАНИЯ НАНОНАУКИ О НАНОМИРЕ И НАНОТЕХНОЛОГИЯХ В СОДЕРЖАНИИ STEM-ОБРАЗОВАНИЯ

Анатолий Павленко, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой социальной работы, Хортицкая национальная академия, Запорожье, Украина, e-mail: anatolypavlenko@ukr.net

В статье предпринята попытка систематизации, а также обоснования роли и места знаний нанонауки о наномире и нанотехнологиях и их применениях в содержании STEM-образования. Раскрыто, что они являются авангардной, важной и необходимой составляющей

инновационного развития экономики на базе высоких технологий, научно-технического и технологического прогресса и культуры человеческой цивилизации.

Доказывается, что ключевое место нанотехнологий в ядре нового – шестого технологического уклада в экономике, а также мощный потенциал их влияния на социально-экономические изменения в государстве обуславливает: приоритетность в процессе организации, формировании тематики и содержания учебных программ и курсов в системе STEM-образования, широкую образовательную популяризацию и изучение нанотехнологий вместе с проведением профессиональной ориентации на STEM-сферу деятельности, высокотехнологические отрасли экономики.

Ключевые слова: знания нанонауки, наномир, нанотехнологии, STEM-образование, технологический уклад в экономике.

KNOWLEDGE OF NANOSCIENCE ABOUT NANOWORLD AND NANOTECHNOLOGIES IN THE CONTENT OF STEM-EDUCATION

Anatolii Pavlenko, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Social Work, Khortytsia National Academy, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: anatolypavlenko@ukr.net.

The article is an attempt to systematize, substantiate and determine the role and place of nanoscience knowledge about the nanoworld and nanotechnology as well as its application in the content of STEM-education. Basing on the methods of comparative, systematic and interdisciplinary analysis and empirical generalization, it is revealed that this knowledge is an important and necessary avant-garde component of innovative development of the state economy on the basis of high technology, scientific and technological progress and culture of human civilization. The place of nanotechnologies in the technological progress of human civilization is determined from the standpoint of classification of technological devices in the economy.

The interrelated criterion characteristics of the content of STEM-education in Ukraine are generalized: 1) Transdisciplinarity (transdisciplinary approach) as a methodological basis for content formation; 2) Innovation, which is widely associated with the practice of attracting innovation in all spheres of society and strengthening the role of STEM education as one of the priorities of modernization of educational content and dissemination of innovative teaching methods; 3) Integration of the content of the initial components of disciplinary knowledge and skills of STEM-education as its guiding principle; 4) Technical character, which is associated with studying and mastering technical knowledge and skills, engineering (as the application of scientific achievements and invention when finding technical solutions of practical problems of mankind).

It is proved that the key place of nanotechnologies in the core of the new - sixth technological paradigm in the economy and the powerful potential of their impact on socio-economic changes in the country should determine: priority in the organization and formation of topics and content of curricula and courses in the system of STEM education; wide educational popularization and study of nanotechnologies together with professional orientation on STEM-sphere of activity, high-tech branches of economy.

Key words: knowledge of nanoscience, nanoworld, nanotechnology, STEM-education, technological paradigm in the economy.

Стаття надійшла до редакції / Received 30.10.2021

Прийнята до друку / Accepted 19.11.2021

Унікальність тексту 92,7 % (Unicheck ID 1009975870)

© Павленко Анатолій Іванович, 2021