

В. В. Фоменко

Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький
e-mail: vfom@ukr.net

НАВЧАЛЬНІ ФІЗИЧНІ МОДЕЛІ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ЗАСАД STEM-ОСВІТИ В КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ДЛЯ НЕФІЗИЧНИХ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Робота присвячена ролі та значенню навчальних фізичних моделей (НФМ) в реалізації концептуальних засад STEM-освіти в курсі фізики для нефізичних спеціальностей.

Наука (Science): фізичне знання є модельним, тому презентація змісту курсу фізики як системи НФМ відповідає сенсу фізики як науки, оскільки висвітлює проблему співвіднесення фізики як науки з реальним світом. Крім того, НФМ стають центрами структурної побудови матеріалу. Це формує систематичне та раціональне мислення студентів.

Технології (Technology) та техніка (Engineering): реалізується шляхом фізичного моделювання фахово-значущої реальності на ґрунті відповідних фізичних моделей. Це започатковує утворення суб'єктивної фізично-технічно-технологічної картини світу, яка повинна сформуватися у свідомості студентів.

Математика (Mathematics): кожна НФМ модель містить математичну компоненту. При викладанні математичного апарату фізичних моделей відзначається, що математичний аналіз моделі дозволяє робити обґрунтований якісний та кількісний прогноз її фізичної поведінки.

Висновок: акцентування зазначених питань в процесі викладання курсу на основі навчальних фізичних моделей надає змогу створити передумови практичної реалізації концептуальних засад STEM-освіти у вищих закладах освіти.

Ключові слова: STEM-освіта, курс загальної фізики, навчальні ментальні фізичні моделі, STEM-дисципліни.

Як відомо, вища освіта займає особливу роль у суспільстві та у системі освіти. Саме сучасний стан вищої освіти, з одного боку, виступає показником сьогочасного рівня суспільного розвитку, рівня виробництва, науки, культури та інтелекту суспільства, а, з іншого боку, формує стан суспільства у найближчому майбутньому, тобто, визначає найближчі перспективи суспільного розвитку.

В пострадянські часи в Україні та в інших країнах у все більших масштабах виявляються та проявляються певні суттєві протиріччя між новими потребами з боку суспільства до типу та змісту освіченості особистості, і характером сучасної вищої освіти, який значною мірою успадкований ще з радянських освітніх систем. Ці протиріччя не є локальними, властивими окремим навчальним дисциплінам чи формам підготовки, вони мають системний характер і викликані загальним сучасним станом вищої негуманітарної освіти.

У зв'язку з цим в усьому світі, в тому числі і в Україні, йде пошук нових освітніх систем, орієнтованих на формування гармонійно розвинутої особистості, більш демократичних та диверсифікованих, більш результативних з точки зору інтересів суспільства. В Україні цей курс на реформування та вдосконалення системи освіти, в тому числі і вищої освіти, вважається як стратегічно значимий, і є у теперішній час однією з провідних тенденцій розвитку суспільства.

Одним з перспективних напрямів розвитку освіти вважається STEM-освіта. Акронім STEM (S – science, T – technology, E – engineering, M – mathematics) – вживається для позначення такого типу освіти, у якому мають органічно інтегруватися природничі науки (Science), технології (Technology), техніка (Engineering) та математика (Mathematics). STEM-освіта розглядається як пріоритетний напрямок розвитку освіти у всьому світі і особливо у США [10].

У практичному аспекті STEM-освіта – це «низка чи послідовність курсів або програм навчання, яка готує учнів (а також студентів – В.Ф.) до успішного працевлаштування, до освіти після школи або для того й іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять» [1]. Слід зазначити, що сучасні підходи до STEM-освіти передбачають застосування її концептуальних засад на протязі усього процесу освіти людини – від дошкільних закладів освіти до університетів. У даній роботі ми розглянемо деякі проблеми STEM-освіти у вищих закладах освіти для нефізичних інженерно-технічних спеціальностей. Пошуки педагогів та методистів у цьому напрямку висвітлюють низку питань, зокрема, поступово формується думка про наявність певних STEM-спеціальностей, тобто таких спеціальностей, які будуть найбільш актуальними і затребуваними у найближчому майбутньому. До таких спеціальностей відносять

спеціальності з підготовки: IT-спеціалістів, програмістів, інженерів, спеціалістів високотехнологічних виробництв, фахівців з біо- і нанотехнологій [2]. Вочевидь підготовка кваліфікованих фахівців за цими спеціальностями має здійснюватися на концептуальних засадах STEM-освіти. Зазначимо, однак, що не слід обмежувати низку STEM-спеціальностей наведеним переліком, оскільки, на нашу думку, і інші фахівці (наприклад, педагоги, лікарі та ін.) потребують більш досконалих систем освіти і, зокрема, STEM-освітніх концептуальних підходів.

Іншою проблемою є пошук засобів реалізації провідних засад STEM-освіти у практиці навчального процесу вищої школи. Аналіз літературних джерел показує, що існують різні підходи до рішення цієї проблеми.

Перший з них пов'язаний з використанням у навчальному процесі певних окремих організаційно-методичних заходів, які у своїй основі реалізують окремі аспекти STEM-освіти. До таких заходів можна, наприклад, віднести формування іншомовної компетентності [3], яка справедливо вважається однією з важливих STEM-компетентностей, впровадження фахово-орієнтованих та прикладних задач [4], проведення STEM-ігор – такого типу освітніх ігор, які дозволяють ознайомити студентів з роботою вченого, інженера, управлінця [5] та багато інших. Зазначимо, що подібні підходи є безумовно корисними, однак вони, хоча і реалізують певні ідеї STEM-освіти, однак, вочевидь, не вирішують проблему в цілому.

Іншим підходом до впровадження STEM-освіти у підготовку фахівців з інженерно-технічних спеціальностей є використання для цієї мети окремих навчальних предметів, зокрема робототехніки, IT-дисциплін та програмування. Причому, як на основі аналізу літературних джерел стверджується у роботі [6], особливу роль має відігравати робототехніка, на основі якої можна вивчати певні питання фізики, математики, технології, конструювання. Не заперечуючи важливої ролі робототехніки та інших зазначених дисциплін, зауважимо, що вони, на нашу думку, не можуть забезпечити повністю реалізацію концептуальних засад STEM-освіти у вищому закладі освіти інженерно-технічного профілю.

І, нарешті, ще одним підходом до впровадження STEM-освіти вважається міждисциплінарна інтеграція, у вигляді, наприклад, «... створення інтегрованих програм з фізико-математичного циклу дисциплін» [7]. Зазначимо, що подібна інтеграція різних навчальних дисциплін у навчальному процесі, яка б не була формальною і приводила б до суттєвих покращень у якості підготовки у напрямку засад STEM-освіти потребує значної і кропіткої роботи, і зараз поки що не уявляється можливою. Процес навчання у вищих закладах освіти в наш час традиційно складається з послідовного вивчення де-

якої низки навчальних дисциплін (до яких можна віднести також і проходження практики). Швидше за все це має зберегтися, щонайменше, і у найближчому майбутньому. Ми вважаємо, що впровадження засад STEM-освіти у навчальний процес вищих інженерно-технічних закладів має здійснюватися на ґрунті окремих дисциплін (у тому числі і нових – робототехніки, IT – дисциплін тощо) з виявленням і презентацією певних значних і різноманітних зв'язків між ними. Тому ми вважаємо, що під STEM-інтеграцією слід розуміти не інтеграцію різних дисциплін в одну STEM-дисципліну, а інтеграцію наведених засад STEM-освіти у цих дисциплінах.

Тому метою даної роботи є виявлення можливостей курсу загальної фізики у контексті реалізації засад STEM-освіти для інженерно-технічних спеціальностей.

Гіпотезою дослідження виступає твердження про те, що курс загальної фізики може відігравати головну роль у впровадженні засад STEM-освіти для зазначених спеціальностей, оскільки ця дисципліна акумулює різні аспекти STEM-освіти і, крім того, формує інтелектуальний потенціал особистості. Основними методами дослідження є аналіз сучасних науково-педагогічних публікацій за відповідними напрямками, синтез провідних ідей, узагальнення досвіду викладачів а також власного досвіду викладання курсу загальної фізики, спостереження за особливостями навчального процесу.

Фізика як наука досліджує навколишній світ на основі фізичних моделей, тобто, ідеальних фізико-математичних конструктів, у яких нехтують другорядними факторами досліджуваної реальності і враховують тільки ті фактори, які є значущими в аспекті поставленої задачі, і, крім того, є загальними для великої кількості однотипних об'єктів, процесів та явищ цієї реальності.

Це означає, що і навчальний курс загальної фізики, зокрема, для інженерно-технічних спеціальностей, повинен ґрунтуватися на певній системі навчальних фізичних моделей. Навчальна фізична модель – це певний фізико-дидактичний та методологічний конструкт, який у своїй основі містить відповідну наукову фізичну модель і є пристосованим для навчального розгляду в курсі загальної фізики даного рівня. Прикладами навчальних фізичних моделей в курсі фізики є такі конструкти, як матеріальна точка, ідеальний газ, світловий промінь та багато інших. Дослідимо навчальні фізичні моделі в аспекті реалізації концептуальних засад STEM-освіти.

Наука (Science). Проблема відображення деякої науки як такої у освіті і, зокрема, у STEM-освіті трансформується у проблему відображення цієї науки у певній навчальній дисципліні або деякій сукупності навчальних дисциплін. Дана робота присвячена навчальному курсу загальної фізики для нефізичних інженерно-технічних спеціальностей, тому, як приклад, розглянемо цю проблему саме як проблему відображення фізичної науки у навчальному курсі загальної фізики для цих спеціальностей.

Фізика, як і інші науки, є багатокомпонентною, багатогранною і багатоаспектною ментальною побудовою. Вона містить історичні та методологічні аспекти, конкретно-фізичне наповнення (поняття, закони, формули тощо), математичний апарат, питання практичного застосування, філософську та світоглядну проблематику та ін. Вочевидь, у відносно невеликому за обсягом курсі фізики для нефізичних спеціальностей неможливо адекватно відобразити усі аспекти фізичної науки. Тому постають наступні питання:

- які з компонентів фізичної науки слід включити до навчального курсу з метою відображення її сутності і з урахуванням особливостей STEM-освіти;
- які фізико-методичні ментальні конструкти доцільно використати у навчальному курсі фізики для реалізації концептуальних засад STEM-освіти стосовно відображення змісту і характеру фізичної науки.

Відповідь на перше з цих питань залежить від обсягу курсу. Ясно, що зі збільшенням обсягу збільшуються і можливості у відображенні різних аспектів фізичної науки. Основною вимогою у будь-якій системі фізичної освіти є вимога відображення основного змісту фізики як науки, тобто її фізично-конкретного матеріалу у вигляді понять, законів, формул тощо. Об'єм масиву матеріалу фізичної конкретики, глибина та деталізація його розгляду залежать від цілепокладання та обсягу курсу, однак наявність цього компоненту є, безумовно, обов'язковою.

Крім того, засади STEM-освіти стосовно відображення науки (Science) в освіті передбачають надання певних знань концептуального загально-фізичного рівня, більш високого у порівнянні з рівнем фізично-конкретного знання. Це мають бути знання щодо місця фізики у суспільній культурі та системі знань людства. Головним у цьому питанні є формування розуміння співвіднесення фізичної науки з реальним матеріальним світом, його основними системами, процесами та явищами, які інтерпретуються як фізичні системи, процеси та явища і які, відповідно, виступають предметом фізичного опису. Важливо також сформувати уявлення про засоби, якими фізична наука встановлює закономірності існування та еволюції цих предметів фізичного опису.

Друге з зазначених вище питань, як було зазначено вище, стосується фізико-методичних ментальних конструктів, які слід використовувати у навчальному курсі фізики у якості основних засобів навчального фізичного опису реальності. Ці конструкти мають відповідати таким умовам:

- в онтологічному аспекті – охоплювати найбільш значущі фізичні закономірності, властиві системам, процесам та явищам реального світу, з позицій STEM-освіти в узагальненому інтегрованому вигляді це означає навчальну презентацію фізичної науки як такої, предмета її вивчення та її місця у системі знань людини про навколишній світ;
- в гносеологічному аспекті – відобразити сутність співвіднесення фізичного знання з реальним світом, з позицій STEM-освіти це, на прикладі фізичної науки, формує уявлення про засоби пізнання, які використовуються наукою;
- в практичному аспекті – бути основою формування алгоритмів практичних розрахунків відповідних фізичних величин, важливих, у тому числі, і по відношенню до фахово-значущих систем, процесів та явищ;
- в аспекті подальшої професійної та спеціальної підготовки – відігравати роль фундаментальних фізичних опор, актуальних для цієї підготовки, з позицій STEM-освіти це створює умови для розгляду в навчальному курсі питань технології (Technology) та техніки (Engineering);
- в аспекті побудови навчального курсу – відігравати роль певних центрів концентрації фізично-конкретного матеріалу, забезпечуючи певну логіку побудови структури курсу
- у ментальному аспекті – сприяти формуванню системного та раціонального (тобто, наукового) мислення особистості.

Крім того, ці навчальні ментальні конструкти мають відповідати сенсу фізики як науки, характеру фізичного опису природи. Це означає ідентичність підходів до наукового опису реальності фізичною наукою та навчальної інтерпретації цього опису у курсі фізики. Оскільки найважливішою гносеологічною рисою фізичного знання є його модельний характер, то такими фізико-методичними конструктами у навчальному курсі фізики мають бути навчальні ментальні фізичні моделі систем процесів та явищ реальності [8]. Прикладами таких моделей, що використовуються у курсі загальної фізики є боровська модель атому водню (модель системи), ізотермічний процес у газі (модель процесу), явище резонансу у коливальних системах (модель явища) та багато інших.

Навчальна презентація змісту курсу загальної фізики у вигляді певної структурованої системи навчальних фізич-

них моделей відповідає сенсу фізики як науки, оскільки, по-перше, висвітлює у явному вигляді найважливішу для студентів з нефізичних спеціальностей проблему – співвіднесення фізики (її понять та законів) з реальним світом. При викладанні курсу слід чітко акцентувати, що фізична наука є сукупністю модельних побудов різних рівнів, на ґрунті яких і здійснюється фізичне дослідження реальності.

По-друге, будь-яке наукове знання починається і супроводжується систематизацією матеріалу, що досліджується, тому певна систематизація навчальних фізичних моделей загального курсу фізики має бути основою систематизації навчального фізичного знання і деякою мірою відображати систематизацію наукового фізичного знання. При цьому навчальні фізичні моделі стають центрами конденсації матеріалу курсу і, відповідно, центрами його структурної побудови. Подібна систематизація фізично-конкретного матеріалу на основі структурованої системи навчальних фізичних моделей сприяє формуванню систематичного та раціонального (тобто, наукового) мислення студентів [9].

Технології (Technology) та *техніка (Engineering)*. Вимога концептуальних засад STEM-освіти стосовно відображення технічних та технологічних аспектів у навчальному процесі для фізичної освіти для нефізичних (зокрема, для інженерно-технічних та технологічних спеціальностей) вимагає, щоб курс загальної фізики мав виражену професійну спрямованість, направлену на спеціальності, за якими відбувається підготовка.

В аспекті модельного підходу до організації викладання курсу це означає навчальну презентацію фізичного моделювання елементів фахово-значущої реальності на ґрунті відповідних часткових фізичних моделей, які базуються на певних базисних (тобто, більш загальних) моделях курсу. Фізичне моделювання фахово-значущої реальності слід розглядати як важливу умову формування у свідомості студентів суб'єктивної власної фізико-технічно-технологічної картини світу (ФТТКС), у якій інтегровано уявлення про єдність фізики та відповідних фахово-значущих технічних систем і технологій, які ґрунтуються на її законах.

Фахова спрямованість фізичної освіти повинна започатковуватися ще при у розробці цілей навчання по курсу загальної фізики. Поряд з низкою традиційних цілей у вигляді знань понять та законів фізики, вмінь на основі цих знань виконувати розрахунки фізичних величин і т. п. слід передбачити фізичні цільові вміння пов'язані з фахово-значущими системами. До таких відносяться вміння:

- виділяти з фахово-значущої частини реальності системи, процеси, та явища, які можуть виступати предметом модельного фізичного дослідження;
- проводити на ґрунті фізичного моделювання якісний (а, по можливості, і кількісний) аналіз структури фахово-значущих систем, процесів та явищ, прогностичний аналіз їх еволюції.

Практичним засобом реалізації цього підходу є, по-перше, розгляд цих питань на лекціях з акцентуванням їх фахового значення і зв'язку з фаховими дисциплінами. По-друге, слід впроваджувати в курс якісно-аналітичні завдання (в межах практичних та лабораторних занять, курсових робіт тощо), такі, що з одного боку, є фізичними по суті, а, з іншого боку, стосуються суто фахово-значущих систем.

Математика (Mathematics). Кожна навчальна фізична модель містить певну математичну компоненту (або *математичну модель*). Ця математична модель має у своєму складі певні математичні конструкції: числа (константи), змінні, вектори, функції тощо, над якими можна проводити коректні математичні операції. При викладанні математичного апарату фізичних моделей у курсі слід акцентувати, по-перше, роль математики у наданні фізичному матеріалу кількісного характеру. По-друге, слід відзначити, що математичний аналіз певної моделі дозволяє робити обґрунтований

науковий якісний та кількісний прогноз її фізичної поведінки. По-третє, треба акцентувати увагу студентів на тому, що математика має величезне значення як універсальна мова фізики (і, взагалі, усіх точних наук).

Проведений аналіз дозволяє зробити основні **висновки**:

1. Курс загальної фізики для нефізичних інженерно-технічних спеціальностей відіграє значну роль у впровадженні концептуальних засад STEM-освіти і, фактично, поряд з іншими дисциплінами (робототехніка, ІТ-технології тощо) може вважатися STEM-дисципліною для освіти за цими спеціальностями.

2. Для впровадження STEM-освіти при викладанні курсу загальної фізики доцільно викладати цей курс у вигляді системи ментальних навчальних фізичних моделей, які, фактично, відповідають тим чи іншим чином усьому компонентному складу STEM-освіти (наука, технології, інженерія, математика).

3. Навчальне акцентування зазначених питань у процесі викладання курсу надає змогу створити передумови практичної реалізації концептуальних засад STEM-освіти у вищій школі, які у подальшому потребують більш детального розгляду при вивченні інших дисциплін.

4. Втілення зазначеного у реальній навчальній процесі з загального курсу фізики потребує більш детальної розробки методичних та організаційних аспектів проведення навчальних занять, розрахункових задач та індивідуальних завдань по курсу, а також, значного збільшення обсягу курсу, зокрема, збільшення годин, відведених на аудиторні заняття.

Список використаних джерел:

1. STEM-освіта. – Режим доступу: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/>
2. STEM-спеціальності. – Режим доступу: http://ontology.inhost.com.ua/index.php?graph_uid=1347&item_name=STEM-спеціальності
3. Гончарова Н. Формування STEM-компетентностей в учасників освітнього процесу: іншомовна компетентність / Наталя Гончарова // Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 16-17 травня 2018 р./ за заг. ред. А.С. Кузьменко, В.В. Фоменка. – Кропивницький : Льотна академія НАУ, 2018. – С. 31-35.
4. Доброштан О. Реалізація принципу прикладного та професійного спрямування щодо математичної підготовки майбутніх фахівців морської галузі у контексті STEM-освіти / Олена Доброштан // Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 16-17 травня 2018 р. / за заг. ред. О.С. Кузьменко, В.В. Фоменка. – Кропивницький : Льотна академія НАУ, 2018. – С. 47-50.
5. Зайцев Е. Повышение имиджа инженерной профессии в реалиях современного времени / Евгений Зайцев // Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін : збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 16-17 травня 2018 р./ за заг. ред. А.С. Кузьменко, В.В. Фоменка. – Кропивницький : Льотна академія НАУ, 2018. – С. 59-63.
6. Кузьменко О. Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти / О. Кузьменко // Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2016. – Вип. 9(3). – С. 188-190. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_2016_9%283%29_50
7. Літвінова М. STEM-напряма навчання у фізичній інженерній освіті / Марина Літвінова // Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін : збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної

- конференції, м. Кропивницький, 16-17 травня 2018 р. / за заг. ред. О.С. Кузьменко, В.В. Фоменка. – Кропивницький : Льотна академія НАУ, 2018. – С. 91.
8. Фоменко В.В. Навчальні фізичні моделі загального курсу фізики та їх систематизація за предметом фізичного опису / В.В. Фоменко // Наукові записки. – Випуск № 60. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2005. – Ч. 2. – С. 133-139.
 9. Фоменко В.В. Основні засади формування фізичного мислення в курсі загальної фізики для нефізичних спеціальностей / В.В. Фоменко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2017. – Вип. 23: Теоретичні і практичні основи управління процесами компетентнісного становлення майбутнього учителя фізико-технологічного профілю. – С. 34-37.
 10. Фролов А.В. STEM как приоритетное направление высшего образования США / А.В. Фролов // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2012. – № 12. – Режим доступа: http://ontology.inhost.com.ua/index.php?Graph_uid=1347&item_name=STEM

В. В. Фоменко

*Летная академия Национального авиационного университета,
г. Кропивницький*

**УЧЕБНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАК СПОСОБ
ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВ STEM-ОБРАЗОВАНИЯ В КУРСЕ
ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ДЛЯ НЕФИЗИЧЕСКИХ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Рассматривается роль и значение учебных физических моделей (УФМ) в создании базы для реализации концепту-

альных оснований STEM-образования (наука, техника, технологии, математика) в курсе общей физики для нефизических специальностей. Сделан вывод о возможности практического решения этой проблемы в процессе изложения курса как структурированной системы УФМ.

Ключевые слова: STEM-образование, курс общей физики, учебные ментальные физические модели, STEM-дисциплины.

V. V. Fomenko

Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnitsky

**EDUCATIONAL PHYSICAL MODELS AS A METHOD
OF FORMING THE BASICS OF STEM-EDUCATION IN
THE GENERAL PHYSICS COURSE FOR NONPHYSICAL
ENGINEERING AND TECHNICAL SPECIALTIES**

The role and significance of educational physical models (EPM) in the creation of a framework for realizing the conceptual foundations of STEM-education (science, technology, engineering, mathematics) in the general physics course for nonphysical specialties is considered. The conclusion is made about the possibility of a practical solution of this problem in the course of the course presentation as a structured system of the EPM.

Key words: STEM-education, general physics course, educational mental physical models, STEM-disciplines.

Отримано: 11.09.2018