

УДК 378.4: 004

Житеньова Наталя Василівна

кандидат педагогічних наук, доцент
професор кафедри інформатики Харківського національного педагогічного університету
імені Г.С. Сковороди, м. Харків, Україна
melennaznv@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3083-1070

Шигимага Валерія Анатоліївна

магістр кафедри інформатики
Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, м. Харків, Україна
vashyymaga@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5654-235X

ПОТЕНЦІАЛ ТЕХНОЛОГІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В НАВЧАННІ ШКІЛЬНОГО КУРСУ МАТЕМАТИКИ

Анотація. В статті розглядаються основні проблеми математичної освіти в школі, які в першу чергу пов'язані з відсутністю в учнів мотивації досягнення успіхів в навчанні, інтересу до навчальної діяльності взагалі. Висвітлюються аспекти використання технологій візуалізації, як потужного інструменту оптимізації навчального процесу та ефективного чинника підвищення мотивації школярів та активатором пізнавального інтересу. Окреслені питання розкриваються в рамках значущості математичних наук, які відіграють вагомий роль в науково-технічному розвитку країни і є вагомими для життя в сучасному інформаційному суспільстві. Проте останнім часом спостерігається тенденція зниження інтересу до вивчення математики, що зумовлено багатьма факторами, основним з яких є складність розуміння абстрактних понять і не усвідомлення учнями практичної значущості знань. В статті вказано, що одним з напрямів вирішення зазначеної проблеми є застосування візуалізації в процесі навчання. Розкрито важливість застосування візуальних матеріалів у професійній діяльності вчителя при вивченні шкільного курсу математики в рамках переходу учнів з молодшої школи до старшої. В якості програмного інструментарію для створення візуальних ресурсів спрямованих на підтримку вивчення курсу математики авторами було обрано середовище Anime Studio, яке має потужний інструментарій і дозволяє вчителю в найбільш повній мірі реалізувати творчий задум задля досягнення поставленої педагогічної мети. Проаналізовано програму курсу, щодо виявлення найбільш складних для розуміння тем курсу математики п'ятого класу. Запропоновано приклади застосування середовища Anime Studio для розв'язання задач на обчислення швидкості руху, відстані між об'єктами, розрахунку часових проміжків, задачі на спільну роботу та задачі на відсоткові розрахунки, які є найбільш складними у даному курсі.

Ключові слова: візуалізація; технології візуалізації; природничо-математичні дисципліни; мультиплікація; візуальні матеріали; шкільний курс математики.

Вступ. Математика в усі часи мала безперечне культурне і практичне значення, не даремно відомий німецький математик Карл Гаус називав її царицею наук. Значущість математичної освіти є очевидною, оскільки вона є ключем до пізнання навколишнього світу, базою науково-технічного прогресу і важливою компонентою розвитку особистості. Математика сприяє розвитку логічного мислення, формує здатність до аналізу і синтезу, уміння висунути і сформулювати логічно обґрунтовану гіпотезу, виховує такі важливі якості наукового мислення, як критичність і узагальненість, ґрунтовність аргументації, здатність до доказовості, вміння виділяти істотне і другорядне в спостережуваних явищах, що надає можливість досліджувати і осмислювати завдання, які виникають в різних областях людської діяльності. Проте, останнім часом спостерігається тенденція зниження інтересу до вивчення математики і, як наслідок, падіння якості освіти в цілому.

Постановка проблеми. Математика, як навчальний предмет, має ряд особливостей, її логічна структура така, що прогалини в знаннях окремих тем, розділів, позначаються на успішності засвоєння наступного матеріалу або значно пізніше. Це спричинює складності в застосуванні набутих знань в зміненій ситуації, виборі того чи іншого методу розв'язання задач. Як наслідок цього спостерігається зниження інтересу до діяльності на уроці, що спричинює відсутність мотивації до вивчення математики і взагалі провокує не бажання вчитися. Прогалини у знаннях спричинюються не усвідомленням призначення математичних понять, їх складністю та абстрактністю, не розумінням взаємозв'язків і аналогій. Д.М. Шеховцова с цього приводу зазначає, що математика оперує поняттями, що абстраговані від існуючого світу, які узагальнюють різноманітні реальні та ідеальні ситуації» [8]. Не розуміння учнем практичної значущості знань призводить до зникнення пізнавального інтересу, тому в процесі навчання необхідно систематично пробуджувати, розвивати і зміцнювати пізнавальний інтерес учнів, який є важливим мотивуючим чинником навчання.

Складність вивчення математичних дисциплін особливо гостро постає при переході учнів до старшої школи. Це пов'язано не тільки з великою кількістю нових предметів, появою нових вчителів, заняттями в різних кабінетах, але й з методами подання навчального матеріалу, адже доступна форма подання інформації у вигляді яскравих картинок, відео та ігор, яка є звичною для початкової школи, переходить до більш серйозного опанування матеріалу в середніх класах. І.С. Шевченко вважає, що саме технології візуалізації навчальної інформації можуть стати основою нових методик навчання математики, оскільки мова математики – це, насамперед, мова математичних моделей, символів, образів, які безперечно є частиною процесу візуалізації математичного знання [7]. Внаслідок цього, актуальним є застосування технологій візуалізації, які відкривають для вчителя принципово нові способи подання навчального матеріалу, допомагають учням логічно мислити і міркувати, розуміти математичні терміни, абстрактні поняття, теореми та формули, підтримують допитливість і прагнення до пізнання нового, формують стійкий інтерес до предмету, сприяють чіткому розумінню структури і логіки курсу та використовувані в ньому методи пошуку і докази нових знань.

Метою даної статті є розкриття можливостей застосування візуальних дидактичних матеріалів, створених на базі середовища Anime Studio, у професійній діяльності вчителя математичних дисциплін.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Особливості застосування комп'ютерної підтримки при вивченні математики розглянуто в дослідженнях В.О. Єровенко, В.Ф. Очкова, О.В. Тимоховича, Д.Н. Шеховцової. Використання інформаційно-комунікаційних технологій на уроках математики ретельно розглянуто в психолого-педагогічних дослідженнях Л.О. Денищевої, Т.Г. Крамаренко, О.В. Тутової, Ю.М. Ткач. Способи організації навчального процесу з використанням комп'ютерних візуальних навчальних матеріалів запропоновані Л.І. Долінером, Н.І. Паком, Н.Г. Семеновою та іншими. Особливості застосування візуалізації в навчальному процесі досліджувалися С.В. Арюткіним, Г.В. Брянцевою, С.А. Герасимовою, В.В. Койбічук, В.П. Кузовлевою, Е.О. Макаровою, Н.М. Манько, І.Л. Марголіною, Н.О. Неудахіною, Є.В. Поляковою, А.Ф. Пуховим, А.Г. Рапуто, О.С. Родєю, С.В. Селеменевим, С.І. Сергєєвим, В.В. Четїним та іншими. Значимість візуалізації в навчанні математики відзначають у своїх працях В.В. Калітіна, Т.П. Пушкарьова, А.В. Пчюлін, Д.О. Трухан, І.О. Трухан, Д.Н. Шеховцова.

Виклад основного матеріалу. З переходом до середньої школи істотно перебудовується характер навчальної діяльності, вона ускладнюється, відбувається перехід до систематичного вивчення наук, збільшується кількість навчальних

дисциплін за рахунок деталізації предметних галузей. Поява таких нових предметів вимагає від школяра більш високого рівня психічної діяльності: формування різноманітних, зокрема абстрактних понять, усвідомлення більш складних взаємозв'язків між об'єктами, узагальнень і доказів. Візуалізація і є тим потужним інструментом, який дозволяє в такий складний період залучити учнів до активної діяльності завдяки новизні і нетрадиційності подання навчального матеріалу; активізувати навчання шляхом використання привабливих і швидкозмінних форм подачі інформації (мультиплікація, колір, музика тощо); поліпшити сприймання навчального матеріалу за рахунок наочності, підкреслювання, обертання, кольорового зображення, графіки, анімації; розвивати творче мислення шляхом експериментування, маніпулювання, пошуку зв'язків між новою і старою інформацією, встановлення зв'язків і закономірностей в межах набору завчених фактів; розвивати абстрактне мислення за допомогою заміни, демонстрації конкретних предметів схематичними чи символічними зображеннями; стимулювати рефлексію, аналіз учнями своєї діяльності шляхом отримання наочного зображення наслідків власних дій. В основі візуалізації навчальної інформації лежить використання особливостей зорової системи і вродженої здатності людського мозку ефективно працювати із зоровими образами. Зорова система для людини є домінантною, причому не тільки тому, що вона виступає найважливішим джерелом інформації про навколишній світ, а й тому, що вона грає роль внутрішнього каналу зв'язку між усіма аналізаторами, є функціональним органом-перетворювачем сигналів [2]. Візуалізація інформації дозволяє переводити навчальну інформацію, яка надходить по різних каналах сприйняття, в візуальну форму, що підвищує швидкість обробки і засвоєння матеріалу, за рахунок найбільш ефективних способів роботи з ним [3].

Досліджуючи питання застосування візуалізації в навчанні математики, дослідники звертають увагу на особливостях її застосування, на врахуванні психофізіологічних особливостей учнів, на особливостях сприйняття людиною інформації та оптимальності вибору відповідного засобу для створення візуальних ресурсів. Так І.О. Трухан, Д.О. Трухан наголошують на тому, що при візуалізації навчального матеріалу слід враховувати те, що наочні образи скорочують ланцюг словесних міркувань і можуть синтезувати схематичний образ більшої «ємності», ущільнюючи тим самим інформацію, тому вчителю обов'язково слід визначати оптимальне співвідношення наочних образів, словесної та символічної інформації [4]. Т.Д. Чудаєва пише, що інформацію необхідно передавати без зайвих елементів, вона повинна бути проста для сприйняття, щоб учень зміг змодельовати цей об'єкт у свідомості. Авторка акцентує свою увагу на тому, що ефективність засвоєння візуальної інформації підвищується, у тому випадку, коли інформація приємна для сприйняття та цікава і має асоціації з будь-якими вже знайомими предметами [6]. М.О. Ушакова звертає увагу на важливості використання різноманітних форм візуалізації, таких як відеоролики, презентації, опорні конспекти, схеми, тренажери тощо і зазначає, що при підготовці до уроку, з використанням візуалізації, слід детально продумати, які засоби візуалізації будуть використовуватися, на якому етапі уроку слід показати модель, на якому таблицю, тобто потрібна ретельна методична підготовка [5].

Враховуючи вищезазначене, нами було здійснено огляд програмного інструментарію для створення візуальних ресурсів спрямованих на підтримку вивчення курсу математики у п'ятому класі. Ми віддали перевагу середовищу Anime Studio, оскільки воно містить повний набір інструментів для анімації персонажів, вбудовані бібліотеки з готовими анімаційними персонажами та окремими анімаційними елементами, що уможлиблює досить чітко передавати будь-які деталі. Також бібліотека середовища містить різноманітні патерни, фони, текстові об'єкти тощо. Головною

особливістю середовища є створення кісткової анімації, особливість якої полягає в анімації фігури за допомогою відносно невеликої кількості керуючих елементів, що і зовні, і за принципом роботи нагадують скелет або будову маріонетки. За рахунок такої анімації можна вказати будь-яку траєкторію руху кожного героя і маніпулювати його рухами.

Спочатку нами було проаналізовано які теми викликають в учнів найбільшу складність для їх розуміння. Було виявлено, що одними зі складних тем курсу математики у п'ятому класі є теми на обчислення швидкості руху, відстані між об'єктами, розрахунку часових проміжків, задачі на спільну роботу та задачі на відсоткові розрахунки, тому в рамках даної статті ми акцентували нашу увагу на створенні візуалізації саме для підтримки вивчення цього напрямку. Під час створення візуальних матеріалів нами було враховано принципи, яким повинна відповідати якісна візуалізація, а саме: принцип лаконічності, принцип автономності, принцип структурності, принцип якірності, принцип стадійності, принцип естетичності, принцип простоти та доступності, принцип впливу на максимальну кількість органів чуття. Детально дані принципи виокремлено в роботі [1]. Розглянемо приклади застосування візуалізації в навчальній діяльності у процесі вивчення математики у п'ятому класі.

Наприклад, під час вивчення теми: «Прості та складені задачі на визначення швидкості, часу і відстані», нами було створено візуалізацію для розв'язання задачі.

Задача 1: «Відстань між двома селами дорівнює 11,7 км. З цих селищ, одночасно назустріч один до одного, вирушили два вершники, які зустрілися через 0,6 год після початку руху. Один із вершників рухався зі швидкістю 10,4 км/год. Знайдіть швидкість руху другого вершника».

Традиційно дана задача розв'язується наступним чином:

За 0,6 години перший вершник проїхав відстань, як дорівнює: $10,4 \cdot 0,6 = 6,24$ км.

Другий вершник проїхав до зустрічі відстань, яка дорівнює: $11,7 - 6,24 = 5,46$ км.

Дану відстань другий вершник також проїхав за 0,6 години.

Знаходимо швидкість руху другого вершника. Швидкість обчислюється як частка відстані та часу.

$$V = S : t$$

$$V = 5,46 : 0,6 = 9,1 \text{ км/год}$$

Тобто швидкість другого вершника складає 9,1 км/год.

Таке рішення задачі не надає учням повної картини розв'язку. Учням складно зрозуміти абстрактні формули та цифри. Створена нами візуалізація даної задачі надає можливість наочно переглянути розв'язок задачі, змінюючи часові проміжки, збільшуючи та зменшуючи швидкість руху, побачити взаємозв'язок цих параметрів. Працюючи з таким візуальним матеріалом учні можуть спостерігати за змінами, що відбуваються, наочно бачать взаємозалежність певних величин одна від одної і відразу спостерігають за тим, що буде, якщо маніпулювати з будь-якими параметрами (рис.1).

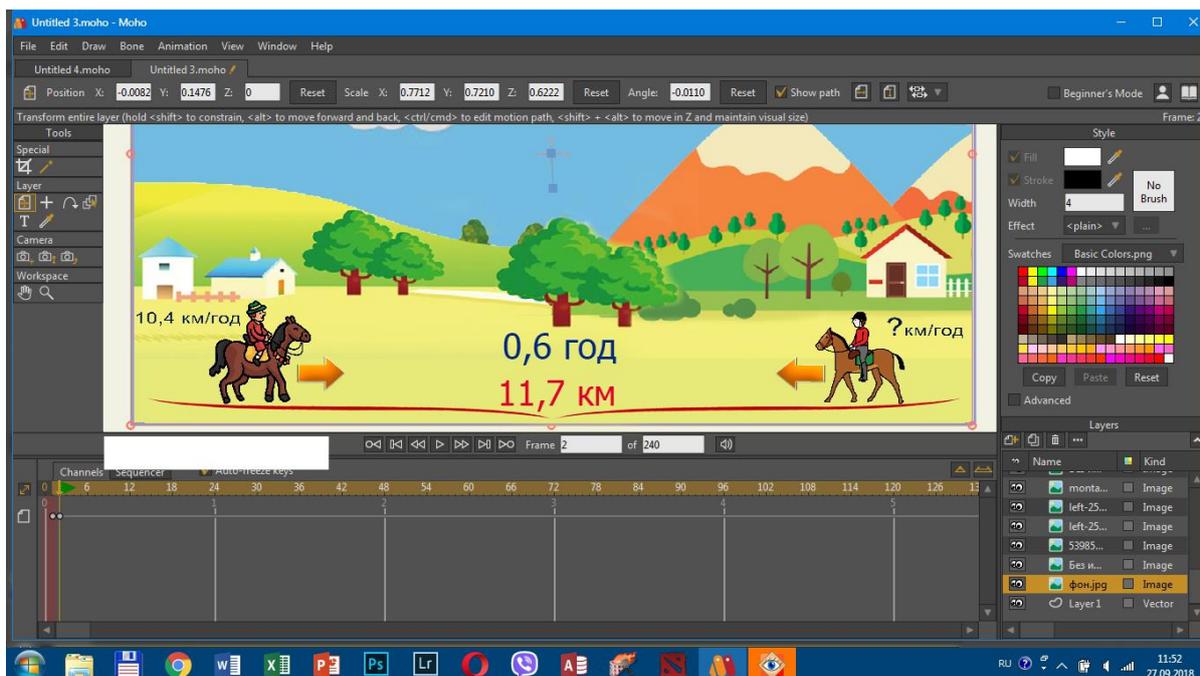


Рис. 1. Задача 1. Приклад розв'язання задачі у середовищі Animate Studio

Задача 2: «Відстань між дельфінами, які плывуть назустріч один одному, дорівнює 44 км. Через який час вони зустрінуться, якщо швидкість одного з них дорівнює 60 км/год, а швидкість другого в 1,2 рази менша, ніж швидкість першого?».

Традиційно дана задача розв'язується наступним чином:

$$60:1,2=50 \text{ км/год} - \text{швидкість другого дельфіна.}$$

$$60+50=110 \text{ км/год} - \text{швидкість зближення дельфінів.}$$

Час обчислюється як частка відстані та швидкості:

$$t=S:V$$

$$44:110=0,4 \text{ год}$$

Таким чином, ми знаходимо, що дельфіни зустрінуться через 0,4 год.

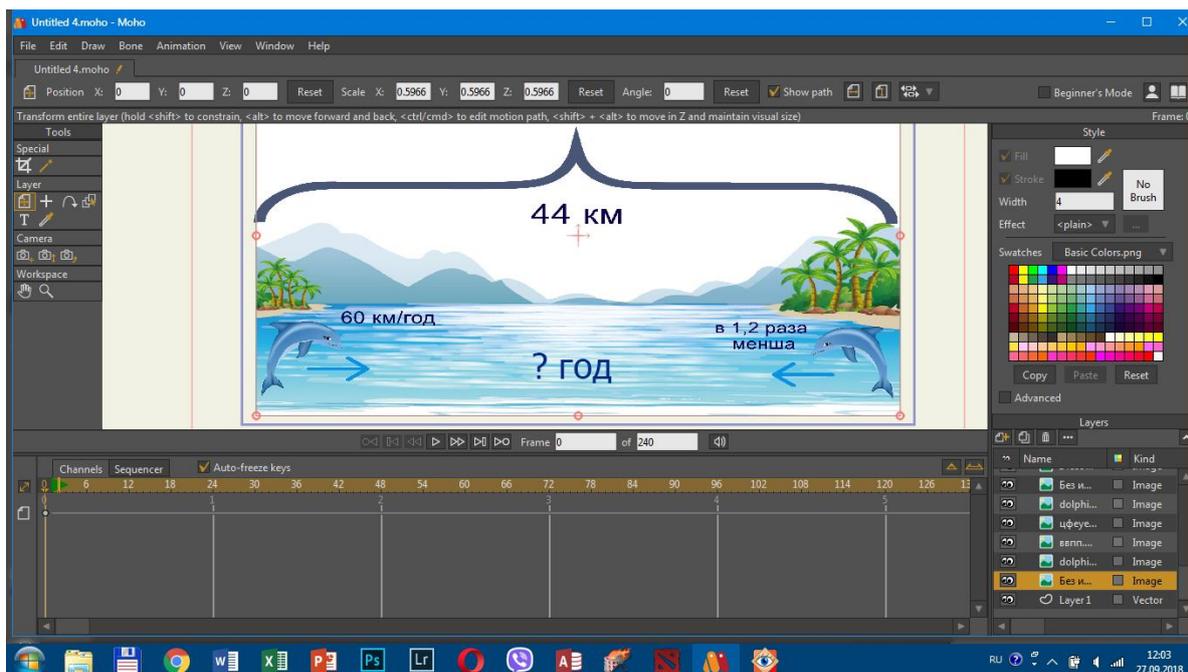


Рис. 2. Приклад розв'язання задачі у середовищі Anime Studio

Таке рішення задачі не дає учням зрозуміти абстрактні формули та величини. Розроблений нами візуальний матеріал допоможе учням спостерігати за змінами, що відбуваються, наочно побачити взаємозалежність часу від швидкості, відстані від швидкості та надає змогу переглянути розв'язок задачі, неодноразово прокручуючи анімацію і аналізуючи власні помилки (Рис.2).

Наступною складною темою є «*Задачі на спільну виконану роботу*». До даної теми нами було створено візуалізацію для розв'язання наступних задач:

Задача 3: «У місті є водойма. Одна з труб може заповнити її за 4 години, друга – за 8 годин, а третя – за 24 години. За скільки часу наповниться водойма, якщо відкрити відразу 3 труби?».

Традиційно дана задача розв'язується наступним чином:

Спочатку з'ясуємо на скільки наповниться водойма за 1 годину для кожної труби:

1 труба: $1:4 = 1/4$ водойми.

2 труба: $1:8 = 1/8$ водойми.

3 труба: $1:24 = 1/24$ водойми.

Розраховуємо на скільки наповниться водойма через 3 труби за 1 годину:
 $1/4 + 1/8 + 1/24 = 5/12$.

Тепер розрахуємо за скільки часу наповниться водойма повністю:

$1:5/12 = 2,4$ години

Тобто 3 труби наповнять водойму через 2,4 години.

Використовуючи розроблений візуальний матеріал учні можуть спостерігати як взаємозалежать величини. Побачити в режимі реального часу як при наповненні водойми змінюється час і як він змінюється при наповненні водойми одночасно трьома трубами. Можна змінювати параметри і дивитися як буде наповнюватися водойма (Рис. 3).

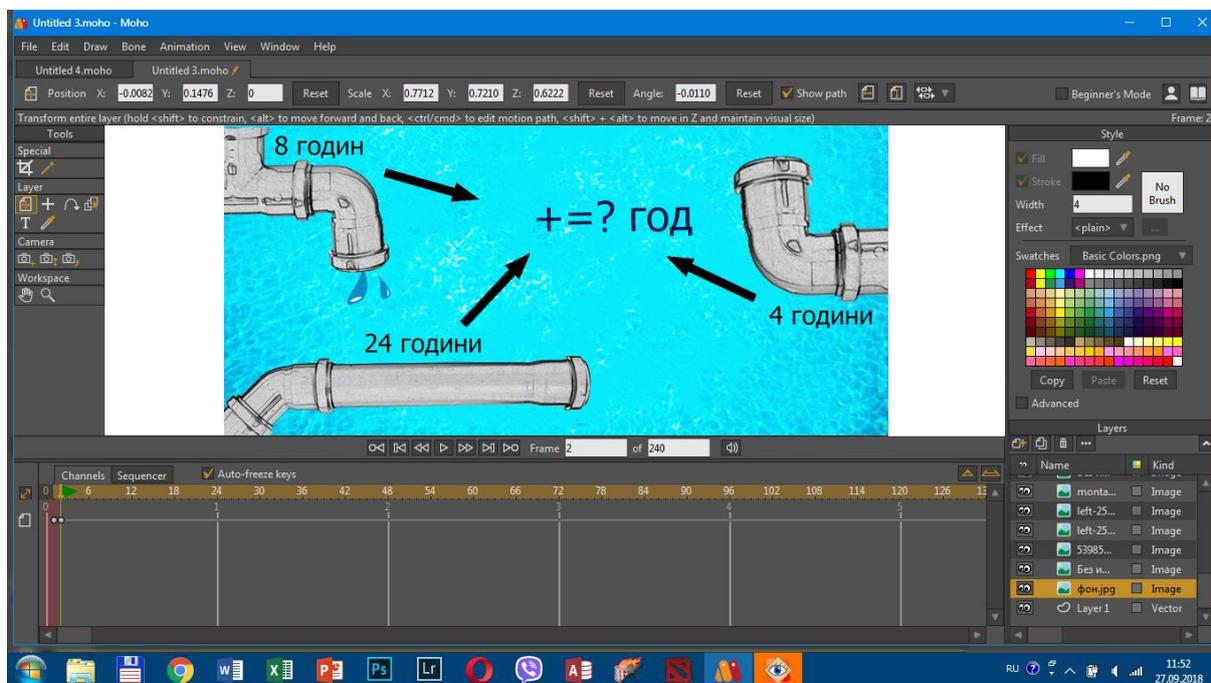


Рис. 3. Приклад розв'язання задачі у середовищі Anime Studio

Задача 4. Один тракторист може зорати поле за 12 год, а другий - за 24 год. За скільки годин два трактористи можуть зорати поле разом?

Традиційне рішення цієї задачі виглядає наступним чином:

Спочатку дізнаємося, скільки поля може зорати кожен тракторист самостійно:

1/12 поля за 1 годину зоре перший тракторист.

1/24 поля за 1 годину зоре другий тракторист.

Дізнаємося, скільки зорять трактористи за одну годину, працюючи разом:

$1/12 + 1/24 = 2/24 + 1/24 = 3/24 = 1/8$ поля.

Тепер розрахуємо, скільки потрібно часу трактористам, щоб зорати поле, працюючи разом:

$1 : (1/8) = 8$ год.

Створена візуалізація даної задачі надає можливість наочно переглянути розв'язок задачі, побачити взаємозв'язок параметрів та взаємозалежність величин одна від одної (Рис. 4).

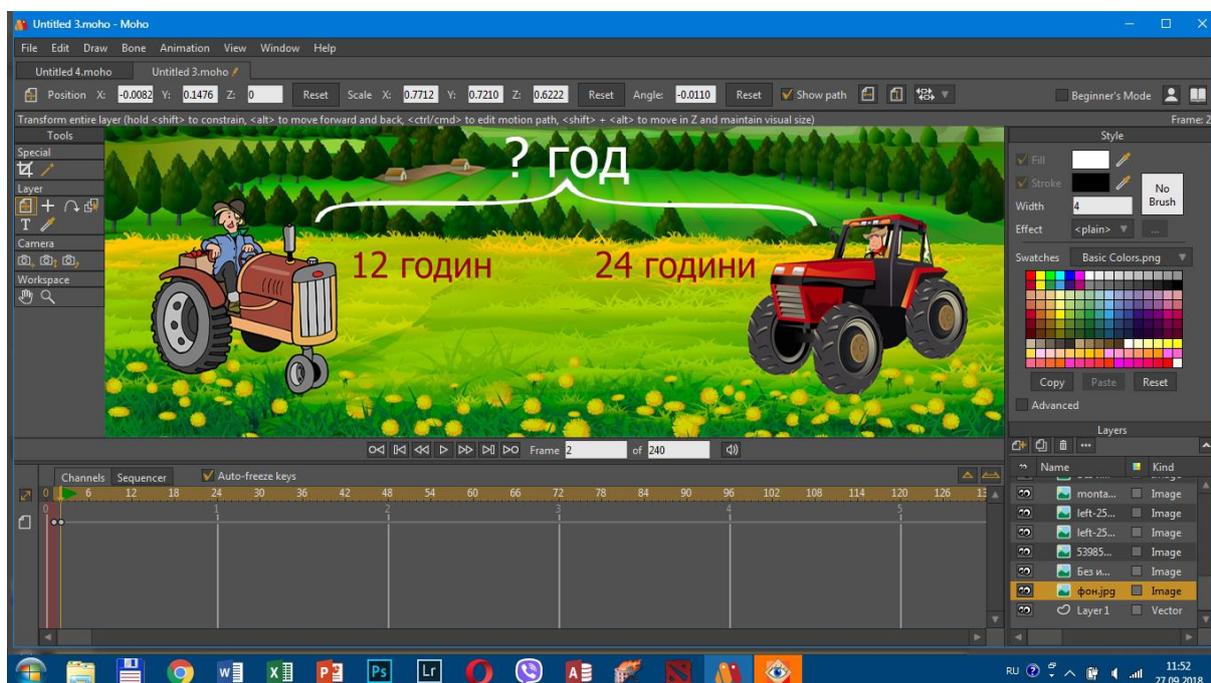


Рис. 4. Приклад розв'язання задачі у середовищі Anime Studio

Для розв'язання задач на підтримку вивчення теми: «Задачі на відсоткові розрахунки» курсу математики у п'ятому класі, нами було створено візуалізацію для розв'язання наступної задачі.

Задача 5. Велосипедист першого дня проїхав 34 % всієї траси, другого дня він проїхав 35 % всієї траси, а третього дня – решту, яка складає 124 км. Яка довжина всієї траси?

Традиційно дана задача розв'язується наступним чином:

Спочатку порахуємо, скільки проїхав велосипедист за два дні:

$34\% + 35\% = 69\%$ відсотків траси.

Потім дізнаємося, скільки проїхав велосипедист за третій день:

$100\% - 69\% = 31\%$ відсотків траси.

Тепер розрахуємо довжину всієї траси:

$31\% = 0,31$ км

$124 : 0,31 = 400$ (км).

Отже довжина всієї траси складає 400 км.
Візуалізацію до даної задачі подано на рис. 5.

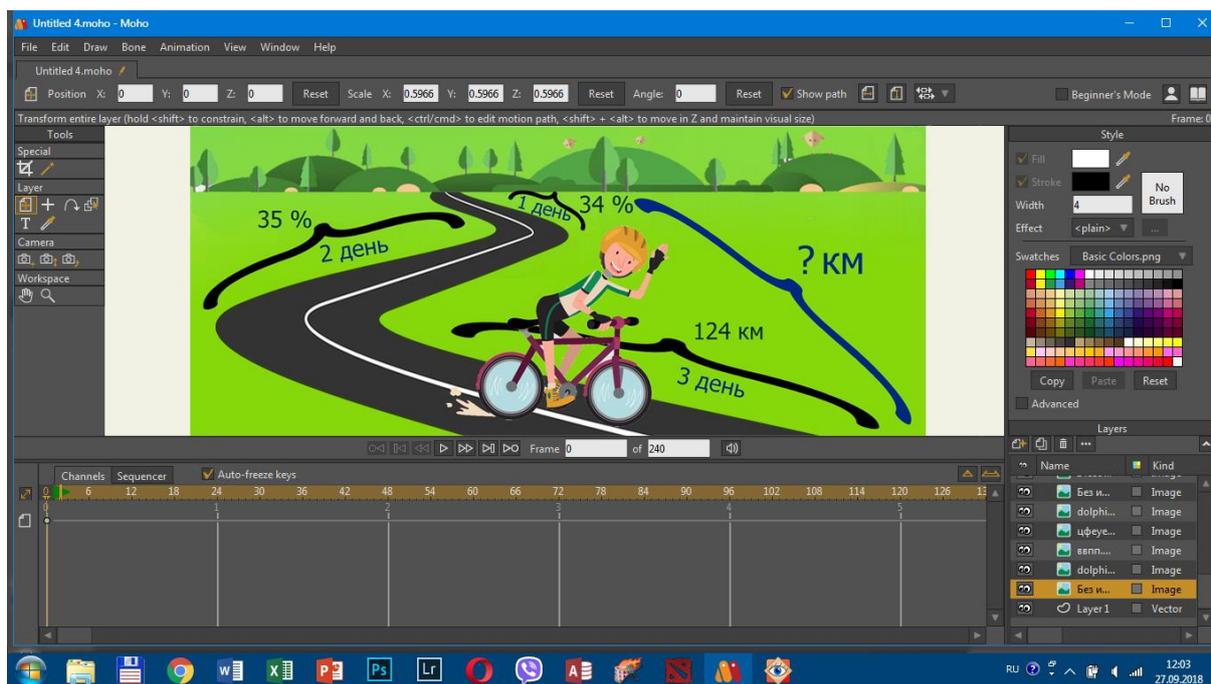


Рис. 5. Приклад розв'язання задачі у середовищі Animate Studio

Висновки. Візуалізація навчального матеріалу дозволяє успішно реалізовувати будь-які поставлені на меті завдання і успішно досягати педагогічної мети. Якщо навчальна інформація супроводжується відповідними малюнками, формулами, а тим паче анімаційними фрагментами, то зміст інформації, що подається, стає видимим, зрозумілим і, як наслідок, краще запам'ятовується. Сприйняття інформації за допомогою таких методів допомагає отримати більш глибокі враження і привернути увагу аудиторії, створити стимули продовжувати навчання даної дисципліни, сприяє підвищенню пізнавального інтересу учнів, мотивує їх до подальшої самоосвіти. Разом з тим, візуалізація є потужним дидактичним інструментом, застосування якого повинно бути мотивованим, педагогічно доцільним, методично підкріпленим.

Перспективи подальших досліджень. є питання підготовки майбутнього вчителя до ефективного використання технологій візуалізації в педагогічній діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Житеньова Н. В. Принципи візуалізації як основа дидактичного дизайну [Електронний ресурс]. ScienceRise. Pedagogical Education. 2017. №3. С. 11–14. URL: http://journals.uran.ua/sr_edu/article/view/97072
2. Психологическая наука в России XX столетия: проблемы теории и истории [Електронний ресурс]. Под редакцией А. В. Брушлинского. Институт психологии РАН. 1997. 576 с. URL: http://lib100.com/common_psychology/psychologicheskaja_nauka_v_rossii/html/
3. Садовская И.Л. К вопросу о классификации и структуре методов обучения [Електронний ресурс]. Материалы сайта «Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций». 2011. URL: https://www.altspu.ru/Journal/pedagog/pedagog_11/kvok.htm

4. Трухан И.А. Визуализация учебной информации в обучении математике, ее значение и роль [Электронный ресурс]. Успехи современного естествознания. 2013. № 10. URL: <https://www.natural-sciences.ru/pdf/2013/10/85.pdf>
5. Ушакова М.А. Роль визуализации на уроках математики [Электронный ресурс]. Образование и наука в современных реалиях : материалы III Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 17 дек. 2017 г.). Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс». 2017. С. 126-129. URL: <https://interactive-plus.ru/e-articles/446/Action446-466817.pdf>
6. Чудаева Т.Д. Визуализация на уроках математики [Электронный ресурс]. Научный альманах. 2016. № 11-3(25). С. 168-170. URL: <http://ucom.ru/doc/na.2016.11.03.168.pdf>
7. Шевченко І.С. Приклади візуалізації у навчанні математики [Електронний ресурс]. Фізико-математична освіта. Науковий журнал. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2014. №2 (3). С. 65-78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/prikladi-vizualizatsiyi-u-navchanni-matematiki>
8. Шеховцова Д. Н. Использование компьютерных технологий для визуализации математического знания [Электронный ресурс]. Вестник ТГПУ №10. 2010. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompyuternyh-tehnologiy-dlya-vizualizatsii-matematicheskogo-znaniyaniya>

Матеріал надійшов до редакції 16.11.2018

POTENTIAL OF VISUALIZATION TECHNOLOGIES IN TEACHING OF THE SCHOOL COURSE OF MATHEMATICS

Natalya Zhytienova

PhD (pedagogical sciences), Associate Professor of the Department of Informatics, Kharkiv National Pedagogical University named after G.S. Skovoroda, Kharkiv, Ukraine
melennaznv@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3083-1070

Valeriya Shigimaga

Master of the Department of Informatics
Kharkiv National Pedagogical University named after G.S. Skovoroda, Kharkiv, Ukraine
vashygy maga@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5654-235X

Abstract. The article deals with the main problems of mathematical education at school, which primarily relate to the lack of motivation in students to achieve success in learning, interest in learning activities in the whole. The aspects of the use of visualization technologies as a powerful tool for optimizing the educational process and an effective factor for raising pupils' motivation and activating cognitive interest are highlighted. The outlined issues are revealed within the framework of the importance of mathematical sciences, which play a significant role in the country's scientific and technological development and are important for life in the modern information society. However, there has recently been a tendency to decrease interest in the study of mathematics due to many factors, the main of which is the complexity of understanding abstract concepts and the lack of awareness of the students of the practical significance of knowledge. The article states that one of the directions of solving this problem is the use of visualization in the learning process. The importance of the use of visual materials in the professional activity of the teacher during the study of the school course of mathematics in the transition of pupils from junior high school to senior is revealed. As a software tool for creating visual resources aimed at supporting the study of the mathematics course, the authors selected the Anime Studio environment, which has a powerful toolkit and allows the teacher to fully realize the creative idea in order to achieve the set educational purpose. The program of the course is analyzed, in order to identify the most difficult to understand the topics of the fifth grade mathematics course. Examples of application of the Anime Studio environment for solving tasks for calculation of speed, distance

between objects, calculation of time intervals, tasks for joint work and tasks on interest calculations, which are the most complex in this course, are offered.

Keywords: visualization; technology of visualization; subjects of nature-mathematical cycle, cartoons; visual materials; school course of mathematics.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Zhytienova, N. (2007). Principles of visualization as a basis of didactic design [Elektronnyj resurs]. ScienceRise. Pedagogical Education. 3, 11-14. http://journals.uran.ua/sr_edu/article/view/97072 (in Ukrainian)
2. Psychological science in Russia of the XX century: problems of theory and history (1997). Pod red. A. V. Brushlinskogo. Izdatel'stvo «Institut psihologii RAN. 576. http://lib100.com/common_psychology/psihologicheskaja_nauka_v_rossii/html/ (in Russian)
3. Sadovskaja, I. (2011). On the issue of classification and structure of teaching methods. Materialy sajta «Gosudarstvennyj nauchno-issledovatel'skij institut informacionnyh tehnologij i telekommunikacij». https://www.altspu.ru/Journal/pedagog/pedagog_11/kvok.htm (in Russian)
4. Truhan, I. (2013). Visualization of educational information in teaching mathematics, its importance and role [Elektronnyj resurs]. Uspehi sovremennogo estestvoznaniya, 10. <https://www.natural-sciences.ru/pdf/2013/10/85.pdf> (in Russian)
5. Ushakova, M. (2017). The role of visualization in math lessons. Obrazovanie i nauka v sovremennyh realijah: materialy III Mezhdunar. nauch.–prakt. konf. (Cheboksary, 17 dek. 2017 g. Cheboksary: CNS «Interaktiv pljus», 126-129. <https://interactive-plus.ru/e-articles/446/Action446-466817.pdf> (in Russian)
6. Chudaeva, T. (2016). Visualization at the lessons of mathematics. Nauchnyj al'manah, 11-3(25), 168-170. <http://ucom.ru/doc/na.2016.11.03.168.pdf> (in Russian)
7. Shevchenko, I. (2014). Examples of visualization in mathematics teaching. Fyzyko-matematychna osvita. Naukovyj zhurnal. Sumy: SumDPU im. A.S. Makarenka, 2 (3), 65-78. <https://cyberleninka.ru/article/v/prikladi-vizualizatsiyi-u-navchanni-matematiki> (in Ukrainian)
8. Shehovcova, D. (2010). Using computer technology to visualize mathematical knowledge. Vestnik TGPU, 10. <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompyuternyh-tehnologiy-dlya-vizualizatsii-matematicheskogo-znaniyaniya> (in Russian)