
МЕТОДИКА НАВЧАННЯ І ВИХОВАННЯ

УДК 53(07)

DOI 10.31654/2663-4902-2019-PP-3-57-64

Кнорозок Л. М.

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя

Шевчук О. Г.

доцент кафедри фізики Ніжинського державного університету
імені Миколи Гоголя, заслужений вчитель України

Шевчук М. О.

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогіки, початкової освіти
та освітнього менеджменту Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
ORCIDiD 0000-0002-6402-7400

**ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНО-КРЕАТИВНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ
З ФІЗИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ЗАСОБАМИ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ**

Реформування освіти в Україні вимагає докорінної зміни підходів до самого процесу викладання. Такий підхід сприятиме розвитку у суб'єктів навчання – учнів – компетентностей дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької діяльності. Для успішного виконання поставленого вище завдання слід визначитися з тим, як готувати фахівців недалекого майбутнього. Передова педагогічна думка деяких країн світу пов'язує саме зі STEM-освітою підготовку відповідних фахівців, які будуть відповідати викликам науково-технічної революції. Без елементів STEM-освіти неможливо провести коректне дослідження процесів та явищ, пов'язаних із фізичними тілами, які виступають в ролі об'єктів дослідження. Водночас використання технологій та методів STEM-освіти дозволяє зробити ці дослідження всебічними та науково значущими. В статті розглянуто питання про можливість упровадження технологій STEM-освіти з формування критичного та креативного мислення учнів під час вивчення фізики у старшій школі, принципи та прийоми формування творчого підходу у викладанні фізики із залученням STEM-технологій. Показано, що впровадження технологій STEM-освіти допоможе в успішній реалізації основних завдань реформи освіти.

Ключові слова: креативність, творче мислення, критичне мислення, STEM-технологія.

Постановка проблеми. Навчальний процес у школі завжди акцентував увагу на формуванні креативного підходу до засвоєння навчального матеріалу, розвитку пізнавальних здібностей учнів. Повноцінне реформування освіти в Україні неможливе без ефективної реалізації державної політики в цій сфері. Реформа освіти передбачає, зокрема, посилення розвитку науково-дослідної роботи у навчальній діяльності [2]. Такий підхід сприятиме розвитку у суб'єктів навчання – школярів – дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької компетентностей. Без сумніву, що такий перехід до інноваційної системи освіти передбачає принципово іншу підготовку фахівців, які проявляли б обізнаність та гнучкість мислення, засвоєння передових технологій, вміння поєднувати знання з різних галузей наук [4]. Тому саме із STEM-освітою пов'язують підготовку висококваліфікованих фахівців, які

зможуть відповідати викликам науково-технічної революції, будуть конкурентоспроможними на ринках праці недалекого майбутнього.

Використання технологій STEM-освіти стимулює інтерес учнів до теоретико-прикладних аспектів навчальних дисциплін, зокрема фізики та астрономії, у їх нерозривному взаємозв'язку та взаємодоповнюваності. Залучення учнів у STEM-простір сприяє розвитку креативного мислення, формує у них як у суб'єктів навчального процесу компетентності дослідника-експериментатора, адже STEM-освіта розвиває такі навички, як:

- уміння побачити та сформулювати проблему; науково-дослідне завдання;
- уміння виявити в проблемі ключові моменти як комплекс взаємопов'язаних факторів та тенденцій;
- здатність до побудови аналітичних теорій;
- уміння намітити та реалізувати шляхи виконання науково-дослідного завдання;
- уміння відстоювати свою позицію;
- уміння проявляти гнучкість мислення, зрозуміти точку зору, відмінну від власної; уміння працювати в команді;
- здатність до висування та верифікації гіпотез дослідження, оригінального нестандартного виконання науково-дослідного завдання [4, 8].

Зрозуміло, що роль та місце лекційної компоненти навчання, практичних та лабораторних занять, інших видів навчальної діяльності при цьому не нівелюється. Акцентування в навчальній діяльності уваги на науково-дослідній роботі (НДР) збігається із деякими з головних завдань реформи освіти. Реформа освіти передбачає, зокрема, посилення розвитку наукового напрямку у навчальній діяльності, основною компонентою якої якраз і є НДР. Аналізуючи принципи та методи STEM-освіти, можна прийти до однозначного висновку: головні завдання реформи освіти практично повністю лягають в площину парадигми STEM-освіти, а отже, можуть бути успішно виконанні за допомогою її методів та технологій. Саме із STEM-освітою педагогічна думка деяких промислово та економічно розвинених країн світу пов'язує підготовку відповідних фахівців, які будуть відповідати викликам науково-технічної революції, будуть успішними на ринку праці, основне наповнення якого в недалекому майбутньому пов'язують з професіями в галузях нано-, біо- та ІТ-технологій, розробки квантових комп'ютерів, нових засобів телекомунікацій [4]. В таких країнах реалізація програми з впровадження та функціонування STEM-освіти підтримується на державному рівні. Зрозуміло, що такий перехід від традиційних схем та методів навчання до інноваційної системи освіти європейського рівня, який передбачений реформою освіти в Україні, а також до технології та методів STEM-освіти, передбачає кардинально іншу підготовку як фахівців, так і суб'єктів навчання, які проявляли б обізнаність та гнучкість мислення, вміння поєднувати знання з різних галузей наук, навички проектно-конструкторської діяльності, вміння працювати та співпрацювати у колективі [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми мотивації суб'єктів навчання до науково-дослідної діяльності, формування в учнів критичного та креативного мислення при викладанні природничо-наукових дисциплін, зокрема дисциплін фізичного та астрономічного напрямку, розглядали у своїх працях такі вчені, як: Т. І. Андрущенко, В. Ю. Величко, С. А. Гальченко, Н. О. Гончарова, Л. С. Глоба, К. Д. Гуляєв, В. В. Камишин, Е. Я. Клімова, О. Б. Комова, О. В. Лісовий, Л. Г. Ніколенко, Р. В. Норчевський, М. А. Попова, І. А. Сліпухіна, О. Є. Стрижак, Є. Б. Шаповалов та ін. Методиці впровадження технологій STEM-освіти в освітній простір ВНЗ присвятили свої дослідження: Н. О. Гончарова, Л. М. Грень, С. В. Дембицька, С. О. Кириленко, О. С. Кузьменко, О. О. Патрикєєва, Н. І. Поліхун, І. М. Савченко, І. С. Чернецький та інші науковці.

Проблеми критичного мислення як інноваційній педагогічній технології присвятили свої дослідження Дж. Л. Стіл, К. С. Мередит, Ч. Темпл, а також вітчизняні науковці та викладачі М. Красовицький, О. Белкіна, О. Пометун, Л. Пилипчатина, О. Тягло та інші.

Мета статті. В статті на прикладах впровадження інноваційних технологій STEM-освіти в процесі вивчення фізики та астрономії в старшій школі, формування критичного та креативного мислення учнів в умовах скорочення аудиторних годин на

вивчення цих предметів показані рушійні механізми компенсації негативної дії чинників, пов'язаних із вказаним скороченням годин.

Методи дослідження. В процесі роботи над окресленою вище проблемою застосовувались такі методи: аналіз підручників, навчальних посібників і наукових публікацій, які присвячені застосуванням технологій STEM-освіти, розвитку критичного та креативного мислення, а також системний аналіз результатів практичної діяльності учнів у межах практичної реалізації такого роду технологій.

Виклад основного матеріалу. Актуальність та практична значущість описаного в статті досвіду полягає в описі створення оригінальних умов для формування критичного осмислення учнями проблемних ситуацій у навчанні, розвитку їхнього творчого потенціалу і креативності, що реалізується за допомогою індивідуального підходу до саморозвитку, самореалізації та соціалізації учнів, здійснення позитивного впливу на мотивацію навчання фізики [3]. Відомий вислів "Non scholae, sed vitae discimus" ("Вчимося не для школи, а для життя") повинен бути гаслом спільної діяльності учителя та учня.

Креативність – сума інтелектуальних та особистісних особливостей індивіда, який здатен до самостійного висунення проблеми, генерувати нові, оригінальні ідеї, знаходити нетрадиційні та нешаблонні способи виконання проблемних завдань [5]. Креативність – це здатність народжувати надзвичайні ідеї, відхилитися від традиційних схем мислення, швидко вирішувати проблемні ситуації. У широкому розумінні – синонім слова "творчість" або "здатність до творчості".

Критичне мислення – це здатність людини мислити мобільно; чітко виділити проблему, яку потрібно вирішити; самостійно знайти, обробити та проаналізувати інформацію; логічно побудувати свої міркування, навести переконливу аргументацію [1, с. 78]. Люди, які критично думають, мають гнучке мислення, що дозволяє їм швидко залишати старі шляхи і переходити на нові напрями вирішення проблем. Одна з найважливіших характеристик критично мислячої особистості – інтелектуальна рухливість, що характеризує здатність швидко переходити від розв'язання завдань одного типу до завдань іншого [2, с. 24].

Широкий спектр дидактичних та теоретико-гносеологічних прийомів з використанням технологій STEM-освіти може бути впроваджений та застосований в процесі гурткової роботи з астрономії у старшій школі. Обов'язковою при цьому є організація занять із використанням індуктивних методів навчання, застосуванням конвергенційних дидактичних прийомів, використанням методів та прийомів брейн-стормінгу [2] та методів і прийомів теорії розв'язування винахідницьких задач (ТРВЗ), зокрема методу "морфологічних ящиків". Такі вимоги до організації та проведення занять вимагають удосконалення всієї системи освіти, формують нові еталони професійних якостей вчителя, потребують від нього ефективного розв'язання психолого-педагогічних задач, які супроводжують процес передачі знань [3].

Розглянемо конспективно деякі з досліджень, які можна провести з гуртківцями з зазначенням STEM-елементів дослідницької діяльності [9].

1. При вивченні геліоактивності можна було б провести статистичні дослідження кореляційних полів між характеристиками сонячних плям, чисел Вольфа, активністю в зонах спалахів та в зонах корональних викидів, значенням геомагнітного індексу та кількісними показниками перебігу патологій, кількістю новонароджених, інтенсивністю опадів в певному регіоні України за цей же період; визначити показники рівнів значущості гіпотез за стійкістю коефіцієнтів кореляції. При проведенні такого роду досліджень слід використовувати не лише традиційні теоретичні методи астрофізичних досліджень, а й методи статистичної обробки даних, елементи програмування та знань з галузей медицини, кліматології, метеорології та ін.

2. Численні астрофізичні інтернет-ресурси наводять необроблені фотографії деталей поверхні планет, астероїдів, комет. Фахівці-астрономи не встигають провести обробку таких зображень. Аматори астрономії мають можливість проводити самостійні дослідження деталей рельєфу небесних тіл, використовуючи наявне програмне забезпечення, можливість доступних для них комп'ютерів. Зокрема, можна було б на заняттях гуртка з астрономії проводити комп'ютерну обробку зображень та вивчати характеристики вихрових утворень в атмосферах Юпітера та

Сатурна, отриманих камерами місії Juno та Cassini відповідно. В процесі виконання такого роду робіт учні набувають поєднаних компетенцій в галузі астрономії, фотоспів, комп'ютерних технологій, геології, газодинаміки.

3. З молодшими школярами можна було б проводити заняття з моделювання Чумацького Шляху, деталей поверхні планет Сонячної системи (об'ємне моделювання), створення аплікацій на астрономічну тематику, конструювання 3D-моделей сузір'їв, підсистем Сонячної системи.

4. Не менш цікавими можуть бути заняття, на яких гуртківці представляють самостійно розроблені різного роду тренажери на астрономічну тематику з використанням ЕОМ. Зокрема, такими комп'ютерними програмами могли б бути тренажери з моделювання сонячної активності з визначення геомагнітного індексу та чисел Вольфа, моделювання кривих блиску змінних зір різних класів та типів для відпрацювання навичок в застосуванні методів Аргеландера, Нейланда-Блажко, Горанського, Пікерінга, позафокальних зображень зір [4; 5] та їх модифікацій в побудові кривих блиску тощо.

5. Останніми роками дуже інтенсивно досліджуються екзопланети. Маючи інформацію про параметри орбіт екзопланет, можна провести моделювання кліматичних умов на їх поверхнях, варіюючи різні хімічні склади атмосфер, особливо для планет земного типу, які потрапляють в "зони життя". В процесі моделювання виникає потреба провести не тільки дослідження теплового режиму на екзопланетах, але й вміти враховувати вплив випромінювання материнської зорі на атмосферу екзопланети залежно від її хімічного складу. Розглядаючи питання про можливість розвитку високоорганізованих форм життя на екзопланеті, потрібно коректно зіставити параметри середовища на її поверхні залежно від можливих форм життя, не обов'язково заснованих на принципах "водно-вуглецевого шовінізму". Це дало б можливість уточнити формулу Дрейка на наявність в ній "прихованих параметрів". Такого роду дослідження вимагають поєднання знань з астрономії, фізики, хімії, біології, генетики, програмування.

Наведені вище приклади наочно демонструють, що без елементів STEM-освіти неможливо провести коректне дослідження процесів та явищ, пов'язаних з фізичними тілами, які виступають в ролі об'єктів дослідження. Водночас, використання технологій та методів STEM-освіти дозволяє зробити ці дослідження всебічними та науково значущими.

На наш погляд, найбільш ефективними є такі методи роботи з інформацією на уроках фізики: інтерактивна система "Поміч", "Щоденник подвійних спостережень", "Структурування та оцінка аргументу" [1, с. 57]. Це дозволяє навчити учнів по-новому підходити до збору інформації, критичного її осмислення.

Одним із найважливіших аспектів роботи вчителя фізики є планування уроків розв'язування задач. Усвідомлення необхідності індивідуального та диференційованого підходу, які допомагають учням з різним рівнем знань з фізики здійснювати свою діяльність осмислено, проявляти себе, почуватися комфортно на уроці. Ефективним методом в реалізації цієї програми є використання інтерактивного тесту "Так-Ні" та тести зі створення логічних пар. Дієвими на уроках такого типу є завдання "Знайди помилку в задачі", "Сформулюй задачу за її короткою умовою" тому, що у такий спосіб залучаються до роботи учні, у яких виникають проблеми із розв'язуванням фізичних задач. Якісні задачі з фізики учні розв'язують, використовуючи метод "Прес", більш складні – за допомогою методу "Ланцюжок".

На кожному уроці здійснюється контроль учнів, які мають математичний склад мислення і високий рівень знань з фізики. Такі учні отримують індивідуальні творчі завдання на уроках і для домашньої роботи, стають консультантами для однокласників, залучаються до участі в олімпіадах, турнірних змаганнях, конкурсах. Це дає можливість учням більш повно розкрити свій творчий потенціал. Важливими складовими такого етапу уроку є проведення рефлексії та самооцінки учнями своєї діяльності на уроці. Для цього використовуються методи "Різнокольорові капелюшки" та "Рюкзак".

Практичний досвід роботи із занурення в технологію формування критичного мислення привів до усвідомлення, що спектр її використання набагато ширший.

Елементи даної технології є ефективними й у позакласній роботі – підготовці учнів до олімпіад і турнірів. Можна виділити наступні структурні елементи уроку з використанням технології критичного мислення: розминка, обґрунтування мети та методів дослідження, актуалізація опорних знань та навичок, усвідомлення змісту пошуково-дослідного завдання, рефлексія.

Описана вище технологія допомагає знайти шлях розв'язання важливої проблеми: як навчати фізики учнів гуманітарної школи, які за стилем мислення діляться на гуманітаріїв і тих, хто має математичний склад мислення (останніх учнів значно менше). Для учнів-гуманітаріїв дуже важливою є така організація навчального процесу, коли в основу поставлена "не формула, а думка". При роботі з ними одну з ключових ролей відіграє застосування технології критичного мислення. При викладанні фізики в умовах профілізації освіти учитель повинен диференційовано підходити до добору завдань не тільки з точки зору рівня складності, але й змісту самого завдання. У цьому допомагають домашні спостереження, експерименти, лабораторні роботи. Під час проведення домашніх дослідів вчитель пропонує учням обрати один із шляхів виконання домашньої роботи: самостійно спланувати та виконати дослід, критично проаналізувати його результати, знайти алгоритм проведення аналогічного дослідів в літературі чи в мережі Інтернет та адаптувати для своїх умов, зібрати інформацію за даною темою, написати відповідне есе. Такий розподіл завдань дозволяє задовольнити потреби учнів, які мають різні здібності і нахили до вивчення фізики, різний інтерес до предмета.

На організаційно-психологічному етапі уроку особливо важливим є створення доброзичливого психологічного клімату. Тому кожен урок починати з розминки. Наприклад, під час розминки "Закінчи речення" учням пропонується фраза, яку сформульовано таким чином, щоб вони могли висловити свою думку щодо певної фізичної проблеми. Обов'язковою складовою кожного уроку є мотивація навчальної діяльності, під час якої учням потрібно показати зв'язок фізики із життям, сучасними технологіями (політехнічна складова курсу).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Головними завданнями при організації навчально-освітнього процесу з фізики є врахування особливостей мислення дітей, розпізнавання та розвиток здібностей, схильностей і потенціалу учнів, прогнозування їхнього подальшого професійного успіху. Саме цьому сприяє застосування критичного та креативного мислення, зумовлює рівень успіху оволодіння сучасними практичними вміннями, робить людину здатною до самоосвіти та саморозвитку, повноцінним членом суспільства.

Література

1. Гін А. О. Прийоми педагогічної техніки. Луганськ, 2005. 84 с.
2. Гончарова Н. О. Професійна компетентність вчителя у системі навчання STEM. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2015. № 7. С. 141–147.
3. Грень Л. М. Забезпечення мотивації досягнення професійного успіху у студентів ВТНЗ. *Педагогічний альманах*. 2011. № 9. С. 121–125.
4. Засоби та обладнання STEM. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/zasobi-ta-obladnannya-stem/>
5. Макаренко В. М., Туманцова О. О. Як опанувати технологію критичного мислення. Харків: Вид. група "Основа", 2008. 96 с.
6. Кириленко С., Кіян О. Поліфункціональний урок у системі STEM-освіти: теоретико-методологічні та методичні сегменти. *Рідна школа*. 2016. № 4. С. 50–54.
7. Наволокова Н. П. Енциклопедія педагогічних технологій і інновацій. Харків: Вид. група "Основа", 2012. 176 с.
8. Савченко І. М. Реалізація ідей STEM-освіти Національним центром "Мала академія наук України". *Наукові записки Малої академії наук України*. 2015. № 7. С. 148–157.
9. Шевчук О. Г. Використання елементів STEM-освіти при написанні науково-дослідницьких робіт учнів з астрономії. *Педагогічна освіта на зламі століть: досвід минулого – погляд у майбутнє: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю кафедри педагогіки (19–20 жовтня 2017 р., м. Ніжин)*. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. С. 225–227.

References

1. Hin, A.O. (2005). *Pryiomy pedahohichnoi tekhniky* [Techniques of pedagogical technique]. Luhansk [in Ukraine].
2. Honcharova, N.O. (2015). Profesiina kompetentnist vchytelia u systemi navchannia STEM [Teacher professional competence in the STEM learning system]. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy – Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine*, 7, 141–147 [in Ukraine].
3. Hren, L.M. (2011). Zabezpechennia motyvatsii dosiahnennia profesiinoho uspiokhu u studentiv VTNZ [Providing motivation to achieve professional success in students of VTNZ]. *Pedahohichnyi almanakh – Pedagogical almanac*, 9, 121–125 [in Ukraine].
4. *Zasoby ta obladnannia STEM* [STEM Tools and Equipment]. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/zasobi-ta-obladnannya-stem/> [in Ukraine].
5. Makarenko, V.M. & Tumantsova, O.O. (2008). *Yak opanuvaty tekhnolohiiu krytychnoho myslennia* [How to master critical thinking technology]. Kharkiv: Vyd. hrupa "Osнова" [in Ukraine].
6. Kyrylenko, S. & Kiian, O. (2016). Polifunktsionalnyi urok u systemi STEM-osvity: teoretyko-metodolohichni ta metodychni sehmenty [Multifunctional lesson in the STEM education system: theoretical, methodological and methodical segments]. *Ridna shkola – Home school*, 4, 50–54 [in Ukraine].
7. Navolokova, N.P. (2012). *Entsyklopediia pedahohichnykh tekhnolohii i innovatsii* [Encyclopedia of pedagogical technologies and innovations]. Kharkiv: Vyd. hrupa "Osнова" [in Ukraine].
8. Savchenko, I.M. (2015). Realizatsiia idei STEM-osvity Natsionalnym tsentrom "Mala akademii nauk Ukrainy" [Implementation of STEM education ideas by the National Center "Small Academy of Sciences of Ukraine"]. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy – Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine*, 7, 148–157 [in Ukraine].
9. Shevchuk, O.H. (2017). Vykorystannia elementiv STEM-osvity pry napysanni naukovo-doslidnytskykh robit uchniv z astronomii [The use of elements of STEM education in the writing of research works of astronomy students]. *Pedahohichna osvita na zlami stolit: dosvid mynuloho – pohliad u maibutnie – Teacher education at the turn of the century: the experience of the past is a look into the future*. Nizhyn: Vydavets PP Lysenko M. M. [in Ukraine].

Кнорозок Л. М.

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики
Нежинского государственного университета имени Николая Гоголя

Шевчук А. Г.

доцент кафедры физики Нежинского государственного университета
имени Николая Гоголя, заслуженный учитель Украины

Шевчук М. А.

кандидат педагогических наук, доцент кафедры педагогики,
начального образования и образовательного менеджмента
Нежинского государственного университета имени Миколи Гоголя
ORCIDiD 0000-0002-6402-7400

Формирование критически-креативного мышления учащихся с физических дисциплин средствами STEM-технологий

Реформирование образования в Украине требует коренного изменения подходов к самому процессу обучения. Такой подход будет способствовать развитию у субъектов обучения – учеников – компетенций опытно-экспериментальной, конструкторской, изобретательской деятельности. Для успешного решения поставленной выше задачи необходимо определиться с тем, как готовить специалистов недалекого будущего. Передовая педагогическая мысль некоторых стран мира связывает именно со STEM-образованием подготовку соответствующих специалистов, которые будут отвечать

вызовам научно-технической революции. Без элементов STEM-образования невозможно провести корректное исследование процессов и явлений, связанных с физическими телами, которые выступают в качестве объектов исследования. В то же время использование технологий и методов STEM-образования позволяет сделать эти исследования всесторонними и научно значимыми. В статье рассмотрены вопросы о возможности внедрения технологий STEM-образования по формированию критического и креативного мышления учащихся при изучении физики в старшей школе, принципы и приемы по формированию творческого подхода в преподавании физики с привлечением STEM-технологий. Показано, что внедрение технологий STEM-образования поможет в успешной реализации основных задач реформы образования.

Ключевые слова: креативность, творческое мышление, критическое мышление, STEM-технология.

Knorozok L. M.

Candidate of physico-mathematical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Physics, Nizhyn State University named after Mikoli Gogol

Shevchuk A. G.

Associate Professor, Department of Physics, Nizhyn State University named after Mikoli Gogol, Honored Teacher of Ukraine

Shevchuk M. A.

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Pedagogy, Primary Education and Educational Management of Nizhyn State University named after Mikoli Gogol
ORCIDiD 0000-0002-6402-7400*

**Formation of critical-creative thinking of students
by physical disciplines by methods of stem-texnologis**

The educational process at school has always focused on the formation of a creative approach to the assimilation of educational material, the development of cognitive abilities of students. A full-fledged reform of education in Ukraine is impossible without the effective implementation of state policy in this area. Education reform provides, in particular, strengthening the development of research work in educational activities.

The purpose of the article. In the article on examples of introduction of innovative STEM-education technologies in the process of studying physics and astronomy in high school, formation of critical and creative thinking of students in the conditions of reduction of class hours for studying of these subjects, driving mechanisms for compensation of negative effect of factors related to factors soon hours.

Research methods. In the process of work on the problem outlined above, the following methods were used: the analysis of textbooks, textbooks and scientific publications on the use of STEM-education technologies, the development of critical and creative thinking, as well as the systematic analysis of the results of students' practical activities within the practical implementation of such technologies.

The scientific novelty of the results is to use the capabilities of STEM technologies for teaching students to successfully master the physical and astronomical components of a set of academic disciplines.

The practical significance of the research results lies in the formation of sustainable competencies, abilities and skills in the study of physical disciplines, which significantly exceed the corresponding components of knowledge obtained using traditional teaching methods.

Conclusions and prospects for further research. The main tasks in the organization of the educational process in physics is to take into account the peculiarities of children's thinking, recognition and development of the abilities, inclinations and potential of students, predicting their further professional success. This is facilitated by the use of critical and creative thinking, causes the level of success in mastering modern practical skills, makes a person capable of self-education and self-development, a full member of society.

Key words: creative, creative thinking, critical thinking, STEM-technology.