

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)
ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.



<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

Ботузова Ю.В. Динамічні моделі геогейбра на уроках математики як основа STEM-підходу. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 3(17). С. 31-35.

Botuzova Yuliia. Geogebra Dynamic Models At The Mathematics Lessons As A Stem-Approach. Physical and Mathematical Education. 2018. Issue 3(17). P. 31-35.

DOI 10.31110/2413-1571-2018-017-3-005
УДК 372.851

Ю.В. Ботузова

Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Україна
vassalatii@gmail.com

ДИНАМІЧНІ МОДЕЛІ GEOGEBRA НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ ЯК ОСНОВА STEM-ПІДХОДУ

Анотація. В статті піднімається питання використання динамічних моделей GeoGebra на уроках математики в контексті технологій STEM-освіти. Розглядаються функціональні можливості програмного забезпечення GeoGebra в навчанні математики; пропонується STEM-підхід до використання динамічних моделей цієї програми на уроках математики; наводиться ряд практичних прикладів. Характеризується проблема вибору відповідного програмного забезпечення, яке б задовольняло цілям навчання, було б доступним, простим у використанні і, в той же час, функціональним. На наш погляд, GeoGebra є потужним і зручним інструментом для здійснення математичних досліджень. Переваги GeoGebra такі: безкоштовність; наявність онлайнових, автономних та мобільних версій програми; простий у використанні інтерфейс з потужними функціональними можливостями; дозволяє створювати авторські інтерактивні моделі у формі веб-сторінок; доступна багатьма мовами та має величезну глобальну спільноту користувачів, де ви можете поділитися досвідом та матеріалами; код програмного забезпечення відкритий. Використання інтеграції вчителем як керівного принципу STEM-освіти дозволяє модернізувати методологічні засади, зміст, обсяг навчального матеріалу, застосовувати сучасні технології під час навчання з метою розвитку компетентностей якісно нового рівня. Ми пропонуємо залучати учнів до роботи з GeoGebra з молодших класів середньої школи. Учні 5-6 класів можуть почати працювати з динамічними моделями GeoGebra. А вже в 7-му класі, коли в навчальному матеріалі з'являються перші теореми та потреба формування в учнів вмінь доводити математичні твердження, необхідно використовувати можливості комп'ютерного експерименту та доведення. Моделювання математичних об'єктів та спостереження за процесом їх динамічних змін за допомогою інтерактивних моделей програми GeoGebra дозволяють учням розвивати здатність виділяти характерні риси, встановлювати закономірності, узагальнювати і висувати гіпотези. Ми вважаємо, що кожен сучасний учитель повинен включати у свій арсенал інструменти навчання GeoGebra або аналогічні програмні ресурси.

Ключові слова: методика навчання математики, STEM-освіта, ІКТ, GeoGebra, інтегрований урок.

Постановка проблеми. З початком XXI століття в усіх розвинутих країнах світу почав набувати популярності такий напрямок в освіті як STEM (Science – наука, Technology – технології, Engineering – інженерія, Mathematics – математика), наразі вже вдосконалений до STEAM (де з'являється Arts – мистецтва) та STREAM (додається Researching – дослідження). В Україні про ці напрямки активно почали говорити та ще активніше впроваджувати в дію нещодавно. Міністерство освіти і науки України затвердило «План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 роки» (05.05.16р.) та надало «Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти» [5].

STEM-освіта – це категорія, яка визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких визначає конкурентну спроможність на сучасному ринку праці: здатність і готовність до розв'язання комплексних задач, критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, співпраці, управління, здійснення інноваційної діяльності [5]. STEM-навчання – це цілеспрямований процес передачі і засвоєння знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, що ґрунтується на трандисциплінарних підходах у побудові навчальних програм різного рівня, окремих дидактичних елементів, до дослідження явищ і процесів навколишнього світу, вирішення проблемно орієнтованих завдань. STEM-підхід до навчання, сприяє популяризації інженерно-технологічних професій серед молоді та формуванню стійкої мотивації у вивченні дисциплін, на яких ґрунтується STEM-освіта. STEM-дисциплінами є всі ті дисципліни, що входять до акроніму.

В рекомендаціях щодо організаційної та навчально-методичної роботи йдеться про те, що діючі початкові програми не обмежують творчу ініціативу педагогів, передбачають гнучкість у відборі та розподілі навчального матеріалу, а також у застосуванні методів і засобів навчання. Пропонується перехід до компетентнісної моделі STEM-навчання та

застосування нових методичних підходів. Зокрема: принципово нове цілепокладання у педагогічному процесі, зміщення акцентів в освітній діяльності з вузькопредметних на загальнодидактичні; запровадження наскрізного STEM-навчання, компетентісно-орієнтованих форм і методів навчання, системно-діяльнісного підходу; запровадження інноваційних, ігрових технологій навчання, технологій case-study, інтерактивних методів групового навчання, проблемних методик з розвитку критичного і системного мислення тощо; корегування змісту окремих тем навчальних предметів з акцентом на особистісно розвивальні, ігрові методики навчання, ціннісне ставлення до досліджуваного питання; створення педагогічних умов для здобуття результативного індивідуального досвіду проектної діяльності та розроблення стартапів.

Відповідно до плану заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 роки, проводяться міжнародні та всеукраїнські науково-практичні семінари, конференції, фестивалі, марафони, змагання на кращу STEM-публікацію, конкурси з робототехніки тощо. Завдяки цьому педагоги-новатори можуть поділитись своїм інноваційним досвідом, поширити його та сприяти подальшому розвитку STEM-освіти в нашій державі.

Аналіз актуальних досліджень. Популярність, актуальність та різноплановість STEM-освіти сприяє появі численних публікацій як зарубіжних, так і вітчизняних науковців. Про актуальність впровадження STEM-освіти та її сучасний стан йдеться в роботах О. Патрикеева, О. Лозової, С. Горбенка, Н. Гончарової, О. Коваленко та ін. Загальні аспекти, ключові поняття, проблеми та перспективи STEM-освіти розглядаються в публікаціях І. Василяшко, Н. Морзе, О. Стрижака, І. Сліпухіної, Н. Полісун, І. Чернецького, В. Шарко та ін. Велика кількість науково-методичних публікацій присвячена різноманітним методичним підходам до STEM-навчання та особливостям їх впровадження. Зокрема, найчастіше використовується мультидисциплінарний підхід, або міжпредметна інтеграція. Про це свідчать роботи В. Багашової, Л. Гнед, Л. Даниленко, Т. Ісак, О. Іщенко, О. Кузьменко, Т. Литвиненко, Н. Мищенко, Н. Мусієнко, Н. Якобчук, Л. Яковлевої та ін.

Разом із тим, поряд із новою STEM-тематикою, актуальними залишаються науково-методичні напрацювання щодо особливостей та функціональних можливостей використання нових інформаційних технологій в навчанні математики (М. Жалдак, В. Корольський, Т. Крамаренко, О. Семеніхіна, М. Друшляк, С. Семеріков, С. Шокалюк, М. Бурда, М. Ігнатенко, В. Клочко, Т. Крилова, Г. Михалін, Ю. Триус та ін.)

Інноваційність STEM-освіти та перспективи її розвитку акумулюють світовий науковий потенціал та стимулюють дослідників до подальших розвідок.

Мета статті полягає в розкритті особливостей використання динамічних моделей GeoGebra на уроках математики в контексті STEM-навчання. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати ряд завдань, а саме розглянути функціональні можливості програмного засобу GeoGebra в навчанні математики, запропонувати STEM-підхід до використання динамічних моделей даної програми на уроках математики та навести низку практичних прикладів.

Методи дослідження, що використовувались для досягнення поставленої мети: аналіз сучасних науково-методичних досліджень та публікацій, навчальних програм з математики, доступних математичних програмних засобів та онлайн-сервісів; синтез провідних ідей та формулювання власних цілей; вивчення й узагальнення досвіду вчителів математики та методистів; спостереження за особливостями навчального процесу в школі та експериментальне застосування STEM-технологій в навчанні математики.

Виклад основного матеріалу. На даний момент існує величезна кількість математичних програмних засобів та онлайн-сервісів, які можна використовувати при вивченні математики. Тому перед вчителем з'являється проблема вибору відповідного програмного забезпечення, яке б задовольняло цілі навчання, було доступним, мало простий і в той же час функціональний інтерфейс.

На нашу думку, потужним та зручним навчальним інструментом при вивченні математики є GeoGebra. GeoGebra – це програма динамічної математики для всіх рівнів освіти, яка об'єднує геометрію, алгебру, таблиці, графіки, статистику та обчислення в одному простому у використанні пакеті. Також GeoGebra є швидко зростаючим співтовариством мільйонів користувачів, розташованих майже у кожній країні. GeoGebra стала провідним постачальником програми динамічної математики, яка використовується для підтримки науки, технологій, інженерії та математики (STEM), освіти та інновацій у викладанні та навчанні в усьому світі [1].

Переваги GeoGebra вбачаємо в наступному: безкоштовність; наявність онлайн, офлайн та мобільної версій програми; простий у використанні інтерфейс при потужному функціоналі; дозволяє створювати авторські інтерактивні навчальні матеріали у вигляді веб-сторінок; доступна на багатьох мовах та має величезну світову спільноту користувачів, де можна обмінюватись матеріалами та досвідом; відкритий вихідний код програмного забезпечення. Вільність доступу до даної програми дозволяє уникати проблем з ліцензуванням, що дозволяє учням та вчителям вільно користуватися нею як у класі, так і вдома.

З приводу доцільності використання математичного програмного забезпечення для вивчення математики в школі, хочеться зазначити, що часто виникають суперечності навколо питань: «Чи можуть програмні засоби допомогти учням краще зрозуміти математику?», «Чи можуть механізми обчислень, що реалізуються програмою, знівелювати математичне розуміння предмету?», «Чи будуть послаблюватись можливості учнів до виконання усних обчислень?», «Чи покращиться процес навчання математики?» тощо. Однозначної відповіді на дані запитання не існує, адже все залежить від методики навчання. Бо використання комп'ютерів, мобільних пристроїв, інтерактивних дошок в поєднанні із різноманітним програмним забезпеченням – це всього лиш засоби навчання в умілих руках педагогів.

Окрім того, існує думка, що комп'ютерний експеримент має бути обов'язковим складовим елементом в арсеналі дидактичних засобів сучасного вчителя математики [3]. Тому цілком природним є проведення інтегрованих уроків математики з використанням ІКТ. Інтегровані уроки є особливою формою наскрізного STEM-навчання. Вони спрямовані на встановлення міжпредметних зв'язків і сприяють формуванню в учнів цілісного, системного світогляду. Використання вчителем провідного принципу STEM-освіти – інтеграції дозволяє здійснювати модернізацію методологічних засад, змісту, обсягу навчального матеріалу, застосовувати сучасні технології під час навчання з метою формування компетентностей якісно нового рівня, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять.

Пропонуємо розглянути декілька прикладів використання динамічних моделей GeoGebra на уроках математики в поєднанні із продуктивними методами навчання (проблемний, евристичний, дослідницький).

Залучати учнів до роботи з GeoGebra бажано з молодших класів. Так, зважаючи на думку та практичний досвід Л. Рождественської (Естонія) [6], починати працювати з динамічними моделями GeoGebra можуть учні 5-6 класів. Вже в 7 класі, коли в навчальному матеріалі з'являються перші теореми та виникає потреба формування в учнів вміння доводити твердження, обов'язково варто використовувати можливості комп'ютерного експериментування та доведення. Також ми схиляємось до рекомендацій О. Семеніхіної та М. Друшляк щодо залучення використання середовища GeoGebra до вивчення основних тем курсу стереометрії у старших класах школи [7].

Розглянемо одну з перших теорем, яка зустрічається в курсі геометрії: «Сума суміжних кутів дорівнює 180° » [4]. При традиційному проблемному методі викладання перед тим як сформулювати теорему, пропонуємо учням побудувати пряму, точку на ній та промінь, який починається з цієї точки, а також виміряти за допомогою транспортира кути, що утворилися та знайти їх суму. У кожного з учнів запитати їх результати та колективно дійти до висновку, що стане формулюванням вищезгаданої теореми. Звичайно, у кожного з учнів утворяться різні кути, але сума їх має бути однаковою – 180° . Та в дійсності учні будуть називати суми, що будуть рівними, в кращих випадках: 178° , 179° , 180° , 181° , 182° тощо. Вчитель має пояснити, що отримані результати вимірювань не завжди точні за рахунок похибки, яка з'являється від неточності прикладання приладу, товщини проведених ліній, куту зору, акуратності тощо. Правильна ж відповідь – 180° . Таким чином, з'явиться група учнів, що отримала правильну відповідь, а також – група «неакуратних» учнів, які допустили похибки при вимірюваннях. Комп'ютерний експеримент позбавляє від таких ситуацій та дозволяє кожній дитині відчувати успіх дослідника. Такий експеримент можна провести в звичайному класі, а не в комп'ютерній лабораторії. Достатньо наявності в учнів мобільних пристроїв (смартфонів, планшетів) із встановленими на них додатками GeoGebra Graphing Calculator або Geogebra Geometry, які можуть працювати в офлайн режимі.

На рис. 1 скріншоти екранів смартфонів із динамічною експериментальною моделлю. Змінюючи положення точки D , учні спостерігають зміну величин кутів. Кожен учень отримує на екрані різні числові значення, але сума їх залишається незмінною – 180° . Таким чином, всі учні дійдуть одного й того самого висновку. В той самий час, ідентичну модель вчитель може демонструвати за допомогою проектора чи інтерактивної дошки.

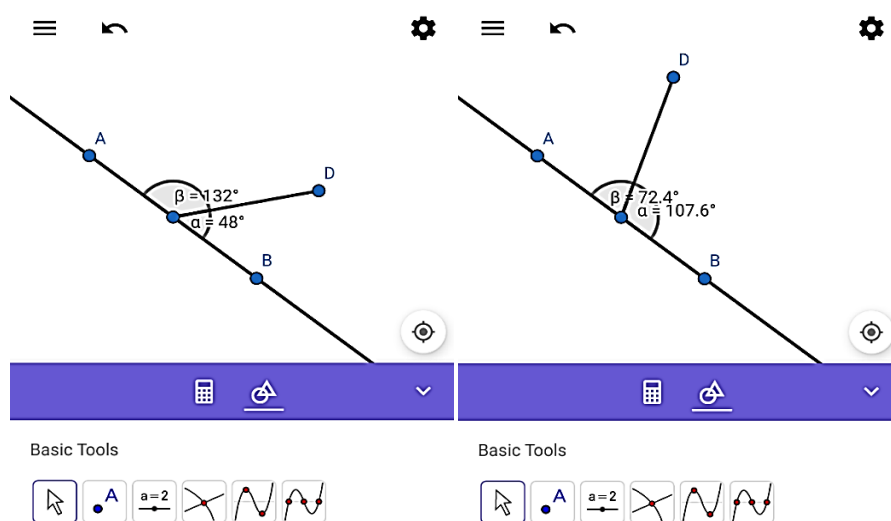


Рис. 1. Динамічна модель в мобільному додатку GeoGebra

Проводячи експерименти такого типу, можна досягти формування в учнів емпіричного рівня [8] вмінь доводити математичні твердження. Цей рівень характеризується тим, що учні вміють обґрунтовувати істинність математичних тверджень за допомогою повного комп'ютерного експерименту на готових чи самостійно побудованих динамічних моделях.

Звичайно, варто прагнути, щоб учні досягли вищих рівнів умінь доводити теореми – технологічного та абстрактно-теоретичного. Учні з технологічним рівнем вмінь можуть здійснювати логічний контроль коректності відображення умов теореми на динамічному кресленні, а також стежити за правильністю використання самого креслення при проведенні комп'ютерного експерименту. Говорити про абстрактно-теоретичний рівень можна, коли учень вміє проводити логічні доведення математичних тверджень з метою логічного пояснення результатів комп'ютерного експерименту.

Закріпити та вдосконалити відповідні вміння учнів можна, залучаючи їх до комп'ютерного експериментування з динамічними моделями GeoGebra. В курсі геометрії 7 класу є ціла низка теорем, до яких можна застосувати описаний вище методичний підхід. Зокрема, це теореми про: рівність вертикальних кутів; ознаки паралельності прямих (рівність внутрішніх різносторонніх та відповідних кутів, сума внутрішніх односторонніх кутів); суму кутів трикутника; ознаки рівності трикутників; властивості рівнобедрених трикутників; нерівність трикутника та інші.

В курсі алгебри 7 класу також є кілька тем, які дозволяють використовувати освітній потенціал програми GeoGebra. Зокрема, при вивченні лінійної функції та її властивостей можна скористатись доступним в мережі динамічним кресленням [2] або створити його самостійно (рис. 2).

Переміщуючи повзунки k та b , учні спостерігають зміну графіка та намагаються дійти власних висновків щодо: характеру монотонності функції при $k > 0$, $k < 0$, $k = 0$; особливостей розміщення графіків, у яких $k \neq 0$, $b = 0$ тощо.

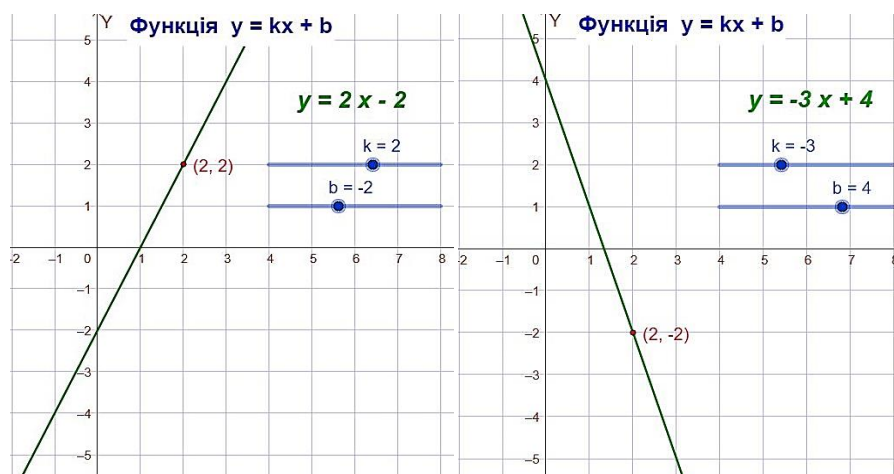


Рис. 2. Динамічна модель лінійної функції в GeoGebra

В процесі вивчення лінійної функції, корисно розглядати з учнями задачі фізичного, біологічного, економічного змісту. Наприклад: «Турист рухається з постійною швидкістю 4 км/год. Змодельуйте графік його руху в програмі GeoGebra»; «Волосся на голові у людини росте приблизно зі швидкістю 0,4 мм за добу. Змодельуйте графік росту волосся дівчинки за умови, що його початкова довжина становила 7 см. Встановіть, через який проміжок часу довжина волосся дівчинки буде 10 см»; «На власні витрати в учня є 600 грн на 1 місяць (30 днів). Якщо щодня він витратить по 25 грн, то чи вистачить йому цих коштів? Як повинен розподілити свої витрати учень? Змодельуйте графік витрат в GeoGebra».

З ускладненням навчального матеріалу у старших класах, можливостей використання комп'ютерного моделювання стає дедалі більше. Середовище GeoGebra має всі необхідні інструменти для методичного супроводу шкільного курсу математики, зокрема і таких складних для засвоєння учнями тем як: розв'язування рівнянь, нерівностей та їх систем; розв'язування рівнянь та нерівностей з параметрами; побудова графіків функцій, що містять модуль; дослідження властивостей функцій; поняття похідної, її геометричний та фізичний зміст; поняття визначеного інтегралу та його геометричний зміст; задачі на побудову; побудова перерізів многогранників; побудова комбінацій многогранників та тіл обертання тощо.

Моделювання математичних об'єктів та спостереження за процесом їх динамічних змін за допомогою інтерактивних креслень програми GeoGebra дозволяють формувати в учнів вміння виділяти характерні ознаки, встановлювати закономірності, робити узагальнення та висувати гіпотези.

Такий методичний підхід при викладанні математики дозволяє: оптимізувати навчальний процес, використовуючи час більш раціонально на різних етапах уроку; здійснювати диференційований підхід у навчанні; проводити індивідуальну роботу, використовуючи мобільні пристрої; знизити емоційне напруження на уроці, вносячи в нього елементи гри та ситуації успіху; сприяти розвитку пізнавальної активності учнів; реалізувати міжпредметну інтеграцію.

Вважаємо, що кожен сучасний вчитель має включити в свій арсенал засоби навчання GeoGebra, або подібні програмні ресурси.

Висновки. Практика показує, що відкриті освітні онлайн-ресурси є доповненням до традиційних засобів навчання і забезпечують рівний доступ до якісної освіти, а також дають можливість реалізувати різні форми навчання та методичні підходи. Використання якісних доступних програмних засобів, з одного боку, створює позитивну мотивацію до опанування учнями STEM-дисциплін, з іншого, сприяє колективній навчальній діяльності всіх суб'єктів освітнього процесу. В подальших дослідженнях планується продовжувати вивчення освітніх можливостей онлайн-ресурсів та педагогічних програмних засобів, що дозволяють реалізувати STEM-підходи на уроках математики.

Список використаних джерел

1. GeoGebra – провідна у світі програма динамічної математики та матеріали в руках учнів та вчителів, студентів та викладачів у всьому світі. URL: <https://www.geogebra.org/about> (дата звернення 12.10.2018 р.)
2. Динамічне креслення «Графік лінійної функції». URL: <https://www.geogebra.org/m/KnDnKgkr> (дата звернення 12.10.2018 р.)
3. Люблинская И.Е., Рыжик В.И. От доказательств с использованием компьютера к компьютерному доказательству. *Компьютерные инструменты в школе*. 2009. № 1. С. 14-20.
4. Мерзляк А.Г., Полонський В.Б., Якір М.С. Геометрія: підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закладів. Харків: Гімназія, 2015. 224 с.
5. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти України у 2018/2019 навчальному році (№ 22.1/10-2573 від 19.07.2018 р.). URL: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/61444/ (дата звернення 12.10.2018 р.)
6. Рождественская Л. Другая математика с GeoGebra. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=WbNVUvmwQeY> (дата звернення 12.10.2018 р.)
7. Семеніхіна О.В., Друшляк М.Г. Інструментарій програми GeoGebra 5.0 і його використання для розв'язування задач стереометрії. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. №6 (44). С.124-133.
8. Шабанова М.В. От компьютерного доказательства к логическому на уроках геометрии в основной школе. *ИТО-2015: материалы XXV ежегодной международной конференции-выставки*, (Москва, 6-7 ноября 2015 г.) URL: <http://ito.su/main.php?pid=26&fid=8982>

References

1. GeoGebra – providna u sviti prohrama dynamichnoi matematyky ta materialy v rukakh uchniv ta vchyteliv, studentiv ta vykladachiv u vsomu sviti [GeoGebra is the world's leading dynamic math program and materials in the hands of students and teachers, students and lecturers all over the world]. (n.d.). *geogebra.org*. Retrieved from <https://www.geogebra.org/about> [in Ukrainian].
2. Dynamichne kreslennia «Hrafik liniinoi funktsii» [Dynamic drawing "Graph of linear function"]. (n.d.). *geogebra.org*. Retrieved from <https://www.geogebra.org/m/KnDnKgkr> [in Ukrainian].
3. Lyublinskaya I.E. & Ryzhik V.I. (2009). Ot dokazatelstva s ispolzovaniyem kompyutera k kompyuternomu dokazatelstvu [From proof by using a computer to computer evidence]. *Kompyuternyye instrumenty v shkole – Computer tools in school, 1, 14-20* [in Russian].
4. Merzliak A.H., Polonskyi V.B. & Yakir M.S. (2015). *Heometriia: pidruch. dlia 7 kl. zahalnoosvit. navch. zakladiv* [Geometry: a textbook for the 7th form of general education]. Kharkiv: Himnaziia [in Ukrainian].
5. Metodichni rekomendatsii shchodo rozvytku STEM-osvity v zakladakh zahalnoi serednoi ta pozashkilnoi osvity Ukrainy u 2018/2019 navchalnomu rotsi [Methodical recommendations on the development of STEM education in the institutions of general secondary and non-school education of Ukraine in the 2018/2019 academic year] (n.d.). *osvita.ua* Retrieved from https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/61444/ [in Ukrainian].
6. Rozhdestvenskaya L. (2018). *Drugaya matematika s GeoGebra* [Another mathematics with GeoGebra]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=WbNVUvmwQeY> [in Russian].
7. Semenikhina O.M., Drushlyak M.H. (2014). Instrumentarij programy GeoGebra 5.0 i jogo vykorystannya dlya rozvyazuvannya zadach stereometriyi. [GeoGebra 5.0 tools and their use in solving solid geometry problems]. *Informacijni texnologiyi i zasoby navchannya - Information technologies and learning tools, 6 (44), 124-133* [in Ukrainian].
8. Shabanova M.V. Ot kompyuternogo dokazatelstva k logicheskomu na urokakh geometrii v osnovnoy shkole. [From computer to logical proof at geometry lessons in primary school]. (n.d.). *ito.su* Retrieved from <http://ito.su/main.php?pid=26&fid=8982> [in Russian].

GEOGEBRA DYNAMIC MODELS AT THE MATHEMATICS LESSONS AS A STEM-APPROACH

Yuliia Botuzova

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, Ukraine

Abstract. *With the beginning of the XXI century, in the developed countries of the world, such a trend in education as STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) began to gain popularity. In Ukraine, this trend has recently become popular and began to be actively implemented.*

The purpose of this article is to reveal features of the use of dynamic GeoGebra models on mathematics lessons in the context of STEM learning. In order to achieve this goal, it is necessary to perform a number of tasks, namely to consider the functionality of the GeoGebra software in teaching mathematics, to propose a STEM approach to the use of dynamic models of this software in mathematics lessons and to provide a number of practical examples.

At the moment there is a huge number of mathematical software tools and online services that can be used in math studies. Therefore, before the teacher there is a problem of choosing the appropriate software that would satisfy the objectives of the training, was accessible, a little simple and at the same time, a functional interface. In our opinion, GeoGebra is a powerful and convenient learning tool for math studies. The advantages of GeoGebra are as follows: free; availability of online, offline and mobile versions of the program; easy-to-use interface with powerful functionality; allows you to create authored interactive tutorials in the form of web pages; available in many languages and has a huge global community of users where you can share experiences and materials; open source software code. The use of integration by the teacher as a guiding principle of STEM-education allows to modernize methodological foundations, content, volume of educational material, apply modern technologies while studying in order to develop competences of a qualitatively new level, in particular, using mathematical knowledge and scientific concepts. We suggest that students be encouraged to work with GeoGebra preferably from junior high schools. Students from grades 5-6 can start working with dynamic GeoGebra models. Already in the 7th form, when the first theorems appear in the teaching material and the need to form students' ability to prove the statement, it is necessary to use the possibilities of computer experimentation and proof. Modeling of mathematical objects and observing the process of their dynamic changes with the help of interactive drawings of the GeoGebra program allow students to develop the ability to allocate characteristic features, to establish regularities, to generalize and to put forward hypotheses. We believe that every modern teacher should include GeoGebra training tools or similar software resources in their arsenal.

Key words: *methods of teaching math, STEM-education, ICT, GeoGebra, integrated lesson.*