



УПРОВАДЖЕННЯ КВАНТОВОЇ ЕДУКАЦІЇ ТА STREAM-ПІДХІД В ОСВІТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК

A Зроблена спроба дати визначення поняття «квантова едукація», висвітлено деякі паралелі між квантовою механікою й освітніми технологіями. Розглянуто особливості проведення STREAM-розминки для налаштування на креативну, творчу, науково-дослідницьку та винахідницьку діяльність при проведенні занять гуртка дослідницько-експериментального напрямку позашкольної освіти з основ робототехніки та комп'ютерного моделювання на основі впровадження квантової едукації та STREAM-підходу.

Ключові слова: квантова едукація; дивергентне мислення; квантовий комп'ютер; інноваційні освітні технології; STEM; STREAM-розминка; SMART-заняття

S *Bykov Valerii. Quantum Education and STREAM- approach in Junior Academy of Sciences.*

This paper presents an attempt to define concept "quantum education". It highlights the features of conducting classes of a study group of a research and experimental direction of extracurricular education on robotics and computer modeling based on the approach of quantum learning and STREAM Technologies. Author presents some features of a STREAM warm-up for tuning study group participants in to creative, research and inventive activities, summarizes some the most innovative concepts of modern education. Scientific, research and invention activities are the greatest form for demonstrating the creative level of schoolchildren' educational achievements. Energy of quanta is directed in lockstep with our ideas and explained dreams. Because quantum theory gets to all spheres of science and human life it widely implements in education.

Key words: quantum education; quantum learning; divergent thinking; quantum computer; innovative educational technologies; STEM; STREAM-warm-up; SMART lesson

Биков Валерій Олександрович, методист Комунального закладу Полтавської обласної ради «Полтавська обласна Мала академія наук учнівської молоді»

Bykov Valerii, methodologist of the Municipal Institution of Poltava Regional Council «Poltava Regional Junior Academy of Sciences»

E-mail: walerijbykov@ukr.net

Вступ. Людство входить у нову квантову епоху, епоху глибинних системних змін у всіх сферах життя, зокрема і в освіті. Основні вимоги до сучасної системи освіти: підготувати активних, патріотично налаштованих людей, які володіють критичним мисленням, можуть і вміють ставити SMART-цілі та приймати зважені і відповідальні рішення; підготувати молодих людей, які об'єктивно усвідомлюють реалії, що їх оточують і шукають багатоваріантні шляхи розв'язання різних проблем: технічного, економічного, екологічного, містечкового, наукового, комунікативного, геополітичного чи духовного характеру. Одним із найважливіших стратегічних завдань України XXI століття є підготовка нової наукової еліти, здатної опановувати квантовими технологіями.

Постановка проблеми. В епоху активного дослідження космосу, стрімкого розвитку IT-галузі, робототехніки, нанотехнологій, експоненціального збільшення обсягу інформації, накопиченої людством, важко уявити життя без глобальної мережі Інтернет, мобільного зв'язку, SMART-технологій та інших досягнень сучасної науки. Суспільству довелося зіткнутися із ситуацією, коли освіта має готувати нове покоління людей до життя в невідомих, швидкозмінних умовах, а також до вирішення глобальних проблем, про які нині навіть важко уявити.

Обсяг щоденної інформації, з якою має справу людство XXI століття, приблизно відповідає річному потоку інформації столітньої давнини. Самі знання вже не мають такої вагомості, як раніше. Навіть сучасна економіка все більше зміщується з поля економіки знань до області економіки емоцій, вражень.

У багатьох країнах світу вже зараз виділяються величезні кошти на дослідження, теоретичні розроблення та впровадження елементів квантової освіти. Зокрема, конгрес США виділив 100 мільярдів доларів на дослідження і розвиток квантової інформатики, термінове створення 5-ти нових надсучасних науково-дослідницьких університетів, які будуть працювати у квантово-орієнтованих галузях і популяризувати впровадження і розвиток квантової освіти в США [13]. На активацію зусиль у галузі квантових розрахунків США створили 2019 році альянс із кількох ведучих академічних закладів і дослідницьких центрів Quantum Information Edge [5].

Метою статті є спроба дати визначення квантової едукації та деяких основних понять сучасної педагогіки, які можуть бути пов'язані з якісно новими, інноваційними напрямами освіти, такими як квантова едукація і STREAM-підхід при організації занять у гуртках дослідницько-експериментального напрямку Малої академії наук України.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи освіти, зокрема і позашкільної, закладені в педагогічних доробках К. Ушинського, Б. Грінченка, Г. Ващенко, І. Огієнка, П. Юркевича, Ю. Кобилянського, С. Русової, В. Сухомлинського та ін.

Саме слово «квантовий» ще зовсім недавно багато хто навіть із авторитетних учених сприймали з усмішкою, як щось фантастичне, дивне, казкове, але вже зараз більшість сприймає як мейнстрим, як щось суперпотужне, здатне змінювати парадигми, здатне на наднові прориви в усіх галузях науки, техніки, медицини, психології, освіти тощо. Фізики квантом називають найменшу кількість будь-якого фізичного утворення (порцію енергії), що бере участь у взаємодії. Квантування енергії, вплив її на взаємодію енергії з речовиною є частиною фундаментальної основи теорії фізики для розуміння та тлумачення природи.

Багато педагогів відшукували вдаліші терміни для позначення балансу навчання, виховання та розвитку. Дехто використовував термін «освіта», дехто намагався все вищезгадане вкласти в термін «виховання». Ширшим від поняття «виховання» й «освіта» багато українських істориків, педагогів, письменників убачали в понятті «ефективна освіта». Серед них були: і М. Грушевський, і І. Франко, і П. Юркевич. За часів мандрівного філософа, просвітителя з Полтавщини Григорія Сковороди гарним тоном для людини вважалося, коли про неї говорили, що вона едукована, тобто освічена, ерудована, талановита, всебічно розвинена, сильна духом, ввічлива і культурна. На думку професора О. Вишневецького, освіта – це термін, яким треба позначати процесуальний компонент освіти у його триєдності – навчання, розвитку і виховання [4].

Квантове навчання (як складник квантової освіти) пропагують Дженні Северсон [12], Бобі Депортер і Майкл Хенакі [6]. Автори книги «Розбуди в собі генія» визначають ключові каталізатори, що дозволяють зрозуміти, що потрібно, щоб стати відповідальнішим, незалежним, досконалішим, щоб чесно реалізовувати свої мрії, вчитись на своїх і чужих помилках, максимально використовувати кожну мить життя. Дослідники роблять акцент на так званих ключах, які допомагають самовдосконалюватися для випромінювання енергії, яка динамічно фокусує життя. Серед таких ключів вирізняють, у першу чергу, наявність потужної мотивації (в основі якої – цінності), варіативність, уміння знаходити в усьому правильний й оптимальний баланс, необхідність позитивного сприйняття світу й оптимістичного настрою на засвоєння наук, опанування мистецтвом управління часом та постановки цілей, усвідомлення того, що правильне сприйняття помилок і поразок обов'язково призводить до успіху і перемоги. Книга «Розбуди в собі генія» вчить, як робити нотатки, щоб побачити цілісну картину, як учитися швидко знаходити необхідну інформацію, як удосконалювати своє мислення. Автори фокусують увагу на значному прискоренні в освоєнні наук за умови навчання з вели-

ким задоволенням, у радості, навчання в ігровій формі, з позитивним мисленням, музичним супроводом, у комфортному середовищі. Методика базується на сугестології (науці про звільнення прихованих можливостей людини), нейролінгвістичному програмуванні, теорії триєдиного мозку, теорії холістичного навчання (через поєднання естетичного, фізичного, емоційного, інформаційного, образного, аудіовізуального та духовного джерел сприйняття інформації); експериментального і метафоричного навчання, на підході модальної преференції (візуальної, слухової, кінестатичної).

Розглянемо деякі поняття і технології, які вже зараз можна асоціювати з квантовою освітою. Звісно ж, серед значущих із таких технологій є інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Саме їх можна назвати одними з найважливіших для переходу до квантової ери. Це такі технології, які виконують інтеграцію телекомунікації, комп'ютерів, програмного забезпечення, накопичувальних та аудіовізуальних систем, які дозволяють користувачам створювати, одержувати доступ, зберігати, передавати, компіювати та змінювати інформацію всіх типів і видів. Теоретичними і практичними аспектами ІКТ активно займається інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України (ІІТЗН). Саме в ньому досліджують питання інформатизації освіти, впровадження найновіших світових трендів ІТ в освітні заклади, таких як розвиток технологій хмарних сховищ, хмарних обчислень і віртуалізації ІКТ-інфраструктур, а також застосування новітньої технології туманних обчислень (Cloud Computing and Virtualization) [1; 2].

Досить велике значення для квантової освіти може мати підхід, якому в останній час приділяється в світовій педагогіці дуже багато уваги. Це інтегроване навчання, тобто таке навчання, що ґрунтується на комплексному підході. За системного підходу, інтеграція визначається як процес взаємодії двох або більше систем із метою створення нової, що набуває кращих якостей, завдяки зміні властивостей і зв'язків її елементів. Усе найцікавіше нині в науці відбувається власне на стику наук. Так з'явилися мехатроніка і біоніка, STREAM-підхід, генна інженерія та інші міждисциплінарні течії [9].

Серед програмних продуктів, корисних і дієвих при формуванні інформаційного простору процесу квантової освіти, може бути ефективно використаний, розроблений зусиллями провідних фахівців НЦ «МАНУ» унікальний онтологічний програмний комплекс «ТОДАОС» (трансдисциплінарні освітні діалоги аплікаційних онтологічних систем) [11; 16].

Проблемний підхід тривалий час визнається світовою педагогічною елітою, як надзвичайно потужний і ефективний. Цей підхід не втратить актуальності і серед методів квантової освіти. Проблемний виклад навчального матеріалу дає змогу активізувати едукативну діяльність, сприяє росту зацікавленості навчальним предметом, розвиває аналітичне, генеративне, креатив-

не мислення, здатність висувати, перевіряти, доводити гіпотези та робити висновки, оволодівати новими способами дій. Дуже важливо, щоб у кожної дитини формувалася власна думка, власні шляхи щодо розв'язання певних задач досліджуваної тематики, бачення варіативності подолання проблеми [9].

У квантовій едукації знайде продовження й один із найінноваційніших напрямів в освіті – інтеграційний STEM-підхід, який передбачає об'єднання природничих наук (Science), інженерії (Engineering), математики (Mathematics), використання нових технологій (Technology) і спрямовується на розвиток основних життєвих компетентностей, що в майбутньому має забезпечити потреби суспільства в добре підготовлених інженерних кадрах і фахівцях за напрямками STEM [15]. Але для Малої академії наук доцільнішою варіацією STEM- є STREAM-підхід. Додавання англійської літери R в аббревіатуру (Research) – акцентує увагу на основі манівських наукових робіт, тобто дослідженнях, а літера A (Art) вказує на необхідність у «палітрі» STREAM ще й мистецтва, у тім числі і мистецтва публічної доповіді, захисту, наукової дискусії. STREAM-підхід передбачає навчання через дію, через експеримент, через практику. Унікальність цього освітнього підходу полягає в міждисциплінарних аспектах, що засновані на активному навчанні та інтегрують у собі науку, технологію, інженерну справу, наукові дослідження, мистецькі «нотки», математику [14; 18].

Ефективним освітній процес можна вважати тоді, коли втрачається відчуття часу під час навчання, коли отримується задоволення від пізнання, від здивування, від колективної взаємодії, коли дитина бачить, як від зміни її мислення – змінюється і її життя, коли вона радіє від пізнання необхідності вивченого для її власних здобутків, винаходів, відкриттів, коли отримується задоволення не тільки від досягнення мети, а й від самого процесу, коли отримані знання перетворюються у компетентності, у мудрість. А мудрість – це глибинне розуміння фундаментальних принципів усього, що відбувається.

Викладення основного матеріалу. Наразі тяжко знайти людину, яка б не чула слів: квант, квантовий, квантова механіка, квантовий комп'ютер, квантова суперпозиція, квантова заплутаність, квантова криптографія і багато іншого. Важко, щоправда, й знайти людину, яка б чітко розуміла механізм і природу квантового світу. Але як би там не було, від часу висування квантової теорії будови атома Нільсом Бором та Максом Планком, формування теорії відносності Альбертом Ейнштейном, слово «квант» надійно ввійшло в наукову лексику. Нелегко збагнути, як може найдрібніша частинка світобудови іноді одночасно мати властивості й елементарної частинки і хвилі. Важко осягнути, як у квантовій механіці реальність твориться у процесі виміру й усвідомлення спостерігачем результату виміру. Але це не заважає людству отримувати з усього того практичні зиски у вигляді винаходів – лазера, томографа, транзистора, ла-

зерного принтера і багатьох інших корисних речей. Той же квантовий комп'ютер нині – це вже реальність. Хоч і коштує кілька десятків мільйонів доларів, хоч і не використовується поки що практично, але світ напружився в очікуванні прориву в області квантового програмування і приходу нової квантової ери людства. Надпровідні властивості при наднизьких температурах допомогли людству створити квантовий процесор. Квантові комп'ютери, використовуючи кубіти, здатні вирішувати за кілька годин завдання, які звичайний комп'ютер може прорахувати тільки за багато років. Квантові комп'ютери чекають на надпотужні розрахунки ймовірностей, симуляції складних процесів, створення ефективних систем штучного інтелекту, нового підходу в шифруванні й кодуванні інформації, створення ультра якісної віртуальної реальності, візуалізації роботи мозку, пошуку оптимальних конфігурацій для хімічних реакцій і багато-багато чого ще неймовірного. Найпопулярніше квантовий світ описує відомий світовий вчений доктор Мічіо Кайку у своїй книзі «Фізика майбутнього. Як наука вплине на долю людства і змінить наше повсякденне життя у XXI сторіччі» [8].

Оскільки квантова теорія проникає в усі сфери науки і людського життя – логічне її широке поширення і в галузі інноваційних освітніх технологій.

Мозок звичайної людини вже не в змозі переробити весь величезний потік інформації XXI століття, що ллється з різноманітних джерел. Найпристосованіші, починають сприймати інформацію порціями, квантами. Уже тепер зрозуміло, що квантове, багатоваріантне, порційне мислення – то необхідність зовсім недалекого майбутнього. Квантове мислення вдало пройшло перевірку життям у музичних кліпах. Здавалося б, у них показують дуже випадкову нарізку коротеньких епізодів, мало пов'язаних між собою. Але, як це не дивно, про пісню, про сюжет, виникає цілісне враження. Можна отримати уявлення про пісню, прочитавши її слова, прослухавши мелодію, поглянувши на фото виконавця, але цілісне і повне враження може сформуватись при сприйнятті відеокліпу. Тут і порційність, і інтегрованість спрацьовують разом. Тож з окремих розрізнених фрагментів мозок людини у стані скласти цілісну картинку світу. Особливими помічниками в цій справі стають сучасні технології віртуальної і доповненої реальності, лазерні, 3D, голографічні та інші інновації.

Поняття «квантова едукація» ширше від понять «квантове навчання» і «квантова освіта», бо воно передбачає щось ще більше, щось ще недостатньо окреслене, щось таке, яке запалює бажання до постійного самовдосконалення, відчуття постійного очікування якогось бажаного сюрпризу, щось, що не можна описати звичайними словами, зрозуміти механізму дії (можливо, це «щось» німецький психолог Карл Бюлер називав інсайтом). Механізм прозріння, яке іноді відбувається в мозку людини, що напружено працює над вирішенням якихось питань

непередбачуваний, як і положення елементарних частинок у певний момент часу в атомі. Іноді прозріння (і відповідно нове відкриття) приходять у сні (як це було з періодичною системою хімічних елементів), але частіше – під час запеклої наукової дискусії або усамітненої медитації.

Із квантовою едукацією тісно пов'язані такі слова і поняття як інноваційність, інтегрування, інтерактивність, креатив, структурування; дивергентне, латеральне, критичне та візуальне мислення; холістичне і метафоричне навчання; форсайт (активний прогноз), інтуїція, синестезія («бачення» кольору, прослуховуючи музику; відчуття мелодії, споглядаючи картину), STREAM-підхід у навчанні, робототехнології, асоціативне колажування, поліфункціональність, паралельне викладання, синергетика; когнітивні, конвергентні, інформаційно-комунікаційні, NBIC-технології, мозковий штурм, нейронні мережі, варіативна гнучкість, евристика (наука про процеси і правила творчості), окрилення, осяяння і навіть такі, як інтуїція, телепатія, візія, характерництво, харизма, віщування, гіпноз.

Едукація – це формування і постійний розвиток досконалішої особистості, пошук балансу між логікою та інтуїцією. Енергія квантів спрямовується туди, куди спрямовуються наші думки, наші вмотивовані мрії. У найближчому розумінні, квантова едукація – це перш за все, синергія кращих інтеграційних методологій, едукативних методик, симбіоз найновітніших педагогічних технологій, які дозволять на якісно новому рівні реалізувати набуття наукових і життєвих компетентностей у процесі цілісного багатозадачного наукового пізнання світу, розвиток здібностей до неперервного комбінування і варіювання конвергентного та дивергентного мислення; виховання особистості, здатної до постійного і всебічного самовдосконалення на засадах загальнолюдських цінностей. Квантова едукація передбачає такі взаємодії між учасниками освітнього процесу, які здатні перетворювати енергію у випромінювання, яке приводить до прозріння, до осяяння, до передбачення найоптимальніших варіантів вирішення будь-яких задач. У якійсь мірі, квантова едукація – це опанування мистецтвом викликати зміни своєю волею, своїм бажанням і навіть, своїми мріями. Квантова едукація – це багатоваріантність у поєднанні зі всепроникною інтегрованістю, яка допомагає «узріти» гармонію, відчути природну пропорцію, звідати саму сутність, знайти міру.

Сама свідомість людини є своєрідним поєднанням усіх простих форм відображення реальності: сприйняття, відчуттів, понять, уявлень, почуттів, дій, при чому – одночасно. Людська свідомість аналізує, прогнозує, припускає, поєднує, і, кінець-кінцем, робить певні висновки – і все це в комплексі. Свідомість носить хвилевий характер і породжується квантово-хвилевою активністю мозку. Наша свідомість діє як якесь енергетичне поле, енергія якого постійно перелаштовується, трансформується, в

тому числі і в залежності від віку. Надзвичайно важливим є вчасний віковий розвиток тих чи інших людських здібностей. Професор Кйонсанського національного університету з Південної Кореї, експерт ЮНЕСКО, провідний спеціаліст з методики «Філософія для дітей» Джинван Парк, виступаючи з лекцією на Міжнародному форумі Innovation Market 2019 в м. Київ зазначав, що вчитися мислити, висловлювати власну думку, правильно ставити запитання, коментувати, підбивати підсумки, оцінювати – це дуже важливі вміння для людини, а розвивати, зокрема і філософське мислення краще в підлітковому віці, коли особистість формується, а не у студентські роки, коли вона вже практично сформована. Філософія прищеплює любов до мудрості. А мудрість допомагає відрізнити правду від кривди, позитивне від негативного, перспективне від банального, корисне від шкідливого.

Багато хто давно вже зрозумів, наскільки важливими для ефективності навчання є енергетичні кванти бажань, прагнень, думок, емоцій, переконань, мотивації. Дуже важливими складниками процесу квантової едукації є опанування порційним (квантовим), почерговим використанням конвергентного і дивергентного мислення. Конвергентне мислення – це класичний тип мислення, заснований на логіці, математичних розрахунках, ланцюжках взаємопов'язаності понять. Дивергенція – це свого роду неординарність сприйняття, мислення й підходу до вирішення завдань, це особлива здатність залучати й використовувати інформацію інтегровано, одночасно з різних галузей знань, часто несумісних на перший погляд. Це в тому числі й нестандартне, гнучке, варіативне, навіть латеральне мислення, що виходить за межі загальноприйнятих стереотипів, яке частіш керується інтуїцією і не передбачає: ані пошуку єдиного можливого рішення завдання, ані єдиного (нехай і ефективного) способу розв'язування. Вже зараз у сучасній економіці, заснованій на глобальних технологіях, кращі університети й роботодавці шукають кандидатів зі здатністю мислити дивергентно та відповідно діяти. Цей набір навичок включає здатність виходити за межі заданої точки уваги та сприймати все набагато ширше, ніж це можна зробити за допомогою уваги, обмеженої конкретною метою. Тобто успіх у XXI столітті вимагає не тільки вміння нестандартно мислити, а й сприйняття інформації поза зоною уваги й очевидного контексту. Тому важливо вже зараз визначати перспективи переходу від інноваційної освіти до квантової едукації [17].

Квантовий стрибок – перехід квантової системи (атома, молекули, атомного ядра, твердого тіла) з одного стану в інший, з одного рівня енергії на інший. Поняття було запроваджено Нільсом Бором. Квантовий стрибок – явище, що властиве саме квантовим системам і відрізняє їх від класичних систем, де будь-які переходи виконуються поступово. У квантовій механіці подібні стрибки

пов'язані з неунітарною еволюцією квантовомеханічної системи в процесі вимірювання [3]. За аналогією, квантова едукація має надавати можливості переходу від повільного і поступового освоєння якоїсь області знань чи вмінь до швидкісної, стрибкоподібної (через певні трансівні стани, самонавіювання, часові «тунелі», медитацію тощо)

Квантова едукація – це не просто отримання нових знань і вмінь, а й спосіб розширення свідомості та зміни реальності, сповненої вірогідностями. Квантова едукація передбачає едьютейнмент, тобто забезпечення можливості поєднувати навчання, розвиток та виховання з приємним проведенням часу. Тому логічною буде організація ефективної роботи в малих командах. У «групах», як правило, перебувають схожі за якимось ознаками особи, а в «командах» – різні, але такі, що доповнюють одне одного, підсилюють характерними здібностями і можливостями.

Обов'язковими умовами впровадження квантової едукації є зняття в учасників процесу психологічних бар'єрів (страху, скутості) та створення комфортного SMART-середовища для занять. Якщо нині задумати технічно перетворити всі освітні заклади України у SMART-середовища – в цьому може бути проблема, бо це потребує значних коштів. Проте є рішення такої проблеми – і це створення центрів квантової едукації на базі обласних осередків МАН. Це могли б бути надсучасні творчі лабораторії для проведення SMART-уроків кращими вчителями, методистами, науковцями області, а можливо, деякі із занять і віртуальними цифровими аватарами, наприклад, типу Neop. Якщо школяреві вдавалося б побувати на занятті в такому нооосвітньому, надтехнічно обладнаному центрі, хоча б один раз – це б дало імпульс до навчання, самовдосконалення і саморозвитку на все життя (як у квантовому світі один єдиний нейтрон здатний запустити ядерну ланцюгову реакцію з виділенням колосальної кількості енергії). Національний центр МАН уже розпочав формування такого центру зі STEM-лабораторіями (прикладом може бути МАНЛаб – центр реальних і віртуальних навчальних досліджень). Створюються стартап-акселератори, наукові інкубатори, сучасний музей науки. На черзі створення едукаційного центру (освітнього хабу взаємодії і наукової комунікації), облаштування експлораторіуму – простору освітніх майданчиків з інтерактивними експонатами, що пояснюють дію законів природи, робототехнічні парки, моушен-фото-відеостудії, народознавчі світлиці, біоекологічні станції, полігони для дронів, SMART-аудиторії, реплікаторіуми для 3D принтингу, клуби віртуальної і доповненої реальності тощо. Квантова едукація потребує створення інтерактивних, мультимедійних книг (типу «Гаджетаріум» цифрового видавництва Gutenbergz), Інтернет-сервісів нового покоління та нових комп'ютерних програмних продуктів для ефективного навчання, психологічної аналітики, педагогічної діагностики.

У Законі України «Про загальну середню освіту» зазначено як завдання – формування особистості учня (вихованця), розвиток його здібностей і обдарувань, наукового світогляду [7]. Однією з найдієвщих у вирішенні такого завдання серед позашкільних закладів є функціонування Малої академії наук (МАН) України. Основним напрямом її діяльності є дослідницько-експериментальний, що передбачає залучення молоді до науково-дослідницької, проектно-конструкторської, дизайнерської, творчої, експериментальної та винахідницької діяльності в різних галузях науки, культури, техніки, мистецтва, а також виявлення, підтримка, мотивація та розвиток обдарованої молоді, створення сприятливих умов для розширення наукового світогляду, творчої реалізації креативних і науково-генеративних здібностей. Головним завданням Малої академії наук є розвиток творчого потенціалу, інтелектуальне, емоційне і духовне збагачення молодого покоління, підготовка його до життя, до активної діяльності в різних галузях науки, техніки, мистецтв, формування наукової і культурної еліти України, популяризація наукової освіти. Звісно ж, система освітньої діяльності Малої академії наук України спрямована і на формування активного громадянина держави, який зможе створювати успішні стартапи, займатися науковою і творчою роботою. МАН за особливостями своєї діяльності дуже близька до загальних засад якісно нового напрямку в освіті, такого як квантова едукація. Мала академія проводить різноманітні конкурси (в тому числі інтерактивні, такі як «МАН-Юніор Дослідник», «МАН-Юніор Ерудит») для талановитої молоді, організовує: навчання в літніх наукових школах, виставки, форуми, хакатони; проводить реальні та віртуальні заняття в своїх STEM-лабораторіях, забезпечує участь конкурсантів з України в міжнародних наукових змаганнях та в інших масштабних заходах. Вихованці МАН, працюючи за програмою «Лекції майбутнього» в CERN (Європейська організація з ядерних досліджень – ЦЕРН), долучаються до вивчення квантових частинок, спостереження за дослідженнями в адронному колайдері. Підготовка і захист манівської роботи є процесом багатозадачним, інтегративним. Дитина пише роботу, консультуючись із учителями різних предметів, із науковцями та методистами. Дитина готує виступ, презентацію, бере участь у дискусії під час захисту, демонструє знання з профільного предмета. Тобто захист потребує одночасно: і наукової підготовки, і ораторських здібностей, і швидкої орієнтації в темах конкурентів (щоб задати влучні питання). Разом з тим, роботу потрібно набрати на комп'ютері, оформити згідно з вимогами, за необхідності ілюструвати схемами, світлинами, діаграмами, таблицями і т. д. Для робіт технічного спрямування потрібно зуміти ще й виготовити прилад чи пристрій, протестувати функціональність, продемонструвати його можливості. У кожній роботі має бути новизна, особистий вклад автора, аналіз здобутків різних учених і практиків в окреслених питаннях.

Усе перелічене є вже початками інтегрованого навчання, відмінного від традиційного (яке застосовують у звичайних закладах освіти).

Квантове навчання, квантова освіта, квантова едукація – всі ці поняття мають увійти в педагогічний лексикон найближчим часом. Для кожної країни, на разі, дуже важливо першими підготувати покоління, здатне ефективно програмувати квантові комп'ютери, справжній штучний інтелект. Тому квантова едукація нині – це не тільки поняття інноваційності, престижності, ефективності, але й поняття безпеки країни.

Робототехніка як один із трендів сучасної світової освіти, один із напрямів STREAM, потребує об'єднання знань із математики, фізики, інформатики, біології, техніки, технологій та інших наук, тож при вивченні робототехніки гуртківці мають можливість засвоювати знання через діяльність, творчість, що стимулює інтерес і розвиває любов до предметів, креативність, винахідливість, критичне мислення, комунікабельність, науково-технічну грамотність. На SMART-заняттях з робототехніки [10], математики, фізики чи програмування доцільно проводити так звану STREAM-розминку, тобто набір швидких завдань для налаштування мозку вихованців на активну роботу. Це щось схоже на гімнастику для мозку, яку американський професор нейробиології Лоуренс Кац назвав нейробікою. Серед таких завдань можуть бути: розгляд оптичних ілюзій (цікавий спосіб до захоплення гуртківців висловлювати свої думки з більшою впевненістю, адже вони відчують, що немає неправильних відповідей), вправи на знаходження помилок, вправи на знаходження закономірностей і відмінностей, вправи на визначення позитивного і негативного, вправи на швидку розробку оригінальних конструкцій якихось побутових предметів, вправи на поєднання кількох функцій в одному предметі (використання одного предмету для різних задач), вправи на логіку, загадки-друдли, вправи на коментування схем різних технічних винаходів, вправи на знаходження зв'язків між причинами і наслідками, вправи на визначення ступеню важливості критеріїв чи суджень, вправи на розвиток уяви (яку Енштейн вважав важливішою навіть від знань); вправи на розвиток уміння паралельно сприймати кілька джерел інформації одночасно; вправи на придумування математичних задач за готовим рішенням; створення дерева припущень, передбачень, гіпотез, альтернатив, варіантів рішень тощо. Гарним прикладом паралельного сприйняття є вправи на споглядання ілюзій у картинах українського художника Олега Шуляка.

Мультидисциплінарні підходи, проблемне навчання, пошукова діяльність вихованців МАН сприяє розвитку критичного мислення та пізнавальних інтересів, дивергентного багатоваріантного підходу до вирішення завдань.

Висновки. Тож, студіюючи опанування Всесвіту одночасно всіма органами почуттів, витлумачуючи не-

збагненну квантову теорію, стимулюючи порційне, по чергове використання критичного, конвергентного, дивергентного, латерального, аналітичного, креативного, інтуїтивного, візуального мислення, використовуючи інформаційно-комунікаційні, 3D, ігрові, інтерактивні, SMART, NBIC-технології, можна виховати вмотивованих патріотів України: просвітлених, едукованих, гармонійно і всебічно розвинених, справжніх панів-господарів свого краю, здатних планувати й передбачати, досліджувати й винаходити, комунікувати і співпрацювати, оцінювати й співчувати, вміло користатись як помилками, так і перемогами, здатних на основі підходів квантової механіки створювати новітні робототехнічні розробки, здатних програмувати квантовий комп'ютер, штучний інтелект, здатних творити й креативити, поцінювати красу і гармонію.

Нині Україна на порозі квантової освіти, квантової едукації! Мала академія наук є тією освітянською структурою, яка вже працює на засадах квантової едукації і здатна впроваджувати новітні педагогічні технології, синергетичні методичні підходи, студіювання освіти майбутнього, формування інтелектуального пласту інтелігенції, підготовку наукової еліти України світового рівня. Такого рівня, якого досягли Юрій Кондратюк, Федір Піроцький, Микола Пильчиков, Стів Возняк, Мартін Купер, Володимир Ставнюк, Ігор Сікорський, Борис Патон та ін.

Перспективи подальших розвідок полягають у висвітленні основних принципів квантової едукації, аналізі й обґрунтуванні методичних і методологічних засад застосування прийомів квантової едукації, нових сучасних підходів, парадигм, тенденцій світової освіти на прикладах науково-дослідницької діяльності Малої академії наук України.

Список використаних джерел

1. Биков В. Ю., Спірін О. М., Лупаренко Л. А. Відкриті web-орієнтовані системи моніторингу впровадження результатів науково-педагогічних досліджень. *Теорія і практика управління соціальними системами*. 2014. № 1. С. 3–25.
2. Биков В. Ю., Кремень В. Г. Категорії простір і середовище: особливості модельного подання та освітнього застосування. *Теорія і практика управління соціальними системами*. 2013. № 2. С. 3–16. URL : <http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/1188>
3. Вакарчук І. О. Квантова механіка : підручник. 4-те вид., доп. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 872 с.
4. Вишневецький О. М. Теоретичні основи сучасної української педагогіки : навч. посіб. Київ : Знання, 2008. 566 с.
5. Девід Маннерс. Американський альянс для квантових обчислень. URL : <https://www.electronicweek.com/news/business/us-alliance-quantum-computing-2019-12/>
6. ДеПортер Б., Хенаки М. Квантовое обучение: Разбудите спящего в вас генія / пер. с англ. С. И. Ананин. Минск : Попурри, 1998. 384 с.
7. Закон України «Про загальну середню освіту». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>
8. Кайку Мічіо. Фізика майбутнього. Львів : Літопис, 2013. 432 с. URL : <https://psbooks.com.ua/vidomi-populyarizatori-nauki-michio-kayku/>
9. Коновалова М. В., Куликова Ю. О., Семиволос О. П. Педагогічні технології: інструментарій, механізми, технологічна карта. Харків : Основа, 2016. 96 с.
10. Навчальна програма з позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку. Основи робототехніки та комп'ютерного моделювання. Основний та вищий рівні. 3 роки навчання / упоряд. В. О. Биков 2019.
11. Онтологічний кабінет дослідження життя та творчості Тараса Шевченка в середовищі науково-освітнього порталу KOBZAR.UA : монографія / С. О. Довгий, та ін. Київ : Інститут обдарованої дитини, 2016. 175 с.

12. Северсон Дженні. Квантове навчання. URL : <https://www.quantumlearning.com/facilitators.aspx>
13. Співаковський Володимир. Квантове мислення майбутнього. URL : <https://nv.ua/ukr/opinion/kvantove-mislennya-maybutnogo-50020007.html>
14. Стрижак О., Сліпухіна І., Поліхун Н., Чернецький І. Ключові поняття STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України* : зб. наук. праць. Київ : Інститут обдарованої дитини, 2017. Вип. 10. С. 89–103.
15. Стрижак О., Сліпухіна І., Поліхун Н., Чернецький І. Термінологічні аспекти STEM-освіти. *STEM-освіта – проблеми та перспективи* : зб. матеріалів II Міжнар. наук.-практ. семінару, 25–26 жовт. 2017 р. / за заг. ред. О. С. Кузьменко, В. В. Фоменка. Кропивницький : КЛА НАУ, 2017. С. 96–97.
16. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06. Київ, 2014. 47 с.
17. Чекман І. С., Небесная Т. Ю. Конвергентні технології. URL : <http://www.umj.com.ua/article/8865/konvergentni-tehnologii-nanobiomedichnij-aspekt>
18. Чернецький І., Поліхун Н., Ліпухіна І. Місце STEM-технології навчання в освітній парадигмі XXI століття. *Наукові записки Малої академії наук України* : зб. наук. пр. Київ : Інститут обдарованої дитини, 2017. Вип. 9. С. 50–62.
8. Kaiku, Michio. (2013). *Fizyka maibutnoho [Physics of the future]*. Lviv: Litopys. Retrieved from <https://psbooks.com.ua/vidomi-populyarizatori-naukimichio-kaiku/> [in Ukrainian].
9. Konovalova, M. V., Kulykova, Yu. O., & Semyvolos, O. P. (2016). *Pedahohichni tekhnologii: instrumentarii, mekhanizmy, tekhnolohichna karta [Pedagogical technologies: tools, mechanisms, technological map]*. Kharkiv: Osnova [in Ukrainian].
10. Bykov, V. O. (Comp.). (2019). *Navchalna prohrama z pozashkilnoi osvity doslidnytsko-eksperymentalnoho napriamu. Osnovy robototekhniki ta komp'uternoho modeliuвання. Osnovnyi ta vyshchyi rivni. 3 roky navchannia [Extracurricular curriculum for research and experimental development. Fundamentals of Robotics and Computer Modeling. Basic and higher levels. 3 years of study]* [in Ukrainian].
11. Dovhyi, S. O., et. al. (2016). *Ontolohichniy kabinet doslidzhennia zhyttia ta tvorchosti Tarasa Shevchenka v seredovyschchi naukovy-osvitnoho portalu KOBZAR.UA [Ontology Study Room of Taras Shevchenko's Life and Creativity in the Environment of KOBZAR.UA Scientific and Educational Portal]: monohrafiya*. Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny [in Ukrainian].
12. Severson, Dzhenni. *Kvantove navchannia [Quantum learning]*. Retrieved from <https://www.quantumlearning.com/facilitators.aspx> [in Ukrainian].
13. Spivakovskiy, Volodymyr. *Kvantove myslennia maibutnoho [Quantum thinking of the future]*. Retrieved from <https://nv.ua/ukr/opinion/kvantove-mislennya-maybutnogo-50020007.html> [in Ukrainian].
14. Stryzhak, O., Slipukhina, I., Polikhun, N., & Chernetskiy, I. (2017). *Kliuchovi poniattia STEM-osvity [Key concepts of STEM education]*. In *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy [Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine]*: zб. nauk. prats. (Is. 10, pp. 89–103). Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny [in Ukrainian].
15. Stryzhak, O., Slipukhina, I., Polikhun, N., & Chernetskiy, I. (2017). *Terminolohichni aspekty STEM-osvity [Terminological aspects of STEM education]*. In O. S. Kuzmenko, & V. V. Fomenka (Eds.), *STEM-osvita – problemy ta perspektyvy [STEM education – problems and perspectives]*: zб. materialiv II Mizhnar. nauk.-prakt. seminaru, 25–26 zhovt. 2017 r. (pp. 96–97). Kropyvnytskyi: KLA NAU [in Ukrainian].
16. Stryzhak, O. Ye. (2014). *Transdystyplinarna intehratsiia informatsiinykh resursiv [Transdisciplinary integration of information resources]*. (Extended abstract of D diss.). Kyiv [in Ukrainian].
17. Chekman, I. S., & Nebesnaia, T. Yu. *Konverhentni tekhnologii [Convergent technologies]*. Retrieved from <http://www.umj.com.ua/article/8865/konvergentni-tehnologii-nanobiomedichnij-aspekt> [in Ukrainian].
18. Chernetskiy, I., Polikhun, N., & Lipukhina, I. (2017). *Mistse STEM-teknolohii navchannia v osvittii paradyhmi XX stolittia [The place of STEM-technology of education in the educational paradigm of the XXI century]*. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy [Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine]*: zб. nauk. pr. (Is. 9, pp. 50–62). Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny [in Ukrainian].

References

1. Bykov, V. Yu., Spirin, O. M., & Luparenko, L. A. (2014). *Vidkryti web-orientovani systemy monitorynhu vprovadzhenia rezultativ naukovy-pedahohichnykh doslidzhen [Open web-oriented systems for monitoring the implementation of scientific and pedagogical research results]. Teoriia i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy [The theory and practice of social systems management]*, 1, 3–25 [in Ukrainian].
2. Bykov, V. Yu., & Kremen, V. H. (2013). *Katehorii prostir i seredovyschche: osoblyvosti modelnoho podannia ta osvitnoho zastosuvannia [Space and environment categories: Features of model presentation and educational use]. Teoriia i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy [The theory and practice of social systems management]*, 2, 3–16. Retrieved from <http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/1188> [in Ukrainian].
3. Vakarchuk, I. O. (2012). *Kvantova mekhanika [Quantum mechanics]: pidruchnyk*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
4. Vyshnevskiy, O. M. (2008). *Teoretychni osnovy suchasnoi ukrainskoi pedahohiky [Theoretical foundations of modern Ukrainian pedagogy]: navch. posib*. Kyiv: Znannia [in Ukrainian].
5. Devid, Manners. *Amerykanskiy alians dia kvantovykh obchyslen [The American Alliance for Quantum Computing]*. Retrieved from <https://www.electronicweeky.com/news/business/us-alliance-quantum-computing-2019-12/> [in Ukrainian].
6. DePorter, B., & Khenaki, M. (1998). *Kvantovoe obuchenie: Razbudite spiashchego v vas genia [Quantum Learning: Wake a Genius Sleeping in You]*. Minsk: Popurri [in Russian].
7. Zakon Ukrainy "Pro zahalnu seredniu osvitu" [About general secondary education]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> [in Ukrainian].
8. Kaiku, Michio. (2013). *Fizyka maibutnoho [Physics of the future]*. Lviv: Litopys. Retrieved from <https://psbooks.com.ua/vidomi-populyarizatori-naukimichio-kaiku/> [in Ukrainian].
9. Konovalova, M. V., Kulykova, Yu. O., & Semyvolos, O. P. (2016). *Pedahohichni tekhnologii: instrumentarii, mekhanizmy, tekhnolohichna karta [Pedagogical technologies: tools, mechanisms, technological map]*. Kharkiv: Osnova [in Ukrainian].
10. Bykov, V. O. (Comp.). (2019). *Navchalna prohrama z pozashkilnoi osvity doslidnytsko-eksperymentalnoho napriamu. Osnovy robototekhniki ta komp'uternoho modeliuвання. Osnovnyi ta vyshchyi rivni. 3 roky navchannia [Extracurricular curriculum for research and experimental development. Fundamentals of Robotics and Computer Modeling. Basic and higher levels. 3 years of study]* [in Ukrainian].
11. Dovhyi, S. O., et. al. (2016). *Ontolohichniy kabinet doslidzhennia zhyttia ta tvorchosti Tarasa Shevchenka v seredovyschchi naukovy-osvitnoho portalu KOBZAR.UA [Ontology Study Room of Taras Shevchenko's Life and Creativity in the Environment of KOBZAR.UA Scientific and Educational Portal]: monohrafiya*. Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny [in Ukrainian].
12. Severson, Dzhenni. *Kvantove navchannia [Quantum learning]*. Retrieved from <https://www.quantumlearning.com/facilitators.aspx> [in Ukrainian].
13. Spivakovskiy, Volodymyr. *Kvantove myslennia maibutnoho [Quantum thinking of the future]*. Retrieved from <https://nv.ua/ukr/opinion/kvantove-mislennya-maybutnogo-50020007.html> [in Ukrainian].
14. Stryzhak, O., Slipukhina, I., Polikhun, N., & Chernetskiy, I. (2017). *Kliuchovi poniattia STEM-osvity [Key concepts of STEM education]*. In *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy [Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine]*: zб. nauk. prats. (Is. 10, pp. 89–103). Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny [in Ukrainian].
15. Stryzhak, O., Slipukhina, I., Polikhun, N., & Chernetskiy, I. (2017). *Terminolohichni aspekty STEM-osvity [Terminological aspects of STEM education]*. In O. S. Kuzmenko, & V. V. Fomenka (Eds.), *STEM-osvita – problemy ta perspektyvy [STEM education – problems and perspectives]*: zб. materialiv II Mizhnar. nauk.-prakt. seminaru, 25–26 zhovt. 2017 r. (pp. 96–97). Kropyvnytskyi: KLA NAU [in Ukrainian].
16. Stryzhak, O. Ye. (2014). *Transdystyplinarna intehratsiia informatsiinykh resursiv [Transdisciplinary integration of information resources]*. (Extended abstract of D diss.). Kyiv [in Ukrainian].
17. Chekman, I. S., & Nebesnaia, T. Yu. *Konverhentni tekhnologii [Convergent technologies]*. Retrieved from <http://www.umj.com.ua/article/8865/konvergentni-tehnologii-nanobiomedichnij-aspekt> [in Ukrainian].
18. Chernetskiy, I., Polikhun, N., & Lipukhina, I. (2017). *Mistse STEM-teknolohii navchannia v osvittii paradyhmi XX stolittia [The place of STEM-technology of education in the educational paradigm of the XXI century]*. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy [Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine]*: zб. nauk. pr. (Is. 9, pp. 50–62). Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny [in Ukrainian].

Дата надходження до редакції
авторського оригіналу: 15.01.2020