NICOLAUS COPERNICUS
UNIVERSITY
IN TORUŃ
Faculty of Physics, Astronomy
and Informatics

Institute of Physics

Toruń, 19 January 2026

REVIEW
of the scientific advisor
PhD, Professor Kamil Fedus

for the dissertation of Arymbekov Beken Sagatbekovich

"Development and Application of Augmented Reality Technology Models in Physics Teaching in General Secondary School"
submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD)
in the educational program "8D01501 - Physics"

Between 2021 and 2024, Arymbekov B.S. pursued studies within the educational program "8D01501 - Physics" at Al-Farabi Kazakh National University, successfully completing the doctoral curriculum and earning a recommendation for dissertation defense. As an independent doctoral candidate, Arymbekov demonstrated strong academic competencies: critical engagement with scientific literature, effective data collection and analysis, synthesis of findings, formulation of research aims, and articulation of well-supported conclusions. Throughout the dissertation, he consistently met all assigned research objectives.

His dissertation, "Development and Application of Augmented Reality Technology Models in Physics Teaching in General Secondary School," addresses Kazakhstan's broader educational modernization efforts and focuses on a key gap in current practice—namely, the absence of mature, interactive AR-based visualization methods for secondary-school physics. The introduction clearly identifies the research problem and outlines the subject of study and research aims.

Methodologically, the study integrates theoretical analysis, object-oriented development of GeoGebra-based AR materials, classroom-based experimentation, and quantitative evaluation. The claimed innovation lies in the synthesis of three complementary conceptual frameworks: the Extended Technology Acceptance Model (ETAM/TAM), Task–Technology Fit, and the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). These frameworks guide the adoption and pedagogical use of AR. Implementation took place in secondary schools in Alatau (Kazakhstan), and findings were disseminated through peer-reviewed journals and academic conferences.

Chapter 1 explores the practical and pedagogical demands of using AR in secondary-school physics and presents a systematic literature review of studies indexed in Scopus (Elsevier, Netherlands) and Web of Science (Clarivate Analytics, USA). Guided by five research questions and clear inclusion/exclusion criteria, the review shows that while AR helps make abstract concepts more accessible, enhances motivation, and enables interactive learning, relatively few studies focus specifically on physics, and none offer a comprehensive, classroom-ready methodology. The author provides a basic classification of AR tools, case examples (e.g., PhysicsAR, GeoGebra, NucPhysAR), and practical tables matching physics topics to AR applications, including considerations for students with special needs.

Kamil Fedus

Nicolaus Copernicus University in Toruń
Institute of Physics
5, Grudziądzka Street, 87-100 Toruń, Poland
tel.: +48 56 611 33 10, fax: +48 56 622 53 97
www.ifiz.umk.pl, ifiz@fizyka.umk.pl

UNIWERSYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA W TORUNIU
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Dziekanat
ul. Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń
tel. 56 611 32 49, fax 56 622 53 97
'2779'

NICOLAUS COPERNICUS
UNIVERSITY
IN TORUŃ
Faculty of Physics, Astronomy
and Informatics

Institute of Physics

Chapter 2 evaluates three models for AR integration—TAM (acceptance), Task–Technology Fit (task–tool alignment), and UTAUT (drivers of usage)—based on classroom studies with 9th-grade students in Alatau secondary schools. Findings are consistent: students respond positively when AR is easy and enjoyable to use; learning improves when AR aligns well with lesson content and is readily accessible; and excessive cognitive load can impede learning. Key predictors of both intended and actual AR use include school support, habit, and enjoyment, with minimal gender-related differences. The chapter concludes with practical recommendations to keep AR simple and engaging, align it tightly with specific physics tasks, provide scaffolding to keep mental load low, and ensure adequate infrastructure and support.

Chapter 3 reports a Solomon four-group experiment conducted in two secondary schools in Alatau. The total number of tested students is 120. Two experimental groups used AR-based GeoGebra labs, while two control groups followed the standard curriculum. Reliability and statistical assumptions were verified (Cronbach's alpha, Levene's test, normality checks), and analyses were conducted in SPSS 27 software. An ancillary comparison contrasted AR with virtual labs, with AR favored for developing critical thinking. Statistically significant gains were observed in both achievement and motivation for the AR groups, supporting the routine integration of AR in secondary-school physics instruction.

The conclusions confirm that augmented reality is an effective, classroom-ready tool for visualizing abstract physics concepts and fostering active learning. The author synthesizes four strands: (i) a systematic review identifying gaps in methodology and in Kazakh-language resources; (ii) development of three complementary instructional frameworks (TAM, Task–Technology Fit, UTAUT); (iii) creation of GeoGebra-based AR materials, including a prototype with built-in video communication; and (iv) a multi-year classroom experiment showing measurable gains in achievement, motivation, and critical thinking. These insights were also partially shaped during a research internship at Nicolaus Copernicus University in Toruń, Poland.

The dissertation by Arymbekov B.S. was conducted in alignment with the research plan of the educational program "8D01501 - Physics." The outcomes of this dissertation are documented in 41 scholarly publications, including 26 papers presented at international conferences, 9 articles in journals endorsed by the Committee for Quality Assurance in Science and Higher Education of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, and 6 articles published in internationally peer-reviewed journals indexed in the Web of Science and Scopus databases.

In my professional judgment, the dissertation titled "Development and Application of Augmented Reality Technology Models in Physics Teaching in General Secondary School" represents a complete and high-quality scientific study on a relevant and timely topic. It meets all requirements for the Doctor of Philosophy (Ph.D.) degree, and I recommend conferring this degree upon Arymbekov, B.S., under the educational program "8D01501 – Physics."

Scientific advisor, PhD, Professor,
Nicolaus Copernicus University in Toruń, Poland **Kamil Fedus**

Nicolaus Copernicus University in Toruń
Institute of Physics
5, Grudziądzka Street, 87-100 Toruń, Poland
tel.: +48 56 611 33 10, fax: +48 56 622 53 97
www.ifiz.umk.pl, ifiz@fizyka.umk.pl

UNIWERSYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA W TORUNIU
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Dziekanat
ul. Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń
tel. 56 611 32 49, fax 56 622 53 97

Торунь қаласындағы
Николай Коперник университеті
Физика, астрономия және информатика
факультеті

Физика институты

Торунь, 19.01.2026 ж.

Арымбеков Бекен Сағатбековичтың
«8D01501 - Физика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін ұсынған
«Жалпы білім беретін орта мектепте физиканы оқытуда толықтырылған шынайылық технологиясының модельдерін әзірлеу және қолдану»
диссертациясына қатысты
докоранттың ғылыми кеңесшісі, PhD, профессор Камиль Федустың

СЫН-ПІКІРІ

2021-2024 жылдар аралығында Б.С. Арымбеков әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінде «8D01501 – Физика» білім беру бағдарламасы бойынша докторантурадағы оқуын сәтті аяқтап, диссертациясын қорғауға ұсыныс алды. Докторант Бекен Арымбеков дербес зерттеуші ретінде жоғары академиялық құзыреттілік танытты. Атап айтқанда, ғылыми әдебиетке сыни шолу жасау, дереккөздерден қажетті мәліметтерді жинау және талдау, нәтижелерді синтездеу, зерттеу мақсаттарын айқындау және негізделген қорытындылар тұжырымдау бойынша мықты дағдыларын көрсетті. Диссертация жазу барысында ол алдына қойылған барлық зерттеу міндеттеріне дәйекті түрде қол жеткізді.

Оның «Жалпы білім беретін орта мектепте физиканы оқытуда толықтырылған шынайылық технологиясының модельдерін әзірлеу және қолдану» атты диссертациялық жұмысы Қазақстандағы білім беруді жаңғырту бағытындағы ауқымды күш-жігерді қарастырады. Зерттеуде қазіргі тәжірибедегі негізгі олқылыққа, атап айтқанда, жалпы білім беретін орта мектептерде физиканы оқытуға арналған жетілдірілген, интерактивті AR (толықтырылған шынайылық) негізіндегі визуализация әдістерінің тапшылығына назар аударылады. Кіріспе бөлімінде зерттеу мәселесі нақты анықталып, зерттеу нысаны мен мақсаттары айқын көрсетілген.

Әдістемелік тұрғыдан зерттеу жұмысы теориялық талдауды, GeoGebra қосымшасы негізіндегі AR материалдарының объектіге бағытталған дамуын, мектептегі экспериментті және сандық бағалауды біріктіреді. Жұмыстың ғылыми жаңалығы бір-бірін толықтыратын үш тұжырымдамалық негіздің синтезінде жатыр: кеңейтілген технологияларды қабылдау моделі (TAM), тапсырма мен технологияның үйлесімділігі (TTF) және технологияны қабылдау мен пайдаланудың бірыңғай теориясы (UTAUT). Бұл модельдер толықтырылған шынайылықты қабылдаудың және оны педагогикалық тұрғыдан қолданудың негізі болып табылады. Эксперименттік зерттеулер Алатау қаласындағы (Қазақстан) жалпы білім беретін орта мектептерде жүргізіліп, қорытындылары рецензияланатын журналдар мен академиялық конференцияларда жарияланды.

1-тарауда орта мектепте физика пәнін оқытуда AR технологиясын қолданудың практикалық және педагогикалық талаптары зерттелген. Мұнда Scopus (Elsevier, Нидерланды) және Web of Science (Clarivate Analytics, АШК) дерекқорларында индекстелген зерттеулерге жүйелі әдебиет шолуы жасалған. Бес зерттеу сұрағы мен нақты іріктеу критерийлеріне сүйене отырып жасалған шолу AR технологиясының абстрактілі ұғымдарды түсінуге көмектесетінін, оқушы мотивациясын арттыратынын және интерактивті оқытуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Сонымен қатар, физика пәніне арналған кешенді әдістемелердің әлі де жеткіліксіз екені анықталды. Автор AR құралдарының негізгі классификациясын, нақты жағдайлық мысалдарды (PhysicsAR,

GeoGebra, NucPhysAR) және физика тақырыптарын AR қолданбаларына сәйкестендіруге арналған практикалық кестелерді ұсынған.

2-тарауда Алатау қаласының мектептеріндегі 9-сынып оқушыларымен жүргізілген сабақтар негізінде AR интеграциясының үш моделі (TAM, TTF және UTAUT) бағаланды. Зерттеу нәтижелері бойынша: AR технологиясын қолдану оңай әрі қызықты болған жағдайда оқушылар оған оң ықылас танытады; AR мазмұны сабақ тақырыбымен үйлесім тапқанда оқу тиімділігі артады, бірақ шамадан тыс когнитивті жүктеме оқуға кедергі келтіруі мүмкін. Сондай-ақ, AR-ды тиімді пайдалануға мектептегі қолдау мен оқушылардың бейімділігі айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Тарау соңында AR-ды нақты физика тапсырмаларымен сәйкестендіру және ақыл-ой жүктемесін оңтайландыру бойынша практикалық ұсыныстар берілген.

3-тарауда Алатау қаласындағы екі орта мектепте жүргізілген Сүлейменнің төрт топтық тәжірибесі (Solomon four-group design) сипатталған. Зерттеуге барлығы 120 оқушы қатысты. Екі эксперименттік топ AR негізіндегі GeoGebra зертханаларын пайдаланса, бақылау топтары стандартты оқу жоспарымен оқытылды. Мәліметтердің сенімділігі мен статистикалық болжамдар SPSS 27 бағдарламасы арқылы тексерілді (Кронбах альфасы, Левен сынағы және т.б.). Зерттеу нәтижесінде AR технологиясының виртуалды зертханалармен салыстырғанда сыни ойлауды дамытуда тиімдірек екені және оқушылардың үлгерімі мен мотивациясында статистикалық маңызды өсім бар екені дәлелденді.

Қорытындылар толықтырылған шынайылықтың абстрактілі физикалық ұғымдарды визуализациялау және белсенді оқытуды ынталандыру үшін тиімді құрал екенін растайды. Автор төрт негізгі бағытты синтездеді: (i) Әдіснамалық және ресурстық олқылықтарды анықтаған жүйелі шолу; (ii) Үш нұсқаулық модельді әзірлеу (TAM, TTF, UTAUT); (iii) GeoGebra негізіндегі AR материалдарын жасау; (iv) Оқушылардың үлгерімі мен сыни ойлауын арттыруды дәлелдейтін көпжылдық эксперимент. Бұл нәтижелердің бір бөлігі Польшаның Торунь қаласындағы Николай Коперник университетіндегі ғылыми тағылымдама барысында қалыптасты.

Б.С. Арымбековтің диссертациясы «8D01501 – Физика» білім беру бағдарламасының ғылыми-зерттеу жоспарына сай орындалды. Зерттеу нәтижелері 41 ғылыми жұмыста, оның ішінде халықаралық конференциялардағы 26 баяндамада, ҚР ҒЖБМ Сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдардағы 9 мақалада және Web of Science мен Scopus дерекқорларында индекстелетін халықаралық журналдардағы 6 мақалада жарияланған.

Менің кәсіби пайымдауымша, Б.С. Арымбековтің «Жалпы білім беретін орта мектепте физиканы оқытуда толықтырылған шынайылық технологиясының модельдерін әзірлеу және қолдану» тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысы өзекті, заманауи және жоғары сапалы ғылыми зерттеу болып табылады. Ол философия докторы (PhD) дәрежесіне қойылатын барлық талаптарға толық жауап береді. Осыған орай, Б.С. Арымбековке «8D01501 – Физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беруді ұсынамын.

Ғылыми кеңесші, PhD, профессор,
Торунь қаласындағы Николай Коперник университеті,
Польша **/ қолы /** **Камил Федус**

Торунь қаласындағы Николай Коперник университеті
Физика институты
Грудзёндз көшесі, 5 үй, Торунь, 87-100, Польша
тел.: +48 56 611 33 10, факс: +48 56 622 53 97
www.ifiz.umk.pl, ifiz@fizyka.umk.pl

Мөртабан:
Торунь қаласындағы Николай Коперник университеті
Физика, астрономия және информатика факультеті
Деканат
Грудзёндз көшесі, 5/7 үй, Торунь, 87-100
тел.: 56 611 32 49, факс: 56 622 53 97 (2779)