

Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары Білім Министрлігі
Абай Атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті

Министерство Науки и Высшего Образования Республики Казахстан
Казахский Национальный Педагогический Университет
имени Абая

Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan
Abai Kazakh National Pedagogical University



Физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚазҰЖА корреспондент-мүшесі
К. Б. Тілебаевтың 60 жылдығына арналған
"ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ"
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция

МАТЕРИАЛДАРЫ

2024 жылғы 10-11 сәуір

МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции
«ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»
посвященной 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-
корреспондента КазНАЕН Тлебаева К.Б.

10-11 апреля 2024 года

MATERIALS

The International scientific and practical conference
"PHYSICAL PROCESSES AND COMPUTER MODELING"
dedicated to the 60th anniversary of the Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Corresponding Member of KazNANS Tlebaev K.B.

April 10-11, 2024

Алматы, 2024

УДК 53+004
ББК 22.3+32,973
Ф49

БАҒДАРЛАМА КОМИТЕТІ:

Төраға: Глеп Болат Канапияұлы – Абай атындағы ҚазҰПУ Басқарма мүшесі — ректоры;

Төраға орынбасары: Бөрібаев Е.А., Сыдықов Б.Д., Косов В.Н.

Ғылыми хатшы: Нурмухамедова Ж.М.

Бағдарлама комитеті мүшелері: Абылқасымова А.Е., Комаров Ф.Ф., Лисицын В. М., Чехак Т., Купчишин А.И., Бақтыбеков К.С., Жанабаев З.Ж., Хатипов С.А., Бексұлтанов Ж.Т., Құлбек М.К., Бидайбеков Е.Ы., Айменов Ж.Т., Айтчанов Б.Х., Бисембаев К.Б., Бердышев А.С., Приходько О.Ю., Тұрмамбеков Т., Абдуллин Х.А., Яр-Мухамедова Г.Ш., Ошанова Н.

Редакциялық алқа:

Косов В.Н. (отв. редактор), Нурмухамедова Ж.М. (отв. Секретарь), Сыдықов Б.Д., Абылқасымова А.Е., Құлбек М.К., Бидайбеков Е.Ы., Бердышев А.С., Ошанова Н.

Ұйымдастыру комитеті:

Глеп Б.А. (Төраға), Бурибаев Е.А. Ишпекбаев Ж.Е., Сыдықов Б.Д., Нурмухамедова Ж.М.; Косов В.Н. Құлбек М.К., Бисембаев К.Б., Бидайбеков Е.Ы.

ISBN 978-601-353-246-2

Ф49 Физикалық процестер және компьютерлік модельдеу: Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары. – Алматы: "Ұлағат" баспасы Абай атындағы ҚазҰПУ, 2024. – 500 б.

Ф49 Физические процессы и компьютерное моделирование: Материалы Международной научно-практической конференции. – Алматы: изд. "Улағат" КазНПУ им. Абая, 2024. – 500 с.

Ф4 9Physical processes and computer modeling. The International scientific and practical conference materials. –Almaty: KazNPU named after Abai: "Ulagat" pub.house, 2024. – 500 p.

ISBN 978-601-353-246-2 УДК 53+004
ББК 22.3+32,973



Физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан Ұлттық Жаратылыстану Академиясының корреспондент-мүшесі Қайрат Бейшенұлы Тлебаевтың 60 жылдығына орай

Тлебаев Қайрат Бейшенұлы 1964 жылы 7 сәуірде Жамбыл облысы Ново Ивановка (қазіргі Жетібай) ауылында еңбегі сіңген ағартушы қызметкердің отбасында дүниеге келген. 1987 жылы С.М. Киров атындағы Қазақ мемлекеттік университетінде (қазіргі Әл Фараби атындағы ҚазҰУ) физика факультетін «Физика ағылшын тілінде» мамандығын бітірді. Университетті аяқтағаннан кейін академик Сарсенбинов Ш.Ш нұсқауымен Қазақ мемлекеттік педагогикалық университетке (Қазіргі ҚазҰПУ) эксперименталды физика лабораториясына барды. Зертхананың негізгі ғылыми бағыты әртүрлі сәулелену түрлерінің конденсацияланған орталардың құрылымы мен қасиеттерінің әсері бойынша ғылыми, тәжірибелік және өнеркәсіптік жұмыстар жүргізу болды. 1987 жылдан 2009 жылға дейін К.Б. Тлебаев полимерлердің жылу-физикалық сипаттамаларына иондаушы сәулеленудің әртүрлі түрлерінің әсерін зерттеумен қарқынды айналыса бастады. 1988 жылы КСРО Ғылым академиясының, трибология бойынша инженерлік қоғамдар Одағының көшпелі сессиясын сәтті өткізгені үшін 1988 жылдың **19-22 қазанынан** бастап алғыс жарияланды. 11.11.1988 ж. № 850 Абай атындағы ҚазҰУ бұйрығы. 1989 жылдан 2001 жылға дейін Қ.Б. Тлебаев Д. И. Менделеев атындағы ВНИИФТРИ институтының инженерлерімен бірге Зеленоград қаласындағы температураның кең диапазонында полимерлі және композиттік материалдардың жылу-физикалық сипаттамаларын кешенді өлшеу үшін жылу-физикалық қондырғыны әзірлеуде. 2002 жылы Карпов атындағы НИФХИ-де Обнинск қаласындағы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича полимерлердің радиациялық физика бөлімінде сынақ тәжірибеден өтеді. Сынақ тәжірибеден кейін ол Абай атындағы педагогикалық университетке радиациялық физика кафедрасына аспирантураға түседі. 2003 жылы Д. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университетіне ҚР Тұңғыш Президентінің гранты бойынша және 2006-2009 жылдары Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-да докторантурада білім алады. Бұл күш-жігердің нәтижесі 1997 және 2009 жылдары 01.04.07– конденсацияланған күй физикасы мамандығы бойынша физика-математика ғылымдарының кандидаты және докторы ғылыми дәрежелерін алу үшін диссертацияларды сәтті қорғау болды. 2011-2012 жылдары "Болашақ" бағдарламасы бойынша "Imperial college" Лондон Англияда сынақ тәжірибеден өтті. 2012 жылдан 2014 жылға дейін Қ.Б. Тілебаев Абай атындағы ҚазҰПУ жанындағы қолданбалы физика және математика ғылыми-зерттеу институтының директоры болып жұмыс істейді. Қ.Б. Тлебаевтың жетекшілігімен иондаушы сәулеленудің (электрондар, гамма және реакторлық) жұқа полимерлі материалдардың жылу-физикалық және механикалық қасиеттеріне температура мен сәулелену дозаларының кең интервалында әсері бойынша зерттеулер жүргізілді. Бірегей нәтижелер алынды, атап айтқанда сызықтық полимерлерде фазалық ауысулардың жаңа түрлері анықталды. Тасымалдау процестеріне, фазалық ауысуларға және полимерлердің деградациясына радиациялық-термиялық әсерлердің әсер ету механизмдері анықталды. Кванттық механикалық есептеу әдісімен радиациялық және термиялық әсерлерден туындаған супрамолекулалық құрылымдар анықталды. Құрылымдық өзгерістерді сипаттайтын модель жасалды.

Қ. Б. Тлебаевтың зерттеулері Қазақстанда жаңа ғылыми бағыт – жаңа модификацияланған материалдарды алудың радиациялық технологияларын жасауға түрткі болған полимерлердің радиациялық физикасын ашуға қызмет етті. Бұл зерттеулер белгілі бір қасиеттері бар материалдарды жасауға және олардың нақты өмірдегі әсерін болжауға мүмкіндік береді. Сонымен, полимерлерді практикалық зерттеу негізінде Қ. Б. Тлебаев "Буран" ғарыш кемесінің корпусын қаптау үшін қолданылатын радиацияға төзімді материалдарды әзірлеу кезінде пайдаланылған политетрафторэтилен негізінде композиттер алудың радиациялық технологияларын әзірлеп, тәжірибеге енгізді. Медициналық өнімдерді зарарсыздандырудың радиациялық технологиясы жасалды. Атап айтқанда, осы технология бойынша "Степногорскполимед" акционерлік қоғамында, "Юнимед" АҚ-да бір реттік медициналық шприцтерді, бинттерді, мақталарды зарарсыздандыру жүргізілді.

Қ. Б. Тлебаев отандық және шетелдік басылымдарда 200-ден астам ғылыми еңбектерін жариялады. Сондай-ақ, 4 монография, оның біреуі ағылшын тілінде жарияланды. "Полимерлер мен Композиттердің жылу-физикалық қасиеттеріндегі радиациялық-термиялық әсерлер" монографиясы Париждегі 8-ші Халықаралық кітап салонында (2016), Лондонда 9-шы (2018) және Германияда 10-шы (2019) ұсынылып, алтын медальмен марапатталды.

Қ. Б. Тлебаевтың негізгі еңбектері ең беделді халықаралық журналдарда

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жарияланған Атом энергиясы (PFA, Ресей); Optical materials (Elsevier, Netherland); Mechanics of composite materials (Consultants Bureau, New York, USA); Journal of Physics: Conference Series (England); жоғары өнімділік полимерлері (SAGE Publications, England); Journal of Spacecraft and Rockets (USA); Journal of Engineering Physics and Thermophysics (Германия); Bulletin d'EUROTALENT –FIDJIP (Париж, Франция). Инженерлік-физикалық журнал (Беларусь ҰҒА, Минск қ.). Кімнен. ҚР ҰҒА, сер физ. (ҚР ҰҒА, Алматы қ.).

Қ.Б Тлебаев ғылыми іргелі және қолданбалы зерттеу жобаларының жетекшісі болды және болып табылады:

– "Металдандырылған полиимидті пленкаларды жасау және алу ""МНТЦ" халықаралық жобасы;

– "Ағынды суларды биоремедиациялауға қабілеті жоғары тазарту құрылыстарының белсенді тұнбасының аборигендік микрофлорасы негізінде құрылған жаңа технологияның көмегімен медициналық мақсаттағы аминқышқылдарын әзірлеу және алу" халықаралық жобасы;

– ҚР БҒМ жобасы: "Жаңа материалдар жасауға арналған радиациялық технологиялар":

– ҚР БҒМ жобасы: "Эволюциялық процестер мен пайда болу механизмдерін теориялық және эксперименттік зерттеу және Сәулеленген жаңа диэлектрлік жүйелердің қасиеттерін зерттеу".

– ҚР БҒМ жобасы: "Жеделдету-өнеркәсіп кешенін құру және медициналық өнімді өндеудің радиациялық-химиялық технологиялары кешенін әзірлеу"

Қ. Б. Тлебаев ғылыми зерттеулерді педагогикалық және оқу-әдістемелік қызметпен шебер үйлестіреді. 1994-2003 жылдары Қайнар университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы, меңгерушісі. 2003 жылдан 2004 жылға дейін Қазақстан-Британ техникалық университетінің доценті. 2004-2006 жылдары Қайнар университетінің Ақпараттық жүйелер факультетінің деканы. 2014-2018 жылдары Абай атындағы ҚазҰПУ математика, физика және информатика институтының эксперименттік және теориялық физика кафедрасының профессоры. 2014-15 жылдары Абай атындағы ҚазҰПУ магистратура және докторантура институты директорының ғылыми жұмыс жөніндегі орынбасары. 2015 жылдан 2018 жылға дейін эксперименттік және теориялық физика кафедрасын басқарды. 2018 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін Абай атындағы ҚазҰПУ математика, физика және информатика институтының физика кафедрасының профессоры. Жалпы физика бакалаврларына ағылшын тілінде дәріс оқиды. Оның жетекшілігімен 30-дан астам магистрант магистрлік диссертация қорғады. 4 оқулықтың авторы, оның 3-і ағылшын тілінде (Physics workshop, Electricity and magnetism, Optics және Сәулеленген полимерлер мен композиттердің жылу физикасы) жарық көрген.

Ғылыми және педагогикалық қызметпен қатар К. Б. Тлебаев қоғамдық жұмыстармен белсенді айналысты. Ол ҚазҰЖҒ-ның корреспондент-мүшесі, 2009-2011 жылдары Қайнар университетінің тәрбие жұмысы жөніндегі проректоры, "Нұр-Отан" партиясы Бостандық филиалының Саяси бюросының

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича мүшесі, білім беру физикасы мамандығы бойынша докторлық диссертацияларды қорғау жөніндегі диссертациялық кеңес төрағасының орынбасары қызметін атқарды .

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Тлебаев Кайрат Бейшенович, родился 7 апреля 1964 г. в селе Ново-Ивановка (ныне Жетыбай) Жамбылской области. В семье заслуженного работника просвещения. В 1987 году окончил Казахский государственный университет им. С.М.Кирова (ныне КазНУ имени аль-Фараби) физический факультет, специальное отделение по специальности «Физика на английском языке». После окончания университета Тлебаев К.Б. по рекомендации академика Сарсенбинова Ш.Ш. был направлен в лабораторию экспериментальной физики при Казахском педагогическом институте имени Абая (ныне КазНПУ им. Абая). Основным научным направлением лаборатории являлось проведение научных, опытных и промышленных работ по влиянию различных видов облучения на структуру и свойства конденсированных сред. С 1987 по 2009 годы Тлебаев К.Б. начинает усиленно заниматься исследованием влияния различных видов ионизирующих излучений на теплофизические характеристики полимеров. В 1988 году за успешное проведение выездной сессии АН СССР ГКНТ, Союза инженерных обществ по трибологии с **19-22 октября 1988** г. объявлена благодарность. Приказ № 850 от 11.11.1988 г. КазПИ им. Абая. Тлебаев К.Б. совместно с институтом ВНИИФТРИ им. Менделеева г. Зеленоград разрабатывает теплофизическую установку по комплексному измерению теплофизических характеристик полимерных и композитных материалов в широком диапазоне температур. Проходит стажировку в НИФХИ им. Карпова в отделе радиационной физики полимеров г. Обнинск Калужской области. Поступает в аспирантуру на кафедру радиационной физики АГУ им. Абая. В 2003 году докторантура в Российском химико-технологическом университете имени Менделеева по гранту первого президента РК, 2006–2009 годы докторантура в КазНУ имени аль-Фараби. Результатом этих усилий стали успешные защиты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07– Физика конденсированного состояния в 1997 и 2009 годах. С 2011–2012 год стажировка в «**Imperial college**» по программе «Болашак» Лондон , Англия. С 2012 по 2014 год К.Б. Тлебаев работает директором научно-исследовательского института прикладной физики и математики при КазНПУ им. Абая. Под руководством Тлебаева К.Б. были проведены исследования по влиянию ионизирующих излучений (электроны, гамма и реакторные) на теплофизические и механические свойства тонких полимерных материалов в широком интервале температур и доз облучений. Получены уникальные результаты, а именно были установлены новые типы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича фазовых переходов в линейных полимерах. Были выявлены механизмы влияния радиационно-термических эффектов на процессы переноса, фазовые переходы и деградацию полимеров. Методом квантово-механических расчетов были определены супрамолекулярные структуры, индуцируемые радиационным и термическим воздействиями. Была разработана модель, описывающая структурные превращения.

Исследования Тлебаева К.Б. послужили открытию нового научного направления в Казахстане – радиационной физики полимеров, которая стала толчком для создания радиационных технологий получения новых модифицированных материалов. Эти исследования позволяют создавать материалы с заданными свойствами и прогнозировать их поведение в реальных условиях. Так на основе практических исследований полимеров Тлебаевым К.Б. разработаны и внедрены в практику радиационные технологии получения композитов на основе Политетрафторэтилена, которые были использованы при разработке радиационно-стойких материалов, используемые для обшивки корпуса космического челнока «Буран». Была разработана радиационная технология стерилизации медицинской продукции. В частности, по этой технологии проводилась стерилизация одноразовых медицинских шприцев, бинтов, ваты в акционерном обществе "Степногорскполимед", АО "Юнимед".

Тлебаевым К.Б. опубликовано более 200 научных трудов в отечественных и зарубежных изданиях. 4 Монографии, одна на английском языке. Монография «Радиационно-термические эффекты в теплофизических свойствах полимеров и композитов» была представлена на 8-ом Международном книжном салоне в Париже (2016), в 9-м в Лондоне (2018) и в 10-м в Германии (2019) и удостоена золотой медалью.

Основные труды Тлебаева К.Б.

публикованы в самых престижных международных журналах Атомная энергия (РАН, Россия); Optical materials (Elsevier, Netherland); Mechanics of composite materials (Consultants Bureau, New York, USA); Journal of Physics: Conference Series (England); High Performance Polymers (Sage Publications, England); Journal of Spacecraft and Rockets (USA); Journal of Engineering Physics and Thermophysics (Germany); Bulletin d'EUROTALENT –FIDJIP (Paris, France). Инженерно-физический журнал (НАН Беларуси, г. Минск). Изв. НАН РК, сер физ. (НАН РК, г. Алматы).

Тлебаев К.Б. являлся и является руководителем научных проектов фундаментальных и прикладных исследований:

- *Международный проект «МНТЦ» «Создание и получение металлизированных полиимидных пленок»;*
- *Международный проект «Разработка и получение аминокислот медицинского назначения с помощью новой технологии, созданной на базе аборигенной микрофлоры активного ила очистных сооружений с высокой способностью к биоремедиации сточных вод»;*

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

- *Проект МОН РК: «Радиационные технологии для создания новых материалов»;*
- *Проект МОН РК: «Теоретические и экспериментальные исследования эволюционных процессов и механизмов возникновения и изучение свойств облученных новых диэлектрических систем».*
- *Проект МОН РК: «Создание ускорительно-промышленного комплекса и разработка комплекса радиационно-химических технологий обработки медицинской продукции»*

Тлебаев К.Б умело сочетает научные исследования с педагогической и учебно-методической деятельностью. С 1994 по 2003 годы старший преподаватель, заведующий кафедрой Информационных систем Университета Кайнар. С 2003 по 2004 год доцент Казахстанско-Британского Технического Университета. С 2004 по 2006 годы декан факультета Информационных систем Университета Кайнар. С 2014 по 2018 годы профессор кафедры экспериментальной и теоретической физики Института математики, физики и информатики КазНПУ им. Абая. Заместитель директора по научной работе Института магистратуры и докторантуры КазНПУ им. Абая (2014-15). С 2015 по 2018 годы заведовал кафедрой экспериментальной и теоретической физики. С 2018 года и по настоящее время профессор кафедры физики Института математики, физики и информатики КазНПУ имени Абая. Читает лекции бакалаврам по общей физики на английском языке. Под его руководством более 30 магистрантов защитили магистерские диссертации. является автором 4 учебников, 3 из них на английском языке Physicsworkshop, Electricityandmagnetism, Optics и Теплофизика облученных полимеров и композитов.

Наряду с научной и педагогической деятельностью Тлебаев К.Б. активно занимался общественной работой. Он член-корреспондент КазНАЕН, с 2009 по 2011 годы работал проректором по воспитательной работе Университета Кайнар, был членом политического бюро Бостандыкского филиала партии “Нұротан”, заместителем председателя диссертационного совета по защите докторских диссертаций по специальности образовательной физики.

**On the 60th anniversary of doctor of physical and mathematical sciences,
professor, corresponding member of the Kazakhstan National Academy of
Natural Sciences Tlebaev Kairat Beishenovich**

Tlebaev Kairat Beishenovich, was born on April 7, 1964 in the village of Novo-Ivanovka (now Zhetybai), Zhambyl region. In the family of an honored worker of education. In 1987, he graduated from the Kazakh State University named after S.M.Kirov (now Al-Farabi Kazakh National University) faculty of physics, a special department specializing in physics in English. After graduating from the university K.B. Tlebaev on the recommendation of academician Sarsenbinov Sh.Sh. was sent to

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

the laboratory of Experimental Physics at the Kazakh Pedagogical Institute named after Abai (now KazNPU named after Abaya). The main scientific direction of the laboratory was to carry out scientific, experimental and industrial work on the effect of various types of radiation on the structure and properties of condensed media. From 1987 to 2009 K.B. Tlebaev began to intensively study the effect of various types of ionizing radiations on the thermophysical characteristics of polymers. In 1988, a commendation was announced for the successful holding of the visiting session of the USSR Academy of Sciences, the Union of Engineering Societies for Tribology from October 19-22, 1988. Order No. 850 dated 11.11.1988 of KazPI named after Abai. From 1989 to 2001, K.B. Tlebaev together with engineers from the D.I.Mendeleev Institute of VNIIFTRI, Zelenograd, developed a thermophysical installation for complex measurement of thermophysical characteristics of polymer and composite materials in a wide temperature range. In 2002, he completed an internship at the institute of NIFHI named after L.Ya. Karpov in the Department of radiation physics of polymers in Obninsk, Kaluga region. After the internship, he enters graduate school at the Department of radiation physics of Abai ASU.

In 2003, he studied at the doctoral program of the D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology under a grant from the first President of the Republic of Kazakhstan; in 2006-2009 he studied at the doctoral program of the Al-Farabi Kazakh National University. The result of these efforts was the successful defense of dissertations for the degrees of candidate and doctor of physical and mathematical sciences in the specialty 01.04.07- Condensed matter physics in 1997 and 2009. From 2011-2012 internship at Imperial College under the Bolashak program in London, England.

From 2012 to 2014, K.B. Tlebaev worked as the director of the Scientific Research Institute of applied physics and mathematics at Abai KazNPU. Under the leadership of K.B. Tlebaev, studies were conducted on the effect of ionizing radiation (electrons, gamma and reactor) on the thermophysical and mechanical properties of thin polymer materials in a wide range of temperatures and radiation doses. Unique results were obtained, namely, new types of phase transitions in linear polymers were established. The mechanisms of the influence of radiation-thermal effects on the transfer processes, phase transitions and degradation of polymers have been identified. Supramolecular structures induced by radiation and thermal effects were determined by the method of quantum mechanical calculations. A model describing structural transformations has been developed.

K.B. Tlebaev's research led to the open of a new scientific direction in Kazakhstan – the radiation physics of polymers, which became the impetus for the creation of radiation technologies for the production of new modified materials. These studies make it possible to create materials with specified properties and predict their behavior in real conditions. Thus, on the basis of practical research of polymers, K.B. Tlebaev developed and put into practice radiation technologies for the production of composites based on Polytetrafluoroethylene, which were used in the development of radiation-resistant materials used for the casing of the space shuttle “Buran”. Radiation technology for sterilization of medical products has been

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

developed. In particular, this technology was used to sterilize disposable medical syringes, bandages, and cotton wool in the joint-stock company Stepnogorskpolimed, JSC "Unimed". K.B. Tlebaev has published more than 200 scientific papers in domestic and foreign publications. 4 Monographs have been published, one in English. The monograph "Radiation-thermal effects in the thermophysical properties of polymers and composites" was presented at the 8th International Book Salon in Paris (2016), in the 9th in London (2018) and in the 10th in Germany (2019) and was awarded a gold medal.

The main works of K.B. Tlebaev have been published in the most prestigious International journals Atomic Energy (RAS, Russia); Optical materials (Elsevier, Netherlands); Mechanics of composite materials (Consultants Bureau, New York, USA); Journal of Physics: Conference Series (England); High Performance Polymers (Sage Publications, England); Journal of Spacecraft and Rockets (USA); Journal of Engineering Physics and Thermophysics (Germany); Bulletin d'EUROTALENT-FIDJIP (Paris, France). Engineering Physics Journal (NAS of Belarus, Minsk). Izv. NAS RK, ser phys. (NAS RK, Almaty).

K.B. Tlebaev was and is the head of scientific projects of fundamental and applied research:

– ISTC International project "Creation and production of metallized polyimide films";

– International project "Development and production of amino acids for medical purposes using a new technology created on the basis of the native microflora of activated sludge from wastewater treatment plants with a high ability to bioremediate wastewater";

– Project of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan: "Radiation technologies for the creation of new materials";

– Project of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan: "Theoretical and experimental studies of evolutionary processes and mechanisms of occurrence and study of properties of irradiated new dielectric systems".

– The project of the Ministry of Education and Science of Kazakhstan: "Creation of an accelerator-industrial complex and development of a complex of radiation-chemical technologies for processing medical products".

K.B. Tlebaev skillfully combines scientific research with pedagogical and educational-methodical activities. From 1994 to 2003, senior lecturer, head of the Department of Information Systems at Kainar University. From 2003 to 2004, he was an associate professor at the Kazakh-British Technical University.

From 2004 to 2006, Dean of the Faculty of Information Systems at Kainar University. From 2014 to 2018, professor of the Department of experimental and theoretical physics at the Institute of mathematics, Physics and Computer Science of Abai KazNPU. Deputy Director for Scientific Work of the Institute of Graduate and Doctoral Studies of KazNPU named after Abaya (2014-15). From 2015 to 2018, he was the head of the Department of experimental and theoretical physics. From 2018

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

to the present, Professor of the Department of Physics at the Institute of Mathematics, Physics and Computer Science of Abai KazNPU. He gives lectures to bachelors in general physics in English. Under his leadership, more than 30 undergraduates defended their master's theses. He is the author of 4 textbooks, 3 of them in English Physics workshop, Electricity and magnetism, Optics and Thermophysics of irradiated polymers and composites.

Along with his scientific and pedagogical activities, K.B. Tlebaev was actively engaged in social work. He is a corresponding member of KazNAEN, from 2009 to 2011 he worked as vice-rector for educational work at Kainar University, was a member of the political bureau of the Bostandyk branch of the “Nurotan” party, deputy chairman of the dissertation council for the defense of doctoral dissertations in the specialty of educational physics.

М. Кулбек, Д. Баймолда, Ш. Хамраев, К. Султанова

ОБ ИНВЕРСИОННЫХ ЭФФЕКТАХ ПРИ ОБЖИГЕ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

Аннотация

В современной технике и технологии важное значение имеют инверсионные процессы. При инверсионных эффектах происходит переворачивание, т.е. изменение знака, направления определяющих параметров процесса. Для правильной организации технологических процессов очень важно знать природу и характер этих эффектов. В статье приведены некоторые результаты изучения инверсионных эффектов, имеющих место при обжиге топливосодержащих керамических материалов. При этом установлено, что в интервалах температур, где происходит горение топливных частиц (углерод) в образце наблюдаются некоторые инверсионные эффекты. Например, такие как переворачивание, т.е. изменение знака температурного градиента, что соответственно приводит к изменению направления теплового потока в образце. В статье приведены результаты научного обсуждения указанных процессов.

Ключевые слова: инверсия, топливо, керамика, эффекты, обжиг, горение, температурный градиент, тепловой поток

Annotation

The article presents some results of the study of inversion effects that occur during firing of fuel-containing ceramic materials. At the same time, it was found that in the temperature ranges where the combustion of fuel particles (carbon) occurs in the sample, some inversion effects are observed. For example, such as turning over, i.e. a change in the sign of the temperature gradient, which accordingly leads to a change in the direction of the heat flux in the sample. The article presents the results of a scientific discussion of these processes.

Keywords: inversion, fuel, ceramics, effects, firing, combustion, temperature gradient, heat Flow.

В современной технологии керамических, в частности стеновых материалов значительная часть топлива в виде тонкого молотого угля вводится в состав шихты. Такое положение наблюдается и в случаях, когда в качестве дополнительного и основного сырья используются топливосодержащие отходы промышленности (углеотходы, шлаки, золы ТЭС и др.) [1,2]. При обжиге таких материалов в определенных интервалах температур происходит горение внутреннего топлива (частицы кокса, углерода) которые, приводят к некоторым инверсионным эффектам. Например, таким как переворачиванию, т.е. изменению знака температурного градиента и соответственно изменению направления теплового потока в образце – изделия. В некоторых случаях эти процессы приводят к изменению знака температурного перепада между средней и поверхностью образца – изделия.

В статье приведены результаты изучения этих процессов, проведенных на основе накопленного опыта в ходе выполнения множественных экспериментальных

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича работ по исследованию теплообменных процессов при обжиге теплового содержания, в частности новых зоолакермических материалов [1-4].

Экспериментально установлено, что процесс горения углеродных частиц в капиллярно-пористых керамических образцах имеет зональный механизм [3,4]. При температуре воспламенения ($450-550^{\circ}\text{C}$) процесс горения начинается на поверхности, а затем под воздействием необходимых условий зонально перемещается вглубь образца. При этом длительность горения лимитируется диффузионными процессами кислорода внутрь образца и продуктов реакции через его наружный слой в окружающую среду. Сначала рассмотрим изотермический режим. После достижения изотермического режима, т.е. равновесного состояния среды в печи образца, чтобы выдержать достигнутую температуру необходимо непрерывно восполнять потерю тепла в окружающую среду. Когда в обжигаемом образце имеются какие-либо источники тепла, например в нашем случае наличие горения топливных частиц (углерод) наблюдаются следующие положения. Первое – потеря тепла в окружающую среду за единицу времени равна количеству тепла, выделяемого за этот период за счет горения топливных частиц в образце

$$Q_n = q_m v_m, \quad (1)$$

где Q_n – потеря тепла в окружающую среду за единицу времени, q_m – удельная теплота горения топлива, т.е. его теплотворная способность, v_m – скорость горения запрессованного топлива в образце, т.е. скорость изменения массы углеродных частиц в образце.

Данное положение условно будем считать нулевым эффектом (нулевым положением). Как видно из вышесказанного, в этом случае, потеря тепла в окружающую среду полностью компенсируется за счет горения в внутреннем топливе образца. При этом условия выполнения данного положения исходя из (1) можно выразить так

$$v_m = \frac{Q_n}{q_m}. \quad (2)$$

Второе возможное положение, это когда количество теплоты горения, выделяемое за единицу времени меньше, чем потеря в окружающую среду за этот период, т.е.

$$Q_n < q_m v_m, v_m < \frac{Q_n}{q_m}. \quad (3)$$

Наконец, третье положение, это когда наоборот, т.е.

$$Q_n > q_m v_m, v_m > \frac{Q_n}{q_m}. \quad (4)$$

При этом второе положение будем считать отрицательным эффектом, так как определенную потерю тепла необходимо будет компенсировать за счет мощности печи. А третье положение – положительным эффектом, так как для сохранения заданного изотермического режима нет необходимости дополнительной затраты мощности печи, наоборот происходит соответствующая её экономия равной

$$\Delta Q = q_m v_m - Q_n, \quad (5)$$

при выполнении следующего условия:

$$v_m = \frac{\Delta Q + Q_n}{q_m}. \quad (6)$$

Теперь рассмотрим физические условия, обеспечивающие вышеприведенные положения. Для этого необходимо знать кинетику горения топливных частиц в образце при различных изотермических режимах, т.е. при разных температурных условиях.

Как это было указано выше, зная, что процесс горения топливных частиц (углерод) в капиллярно-пористом керамическом образце имеет зональный механизм для его описания в неограниченной пластине можно будет использовать известное кинетическое уравнение [3, 4]

$$\frac{\Delta m_\tau}{m_0} = \left(\frac{2D_{эф} \cdot \tau}{R^2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

где Δm_τ - масса выгоревшего топлива в образце за время τ , m_0 - масса углеродных частиц в образце в начале процесса, т.е. при $\tau = 0$, $D_{эф}$ - эффективный коэффициент диффузии, R - определяющий размер модельных образцов - для пластины половина толщины, а для неограниченного цилиндра и шара - радиус.

Среднюю скорость горения углеродных частиц в образце за время $\Delta \tau$ из (7) можно представить в следующем виде

$$v_m = \left(\frac{2D_{эф} \cdot \tau}{R^2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{m_0}{\Delta \tau} \quad (8)$$

Выражение $\frac{D_{эф} \cdot \tau}{R^2}$ в правой части в уравнениях (7) и (8) представляет собой диффузионный (массообменный) критерий Фурье - F_{0m}

Для описания физической кинетики процессов горения углеродных частиц в образце цилиндра и шара можно будет использовать соответственно следующие уравнения:

$$\frac{1}{4} \left[\left(1 - \frac{\Delta m_\tau}{m_0} \right) \ln \left(1 - \frac{\Delta m_\tau}{m_0} \right) + \frac{\Delta m_\tau}{m_0} \right] = \frac{D_{эф} \cdot \tau}{R^2}; \quad (9)$$

$$\frac{1}{2} \left[1 - \frac{2}{3} \frac{\Delta m_\tau}{m_0} - \left(1 - \frac{\Delta m_\tau}{m_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = \frac{D_{эф} \cdot \tau}{R^2}. \quad (10)$$

Как видно из приведенных уравнений степень горения углеродных частиц $\left(\frac{\Delta m_\tau}{m_0} \right)$ в этих образцах от времени находятся в сложной зависимости, поэтому для определения значения v_m правильно будет использовать табличные или графические методы.

Теперь перейдем к рассмотрению этих процессов в неизотермических режимах.

В процессе обжига, когда в керамических образцах отсутствуют какие-либо источники тепла, в нашем случае горение топливных частиц, уравнение теплового баланса представляет следующий вид

$$\alpha(t_c - t_n) \cdot s \cdot \tau = m \cdot c(t_2 - t_1), \quad (11)$$

где α - коэффициент теплоотдачи, t_c - температура среды в печи, t_n - температура

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
поверхности образца, s – площадь наружной поверхности образца, τ – время нагрева, m – масса образца, c – удельная теплоемкость образца, $t_2 - t_1$ – температура образца в момент τ_1 и τ_2 ($\tau = \tau_2 - \tau_1$). При нагреве образца с постоянной скоростью (ϑ_T), т.е. по линейному закону $\Delta t = t_2 - t_1$ практически остается постоянной, тогда (11) имеет вид

$$\alpha \Delta t \cdot s \cdot \tau = m \cdot c \cdot \vartheta_T \cdot \tau, (12)$$

где $\vartheta_T \cdot \tau = t_2 - t_1$.

В этом случае, так как образец нагревается из источника тепла печи с затратой определенной энергии, данный процесс условно можно назвать отрицательным инверсионным эффектом ($\Delta t > 0$, т.е. $t_c > t_n$).

После воспламенения и начала горения топливных частиц в образце при температуре 450-550⁰ С и выше уравнение теплового баланса можно представить так

$$\alpha \Delta t \cdot s \cdot \tau + q_m \cdot \vartheta_m \cdot \tau = m \cdot c \cdot \vartheta_T \cdot \tau, (13)$$

где q_m – удельная теплота горения топлива, т.е. его теплотворная способность, ϑ_m – скорость горения запрессованного топлива в образце (скорость изменения массы углеродных частиц).

В случае, когда $\Delta t = 0$ из (13) получим

$$q_m \cdot \vartheta_m \cdot \tau = m \cdot c \cdot \vartheta_T \cdot \tau. (14)$$

Это говорит о том, что наступило равновесие между темпами нагрева среды печи и образца за счет горения внутреннего топлива. Данное положение условно можно считать нулевым инверсионным эффектом ($\Delta t = 0$, т.е. $t_c = t_n$).

Далее с повышением интенсивности горения внутреннего топлива в образце, темп его нагрева может опережать скорость нагрева среды печи и тепловой поток (температурный градиент) в образце меняет знак, т.е. направление, тогда имеем

$$q_m \cdot \vartheta_m \cdot \tau - \alpha \Delta t \cdot s \cdot \tau = m \cdot c \cdot \vartheta_T \cdot \tau, (15)$$

где ($\Delta t < 0$, т.е. $t_c < t_n$).

В данном случае не печная среда, а образец начинает ее нагревать и наступает положительный инверсионный эффект, т.е. $\Delta t = t_c - t_n < 0$.

Из уравнения (15) можем определить условие опережения темпа нагрева образца скорости нагрева среды печи за счет интенсивного горения внутреннего топлива

$$\vartheta_m > \frac{m \cdot c \cdot \vartheta_T}{q_m}, (16)$$

$$\frac{\vartheta_m}{\vartheta_T} > \frac{m \cdot c}{q_m}. (17)$$

Полученные соотношения являются физическими условиями установления положительного инверсионного эффекта и имеет важное энерготехнологическое значение в производстве топливосодержащих керамических материалов.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Таким образом, чтобы дать количественную оценку вышеприведенным инверсионным эффектам наряду с другими данными необходимо знать кинетику горения топливных частиц в керамических образцах – изделиях. Ранее на основе результатов множественных экспериментальных работ были получены кинетические уравнения для описания диффузионных физико-химических процессов в полифазных капиллярнопористых модельных образцах [3-6]. Такие кинетические уравнения, полученные для изотермических диффузионных физико-химических процессов были приведены выше (7, 9 и 10). Используя уравнение типа Аррениуса для описания температурной зависимости коэффициента диффузии

$$D_{\text{эф}} = D_0 e^{\frac{-E}{R\tau T}} \quad (18)$$

где D_0 – постоянное для данного процесса, определяемое экспериментальным путем, E – кажущаяся энергия активации, R – газовая постоянная, T – температура. Кинетические уравнения (7), (9) и (10) для неизотермического режима в первом приближении можно представить в следующем виде, соответственно для неограниченной пластины, неограниченного цилиндра и шара:

$$\frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} = \left(\frac{2D_0 e^{\frac{-E}{R\tau T}} \cdot \tau}{R^2} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad (19)$$

$$\frac{1}{4} \left[\left(1 - \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right) \ln \left(1 - \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right) + \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right] = \frac{D_0 e^{\frac{-E}{R\tau T}} \cdot \tau}{R^2}; \quad (20)$$

$$\frac{1}{2} \left[1 - \frac{2}{3} \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} - \left(1 - \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = \frac{D_0 e^{\frac{-E}{R\tau T}} \cdot \tau}{R^2}. \quad (21)$$

Учитывая, что при линейном нагреве $T = \vartheta_T \cdot \tau + T_H$ (T_H – начальная температура процесса) уравнения (19), (20) и (21) можно представить в следующем виде:

$$\frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} = \left(\frac{2D_0 e^{\frac{-E}{R(\vartheta_T \tau + T_H)}} \cdot \tau}{R^2} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad (22)$$

$$\frac{1}{4} \left[\left(1 - \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right) \ln \left(1 - \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right) + \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right] = \frac{D_0 e^{\frac{-E}{R(\vartheta_T \tau + T_H)}} \cdot \tau}{R^2} \quad (23)$$

$$\frac{1}{2} \left[1 - \frac{2}{3} \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} - \left(1 - \frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = \frac{D_0 e^{\frac{-E}{R(\vartheta_T \tau + T_H)}} \cdot \tau}{R^2}. \quad (24)$$

Как видно из уравнения (22) среднюю скорость горения топлива в керамическом образце – пластине $\left(\vartheta_m = \frac{\Delta m_{\tau}}{\Delta \tau} \right)$ можно легко определить. Это в свою очередь, позволяет дать количественную оценку инверсионным эффектам в соответствующих периодах обжига топливосодержащих керамических материалов. Однако, произвести такую оценку по уравнениям (23) и (24) для образца – цилиндра и шара впрямую несколько затруднительно. Это объясняется сложной зависимостью степени горения топливных частиц в этих образцах $\left(\frac{\Delta m_{\tau}}{m_0} \right)$ от времени. Поэтому в этих случаях удобно будет использовать табличные или

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича графические методы. Таким образом, вышеприведенные результаты исследования дают возможность оценить инверсионные эффекты, наблюдаемые при обжиге топливосодержащих керамических материалов, что позволяет учесть таких важных физических факторов при разработке их научно обоснованных технологических регламентов.

Литература

1. Сайбулатов С.Т., Сулейменов С.Т., Кулбеков М.К. Золы ТЭС в производстве строительной керамики. – Алма-Ата: «Казахстан», 1986. – 144 с. ил
2. Сулейменов С.Т., Сайбулатов С.Ж., Кулбеков М.К., Нурбатуров К.А. Экономия сырья и топлива в производстве стеновой керамики: Теплотехнологические процессы. – Алма-Ата: «Наука», 1986 – 176 с, ил
3. Кулбеков М.К. Изучение кинетики некоторых физико-химических процессов при обжиге топливосодержащих керамических материалов. – ЖПХ. – 1990. – Т. 63.
4. №6. – С. 1355-1360.
5. Кулбеков М.К. К теории диффузионной кинетики параллельных твердофазных процессов при обжиге топливосодержащей керамики. – ЖПХ. – 1992. – Т. 65. – №12.
6. – с. 2689–2694.
7. Кулбеков М.К. Моделирование и исследование диффузионной кинетики горения углерода при обжиге топливосодержащей керамики в промышленных условиях. – ЖПХ. – 1992. – Т. 65. – №1. – с. 125-130.
8. Кулбеков М.К. О зональном механизме и кинетике некоторых физико-химических процессов обжига строительной керамики. – изв. АН КазССР. Сер. хим. – 1990. –
9. №3. – с. 12-18

УДК 533.15:536.25

М. Жанели, В.Н. Косов

ОЦЕНКА ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ СТРУКТУРНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ В КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЯХ, ВЫЗВАННЫХ НЕУСТОЙЧИВОСТЬЮ МЕХАНИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ТРОЙНЫХ ГАЗОВЫХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ВИЗУАЛЬНО-ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА

Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан
(E-mail: kosov_vlad_nik@list.ru)

Аннотация

Возникновение конвективных режимов на границе кинетического перехода «диффузия – конвекция» может регистрироваться оптическим образом. Визуализация потоков тенью позволяет фиксировать информацию о распределении параметров среды и динамике структурных информационных полей. Используя средства идентификации изображений теплофизических полей возможно получить количественную информацию о конвективных потоках. В работе приведены количественные характеристики, связанные с оценкой размеров конвективных формирований.

Ключевые слова: диффузия, конвекция, смесь, теневой метод, визуализация,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича структура.

Конвективное движение в газах и жидкостях играет определяющую роль в процессах комбинированного теплопереноса в природных явлениях [1-3] и технологических процессах [4,5]. Причиной возникновения конвективного движения в условиях гравитации является неоднородность плотности исследуемой среды, вызванная вариациями температуры и содержания растворенной примеси. Образованные движения имеют сложный вид с различными пространственными и временными масштабами [6, 7]. В рамках приближения Буссинеска [6-8] предлагается подход определяющий спектр параметров, регулирующий переход из диффузионного состояния в конвективное. Однако, упрощения подхода Буссинеска [6-8] не в полной мере учитывают особенности эволюции сформировавшихся структурных формирований. В связи с этим встает вопрос о корректности сравнения численных и опытных результатов.

При изучении характерных особенностей образования и последующей эволюции конвективных движений, оптические изображения течений относятся к прямым экспериментальным данным. Визуализация конвективных полей исследуемой среды является не только способом получения информации о структурированных потоках при экспериментальных исследованиях газа, но и способом последующей валидации при тестировании программных пакетов в вычислительной теплофизике [9].

Визуализация конвективных течений в газах основана на явлении отклонения света при его прохождении через неоднородности плотности прозрачной среды [10]. Физическая основа для получения изображений по методу Шлирена [10] следует из принципов геометрической оптики. В однородной прозрачной среде световые лучи распространяются равномерно с постоянной скоростью. Однако при наличии пространственных изменений, световые лучи преломляются и отклоняются от своего непрерывного пути в соответствии с законом преломления. В [9, 10] связь между оптическим показателем преломления среды n , постоянной величиной k , имеющей свое характерное значение для конкретного газа и локальной плотностью среды ρ представлена в виде:

$$\frac{n-1}{\rho} = k \quad (1)$$

При неоднородности оптической среды показатель преломления среды n в исследуемой области потока зависит от координат (x, y, z) . При просвечивании области течения с переменной плотностью луч, распространяющийся параллельно горизонтальной оси z и проходящий через неоднородность, отклоняется на некоторый угол α :

$$\alpha = \int_0^L \frac{\partial}{\partial x} \ln n(x, y, z) dz \quad (2)$$

Изменения плотности суммируются по направлению светового луча в исследуемой среде и таким образом регистрируется интегральное значение изменения плотности. При наличии в потоке сильных градиентов плотности происходят дополнительные отклонения луча на поверхности структурных формирований с образованием затемненной области со стороны набегающего потока в виде светлого поля различной интенсивности.

Реализация теневых изображений на основе шлирен-системы [9] заключается в том, что часть света, отклоненного из-за плотностной неоднородности, задерживается гранью ножа 9. В результате происходит изменение освещенности соответствующих областей изображения. Трансформирование освещенности в точке с неоднородностью плотности определяется величиной угла α отклонения луча, фокусным расстоянием второго объектива

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича и размером источника света [10]. При визуализации изменение освещенности пропорционально градиенту плотности газа в исследуемой области в направлении, перпендикулярном кромке ножа. В результате лучше визуализируются вихревые структуры и области разряжения [8]. Оптическая схема получения теневых изображений приведена на рис. 1. Фиксация изображения осуществлялась на цифровую видеокамеру 12, расположенную после линзы 11.

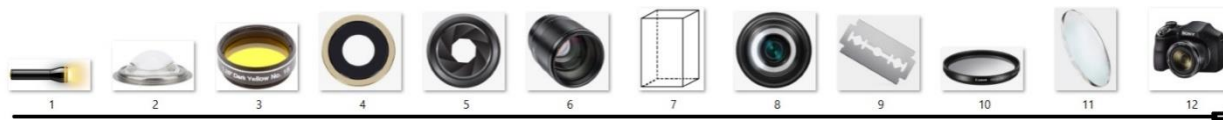


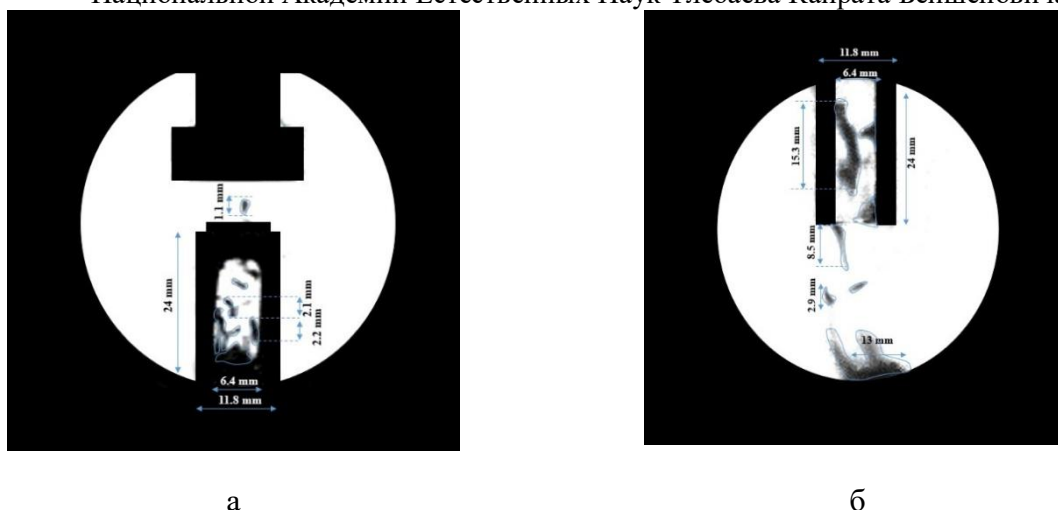
Рисунок 1. Схема шлирен-метода: 1 – источник света; 2 – конденсорная линза; 3 – светофильтр; 4 – защитное стекло основного объектива; 5 – щель (или диафрагма); 6 – основной объектив; 7 – камера диффузионной ячейки; 8 – приемный объектив; 9 – нож; 10 – защитное стекло приемного объектива; 11 – линза; 12- цифровая камера [10].

Полученные в рамках приближения (1), (2) изображения носят в основном качественный характер. На рисунке 2 приведены теневые снимки изображений конвективных течений, возникающих в системе $0,5143 \text{ He} + 0,4857 \text{ CO}_2 - \text{N}_2$ при $P = 1,5 \text{ МПа}$, $T = 298,0 \text{ К}$ по традиционной шлирен-методике, которая не позволяет оценить количественные характеристики структурных формирований. Можно только отметить, что фронтальные вихревые шнуры в верхней части конвективной ячейки соизмеримы с поперечным сечением канала, а гидродинамические течения образованные в нижней части канала преимущественно содержат самый тяжелый по плотности компонент смеси (рис. 2б). В целях получения количественных показателей регистрируемых изображений теплофизических полей необходимо использовать методы компьютерной обработки, которые нашли применение в задачах гидродинамики [11]. Для заданного типа смешения



Рисунок 2. Теневые снимки конвективных течений, вызванных неустойчивостью равновесия системы $0,5143 \text{ He} + 0,4857 \text{ CO}_2 - \text{N}_2$ при $P = 1,5 \text{ МПа}$, $T = 298,0 \text{ К}$. а) Верхняя часть конвективной ячейки 7, б) – Нижняя часть конвективной ячейки 7. На рис. 2 а также виден клапан, перекрывающий ячейку.

при анализе теневых изображений можно использовать программное обеспечение по цифровым взаимным корреляциям и инструментарий по пространственно-временным измерениям, на основе которых можно получить линейные и динамические характеристики структурированных формирований, возникших на границе раздела «диффузия – концентрационная гравитационная конвекция» в изотермических тройных газовых смесях [12]. На рис. 3 приведены характерные теневые изображения регистрируемых на рисунке 2 конвективных формирований после цифровой обработки в различных координатах диффузионной ячейки 7. Представленные теневые картины отчетливо иллюстрируют



а

б

Рисунок 3. Теневые снимки изображений конвективных течений после обработки цифровым инструментарием с указанием характерных линейных размеров. Система $0,5143 \text{ He} + 0,4857 \text{ CO}_2 - \text{N}_2$ при $P = 1,5 \text{ МПа}$, $T = 298,0 \text{ К}$. а) Верхняя часть конвективной ячейки 7, б) – Нижняя часть конвективной ячейки 7. На рис. 2 а также виден клапан, перекрывающий ячейку.

наличие восходящих и нисходящих конвективных вихрей, линейные размеры которых колеблются в интервале [4 – 15] мм. Кроме того фиксируются отдельные теневые формирования с размером [1 – 3] мм, скорость перемещения которых на выходе из нижней части конвективной ячейки составляет $0,02 - 0,03 \text{ мс}^{-1}$.

Таким образом на основе анализа визуальных теневых изображений структурных формирований, применение цифровых технологий для обработки полученных изображений позволяет получить количественные характеристики по оценке размеров возникших неоднородностей плотности и особенности их движения по диффузионному каналу. Сравнительный анализ визуальных изображений конвективных потоков позволяет верифицировать модели численных расчетов и уточнять механизмы возникновения и развития теплофизических потоков.

Часть результатов приведённых в работе выполнены при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (проект AP14870237).

Литература

1. Colgate S. A., White R. H. The Hydrodynamic Behavior of Supernova Explosions // *Astrophys. J.* 1966. Vol. 143. P. 626–681.
2. Wunsch C., Raffaele F. Vertical Mixing, Energy, and the General Circulation of Oceans // *Annu. Rev. Fluid Mech.* 2004. Vol. 36(1). P. 281–314.
3. Tan K.-K., Thorpe R. B., Zhao Z. On Predicting Mantle Mush room Plumes // *Geosci. Front.* 2011. Vol. 2(2). P. 223–235.
4. Mao Y., Lei C., Patterson J. Unsteady near-shore natural convection induced by surface cooling // *J. Fluid Mech.* 2010. Vol. 642. P. 213–233.
5. Bickle, M. Geological carbon storage // *Nature Geosci.*, 2009, Vol. 2. P. 815–818.
6. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости - М.: Наука, 1972. 392 с.
7. Григорьев В.В. Численное моделирование двумерной конвекции Рэлея - Бенара // *Математические заметки СФВУ.* 2017. Т. 24, №1. С. 87- 98.
8. Знаменская И.А. Методы панорамной визуализации и цифрового анализа теплофизических полей. Обзор // *Научная визуализация.* 2021, Том 13, № 3. С 125 – 158.

- К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича
9. Settles G.S. Schlieren and Shadowgraph Techniques: Visualizing Phenomena in Transparent Media - Berlin / Heidelberg Springer. 2006. – 376 p.
10. Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Федоренко О.В. Экспериментальные методы исследования диффузии и концентрационной гравитационной конвекции, вызванной неустойчивостью механического равновесия в многокомпонентных газовых смесях – Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 172 с.
11. Brunton S. L. et al. Machine Learning for Fluid Mechanics // Annual Review of Fluid Mechanics. 2020. Vol. 52. P. 477-508.
12. Kossov V.N., Krasikov S.A., Belov S.M., Fedorenko O.V., Zhaneli M. Comparative study of evolution of structured flows at boundary of the regime change “diffusion — concentration convection” in isothermal multicomponent mixing in gases by techniques of visual and numerical analysis // Bulletin of the Karaganda University, Physics Series. 2023. №1 (109). P. 49 – 58.

УДК 541.18

Турмамбеков Т.А., Әжі А.И., Батрбек Д.Б., Саидахметов П.А.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВАХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Данная исследование посвящено изучению фазовых превращений, происходящих в самых перспективных на сегодняшний день для производства постоянных магнитов материалах – сплавах на основе системы Fe-Nd-B и которые ответственны за формирование их магнитных свойств. Исследование фазовых превращений в магнитах после прохождения каждой стадии обработки проводилось на стандартном поликристаллическом дифрактометре с применением схемы съемки – тетта - 2 тетта –сканирование. Метод фазового рентгеновского анализа показал, что причиной заниженных свойств, полученных по традиционной схеме, состоящих из ряда термообработок магнитного материала в водороде и в вакууме, следует считать не появление нежелательных фаз, а низкую анизотропность частиц получаемого порошка. При проведении термообработок не допускалось скачкообразное изменение давление водорода и перепады температуры, которые нарушат аккуратное выращивание областей новых фаз из областей предшествующих фаз. Результаты проведенного исследования показали, что причины ухудшения магнитных свойств сплавов следует искать в соблюдении режимов на технологических этапах производства магнитов.

Ключевые слова: постоянные магниты, сплавы системы Nd-Fe-B, термообработка, фазовые превращения, HDDR-процесс, дифрактометр, рентгеноструктурный анализ.

1 Введение.

В последние годы большое внимание уделяется сплавам на основе Nd-Fe-B в связи с их уникальными свойствами, позволяющими создавать постоянные магниты с заданными магнитными свойствами и повысить показатели их важнейших технических характеристик [1–7]. Исследования в данной области набирают обороты благодаря массовому применению постоянных магнитов на основе сплавов Nd-Fe-B в современной электро- и радиотехнике, микроэлектронике, технике звуко- и видеозаписи и других областях техники [9–11].

Широкое применение магнитотвердых материалов на базе редкоземельных металлов, железа и бора обусловлено предельными значениями магнитной энергии $(BH)_{\max} \sim 50 \text{ МГс} \cdot \text{Э}$ в постоянных магнитах на базе данных элементов [1,9]. Кроме того, порошковые магниты системы Nd-Fe-B, обладают высокими значениями коэрцитивной силы [8,9]. Постоянные магниты на основе новых соединений $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ обладают наивысшими значениями магнитных свойств [8,9], что повысило интерес ученых к исследованию этих соединений.

Более конкретно, постоянные магниты на основе системы Fe-Nd-B обладают уникальными магнитными характеристиками. По этой причине они активно используются в технике [10,11]. Высокоэнергетические магниты на основе сплавов Nd-Fe-B используются в устройствах для получения изображений объектов на основе эффекта магнитного резонанса (томографы) и в приводах

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича компьютерных дисков компьютерах (для перемещения головок винчестеров, накопители на жестких магнитных дисках). Также они используются в различных устройствах: роторы электромоторов, обладающие малой массой и высоким КПД, генераторы, магнитные подшипники, муфты и т.д.

Устройства, использующие постоянные магниты, при эксплуатации подвергаются различным внешним воздействиям. Следовательно, становится актуальной проблема нахождения оптимальных параметров производства магнитов, а также параметров, при которых будет обеспечена высокая прочность и стабильность магнитных свойств магнита. Создание новых магнитных материалов заданными эксплуатационными характеристиками требует не только знание состава сплава и взаимного расположения атомов. Для большей эффективности исследования материала и причин изменения свойств магнитов, нужно выяснить фазовый состав вещества. Наша работа посвящена изучению фазовых превращений, происходящих в сплавах на основе системы Fe-Nd-B и ответственных за формирование их магнитных свойств.

На магнитные свойства и прочность материала влияет как состав сплава, так и термическая обработка, во время которой в сплаве протекает цепочка фазовых превращений, обеспечивающая формирование необходимой структуры.

В научно-исследовательской практике и при производстве материалов для контроля качества продукции и правильности выбора параметров изготовления (температура и длительность выдержки сплава, давление и т.д.) существует несколько методов. Мы изучаем порошковые магниты, производимые по схеме HDDR-обработки (начальные буквы названий процессов гидрирования (H), диспропорционирования (D), десорбции водорода (D) и рекомбинации (R)), представляющая новейший высокотехнологичный способ получения магнитных порошков с высоким уровнем магнитных свойств [12,13]. HDDR-процесс имеет четыре важных этапа. Каждый этап является рядом термообработок магнитного материала в водороде и в вакууме. Данный процесс представляет мало затратный и улучшенный метод производства порошков для создания анизотропных магнитов. Порошковые магниты после прохождения каждой стадии HDDR-обработки исследовались на стандартном поликристаллическом дифрактометре с применением схемы съемки - тетта-2тетта - сканирование.

Метод фазового рентгеновского анализа, использующий явление дифракции фотонов (рентгеновское излучение) – это наиболее доступный и эффективный метод, подходящий для наших исследований поликристаллических образцов на основе системы Fe-Nd-B. Отметим, что наблюдение дифракции электронов требуется высокий вакуум, а для применения дифракции нейтронов в качестве источника необходим громоздкий ядерный реактор [14]. Методы исследования с помощью оптической и электронной микроскопии не включают в себя все виды измерений, устанавливающих параметры, необходимые для решения нашей задачи. Кроме того, они требуют применения сложного математического аппарата. Применяемый нами метод фазового рентгеновского анализа представляет наиболее полную информацию о полученной фазе и материале в целом и дает высокую точность.

Проведенные исследования показали, что причиной заниженных свойств, полученных по традиционной схеме HDDR процесса, следует считать низкую анизотропность частиц получаемого порошка, а не появление нежелательных фаз. Это привело к решению – изменить технологию производства. При проведении термообработок поддерживалось стабильное плавно меняющееся давление водорода, не допускались скачки температуры, которые нарушат аккуратное выращивание областей новых фаз из областей предшествующих фаз.

2 Методика проведения эксперимента

Цель данной работы – улучшение процесса получения магнитных порошков с одинаково ориентированными наночастицами по схеме гидрирования-дегидрирования для достижения оптимальных магнитных свойств. для того, чтобы сделать этот процесс экономически более выгодным и стабильным.

Поскольку при производстве постоянных магнитов на основе материалов системы Nd-Fe-B, магнитные свойства некоторых образцов оказываются ниже требуемых, была поставлена задача - получить высокоанизотропные порошковые сплавы на основе системы Nd-Fe-B на предмет проявления на входной фазе. Даже при отсутствии нежелательных фаз получают магниты с заниженными магнитными свойствами, поэтому была поставлена задача контроля правильности выбора основных параметров обработки по схеме гидрирования-дегидрирования сплавов на основе Fe-Nd-B.

Фазовый состав изучаемых сплавов сильно влияет на получаемые магнитные свойства. Фазовый состав материала на разных стадиях термообработки определяется выбранным режимом

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича термообработки, который направлен на получение более высоких магнитных свойств.

Рентгеновская дифракция, как наиболее надежный и чувствительный метод, был выбран в качестве метода контроля фазового состояния.

2.1 Изучение фазового состава образцов магнитов, полученных по существующей схеме

Было изучено фазовое равновесие нескольких образцов с плохими магнитными свойствами. Они были получены в ходе существующего технологического процесса.

Первая задача заключалась в анализе дифракционных спектров основных трех наиболее характерных сплавов с нарушенными магнитными свойствами методом рентгеновского фазового анализа на предмет появления новых нежелательных фаз.

Исследуемые HDDR-порошки обладали весьма низкими для данного материала магнитными характеристиками (табл. 1).

Таблица 1. Магнитные характеристики полученных HDDR-порошков

Номер плавки	S, см ³	Vr, кГс (Тл)	Hс, кЭ
1	3,14	4,94 (0,494)	2,88
2	3,14	5,70	7,56
3	3,14	5,13	4,50

Поликристаллические образцы были исследованы на дифрактометре ДРОН-6 с Co-K α -излучением. Распределение интенсивности излучения по длинам волн зависит от материала анода рентгеновской трубки. Совокупность лучей со всеми возможными длинами волн образует непрерывный спектр. Длина волны, соответствующая его максимальной интенсивности, примерно в 1,5 раза превышает минимальную длину волны. Длина волны, по которой мы проводили дальнейшие вычисления равна $1,79021 \cdot 10^{-10}$ м, взятая как средняя длина волны ($\lambda_1 = 1,78892 \cdot 10^{-10}$ м, $\lambda_2 = 1,79278 \cdot 10^{-10}$ м). Она соответствовала K α излучению, все другие излучения ослаблялись фильтрами.

Проведено $\Theta/2\Theta$ сканирование образцов. С помощью специальной программы были обработаны результаты исследования образцов и получены рентгенограммы. На рисунке 1 приведена рентгенограмма сплава 1, другие рентгенограммы выглядят аналогично.

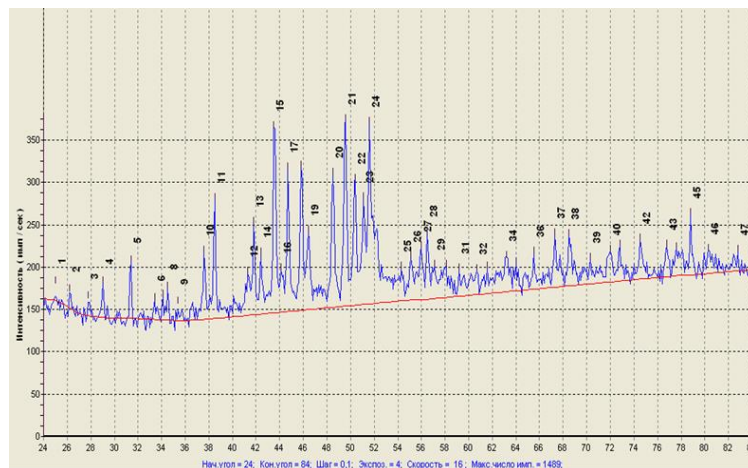


Рисунок 1. Рентгенограмма наиболее характерного образца сплавов (плавка 1) с нарушенными магнитными свойствами на основе Nd-Fe-B, полученные в ходе исследования.

Был выполнен фазовый анализ по следующим принципам и направлениям.

При полуколичественных измерениях для грубой оценки изменения концентрации какой-либо фазы при технологических процессах проводился качественный фазовый анализ: выбирается самая сильная линия нужной фазы и измеряется изменение интенсивности этой линии.

Количественный фазовый рентгеновский анализ заключался в определении концентрации фаз в смесях и сплавах. Чем больше количество какой-либо фазы в смеси, тем выше интенсивность линий этой фазы на рентгенограммах. Интенсивность линий оценивается по количеству импульсов, попадающих в счетчик излучения на рентгеновском дифрактометре.

Чтобы определить количественный фазовый состав смеси, учитывали факторы, влияющие на

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича интенсивность линий на рентгенограммах. Это, прежде всего, поглощение рентгеновских лучей в веществе. В нашем случае поправку на поглощение не требовалось учитывать из-за особой геометрии съемки при $\Theta/2\Theta$ сканировании образцов.

Для идентификации фаз использовалась картотека Международного Центра Дифракционных данных (фрагмент таблицы данных для фазы $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ приведен в таблице 2). По ней достаточно сравнить полученный набор d и I со справочными данными.

Таблица 2. Фрагмент таблицы данных для фазы $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.

d (10^{-10}м)	Int	h	k	L
7.1307	6	1	0	1
6.2168	23	1	1	0
6.0950	11	0	0	2
5.5382	12	1	1	1
4.3960	25	2	0	0
6.2168	23	1	1	0

По рентгенограммам плавки были определены интенсивности I наиболее выраженных пиков, а также максимальная интенсивность I_{max} для каждой рентгенограммы. Для точного отделения пиков с I_{max} от шума использовался так называемый критерий «трех сигм», которое в общем виде записывается как:

$$P(|X - m| < 3\sigma) = 2\bar{\Phi}(3) = 2 * 0,49865 = 0,9973 \quad (1)$$

Т.е., вероятность того, что случайная величина отклонится от своего математического ожидания на величину, большую, чем утроенное среднее квадратичное отклонение, практически равна нулю.

В нашем случае $\sigma = \sqrt{N}$, $I \approx N$.

Итак, после определения I и I_{max} , вычисляется по формуле Вульфа-Брегга

$$2d \sin \theta = n\lambda. \quad (2)$$

межплоскостное расстояние d . Полученные значения сравниваются с картотеккой. После чего мы получаем информацию о параметрах решетки, составе вещества, фазах и доли, содержащихся фаз (они вычисляются по значениям интенсивностей, нормированным на максимальную интенсивность каждой рентгенограммы). Полученные результаты для плавки 1 приведены в таблице 3. Данные обработаны с помощью пакета MicrosoftOfficeExcel.

Таблица 3. Результаты обработки данных для плавки 1.

N	Угол 2Θ	Λ , 10^{-10}м	d , 10^{-10}м	Фаза	I/I_{max} , %	Инт, имп/сек
1	25,0	1,79021	4,1356	Основная	9,13%	20
2	26,2	1,79021	3,9493	Основная	9,13%	20
3	27,8	1,79021	3,7261	Основная	9,13%	20
4	29,0	1,79021	3,5750	Основная	18,26%	40
5	31,2	1,79021	3,3285	Основная	30,59%	67
6	33,2	1,79021	3,1332	Основная	10,50%	23
7	34,2	1,79021	3,0442	Основная	12,79%	28
8	34,5	1,79021	3,0185	Основная	16,89%	37
9	37,5	1,79021	2,7847	Основная	36,07%	79
10	38,5	1,79021	2,7150	Основная	63,93%	140
11	41,5	1,79021	2,5265	Основная	22,83%	50
12	41,8	1,79021	2,5091	Основная	49,32%	108
13	42,5	1,79021	2,4697	Основная	32,42%	71
14	43,5	1,79021	2,4156	Основная	99,54%	218

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

15	44,2	1,79021	2,3792	Основная	22,83%	50
16	44,8	1,79021	2,3489	Основная	76,71%	168
17	45,8	1,79021	2,3003	Основная	77,63%	170
18	46,5	1,79021	2,2676	Основная	42,01%	92
19	48,5	1,79021	2,1794	Основная	71,69%	157
20	49,5	1,79021	2,1380	Основная	100,00%	219
21	50,5	1,79021	2,0984	Основная	67,12%	147
22	51,0	1,79021	2,0792	Основная	57,08%	125
23	51,5	1,79021	2,0603	Основная	97,26%	213
24	54,3	1,79021	1,9616	Основная	17,81%	39
25	55,0	1,79021	1,9385	Основная	22,37%	49
26	56,0	1,79021	1,9066	Основная	27,85%	61
27	56,5	1,79021	1,8911	Основная	35,16%	77
28	57,2	1,79021	1,8699	Основная	17,35%	38
29	58,2	1,79021	1,8405	Основная	16,89%	37
30	59,2	1,79021	1,8122	Основная	14,16%	31
31	60,8	1,79021	1,7689	Основная	12,79%	28
32	61,2	1,79021	1,7584	Основная	13,70%	30
33	63,2	1,79021	1,7083	Основная	18,72%	41
34	64,0	1,79021	1,6891	Основная	14,61%	32
35	65,5	1,79021	1,6546	Основная	19,63%	43
36	67,2	1,79021	1,6175	Основная	28,31%	62
37	68,5	1,79021	1,5904	Основная	27,40%	60
38	70,3	1,79021	1,5548	Основная	13,24%	29
39	72,0	1,79021	1,5228	Основная	16,44%	36
40	72,8	1,79021	1,5084	Основная	19,18%	42
41	74,5	1,79021	1,4788	Основная	21,46%	47
42	76,8	1,79021	1,4410	Основная	16,89%	37
43	77,5	1,79021	1,4301	Основная	15,07%	33
44	77,8	1,79021	1,4254	Основная	32,42%	71
45	80,3	1,79021	1,3882	Основная	11,87%	26
46	82,8	1,79021	1,3535	Основная	10,05%	22
					I _{max}	219

Аналогичные вычисления были проведены для других плавов 2 и 3 и обнаружено, что все полученные на дифрактометре максимумы соответствуют одной главной фазе Nd₂Fe₁₄B. Максимумов посторонних нежелательных для производства магнитов фаз не обнаружено.

2.2 Изучение фазового состава на стадии гидрирования.

С целью выявления особенностей протекания реакции гидрирования в прямом направлении в сплаве Fe – 11%, Co – 34%, Nd – 6%, Ga – 1% по аналогичной методике был исследован и этот сплав после стадии гидрирования при 840°C и давления водорода 1 атм. в течении 30 и 120 минут. Проведена пробная первичная обработка собранных рентгеновских данных (см. рис. 2) после этих двух обработок.

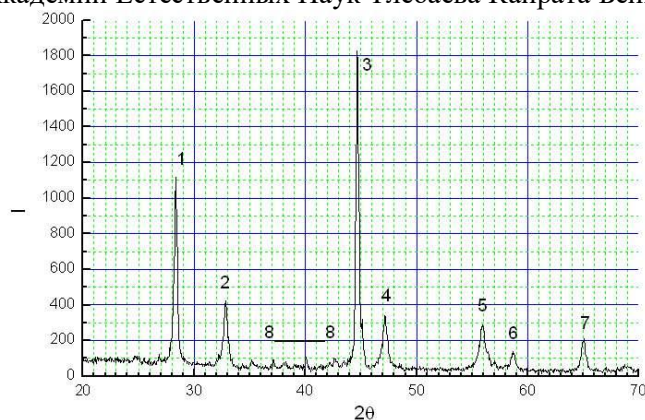


Рисунок 2. Кривая интенсивности дифракции образцом сплава Fe – 11%, Co – 34%, Nd – 6%, Ga – 1% после гидрирования при 840°C и давлении водорода 1 атм. в течении 30 мин. Излучение Cu-Kα.

Определён качественно фазовый состав после этих термообработок гидрирования после 30-минутной выдержки. Получено, что на этой стадии сплав превращается в смесь альфа-железа (отмечены на рис. 2 его пики 3 и 7), гидроксида неодима (отмечены на рис. 2 его пики 1, 2, 4-6) и следов фаз Fe₂V и Nd₂Fe₁₄V (пики 8). Также получены данные о фазовом составе изученного сплава и после гидрирования в течение 120 минут, когда реакция гидрирования прошла, по предварительным соображениям полностью. В этом случае не обнаруживались слабые пики фазы Nd₂Fe₁₄V. В результате проведения эксперимента обнаружено, что при времени реакции 120 минут и температуре 840°C, реакция дегидрирования проходит полностью.

2.3 Изучение связи магнитных свойств образцов и анизотропии распределения ориентировок кристаллографических плоскостей в них.

Проведен рентгеновский фазовый анализ трёх наиболее характерных образцов с сильно нарушенными магнитными свойствами. Получено, что материал состоит только из основных фаз. Следов нежелательных и вспомогательных, например чистого неодима, фаз не обнаружено. Фазовый состав изученных сплавов оказался оптимальным и отклонений от нормы не найдено.

Предположительно причиной неустойчивых свойств не является появление нежелательных фаз, и поиск причин ухудшения свойств следует проводить по другим направлениям - проверить соблюдение режимов на технологических этапах производства магнитов.

Все три пробы обладают одним и тем же составом, а различия в свойствах, скорее всего, обусловлены нарушением тех режимов обработки, вызвавших формирование наночастиц фазы Nd₂Fe₁₄V неоптимального размера. Эти вопросы следует решать с привлечением других методов исследования (например, сканирующая электронная микроскопия).

Из эксперимента получено, что при времени реакции 120 минут, при температуре 800°C и при давлении водорода 1 атм., реакция дегидрирования в сплаве Fe – 11%, Co – 34%, Nd – 6%, Ga – 1%. проходит полностью, а при времени протекания 30 минут – не полностью.

Дальнейшие исследования были направлены на изучение анизотропии распределения нормалей. Исследованы фазовые превращения, происходящие в нескольких поликристаллических образцах: сплавах на разных стадиях термообработки гидрирования-дегидрирования (HDDR-процесса) и в магните (ненамагниченном) после HDDR-обработки на основе системы Fe–Nd–В.

Были применены с целью выявления особенностей текстуры образцов различные съемки с разных граней поликристаллических образцов – параллельных и перпендикулярных направлению будущего намагничивания, оно совпадает с направлением магнитного поля при прессовании магнита (рис.3,4).

Проведен анализ текстуры и фазового состава следующих образцов и получены рентгенограммы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

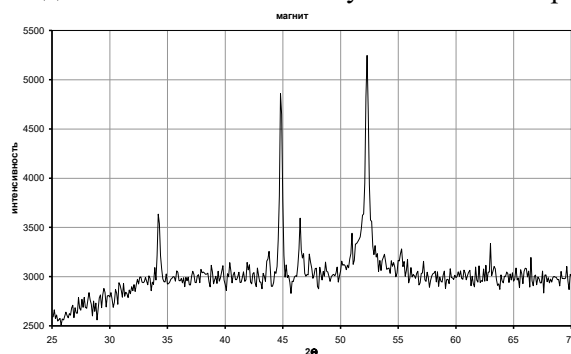


Рисунок 3. Рентгенограммы наиболее характерных образцов сплавов на основе Nd-Fe-B с сильно-выраженной текстурой, полученные в ходе исследования. Магнит немагнитиченный.

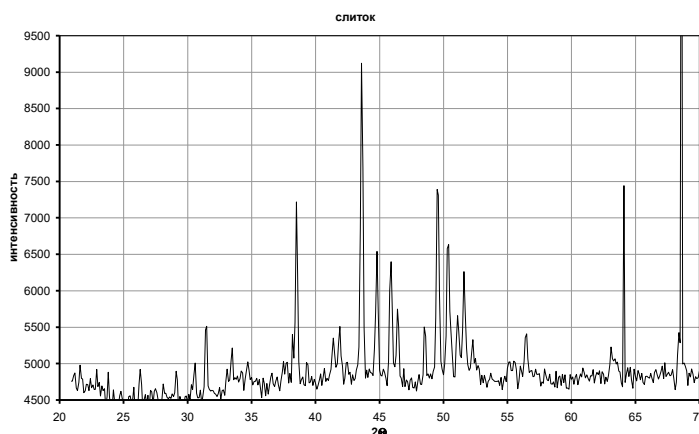


Рисунок 4. Рентгенограммы наиболее характерных образцов сплавов на основе Nd-Fe-B со слабо выраженной текстурой, полученные в ходе исследования. Слиток Nd-Fe-B.

Проведение количественного фазового рентгеновского анализа (определение концентрации фаз в смесях и сплавах) образцов дало следующие результаты (табл. 4, 5 соответственно):

Таблица 4. Результаты обработки данных для магнита (немагнитиченного).

N	Угол 2θ	$\lambda, 10^{-10}\text{м}$	$d, 10^{-10}\text{м}$	Фаза	Инт, %	инт
1	34,3	1,79021	3,0398	основная	31,01%	120
2	43,8	1,79021	2,4019	основная	13,95%	54
3	44,8	1,79021	2,3469	основная	84,24%	326
4	46,5	1,79021	2,2676	основная	29,46%	114
5	51,0	1,79021	2,0807	основная	22,22%	86
6	52,3	1,79021	2,0314	основная	100,00%	387
7	55,2	1,79021	1,9320	основная	14,99%	58
8	63,0	1,79021	1,7134	основная	16,28%	63

Таблица 5. Результаты обработки данных для слитка Nd-Fe-B.

N	Угол 2θ	$\lambda, 10^{-10}\text{м}$	$d, 10^{-10}\text{м}$	Фаза	Инт, %	инт
1	31,5	1,79021	3,3027	основная	21,51%	80
2	33,5	1,79021	3,1095	основная	14,25%	53
3	38,5	1,79021	2,7136	основная	58,33%	217
4	41,9	1,79021	2,5046	основная	19,35%	72
5	43,6	1,79021	2,4098	основная	100,00%	372
6	44,8	1,79021	2,3489	основная	41,94%	156

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

7	45,9	1,79021	2,2960	основная	38,44%	143
8	46,4	1,79021	2,2713	основная	23,92%	89
9	48,5	1,79021	2,1777	основная	18,01%	67
10	49,6	1,79021	2,1356	основная	59,95%	223
11	50,4	1,79021	2,1034	основная	42,74%	159
12	51,1	1,79021	2,0742	основная	20,97%	78
13	51,6	1,79021	2,0559	основная	34,41%	128
14	56,5	1,79021	1,8924	основная	14,25%	53

Анализируя графики можно сделать вывод, что слиток Nd-Fe-B обладает плохой текстурой, а прессованный магнит – хорошо выраженной текстурой. Рентгенограммы незначительно отличаются друг от друга в первом случае, и отличаются очень сильно во втором случае. На рентгенограмме для первого случая присутствовало 2-3 пика, отвечающих отражениям типа 00h и 10h. Это - признак сильной анизотропии ориентировок направлений [001] во втором случае и слабой в первом. Таким образом, традиционная схема термообработки не приводит к сохранению анизотропии ориентировок направлений [001], а неизвестная схема – приводит к сохранению анизотропии. Анизотропия у исследованных образцов слабая по сравнению с контрольным образцом, следовательно, ее нужно улучшать.

2.4. Подход к решению проблемы улучшения анизотропии магнитных свойств.

Высокая анизотропия распределения осей легкого намагничивания однодоменных наночастиц порошка сплавов на основе Fe-Nd-B вызывает проблемы. Решение этой проблемы ведет к значительным изменениям в форму петли гистерезиса, возрастает и остаточная индукция композиционных магнитов, произведенных из такого порошка.

Существует несколько гипотез, объясняющих этот процесс. Общепринятой является гипотеза, которая базируется на точном совпадении некоторых межплоскостных расстояний всех четырех фаз: $Nd_2Fe_{14}B$, Fe, FeB_2 , и NdH_2 . Тогда области новой фазы (новых фаз) могут формироваться на областях старой фазы (старых фаз) с заданной ориентацией их кристаллографических осей. Это подобно тому, как кристалл формируется из расплава на затравке с заданной ориентацией осей. При рассмотрении отдельных кластеров внутри структуры перечисленных фаз, такие кластеры обладают похожей структурой. Следовательно, они могут перестраиваться друг в друга и обеспечивать переформирование структуры сплава с сохранением направления [001] фазы $Nd_2Fe_{14}B$.

Предполагалось, что термообработку необходимо проводить при не меняющихся скачкообразно условиях: без перепадов температуры и давления водорода, которые могут повлечь за собой сбой в процессе формирования наночастиц.

При протекании реакции в прямом направлении выделялось большое количество тепла. Поэтому повышалась на десятки градусов температура реагентов, а начальные этапы реакции, определяющие анизотропность структуры, протекали при повышенной, изменяющейся температуре. При протекании реакции в обратном направлении поглощается большое количество тепла. Вследствие чего температура реагентов понижается на несколько десятков градусов, и начальные стадии этой реакции протекают при сильно пониженной температуре. Проведение реакции со ступенчатым изменением давления водорода приводило к меньшим скачкам температуры смеси.

Методом ДТА ранее был проконтролирован ход реакции по перегреву смеси по сравнению с эталоном. Получено, что прямая реакция заканчивается при времени выдержки более 70 минут, а обратная – за 20 минут.

При проведении реакции дегидрирования путем резкой одноэтапной откачки водорода происходит сильное понижение температуры реагентов. Поэтому формирование наночастиц на начальном самом важном этапе происходит при сильно пониженных температурах. Вследствие этого следует ожидать, что их размеры получатся меньше, чем оптимальные. Плавное, или хотя бы двух – трех - этапное понижение давления водорода приводит к улучшению прямоугловности петли гистерезиса.

Технически это пока осуществить трудно, поэтому было предложено проводить термообработку по схеме с почти постоянной температурой и плавным изменением давления водорода. Но существует опасность, что при пониженном давлении водорода реакция не успеет пройти до конца или внутрь промышленной печи проникнет кислород и окислит неодим. Это приведет к ухудшению магнитных свойств, поэтому необходим контроль методом рентгеновской дифракции.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

2.5 Фазовый состав порошков после термообработок при пониженном давлении водорода.

Для проверки изложенных в разделе 2.4 предположения, была проведена серия опытов и получены рентгенограммы сплавов, прошедших последнюю стадию HDDR - процесса при различном давлении водорода. Фазовый рентгеновский анализ на предмет присутствия в них альфа-железа укажет на неполное завершение процесса. Все образцы прошли стадию гидрирования при температуре 840°C в течение 1 часа при давлении водорода 1 атм. А затем – стадию дегидрирования в течение 30 минут при температуре 840°C при различных давлениях 0.032 атм, 0.021 атм, 0.063 атм, 0.090 атм, 0.0 атм (параметры съемки: анод –Cu, начальный угол - 20° , конечный угол - 70°). Анализ этих образцов нужен, чтобы в перспективе оценить влияние параметров обработки (в частности давления водорода на конечной стадии HDDR - процесса) на текстуру и магнитные свойства сплавов. На рисунке 5 в виде примера приведена рентгенограмма сплавов, прошедших последнюю стадию HDDR - процесса при давлении водорода 0.032 атм.

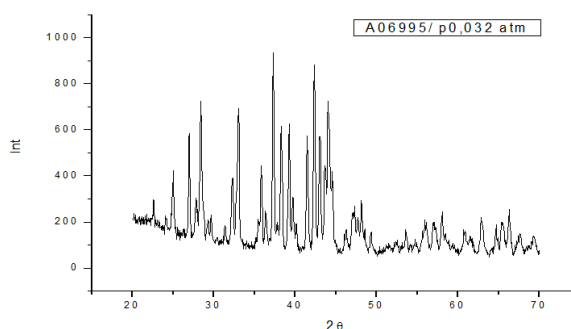
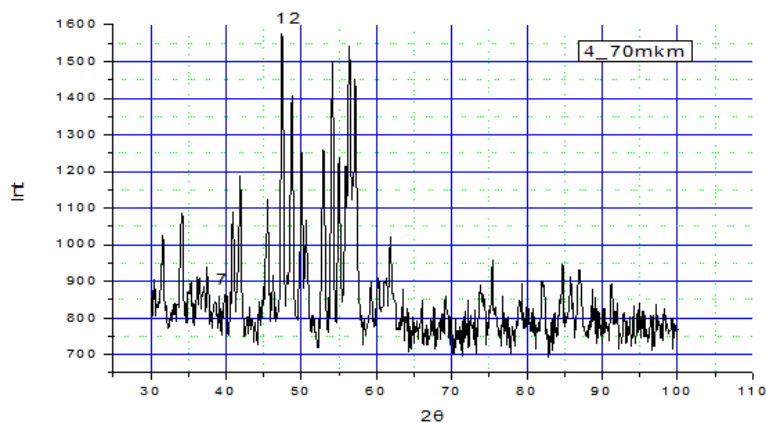


Рисунок 5. Рентгенограмма сплава на основе Nd-Fe-B, прошедшего реакцию дегидрирования при давлении водорода 0, 032 атм в течение 30 мин.

Рентгеновский фазовый анализ данных рентгенограмм показал, что во всех образцах присутствует только основная фаза $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Для надежной регистрации нежелательной фазы – альфа железа необходим более тщательный анализ рентгенограмм с применением метода наименьших квадратов, поскольку линии альфа железа и основной фазы сильно перекрываются.

Проведены исследования фазовых превращений в нескольких образцах сплавов на основе системы Fe-Nd-B на последней стадии термообработки гидрирования-дегидрирования (HDDR-процесса). Порошки сплавов получены путем размолта и просеивания через сито 70 мкм для улучшения качества эксперимента.

Анализ рентгенограмм порошков показал наличие следов окисления в нескольких следующих случаях. На рисунке 6 приведены рентгенограммы наиболее характерного образца с низкими магнитными свойствами. А в таблице 6 приведены результаты анализа полученной рентгенограммы: по известному из эксперимента углу θ вычислены межплоскостные расстояния. На основании этого с помощью специальных таблиц был сделан вывод о принадлежности фаз. Данные полученные на дифрактометре были обработаны с помощью программы Origin 7.0.



К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

Рисунок 6. Рентгенограмма порошка сплава на основе Nd-Fe-B с содержанием фазы NdFeO₃ (пики 7и 12 – неосновная фаза, остальные пики с основной фазой).

Проведение количественного фазового рентгеновского анализа (определение концентрации фаз в порошках сплавов) образца дало следующие результаты (табл. 6).

Таблица 6. Результаты обработки рентгенограммы на рисунке 6.

N	Угол 2 Θ	λ	d	Фаза	%	инт
1	31,6	1,79021	3,2835	основная	65,10%	1026
2	34,2	1,79021	3,0455	основная	68,85%	1085
3	35,3	1,79021	2,9507	основная	57,36%	904
4	36,2	1,79021	2,8832	основная	57,80%	911
5	37,5	1,79021	2,7872	основная	59,52%	938
6	39,0	1,79021	2,6788	основная	54,70%	862
7	39,9	1,79021	2,6223	НЕосновная	54,82%	864
8	40,9	1,79021	2,5598	основная	69,10%	1089
9	41,9	1,79021	2,5041	основная	75,44%	1189
10	43,2	1,79021	2,4334	основная	52,66%	830
11	45,5	1,79021	2,3128	основная	71,19%	1122
12	47,4	1,79021	2,2269	НЕосновная	100,00%	1576
13	48,8	1,79021	2,1676	основная	89,28%	1407
14	50,1	1,79021	2,1151	основная	79,44%	1252
15	53,0	1,79021	2,0074	основная	80,08%	1262
16	54,1	1,79021	1,9680	основная	95,30%	1502
17	55,0	1,79021	1,9385	основная	78,43%	1236
18	56,4	1,79021	1,8944	основная	97,84%	1542
19	57,3	1,79021	1,8674	основная	82,30%	1297
20	59,3	1,79021	1,8102	основная	57,04%	899
21	60,2	1,79021	1,7841	основная	57,68%	909
22	61,8	1,79021	1,7425	основная	64,91%	1023
23	62,2	1,79021	1,7325	основная	54,25%	855
24	63,5	1,79021	1,7012	основная	55,84%	880
25	66,0	1,79021	1,6428	основная	53,81%	848
26	67,6	1,79021	1,6086	основная	52,66%	830
27	69,2	1,79021	1,5764	основная	54,44%	858
28	72,1	1,79021	1,5205	основная	53,74%	847
29	73,8	1,79021	1,4903	основная	56,54%	891
30	75,4	1,79021	1,4637	основная	60,91%	960
31	76,8	1,79021	1,4409	основная	54,63%	861
32	79,3	1,79021	1,4021	основная	56,79%	895
33	80,7	1,79021	1,3820	основная	52,47%	827
34	82,0	1,79021	1,3645	основная	57,36%	904
35	84,7	1,79021	1,3290	основная	60,03%	946
36	85,8	1,79021	1,3153	основная	57,80%	911
37	86,9	1,79021	1,3022	основная	59,14%	932
38	88,7	1,79021	1,2810	основная	55,84%	880
39	90,1	1,79021	1,2648	основная	52,54%	828
40	90,3	1,79021	1,2626	основная	52,47%	827
41	91,3	1,79021	1,2520	основная	56,73%	894
42	94,18	1,79021	1,2221	основная	52,92%	834
43	94,9	1,79021	1,2147	основная	53,43%	842
44	97,2	1,79021	1,1934	основная	53,11%	837
45	98,2	1,79021	1,1844	основная	52,41%	826

Анализ рентгенограмм показал, что данные образцы порошков состоят как из основных фаз

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича ($Nd_2Fe_{14}B$), так и из неосновных ($NdFeO_3$ и $NdFe_3(BO_3)_4$). Наличие посторонних фаз, особенно оксида ниодима-железа, говорит о нарушениях в технологической цепочке производства на этапе дегидрирования, что объясняет низкие магнитные свойства материалов. Фазовый состав изученных сплавов оказался неоптимальным.

Также проведен фазовый рентгеновский анализ данных порошков. На рисунке 7 в виде примера приведена рентгенограмма наиболее характерного образца с низкими магнитными свойствами.

Проведение количественного фазового рентгеновского анализа образца дало результаты, занесенные в таблицу 7.

Таблица 7. Результаты обработки рентгенограммы на рис. 22.

N	Угол 2 Θ	λ	d	Фаза	%	инт
1	31,5	1,79021	3,2932	основная	43,08%	981
2	33,9	1,79021	3,0698	основная	44,01%	1002
3	38,4	1,79021	2,7242	НЕосновная	42,25%	962
4	41,8	1,79021	2,5094	основная	43,00%	979
5	44,7	1,79021	2,3564	основная	38,69%	881
6	47,3	1,79021	2,2306	НЕосновная	44,44%	1012
7	50,1	1,79021	2,1150	основная	38,03%	866
8	52,9	1,79021	2,0106	основная	39,83%	907
9	54,1	1,79021	1,9680	основная	46,03%	1048
10	57,2	1,79021	1,8704	основная	100,00%	2277
11	85,4	1,79021	1,3203	основная	36,93%	841
12	89,1	1,79021	1,2757	основная	34,69%	790
13	107,5	1,79021	1,1096	основная	36,45%	830
14	111,8	1,79021	1,0812	основная	49,76%	1133

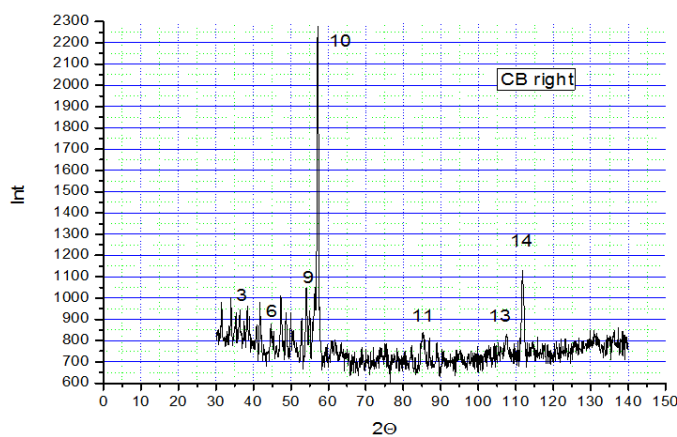


Рисунок 7. Рентгенограмма порошка сплава на основе Nd-Fe-B с содержанием фазы $NdFeO_3$ (пики 3 и 6 – неосновная фаза, остальные пики с основной фазой).

Присутствие следов окисления в данном случае говорит о плохой герметизации камеры.

В результате работы достигнуто улучшение магнитных свойств приблизительно на 5 %. Дальнейшее улучшение свойств требует оптимизации параметров обработки (давления, температур и длительности этапов).

Результаты исследований, определяющие параметры производства постоянных магнитов, при которых получают наиболее высокие магнитные свойства, требуют дальнейших уточнений.

3 Результаты и обсуждение

Проведен рентгеновский фазовый анализ характерных образцов сплавов на основе Nd-Fe-B после различных этапов термообработки гидрирования-дегидрирования с сильно нарушенными магнитными свойствами. Показано, что материал состоит только из основных фаз, а следов нежелательных и вспомогательных, например чистого неодима, фаз не обнаружено. Фазовый состав изученных сплавов оказался оптимальным и отклонений от нормы не найдено.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Причиной неустойчивых свойств не является появление нежелательных фаз. Причины ухудшения магнитных свойств следует искать в соблюдении режимов на технологических этапах производства магнитов.

Найдены недостатки существующей схемы, заключающиеся в перегреве при гидрировании, и переохлаждении при переходе к стадии дегидрирования. Решено использовать постепенные изменения давления, ведущие к меньшим скачкам температуры. С этой целью была проведена серия опытов над образцами порошков, произведенных по измененной технологии производства магнитов, прошедших стадии HDDR-обработки по разным новым режимам.

Было изучено фазовое равновесие после термообработок при различном давлении водорода. Из эксперимента получено, что при времени реакции 120 минут, при температуре 800°C и при давлении водорода 1 атм., реакция дегидрирования в сплаве Fe – 11%, Co – 34%, Nd – 6%, Ga – 1% проходит полностью, а при времени протекания 30 минут – не полностью.

С целью уменьшения неконтролируемых перепадов температур при переходе от одного этапа термообработки к другому была изменена схема термообработки. Проведены исследования образцов, прошедших обработку по новой и старой схемам. С целью неразглашения точных режимов термообработки конкретные значения некоторых параметров не представлены. Следует отметить, что магнитные свойства магнитов, полученных при плавных изменениях давления водорода, превосходят по величине свойства магнитов, произведенных по существующей технологии приблизительно на 5%. Фазовый анализ образцов, прошедших термообработку при пониженном давлении водорода, показал, что в некоторых случаях появляются незначительные количества оксидных фаз. Рекомендовано тщательнее герметизировать печь при проведении термообработок при пониженном давлении водорода.

4 Выводы.

Слабые магнитные свойства производимых постоянных магнитов по новой схеме – гидрирования–дегидрирования является нарушение анизотропии распределения ориентировок осей легкого намагничивания частиц основной магнитной фазы, а не образование посторонних фаз.

Эксперимент показал, что при времени реакции 120 минут, при температуре 800°C и при давлении водорода 1 атм., реакция дегидрирования в сплаве Fe – 11%, Co – 34%, Nd – 6%, Ga – 1% проходит полностью, а при времени протекания 30 минут – не полностью.

Термообработки по изотермической схеме с плавным изменением давления водорода (с целью улучшения анизотропии распределения ориентаций осей легкого намагничивания частиц основной магнитной фазы) позволили улучшить остаточную индукцию на 5%. После этих термообработок не было обнаружено дополнительных фаз.

Термообработки при пониженном давлении водорода приводили в ряде случаев к появлению незначительного количества посторонней нежелательной фазы – оксида неодима. Это свидетельствует о недостаточной герметичности оборудования и попадания внутрь незначительных количеств кислорода.

References

1. Yamamoto H., Hirose S., Fujimura S., Tokuhara K., Nagata H., Sagawa M. Metallographic Study On Nd-Fe-Co-B Sintered Magnets. – J. IEEE Transactions On Magnetism Vol. 23 (5), 1987, P. 2100
2. Pashkov P. P., Pakrovsky D. V., Friedman A. A. Diagramma sostoyaniya sistemy Fe-Nd-B i osobennosti strukturi ee spлавov [Diagram of the state of the Fe-Nd-B system and features of the structure of its alloys] // IX Vses. conf. on post. magn. – Suzdal': 20-23.IX.1988. Tez. dokl.- M.: Infelectro, 1988.- P.2.P.93-120.
3. Nakamura H., Suefuji R., Sujimoto S., Okada M., Homma M. Effects Of HDDR Treatment Conditions On Magnetic Properties Of Nd-Fe-B Anisotropic Powders. – J. Appl. Phys. 76 (10), 1994, P. 682.
4. V. V. Kotunov, D. A. Shumakov. Visokoanizotropnye poroshki spлавov sistemy Nd-Fe-B s magnitnoi energiei do 27 MGsE, poluchennye metodom gidrirovaniya-degidrirovaniya. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. [Highly anisotropic powders of Nd-Fe-B alloys with a magnetic energy of up to 27 MGsE, obtained by hydrogenation-dehydrogenation. Metallurgy and heat treatment of metals.]- 2005, №4.
5. Брехаря Г.П., Харитоновна Е.А., Гуляева Т.В. Свойства постоянных магнитов системы Nd-Fe-B, легированной Cu, Ti, C, введенной порошковым методом или спеканием плёнок в условиях высокого давления. – Успехи физ. мет. / Usp. Fiz. Met. 2014, т. 15, сс. 35–53
6. Hard magnetic property and M(H) plot for sintered NdFeB magnet / Gao R.W. et al. // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2000. – Vol. 208. – №. 3. – P. 239-243.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

7. Polat Saidakhmetov; Boris Vintaikin; Diana Batrbek; Vladimir Boruta; Kulpynai Mutali Thermal effects during the formation of the structure in highly coercive Nd-Fe-B-based alloys in the HDDR process – AIP Conf. Proc. Volume 2650, Issue 1, 020008 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0110614>

8. Дерягин, А.В. Редкоземельные магнитомягкие материалы / А.В. Дерягин // Успехи физических наук. – 1976. – Т. 120. – №. 11. – С. 393-437.

9. *Takeshita T., Nakayama R.* Proceedings of the 11th International Workshop on Rare-Earth Magnets and Their Applications. – Pittsburgh: Carnegie-Mellon University, 1990. P. 49-71.

10. Менушенков В.П. Новые магнитотвердые материалы, вопросы использования и область применения – Электротехника, № 10, 1999 – С.1-5.

11. *B. E. Vintaikin, A. A. Loboiko.* Strukturalnye sostoyaniya v splavah na osnove Fe-Nd-B v hode HDDR prosessa. Fundamentalnye problem radio-elektronogo priborostroeniya. [Structural states in Fe-Nd-B-based alloys during the HDDR process. Fundamental problems of radio-electronic instrumentation.] 2013. T13. p. 141-142.

12. *Sheridan, R.S., Sillitoe, R., Zakotnik, M., Harris, I.R., Williams, A.J.,* Anisotropic powder from sintered NdFeB magnets by the HDDR processing route. School of Metallurgy and Materials, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, United Kingdom. 2012, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 324 (1) , P. 63-67.

13. *Xing, M., Han, J., Lin, Z., Wan, F., Li, C., Liu, S., Wang, C., Yang, J., Yang, Y.* Anisotropic ternary Ce₁₃Fe₈₀B₇ powders prepared by hydrogenation-disproportionation-desorption-recombination process and the diffusion of Ce-Cu eutectic alloys. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 331 , P. 140-143, 2013.

14. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела: Учеб. Пособие. - М. Наука, 1978. -790 с.

УДК 53

А. Жаңабаева, Б. Жұмырбаева, К.Б. Тлебаев

ИНФРАҚЫЗЫЛ СПЕКТРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ӘСЕРІ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНДЫ СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕННІҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.

Кіріспе

Полимерлер соңғы кездері бірегей тұтынушылық қасиеттеріне байланысты әлемде кеңінен қолданыла бастады.

Осыған байланысты полимерлі материалдарға құрылымдық жағынан күрделі материалдарды жасау кезінде, мысалы, әртүрлі құрылғылар мен құрылғылардың күрделі элементтерін (микроэлектроника) жасау кезінде, агрессивті ортада және иондаушы сәулелену өрістерінде жұмыс істейтін композиттерді жасау кезінде жауапты міндеттер жүктеледі.

Политетрафторэтилен (PTFE) бірқатар ерекше қасиеттерге ие. Алайда, а полимерінің құрылымы мен қасиеттері, сондай-ақ оны қолдану мүмкіндіктері мен салалары көбінесе оны дайындау технологиясына байланысты [1]. Сондықтан оның құрылымын мұқият зерттеу қажет.

Полимерлердің құрылымын зерттеу үшін ең көп қолданылатын әдіс – ИҚ спектроскопиясы, ол молекулалық спектроскопияның кең таралған әдістерінің бірі, өйткені ол барлық дерлік функционалды топтардың тербелістеріне жауап беретін үлкен сіңіру жолақтарымен сипатталады (12500-ден 10 см⁻¹-ге дейін).

Бұл жұмыста температура мен электронды сәулеленудің ИҚ – спектроскопия әдісімен

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича политетрафторэтилен құрылымына әсері зерттеледі.

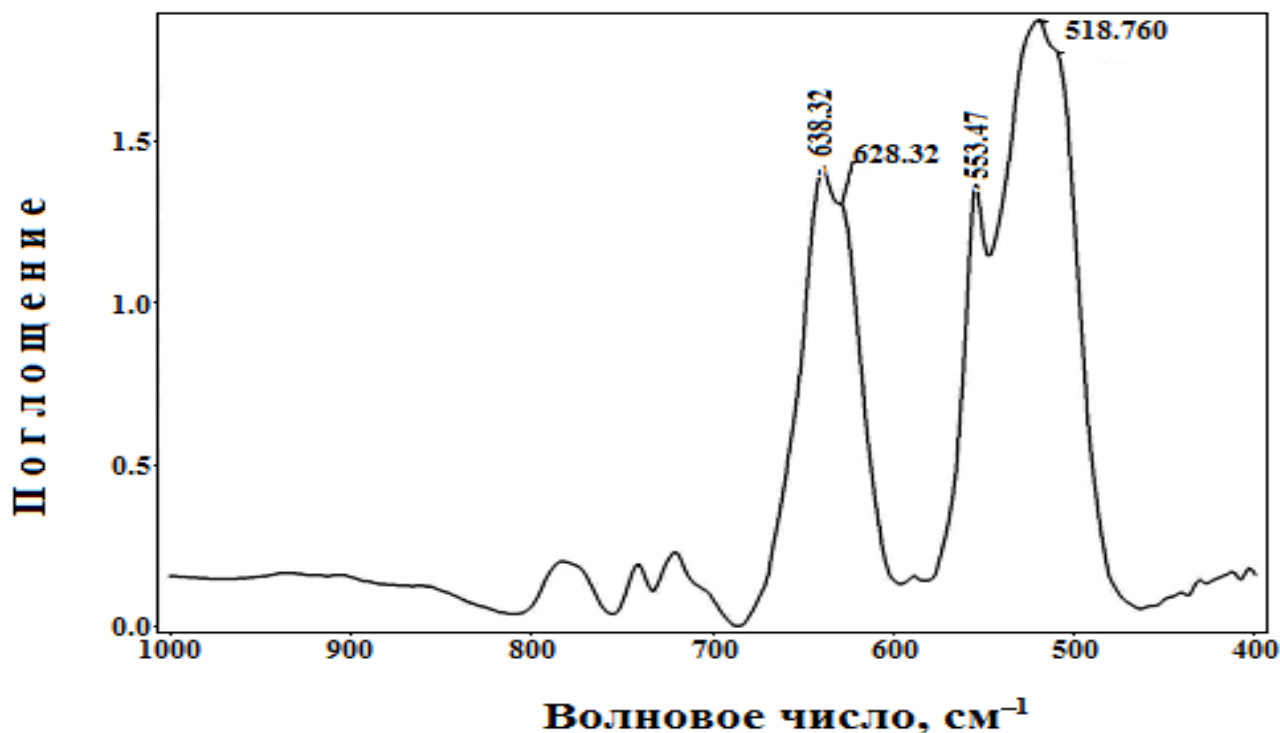
Зерттелетін материал ретінде өндірістік фторопластық пленканы (F-4) алады. Пленка түріндегі политетрафторэтилен үлгілерінің ИҚ спектрлері сәулеленуге дейін және одан кейінгі әсері әл – Фараби атындағы ҚазҰУ инженерлік бейінінің нанолaborаториясында 4000 - 400 см^{-1} жиілік диапазонында «FTIR Mattson Satellite 3000» Фурье – түрлендіргіші бар ИҚ-спектрофотометрінде жазылды.

ПТФЭ пленкаларын сәулелендіру Абай атындағы ҚазҰПУ физика-технологиялық орталығындағы ЭЛУ-6 электрондарының сызықтық үдеткішінде жүргізілді. Үдеткіш шығысындағы жеделдетілген электрондар сәулесінің негізгі параметрі электрондардың максималды энергиясы ПТФЭ пленкаларын сәулелендіру ҚазҰПУ физика-технологиялық орталығындағы ЭЛУ-6 электрондарының сызықтық үдеткішінде жүргізілді. Абай. Үдеткіш шығысындағы жеделдетілген электрондар сәулесінің негізгі параметрлері: электрондардың максималды энергиясы – $E = 2 \text{ МэВ}$, импульстік ток – $I = 0,3 \text{ мА /см}^2$, импульстің ұзақтығы $\tau = 10 \text{ нс}$, қайталану жиілігі $f = 400 \text{ Гц}$, сәулелену дозасы $D = 3 \text{ МГр}$.

Зерттеу нысандары үдеткіштің шығыс терезесінен 30 см қашықтықта орнатылды. Сәулелену температурасы $T = 25^\circ\text{C}$ болды.

$T = 288$ және $T = 292$

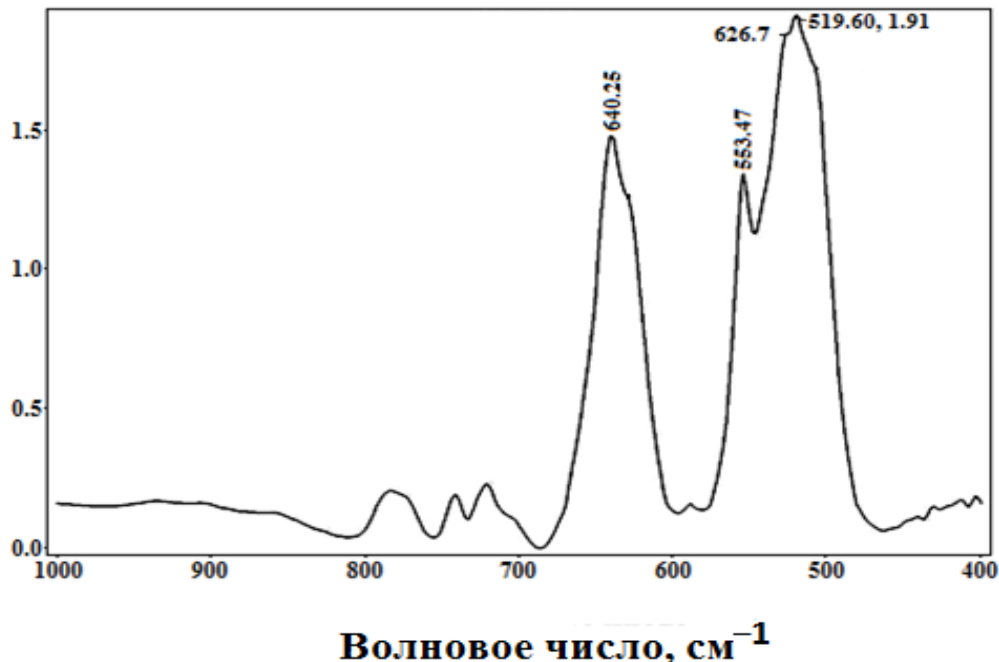
К температураларында бастапқы фторопластта болатын молекулалық деңгейдегі құрылымдық өзгерістерді ИҚ-спектроскопия әдісімен зерттеу 1000 – 400 см^{-1} жиілік диапазонында жүргізілді (сурет-1а, б).



Сурет 1. а) 288 және б) 292 К температурада алынған политетрафторэтиленнің ИҚ-спектрлері.

Көрсетілген сурет1 а, б-да ИҚ спектрлері ұсынылған. РТФЕ ИҚ спектрінде (сурет-1а) 288К температурада 518, 553 жиіліктердегі қарқынды сіңіру жолақтары және 638 см^{-1} кезіндегі дуплет, сондай-ақ 720, 740 және 778 см^{-1} жиіліктердегі үш әлсіз жолақ байқалады.

Бұл жиілік интервалының ИҚ спектрлерінің ерекшелігі–628 см^{-1} жолағының пайда болуы дуплет компоненттері 638 см^{-1} жолағында дөңес сызық түрінде көрсетілген.



Температураның жоғарылауы 518 және 638 см^{-1} жолақтарының қарқындылығының өзгеруіне әкеледі. Бұл жолақтардың спектрдің жоғары жиілікті аймағына ауысуы және олардың қарқындылығының өсуі байқалады (сурет 1б).

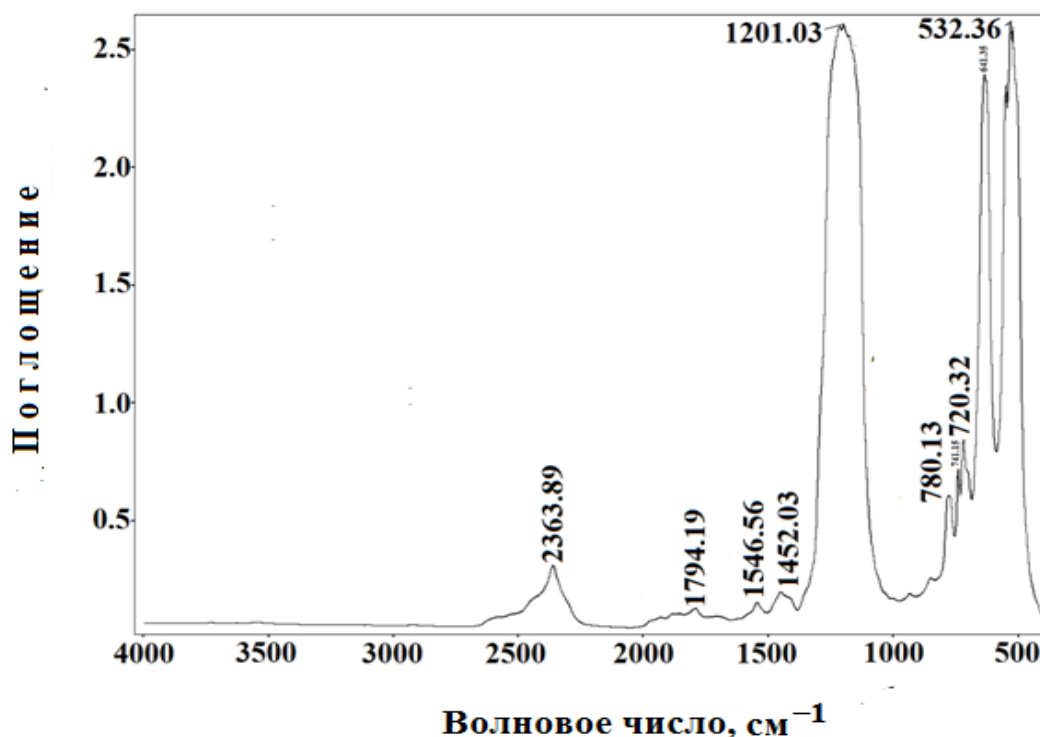
1000 – 400 см^{-1} диапазонындағы ИҚ спектрін талдау 518 және 553 см^{-1} жолақтары [2,3] сәйкесінше CF_2 топтарының деформациялық және маятниктік тербелістерін сипаттайтынын көрсетеді. 638, 628 және 518 см^{-1} жолақтар (1.а суретті қараңыз) $\nu(\text{CF}_2)$ желдеткіш тербелісі ретінде сипатталады және реттілік пен кристалдылық жолақтары ретінде қарастырылады [2]. 720, 741 және 781 см^{-1} жолақтары РТФЕ аморфты фазасындағы молекулалық тізбектердің тербелістеріне жатады. 638 см^{-1} температураның жоғарылауымен жолақ қарқындылығының өсуі және 628 см^{-1} жолақ қарқындылығының әлсіреуі макромолекулалардың ақауына байланысты өзгереді. Жолақтың жарты ені 518 см^{-1} температурада 292 К [2] температурада өзгереді, бұл құрылымдық зерттеулерге сәйкес кристалды политетрафторэтилендегі фазалық ауысуға сәйкес келеді [4]. Байқалған әсер макромолекулалардың спиральды конформациясының және олардың қаптамасының өзгеруімен байланысты.

2-суретте 4000-500 см^{-1} жиілік диапазонында РТФЕ сәулеленген ИҚ спектрі көрсетілген. Суреттен көріп отырғанымыздай, РТФЕ сәулеленуі кезінде көптеген жолақтардың пішіні мен қарқындылық қатынасының өзгеруі байқалады.

Бастапқы және сәулеленген РТФЕ ИҚ спектрлерін салыстыру кезінде бірқатар айырмашылықтар байқалады. Олар 700-800, 640, 575 см^{-1} аймағындағы жолақтардың қарқындылығын арттырудан және ең қарқынды және кеңейтілген 1154 және 1201 см^{-1} жолақтарының пайда болуынан тұрады. Көрсетілген жолақтардан басқа, 979, 1452, 1546, 1794 және 2363 см^{-1} жиіліктерінде төмен қарқынды жолақтар пайда болады.

780 см^{-1} -де жолақтың оптикалық тығыздығының сызықтық өсуі және оның РТФЕ сәулеленген ИҚ спектрінде 700...800 см^{-1} аймағында байқалған бірқатар басқа жолақтары үлгінің кристалдылық дәрежесінің төмендеуімен байланысты. Бұл жолақ РТФЕ құрылымындағы реттілік дәрежесін анықтау үшін қолданылады [5]. 640, 628 және 518 см^{-1} жолақтары реттілік жолақтары және кристалдық жолақтар ретінде қарастырылады [5]. 700 – 800, 640 және 575 см^{-1} жолақтарын және бүкіл тізбекті [2,4,5] сақтау, тіпті қарқынды энергетикалық әсер еткенде де, сыртқы әсер РТФЕ молекулалық тізбегінің толық бұзылуына әкелмейді деп айтылады.

РТФЕ ИҚ спектрінде CF_2 топтарының валенттік тербелістеріне сәйкес келетін 1211 және 1154 см^{-1} жолақтары ең қарқынды болып саналады. Сәулеленген РТФЕ-де бұл жолақтардың жылжуы және олардың қарқындылығының өсуі (1175 см^{-1}) байқалады. РТФЕ-де 1233 см^{-1} -детербелістердің иілісі $\nu(\text{CC})$ сәулеленген РТФЕ-де спектрдің жоғары жиілікті аймағына (1350 см^{-1}) ауысады.



2-сурет. 4000 – 500 см⁻¹ жиілік диапазонында D = 3 МГр дозасымен РТФЕ сәулеленген ИҚ спектрі.

800 – 1100 және 1350 – 2363 см⁻¹ аймағында бастапқы РТФЕ спектрінде жоқ, құрылымдық фракциялардың бүйірлік тармағындағы соңғы топтар мен топтардың тербелістеріне жатқызуға болатын бірқатар қосымша жолақтар байқалады. Сондай – ақ, бастапқы полимердегі 2900–4000 см⁻¹ аймағында сәулеленген РТФЕ спектріндегі тербелістер мүлдем жоқ екенін атап өткен жөн.

Максималды жұту кезінде ИҚ спектріндегі жолақтың кеңеюі полимер құрылымында көптеген ұсақталған кристаллиттердің пайда болуы себепті, кристалдылық дәрежесіне аса әсер етпейді, бірақ байланыстардың үзілуіне және осылайша бұзылуына ең тиімді қарсылық көрсететін құрылымды құрайды.

Осылайша, температура мен сәулелену РТФЕ-ге әсер еткенде, онда полимер дисперсті және басқа белсенді құрылымдық күйге ауысады. Мұндай түзілімдердің ИК спектрлерінде С–F және С–С валенттік тербелістерін, ССС және CF₂ топтарының деформациялық тербелістерін, CF₂ топтарының, жеке фрагменттердің және бүкіл тізбектің жазықтықтан тыс тербелістерін сипаттайтын жолақтар сақталады [2,4,5]. Бұл сыртқы әсер политетрафторэтиленнің молекулалық тізбегінің толық бұзылуына әкелмейтінін және кейбір жағдайларда полимердің физика-механикалық қасиеттерін арттыратын молекулалық деңгейде белгілі бір өзгерістер болатынын көрсетеді.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Липатов, Ю.С. Физическая химия полимеров / М.: Химия, 1977. 304 с
2. Л.Н. Игнатъева, В.М. Бузник. ИК-спектроскопические исследования политетрафторэтилена и его модифицированных форм. // Рос. Хим. ж. 2008, т. LII, № 3. с.139–145.
3. Tlebaev K.B., Gabdrakipov V. Z, Kupchishin A. I., Gyngazov V.A. Computer simulation and study of the IR-spectra of irradiated polymer materials. // IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. 110. 012038. – 2016. – P. 1 – 5. doi:10.1088/1757-899X/110/1/012038.
4. О.А. Будник, В.А. Свидерский, К.В. Берладир, А.Ф. Будник, П.В. Руденко. Структурные изменения матрицы ПТФЭ – композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 104-112.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
5.И. Дехант, Р. Данц, В. Киммер, Р. Шмольке. Инфракрасная спектроскопия полимеров / М: Химия, 1976. 472 с.

УДК 536; 539; 539.1

Т.Б. Қоштыбаев¹, А.Қ. Берден²

ИДЕАЛ ГАЗДАҒЫ ПРОЦЕСТЕРДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕМЕСІ

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

koshtybayev70@mail.ru

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

berden_aimaral@mail.ru

Аңдатпа

Мақалада идеал газ модельінің энергиялық немесе жылулық өлшемдері молекула, моль, бірлік көлем және бүкіл газ ретімен жүретін құрылым арқылы қарастырылған, ал газда өтетін жылулық процестердің алғышарттары термодинамика ұғымы арқылы беріліп, процестердің математикалық негіздемесі ықшамды, әрі қарапайым есептеулер арқылы көрсетілген. Газдың энергиясын бірлік көлемдер мен мольдерде жинақталған энергиялардың қосындысы деп қарастырылған және күй теңдеуінің идеялық астары осы энергиямен байланыстырылады. Газдағы процестердің өту бағытын бағамдайтын теңдеулер тек күй параметрлердің арасындағы пропорциялық тепе-теңдіктер үлгісінде ұсынылады. Мақалада келтірілген осы жағдайлар идеал газдың модельіне және ондағы процестердің ағымына өзгеше қырдан қарайтын математикалық негіздеме болып табылады. Күй параметрлерінің арасындағы байланыстарды сипаттайтын қатынастар газ күйлерінің әрбір кезеңдері үшін орындалатын сақталу заңдарына сәйкестендірілген.

Түйін сөздер: идеал газ, процесс, температура, энергия, молекула, теңдеу, параметрлер

Идеал газ–нақты газдардың қасиеттері мен күйлерін сипаттау үшін қолданылатын теориялық модель. Бұл модельде газ молекулалары көлемі болмайтын серпімді материялық нүкте деп алынады, олар гравитациялық және электростатикалық әсерлесулерге түспейді, алайда өзара соқтығысулар жасай алады (механикалық әсерлесулер). Идеал газ модельі арқылы нақты газдардың термодинамикасына қатысты есептерді шығару жеңілге түседі. Газдың күйі өзгерген болса, онда оны процесс (лат. processus– өзгеріс бағыты) деп қарауға болады. Ол екі тәсілмен іске асырылады және бұл тәсілдердің түпкі идеялық мазмұны гректің жылу (термо) және күш(динамика) деген сөздерінен құрылған термодинамика ұғымында жатыр. Газ өзінің күйін өзгерту үшін сыртқы ортамен жылу алмасулар жасауы тиіс және газ сыртқы ортағы немесе сыртқы орта газға қарсы күштік әсер көрсетуі қажет. Жылу алмасу деп газға жылу беруді немесе газдың жылуын алып қоюды айтамыз, ал күштік әсерлесулерге газдың сыртқы ортаға қарсы немесе сыртқы денелердің газға қарсы атқарған жұмысын жатқызамыз.

Ыдыстағы идеал газдың күйін (жағдайын) Кельвин шкаласы арқылы өлшенетін абсолют

температура (T К), өлшемі $\frac{Дж}{м^3}$ болатын қысым (P) және $м^3$ арқылы өлшенетін көлем (V) секілді макро- және микропараметрлермен бағалауға болады. Газдың температурасы Цельсий шкаласындағы ($t^{\circ}C$) термометр арқылы өлшеніп, оған 273– ті қосқан кезде абсолют (мәні ешқашан теріс болмайтын) температураға айналады: $T = (t^{\circ}C + 273) К$. Осындай температурада тұрған газдағы N молекула бейберекет (хаосты немесе жылулық) қозғалыстар жасайды. Температураның 1 К мәні газдың бір молекуласы үшін $1,38 \cdot 10^{-23} Дж$

энергияға тең ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$ –Больцман тұрақтысы), онда T К температурадағы газдың бір молекуласында kT Джоульға тең энергия бар деп санауға болады екен. Ал газдағы барлық N молекуланың (немесе бүкіл газдың) энергиясы $W = N \cdot (kT)$, яғни газдағы энергия мөлшері температураның мәніне тәуелді немесе температура энергияның көрсеткіші екенін байқау қиын емес: $W(T)$. Мысалы үшін, 360 К температура молекуланың $496,8 \cdot 10^{-23} Дж$ энергиясына эквивалент (сәйкес, бара-бар, теңбе-тең):

$$kT = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К} \cdot 360 К = 496,8 \cdot 10^{-23} Дж$$

Олай болса, газдың температурасын энергия эквивалентінде (ретінде) қарастыра беруге немесе температураны энергия деп қабылдай беруге болады. Температура–энергияның көрсеткіші деген ұғымның мағынасы міне осындай. Температураның жоғарылуы газдың қыздырылуы, ал температураның төмендеуі газдың салқындауы деп айтылады. Газдағы 1 мольде $6,02 \cdot 10^{23}$ молекула бар ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23} моль^{-1}$ –Авогадро тұрақтысы), олардың әрқайсысында 1 К температурада $k Дж$ –ға тең энергия болса, онда газдың 1 мольіне $8,31$

$Дж$ энергия сәйкес келеді ($R = kN_A = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$ –газ тұрақтысы). T К температурадағы газдың 1 мольінде $RT Дж$ –ға тең энергия, ал газдағы жалпы саны ν мольде (бүкіл газда) $W = \nu \cdot (RT)$ энергия бар. Газдың бірлік көлемінде ($1 м^3, 1 см^3, 1 мм^3$) n молекула болады (молекулалардың концентрациясы), ал олардың әрқайсысында $k Дж$ –ға тең энергия бар екені айтылды. Сонда, T К температурадағы газдың бірлік көлемінде $p = n \cdot (kT) Дж$ –ға тең энергия бар деуге болады (газдың P қысымы бірлік көлемде жинақталған энергия

мөлшері болып табылады екен: $p Па = p \frac{Дж}{м^3}$). Газдың $V м^3$ көлемін ондағы барлық бірлік көлемдердің ($1 м^3$) жалпы саны (қосындысы) деп қарау керек, олай болса бүкіл газдағы энергия мөлшері $W = pV$. Көп жағдайда газдың көлемі өзі орналасқан ыдыс көлеміне тең деп алынады. Оны өзгертіп отыру үшін ыдыстың жоғарғы бөлігін жылжымалы поршенмен жабдықтайды: поршеннің жоғары көтерілуі бірлік көлемдер санының (газ көлемінің)

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича артуына сәйкес келсе, поршен төмен түскенде газдың көлемі (бірлік көлемдер саны) кемиді. Көлемнің артуын газдың ұлғаюы, ал оның кемуін газдың сығылуы деп айтады. p, V, T параметрлерінің кез-келген біреуінің өзгерісі қалған екеуінің өзгеруіне себепкер болады. Бұл жағдай газ күйінің өзгерісі немесе газдағы процесс деп аталады. Күй параметрлерінің біреуі өзгермей қалып, қалған екеуінің мәндерінің өзгеруі газдағы изопроецесс болып табылады. Сонымен, газдың энергиясын анықтайтын теңдіктерді тағы бір рет жазып өтейік:

$$W = N \cdot (kT) = kT + kT + kT + \dots$$

теңдігі арқылы анықталып тұрған газдың энергиясы T К температурада тұрған газдағы саны N молекуланың kT Дж –ға тең энергияларының қосындысы арқылы анықталатынын айғақтап тұр. Ал, энергияның

$$W = \nu \cdot (RT) = RT + RT + RT + \dots$$

теңдікпен өрнектелуі T К температурада тұрған газдың ν мольіндегі RT Дж –ға тең энергиялардың (N_A молекуланың kT Дж энергияларының) қосындысы арқылы да анықтауға болатынын дәлелдеп тұр. Газ энергиясының

$$W = pV = p + p + p + \dots$$

теңдігімен берілуі T К температурада тұрған газдың жалпы саны V –ға тең бірлік көлемдерінде жинақталған p $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$ энергиялардың қосындысы арқылы анықтауға болатындығын көрсетіп тұр. Олай болса, газдың W энергиясын жалпы саны V м^3 болатын бірлік көлемдердегі p $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$ энергиялардың қосындысы (pV) немесе жалпы саны ν мольде жинақталған RT моль энергиялардың қосындысы (νRT) деп қарауға болады екен:

$$pV = \nu RT \quad (1)$$

(1)-теңдік идеал газдың күй теңдеуі (немесе күйді сипаттайтын теңдеу) деп аталады. Теңдіктің сол жақ бөлігін 1834 жылы Клапейрон жазған, ал оң жақ бөлігін 1874 жылы Менделеев шығарған. Сол себептен де (1)-теңдік Клапейрон–Менделеев теңдеуі деп аталып кеткен. Газдағы мольдердің жалпы санын табу үшін газдың m кг –ға тең массасын оның бір

молының μ моль массасына бөлу керек: ν моль = $\frac{m}{\mu}$. Сонда (1)-теңдеу

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad (1A)$$

1 күйдетұрған газды 2-ші бір күйге өткізу үшін оның алғашқы күйдегі p_1, V_1, T_1 параметрлерінің мәндері p_2, V_2, T_2 болып басқа мәндерге өзгеруі керек (газдағы процесс). Осы жағдай үшін күй теңдеуі былай жазылады:

$$\Delta p \cdot \Delta V = \nu R \Delta T$$

Бұл жерде $\Delta p = p_2 - p_1$ – бірлік көлемдердегі энергиялардың өзгерісі, яғни $\Delta p > 0$ (артуы), $\Delta p < 0$ (кемуі); $\Delta V = V_2 - V_1$ – бірлік көлемдер санының өзгерісі: $\Delta V > 0$ (артуы немесе газдың ұлғаюы), ал $\Delta V < 0$ (кемуі немесе газдың сығылуы); $\Delta T = T_2 - T_1$ – газ температурасының өзгерісі: $\Delta T > 0$ (артуы немесе газдың қыздырылуы), ал $\Delta T < 0$ (кемуі немесе газдың салқындауы). (1)-теңдеуде айнымалыларды (күй параметрлерін) теңдіктің бір жақ бетіне жинайық:

$$\frac{pV}{T} = \nu R \quad (2)$$

Мысалы үшін, газда $\nu = 100$ моль бар деп алсақ, онда $\nu R = 831$ – ге тең болады, яғни

$$\frac{pV}{T} = 831$$

немесе газдың кез-келген үш күйі үшін

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3} = 831$$

Олай болса, газ 1-ші күйден 2-ші күйге, одан 3-ші күйге ауысқан кезде күй параметрлерінің

мәндері өзгергенімен, олардың әрбір күйдегі $\frac{pV}{T}$ комбинациясы (өзара арақатынасы) өзгермей қалады, яғни 831-ге тең болып отырады). Біз газдағы мольдердің санын $\nu = 100$ моль деп мысал ретінде ала салдық. Идеал газдағы өтетін процестердің теориясында газға қатысты шамалардың нақты сандық мәндері маңызды емес. Сол себепті, біз қарастырып жатқан идеал газдағы мольдердің саны нақтыланбағандықтан, νR көбейтіндісінің де қаншаға тең болатындығын нақты айта алмаймыз. Бірақ, бұл көбейтіндінің мәні 831 секілді қандай да бір сан (constant) болатыны ақиқат. Сонда, (2)-теңдеуден

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\frac{pV}{T} = const \quad (2A)$$

немесе идеал газдың үш күйі үшін:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3} = const \quad (2B)$$

Алғашында газ 1-ші күйде болған, ол күйге параметрлердің p_1, V_1, T_1 мәндері сәйкес келеді,

яғни газдың көлемі $V_1 = 1 \text{ м}^3$, ондағы жинақталған энергия мөлшері $\frac{Дж}{\text{м}^3}$, температурасы $T_1 \text{ К}$. Газдың 1-ші күйіне арналған (2A)-теңдеуі (p_1, V_1, T_1 параметрлердің өзара комбинациясы)

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = const \quad (3)$$

Газды сырттан жылу беру арқылы қыздырып, оны 2-ші күйге өткіземіз (газдағы процесс). 2-ші күйде газдың көлемі 2 есе артқан ($V_2 = 2V_1$), бірлік көлемде жинақталған энергия мөлшері 4 есе артқан ($p_2 = 4p_1$) ал температурасы 8 есе көтерілген ($T_2 = 8T_1$) болсын. 2-ші күй үшін (2A)-теңдеуі

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = const = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

түрде жазылады, яғни p, V, T параметрлерінің мәндері $V_2 = 2V_1$, $p_2 = 4p_1$, $T_2 = 8T_1$ болып

өзгергенімен, (2A)-теңдеуінің талабы бойынша олардың $\frac{p_2 V_2}{T_2}$ арақатынасы $\frac{p_1 V_1}{T_1}$ қатынасына тең болуы керек. Поршенге сырттан механикалық әсер жасап оны көтеру арқылы газдың 2-

ші күйін 3-ші күйге ауыстырамыз. 3-ші күйде газдың көлемі 4 есе артқан ($V_3 = 4V_1$), бірлік

көлемде жинақталған энергия мөлшері 16 есе кеміген ($p_3 = \frac{p_1}{16}$) ал температурасы 4 есе

төмендеген ($T_3 = \frac{T_1}{4}$) болсын. 3-ші күй үшін (2A)-теңдеуі

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = const = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

түрде жазылады, яғни p, V, T параметрлерінің мәндері $V_3 = 4V_1$, $p_3 = \frac{p_1}{16}$, $T_3 = \frac{T_1}{4}$ болып өзгергенімен, (2А)-теңдеуінің талабы бойынша олардың $\frac{p_3 V_3}{T_3}$ арақатынасы $\frac{p_1 V_1}{T_1}$ қатынасына тең болуы керек. Егер, 1-ші күйде тұрған газдың температурасын өзгертпей ($T_1 = const$), қалған p_1 және V_1 параметрлерін өзгертетін болсақ, онда газдағы процесс кезіндегі 2-ші және 3-ші күйлерінде газдың температурасы *бірдей* (грекше isos (изос)–бірдей, тең) болады, яғни ($T_2 = T_1, T_3 = T_1$). Температура энергияның көрсеткіші немесе ол энергия эквивалентінде жүретін болғандықтан, газдың әрбір күйлеріндегі энергия (жылуы, грекше therme (термос)–жылу, ыстық) бірдей болады. Сол себептен, идеал газдағы температура өзгермейтін процесс *изотермиялық* (isos therme–бірдей жылу, бірдей энергия) деп аталады. Изотермиялық процесс үшін (2В)-теңдеуі төмендегіше түрде жазылады:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_1} = const$$

немесе

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3 = const_1 (2C)$$

Бұл жерде $const \cdot T_1$ көбейтіндісі басқа бір санды ($const_1$) беретіндіктен, (2С)-теңдігі

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3 = const_1 (2Г)$$

(2В) немесе (2Г)-теңдіктері *Бойль–Мариотт заңы* немесе *изотермиялық процесстің теңдеуі* деп аталады. Бұл теңдіктер орындалуы үшін газдағы изотермиялық процесс кезінде P және V параметрлері бір-біріне кері пропорционалды түрде өзгеріп отыруы тиіс;

мысалы, P –ның 2 есе артуына ($2P$) V –ның 2 есе кемуі ($\frac{V}{2}$) сәйкес келеді және керісінше.

Алғашында газ 1-ші күйде болсын, ол күйге параметрлердің p_1, V_1, T_1 мәндері сәйкес келеді,

яғни газдың көлемі $V_1 = 1 \text{ м}^3$, ондағы жинақталған энергия мөлшері $p_1 \frac{Дж}{\text{м}^3}$, температурасы $T_1 \text{ К}$. Газдың 1-ші күйіне арналған (2А)-теңдеуі (p_1, V_1, T_1 параметрлердің өзара комбинациясы)

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = const$$

Газды сырттан жылу беру арқылы қыздырып, оны 2-ші күйге өткіземіз (изотермиялық

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

ұлғаю). 2-ші күйде газдың көлемі 2 есе артқан ($V_2 = 2V_1$), бірлік көлемде жинақталған

энергия мөлшері 2 есе кеміген ($p_2 = \frac{p_1}{2}$), ал температурасы 1-ші күйдегідей T_1 K (өзгеріссіз қалған) болсын. Газға жылу берілгенде оның температурасы көтеріледі деген тұжырым изотермиялық процеске тура келмейді. Себебі, берілген жылу жұмысқа айналып, газды қыздырудың орнына поршенді көтеруге жұмсалады. Жылудың механикалық жұмысқа айналуы термодинамика деп аталады. Себебі, механикалық жұмыс туралы механиканың динамика бөлімінде айтылады. Поршеннің көтерілуі нәтижесінде газға тағы бір жаңа бірлік

көлем қосылады да, алғашқы бірлік көлемдегі жинақталған $P_1 \frac{Дж}{м^3}$ энергия екіге бөлінуге тура келеді (пайда болған бірлік көлем энергиясыз қалып кетпеуі керек және бірлік көлемдердің температуралары бірдей болуы үшін тең жартысы беріліп, өзінде тең жартысы қалады). 2-ші күй үшін (2А)-теңдеуі

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = const = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

түрде жазылады, яғни p, V, T параметрлерінің мәндері $V_2 = 2V_1$, $p_2 = \frac{p_1}{2}$ болып

өзгергенімен, (2А)-теңдеуінің талабы бойынша олардың $\frac{p_2 V_2}{T_2}$ арақатынасы $\frac{p_1 V_1}{T_1}$ қатынасына тең болуы керек. 2-ші күйде тұрған газға тағы да сырттан жылу беру арқылы оны 3-ші күйге өткіземіз. Бұл күйде газдың көлемі 4 есе артқан ($V_3 = 4V_1$), бірлік көлемде жинақталған

энергия мөлшері 4 есе кеміген ($p_3 = \frac{p_1}{4}$) болсын, ал температурасы өзгермеген ($T_3 = T_1$). 3-ші күй үшін (2А)-теңдеуі

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = const = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

түрде жазылады, яғни p, V, T параметрлерінің мәндері $V_3 = 4V_1$, $p_3 = \frac{p_1}{4}$ болып өзгергенімен,

(2А)-теңдеуінің талабы бойынша олардың $\frac{p_3 V_3}{T_3}$ арақатынасы $\frac{p_1 V_1}{T_1}$ қатынасына тең болуы керек.

Егер, 1-ші күйде тұрған газдағы бірлік көлемдер санын өзгертпей ($V_1 = 3V_0 = const$) қалған p_1 және T_1 параметрлерді өзгертетін болсақ, онда процесс кезіндегі газдың 2-ші және 3-ші күйлерінде газдың көлемі бірдей болады, яғни ($V_2 = V_1, V_3 = V_1$). Идеал газдағы бұл процесс *изохоралық* деп аталады (грекше *chora*—кеңістік, алатын орны немесе *isoschora*—бірдей орын (кеңістік)). Изохоралық процесс үшін (2В)-теңдеуі төмендегіше түрде жазылады:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_1}{T_2} = \frac{p_3 V_1}{T_3} = const \quad (4)$$

немесе

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} = \frac{const}{V_1} \quad (4A)$$

Бұл жерде $\frac{const}{V_1}$ қатынасы басқа бір санды ($const_1$) беретіндіктен, (4A)-теңдігі

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} = const_1 \quad (4B)$$

Бұл теңдіктерден байқайтынымыз, газдың барлық күйлерінде $\frac{P}{T}$ қатынасының мәндері өзгеріссіз қалады екен. Ал ол үшін P және T параметрлері бір-біріне тура пропорционал түрде өзгеріп отыруы тиіс; мысалы, P –ның 2 есе артуына ($2P$) T –ның 2 есе артуы ($2T$) сәйкес келеді. (4) немесе (4B)-теңдіктері *Шарль заңы* немесе *изохоралық* процестің теңдеуі деп аталады.

1-ші күйде тұрған газдағы бірлік көлемдердің $P_1 \frac{Дж}{м^3}$ энергиясын өзгертпей қалған V_1 және T_1 параметрлерді өзгертейік. Бұл кезде газдың 2-ші және 3-ші күйлерінде көлем бірлігіндегі энергиялар бірдей болады, яғни ($P_2 = P_1, P_3 = P_1$). Идеал газдағы бұл процесс *изобаралық* деп аталады (грекше *baros*–салмақ, ауырлық немесе *isos baros*–бірдей салмақ). Бұл жерде P_1 –дің механикалық мағынасы туралы сөз болып отыр. Әдетте, P_1 –газдың қысымы деп аталып жүр, яғни газдың mg Ньютонға тең салмағының ауданы S $м^2$ ыдыс табанындағы әрбір $1 м^2$ бетке келетін үлесі:

$$P_1 = \frac{mg}{S}$$

Ал, термодинамика бөлімінде $Pa = \frac{Дж}{м^3}$ түрлендіруіне сәйкес P_1 –дің газдың бірлік көлемінде ($1 м^3$) жинақталған энергия мөлшері ретінде қарастырылады. Изобаралық процесс үшін (2B)-теңдеуі төмендегіше түрде жазылады:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_1 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_3}{T_3} = const \quad (5)$$

немесе

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \frac{const}{P_1} \quad (5A)$$

Бұл жерде $\frac{const}{P_1}$ қатынасы басқа бір санды ($const_1$) беретіндіктен, (5A)-теңдігі

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = const_1 \quad (5B)$$

Бұл теңдіктерден байқайтынымыз, газдың барлық күйлерінде $\frac{V}{T}$ қатынасының мәндері өзгеріссіз қалады екен. Ал ол үшін V және T параметрлері бір-біріне тура пропорционалды түрде өзгеріп отыруы тиіс; мысалы, V –ның 3 есе артуына ($3V$) T –ның 3 есе артуы ($3T$) сәйкес келеді. (5) немесе (5B)-теңдіктері *Гей–Люссак заңы* немесе *изобаралық процестің* теңдеуі деп аталады.

Идеал газдың құрылымдық бөліктерін молекула, моль, бірлік көлем және барлық газ ретімен қарастыру теориялық есептеу жүргізу үшін де және термодинамикалық тұрғыдан да тиімді екеніне көз жеткіздік. Газдағы процестерді қарастырған кезде молекулалық-кинетикалық теорияға қатысты шамаларды қатыстырмай-ақ пропорционалдық қатынастар арқылы сипаттамалық теңдеулерді көрсетіп отыруға болады екен. Изопроцестер жағдайында бұл тұрғыдағы шарттар жақсы іске асады. Мақалада келтірілген осы жағдайлар идеал газдың модельіне және ондағы процестердің ағымына өзгеше қырдан қарайтын математикалық негіздеме болып табылады. Күй параметрлерінің арасындағы байланыстарды сипаттайтын қатынастар газ күйлерінің әрбір кезеңдері үшін орындалатын сақталу заңдарына сәйкестендірілген.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Пиралишвили Ш.А. Молекулярная физика. Термодинамика. Изд-во Лань, 2022.–199 с.
- 2 Ходжамгулыев А., Атаева А. Определение термодинамики в физике. МНЖ «Вестник науки», №11, Т.2. с. 253–256.
- 3 Барсуков В.И., Дмитриев О.С. Молекулярная физика и начала термодинамики. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 128 с.
- 4 Романцова Н.Ф. Молекулярная физика и термодинамика. Красноярск: Сибир. фед.унив., 2021. – 85 с.
- 5 Кузнецов С.И. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика. Томск: ТПУ, 2013. – 413 с.
- 6 Бухарова, Г. Д. Молекулярная физика и термодинамика. М: Юрайт, 2023. – 221 с.
- 7 Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. М.: Наука, 1973. –215 с.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
8 Квасников И. Молекулярная физика. М.: Либроком, 2022. – 304 с.
9 Трофимова, Т. И. Курс физики. М.: Академия, 2007. – 560 с.
10 Зисман, Г. А. Курс общей физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика. Санкт-Пет.: Лань, 2023. – 340 с.

УДК 53

Егембердиева С.Ш., Кушкимбаева Б.Ж., Наметкулова Р.Ж., Кейкиманова М.Т.

Исследование зависимости положения дна подзоны размерного квантования от ширины ямы в двойной гетероструктуре n-типа GaSb – InAs – GaSb

¹Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати

²Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати

³Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати

⁴Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати

¹e-mail: s.egemberdieva@bk.ru

²e-mail: k.bibara@mail.ru

³e-mail: nametkulova65@mail.ru

⁴e-mail: merukey1970@mail.ru

Аннотация

Для определения уровня энергии размерного квантования в двойной гетероструктуре GaSb InAs GaSb, периодическое поле сверхрешетки рассматривается как прямоугольная потенциальная яма, в которой локализуются носители. В такой структуре дно зоны проводимости InAs лежит ниже потолка валентной зоны GaSb, что приводит к необходимости учета межзонного взаимодействия. Принимая двух зонную модель Кейна, решено уравнение движения носителя, из которого определены уровни энергии размерного квантования.

Ключевые слова: Гетероструктура, гетеропереход, эффективная масса, валентная зона, дырка, электрон, спектр, фотолюминесценция, гетерограница.

В последние годы интенсивно исследуются гетероструктуры с квантоворазмерными слоями, в которых проявляются целый ряд новых явлений, связанных с квантовыми свойствами электронов и дырок. Эти исследования представляют собой интерес для выяснения возможности создания светоизлучающих полупроводниковых приборов, работающих в инфракрасном диапазоне 2-5 мкм, который важен для спектроскопии смесей газов, локации в атмосферных окнах прозрачности в волоконнооптической связи. В полупроводниках системы A^3B^5 для этой цели могут быть использованы гетеропереходы InAs-GaSb (монокристаллы), а также гетеропереходы в системе твердых растворов InAs-GaSb. Эти полупроводниковые материалы могут образовать гетеропереходы II и III типа, что обусловлено тем, что дно зоны проводимости InAs лежит ниже потолка валентной зоны GaSb. Из-за малой эффективной массы носителей зарядов, условия для образования квантоворазмерных слоев в этой системе менее чувствительны к разности гетерограницы, чем например, в структурах GaAs-GaAlAs [1]. В данной работе приведены данные экспериментальных исследований спектров фотолюминесценции гетероструктуры GaSb-InAs-GaSb, снятые при различных температурах и различной толщине слоя InAs между слоями GaSb. При толщине слоя InAs в 10 Å, максимум излучения находится в пределах 600-680 мэВ. При увеличении толщины слоя до 30 Å, максимум излучения смещается в сторону меньших энергий и находится в пределах 250-300 мэВ. Наибольшая интенсивность излучения наблюдается в области длин волн 2,0-2,5 мкм, при толщине слоя 10-15 Å [1].

Исследованы спектры фотолюминесценции двойных гетероструктур GaSb-InAs-GaSb,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича выращенные методом молекулярно-пучковой эпитакции. Образцы изготавливались в виде сверхрешеток, имеющих 10 тонких слоев InAs, заключенных между слоями GaSb шириной 100Å. Толщина слоя InAs изменялась от образца к образцу в пределах от 10Å до 35Å.

В настоящей работе выясняется положение уровня энергии размерного квантования в двойной гетероструктуре II-типа GaSb - InAs - GaSb, в которой слой InAs, заключенный между слоями GaSb, имеет достаточно малую толщину. Слой InAs играет роль квантовой ямы для электронов, параметрами которой можно управлять, меняя толщину этого слоя.

Для определения положения уровня энергии размерного квантования, двойную гетероструктуру можно рассматривать как аналог прямоугольной потенциальной ямы, в которой локализуются носители зарядов. При этом необходимо учесть, что дно зоны проводимости InAs лежит ниже потолка валентной зоны GaSb. Это приводит к необходимости учитывать межзонное взаимодействие в GaSb. Простейший способ учета такого взаимодействия описать межзонное взаимодействие двух зонной модели Кейна. Чтобы взаимодействие, необходимо исходить из релятивистского уравнения Дирака. Поскольку v скорость электронов в кристалле мала по сравнению со скоростью света c , уравнение Дирака можно аппроксимировать нерелятивистским уравнением Паули, с учетом оператора спин-орбитального взаимодействия [2]:

$$\left\{ \frac{p^2}{2m} + U(r) + \frac{\hbar}{4m^2c^2} [\nabla U, p] \cdot \sigma \right\} \begin{pmatrix} \phi(r) \\ \chi(r) \end{pmatrix} = \varepsilon \begin{pmatrix} \phi(r) \\ \chi(r) \end{pmatrix} \quad (1)$$

где $U(r)$ - потенциал квантовой ямы, образованной тонким слоем InAs, $\phi(r)$ и $\chi(r)$ - волновые функции электронов и дырок в зоне проводимости и в валентной зоне GaSb, σ -вектор-оператор, три компоненты которого спиновые матрицы Паули. При этом волновые функции $\phi(r)$ и $\chi(r)$ рассматриваются как двухкомпонентные спиноры. Ось Oz направим перпендикулярно слоям гетероструктуры. Тогда функцию $U(r)$ можно представить в виде прямоугольной потенциальной ямы.

$$U_{1,2}(z) = \begin{cases} 0, & z \notin (-a, a) \\ -V_{1,2}, & z \in [-a, a] \end{cases} \quad (2)$$

где V_1, V_2 - соответственно потенциальные энергии электронов и дырок, $2a$ - ширина потенциальной ямы. Введем обозначение $\frac{\hbar}{4m^2c^2} = S$, а также учитывая, что

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}; \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}; \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\frac{p^2}{2m_e} \phi = \varepsilon_c(k) \phi; \quad \frac{p^2}{2m_h} \chi = \varepsilon_v(k) \chi,$$

$$S[\nabla U, p] \cdot \sigma = S \left[\frac{dU}{dz}, p_p \right] \cdot \sigma = S \frac{dU}{dz} (-p_y \sigma_x + p_x \sigma_y)$$

$$\sigma_x \begin{pmatrix} \phi \\ \chi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \chi \\ \phi \end{pmatrix}, \quad \sigma_y \begin{pmatrix} \phi \\ \chi \end{pmatrix} = i \begin{pmatrix} -\chi \\ \phi \end{pmatrix}$$

перепишем уравнение (1) в виде системы

$$\begin{cases} (\varepsilon - \varepsilon_c - U_1) \phi + S \frac{dU_1}{dz} (p_y + ip_x) \chi = 0 \\ S \frac{dU_2}{dz} (p_y - ip_x) \phi + (\varepsilon + \varepsilon_v - U_2) \chi = 0 \end{cases} \quad (3)$$

где ε - энергия частицы, S - параметр аналогичной скорости света в уравнении Дирака. В этой модели считается, что масса электрона равна массе легкой дырки, тяжелая дырка не учитывается.

Разложим функции $\phi(r)$ и $\chi(r)$ в интегралы Фурье:

$$\phi(r) = \frac{1}{8\pi^3} \int \Phi(k) e^{ikr} dk;$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$x(r) = \frac{1}{8\pi^3} \int \Phi(k) e^{ikr} dk.$$

Подставляя последние выражения в уравнения (3) и умножая обе части этих уравнений на функцию $e^{-ik'r}$, проинтегрируем по всему объему, учитывая нормировку волновых функций. При этом члены, содержащие $(\varepsilon - \varepsilon_c)$ и $(\varepsilon + \varepsilon_v)$, преобразуются следующим образом:

$$\begin{aligned} \int_r dr \cdot e^{ik'r} (\varepsilon - \varepsilon_c) \frac{1}{8\pi^3} \int_k dk \cdot \Phi(k) e^{ikr} &= \int_k dk \cdot \Phi(k) (\varepsilon - \varepsilon_c) \frac{1}{8\pi^3} \int_r dr \cdot e^{i(k-k')r} = \\ &= \int_k dk \cdot (\varepsilon - \varepsilon_c) \cdot \Phi(k) \delta(k - k') = (\varepsilon - \varepsilon_c) \Phi(k'), \end{aligned} \quad (4)$$

аналогично

$$\int_r dr \cdot e^{ik'r} (\varepsilon + \varepsilon_v) \frac{1}{8\pi^3} \int_k dk \cdot X(k) e^{ikr} = (\varepsilon + \varepsilon_v) X(k'). \quad (5)$$

Члены, содержащие $U(z)$ преобразуются следующим образом.

$$\begin{aligned} \int_r dr \cdot e^{ik'r} U_1(z) \frac{1}{8\pi^3} \int_k dk \cdot \Phi(k) e^{ikr} &= \int_k dk \cdot \Phi(k) \frac{1}{8\pi^3} \int_r dr \cdot U_1(z) e^{i(k-k')r} = \\ &= - \int_k dk \cdot \Phi(k) \delta(k_p - k'_p) \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{-a}^{+a} dz \cdot U_1 e^{i(k_z - k'_z)z} = - \int_k dk \cdot \Phi(k) \delta(k_p - k'_p) \cdot V_1 \\ &\quad \cdot \frac{\sin[(k_z - k'_z)a]}{(k_z - k'_z)a} = -V \cdot \Phi(k'), \end{aligned} \quad (6)$$

где k_p – проекция волнового вектора на плоскость слоев гетероструктуры. При этом, учитывая, что ширина ямы $a \approx 0$, волновой пакет в виде дроби $\frac{\sin[(k_z - k'_z)a]}{(k_z - k'_z)a} \approx 1$ заменили на ее максимальное значение.

Аналогично

$$\int_r dr \cdot e^{ik'r} U_2(z) \frac{1}{8\pi^3} \int_k dk \cdot X(k) e^{ikr} = -V_2 \cdot X(k'). \quad (7)$$

При интегрировании членов содержащих производную от потенциальной энергии (2), последнюю можно заменить на δ -функцию

$$\frac{dU}{dz} = V_{1,2} [-\sigma(z + a) + \delta(z - a)].$$

Тогда имеем:

$$\begin{aligned} S \int_r e^{ik'r} \frac{dU_1}{dz} dr \cdot \frac{1}{8\pi^3} \int_k X(k) (p_y + ip_x) e^{ikr} dk &= S\hbar \int_k X(k) (k_y + ik_x) dk \times \\ &\times \frac{1}{8\pi^3} \int_r dr \cdot e^{i(k-k')r} \frac{dU_1}{dz} = S\hbar \int_k dk \cdot X(k) (k_y + ik_x) \cdot \delta(k_p - ik'_p) \times \\ &\times \frac{V_1}{2\pi} \int_{-a}^a [\delta(z - a) - \delta(z + a)] e^{i(k_z - k'_z)z} dz = \\ &= S\hbar \int_k X(k) (k_y + ik_x) \cdot \delta(k_p - ik'_p) \cdot \frac{i}{\pi} V_1 \sin[(k_z - k'_z)a] dk = \\ &= -i\hbar S V_1 (k'_x - ik'_y) \cdot \frac{1}{\pi} \int_{k_z} X(k'_p, k_z) (k_z - k'_z) a dk_z = \\ &= i\hbar S V_1 \frac{a}{\pi} (k'_x - ik'_y) C(k'_z) \cdot X(k'). \end{aligned} \quad (8)$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Где $C(k'_z)$ оставшаяся часть интеграла по k_z . Аналогично

$$S \int_r dr \cdot e^{ik'r} \frac{dU_2}{dz} \cdot \frac{1}{8\pi^3} \int_k dk \Phi(k) (\hat{p}_y - i\hat{p}_x) e^{ikr} = -i\hbar S V_2 \frac{a}{\pi} (k'_x + ik'_y) C(k'_z) \Phi(k') \quad (9)$$

Учитывая выражения (4) – (9), после несложных преобразований получим уравнения для Фурье-образов.

$$\begin{cases} (\varepsilon - \varepsilon_c + V_1)\Phi - i\frac{\hbar S}{\pi} a C V_1 (k_x - ik_y) X = 0 \\ -i\frac{\hbar S}{\pi} a C V_2 (k_x + ik_y)\Phi + (\varepsilon + \varepsilon_v + V_2)X = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Приравнявая к нулю определитель этой системы, получаем дисперсионное уравнение для $\varepsilon(k)$:

$$\begin{vmatrix} (\varepsilon - \varepsilon_c(k) + V_1) - i\frac{\hbar S}{\pi} a C V_1 (k_x - ik_y) \\ -i\frac{\hbar S}{\pi} a C V_2 (k_x + ik_y) (\varepsilon - \varepsilon_c(k) + V_1) \end{vmatrix} = 0. \quad (11)$$

Данное уравнение определяет положение уровня энергии размерного квантования от толщины слоя. Обозначим безразмерный множитель $\frac{\hbar S}{\pi} C = D$ и раскроем данный определитель:

$$\varepsilon^2 - (E_g(k) - V_1 - V_2)\varepsilon + (-\varepsilon_c \varepsilon_v - \varepsilon_c V_2 + \varepsilon_v V_1 + V_1 V_2 - D^2 a^2 k_p^2 V_1 V_2) = 0, \quad (12)$$

где введено обозначение

$$E_g(k) = \varepsilon_c(k') - \varepsilon_v(k') = E_g + \frac{\hbar^2 k^2}{2m},$$

E_g – ширина запрещенной зоны, m – приведенная масса электронов и дырок.

При $a=0$, т.е. потенциале нулевого радиуса, дисперсионное уравнение (11) дает два уровня энергии, отдельно для электронов и дырок.

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \varepsilon_c(k) - V_1; \\ \varepsilon_2 &= -\varepsilon_v(k) - V_2. \end{aligned}$$

Чтобы оценить зависимость уровня энергии размерного квантования от толщины слоя, необходимо решить уравнение (12). Для этого перепишем его в упрощенной форме.

$$\varepsilon^2 - A\varepsilon + (B - D^2 a^2 V_1 V_2 k_p^2) = 0. \quad (13)$$

Откуда находим

$$\varepsilon_{1,2}(a) = \frac{1}{2} A \pm \frac{1}{2} \sqrt{A^2 - 4(B - D^2 a^2 V_1 V_2 k_p^2)} \quad (14)$$

Поскольку потенциалы V_1 и V_2 имеют одинаковые знаки, подкоренное выражение является положительной величиной. Поэтому дисперсионное уравнение имеет действительные корни. Если перед корнем оставить знак минус, то получаем что с ростом толщины слоя уровень энергии размерного квантования понижается, что соответствует экспериментальным наблюдениям.

При $a=0$, уровень энергии имеет максимальное значение, равное 800 мэВ. Этого можно добиться положив $A^2 = 4B$. Сравнивая значение (14) с экспериментов, можно оценить численные значения подгоночных параметров B и D .

Литература

1. Куренкеев Т.Б, Куренкей Б.Т. Обратное влияние лазерного излучения на двухуровневую квантовую систему. //Изв. МОН и АН РК. Сер. Физ. 2004. № 2. – С. 64-67.
2. Нелинейные электромагнитные волны. Под ред. П. Усленги. М. «Мир», 1993.

A.K.Zhussanbayeva

NUMERICAL STUDY OF CONVECTIVE FORMATIONS IN ISOTHERMAL THREE-COMPONENT VAPOR-GAS SYSTEMS

Kazakh National Pedagogical university, Almaty, Kazakhstan

Abstract

Transition from diffusive regime to convective one in an isothermal ternary vapor-gas mixture of nitrogen - carbon dioxide water vapor has been numerically researched. It is shown, that due to difference of diffusion coefficients of components in the system nonmonotonic isoconcentration distributions of components arise, which can be cause of convective instability.

Evaporation and condensation are widely spread in nature and technological processes. Therefore, the information on the peculiarities of mass transfer in the presence of these effects is relevant. It is known that, in a stationary liquid-vapor-gas mixture system, the transfer of the formed vapor to the gas medium occurs mainly as a result of molecular diffusion [1,2]. However, in multicomponent mixtures, other mixing mechanisms can also occur. Experimental studies carried out in [3] have shown that when vaporizing a binary vapor-gas mixture into an inert gas having an intermediate value of molecular weight among the mixture components, combined mixing is observed, which emerges a synergistic increase in the mixing rate. Such mixing is not typical for diffusion.

Therefore, the purpose of this work was to numerically investigate the features of mass transfer at the interface "diffusion - convection" in a ternary mixture of hydrogen - carbon dioxide - nitrogen in a rectangular chamber at normal pressure and room temperature, to obtain isoconcentration distributions of the mixture components and to verify the calculated results with experimental data.

Numerical study of diffusive and convective mixing in a multicomponent vapor-gas mixture for a system with the initial composition of $N_2(3) - 0,34 H_2(1) + 0,66 CO_2(2)$ will be carried out on the basis of the calculation algorithm given in [4], which has shown its reliability in studying the features of mass transfer in systems composed of inert gases. Hereinafter, we will assume that the numbers in front of the chemical elements correspond to the concentration of components in the mixture, and the numbers in parentheses define the numbering of the gases under study. According to [5], the description of triple diffusion in isothermal gas mixtures includes the equations of diffusion, motion and continuity written in the Oberbeck-Boussinesq approximation [6]. Finally, under the condition of independent diffusion $\sum_{i=1}^3 j_i = 0$ and $\sum_{i=1}^3 c_i = 1$, system of hydrodynamic equations takes the form:

$$\rho \left[\frac{\partial u}{\partial t} + (u \nabla u) \right] = -\nabla p + \eta \nabla^2 u \left(\frac{\eta}{3} + \xi \right) \nabla \div u + \rho g,$$
$$\frac{\partial n}{\partial t} + (nv) = 0, \frac{\partial c_i}{\partial t} + v \nabla c_i = -\text{div} j_i, (1)$$
$$j_1 = -(D_{11} \nabla c_1 + D_{12} \nabla c_2), j_2 = -(D_{21} \nabla c_1 + D_{22} \nabla c_2),$$
$$\rho = \rho(c_1, c_2, p), T = \text{const},$$

where $u = \frac{\rho_1 u_1 + \rho_2 u_2 + \rho_3 u_3}{\rho}$ – average mass velocity, $v = (n|1u_1 + n_2 u_2 + n_3 u_3)/n$ – average speed, c_i – i -component concentration, D_{ij} – practical diffusion coefficients, p – pressure, ρ – mixture density, g – gravity acceleration, η, ξ – shear and bulk viscosity coefficients,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

j_i –diffusion flux density of i -component.

Relation of practical diffusion coefficients D_{ij} with coefficients of mutual diffusion D_{ij} [7] has the form:

$$\begin{aligned} D_{11} &= \frac{D_{13}[c_1 D_{32} + (c_2 + c_3) D_{12}]}{D}, \quad D_{12} = \frac{c_1 D_{23} + (D_{12} + D_{13})}{D}, \\ D_{22} &= \frac{D_{23}[c_2 D_{13} + (c_1 + c_2) D_{12}]}{D}, \quad D_{21} = \frac{c_2 D_{13} + (D_{12} + D_{23})}{D}, \\ D &= c_1 D_{23} + c_2 D_{13} + c_3 D_{12}. \end{aligned}$$

Applying the method of small perturbations [4], considering smallness of nonstationary perturbations of mechanical equilibrium, as well as neglecting the quadratic terms in (1), after number of transformations we obtain perturbed system of equations:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{-1}{\rho_0} \nabla p + \nu \nabla^2 u + g(\beta_1 c_1 + \beta_2 c_2) \gamma,$$

$$\frac{\partial c_1}{\partial t} + \nu \nabla \langle c_1 \rangle = D_{11} \nabla^2 c_1 + D_{12} \nabla^2 c_2, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_2}{\partial t} + \nu \nabla \langle c_2 \rangle &= D_{21} \nabla^2 c_1 + D_{22} \nabla^2 c_2, \\ \nu &= 0 \end{aligned}$$

where

β_i –coefficient which characterizing dependence of gas mixture density on the concentration of i – th component, γ – unit vector, ν – kinematic viscosity coefficient, ρ_0 –average density of mixture.

Let's resize system of equations (2) with respect to given scales: characteristic linear size of the cubic cavity – H , times – H^2/ν , velocity – D_{22}^*/H , concentration of i – th component – $A_i H$, pressures – $\rho_0 \nu D_{22}^*/H^2$.

$$\frac{\partial c_1}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} u \nabla c_1 = \frac{1}{Pr_{11}} \Delta c_1 + \frac{1}{Pr_{22}} \tau_{12} \Delta c_2,$$

$$\frac{\partial c_2}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \nu \nabla c_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{1}{Pr_{22}} \tau_{21} \Delta c_1 + \frac{1}{Pr_{22}} \Delta c_2, \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \nabla(u \cdot u) = -\nabla p + \Delta u + (Ra_1 \tau_{11} c_1 + Ra_2 c_2) \gamma,$$

$$u = 0$$

The similarity criteria in system (3) are: $Ra_i = g \beta_i A_i H^4 / D_{ii} \nu$ –partial Rayleigh number,

$Pr = \frac{\nu}{\chi}$ –Prandtl number, A_i –dimensionless initial concentration gradient of the i -th component,

$\tau_{ij} = D_{ij} / D_{22}$ –parameters determining the relation between practical diffusion coefficients.

In the experiments [3], the vapor-gas mixture is mixed in a cubic chamber. An inert gas (N_2) with molecular weight $M_3 = 28 \text{ g/mole}$, is placed at the top of the chamber, and a vapor-gas mixture of water vapor $M_1 = 2,016 \text{ g/mole}$, and carbon dioxide $M_2 = 44 \text{ g/mole}$ at the bottom. To register isoconcentration lines characterizing the occurrence and development of convection, calculations were carried out in a two-dimensional area of a rectangular cross-section in Cartesian coordinate systems, with characteristic dimensions X_1 and X_2 (Fig. 1). To register isoconcentration lines characterizing the occurrence and development of convection, calculations were performed in a dimensionless grid (size 128×128 cells).

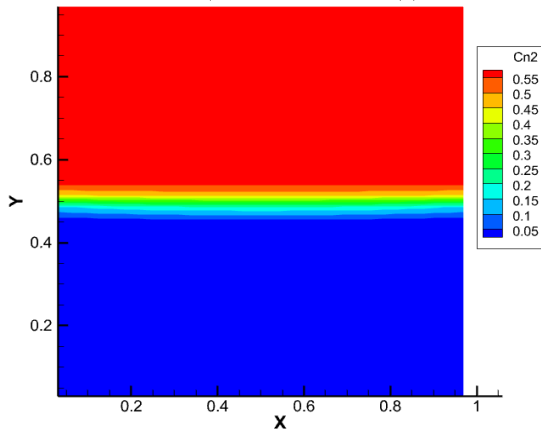


Figure 1. Initial conditions for placing a three-component mixture in a diffusion channel

In [4], a physical parameter splitting scheme [8,9] was shown for the numerical solution of equation (3), which occurs several steps. The first stage assumed that the motion quantity transfer is carried out only by convection and diffusion, which allows us to determine the intermediate velocity field. At the second stage, the intermediate velocity field is used to determine the pressure field using the Fourier method. In the third step, the transport is only due to pressure gradient, and the velocity field is recalculated. In the fourth step, the concentration of the mixture components is calculated based on the three-point run method. Approach proposed in [4] was applied to describe the mixing in the system $N_2(3) - 0,34 H_2(1) + 0,66 CO_2(2)$, and was experimentally described in [3]. The initial mixing conditions are shown in Table 1. Here, $n = (n_1, n_2)$ is the external normal to the boundary of the computational domain, x_B – the boundaries of the computational domain.

Table 1. Initial and boundary conditions

Initial conditions

$$u(x, \tau = 0) = 0$$

$$c_1(x, \tau = 0)_{x \in S_2} = 0,35$$

$$c_2(x, \tau = 0)_{x \in S_2} = 0,65$$

$$c_3(x, \tau = 0)_{x \in S_1} = 1$$

Boundary conditions

$$u(x_B, \tau) = 0,$$

$$\frac{\partial c_i}{\partial n} \Big|_{(x,r)} = 0, i = 1 - 3$$

Figures 2 show the results characterizing diffusive and convective mixing for the system $N_2(3) - 0,34 H_2(1) + 0,66 CO_2(2)$ at constant pressure $p \approx 0,1$ MPa at different points in time. In calculations corresponding to the temperature $T=298$ K and pressure $p=0,1$ MPa, the following coefficients of mutual diffusion of components were used:

$$D_{CO} = 0.1486 \cdot 10^{-4} m^2 s^{-1}, D_{CO} = 0.5714 \cdot 10^{-4} m^2 s^{-1}, D_N = 0.3565 \cdot 10^{-4} m^2 s^{-1}.$$

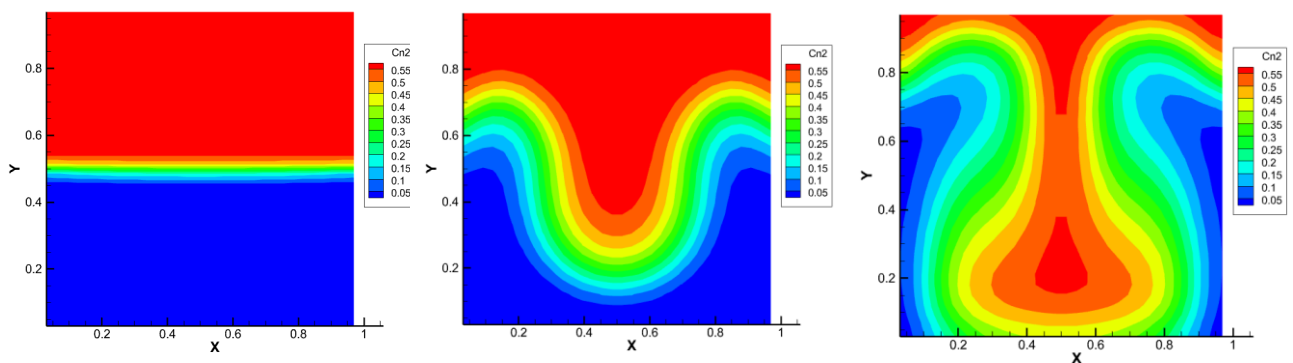


Figure 2. Carbon dioxide isoconcentration lines for a three-component system $N_2(3) - 0,34 H_2(1) + 0,66 CO_2(2)$ at $p = 0,1$ MPa, $T = 298$ K. Characteristic mixing times: $t = 5,6$ s (a), $8,67$ s (b), $13,8$ s (c)

Figures 2a to 2c show the isoconcentration lines of carbon dioxide at different mixing times. Let's pay attention to characteristic features of mixing. At the initial stage of mixing isoconcentration lines of carbon dioxide are practically monotonic, which indicates existence of diffusion type of mixing. Further increase of time leads to the appearance of nonlinearities (Fig.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

2b), convective currents of different nature are formed. In the center of the chamber, nitrogen-enriched current is formed, which, reaching the bottom of the chamber, displaces water vapor and carbon dioxide, forming wall currents. With further increase of mixing time the mixing becomes more intensive (Fig. 2 c.). The numerical results obtained show that in the system nitrogen - water vapor - carbon dioxide, conditions leading to the convective currents observed in the experiment can occur [3]. The time during which the regime change occurs is estimated to be a few seconds, which is also consistent with the results in [3].

Thus, this model for studying isothermal transport in three-component vapor-gas mixtures allow to determine the change of modes "diffusion-concentration gravitational convection". The main sign of the transition from the diffusion mode to the convection mode is the appearance of nonlinear isoconcentration lines due to a significant difference in the mutual diffusion coefficients of the components. For the nitrogen-water vapor-carbon dioxide mixture, the stability loss time, which is several seconds, is estimated.

The work was supported by grant from the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan AP09259248.

References

- 1 Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики: механика и молекулярная физика [3-е изд.] – Москва. Добросвет: Изд-во КДУ, 2011. - 338 с.
- 2 Франк-Каменецкий Д.А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике // Издательский дом Интеллект, 2008. 408 с.
- 3 Липатов Д.А. Динамика нестационарного испарения в условиях естественной конвекции в газовой фазе - Дисс.к соиск. канд. тех. наук. Москва. 2006. 163 с.
- 4 В.Н. Косов, О.В. Федоренко, Д.Б. Жакебаев, А.П. Кизбаев Особенности возникновения структурированных формирований на границе смены режимов «диффузия–концентрационная конвекция» при изотермическом смешении бинарной смеси, в равной степени разбавленной третьим компонентом // Теплофизика и аэромеханика. – 2019. – Т. 26, № 1. С. 31-40.
- 5 Косов В.Н., Селезнев В.Д., Жаврин Ю.И. О диффузионной неустойчивости в изотермических трехкомпонентных газовых смесях // Теплофизика и аэромеханика. 2000. Т. 7, № 1. С. 127–135.
- 6 Gershuni G.Z., Zhukhovitskii E.M. Convective Stability of Incompressible Fluids. – Jerusalem, Israel: Keter Publishing House, 1976. – 392 p.
- 7 Bird B.R., Stewart W.E., Lightfoot E.V. Transport phenomenon. N. Y.: John Wiley and Sons, Inc., 2002. 914 p.
- 8 Полежаев В.И., Буня А.В., Везуб Н.А., Глушко Г.С., Грязнов В.Л., Дубовик К.Г. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье–Стокса. М.: Наука, 1987. 274 с.
- 9 Navon M. Pent: a periodic penta-diagonal systems solver // Communications in Applied Numerical Methods. 1987. Vol. 3, No. 1. P. 63–69.

УДК 53

А.Ж. Рахымбеков

КИСЛОРОДНО-ИОННЫЙ ТОК СУПЕРИОНИКА

*Жетысуский Государственный университет им. И. Жансугурова, г.Талдыкорган.
rahim_tal@mail.ru*

Аннотация

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Статья исследует особенность твердого суперионного проводника, который способен проводить только ионы кислорода при высоких температурах и под воздействием постоянного электрического поля. В ней отмечается, что существующие методы определения кислорода в полупроводниках не соответствуют современным требованиям. Подчеркивается актуальность поиска новых методов для измерения содержания кислорода в полупроводниковых материалах и возможности использования феноменологических свойств твердого оксидного суперионного проводника на основе диоксида циркония для решения этой проблемы. Также описываются широкие принципиальные возможности твердоэлектролитных датчиков с кислородно-ион проводящим оксидным электролитом на основе стабилизированного диоксида циркония, которые могут использоваться для измерения парциального давления кислорода в газовых средах с различным диапазоном значений, от нескольких десятков атмосфер до 10^{-26} атмосфер. Также приводятся различные варианты формы и технологии изготовления электролита в зависимости от конкретных задач.

Ключевые слова: феноменологическое, суперионный, проводник, ток, электрический, ионный, концентрация, кислород, парциальное, давление, метод, электрод.

Кислородно-ионный ток суперионики - это термин, который относится к передвижению ионов кислорода в твердом состоянии. В таких материалах ионы кислорода могут двигаться, играя важную роль в проводимости электричества или реакциях, связанных с кислородом. Это явление часто встречается в твердых оксидных материалах, таких как диоксид циркония, и может быть использовано в различных приложениях, включая твердоэлектролитные датчики и высокотемпературные электрохимические устройства[1].

В полупроводниках кислород может присутствовать как неконтролируемая примесь, легирующая добавка или в составе соединения. Его влияние на свойства полупроводников определяется количеством и состоянием примесей или составом оксидного соединения. Например, в кремнии кислород поступает из кварцевого тигля при выращивании и, хотя является электронейтральной примесью, может участвовать в образовании термодоноров, влияя на свойства кремния в зависимости от условий термообработки.

В GaAs кислород действует как глубокая донорная примесь, отрицательно влияя на характеристики. Однако в процессе выращивания GaAs кислород добавляют в камеру, чтобы предотвратить диссоциацию материала кварцевой ампулы и избежать загрязнения GaAs кремнием[2].

Для оксидных полупроводников понятие "содержание кислорода" связано с наличием нескольких оксидов у металлов переменной валентности и с отклонением от стехиометрии, что сильно влияет на их свойства. Синтез таких материалов особенно чувствителен к содержанию кислорода в атмосфере технологической камеры.

Кислород в тугоплавких оксидных полупроводниках обычно определяют методом вакуумного плавления, который, к сожалению, не обладает высокой чувствительностью. Для элементарных и бинарных полупроводников часто используют метод инфракрасной спектроскопии, который имеет чувствительность на уровне $3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Однако литиевый метод определения кислорода гораздо более чувствителен, так как реагирует с кислородом, вовлеченным в реакцию с литием. Недавно разработанный активационный метод обладает еще большей чувствительностью, достигая уровня $8 \cdot 10^{15} - 1,4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Эти методы, однако, довольно сложны в применении.

Существующие методы определения кислорода в полупроводниках не соответствуют современным требованиям технологии. Поэтому сегодня активно ведутся исследования новых методов дозирования и определения содержания кислорода в полупроводниковых материалах.

В этом контексте особенно перспективны материалы на основе оксидов IV группы элементов, такие как примесные твердые оксидные ионные проводники (ТОИП), также

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича известные как высокотемпературные или твердые оксидные электролиты. Они обладают уникальной способностью к передаче ионов кислорода в широком диапазоне температур и парциальных давлений кислорода. Высокотемпературную кубическую модификацию диоксида циркония ZrO_2 стабилизируют добавлением катионов меньшей валентности, что компенсирует недостаток заряда, а активные вакансии обеспечивают перенос анионов кислорода O^{2-}

Твердый раствор $ZrO_2 + 12 \text{ мол. \% CaO}$ при $T = 1000^\circ\text{C}$ имеет удельную электропроводность $\sigma = 5,5 \cdot 10^{-2} (\text{Ом см})^{-1}$ и сохраняет ионную долю электропроводности $t_u \geq 0,99$ вплоть до парциального давления кислорода $P = 10^{-20}$ атм. При меньших давлениях P , часть кислорода покидает решетку, заряд компенсируется электронами, растет электронная составляющая проводимости, материал электролита деградирует «восстанавливается» [3].

На электродах перегордки из такого материала, разделяющий объемы с $P' > P_x$, существует электродвижущая сила (ЭДС) E :

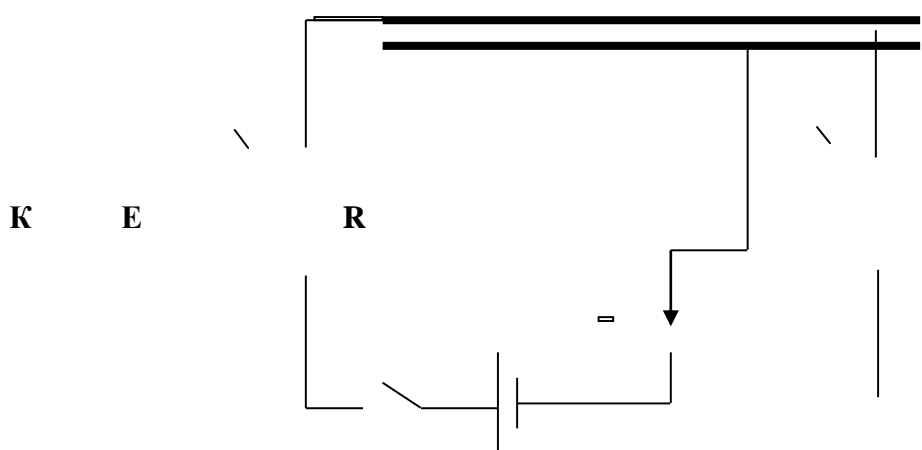
$$E = RT/4F \cdot \ln P'/P_x \quad (1)$$

(здесь R - универсальная газовая постоянная, F – число Фарадея, T -температура окружающей среды, P' -парциальное давление кислорода в окружающей атмосфере равно $0,21 \cdot 10^5$ Па, P_x –искомое давление кислорода). Это явление используют в топливных элементах, термодинамических исследованиях, газовом анализе[4].

Пропуская через такую перегордку ток от внешнего источника, дозируют кислород в одном из объемов. В этом состоит принцип кислородного насоса. В случае дозирования кислорода в газовом потоке (рис.1) перегордкой служит стенка трубки, которая с одной парой электродов образует качающуюся КС, с другой – измерительную секцию (КС и ИС). По трубке со скоростью ϑ пропускают инертный газ с концентрацией кислорода P^1 . Значение P на выходе кислородного насоса (КН) зависит от величины тока I в цепи КС:

$$I = RT/r4F \cdot \ln P'/P_x \quad (2)$$

где r – сопротивление перегордки или стенки трубки кислородного насоса.



К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Рис.1. Принципиальная схема кислородного насоса на основе твердого оксидного суперионного проводника

Определяют P_0 по величине E , измеряемой на электродах измерительной секции ИС:

$$-4FE \frac{RT}{P_0}$$

$$P_0 = P^1 \exp \left(\frac{4FE}{RT} \right)$$

(здесь P^1 – концентрация, или парциальное давление кислорода вне трубки равно $0.21 \cdot 10^5$ Па).

Создание твердоэлектролитных датчиков на основе твердых оксидных суперионных проводников и систем контроля и автоматизации является одним из наиболее динамично развивающихся направлений в области прикладной физики твердого тела. На сегодняшний день в этом направлении достигнуты значительные практические результаты. Твердоэлектролитные датчики успешно конкурируют с другими типами первичных преобразователей и находят все более широкое применение в практике. Это обусловлено их множеством преимуществ, которые позволяют решать задачи, недоступные для других средств. Наиболее распространены два типа датчиков: потенциометрические и кулонометрические. Однако появляются и другие типы датчиков, основанные на различных принципах работы. До недавнего времени основное внимание ученых и инженеров было сосредоточено на высокотемпературных датчиках с оксидным электролитом, предназначенных для измерения содержания кислорода или кислородного потенциала в газовых и жидких средах, а также для измерения кислородного коэффициента твердых оксидов переменного состава. Однако в последние годы определенный успех достигнут и в создании датчиков с использованием других типов электролитов, таких как галогенидные (для измерения фтора, хлора и т.д.), протонпроводящие (для измерения водорода) и другие катионпроводящие электролиты (для измерения серы, азота и т.д.). Твердоэлектролитные датчики обладают широким спектром возможностей. Например, датчики с кислородпроводящим оксидным электролитом типа стабилизированного диоксида циркония позволяют измерять парциальное давление кислорода в газовых средах в широком диапазоне, от нескольких десятков атмосфер до 10^{-26} атмосфер [5].

Однако при практическом использовании датчиков необходимо учитывать, что ошибки измерений зависят от реальных условий эксплуатации датчика, таких как концентрация примесей, температура и другие. Для потенциометрических датчиков особое внимание следует уделить созданию условий для равновесия на электродах и возможности диффузии компонентов в электролите. Конструктивно датчики реализуются в различных вариантах в зависимости от конкретных задач, формы и технологии изготовления электролита. Существует несколько основных групп конструкций, таких как датчики с электролитом в виде трубки, пробирки с таблеточным электролитом, датчики с керамическим электролитом и другие. Применение твердоэлектролитных датчиков охватывает множество областей, таких как контроль процессов горения топлива, автоматизация сжигания топлива в автомобилях, контроль кислородного потенциала в печах с защитной атмосферой, контроль углеродного потенциала в печах для обработки металлов, контроль содержания примесного кислорода в газах и жидкостях, контроль содержания кислорода в различных металлах и сплавах, контроль содержания кислорода в токсичных газах и других газовых смесях, а также контроль содержания водорода в газовых смесях.

Список использованной литературы:

- 1.Беляев А.И., (1999) Физико-химические основы очистки металлов и полупроводниковых материалов Москва: 253
- 2.Рахымбеков А.Ж., и др., Электрохимическое регулирование концентрации кислорода суперионом, For attending the VII international scientific-practical journal «Global science and

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича innovations 2019: Central Asia», Kazakhstan, NUR-SULTAN 2019, 25-28 september, p.3-5.
3. Тимошенко Н.Е., (1981) керамического насоса в буферных газав. 17(вып.10):1437-1443
4. Укше Е.А., Букун Н.Г. (2001) Твердые электролиты:250
5. Шефер Г., (2001) Химические транспортные реакции, М.: Мир:194

ӘОЖ 621.01

Е.К. Жаменкеев
ИНТІРЕКТІ ПОРШЕНДІ СУСОРҒЫСЫНЫҢ НЕГІЗГІ
КИНЕМАТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АЛУ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ.
e-mail:jamenkeev@mail.ru,

Аңдатпа

Бұл мақалада қос иінді поршенді сусорғылардың негізгі сипаттамалары және бөгетсіз сутурбинасын поршенді сусорғының жетегі ретінде қолдану қарастырылып оның негізгі кинематикалық параметрлерін алу қарастырылды.

Тірек сөздер: сутурбинасы, қос иін, поршень, бөгетсіз, сусорғы.

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные характеристики кривошипно-поршневых насосов и применение безплотинной гидротурбины в качестве привода поршневого насоса.

Ключевые слова : гидротурбина, кривошип, поршень, безплотинный.

Annotation

This article discusses the main characteristics of crank-piston pumps and the use of dam less hydraulic turbines as a piston pump drive.

Keywords: hydraulic turbine, crank, piston, dam less.

Өзен жағалауларына жақын орналасқан шалғайдағы көптеген елді мекендерді, суармалы жерлерді сумен қамтамасыз ету үшін сусорғылардың бірнеше түрлері қолданылады. Мұндай сусорғыларының жетегі ретінде көп жағдайда электрқозғалтқыштар немесе іштен жану қозғалтқыштары қолданылады. Бұл экономикалық және экологиялық жағынан тиімсіз. Бұл мәселенің шешімі сусорғылардың жетегі ретінде бөгетсіз сутурбиналарын пайдалану болар еді.

Бұл мақалада поршенді сусорғылардың негізгі сипаттамалары және бөгетсіз сутурбинасын поршенді сусорғының жетегі ретінде қолдану қарастырылады.

Қос иінді поршенді сусорғылар - қозғалтқыштың механикалық энергиясын ығыстырушы сұйықтың гидравликалық энергиясына түрлендіру, цилиндрдің ішінде қайтымды-іргелілемелі қозғалыс жасайтын, ығыстырғыштың (поршень немесе плунжердің) көмегімен жүзеге асатын гидравликалық машина болып табылады.

Қос иінді поршенді сусорғының жұмысы бірнеше параметрлермен сипатталады. Соның ішінде негізгілері мыналар; беріліс, ағын күші, қуат, пайдалы әсер коэффициенті (п.ә.к.) және сорудың мүмкін вакуумметриялық биіктігі.

Жұмыс істейтін желі кедергісін еңсеру үшін сорғы жасайтын ағын күші H (м) келесі формуламен есептеуге болады:

$$H = (p_b - p_0)/(\rho g) + H_{\Gamma} + h_{B.T} + h_{H.T} + (\vartheta_e^2 - \vartheta_0^2)/(2g)(1)$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Мұндағы,

p_e, p_0 - ағын күшіндегі және қабылдау қоймасындағы қысым, Па,

ρ - айдалатын сұйықтықтың тығыздығы, кг / м³;

g - еркін түсу үдеуі, м/с²;

H_T - геометриялық арын (Қоймадағы сұйықтық деңгейінің әртүрлілігі), м;

$h_{в.т}, h_{н.т}$ - сорғыш және арынды құбырлардағы гидравликалық шығындар, м; v_e, v_0 - арынды және қабылдау қоймалардағы сұйықтықтың жылдамдығы, м / с.

Көп жағдайда поршеньді сорғының негізгі параметрлері ретінде судың арыны H емес, ол тудыратын қысым p көрсетіледі.

p (Па) қысым мен судың арыны H , (м) арасындағы тәуелділік мына түрде жазылады:

$$p = \rho g H_{(2)}$$

Әртүрлі сұйықтықтардың тығыздығы да ρ әртүрлі болады және олар температураға байланысты.

Қысымды келте құбыр арқылы өтетін сорғы арқылы берілген сұйықтықтың пайдалы қуаты (Нп,кВт) мына формуламен анықталады,

$$N_{\Pi} = Q \rho g H / 1000 = Q p / 1000 (3)$$

Бұл формуладағы Q (м³/с), H , (м), ρ - Па

Сорғының қуаты деп ол тұтынатын қуатты (иінді біліктегі қуатты) айтады. N , кВт. Сорғының қуатын анықтау үшін келесі формула қолданылады [1];

$$N = Q \rho g H / 1000 \eta = Q p / 1000 \eta (4)$$

Мұндағы η - сорғының ПӘК-ті.

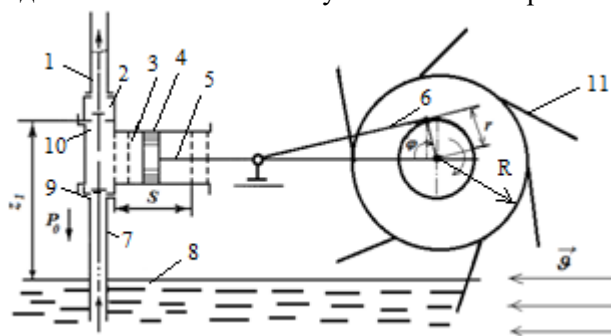
(4) формуланы келесі түрде жазуға болады;

$$N = N_{\Pi} / \eta$$

Бұдан сорғының ПӘК -ті, $\eta = N_{\Pi} / N$

Жоғарыда айтылғандай электрқозғалтқыштарын немесе іштен жану қозғалтқыштарын сусорғының жетегі ретінде қолдану экономикалық және экологиялық жағынан тиімсіз. Бұл мәселенің шешімі сусорғылардың жетегі ретінде бөгетсіз сутурбиналарын пайдалану болар еді. Жетегі бөгетсіз сутурбинасы болатын қос иінді поршеньді сусорғысының есептеу сұлбасы 1-суретте келтірілген. Цилиндрдің 3 ішіне поршень 4 орналастырылған, оның бүйір беті цилиндр қабырғасына тығыс жанасады. Поршень қос иінді- бұлғақты механизм 6 және шток 5 арқылы сутурбинасынан 11 қозғалыс алады.

Цилиндрге ішінде сорғыш 9 және айдау 10 клапандары бар клапанды қорап 2 орнатылған. Клапанды қорапқа сорғыш 7 және айдау 1 құбырлары қосылған. Сорғы өзен суы ағысынан 8 сұйықтықты алады. z және z_1 арқылы сорғының сору және айдау геометриялық биіктігі сәйкесінше белгіленеді. Сорғы клапандары өздігінен әсер етеді және сұйықтықты бір бағытта, төменнен-жоғары өткізеді [4].



Сурет-1. Жетегі бөгетсіз сутурбинысы болатын интіректі поршенді сусорғысының есептеу сұлбасы

Өзен су ағынымен қалақты дөңгелектің 11-серлесуінен гидротурбинаның жұмыс дөңгелегі айналмалы қозғалыстарды жасайды, ϕ -қос иіннің оң бағыттағы айналу бұрышы, поршень цилиндрдің ішінде қайтымды-ілгерілемелі қозғалады, ал оның жүріс ұзындығы $S = 2r$, тең, (r – қос иін радиусы). Қарастырылып отырған сорғы поршеньдің әрбір екі жүрісіне (сору және айдау) теориялық түрде арынды құбырға FS тең сұйықтық көлемін береді, мұнда F – поршень ауданы. Егер сорғының білігі минутына n айналым жасайтын болса, онда сорғының теориялық (геометриялық) секундтық берілісі мынаған тең болады,

$$Q_T = FSn/60(5)$$

Сәйкесінше, сорғының бір сағат ішіндегі беруі $Q_T = FSn/60$ тең болады. Тәжірибе Q нақты беру Q_T -дан аз екенін көрсетеді. Сұйықтықты беру коэффициентін η_0 сорғының нақты беру коэффициентінің теориялық коэффициентке қатынасы ретінде анықталады, яғни $\eta_0 = Q/Q_T$. Сорғыны нақты беруі $Q = Q_T \eta_0$ теңдеуі ретінде анықталады..

[3] жұмысында алты жазық және радиалды қалақтары бар сутурбинының қозғаушы моментінің сипаттамасы анықталды. Мұндай бөгетсіз сутурбинының қозғаушы күштерінің орташаланған моменттері мынаған тең:

$$M = a - b\phi(6)$$

Мұндағы,

$$a = \frac{\rho Q_0^2}{h} (3W - T_1 \cdot \mu_{11} + D_1 \mu_{12})$$

$$b = \frac{\rho Q_0^2}{h} (E_1 \lambda_{11} + K_1 \lambda_{21})$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$T_1 = \frac{1}{2} \frac{R}{l} [\sin \alpha_2 + \sin(2\alpha_1 + \alpha_2) + \sin(4\alpha_1 + \alpha_2)] + \frac{1}{4} [\sin 2\alpha_2 + \sin 2(\alpha_1 + \alpha_2) + \sin 2(2\alpha_1 + \alpha_2)]$$

$$D_1 = \frac{1}{2} \frac{R}{l} [\cos \alpha_2 + \cos(2\alpha_1 + \alpha_2) + \cos(4\alpha_1 + \alpha_2)] + \frac{1}{4} [\cos 2\alpha_2 + \cos 2(\alpha_1 + \alpha_2) + \cos 2(2\alpha_1 + \alpha_2)]$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{R}{l} \cos \alpha_2 + \frac{1}{4}, C = \frac{R^2}{l^2} + \frac{R}{l} \cos \alpha_2 + \frac{1}{3}, Q = ghl$$

$$E_1 = \frac{JC}{g} [\cos \alpha_2 + \cos(\alpha_1 + \alpha_2) + \cos(2\alpha_1 + \alpha_2)]$$

$$K_1 = \frac{JC}{g} [\sin \alpha_2 + \sin(\alpha_1 + \alpha_2) + \sin(2\alpha_1 + \alpha_2)]$$

$$\mu_{11} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \sin 2\varphi d\varphi, \mu_{21} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \cos 2\varphi d\varphi$$

$$\lambda_{11} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \sin \varphi d\varphi, \lambda_{21} = \frac{1}{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \int_0^{\pi - 2\alpha_1 - \alpha_2} \cos \varphi d\varphi$$

Мұндағы;

Q_0 – қалақшаның жұмыс бөлігіндегі сұйықтың шығыны, h – сутурбины қалақшаларының ені, R – қалақтар бекітілетін гидротрубинаның негізгі цилиндрі тірегінің (дисктің) радиусы, l – қалақшалардың ұзындығы, α_1 – қалақшалар арасындағы бұрыш, α_2 – қалақшалардың көлбеу бұрышы, ϑ – ағын судың жылдамдығы. Қалған параметрлер сутурбинының схемасында көрсетілген. Иініректің оң бағыттағы айналысы ретінде сағат тіліне кері бағыт алынған.

Қос иінді сусорғы поршені қозғалысының кинематикалық сипаттамаларын анықтайық. Қос иінді сорғыларда поршень қозғалысының заңы қос иінді-бұлғақты механизмнің кинематикасына негізделген. Егер бұлғақ ұзындығының әсерін елемесек, яғни бұлғақтың ұзындығы қос иіннің радиусынан әлдеқайда көп үлкен десек, онда поршенің өтетін жолын қос иіннің бұрылу бұрышы ϕ -мен (сутурбинының бұрылу бұрышы) келесі тәуелділікпен байланыстыруға болады (1-сурет.) [4],

$$x = r(l - \cos\phi) \quad (7)$$

Поршенің жылдамдығы мен үдеуін келесі теңдеулермен анықтаймыз;

$$u = \frac{dx}{dt} = r\omega \sin \phi,$$

$$j = \frac{du}{dt} = r\omega^2 \cos \phi \quad (8)$$

Мұндағы;

$$\omega = \frac{d\phi}{dt} \text{ – қос иіннің бұрыштық жылдамдығы.}$$

Дұрыс жұмыс істейтін сорғыда сұйық үздіксіз, қалмай поршенің соңынан ілесіп отырады. Поршенің шағын орын ауыстыруы кезінде сорғының беруі былай анықталады,

$$dq = Fdx = Fudt$$

Мұндағы F – поршенің ауданы.

Осы өрнектен байқайтынымыз, поршенің ауданы F тұрақты болып қалатындықтан, сорғының берісі поршень жылдамдығының өзгеру заңдылығындай өзгереді екен.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича
Бірлік уақытта сорғымен берілетін сұйықтық мөлшері сорғының беруі деп аталады және мына формуламен анықталады,

$$Q = \frac{1}{T_B + T_H} \int_0^\pi dq = \frac{Fr}{T_B + T_H} \int_0^\pi \sin\phi d\phi = \frac{2Fr}{T_B + T_H} \quad (9)$$

Мұндағы T_B, T_H – сутурбинасының толық бір айналысындағы сорғының сору және беру уақыты.

Қолданылған әдебиеттер

1. И.А.Чирнаев Поршневые кривошипные насосы Машиностроение, Ленинград, 1983.- 176 с.
2. Стесин С.П., Яковенко Е.А. Лопастные машины и гидродинамические машины.- М.: Машиностроение, 1990. - 220с.
3. Тулешов А.К., Бисембаев К., Жаменкеев Е.К. Момент силы и мощность гидротурбины в начале погружении лопасти // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия информатика и информатизация образования, - 2008, - №4(14),-С.154-161.
4. Бисембаев К. Жаменкеев Е.К. Математическое моделирование движения поршня поршневого кривошипного насоса с приводом бесплотинных гидротурбин.// Материалы VI Международной научно-методической конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке», 25-26 октября, 2013 г. Алматы.

УДК 531

В.С. Лысенко, К.Е. Раманкулов, Ж.Е. Примкулова

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОЙ МАССОЙ

Казахский Национальный педагогический университет имени Абая

Аннотация

В статье в результате динамического анализа принципиально нового механизма с вращающейся эксцентрической массой получены аналитические зависимости крутящего момента и мощности на оси механизма в зависимости от скорости вращения привода, эксцентрической массы и геометрических размеров механизма, а также проведен анализ изменения кинетической энергии механизма в соответствии с законом сохранения момента количества движения в зависимости от изменения момента инерции вращающихся элементов механизма в экстремальных положениях и проведен анализ экспериментальных исследований этого изменения кинетической энергии.

Ключевые слова. Динамический анализ, механизм с эксцентрическими массами, механизм с вращающимися дисбалансами, силы инерции, момента количества движения.

V. Lysenko, K. Ramankulov, Zh. Primkulova

ANALYSIS OF A MECHANISM WITH A ROTATING ECCENTRIC MASS

Kazakh National Pedagogical University named after Abai

Abstract

In the article, as a result of a dynamic analysis of a fundamentally new mechanism with a rotating eccentric mass, analytical dependences of the torque and power on the axis of the mechanism were obtained depending on the speed of rotation of the drive, the eccentric mass and the geometric dimensions of the mechanism, and an analysis was made of the change in the kinetic energy of the mechanism in accordance with the conservation law the moment of momentum depending on the change in the moment of inertia of the rotating elements of the mechanism in extreme positions, and an analysis of experimental studies of this change in kinetic energy was carried out.

Keywords. Dynamic analysis, mechanism with eccentric masses, mechanism with rotating imbalances, forces of inertia, angular momentum.

Известны инерционные вибрационные машины, которые нашли широкое применение в строительной индустрии. Принцип работы этих машин основан на использовании в качестве вибрационного привода вращающихся эксцентрических масс, которые создают вибрацию за счет циклического изменения направления крутящего момента от центробежных сил инерции [1]. Теоретические и экспериментальные исследования этих механизмов показали наличие циркуляции мощности и разгрузку привода в определенных периодах цикла вращения эксцентрических масс [2, 3], а также возможность резонансного возрастания амплитуды вибраций в зависимости от частоты вращения привода [4].

В последние годы появились разработки, использующие отмеченные эффекты для создания конструкций инерционных приводов для энергетических и силовых машин [5, 6]. Теоретические основы работы этих механизмов разработаны еще не достаточно.

В этой связи был проведен анализ одной из возможных кинематических схем колесного планетарного механизма с эксцентрической массой [7].

Задачей данной работы является анализ разработанного принципиально нового механизма с вращающимися эксцентрическими массами.

Для анализа динамики разработанной конструкции механизма с вращающейся эксцентрической массой, рассмотрим еще один вариант конструкции инерционного механизма, схема которого представлена на рисунке 1.

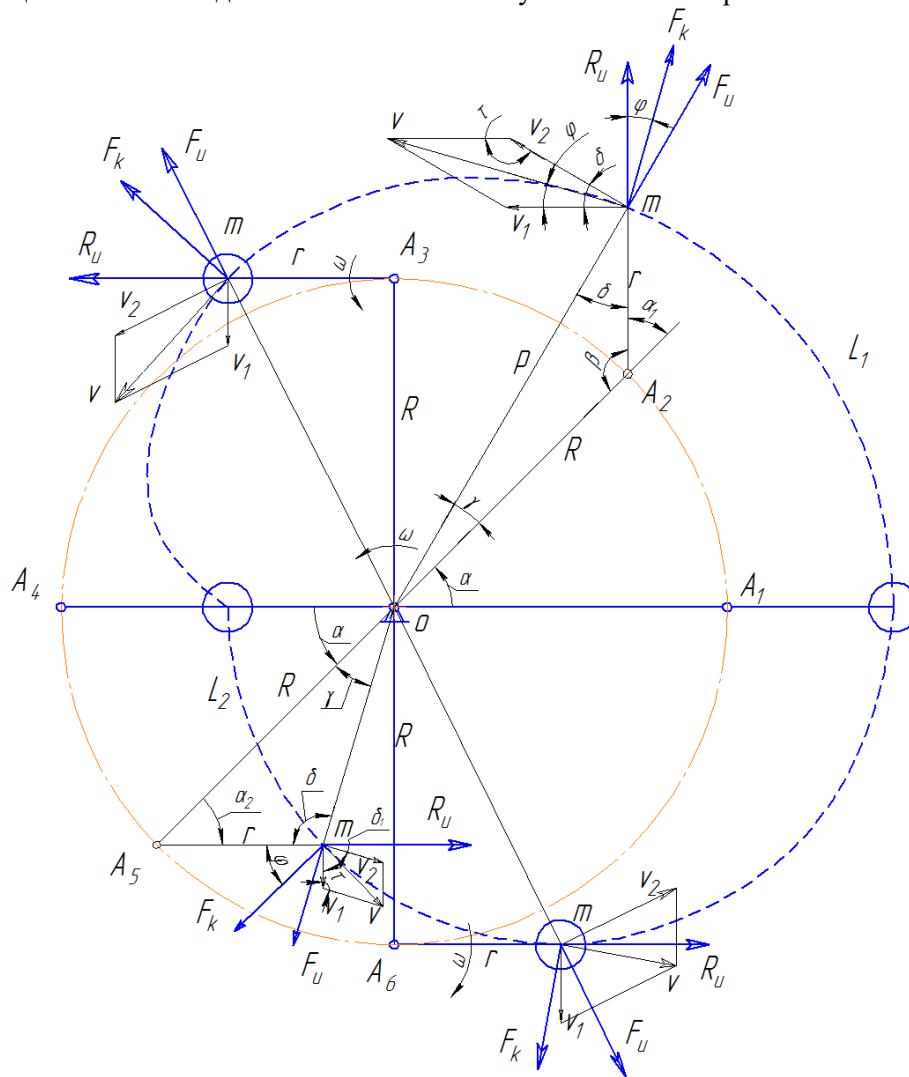


Рисунок 1 – Схема механизма

Механизм состоит из вращающейся в горизонтальной плоскости с постоянной угловой скоростью ω вокруг неподвижного центра O рычага размером R , на конце которого шарнирно в точке A закреплена на расстоянии r эксцентрическая масса m (дебаланс) с возможностью вращения с такой же как рычаг размером R угловой скоростью ω . Особенностью данного механизма является то, что эксцентрическая масса при изменении угла поворота α рычага $Rot\ 0$ до π ($0 \leq \alpha \leq \pi$) на участке $A_1-A_2-A_3-A_4$ вращается против часовой стрелки, а при повороте рычага от π до 2π ($\pi < \alpha < 2\pi$) на участке $A_4-A_5-A_6-A_1$ – по часовой стрелке.

Рассмотрим движение массы m на участке $A_1-A_2-A_3-A_4$. На этом участке движения центр массы m будет совершать перемещение по траектории L_1 . Радиус вектор ρ можно определить по известной зависимости

$$\rho = \sqrt{R^2 + r^2 - 2Rrcos\beta}, \quad (1)$$

где $\beta = \pi - \alpha$.

На массу m будут действовать центробежные силы инерции Ru от вращения вокруг шарнира A , Fu – от вращения массы вокруг центра O и Fk – сила Кориолиса. Эти силы можно определить по следующим зависимостям

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$R_{и} = mr\omega^2, \quad (2)$$

$$F_{и} = m\rho\omega^2, \quad (3)$$

$$F_k = 2mv\omega, \quad (4)$$

где v – линейная скорость центра массы m . Эта скорость является результирующей тангенциальных скоростей $v_1 = r\omega$ и $v_2 = \rho\omega$ и по модулю будет равна

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos\tau}, \quad (5)$$

где $\tau = \pi - \alpha + \gamma$, $\gamma = \arctan\left(\frac{r\sin\alpha}{R+r\cos\alpha}\right)$.

Подставляя значения тангенциальных скоростей и угла τ в (5), а далее в (4) получим выражение для определения силы Кориолиса

$$F_k = 2m\omega^2\rho\sqrt{\frac{r^2}{\rho^2} + 1 + 2\frac{r}{\rho}\cos\left[\alpha - \arctan\left(\frac{r\sin\alpha}{R+r\cos\alpha}\right)\right]}. \quad (6)$$

Зная модули сил инерции и их направления, определим суммарный крутящий момент M создаваемый этими силами относительно оси O на исследуемом участке движения эксцентрической массы

$$M = R\sin\alpha(R_{и} + F_{и}\cos\delta + F_k\cos\varphi), \quad (7)$$

где $\delta = \alpha - \gamma$, $\varphi = \arctan\left(\frac{v_1+v_2\cos\delta}{v_2\sin\delta}\right)$.

Центробежная сила инерции переносного движения $F_{и}$ и сила Кориолиса F_k будут создавать крутящий момент M_A относительно центра A вращения массы m , который можно определить по следующей зависимости

$$M_A = F_{и}r\sin\delta + F_kr\sin\varphi. \quad (8)$$

Очевидно, этот крутящий момент будет оказывать сопротивление приводу при движении на исследуемом участке. Это обстоятельство необходимо учитывать при определении мощности привода.

В положениях механизма A_1 и A_4 , где происходит изменение направления вращения эксцентрической массы m , сила инерции $R_{и}$ и сила Кориолиса F_k равны нулю.

Рассмотрим движение массы m на участке A_4 - A_5 - A_6 - A_1 . На этом участке движения центр массы m будет совершать перемещение по траектории L_2 . Радиус вектор ρ этой траектории можно определить по следующей зависимости, учитывая что $\beta = \alpha$

$$\rho = \sqrt{R^2 + r^2 - 2Rr\cos\alpha}, \quad (9)$$

Силы инерции для рассматриваемого участка определяются аналогично изложенному выше порядку, следующими зависимостями

$$R_{и2} = mr\omega^2, \quad (10)$$

$$F_{и2} = m\rho_2\omega^2, \quad (11)$$

$$F_{k2} = 2mv_2\omega, \quad (12)$$

где $v_2 = \sqrt{v_{12}^2 + v_{22}^2 - 2v_{12}v_{22}\cos\tau_2}$, $v_{12} = r\omega$, $v_{22} = \rho_2\omega$, $\tau_2 = \alpha + \gamma_2$,

$$\gamma_2 = \arctan\left(\frac{r\sin\alpha}{R}\right),$$

Крутящий момент от центробежных сил инерции относительно центра O на

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича рассматриваемом участке определится по следующей зависимости

$$M = R \sin \alpha (R_{и} - F_{и2} \cos \delta_2 - F_{к2} \cos \varphi_2), \quad (13)$$

где $\varphi_2 = \arctan\left(\frac{v_{12} + v_{22} \cos \delta_1}{v_{22} \sin \delta_1}\right)$, $\delta_1 = \pi - \delta_2$, $\delta_2 = \alpha + \gamma_2$.

Крутящие моменты, создаваемые силами инерции относительно центра вращения A , очевидно будут способствовать повороту рычага r и, соответственно разгружать привод.

Зависимости (8) и (13) позволяют определить суммарную мощность от сил инерции на оси O , которая запишется в следующем виде

$$N = R \omega \sin \alpha (2R_{и} + F_{и} \cos \delta + F_{к} \cos \varphi - F_{и2} \cos \delta_2 - F_{к2} \cos \varphi_2). \quad (14)$$

На рисунке 2 представлен график мощности построенный по формуле (14) (сплошная линия) и мощности от крутящих моментов по формуле (8) (пунктирная линия) при следующих значениях: $R = 0,09\text{м}$, $r = 0,02\text{м}$, $\omega = 157\text{ с}^{-1}$, $m = 0,8\text{ кг}$.

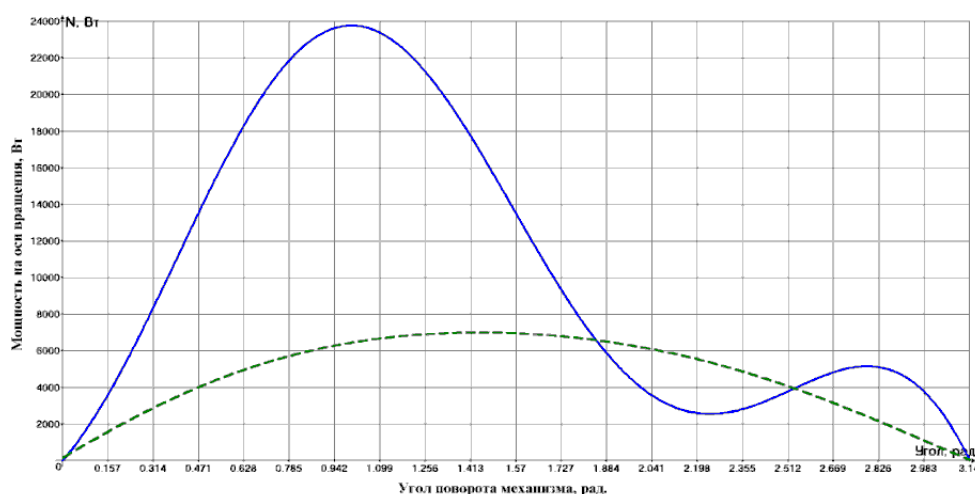


Рисунок 2 – График зависимости суммарной мощности на оси O от сил инерции за половину оборота механизма

Из графика (рисунок 2) видно, что суммарная мощность (сплошная линия) от сил инерции за половину оборота механизма всегда положительна и значительно больше мощности затрачиваемой на преодоление моментов сопротивления составляющих центробежных сил инерции, то есть силы инерции создают крутящий момент на оси вращения механизма. В следующую половину оборота картина повторится.

Следует отметить, что реальная мощность на валу инерционного механизма будет несколько ниже и равна разности мощности, полученной по формуле (14), и мощности от крутящих моментов по формуле (8) плюс потери на трение в подшипниковых опорах и в механизме создания колебаний эксцентрических масс.

$$N_{\Sigma} = N - M_A \omega - N_{тр}. \quad (15)$$

При этом следует отметить, что для данного механизма в силу закона сохранения момента количества движения ($J\omega = const$, где J – суммарный момент инерции системы) угловые скорости вращения подвижных звеньев не будут постоянными из-за изменения момента инерции системы. Суммарный момент инерции механизма (рис. 1) относительно центра вращения O можно определить по известным зависимостям

$$J = \sum J_n + m \rho^2, \quad (16)$$

где $\sum J_n$ – суммарный момент инерции составляющих звеньев механизма с постоянным моментом инерции, $m\rho^2$ – приведенный момент инерции центра масс дебаланса, который изменяется в зависимости от значения ρ .

Из схемы механизма (рисунок 1) видно, что радиус вектор центра масс дебаланса изменяется в пределах $(R + r) < \rho < (R - r)$, что позволяет определить минимальное и максимальное значения суммарного момента инерции. Который можно записать в виде

$$J_{max,min} = \sum J_n + m[R \pm r]^2. \quad (17)$$

Таким образом, в соответствии с законом сохранения момента количества движения, угловая скорость в положении механизма с минимальным моментом инерции будет максимальна и, наоборот – в положении механизма с максимальным моментом инерции угловая скорость будет минимальна, то есть $J_{max}\omega_{min} = J_{min}\omega_{max}$. Из этого выражения, учитывая (17), определим максимальную угловую скорость

$$\omega_{max} = \omega_{min} \frac{\sum J_n + m[R+r]^2}{\sum J_n + m[R-r]^2}. \quad (18)$$

Это означает, что угловая скорость в процессе движения механизма в каждом цикле эпициклоиды будет импульсно меняться от максимального значения до минимального и обратно. Соответственно будет импульсно изменяться кинетическая энергия механизма. Определим кинетические энергии механизма T_1 в положении механизма с максимальным радиус вектором ρ и T_2 в положении механизма с минимальным радиус вектором ρ , которые по известным зависимостям можно записать в виде

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{max} \omega_{min}^2 = \frac{1}{2} \{ \sum J_n + m[R+r]^2 \} \omega_{min}^2, \quad (19)$$

$$T_2 = \frac{1}{2} J_{min} \omega_{max}^2 = \frac{1}{2} \{ \sum J_n + m[R-r]^2 \} \omega_{max}^2. \quad (20)$$

Подставим в выражение (20) значение (18) и, учитывая зависимость (19), получим

$$T_2 = T_1 \frac{\sum J_n + m[R+r]^2}{\sum J_n + m[R-r]^2}. \quad (21)$$

Выражение (21) показывает степень изменения кинетической энергии механизма при переходе его из положения с максимальным радиус вектором ρ в положение с минимальным радиус вектором ρ . Для обеспечения этого прироста кинетической энергии необходимо создать импульсный привод механизма, который необходим для преодоления центробежных сил инерции в интервале указанного перехода.

Из выражения (21) видно, что максимальное значение кинетической энергии T_2 достигается при $\rho = R$. В этом случае выражение (21) запишется в следующем виде

$$T_2 = T_1 \left(1 + \frac{4mR^2}{\sum J_n} \right). \quad (22)$$

Последнее выражение показывает, что прирост кинетической энергии пропорционален массе дебаланса и размеру рычага R и обратно пропорционален суммарному моменту инерции составляющих звеньев механизма с постоянным моментом инерции.

Для экспериментальных исследований изменения кинетической энергии механизма при переходе его из положения с максимальным моментом инерции в положение с минимальным

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича моментов инерции был изготовлен стенд[8], кинематическая схема которого представлена на рисунке 3.

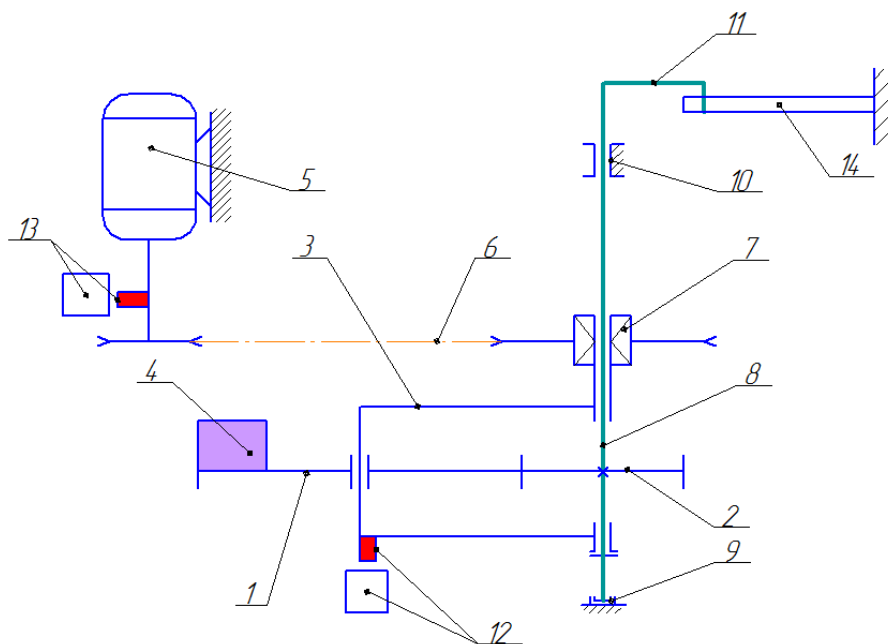


Рисунок 3 – Кинематическая схема экспериментального стенда

Экспериментальный стенд состоит из трех зубчатых колес 1, обкатывающих центральное зубчатое колесо 2, водила 3 шарнирно установленного на оси центрального колеса 2, эксцентрических масс 4 жестко установленных на колесах 1, которые подвижно установлены на водиле 3, привода 5 в виде электродвигателя, ременной зубчатой передачи 6, обгонной муфты 7. Центральное зубчатое колесо 2 жестко установлено на валу 8, который подвижно установлен в упорном подшипнике подпятника 9 и радиальном подшипнике 10. Электродвигатель 5 и подшипники 9, 10 установлены в корпусе. Вал 8 установлен вертикально (для устранения влияния сил тяжести) и снабжен плечом 11. Стенд снабжен счетчиками импульсов марки OmronH7EC с датчиком 12 для измерения числа оборотов водилы и датчиком 13 для измерения числа оборотов привода. Также стенд снабжен тензометрической балкой 14 жестко защемленной на плече 11.

Для измерений в качестве привода использовался сверлильный станок, который обеспечивал изменение скорости вращения на шести позициях 76, 140, 250, 345, 615 и 1100 об/мин. Фотография стенда с приводом от шпинделя сверлильного станка представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Фотография экспериментального стенда для исследования инерционного механизма

Исследования инерционного механизма проводились следующим образом.

Электродвигатель 8 через кинематическую связь 6 и обгонную муфту 7 приводит во вращение водило 3, которое в свою очередь воздействует на три зубчатых колеса 1. Эти колеса обкатываются вокруг центрального колеса 2. Эксцентрические массы 4 при вращении создают знакопеременные крутящие моменты от сил инерции относительно центра вращения колес 1 и центра вращения водилы 3. Поскольку центральное колесо 2 жестко установлено на подвижном валу 8, то силовое воздействие колес 1 на колесо 2 можно судить по силовому воздействию плеча 11 на тензометрическую балку 14.

Соотношение числа оборотов привода к числу оборотов водилы 3 за одну минуту при разных скоростях шпинделя представлены графике рисунка 5.

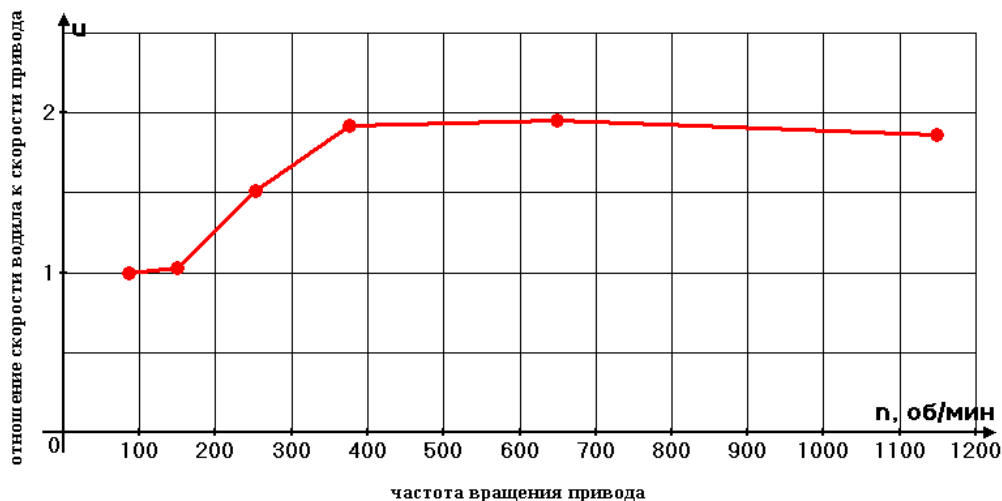


Рисунок 5 – График соотношения угловых скоростей привода и водилы механизма

Эксперименты показали, что при возрастании скорости вращения привода от 150 об/мин, водило вращается быстрее привода, то есть обгоняет привод. Этот обгон достигает значения в 1,95 раз при скорости вращения от 400 до 800 об/мин, затем несколько падает. Для более детального анализа этого явления предполагается в следующих экспериментах расширить диапазон скоростей привода механизма.

Определение крутящего момента на центральном валу инерционного механизма. Измерения производились при помощи системы сбора данных LTR-U-1 с компьютерной программой LGraph 2 (L-CARD) для тензометрических измерений.

Первоначально производилась тарировка тензометрической балки при помощи грузов в 500 грамм. По графику тарировки в программе LGraph 2 определялся коэффициент пересчета в ньютонметрах на вольт [Н м/В].

Обработанные результаты экспериментов по исследованию крутящего момента на центральном валу при различных скоростях привода представлены на рисунке 6.

Характер кривой изменения крутящего момента на центральном валу инерционного механизма похож на кривую соотношения угловых скоростей привода и водилы механизма (рисунок 5).

Поскольку исследования инерционного механизма проводились без нагрузки на ведомом валу, то полученные результаты отражают режим холостого хода механизма. Кроме того, полученные экспериментальные кривые отражают теоретические зависимости изменения крутящего момента.

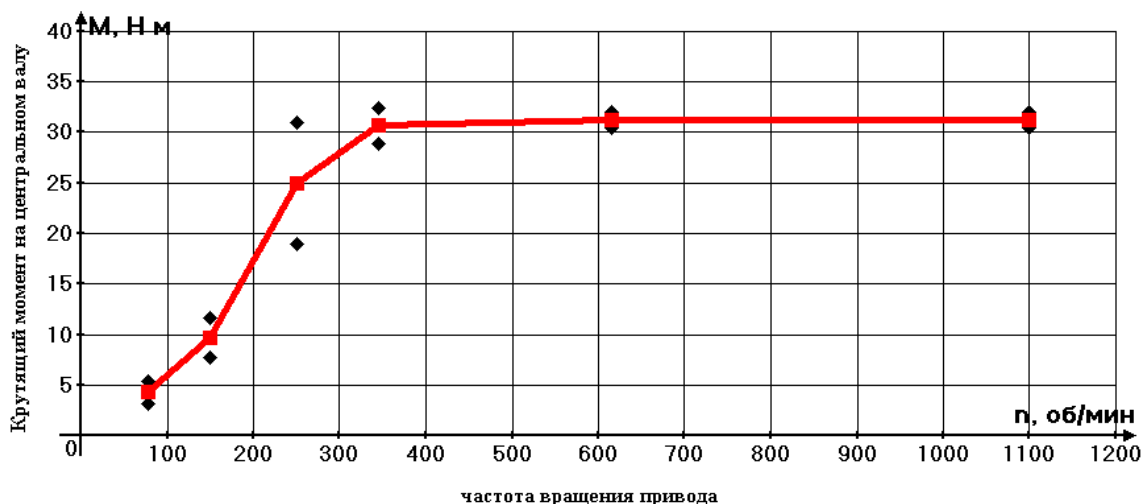


Рисунок 6 – График экспериментальных зависимостей крутящего момента на центральном валу от скорости вращения привода

Увеличение крутящего момента на центральном валу механизма с возрастанием скорости вращения привода объясняется тем, что это возрастание угловой скорости приводит к увеличению центробежных сил инерции, которые в первом полупериоде вращения водилы нагружают привод, а во втором разгружают его. Кроме того, из-за изменения момента инерции механизма за счет переменных положений эксцентрических масс происходит увеличение скорости вращения водилы в соответствии с законом сохранения момента количества движения.

Полученные аналитические зависимости позволяют проводить инженерные расчеты крутящих моментов и мощности создаваемых центробежными силами инерции эксцентрических масс в зависимости от их значений, скорости вращения и геометрических параметров механизма для оценки мощности привода и степени вибрации. Эти зависимости также применимы для анализа дифференциальных уравнений движения конкретных колесных механизмов в зависимости от системы привода и компоновки. Также показана техническая особенность рассмотренного механизма к циклическому изменению кинетической энергии.

Литература

1. Быховский И.И. Основы теории вибрационной техники. – М., Машиностроение, 1968. – 362 с.
2. Быховский И.И. Энергетические соотношения при колебаниях // справочник «Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов». – М., изд-во Машиностроение, 1970. – 538 с.
3. Быховский И.И., Попов С.И. Автоматизация резонансных вибротехник. – М.: ЦНИИИ и ТЭИСДКМ. Серия II, 1972. – 45 с.
4. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Физматлит, 1994. – 400с.
5. FelexWurth, Flichkraft – Energiequelle, Raum&Zeit, 124/2003, s.16-19.
6. Лысенко В.С., Пралиев С.Ж., Сулейменов Б.Т., Баубеков С.Д. Анализ инерционного механизма // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – №12С.2023.//URL:www.rae.ru/snt/?section=content&op=show_article&article_id=10000339 (дата обращения: 11.12.2019)
7. Лысенко В.С., Кулжабаев Б.Д. Экспериментальные исследования инерционного механизма // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 10. – С. 48-51;

- К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
9. Линевиц Э.И. Применение центробежной силы в качестве источника мощности. // <http://www.dlinevitch.narod.ru/pages.htm> (дата обращения: 11.12.2019).
10. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=35156> (дата обращения: 05.01.2024).

УДК 53

¹В. Нұрдәулетқызы, ¹Қ.Ж. Тоқтасын, ¹Б. Дүйсекеев, ²А.І. Мұратова, М.Қ. Асембаева

0,39He+0,61Ar-N₂ ГАЗ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ДИФФУЗИЯЛЫҚ АРАЛАСУДЫ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

¹Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

e-mail: nurdauletkyzy00@bk.ru

Аннотация

Жұмыста үштік газ жүйесіндегі изотермдік диффузия кезіндегі бөлу процесінің қарқындылығына әсерін эксперименттік зерттеу қарастырылды. Зерттеу екіколбалық диффузиялық аппаратта жүргізілді. Үшкомпонентті газ қоспасындағы массатасымалдау процестерінің әртүрлі түрлерін зерттегенде, көпфакторлы компоненттердің қосындысымен байланысты нақты көріністі елестет, диффузия заңдылықтарын ескерусіз мүмкін емес. Әр түрлі тәжірибе қысымында диффузияланған аргон мөлшерін анықтау нәтижелері келтірілді. Диффузиялық каналдың He+Ar-N₂ жүйесі үшін массатасымалдау процестері кезінде қысымның тәуелділігіне әсері зерттелді. «Диффузия–конвекция» режимдерінің өзгеруінің қысымға тәуелділігі алынды. Диффузияланған аргонды диффузиялық канал арқылы өлшеу нәтижелерін салыстыру олардың тұрақсыз газ араласу процесінің сипаты мен қарқындылығына әсерін көрсетті. Алынған нәтижелер табиғи газдан аммиакты синтездеу кезінде қолданылуы мүмкін.

Кілттік сөздер: Диффузия, диффузиялық канал, конвекция, концентрация, диффузиялық тұрақсыздық, газ, қоспа, механикалық тепе-теңдік тұрақтылығы.

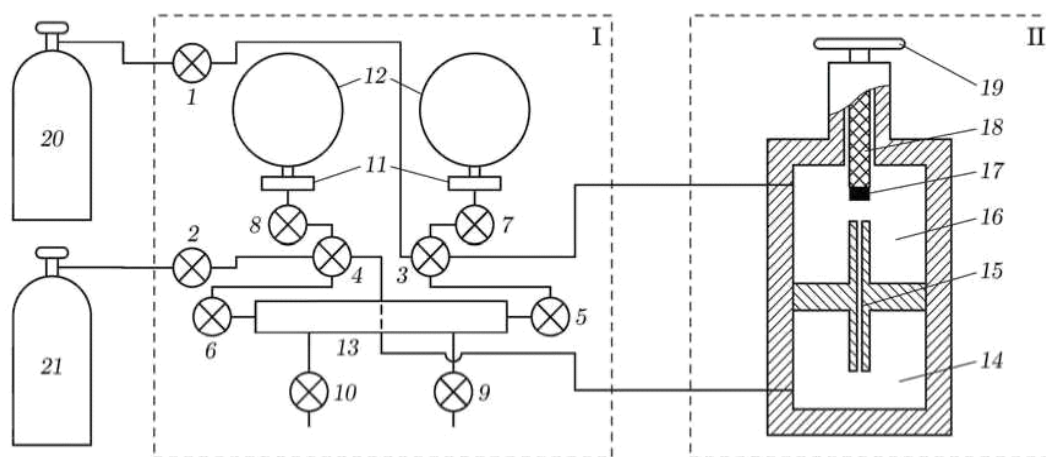
Химиялық технологиядағы жаппай тасымалдаудың бірқатар технологиялық мәселелерін шешу, табиғи газдарды тасымалдау және тазарту, сондай-ақ тығыздықтың кеңістіктік біртектілігіне байланысты аномальды табиғи құбылыстарды түсіну аса маңызды. Жоғарыда аталған процестер мен құбылыстардың негізі концентрациялық гравитациялық конвекция болып табылады. Соңғы уақыттағы диффузиялық қоспаның ең қарқынды зерттелген ерекшелігі-диффузиялық тұрақсыздық. Көпкомпонентті газ қоспаларындағы диффузияның тұрақты ағыны компоненттердің нақты диффузиялық ағындарына бароэффект арқылы пайда болатын гидродинамикалық ағынның қолданылуымен сипатталады. Жабық құрылғылардағы бароэффект (қысымның төмендеуі) газ молекулаларының қозғалғыштығының әсерінен туындайды. Жеңіл және қозғалмалы молекулалар диффузиялық канал арқылы ауыр молекулаларға қарағанда тезірек өтеді. Жабық аспаптарда қысым айырмашылығының пайда болуын Больцман болжаған [1].

Соңғы уақытта термодинамикалық және геометриялық параметрлердің кең ауқымындағы көпкомпонентті газ қоспаларындағы диффузиялық процесс эксперимент түрінде егжей-тегжейлі зерттеуге көптеп көңіл бөлінуде. Тәжірибелер белгілі бір қуат параметрлерінде (компоненттердің концентрациясы мен температурасының градиенттері) молекулалық диффузиядан конвективті араластыруға дейін әртүрлі тасымалдау режимдерін алуға болатынын көрсетуі қажет. Сондықтан, молекулалық тасымалдаудың конвективтік

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича ауысу шекарасын анықтау мәселесі теориялық тұрғыдан жазық шексіз тік канал жағдайында зерттелген, дегенмен барлық эксперименттер әр түрлі геометриясы бар шекті өлшемді каналдар үшін жүргізілуі маңызды. Осылайша, шектеулі жазық диффузиялық каналдың ұзындығы бойынша компоненттер концентрациясының сызықтық емес таралуы және оның қабырғалары арқылы заттың тасымалданбауы жағдайында молекулалық және конвективті араласу режимдерінің өзгеру шекарасын анықтау өзекті болып табылады.

Диффузиялық тұрақсыздық режимін эксперименттік зерттеудің маңызды сәттерінің бірі-жүйенің бір күйден екінші күйге өту шекарасын тіркеу тәсілі. Мұны эксперименттік деректерді (мысалы, диффузиялық компоненттердің концентрациясы, ішінара ағындар және т.б.) тұрақты диффузиялық тасымалдау болжамымен есептелгендермен салыстыру арқылы жасауға болатыны анық.

Зерттеу жүргізу үшін мынадай көпкомпоненттік $0,39\text{He}+0,61\text{Ar}-\text{N}_2$ газ жүйесі таңдап алынды. Эксперимент екіколбалық диффузиялық аппаратта жүргізілді [2], колбалардың көлемдері $V_{\text{в}}=76,0 \text{ см}^3$, $V_{\text{н}}=79,0 \text{ см}^3$, ал диффузиялық канал ұзындығы және диаметрі сәйкесінше $L=70,00 \text{ мм}$ и $d=4,00 \text{ мм}$ тең. Тәжірибе жүргізілген қондырғы 1-суретте бейнеленген және екі бөліктен тұрады.



I және II – газ дайындайтын блок және екіколбалық аппарат сәйкесінше; 1-10 – шүмектер; 11–мембранды ажыратқыш; 12 – үлгілі манометрлер; 13 – теңестіруші сыйымдылық, 14 – төменгі колба, 15 – диффузиялық канал, 16– жоғарғы колба, 17 – фторопласты таблетка, 19 – тұтқа; 20 және 21 –газ толтырылған баллондар.

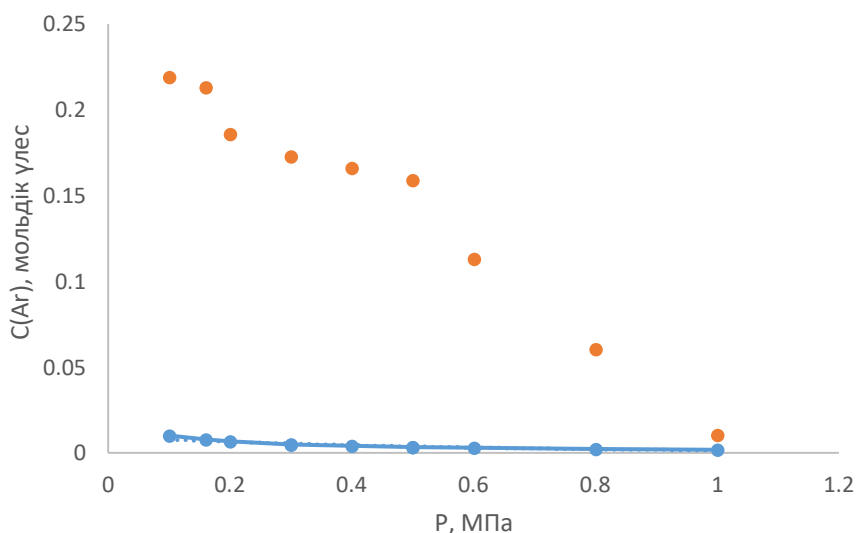
Сурет 1. Екіколбалық әдістің эксперименттік қондырғысы

Бірінші бөлік – газ дайындау блогы, ал екінші бөлік – бұл термостатта орналасқан екіколбалық аппарат. Аппарат колбалары 14 және 16 цилиндр түрінде келтірілген, диффузиялық 15 каналмен біріктірілген. Қондырғы термостаттың жұмыс камерасында тігінен орналасқан. Каналды жабу үшін жоғарғы колбадағы фторопласты таблетканы 17 қолданамыз, ол штокта 18 орналасқан және тек тік бағытта қозғалады. Шток қозғалысын 19 тұтқа қамтамасыз етеді.

Диффузиялық қондырғының жұмыс істеу әдістемесі келесідей болып келеді: көлемдерді 14 және 16 зерттеліп отырған газдармен толтыру аппараттың берілген температуралық режимге өтуінен кейін басталады, сол кезде канал 15 жабық, яғни жоғарғы және төменгі колбалар ажыратылған. Осыдан кейін 14 және 16 колбалар бірнеше рет форвакуумды сорғышпен 20 және 21 баллондардан зерттелген газ қоспаларын үрлеп шығарады. Колбадағы қысым үлгілі манометрмен 12 бақыланады, атмосфералық қысым – МБП манометр-барометрмен бақыланады. Әрбір колбаның толтырылуын шектелген жоғарғы қысымға (7-10% тәжірибе қысымынан) дейін арттырып, содан кейін 5 және 6 шүмек арқылы

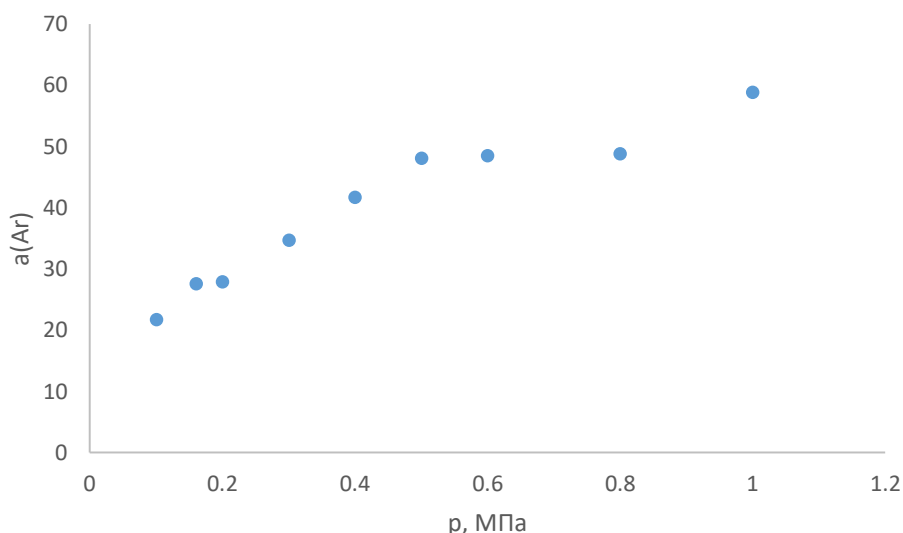
К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича қос қолба теңестіруші сыйымдылықтар арқылы біріктірілген, бұл 14 және 16 диффузиялық қолбаларда қысымды теңестіруге көмектеседі. Газ қалдықтары атмосфераға шығарылды. 14 және 16 қолбаларда қысым теңестірілгеннен кейін диффузиялық канал 15 ашылады, осыдан кейін тәжірибенің басталуы бекітілді. Эксперимент аяқталғаннан кейін аппарат қолбалары ажыратылды және араласу процесінің уақыты белгіленген. Қондырғының жоғарғы және төменгі қолбаларының газ талдағыштары ХРОМ-4 хроматографында жүргізілді [3, 4].

Эксперименттік зерттеудің нәтижелері 2-суретте диффузиялық аппараттың жоғарғы қолбасынан әр түрлі тәжірибе қысымында төменгі қолбаға диффузияланған аргонның мөлшері түрінде берілген, яғни молекулалық диффузия болжамында Стефан-Максвелл теориясы бойынша есептелген теориялық сызық түрінде келтірілген. Зерттеудің нәтижелері ретінде 2-суретте ұсынылған (He + Ar) – N₂ жүйе үшін тұрақты және тұрақсыз тасымалдау деректерін келтіруге болады. Зерттеу кезінде 0,39He+0,61Ar-N₂ газ қоспасын тәжірибелік 0,1 МПа – 1,0 МПа қысымдар аралығы және T=291,0 К-де алынды. Диффузиялық аппараттың төменгі қолбасындағы Ar концентрациясының артуымен массаалмасу процесі кезіндегі тәжірибенің ұзақтығы 5 мин уақыт ішіндегі деректерін көруге болады.



Сурет 2. 0,39He+0,61Ar-N₂ газ қоспасындағы Ar (төменгі қолба), нүкте-эксперимент, сызық-теория нәтижелері

2-суреттен зерттеу нәтижелері көрсеткендей, аппараттың төменгі қолбасындағы Ar газы концентрациясының үлкен айырмашылығымен сипатталатын айқын тұрақсыз диффузиялық тасымалдау байқалады, яғни, төменгі қысымда шамамен $p=0,1$ МПа кезінде тәжірибе мен теория арасындағы үлкен алшақтық байқалады, яғни жүйенің бастапқы күйінде процес қарқынды конвекция ағынын көрсетті. Ары қарай қысымды арттырған сайын $p=0,8$ МПа дейінгі қысым аймағында процесте біртіндеп төмендеу байқалады, яғни Ar концентрациясының эксперименттік және Стефан-Максвелл теңдеулеріне сәйкес есептелген компоненттердің диффузиялық концентрациясының мәндерін салыстыру арқылы 1,0 МПа толық тұрақты диффузияға өткенін анықтауға болады. Сондықтан, термодинамикалық параметрлерді, бұл жағдайда қысымның өзгеруі, конвективті процестің тұрақты диффузиялық процеске ауысуын сандық түрде анықтауға мүмкіндік беретіндігін көрсетілді.



Сурет 3. He+Ar-N₂ қоспадағы $\alpha(\text{Ar})$ концентрациясының қысымнан функционалды тәуелділігі, T=298,0 К

3-суретте 0,39He+0,61Ar-N₂ қоспаның қысымына α функционалды тәуелділігі бейнеленген. Тұрақты диффузия шекарасының қатаң анықтамасын ағындарының парциал компоненттердің қатынасын $\alpha_i = \frac{C_{iex}}{C_{ith}}$ бақылау арқылы алуға болады (жабық колбалар жүйесінде α парциалды параметрінің қысымнан тәуелділігі, мұндағы C_{iex} - i -ші компоненттің концентрациясының эксперименттік мәндері, ал C_{ith} - Стефан-Максвелл теңдеуі бойынша концентрацияның ($i = 1,2,3$) сәйкесінше, теориялық есептеу мәндері. Егер барлық газдар үшін компоненттердің тасымалдануы молекулалық диффузия заңдарына сәйкес, ал кем дегенде бір компонент үшін конвективті ағындардың болуын анықтауға болады.

3-суреттен көрініп тұрғандай, қысымның өзгеруінде α параметрі 1-ден артық, яғни 0,39He+0,61Ar-N₂ газ қоспасындағы Ar компоненті үшін диффузиялық процестің тұрақсыз ағынын көрсетеді. Тәжірибедегі қысымның жоғарылауымен процестің қарқындылығының артуы жалғасады, концентрациялық-гравитациялық конвективті процестің тұрақсыздығы күрт өсе бастайтынын байқау қиын емес, яғни диффузиялық каналда конвективті газ ағындары пайда болады, бұл жүйеде диффузиялық орнықсыздықтың пайда болуын анықтайды. Конвективті араласудың массалық тасымалдану қарқындылығына қысымның әсері белгілі бір мәндерімен сызықтық емес тәуелділікті көрсетті. Бұл мәндер үшін ең үлкен молекулалық салмағы бар Ar компоненттің басым тасымалдануында байқалды.

Қорыта айтқанда, эксперименттік зерттеуде үшкомпонентті газ қоспасында изотермиялық диффузия кезінде конвективті ағындар пайда болуы мүмкін екендігі анықталды, олардың қарқындылығы (ауысқан компоненттердің саны) диффузиядан бірнеше ондаған есе көп. Диффузиялық араласу кезінде тік каналда бөліну қарқындылығын өзгертетіні қысымға қатысты екені анықталды. Белгілі бір қысымның мәндерінде қоспаның бастапқы құрамдары диффузиялық капиллярда "диффузия – концентрациялық гравитациялық конвекция" ауысу режимдері анықталды.

Сондықтан, изотермиялық көпкомпонентті газ қоспасының механикалық тепе-теңдігінің тұрақтылығының бұзылуын эксперимент нәтижелері көрсеткендей, конвективті масса тасымалдаудың тұрақтылығына қысымның әсеріне байланысты екенін көрсетеді. Осындай зерттеу нәтижелері, химиялық-технологиялық аппараттар, жыл энергетика, масса

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича және жылутасымалдау, сонымен қатар көпкомпоненттік газ қоспаларын тазарту мен бөліп алу кезінде қолданылуы мүмкін.

Әдебиеттер

1. Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Мукамеденқызы В, Абдулаева А.Б. Исследование неустойчивости механического равновесия в трехкомпонентной газовой смеси, содержащей пропан, методом Стефана-Максвелла. // Вестник КазНУ. Серия физическая. 2016. – № 1(56) – С.45-50.
2. Асембаева М.К., Мукамеденқызы В., Нысанбаева А.Т., Федоенко О.В. Определение границы молекулярного массопереноса для плоского вертикального канала с массонепроницаемыми стенками// МЖиГ. - 2014. - Т. 49, вып. 3. - С. 119-123.
3. Косов В.Н., Красиков С.А., Федоренко О.В., Жакебаев Д.Б., Асембаева М.К. Экспериментальное и численное исследование особенностей разделения многокомпонентных газовых смесей при естественной гравитационной конвекции / в 2 т. Т. 1. – М.: Изд-кий дом МЭИ, 2017. – С. 228-230.
4. Kossov V., Fedorenko O., Asembaeva M., Mukamedenkyzy V., Moldabekova, M. Intensification of the separation of isothermal ternary gas mixtures containing carbon dioxide. **Chemical Engineering and Technology**, 2021, 44(11), с. 2034–2040.

УДК 532; 530.1; 53.02

Т.Б. Қоштыбаев¹, А.Қ.Берден², Е.К. Жаменкеев³, Ж.Е. Примкулова⁴

ЕРКІН БӨЛШЕКТІҢ ТОЛҚЫНДЫҚ ФУНКЦИЯСЫ

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

¹koshtybayev70@mail.ru

²berden_aimaral@mail.ru

³jamenkeev@mail.ru

⁴zhazira-1001@mail.ru

Аңдатпа

Термодинамикалық жүйенің күйін сипаттайтын параметрлер (температура, қысым, көлем) секілді кванттық механикалық жүйенің күйін табиғаты комплексті болып келген толқындық функция арқылы сипаттауға болады. Кванттық механикалық жүйе туралы барлық дерлік мәліметтер осы функцияда жинақталған. Бөлшекте толқындық қасиеттің болуы оның координатасы мен импульсін бір мезгілде дәл анықтауға мүмкіндік бермейді. Бөлшектің траекториясы ұғымынан бас тартып, оның қозғалысын ықтималдылық тәсілі арқылы зерттеу жорамал және нақты бөліктерден тұратын толқындық функцияның енгізілуіне жол ашты. Осыған байланысты, ұсынылып отырған мақалада сыртқы күштік өріс болмаған жағдайдағы кванттық (толқындық) бөлшектің жай-күйін сипаттайтын толқындық функция туралы мәселе көтерілген. Ол кеңістіктің әрбір нүктесінде бөлшектің болу ықтималдылығын анықтап беруші рөлін атқаратын және де Шредингер теңдеуінің шешімі түрінде өрнектелетіні көрсетілген. Кеңістіктік үш өлшемді координата мен уақытқа тәуелді толқындық функция осы аталған айнымалыларды бөлу арқылы ізделінеді және еркін бөлшектің кинетикалық энергиясы классикалық бөлшек секілді кез-келген мәнді қабылдай беретіндігі дәлелденіп көрсетілген. Толқындық функцияның уақыт айнымалысына қатысты құраушысы мен координаталық құраушыларына арналған толқындық теңдеулер, олардың шешімдері мақала мазмұнында дербестік жағдайда қарастырылғанмен, Шредингер теңдеуінің жалпы шешімінде олар

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
ортақ бір позициялық құрылымда жинақталады. Энергия, импульс пен толқындық вектордың құраушылары арасындағы байланыстар нақтыланған.

Түйін сөздер: толқындық функция, теңдеу, энергия, импульс, теңдеудің шешімі, бөлшек, координата, уақыт, ықтималдылық, квант

Барлық бөлшектер табиғаты мен ішкі құрылымының қандай болғандықтарына қарамастан толқындық қасиетке ие. Комплексті функция болып табылатын толқындық функция ($\psi(x, y, z, t)$ –пси–функция) кез-келген t уақыт мезетінде кеңістіктің қандай да бір $dV = dx dy dz$ көлемінде бөлшектің болу ықтималдылығын (dW) анықтап [1,2], бөлшектің қозғалыс күйін сипаттап бере алады:

$$dW = |\psi|^2 dV = |\psi|^2 dx dy dz = dx dy dz$$

t уақыт мезетінде бөлшектің V көлемде болу ықтималдылығы

$$W = \int_V dW = \int_V |\psi|^2 dV = \int_{-\infty}^{+\infty} |\psi|^2 dV = 1$$

Сондықтан да, кванттық механикада толқындық функцияның нақты көрінісін (бөлігін) іздеу маңызды. Нақты бір уақыт мезеті үшін толқындық функция берілген болса, онда бөлшектің келесі күйлері толқындық теңдеу тәрізді Шредингер теңдеуімен анықталады. Сыртқы өрістердің әсері болмаған жағдайдағы (потенциалдық энергиясы нөлге тең) кинетикалық энергиясы E , массасы μ бір өлшемді (ОХ бағытында) қозғалыс жасайтын еркін бөлшекке арналған Шредингер теңдеуін жазайық:

$$\frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} + k^2 \psi(x) = 0 \quad (1)$$

мұндағы

$$k^2 = \frac{2\mu E}{\hbar^2}, \quad (*)$$

осыдан бөлшектің энергиясы

$$E = \frac{(k\hbar)^2}{2\mu} = \frac{P_x^2}{2\mu}$$

Бұл қатынастан байқайтынымыз: толқындық кванттық бөлшектің энергиясы классикалық бөлшектің энергиясымен бірдей, яғни энергия кез-келген мәнді қабылдай алады. (1)–теңдеудің жалпы шешімі:

$$\psi(x, t) = \psi(x) \cdot \psi(t) = A e^{ikx} e^{-i\omega t} = A e^{-i(\omega t - kx)}$$

Еркін бөлшектің кеңістіктегі қозғалысына арналған Шредингер теңдеуі

$$i\hbar \frac{\partial \psi(x, y, z, t)}{\partial t} = \hat{T} \psi(x, y, z, t) \quad (1A)$$

Мұндағы \hat{T} – кинетикалық энергия операторы:

$$\hat{T} = -\frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla^2 = -\frac{\hbar^2}{2\mu} \Delta,$$

$\nabla^2 = \Delta$ – Лаплас операторы. Бұл теңдеудің шешімін айнымалыларды бөлу тәсілімен іздейміз:

$$\psi(x, y, z, t) = \varphi(x, y, z) \cdot f(t) \quad (2)$$

Осыны (1А)–ға қойсақ [3]:

$$i\hbar \frac{\partial(\varphi \cdot f)}{\partial t} = \hat{T}(\varphi \cdot f)$$

немесе

$$i\hbar \varphi \frac{\partial f}{\partial t} = f \hat{T} \varphi$$

Теңдеудің екі жағын $\varphi \cdot f$ көбейтіндіге бөлсек, онда

$$\frac{i\hbar}{f} \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{\varphi} \hat{T} \varphi$$

Бұл теңдік орындалуы үшін мынадай шарттар қажет:

$$\frac{i\hbar}{f} \frac{\partial f}{\partial t} = E = \text{const} \quad \text{немесе} \quad \frac{\partial f}{\partial t} - \frac{iE}{\hbar} f = 0 \quad (3)$$

$$\frac{1}{\varphi} \hat{T} \varphi = E = \text{const} \quad \text{немесе} \quad -\frac{\hbar^2}{2\mu} \Delta \varphi - E \varphi = 0 \quad (4)$$

(3)–те $i\ddot{t} = \dot{t}^2 = -1$ болатынын ескерсек:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{iE}{\hbar} f = 0 \quad (3A)$$

(4)–тен [4, 5]:

$$\Delta \varphi + \frac{2\mu E}{\hbar^2} \varphi = 0 \quad (4A)$$

Осыған (*)–қатынасты пайдалансақ:

$$\Delta \varphi + k^2 \varphi = 0 \quad (4B)$$

Бұл жерде $k = |\vec{k}| = |k_x \vec{e}_1 + k_y \vec{e}_2 + k_z \vec{e}_3|$ – толқын саны; \vec{k} – толқындық вектор. Бөлшектің импульсі

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\vec{P} = \hbar \vec{k} \quad (G)$$

Осыдан:

$$\vec{k} = \frac{\vec{P}}{\hbar} = \frac{1}{\hbar} (P_x \vec{e}_1 + P_y \vec{e}_2 + P_z \vec{e}_3) = \left(\frac{P_x}{\hbar} \right) \vec{e}_1 + \left(\frac{P_y}{\hbar} \right) \vec{e}_2 + \left(\frac{P_z}{\hbar} \right) \vec{e}_3 = k_x \vec{e}_1 + k_y \vec{e}_2 + k_z \vec{e}_3$$

Бұл жерде

$$k_x = \frac{P_x}{\hbar}, k_y = \frac{P_y}{\hbar}, k_z = \frac{P_z}{\hbar}$$

Ал k^2 мынаған тең:

$$k^2 = k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = \left(\frac{P_x}{\hbar} \right)^2 + \left(\frac{P_y}{\hbar} \right)^2 + \left(\frac{P_z}{\hbar} \right)^2 = \left(\frac{\vec{P}}{\hbar} \right)^2$$

немесе

$$k^2 = \frac{P^2}{\hbar^2} \quad (C)$$

(*)–теңдігін ескерсек, онда

$$\frac{2\mu E}{\hbar^2} = \frac{P^2}{\hbar^2}$$

Бұл теңдіктен алатынымыз:

$$E = \frac{P^2}{2\mu} = \text{const}$$

(3A)–теңдеудің шешімі

$$f(t) = \exp\left(-i \frac{E}{\hbar} t\right) = e^{-\frac{iEt}{\hbar}} \quad (3B)$$

Ал (4B)–теңдеудің $\varphi(x, y, z)$ шешімін айнымалыларды бөлу тәсілімен іздейміз:

$$\varphi(x, y, z) = \varphi_1(x) \varphi_2(y) \varphi_3(z) \quad (5)$$

Осыны

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 + (k_x^2 + k_y^2 + k_z^2) \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 = 0,$$

түрде жазылған (4B)–теңдеуіне қоямыз:

$$\left(\frac{\partial^2 (\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 (\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3)}{\partial z^2} \right) + (k_x^2 + k_y^2 + k_z^2) \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 = 0,$$

$$\varphi_2 \varphi_3 \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + \varphi_1 \varphi_3 \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial y^2} + \varphi_1 \varphi_2 \frac{\partial^2 \varphi_3}{\partial z^2} + (k_x^2 + k_y^2 + k_z^2) \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 = 0$$

Соңғы жазылған теңдеудің екі жағын да $\varphi_1\varphi_2\varphi_3$ –ке бөлейік [6, 7]:

$$\left(\frac{1}{\varphi_1} \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + k_x^2\right) + \left(\frac{1}{\varphi_2} \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial y^2} + k_y^2\right) + \left(\frac{1}{\varphi_3} \frac{\partial^2 \varphi_3}{\partial z^2} + k_z^2\right) = 0$$

Осыдан мынадай үш теңдеу шығады:

$$\frac{1}{\varphi_1} \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + k_x^2 = 0, \quad \frac{1}{\varphi_2} \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial y^2} + k_y^2 = 0, \quad \frac{1}{\varphi_3} \frac{\partial^2 \varphi_3}{\partial z^2} + k_z^2 = 0$$

Басқаша жазар болсақ:

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + k_x^2 \varphi_1 = 0 \quad \text{немесе} \quad \varphi_1'' + k_x^2 \varphi_1 = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial y^2} + k_y^2 \varphi_2 = 0 \quad \text{немесе} \quad \varphi_2'' + k_y^2 \varphi_2 = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi_3}{\partial z^2} + k_z^2 \varphi_3 = 0 \quad \text{немесе} \quad \varphi_3'' + k_z^2 \varphi_3 = 0 \quad (8)$$

Бұлар бір типті теңдеулер, олардың шешімдері:

$$\varphi_1(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \exp(ik_x x) \quad (6A)$$

$$\varphi_2(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \exp(ik_y y) \quad (7A)$$

$$\varphi_3(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \exp(ik_z z) \quad (8A)$$

(6A, 7A, 8A)–шешімдерді (5)–ке қойсақ:

$$\varphi(x, y, z) = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{\frac{3}{2}}} \exp(i(k_x x + k_y y + k_z z)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\hbar)^3}} e^{i\vec{k}\vec{r}} \quad (5A)$$

(5A, 3B)–шешімдерді (2)-ге қойсақ, нәтижеде еркін бөлшекке арналған Шредингер теңдеуінің шешімі *де Бройль* толқыны екендігін көреміз [8, 9]:

$$\varphi(x, y, z, t) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\hbar)^3}} e^{i\vec{k}\vec{r}} e^{-\frac{iEt}{\hbar}}$$

(G)–теңдігін ескергенде:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\varphi(x, y, z, t) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\hbar)^3}} e^{\frac{i\vec{p}\vec{r}}{\hbar}} e^{-\frac{iEt}{\hbar}} = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\hbar)^3}} e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$$

Мұндағы

$$A = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\hbar)^3}} = |\psi|^2 = \psi\tilde{\psi}$$

толқынның амплитудасы, ол нақты шама, ал $\tilde{\psi}$ болса ψ^* -ге түйіндес функция, яғни $\tilde{\psi}$

$$\tilde{\psi}(x, y, z, t) = Ae^{\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$$

Егер, (С)-қатынасты басшылыққа алып

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = \frac{1}{\hbar^2}(P_x^2 + P_y^2 + P_z^2)$$

немесе

$$k_x^2 = \left(\frac{P_x}{\hbar}\right)^2, \quad k_y^2 = \left(\frac{P_y}{\hbar}\right)^2, \quad k_z^2 = \left(\frac{P_z}{\hbar}\right)^2$$

деп алсақ, онда (6,7,8)-теңдеулерді

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + \frac{P_x^2}{\hbar^2} \varphi_1 = 0, \quad \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial y^2} + \frac{P_y^2}{\hbar^2} \varphi_2 = 0, \quad \frac{\partial^2 \varphi_3}{\partial z^2} + \frac{P_z^2}{\hbar^2} \varphi_3 = 0$$

түрлерде, ал олардың (6А,7А,8А) шешімдерін

$$\varphi_1 = C_1 \exp\left(\frac{i}{\hbar} P_x x\right), \quad \varphi_2 = C_2 \exp\left(\frac{i}{\hbar} P_y y\right), \quad \varphi_3 = C_3 \exp\left(\frac{i}{\hbar} P_z z\right)$$

түрлерде жазуға болады. Осыларды (5)-ке қойғанда

$$\varphi(x, y, z) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\hbar)^3}} \exp\left(\frac{i}{\hbar}(P_x x + P_y y + P_z z)\right) = A \exp\left(\frac{i}{\hbar} \vec{p}\vec{r}\right)$$

Бұл толқындық функцияның координаталық бөлігіне жауап беретін құраушысының жалпы жазылу түрі.

Сыртқы күштік өрістердің болмаған жағдайындағы бөлшектің қозғалыс күйіне жауапты толқындық функцияның нақты түрін анықтаудың бірнеше тәсілдері бар. Біз бұл мақалада функцияның координаттық және уақытқа қатысты бөліктерін ажыратып алып, соларға қатысты Шредингер теңдеуін шешу тәсілін қолдандық. Оны айнымалыларды бөлу тәсілі деп атайды. Толқындық функцияның координаттық бөлігінің өзін жеке-жеке координаталарға жіктеу арқылы шешімдерді іздедік. Бұл тәсіл есептеуді жүйелі жүргізуге қолайлы, әрі нәтижелерді талдауға ыңғайлы болып табылады. Шешімдер импульстік көріністе және толқын амплитудасы арқылы көрсетілді. Көп жағдайда кванттық механикалық күйді

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича стационар теңдеу және оның шешімі арқылы талдаған қолайлы.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М.: Наука, 1983. –664 с.
2. Савельев И.В. Основы теоретической физики. Том 2. М.: Лань, 2023. –432 с.
3. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: М.: Физматлит., 2001.–803 с.
4. Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Наука, 1973. –704 с.
5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Квантовая механика. М.: Наука, 1995. –356 с.
6. Демидович Б.П. Математические основы квантовой механики. М.: Лань, 2022. –200 с.
7. Грин, Х. Матричная квантовая механика. Н.: ИО [НФМИ](#), 2000. – 160 с.
8. Киселев В.В. Квантовая механика. М: МЦНМО, 2023. –720 с.
9. В. Г. Левич. Курс теоретической физики. Том–1. М.: физ.–мат. литер., 1962. –695.
10. В. Г. Левич, Ю. А. Вдовин, В. А. Мямлин. Курс теоретической физики. Том–1. М.: физ.–мат. литер., 1962. –819.

УДК 530.1, 53.02

Т.Б. Қоштыбаев¹, М.Е. Алиева², Т.Б. Диқамбай³, Г.А. Исмаилова⁴

ЛАГРАНЖДЫҚ МЕХАНИКАНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
koshtybayev70@mail.ru

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
moldir-2008@mail.ru

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
Tolesh94@mail.ru

⁴Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ.,
Ismailova.g@qyzpu.edu.kz

Аңдатпа

Мақалады Лагранждың аналитикалық механикасының құрылымдық сипаты (ерекшеліктері) жан-жақты талқыланып, Лагранж функциясы мен теңдеулерінің шығарылу жолдары талданады. Механикалық жүйелердің динамикасына арналған Лагранж тәсілінің қолданылу жүйесі (реті) көрсетілген: динамикалық жүйенің еркіндік дәрежелерінің санын белгілеп алу, жалпылама координаталарды таңдап алу, жүйенің кинетикалық энергиясын жазып, оның координаталар мен жылдамдықтарға қатысты туыңдаларын табу және жалпылама күштерді анықтау. Осылармен бірге, Лагранж теңдеулерінің коварианттылық қасиеті де қарастырылған. Бөлшектердің күрделі жүйесін қарастыру кезінде Лагранж теңдеулерінің Ньютонның қозғалыс теңдеулеріне қарағанда бірқатар артықшылықтары бар. Ньютонның екінші заңы сыртқы күштердің векторлық қосындысын (қорытқы күшті) қамтыса, Лагранж теңдеулері скаляр шамалармен жұмыс істейді. Лагранж теңдеулері

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича Гамильтон механикасының негізі деп айтуға болады. Бөлшектер мен өрістер үшін ковариантты қозғалыс теңдеулерін жазу үшін көп жағдайда Лагранж тәсілі ыңғайлы. Лежандр түрлендірулері арқылы лагранжиан гамильтонианмен байланысады.
Түйін сөздер: лагранжиан, жалпылама координаталар, жылдамдық, кинетикалық энергия, теңдеулер, функция

Лагранждық механика деп 1788 жылы Луи Лагранж енгізген өрнектер арқылы сипатталатын классикалық механиканы айтады. Бұл механикада дененің траекториясының формасы кинетикалық және потенциалдық энергиялардың айырымы түрінде болатын Лагранж функциясын уақыт бойынша интегралдау арқылы анықталады. Механикалық жүйе жалпылама координаталар мен жалпылама жылдамдықтар арқылы сипатталатын болғандықтан жүйеге жалпылама координаталар мен жылдамдықтарға және уақытқа тәуелді болатын лагранжианды сәйкес қойылады. Лагранж вариациялық есептеулердің жалпылама теориясын жасап шықты және алғаш рет ең аз әсер принципін ұсынды. Лагранж механикасындағы қарастырылатын механикалық жүйенің қозғалысы осы принципке негізделген болса, лагранжиан арқылы жүйенің қозғалыс теңдеуі мен траекториясын анықтауға болады. Лагранж тәсілінде теңдеулер мен теңсіздіктер арқылы берілген барлық түрдегі шектеулерді ескереді және осылар бойынша функцияның экстремумдарын анықтайды [1–4]. Осылармен бірге, бұл тәсілде шартты есептен қосымша айнымалылар енгізу арқылы алдыңғы есепке эквивалентті болатын шартсыз есепке ауысуға мүмкіндіктер қарастырылған. Олай болса, функцияның шартты экстремумдарын табу есебінен бірнеше айнымалы функцияның шектеусіз экстремумдарын табу есебіне ұласа алады.

Ньютонның екінші заңы секілді Лагранж теңдеулері екінші ретті дифференциалдық теңдеулер болып табылады. Әрбір жалпылама координата үшін Лагранж теңдеуін жазуға болады. Жалпылама координаталар ретінде декарттық координаталарды алатын болсақ, онда Лагранж теңдеулері Ньютонның екінші заңына айналады. Бүкіл физика қозғалыс теңдеулерінде қамтылған деуге болады, олар тәжірибелік мәліметтерді жалпылайды. Материалдық денелердің қозғалыс заңдылықтарын талдаудың екі жолы бар. Біріншісі Ньютонның классикалық механикасының үш заңын қолданып, солар арқылы қозғалыс теңдеулерін, сақталу заңдарын және шекаралық шарттарды жазу. Екіншісі жүйенің лагранжианын қолдана отырып Лагранж–Эйлер теңдеулерін құрастыру. Лагранж функциясы аналитикалық механиканың негізгі математикалық құралы болып табылады. Табиғаттың әрқилы құбылыстары үшін лагранжиандардың түрлері бірдей болмайды. Алайда, қойылған мәселелерді шешу тәсілі ортақ.

Жалпы саны n -ге тең материалдық нүктенің белгіленген санақ жүйесіне қатысты орындары

$$\vec{r}_k = \vec{i}x_k + \vec{j}y_k + \vec{k}z_k, \quad k = 1, \dots, n \quad (1)$$

векторлар жүйесімен ғана емес, сонымен бірге бір-біріне тәуелсіз жалпылама координаталар арқылы да анықталады:

$$q_i = q_i(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_n; t), \quad i = 1, \dots, 3n \quad (2)$$

Бұл жерде q_i – жалпылама координаталар $3n$ декарттық функциясы болып табылады. (1) мен (2) өрнектердің мәнісі мынадай: бізге $n = 3$ материялық нүктенің кеңістіктегі орындарын білу қажет болса, онда 3 нүктенің әрқайсысы үшін 3 радиус-векторды сәйкес қою керек болады. Сонда, (1)–ден $k = 1, 2, 3$ деп алып, мынадай векторлар жүйесі жазылады:

$$\begin{aligned}\vec{r}_1 &= \vec{i}x_1 + \vec{j}y_1 + \vec{k}z_1, \\ \vec{r}_2 &= \vec{i}x_2 + \vec{j}y_2 + \vec{k}z_2, \\ \vec{r}_3 &= \vec{i}x_3 + \vec{j}y_3 + \vec{k}z_3,\end{aligned}$$

яғни, 3 нүктенің орындарын анықтайтын координаталардың саны 9-ға тең болып отыр:

$$x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, x_3, y_3, z_3.$$

Олай болса, (2)–ден көріп отырғанымыздай, $n = 3$ деп алғанда $3n = 9$ болады, яғни жалпылама координаталардың саны да 9-ға тең:

$$\begin{aligned}q_1 &= q_1(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, t), \\ q_2 &= q_2(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, t) \\ &\dots\dots\dots \\ q_9 &= q_9(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, t).\end{aligned}$$

Механиканың көптеген есептерін декарттық координаталарда емес, жалпылама (цилиндрлік, сфералық және т.б.) координаталарда шығарған ыңғайлы. Ол үшін, нүктелер жүйесі динамикасының теңдеуін жалпылама координаталарда жазып алу қажет. Нүктелердің барлық декарттық x_i, y_i, z_i координаталарын q_1, \dots, q_{3n} жалпылама координаталар арқылы өрнектейік:

$$\begin{aligned}x_i &= x_i(q_1, \dots, q_{3n}; t), \\ y_i &= y_i(q_1, \dots, q_{3n}; t), \\ z_i &= z_i(q_1, \dots, q_{3n}; t), \\ i &= 1, 2, 3, \dots, n,\end{aligned}\tag{3}$$

мұндағы n – қарастырылып отырған нүктелердің саны. Егер $n = 3$ болса, онда $3n = 9$, $i = 1, 2, 3$ деп есептеп, (3)–тен мыналарды аламыз:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_1(q_1, \dots, q_9, t), & y_1 &= y_1(q_1, \dots, q_9, t), & z_1 &= z_1(q_1, \dots, q_9, t) \\ x_2 &= x_2(q_1, \dots, q_9, t), & y_2 &= y_2(q_1, \dots, q_9, t), & z_2 &= z_2(q_1, \dots, q_9, t) \\ x_3 &= x_3(q_1, \dots, q_9, t), & y_3 &= y_3(q_1, \dots, q_9, t), & z_3 &= z_3(q_1, \dots, q_9, t)\end{aligned}$$

n нүктенің қозғалыс теңдеулерінің координаталық формасы төмендегідей болады:

$$m_i \ddot{x}_i = F_{ix}, \quad m_i \ddot{y}_i = F_{iy}, \quad m_i \ddot{z}_i = F_{iz},\tag{4}$$

мұндағы m_i – i -ші нүктенің массасы; F_{ix}, F_{iy}, F_{iz} – i -ші нүктеге әсер ететін күштің компоненттері:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\vec{F}_i = \vec{i}F_{ix} + \vec{j}F_{iy} + \vec{k}F_{iz},$$

Мысалы, 1-ші нүктеге \vec{F}_1 күші әсер ететін болса, онда осы нүктенің қозғалыс теңдеулері

$$m_1\ddot{x}_1 = F_{1x}, \quad m_1\ddot{y}_1 = F_{1y}, \quad m_1\ddot{z}_1 = F_{1z}$$

болып жазылады, \vec{F}_1 күштің өрнегі

$$\vec{F}_1 = \vec{i}F_{1x} + \vec{j}F_{1y} + \vec{k}F_{1z},$$

ал, оның модулі (немесе шамасы)

$$F_1 = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2 + F_{1z}^2}.$$

Дәл осылайша,

$$\begin{aligned} m_2\ddot{x}_2 = F_{2x}, & \quad m_2\ddot{y}_2 = F_{2y}, & \quad m_2\ddot{z}_2 = F_{2z} \\ m_3\ddot{x}_3 = F_{3x}, & \quad m_3\ddot{y}_3 = F_{3y}, & \quad m_3\ddot{z}_3 = F_{3z} \end{aligned}$$

Оларға әсер ететін күштердің өрнектері

$$\begin{aligned} \vec{F}_2 &= \vec{i}F_{2x} + \vec{j}F_{2y} + \vec{k}F_{2z} \\ \vec{F}_3 &= \vec{i}F_{3x} + \vec{j}F_{3y} + \vec{k}F_{3z} \end{aligned}$$

Сонда, 3 нүктеден тұратын жүйеге әсер етуші күш

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \quad \text{немесе} \quad \vec{F} = \sum_{i=1}^3 \vec{F}_i$$

(4)–теңдеулерді

$$\frac{\partial x_i}{\partial q_k}, \frac{\partial y_i}{\partial q_k}, \frac{\partial z_i}{\partial q_k}$$

қатынастарға сәйкес түрде көбейтіп, i бойынша 1–ден n -ге дейін қосындылаймыз:

$$\sum_{i=1}^n m_i \left(\ddot{x}_i \frac{\partial x_i}{\partial q_k} + \ddot{y}_i \frac{\partial y_i}{\partial q_k} + \ddot{z}_i \frac{\partial z_i}{\partial q_k} \right) = \sum_{i=1}^n \left(F_{ix} \frac{\partial x_i}{\partial q_k} + F_{iy} \frac{\partial y_i}{\partial q_k} + F_{iz} \frac{\partial z_i}{\partial q_k} \right). \quad (\text{A})$$

Бұл жерде

$$\dot{x}_i = \frac{dx_i}{dt}, \quad (5)$$

ал, (3)–теңдіктер бойынша

$$x_i = x_i(q_1, \dots, q_{3n}; t),$$

сол себептен, (5)–тен:

$$\dot{x}_i = \frac{dx_i}{dt} = \sum_{k=1}^{3n} \frac{\partial x_i}{\partial q_k} \cdot \frac{\partial q_k}{\partial t} + \frac{\partial x_i}{\partial t}; \quad (5B)$$

Бұл өрнектегі $\frac{\partial q_k}{\partial t} = \dot{q}_k$, сонда (5B)–дан:

$$\dot{x}_i = \sum_{k=1}^{3n} \frac{\partial x_i}{\partial q_k} \dot{q}_k + \frac{\partial x_i}{\partial t}. \quad (5A)$$

Осы теңдіктің \dot{q}_k бойынша алынған дербес туындысы

$$\frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} = \frac{\partial x_i}{\partial q_k}. \quad (B)$$

Бұл теңдікті уақыт бойынша дифференциалдайық:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial x_i}{\partial q_k} \right) = \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\frac{\partial x_i}{\partial t} \right) = \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k}. \quad (C)$$

Сонымен, (A)–ның сол жағындағы

$$\ddot{x}_i \frac{\partial x_i}{\partial q_k},$$

бірінші мүше мынадай болады((B)–теңдігі ескерілді):

$$\ddot{x}_i \frac{\partial x_i}{\partial q_k} = \ddot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k}. \quad (6)$$

Төмендегі дифференциалдық амалды қарастырайық:

$$\frac{d}{dt} \left(\dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right) = \frac{d\dot{x}_i}{dt} \cdot \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} + \dot{x}_i \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right),$$

немесе

$$\frac{d}{dt} \left(\dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right) = \ddot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} + \dot{x}_i \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right).$$

(C)–ны ескерсек, онда

$$\frac{d}{dt} \left(\dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right) = \ddot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} + \dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k},$$

осыдан

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\ddot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} = \frac{d}{dt} \left(\dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right) - \dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k} .$$

Бұны (6)–а қойсақ:

$$\ddot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k} = \frac{d}{dt} \left(\dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} \right) - \dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k} , \quad (6A)$$

бұл өрнекте

$$\dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{q}_k} = \frac{\partial}{\partial \dot{q}_k} \left(\frac{\dot{x}_i^2}{2} \right) , \quad \dot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k} = \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\frac{\dot{x}_i^2}{2} \right) .$$

Олай болса, (6A)–дан:

$$\ddot{x}_i \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{q}_k} \left(\frac{\dot{x}_i^2}{2} \right) \right) - \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\frac{\dot{x}_i^2}{2} \right) . \quad (6B)$$

Біз (A)-теңдігінің сол жағында тұрған 1-ші мүшені түрлендірдік. (6B) сияқты теңдеулерді (A)-ның сол жағындағы 2-ші және 3-ші мүшелер үшін де жазуға болады:

$$\ddot{y}_i \frac{\partial \dot{y}_i}{\partial q_k} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{q}_k} \left(\frac{\dot{y}_i^2}{2} \right) \right) - \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\frac{\dot{y}_i^2}{2} \right) \quad (7)$$

$$\ddot{z}_i \frac{\partial \dot{z}_i}{\partial q_k} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{q}_k} \left(\frac{\dot{z}_i^2}{2} \right) \right) - \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\frac{\dot{z}_i^2}{2} \right) \quad (8)$$

(6B), (7) және (8)–өрнектерді (A)–ендігіне қойсақ, онда

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial}{\partial \dot{q}_k} \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{2} (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2 + \dot{z}_i^2) - \frac{\partial}{\partial q_k} \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{2} (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2 + \dot{z}_i^2) = \sum_{i=1}^n \left(F_{ix} \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial q_k} + F_{iy} \frac{\partial \dot{y}_i}{\partial q_k} + F_{iz} \frac{\partial \dot{z}_i}{\partial q_k} \right) . \quad (9)$$

Бұл теңдіктің сол жағына жүйенің кинетикалық энергиясы енген:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{2} (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2 + \dot{z}_i^2) , \quad (10)$$

немесе жалпы түрде

$$T = T(q_1, \dots, q_{3n}; \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_{3n}; t) .$$

(10)–ды

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{2} v_i^2 ,$$

деп те көрсетуге болады, мұндағы:

$$v_i^2 = \dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2 + \dot{z}_i^2 ,$$

ал, жүйенің толық жылдамдығының квадраты

$$v^2 = \sum_{i=1}^n v_i^2$$

Сонда, (10)–ды ескеріп, (9)–дан мынадай теңдеуді аламыз:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = \sum_{i=1}^n \left(F_{ix} \frac{\partial x_i}{\partial q_k} + F_{iy} \frac{\partial y_i}{\partial q_k} + F_{iz} \frac{\partial z_i}{\partial q_k} \right) \quad (9A)$$

Бұл теңдеудің сол жағындағы мүшені нүктелер жүйесіне q_k бағытында әсер ететін жалпылама күштер деп атайды:

$$F_k = \sum_{i=1}^n \left(F_{ix} \frac{\partial x_i}{\partial q_k} + F_{iy} \frac{\partial y_i}{\partial q_k} + F_{iz} \frac{\partial z_i}{\partial q_k} \right) \quad (11)$$

Сонда, (9A)–дан:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = F_k \quad (12)$$

Бұл теңдеулерді жалпылама q_k координаталарда жазылған қозғалыс теңдеулері немесе Лагранж теңдеулері деп атайды. F_k – жалпылама күштер

$$U = U(q_1, \dots, q_{3n}; t), \quad (D3)$$

потенциалдық функция немесе потенциал арқылы мына түрде өрнектеледі:

$$F_k = - \frac{\partial U}{\partial q_k} \quad (13)$$

(11)–дегі F_k -ның құраушыларын

$$F_{ix} = - \frac{\partial U}{\partial x_i}, \quad F_{iy} = - \frac{\partial U}{\partial y_i}, \quad F_{iz} = - \frac{\partial U}{\partial z_i},$$

деп алсақ, онда (11)–ден:

$$F_k = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial U}{\partial x_i} \cdot \frac{\partial x_i}{\partial q_k} + \frac{\partial U}{\partial y_i} \cdot \frac{\partial y_i}{\partial q_k} + \frac{\partial U}{\partial z_i} \cdot \frac{\partial z_i}{\partial q_k} \right) = - \frac{\partial U}{\partial q_k}$$

ал, (12)–ден

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = - \frac{\partial U}{\partial q_k} \quad (12A)$$

U потенциал \dot{q}_k жалпылама жылдамдықтарға тәуелді емес ((D3)-ке қараңыз). Олай болса, (12A)-ны мына түрде жазуға болады:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{q}_k} (T - U) \right) - \frac{\partial}{\partial q_k} (T - U) = 0 \quad (12B)$$

Осы теңдеуде

$$L = T - U, \quad (14)$$

деп белгілесек, онда (12B)–дан

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_k} = 0$$

L –ді Лагранж функциясы немесе кинетикалық потенциал деп атайды. (14)–тің жалпы түрі

$$L(q_k, \dot{q}_k, t) = T(q_k, \dot{q}_k, t) - U(q_k)$$

Жалпылама координаталарды q_1, q_2, q_3 деп алсақ, онда (14)–тегі кинетикалық энергияны

$$T = \frac{m}{2} v^2,$$

ал, сондағы потенциал

$$U = U(q_1, q_2, q_3),$$

болады, мұндағы

$$v^2 = H_{q_1}^2 \cdot \dot{q}_1^2 + H_{q_2}^2 \cdot \dot{q}_2^2 + H_{q_3}^2 \cdot \dot{q}_3^2,$$

жылдамдық квадратының жалпылама q_1, q_2, q_3 координаталардағы өрнегі. Сонда, (14)–тен

$$L(q_1, q_2, q_3, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dot{q}_3, t) = \frac{m}{2} v^2 - U(q_1, q_2, q_3)$$

Лагранж теңдеулері

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_k} = 0, \quad k = 1, 2, 3$$

немесе

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_1} = 0,$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_2} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_2} = 0,$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_3} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_3} = 0.$$

Лагранж теңдеулері саны s -ке тең айнымалыларға қатысты жазылған саны сонша болатын екінші ретті дифференциалдық теңдеулер болып табылады және координаталар жүйесі ауысқан кезде олар өздерінің жазылу формаларын сақтап қалады (коварианттылық қасиет). Бұл теңдеулердің көмегімен динамиканың кез-келген есебін шешкен кезде қолданылатын амалдардың мынадай реті сақталады: еркіндік дәрежелерінің санын анықтау; жалпылама координаталарды таңдау; жүйенің кинетикалық энергиясын жазып, оның координаталар мен жылдамдықтар бойынша алынған туындаларын табу; жалпылама күштерді табу, ол үшін: жұмыс атқаратын барлық күштерді анықтау, олардың әрбірінің атқаратын жұмыстарын қосу керек; тқозғалыс теңдеулерін құрып, оларды бастапқы шарттар негізінде интегралдау қажет. Лагранж функциясын еркіндік дәрежелерінің саны шексіз болатын жүйелерге де қолдануға болады, мұндай жүйелерді классикалық физикалық өрістер деп атайды, оларға электромагниттік, гравитациялық өрістерді, ядролық күштер өрісін, квантталған (толқындық) өрістерді жатқызуға болады. Мұндай жағдайларда жалпылама координаталар рөлін өріс функциясының мәндері атқарады. Механикадағы Лагранж принциптері және математикадағы Лагранж тәсілдері бүгінгі күнге дейін маңызын жоғалтқан жоқ.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Миронов М.В. Лагранжева и гамильтонова механика. С-П., 2021. –312 с.
2. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. М.: Физматлит, 2001. – 264 с.
3. Ланцош К. Вариационные принципы механики. М.: Мир, 1965.– 408 с.
4. Парс Л.А. Аналитическая динамика. М.: Наука, 1971.– 636 с.
5. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. М.: Наука, 1989. – 472 с.
6. Вильке В.Г. Теоретическая механика. СПб.: Изд-во «Лань», 2003. –304 с.
7. Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. М.: Физматлит, 2002. –392 с.
8. Бисембаев Қ., Өміржанова Ж. М. Классикалық механика. Алматы, ҚазҰПУ, 2012. –135 б.
9. Жамалова А. Классикалық механика. Алматы, 2014. – 149 б.

УДК 530.1, 53.02

Т.Б. Қоштыбаев¹, Э.О. Құткелдиева², Н.Н. Шинькулова³, Б.Ә. Камал⁴

ГАМИЛЬТОН МЕХАНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
koshtybayev70@mail.ru

²Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
elzira.kutkeldieva@gmail.com

³Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
Sh.nurgul82@gmail.com

⁴Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
Kamal.b68@mail.ru

Аңдатпа

Қозғалыстардың негізгі заңдылықтарын анықтап, оларды зерделеу мақсатында гамильтондық механикаға тереңірек талдаулар жасалған. Барлық механикалық жүйелердің динамикасы жалпылама координаталарға, жалпылама импульстерге және уақытқа байланысты болатын гамильтон функциясы (немесе гамильтониан) арқылы жасалады. Классикалық механикадағы қозғалыс теңдеулері Гамильтонның каноникалық теңдеулері түрінде, ал механиканың гамильтондық бейнесі Гамильтон–Якоби теңдеуі арқылы беріледі. Ал, консервативтік жүйелер үшін Гамильтон функциясы толық энергия рөлін атқарады. Бұл мақалада осы келтірілген тұжырымдамалар жүйелі түрде іске асырылып көрсетілген, яғни Лагранж функциясы арқылы жалпылама күштер мен жалпылама импульстер анықталып, Гамильтон функциясының нақты формасы шығарылып көрсетіледі. Ньютондық механика–лагранждық механиканың, ал өз кезегінде лагранждық механика–гамильтондық механиканың құрамдас бөлігі деген қағида бойынша классикалық механиканың принциптері дифференциалдық теңдеулерге негізделген математикалық аппарат арқылы қарастырылған. Гамильтон теңдеулері бірінші ретті дифференциалдық теңдеулер болғандықтан Лагранждың екінші ретті теңдеулеріне қарағанда жеңіл шешілгенімен, осы теңдеулерге алып келетін қадамдар лагранж механикасындағы қадамдарға қарағанда күрделірек болатындығы көрсетілген. Жалпылама координаталар мен жалпылама импульстердегі гамильтон функциясы мен теңдеулерінің сфералық координаталарда жазылу үлгілері келтірілген.

Түйін сөздер: гамильтониан, Лагранж функциясы, классикалық бөлшек, жалпылама координата және импульс, толық энергия, кинетикалық энергия

Гамильтондық механиканы классикалық механиканың бір көрінісі (немесе анықтамасы) деп қабылдау керек. Оны 1833 жылы Уильям Гамильтон ұсынған және ол классикалық механиканың 1788 жылы Лагранж ұсынған үлісінің негізінде пайда болған. Лагранж теңдеулері жалпылама координаталарға арналған уақыт бойынша екінші ретті дифференциалдық теңдеулер жүйесі болып табылады. Гамильтонның ұсынысы бойынша аталған теңдеулердің ретін төмендетіп Лагранж теңдеулерінің жүйесін жалпылама координаталар мен олардың уақыт бойынша туындыларына арналған теңдеулер жүйесімен алмастыру. Бірақ, Гамильтонның теңдеулер жүйесінде жалпылама жылдамдықтардың орнына жалпыланған импульстер алынған. Гамильтонның ұстанымы ең аз әсер принципімен байланысты. Оны алғаш рет Мопертюи тұжырымдаған болатын: динамика кинетикалық энергиядан алынған интегралдың аз шама болатындығы туралы талапқа бағыну тиіс [1,2]. Бұл интегралды ол әсер деп атады. Лагранж және Гамильтон механикалары шартты түрде ұқсас болғанымен, кейінгісі классикалық механиканың математикалық құрылымы жағынан пайдалырақ болды. Қазіргі таңда математикалық тәсілдер және ұғымдар тұрғысынан қарай отырып классикалық механиканы үш тарауға бөлеміз: ньютондық, лагранждық және гамильтондық. Олардың әрқайсысы әртүрлі математикалық аппаратқа негізделген. Гамильтонға дейін бөлшектің координатасы маңызды еді, ал оның жылдамдығы координаталардың өзгеріс тездігі деп қарастырылып келді. Ал гамильтондық әдіс бойынша бөлшектің импульсі негізгі рөл атқаратын болады. Координата мен импульс өзара тәуелсіз айнамаушылар болып табылады немесе бөлшектің импульсі оның координаталарының өзгерісіне ешқандай да қатысы жоқ. Гамильтондық механикада екі теңдеулер жүйесі бар:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича импульстің уақыт бойынша өзгеру заңдылығы мен координаталардың уақытқа сәйкес өзгерісі.

Жалпылама q_k координаталардағы Лагранж функциясының жалпы түрі $\vec{e}_{q_1}, \vec{e}_{q_2}, \vec{e}_{q_3}$, мұндағы әрбір q_1, q_2, q_3 координаталық осьтердің бағыттаушы бірлік векторлары.

$$L = L(q_k, \dot{q}_k, t) \quad (1)$$

немесе

$$L = T(q_k, \dot{q}_k, t) - U(q_k) \quad (2)$$

Бұл теңдікті ашып жазсақ

$$L = \frac{m}{2} \sum_k \dot{q}_k^2 - U(q_k) \quad (3)$$

Лагранждың теңдеулерінің

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right) = \frac{\partial L}{\partial q_k} \quad (4)$$

түрде жазылатынын мына теңдеуден $g^2 = H_x^2 \cdot \dot{x}^2 + H_y^2 \cdot \dot{y}^2 + H_z^2 \cdot \dot{z}^2$ көруге болады. (1)-дің дифференциалы [3,4]

$$dL = \sum_k \frac{\partial L}{\partial q_k} dq_k + \sum_k \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} d\dot{q}_k \quad (5)$$

(4)-теңдеулердегі $\frac{\partial L}{\partial q_k}$ қатынасы F_k - жалпылама күштерге тең болады, яғни

$$\frac{\partial L}{\partial q_k} = F_k \quad (6)$$

Сонда, (4)-қозғалыс теңдеулерінен

$$\frac{\partial P_k}{\partial t} = \frac{dP_k}{dt} = F_k$$

немесе

$$\dot{P}_k = \frac{dP_k}{dt} = \frac{\partial L}{\partial q_k}, \quad (7)$$

мұндағы

$$P_k = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k}, \quad (8)$$

жалпылама импульстер. (8)-теңдеу мен (7)-теңдеуді (5)-теңдеуге қойсақ

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$dL = \sum_k \dot{P}_k dq_k + \sum_k P_k d\dot{q}_k \quad (9)$$

Енді, мынадай дифференциалдық амалды қарастырайық:

$$d\left(\sum_k P_k \dot{q}_k\right) = \sum_k P_k d\dot{q}_k + \sum_k \dot{q}_k dP_k,$$

Осыдан

$$\sum_k P_k d\dot{q}_k = d\left(\sum_k P_k \dot{q}_k\right) - \sum_k \dot{q}_k dP_k$$

Осыны 9-теңдеуге қойсақ, онда [5,6]

$$dL = \sum_k \dot{P}_k dq_k + d\left(\sum_k P_k \dot{q}_k\right) - \sum_k \dot{q}_k dP_k$$

немесе

$$d(L - \sum_k P_k \dot{q}_k) = \sum_k \dot{P}_k dq_k - \sum_k \dot{q}_k dP_k$$

Бұл теңдіктің екі жағын да -1 көбейткен кезде:

$$d\left(\sum_k P_k \dot{q}_k - L\right) = \sum_k \dot{q}_k dP_k - \sum_k \dot{P}_k dq_k \quad (10)$$

Мынадай белгілеу енгізейік:

$$H = \sum_k P_k \dot{q}_k - L, \quad (11)$$

H – механикалық жүйенің *толық энергиясы* немесе *Гамильтон функциясы* деп аталады, оның жалпы түрі

$$H = H(q_k, P_k, t). \quad (12)$$

(3)–теңдеуді ескергенде

$$H = \sum_k P_k \dot{q}_k - \frac{m}{2} \sum_k \dot{q}_k^2 + U(q_k) \quad (13)$$

P_k – жалпылама импульстерді $P_k = m\dot{q}_k$ теңдігі бойынша да анықтауға болатынын ескерсек, (13)–теңдеуден

$$H = \sum_k m\dot{q}_k \dot{q}_k - \frac{m}{2} \sum_k \dot{q}_k^2 + U(q_k) = \sum_k \left(m\dot{q}_k^2 - \frac{m}{2} \dot{q}_k^2\right) + U(q_k) = \sum_k \frac{m}{2} \dot{q}_k^2 + U(q_k) = \sum_k \frac{m}{2} H_{0k}^2 \dot{q}_k^2 + U(q_k)$$

Бұл өрнектегі [7–9]

$$\mathcal{G}^2 = \sum_k \dot{q}_k^2 = \sum_k H_{0k}^2 \dot{q}_k^2 \quad (14)$$

механикалық жүйе (немесе нүкте) жылдамдығының квадраты; H_{0k} – Ламэ коэффициенттері. (11)–ді (10)–ға қойсақ

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$dH(q_k, P_k, t) = -\sum_k \dot{P}_k dq_k + \sum_k \dot{q}_k dP_k \quad (15)$$

(12)–теңдеуді дифференциалдайық:

$$dH = \sum_k \frac{\partial H}{\partial q_k} dq_k + \sum_k \frac{\partial H}{\partial P_k} dP_k$$

Осыны (15)–теңдеуге қойсақ, онда

$$\sum_k \frac{\partial H}{\partial q_k} dq_k + \sum_k \frac{\partial H}{\partial P_k} dP_k = -\sum_k \dot{P}_k dq_k + \sum_k \dot{q}_k dP_k,$$

Немесе

$$\sum_k \left(\frac{\partial H}{\partial q_k} + \dot{P}_k \right) dq_k + \sum_k \left(\frac{\partial H}{\partial P_k} - \dot{q}_k \right) dP_k = 0,$$

осыдан

$$\dot{P}_k = -\frac{\partial H}{\partial q_k}, \quad \dot{q}_k = \frac{\partial H}{\partial P_k} \quad (16)$$

Бұларды *Гамильтон теңдеулері* деп атайды. Сонымен, жалпылама q_k координаталардағы Гамильтон функциясының өрнегі

$$H = \frac{m}{2} \sum_k H_{0k}^2 \dot{q}_k^2 + U(q_k) \quad (17)$$

Мұндағы

$$T = \frac{m}{2} \sum_k H_{0k}^2 \cdot \dot{q}_k^2$$

жүйенің (немесе массасы m –ге тең қозғалыстағы бөлшектің) кинетикалық энергиясы; $U(q_k)$ – оның потенциалдық энергиясы. (16)–теңдеуде $k = 1, 2, 3$ деп алсақ, онда

$$H = \frac{m}{2} (H_{01}^2 \cdot \dot{q}_1^2 + H_{02}^2 \cdot \dot{q}_2^2 + H_{03}^2 \cdot \dot{q}_3^2) + U(q_1, q_2, q_3) \quad (18)$$

Гамильтон функциясы мен теңдеулерін сфералық координаталарда қарастырайық. Бұл координаталардағы Ламэ коэффициенттері

$$H_{01} = H_r = 1, \quad H_{02} = H_\theta = r, \quad H_{03} = H_\varphi = r \sin \theta$$

Осылармен бірге,

$$q_1 = r, \quad q_2 = \theta, \quad q_3 = \varphi$$

деп алсақ, онда (18)–теңдеуден:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$H(r, \theta, \varphi, \dot{r}, \dot{\theta}, \dot{\varphi}, t) = \frac{m}{2} (\dot{r}^2 + r^2 \dot{\theta}^2 + r^2 \sin^2 \theta \cdot \dot{\varphi}^2) + U(r, \theta, \varphi) \quad (19)$$

(16)–теңдеуден r, θ, φ координаталардағы Гамильтон теңдеулері

$$\dot{P}_r = -\frac{\partial H}{\partial r}, \quad \dot{P}_\theta = -\frac{\partial H}{\partial \theta}, \quad \dot{P}_\varphi = -\frac{\partial H}{\partial \varphi} \quad (20)$$

$$\dot{r} = \frac{\partial H}{\partial P_r}, \quad \dot{\theta} = \frac{\partial H}{\partial P_\theta}, \quad \dot{\varphi} = \frac{\partial H}{\partial P_\varphi} \quad (21)$$

Лагранж функциясының сфералық координаталардағы өрнегін жазайық:

$$L = \frac{m}{2} (\dot{r}^2 + r^2 \dot{\theta}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2 \sin^2 \theta) - U(r, \theta, \varphi) \quad (22)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{r}} \right) - \frac{\partial L}{\partial r} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \varphi} = 0$$

Осы Лагранж теңдеулерінен мынаны аламыз:

$$P_r = \frac{\partial L}{\partial \dot{r}}, \quad P_\theta = \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}}, \quad P_\varphi = \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}}$$

Немесе осыларға (22)–теңдеуді қойғанда

$$P_r = m\dot{r}, \quad P_\theta = mr^2\dot{\theta}, \quad P_\varphi = mr^2\dot{\varphi}\sin^2\theta$$

Бұлардан

$$\dot{r} = \frac{P_r}{m}, \quad \dot{\theta} = \frac{P_\theta}{mr^2}, \quad \dot{\varphi} = \frac{P_\varphi}{mr^2 \sin^2 \theta} \quad (23)$$

Бұл қатынастарды 19-теңдеуге қойсақ

$$H = \frac{1}{2m} \left(P_r^2 + \frac{P_\theta^2}{r^2} + \frac{P_\varphi^2}{r^2 \sin^2 \theta} \right) + U(r, \theta, \varphi) \quad (24)$$

(21) мен (23) теңдеулерді салыстырсақ, нәтижесінде

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\frac{\partial H}{\partial P_r} = \frac{P_r}{m}, \quad \frac{\partial H}{\partial P_\theta} = \frac{P_\theta}{mr^2}, \quad \frac{\partial H}{\partial P_\varphi} = \frac{P_\varphi}{mr^2 \sin^2 \theta}$$

Бұлардың дұрыстығын (24)–тендеуді (21)–тендеуге қою арқылы дәлелдеуге болады. (20)–тендеуді мына түрде де жаза аламыз:

$$F_r = -\frac{\partial H}{\partial r}, \quad F_\theta = -\frac{\partial H}{\partial \theta}, \quad F_\varphi = -\frac{\partial H}{\partial \varphi} \quad (25)$$

Өйткені

$$F_r = \dot{P}_r = \frac{dP_r}{dt}, \quad F_\theta = \dot{P}_\theta = \frac{dP_\theta}{dt}, \quad F_\varphi = \dot{P}_\varphi = \frac{dP_\varphi}{dt}$$

(19)–тендеуді немесе (24)–тендеуді (25)–тендеуге қойсақ:

$$F_r = -\frac{dU}{dr}, \quad F_\theta = -\frac{dU}{d\theta}, \quad F_\varphi = -\frac{dU}{d\varphi}$$

Гамильтониандарды секіріп жатқан допты, маятникті немесе тербеліп жатқан серіппені сипаттау үшін қолдануға болады. Мұндай қарапайым жүйелерде кинетикалық энергия мен потенциалдық энергия бір-біріне айналып жатады. Сонымен бірге, гамильтониандарды планеталардың орбиталарын және кванттық механика принциптері бойынша атомдық жүйелердің тіршілігін зерттеу үшін қолдануға болады. Гамильтон теңдеулерін механикалық жүйеге жасалатын сыртқы жалпылама күштер мен жүйенің жалпылама жылдамдықтары деп қабылдауға болады. Олар векторлық шамалар болғандықтан оларды құраушылар түрінде де жіктеп көрсетуге болады. Осының нақты масалы ретінде мақалада гамильтон функциясы мен теңдеулері сфералық координаталар жүйесінде қарастырылып өтілген.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Вилази Г. Гамильтонова динамика. М.: ИКИ и РХД, 2006. – 432 с.
2. Виноградов А. М., Красильщик И. С. [Что такое гамильтонов формализм?](#) // Успехи математических наук. 1975. Т. 30, выпуск 1(181), стр. 173–198.
3. Виноградов А. М., Купершмидт Б. А. [Структура гамильтоновой механики](#) // Успехи математических наук. 1977. Т. 32, стр. 175–236.
4. Abraham R., Marsden J. E. Foundations of Mechanics. London: Benjamin-Cummings, 1978.
5. Гантмахер Ф. Р. Лекции по аналитической механике. М.: [Физматлит](#), 2005. – 264 с.
6. Бисембаев Қ., Өміржанова Ж.М. Классикалық механика. Алматы, ҚазҰПУ, 2012. –135 б.
7. Жамалова. Классикалық механика. Алматы, 2014. – 149 б.
8. Арнольд В. И. Математические методы классической механики. М.: ЕдиториалУРСС, 2003. – 416 с.

В.С. Лысенко

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ

Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы
vikstel.777@mail.ru

Аннотация

В докладе представлен краткий анализ существующих технологий и конструкций основанных на использовании эффекта гидравлического удара для получения тепловой энергии. Описана запатентованная альтернативная конструкция гидротаранной тепловой установки, особенностью которой является использование избыточного давления в напорной емкости и вихревого теплогенератора. Предварительные результаты стендовых испытаний показали высокую эффективность преобразования энергии гидравлического удара в тепло. Устройство позволяет значительно снизить затраты энергии на производство тепловой энергии и применимо после комплексных испытаний опытного образца теплогенератора и конструкторских и технологических доработок к коммерциализации.

Ключевые слова. *Гидравлический удар, альтернативная энергия гидроудара, тепловая энергия, энергосбережение, теплогенератор, вихревой эффект, эффективность.*

Известен способ работы теплового генератора без потребления электрической энергии и устройство для его осуществления [1]. Способ, заключающийся в получении тепла из окружающей среды, повышении температуры теплоносителя и передаче его в систему отопления, отличающийся тем, что подачу рабочего тела, в данном случае воды, во внешний контур осуществляют с помощью гидротарана, а электрическая энергия для работы насоса на внутреннем контуре подается от турбогенератора, установленного на внешнем контуре. Устройство для обеспечения указанного способа, состоящее по меньшей мере из компрессора, дросселя, двух аппаратов-теплообменников и турбогенератора, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит во внешнем контуре гидравлический таран с установкой на контуре турбогенератора.

Недостатком этого устройства является низкая эффективность получения тепловой энергии.

Известен также кавитационный энергосберегающий теплогенератор - гидротаран [2], состоящий из гидроударной трубы, переключающего клапана, исполняющего устройства привода клапанов, области образования кавитационных пузырей, воздушного колпака, трубы подъема воды, датчика давления, установленного в месте возникновения гидроудара.

Также известен кавитационный гидроударный генератор тепла [3], состоящий из входной трубы, дросселя, клапана прерывателя потока, бак-конденсор, кавитатор с отверстиями для воздуха, трубки подачи воздуха, каверны, гидроударной трубы, датчика давления, исполнительного механизма, выходной трубы, клапана избыточного давления пара и уравнительной емкости.

Также известен гидроударный кавитационный теплогенератор и водоподъемное устройство [4], состоящие из питающего резервуара, трубопровода, клапана прерывателя потока, трубы гидротарана, полусферического кавитатора, ударного клапана, нагнетательного клапана, воздушного колпака, трубопровод горячей воды, принимающий резервуар, жесткое соединение клапанов, крана потребителя, каверны, регулирующей емкости и клапана избыточного давления.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Недостатком описанных кавитационных гидроударных теплогенераторов является сложность их конструкций и вредное влияние кавитации как на структуру воды, так и на эрозионное разрушение материалов теплогенераторов. Последнее требует дополнительной защиты конструкции от кавитационной эрозии.

Наиболее близким аналогом, то есть прототипом является подводный гидравлический таран [5], состоящий из питательной трубы, ударного клапана, воздушного колпака, нагнетательного клапана, нагнетательной трубы, при этом для создания начальной скорости воды в питательной трубе используется соединенный с ударным клапаном дополнительный резервуар без воздуха, в который осуществляется одноразовый слив некоторого начального количества воды.

Недостатком прототипа является то, что для повышения его энергетической мощности необходимо увеличивать глубину его погружения в водоем. Это ограничивает его практическое применение, в частности в качестве автономных тепловых установок для отопления и горячего водоснабжения локальных объектов, отдаленных от глубоководных водоемов.

Целью изобретения является повышение энергетической эффективности и расширение технологических возможностей по обеспечению широкого диапазона энергетической мощности, в частности для обеспечения локальных отдаленных от глубоководных водоемов объектов тепловой энергией требуемой мощности.

Поставленная цель достигается тем, что гидротаранная тепловая установка состоящая из питательной трубы, ударного клапана, воздушного колпака, нагнетательного клапана, нагнетательной трубы и емкости, в которую осуществляется при помощи ударного клапана разовый слив некоторого начального количества воды для создания начальной скорости воды в питательной трубе, снабжена напорным резервуаром с избыточным давлением воздуха, соединительным патрубком, электромагнитной задвижкой, вихревым теплогенератором, соединенным с одной стороны через инжектор и нагнетательную трубу с воздушным колпаком, а с другой стороны посредством патрубка с обратным клапаном с напорным резервуаром, обеспечивая нагрев и циркуляцию воды по замкнутому контуру, электроприводом ударного клапана и одним или двумя теплообменниками для отопления и/или горячего водоснабжения.

Известно, что отношение напора создаваемого гидротараном H на выходе из нагнетательной трубы воздушного колпака к начальному напору h всегда больше единицы и меньше 2 и соответствует соотношению $2 > H/h > 1$. То есть создаваемый гидротараном напор H зависит от начального напора h и при соответствующих оптимальных параметрах системы может достичь двукратного увеличения по отношению к начальному напору h .

Энергетическая мощность гидравлических станций определяется произведением напора на расход воды по формуле

$$N = \eta g \rho H Q [\text{Вт}],$$

где η – коэффициент полезного действия гидротурбины или теплогенератора,

g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$,

ρ – удельный вес воды, $\approx 1000 \text{ кг/м}^3$,

H – напор в метрах,

Q – расход воды в $\text{м}^3/\text{с}$.

Следовательно, повышение энергетической мощности предлагаемого технического решения достигается путем повышения создаваемого напора H за счет увеличения начального напора h путем создания избыточного давления в напорном резервуаре. При этом повышение расхода Q достигается за счет изменения геометрических параметров питательной трубы, воздушного колпака, нагнетательного клапана и нагнетательной трубы.

В предлагаемом техническом решении начальный напор будет равен сумме водяного столба h_1 и избыточного давления p в напорном резервуаре, то есть $h = (h_1 + p)$. Например, при $h_1 = 1 \text{ м}$ и избыточном давлении в напорном резервуаре $p = 0,2 \text{ МПа}$, начальный напор будет $h = 21 \text{ метр}$. Для создания такого начального напора в прототипе, его необходимо

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича погрузить в водоем на глубину 21 метр.

Таким образом, снабжение гидротаранной тепловой установки напорным резервуаром с избыточным давлением воздуха позволяет расширить технологические возможности изобретения за счет обеспечения широкого спектра вырабатываемой тепловой мощности и возможности её использования в районах, где отсутствуют глубоководные водоемы. Последнее весьма актуально для потребителей городов и степных регионов Республики Казахстан.

Снабжение гидротаранной тепловой установки вихревым теплогенератором, например, по патенту РК [7], позволяет повысить эффективность вырабатываемой тепловой энергии. Это подтверждается результатами испытаний вихревого теплогенератора по предварительному патенту РК [7] в лаборатории машиностроительного завода им. Кирова в городе Алматы.

Предлагаемая гидротаранная тепловая установка иллюстрируется чертежом на рисунке 1, на котором представлена его принципиальная схема.

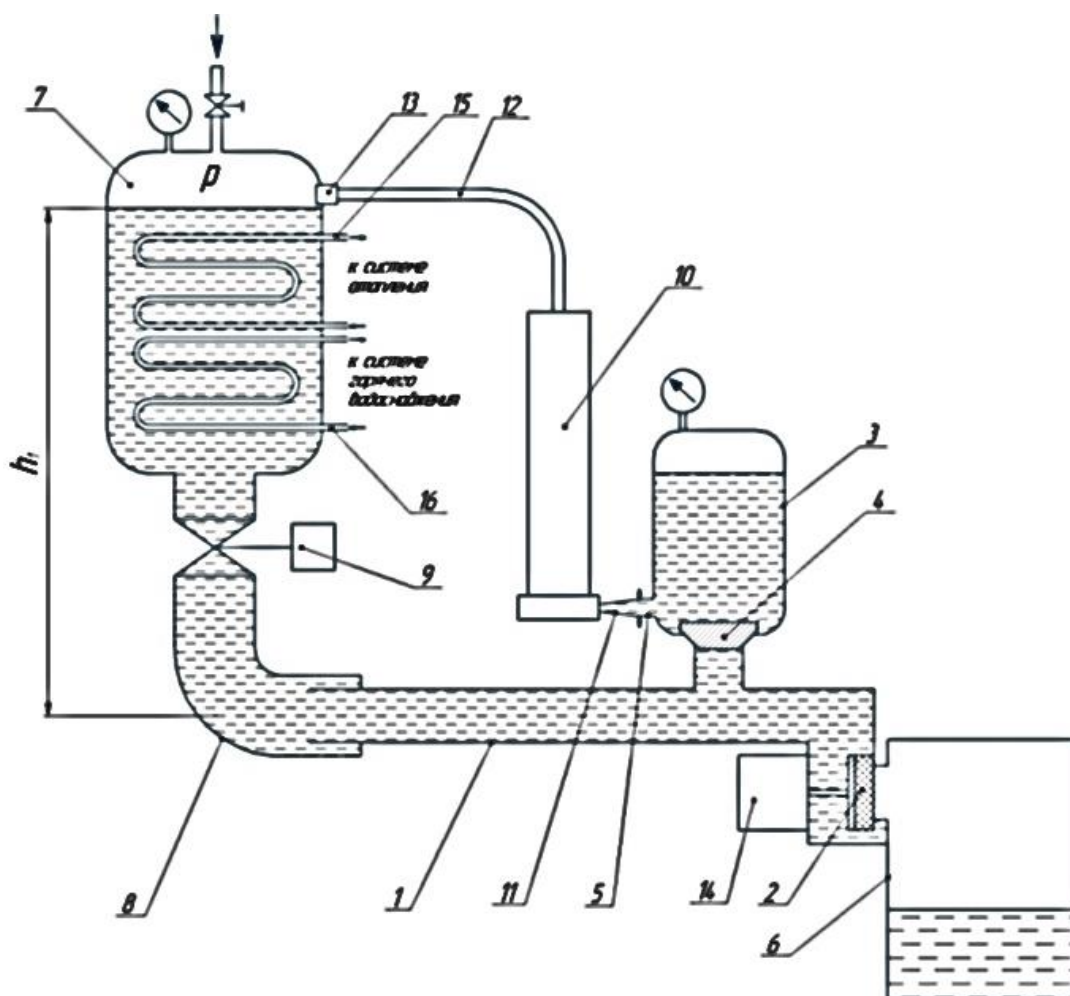


Рисунок 1 – Принципиальная схема гидротаранной тепловой установки.

Гидротаранная тепловая установка содержит питательную трубу 1, ударный клапан 2, воздушный колпак 3, нагнетательный клапан 4, нагнетательную трубу 5, емкости 6, в которую осуществляется ударным клапаном 2 разовый слив некоторого начального количества воды для создания начальной скорости воды в питательной трубе 1, напорный резервуар 7 с избыточным давлением p воздуха, соединительный патрубкок 8, электромагнитную задвижку 9, вихревой теплогенератор 10, соединенный с одной стороны через инжектор 11 и нагнетательную трубу 5 с воздушным колпаком 3, а с другой стороны посредством патрубка 12 с обратным клапаном 13 с напорным резервуаром 7, обеспечивая

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
нагрев и циркуляцию воды по замкнутому контуру, электропривод 14 ударного клапана 2, теплообменник для отопления 15 и теплообменник 16 для горячего водоснабжения.

Работа гидротаранной тепловой установки, предварительно заполненной водой или другой жидкостью и в напорном резервуаре 7 известными способами создано избыточное давление p воздуха и при открытой электромагнитной задвижки 9 осуществляется следующим образом.

Ударный клапан 2 до момента начала работы за счет сил давления воды в питательной трубе 1, как показано на фигуре, находится в закрытом положении и вода из питательной трубы 1 и емкость 6 не поступает. В момент начала работы при помощи электромагнитного привода 14 клапан 2 принудительно открывается и вода из напорного резервуара 7 через открытую задвижку 9, соединительный патрубок 8 и питательную трубу 1 под напором начинает поступать в емкость 6. За промежуток времени пока клапан 2 открыт, вода в питательной трубе 1 разгоняется до заданной скорости. Далее клапан 2 резко закрывается. Истечение воды в емкость 6 прекращается. Инерция движущейся воды при внезапной её остановке порождает явление гидравлического удара. При этом нагнетательный клапан 4 открывается и осуществляется закачка воды в воздушный колпак 3, аналогично процессу закачки в обычном гидравлическом таране. В конце периода нагнетания воды и отражения ударных волн (как известно из теории гидравлического удара) при определенных параметрах потока воды достигается состояние в питательной трубе, когда из питательной трубы 1 вода одновременно вытекает обратно в соединительный патрубок 8 и поступает в воздушный колпак 3. В питательной трубе 1 происходит разрыв сплошности воды и образуется зона разрежения (вакуума). При этом нагнетание воды в воздушный колпак 3 прекращается, так как под действием избыточного давления возникающего за счет сжатия воздуха в воздушном колпаке нагнетательный клапан 4 закрывается. При определенном числе фаз нагнетания и при определенных параметрах потока воды, а также при определенных соотношениях площади проходного сечения, толщины стенок и длины питательной трубы 1, эта зона разрежения занимает существенный объем по отношению к используемому объему питательной трубы 1 в районе нагнетательного клапана 4. В результате из резервуара 7 через патрубок 8 и питательную трубу 1 в эту зону разрежения опять начинает поступать под напором вода, где она за счет вакуума опять разгоняется до первоначальной скорости. При достижении движущегося с данной скоростью переднего фронта воды и закрытого ударного клапана происходит внезапная остановка воды и возникает повторное явление гидравлического удара. После чего выше описанный процесс нагнетания воды в воздушный колпак 3 и образования аналогичной зоны разрежения полностью повторяется. В периоды времени, когда нагнетательный клапан 4 закрыт под действием избыточного давления через нагнетательную трубу 5 вода с большим, чем исходный, напором поступает через инжектор 11 в вихревой теплогенератор 10, в котором за счет вихревых эффектов нагревается и далее через патрубок 12 и обратный клапан 13 вода поступает в напорный резервуар 7. Таким образом, с нарастающим температурным градиентом вода импульсно циркулирует по замкнутому контуру: напорный резервуар 7 - открытая задвижка 9 - соединительный патрубок 8 - питательная труба 1 - воздушный колпак 3 - нагнетательный патрубок 5 - вихревой теплогенератор 10 - патрубок 12 - обратный клапан 13 - напорный резервуар 7. При этом отбор тепла для отопления производится посредством теплообменника 15, а снабжение потребителя горячей водой осуществляется через теплообменник 16. При достижении заданной предельной температуры воды тепловой установки по средствам системы автоматического управления (на схеме не показана) производится закрытие электромагнитным приводом задвижки 9 и работа установки прекращается. После понижения температуры воды ниже заданного значения производится открытие задвижки 9 и затем кратковременное открытие ударного клапана 2 и его резкое закрытие. Работа установки возобновляется в соответствии с описанными выше процессами и вода в контуре снова нагревается. При достижении уровня воды в емкости 6 определенного уровня срабатывает система известной конструкции сброса воды в напорный резервуар 7 (на схеме

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича не показана). Таким образом, гидротаранная тепловая установка может работать в автоматическом режиме.

Для экспериментальной проверки эффективности работы гидротаранного тепловой установки был изготовлен стенд, фотография которого представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Фотография испытательного стенда гидротаранной тепловой установки

Предварительные стендовые испытания показали положительные результаты по нагреву воды в объеме 140 литров с интенсивностью 1°C в минуту. Это эквивалентно мощности электрических ТЭН в 9 киловатт.

Разработанная гидротаранная тепловая установка позволяет значительно снизить затраты электрической энергии на производство тепловой энергии для автономного отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных помещений. Для создания базы коммерческого производства разработанных теплогенераторов требуется изготовление опытных образцов и их комплексные испытания и доработка конструкторских и технологических параметров.

Использованная литература.

1. Патент РФ № 2374564 Способ работы теплового генератора без потребления электрической энергии и устройство для его осуществления опубликованный 27.11.2009, бюл. № 33
2. Ю.И. Нефедов, В.А.Стороженко, С.С.Брагин. Кавитационный энергосберегающий теплогенератор – гидротаран. В журнале «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит» 2011, № 5. С. 9-14
3. Ю.И. Нефедов, В.А. Стороженко, С.С. Брагин. Кавитационный гидроударный генератор тепла. В журнале «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит», 2012, № 4. С. 33-39
4. Ю.И. Нефедов, С.С.Брагин. Гидроударный кавитационный теплогенератор и водоподъемное устройство. В журнале «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит», 2013, № 5. С. 24-29
5. Патент ЕАПО № 010732, МКИ F04F 7/02, Подводный гидравлический таран. опубликованный 30.10.2008
6. Патент РК №34659, Гидротаранная тепловая установка, дата выдачи патента 13.06.2019
7. Предварительный патент РК № 11877, Теплогенератор и устройство для нагрева жидкости. Опубликовано 15.08.2002.

Д.М. Насирова¹, В.О. Курмангалиева², А. Газизова¹
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕЙТРОННЫХ РЕЗОНАНСОВ,
ВОЗНИКАЮЩИЕ В СВЕРХПЛОТНОЙ ЗВЕЗДНОЙ МАТЕРИИ**

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Diana-nasirova@mail.ru

Venera_baggi@mail.ru

askarkyzy_94@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены нейтронные резонансы, возникающие в оболочках нейтронных звезд в результате нейтронизации вещества за счет реакций электронного захвата. Последние в свою очередь приводят к нейтронизации вещества. Образовавшиеся нейтроны провоцируют трехчастичные нейтронные резонансы, которые приводят к разнообразным физическим процессам в недрах звезд. Были даны численные оценки по временам жизни возникающих нейтронных резонансов и определено, что живут они достаточно долгое время.

Ключевые слова: сверхплотные звезды, экстремальные состояния, нейтронные резонансы, время жизни резонансов, звезды.

Андатпа

Нейтрондық жұлдыздардың қабықшаларында электрондарды қармау реакцияларының әсерінен заттың нейтрондануы нәтижесінде пайда болатын нейтрондық резонанстар қарастырылады. Соңғысы, өз кезегінде, заттың нейтронизациясына әкеледі. Алынған нейтрондар жұлдыздардың ішкі бөлігінде әртүрлі физикалық процестерге әкелетін үш бөлшектік нейтрондық резонанстарды тудырады. Жаңадан пайда болған нейтрондық резонанстардың өмір сүру ұзақтығына сандық бағалар берілді және олардың айтарлықтай ұзақ өмір сүретіні анықталды.

Түйінді сөздер: аса тығыз жұлдыздар, экстремалды күйлер, нейтрондық резонанстар, резонанстық өміршеңдіктер, жұлдыздар.

Annotation

Neutron resonances arising in the shells of neutron stars as a result of neutronization of matter due to electron capture reactions are considered. The latter, in turn, lead to neutronization of the substance. The resulting neutrons provoke three-particle neutron resonances, which lead to a variety of physical processes in the interior of stars. Numerical estimates were given for the lifetimes of emerging neutron resonances and it was determined that they live for quite a long time.

Key words: superdense stars, extreme states, neutron resonances, resonance lifetimes, stars.

Сверхплотная звездная материя присуща компактным звездам, к которым относятся белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры.

Существование нейтронных звезд предсказывалось теоретиками еще в 30-х годах. Свое название такие компактные (или сверхплотные) звезды получили из-за того, что предполагалось, что их внутренние слои состоят в основном из нейтронов. Эти нейтроны образуются в твердых оболочках звезды вследствие гигантского гравитационного давления, которое вызывает реакции электронного захвата и образования нейтронов, а также нейтронообогащенные ядра [2].

Нейтронные звезды являются результатом гравитационного коллапса нормальных звезд с массами лишь в несколько раз больше солнечной, имеют радиус порядка 10-15 км. Материя в звезде находится в экстремальном состоянии, и при формировании звезды атомы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича вещества сжимаются и электроны срываются с атомных орбит и образуют вырожденный Ферми-газ. С увеличением давления, т.е. в более глубоких слоях оболочек электроны захватываются ядрами и, объединяясь с протонами, образуют нейтроноизбыточные ядра. Еще глубже из таких ядер выделяются («выпадают») нейтроны и нейтронные капли [1]. Так образуется нейтронная звезда.

Далее в мантии образуется ядерная жидкость, состоящая из нейтронов, протонов и электронов. Еще глубже, в ядре звезды, уже сама ядерная жидкость теряет свои свойства, образуя кварковую или странную субстанцию, свойства которой еще мало известны [5]. Сверхплотная ядерная жидкость в земных условиях взорвалась бы, подобно ядерной бомбе, но в нейтронной звезде она устойчива благодаря огромному гравитационному давлению. Во внешних слоях нейтронной звезды давление и температура имеют значительно меньшие величины и материя во многом подобна веществу, и в обычных условиях, включая нормальные звезды и планеты, которую мы хорошо знаем из лабораторных экспериментов. Из-за того, что гравитационные силы даже на поверхности нейтронной звезды значительно больше земных, внешняя оболочка звезды представляет собой твердую корку толщиной всего около километра. Причем, как отмечалось выше, нейтронные звезды имеют колоссальную плотность, которая в центре звезды может в несколько раз превышать плотность самих атомных ядер. Отметим, что плотность тяжёлых атомных ядер составляет в среднем $2.8 \cdot 10^{17}$ кг/м³ [4, 5].

Из-за малого радиуса нейтронной звезды сила тяжести на ее поверхности чрезвычайно велика: примерно в 100 млрд. раз выше, чем на Земле. От коллапса эту звезду удерживает «давление вырождения» электронной вырожденной Ферми-жидкости, а в более глубоких слоях нейтронный вырожденный Ферми-газ. Таким образом, нейтронная звезда состоит из плотного странного или кваркового ядра в центре звезды, затем жидкой мантии, в котором преобладают вырожденные нейтроны с примесью вырожденных протонов и электронов; внутренней части оболочки, образованной атомными ядрами, переобогащенными нейтронами; и внешней корки, которая представляет собой сверхплотную кристаллическую решётку, состоящую из ядер, погруженную в вырожденную электронную Ферми-жидкость [4, 5].

В оболочках нейтронных звезд давление так велико, что становится возможными реакции электронного захвата, когда электроны «вдавливаются» в протоны и в результате образуется нейтронный вырожденный газ. Далее, нейтроны ведут к развитию других ядерных реакций, в частности, реакций резонансного типа.

Нами были рассмотрены нейтронные резонансы и результаты расчетов, которые приведены в работах [6, 7] с такими ядрами как углерод, азот, неон, кремний, фосфор, сера. Перечисленные ядра, находятся в области $A > 40$, они являются более энергопродуктивными.

Проведем расчеты и оценим времена жизни нейтронных резонансов для системы «Ядро+Ядро+нейтрон» с ядрами углерода, азота, неона, кремния, фосфора и серы. Для расчетов используем двухчастичные резонансы из атласа по нейтронным экспериментам [3].

Для ядер углерода имеем: $\sigma_0 = -1275$ б, $\sigma_{\square} = -185$ б и ширину нейтронного резонанса $\Gamma = 6,79 \cdot 10^{-35}$ б. Для которого время жизни определяем по $\tau = \frac{\hbar}{\Gamma} = 1,5$ с.

Для ядер азота имеем: $\sigma_0 = -2524$ б, $\sigma_{\square} = 432$ б и ширину нейтронного резонанса $\Gamma = 7,02 \cdot 10^{-35}$ б. $\tau = \frac{\hbar}{\Gamma} = 1,4$ с.

Для ядер неона имеем: $\sigma_0 = -18,4$ б, $\sigma_{\square} = 261$ б и ширину нейтронного резонанса $\Gamma = 5,84 \cdot 10^{-35}$ б. $\tau = \frac{\hbar}{\Gamma} = 1,7$ с.

Для ядер кремния имеем: $\sigma_0 = -210$ б, $\sigma_{\square} = 55$ б и ширину нейтронного резонанса $\Gamma = 4,29 \cdot 10^{-35}$ б. $\tau = \frac{\hbar}{\Gamma} = 2,1$ с.

Для ядер фосфора имеем: $\sigma_0 = -5,9$ б, $\sigma_{\square} = 26,78$ б и ширину нейтронного резонанса $\Gamma = 7,78 \cdot 10^{-35}$ б. $\tau = \frac{\hbar}{\Gamma} = 1,3$ с.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
 Для ядер серы имеем: $\sigma_0 = -10$ б, $\sigma_{\square} = 30,38$ б и ширину нейтронного резонанса $\Gamma = 5,36 \cdot 10^{-35}$ б. $\tau = \frac{\hbar}{\Gamma} = 2,1$ с.

Таблица 1 – Данные резонансов для различных нуклидов.

Ядро	$^{13}_6\text{C}$	$^{14}_7\text{N}$	$^{21}_{10}\text{Ne}$	$^{28}_{14}\text{Si}$	$^{31}_{15}\text{P}$	$^{32}_{16}\text{S}$
Параметр						
σ_0 (keV)	-1275	-2524	-18,4	-210	-5,9	-10
σ_{\square} (keV)	-185	432	261	55	26,78	30,38
τ (с)	1,5	1,4	1,7	2,1	1,3	2,1

Результаты этих расчетов свидетельствуют о том, что нейтрон в резонансном состоянии может существовать достаточно долго, и это может приводить к разнообразным процессам, происходящим в звездах, например, стимулировать реакции синтеза и термоядерные реакции в этих звездах.

Список использованных источников

1. Дубовиченко С.Б., Такибаев Н.Ж., Чечин Л.М. // Физические процессы в дальнем и ближнем космосе // Изд. НКА РК. – Алматы: Дайк_Экспресс, 2008. – С. 120-224.
2. Насирова Д., Трехчастичные нейтронные резонансы и реакции в оболочках нейтронных звезд, Вестник НАН РК, серия физико-математическая № 3(289), с.8-12, Алматы, 2013
3. Mughabghab S.F., Divadeeman M., Holder N.E. Neutron Cross Sections. – Vol. 1. – Academic press, 1981.
4. Шкловский И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. – М.: Наука, 1984. – 384 с.
5. Haensel P., Potekhin A.Y., Yakovlev D.G. Neutron Stars // Kluwer Academic Publishers, 2007.
6. Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора PhD по физике Насировой Д.М., 2013 г.
7. Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора PhD по физике Такибаевой М.Н., 2013 г.

УДК 52

¹Хайтбаева С., ²Насирова Д.

О МЕЗОСФЕРНЫХ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКАХ

Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы

¹магистрант 1 курса

²научный руководитель

pedagogika@kaznpu.kz

Аннотация

В работе рассматриваются проблемы исследования а также образования мезосферных серебристых облаков. Сделан обзор по существующим методикам наблюдения за такими атмосферными явлениями. Работа носит информативный характер, и рассматривает наиболее актуальные проекты в этой области. Сделан акцент на

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича особенности образования МСО по сезонам и географическим расположениям.

Ключевые слова: мезосферные серебристые облака, атмосферные явления, сезонность, космические проекты, атмосферные наблюдения, температура.

Аңдатпа

Мақалада мезосфералық күміс бұлттардың қалыптасуы мен зерттеу мәселелері қарастырылған. Осындай атмосфералық құбылыстарды бақылаудың қолданыстағы әдістеріне шолу жасалды. Зерттеу жұмысы мазмұнды және осы саладағы ең өзекті жобаларды қарастырады. Жыл мезгілдері мен географиялық орналасуы бойынша МКБ-ның қалыптасу ерекшеліктеріне бас назар аударылды.

Түйінді сөздер: мезосфералық күміс бұлттар, атмосфералық құбылыстар, маусымдық, ғарыштық жобалар, атмосфералық бақылаулар, температура.

Annotation

The paper examines the problems of research and the formation of mesospheric noctilucent clouds. A review is made of existing methods for monitoring such atmospheric phenomena. The work is informative and examines the most current projects in this area. Emphasis is placed on the peculiarities of the formation of MCOs by season and geographical location.

Key words: mesospheric noctilucent clouds, atmospheric phenomena, seasonality, space projects, atmospheric observations, temperature.

Современные технологии в области ИТ внесли большой вклад в развитие космической промышленности, автоматизировав процесс мониторинга, съемки и анализа наблюдательных данных. За процессами, которые исследуют орбитальные телескопы можно наблюдать в режиме реального времени [1, 2], что влечет за собой большой интерес научного круга и обучающихся в познании загадок Вселенной. Ведь известно, что многие вопросы Вселенной, например темной материи, эволюции звезд, реликтового излучения, возраста Вселенной все еще остаются нерешенными. о изучение астрофизических процессов и явлений основано преимущественно на теоретических моделях и данных наблюдений, обучающимся прививались навыки самостоятельного поиска актуальной информации, используя для этого базы данных космических телескопов, ядерных реакций, космической погоды, и т.д.

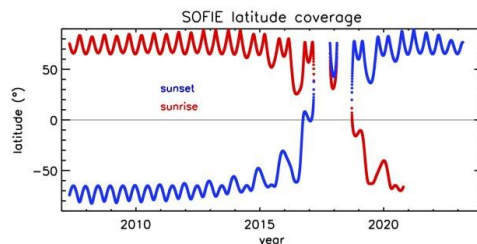


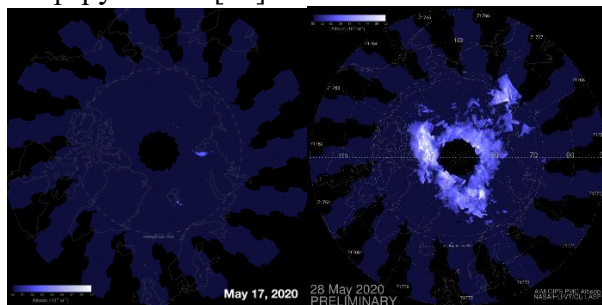
Рис.1 – Широтное покрытие SOFIE [2].

SOFIE измеряет интенсивность световых волн определенной длины на разных высотах в атмосфере. Подключив эти измерения интенсивности к моделям, исследователи могут определить, какие атомы или молекулы присутствуют в атмосфере. SOFIE может обнаруживать различные газы, включая углекислый газ и озон, а также аэрозоли — крошечные твердые или жидкие частицы, взвешенные в воздухе. Некоторые из длин волн используются для обнаружения метеорного дыма [18]. Покрытие широты SOFIE во время миссии показано ниже на рисунке 1.

Рассмотрим вопросы, атмосферного явления – образование мезосферных (серебристых) облаков. Интерес к явлениям, происходящим в верхних слоях атмосферы, чрезвычайно возрос. В настоящее время с помощью современных методик и новейшей аппаратуры проводятся дистанционные измерения переноса энергии в мезосфере и нижней

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

термосфере, наблюдается весьма слабое свечение воздуха, возникающее в результате фотохимических процессов в верхней атмосфере, определяется температура высоких слоёв атмосферы, и т.д.[3]. Известно, что в промежуточном слое между стратосферой и термосферой – мезосфере – на высоте около 85 км (D-область) образуются серебристые облака (МСО). Характер рассеяния солнечного света серебристыми облаками позволил установить, что они представляют собой скопления частиц размером 0,1–0,7 мкм. О природе этих частиц высказывались самые разные гипотезы – это ледяные кристаллы, мелкие частицы вулканической пыли, кристаллы в ледяной «шубе», космическая пыль, частицы метеорного или кометного происхождения. Так же применяются наблюдательные данные спутника НАСА AIM, The Aeronomy of Ice in the Mesosphere (запущен на полярную орбиту 25 апреля 2007 года). Данный аппарат предназначен для изучения мезосферы (серебристых облаков). Примечательно, что спутник оснащен тремя научными инструментами: CIPS (Cloud Imaging and Particle Size) – камера наблюдения за облаками и определения размеров частиц; SOFIE (Solar Occultation For Ice Experiment) – предназначен для определения размера частиц льда, температуры и химического состава газов; CDE (Cosmic Dust Experiment) – служит для определения интенсивности потока космической пыли, проникающей в атмосферу Земли [11].



Эти изображения показывают наблюдения AIM за первую неделю сезона серебристых облаков в Арктике, который начался 17 мая 2020 года. Цвета — от темно-синего до светло-голубого и ярко-белого - указывают на альбедо облаков, которое относится к количеству света, отражаемого поверхностью, по сравнению с общим количеством солнечного света, падающего на нее. Предметы с высоким альбедо яркие и отражают много света. Предметы, которые не отражают много света, имеют низкое альбедо, они темные [17].

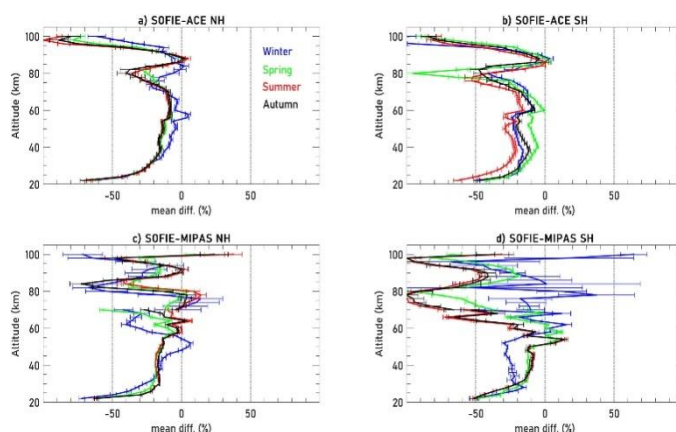
Основная цель проекта заключается в изучении Полярных Мезосферных Облаков (ПМО), которые аналогичны в целом серебристым облакам (МСО). В ходе выполнения эксперимента учёные надеются изучить условия и причины образования ПМО, получить данные о микрофизике облачных частиц, высотного распределения температуры в районе мезопаузы полярных областей, распределение содержания углекислого газа, метана, окиси азота, озона и различных типов аэрозоля, и возможной взаимосвязи всех этих параметров с глобальными изменениями климата. И, наконец, попытаться выявить генетическую связь Полярных Мезосферных Облаков с МСО [3].

Как известно, в ионосфере непрерывно протекают процессы ионизации и рекомбинации. Наблюдаемые концентрации электронов и ионов есть результат баланса между скоростью их образования и нейтрализации (в частности, рекомбинации, захвата и т.д.). Причины и процессы ионизации и нейтрализации разные в различных областях. В верхней части области D на высотах 85–100 км ионизацию вызывает в основном солнечное рентгеновское излучение с $\lambda < 85 \text{ \AA}$, а ниже 60–70 км днем и ниже 80–90 км ночью ионизация осуществляется космическими лучами галактического происхождения.[9]

Существует множество моделей и версий, связанных с природой МСО, их особенностями, условиями их существования, взаимосвязью их с тропосферными процессами, с другими явлениями природы, но ни одна из них пока не может претендовать на «истину в последней инстанции».

Обратим внимание на «привязанность» МСО к сезону. Почему только летом? Скорее

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
 всего, это – результат тепловой структуры мезопаузы и динамики верхней атмосферы. Все динамические особенности МСО зависят от термодинамических процессов, происходящих вблизи мезопаузы, где роль турбулентности наиболее важна. Кажется, невозможным, что слои, в которых возникают и развиваются МСО, могут стабильно существовать при наличии высокой турбулентности. Какую роль играют ветры, волновые движения, и прочие динамические процессы? Очень быстрые изменения форм МСО свидетельствуют об экстремальных изменениях в мезопаузе, которую ещё называют NLClayers (МСО-слоями). Морфологическая картина МСО говорит о сложнейшей структуре верхней мезосферы и о её сильной зависимости от глобальных переходных периодов атмосферной циркуляции. Все сказанное делает необходимым не только любые современные эксперименты, направленные на изучение природы МСО и условий их формирования, но особенно - продолжение долговременных наземных визуальных и регистрационных наблюдений. В этой связи в настоящее время по всему миру разворачивается широкая сеть наблюдений МСО [4].



Профили средних различий, рассчитанные для зимы, весны, лета и осени с использованием профилей средней плотности численности, построены для SOFIE-ACE в (a) NH и (b) SH, а также для SOFIE-MIPAS в (c) NH и (d) SH. Черные пунктирные линии с точками указывают на средние значения разницы -50%, 0% и +50% [18].

Появилась тенденция распространения МСО к более низким широтам, и число таких наблюдений также растёт [6]. В качестве примера можно привести и наблюдения В.Г. Тейфеля, который неоднократно регистрировал МСО в Алма-Ате (43°N). Есть сообщение о том, что необычные МСО наблюдались над Каспийским морем, над территориями Ирака и Сирии, на широте <40°N [7]. Факт присутствия МСО на низких широтах был подтверждён также наблюдениями с борта космического корабля «Салют-6» [8]. Облака были видны над лимбом в течение 9 дней за период с 21 марта по 14 мая 1981 г. Поскольку космонавты уже были знакомы с феноменом МСО, наблюдавшимся с земли и из космоса преимущественно на средних широтах, они отождествили увиденные ими облака именно с серебристыми облаками. Интересно, что, по оценкам космонавтов, облака располагались на высоте 70 км. Однако, и существование высокорасположенных аэрозольных слоёв, похожих на МСО, которые могут сформироваться на основе выхлопных газов, исторгнутых во время запусков ракет-зондов и спутников [9].

МСО (ночные облака серебристо-голубого цвета) являются весьма впечатляющим явлением, которое, как уже было сказано, впервые стали наблюдать более ста лет назад. Образуются они в мезосфере, на высоте ~80-82 км, и, как предполагается, состоят из субмикронных ледяных частиц, формирующихся в самых холодных слоях атмосферы, вблизи мезопаузы, и рассеивающих падающий на них свет зашедшего за горизонт Солнца. Поэтому они очень хорошо видны на фоне сумеречного неба. Schröder предполагает, что частота появлений МСО в соответствующие годы в определённой степени контролируется весенним и осенним переходами в режиме ветров и циркуляции в мезосфере (на высоте 80-85 км). Другие исследователи, как мы уже видели, также приходили к подобному

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича заключению. Из ракетных измерений известно, что подобный переход случается в различные сезоны. При этом результатом весенне-летнего перехода является появление МСО, а летне-осеннего – их исчезновение, причём, резкое [12,13,14]. МСО считаются летним феноменом, «привязанным» к высоким широтам ($> 50^{\circ}$) северного полушария. В последние годы наблюдатели отмечают рост частоты их появлений, возможно обусловленный увеличением количества водяного пара в мезопаузе или понижением температуры в этом районе [11]. Этот факт настораживает, т. к. он может быть предвестником серьёзных изменений, происходящих в климате Земли.

На температуру в районе появления МСО и её вариации сильно влияют гравитационные волны (ГВ), которые также определяют и волновую структуру полей МСО. Существуют десятки видов источников генерации акустико-гравитационных волн (АГВ) в атмосфере. Основные механизмы генерации: тропосферные циклоны, фронтальные системы, струйные течения, полярная и экваториальная токовые системы, связанные с магнитными бурями, солнечный терминатор, метеоры, ураганы, грозы, ядерные испытания, землетрясения, извержения вулканов, сверхзвуковой полёт ракет и т.д.

Исследования сезонных вариаций вектора скорости ветра в области мезопаузы, показывают наличие явной зависимости от возмущений, вызванных ГВ (гравитационных волн). Из исследований следует, что величина средней зональной и меридиональной скоростей ветра принимает более высокие значения в дни, близкие к зимнему солнцестоянию, и приближается к нулю во время осеннего и весеннего равноденствий. Когда волна движется через облако, то ледяные частицы испаряются на одних уровнях и возрождаются, благодаря ионной и пылевой нуклеации, на других. Однако вновь созданные частицы никогда не достигают того размера, который они имели до испарения, потому что новые кристаллы вскоре заново нагреваются [15].

Отметим, что мезосферные серебристые облака продолжают интриговать и очаровывать как ученых, так и энтузиастов. Эти эфирные явления, происходящие на границе космоса, служат индикаторами атмосферной динамики и изменения климата. По мере углубления нашего понимания этих загадочных облаков их изучение обещает раскрыть более широкие тайны нашей атмосферы и ее взаимодействия с космосом. Мезосферные серебристые облака служат одновременно напоминанием о сложности атмосферы нашей планеты и свидетельством красоты и чудес мира природы.

Литература

1. Сайт лаборатории солнечной астрономии ИКИ и ИСЭФ. Режим доступа: www.tesis.xras.ru5.
2. Сайт спутника AIM SOFIA предназначенный для изучения полярных мезосферных облаков. Режим доступа: <https://sofie.gatsinc.com/>
3. Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А. Мезосферные серебристые облака. Проблемы и решения: монография/ Алматы, 2012, с.14
4. Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А. Мезосферные серебристые облака. Проблемы и решения: монография/ Алматы, 2012, с.20
5. Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А. Мезосферные серебристые облака. Проблемы и решения: монография/ Алматы, 2012, с.18-23
6. Фесенков В.Г. Светимость ночного неба // Астрон. Журнал 1947
7. Розенберг Г. В. Сумерки. Гос. изд-во физ-мат. литературы. М. 1963. 380 с.
8. П.Н. Тверской. Курс метеорологии (физика атмосферы) Гидрометиздат, Ленинград 1962, стр 700.
9. Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А. Мезосферные серебристые облака. Проблемы и решения: монография/ Алматы, 2012, с.24-25
10. Насирова Д.М., Хамраев Ш.И., Акжолова А.А. Использование онлайн платформ космических телескопов в преподавании астрофизики

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

11. Gadsden M. The secular changes in noctilucent cloud occurrence: study of a 31 year sequence to clarify the causes // Adv. Space Res. 1997. Vol. 20, No. 11, P. 2097-2100.
12. Schröder W. Zur Charakteristik der Leuchtenden Nachtwolken während der Jahre 1963-1967 // Gerlands Beitr. Geophys. 1968. Vol. 77. P. 441.
13. Schröder W. Untersuchungen über die Umstellungsperioden im Frühjahr und Herbst im Bereich der Mesopause (investigations of the transition periods in spring and autumn in the mesopause region) // Gerlands Beitr. Geophys. 1971. Vol. 80. P.65-71.
14. Theon J.S., Smith W.S. Seasonal transitions in the thermal structure of the mesosphere at high latitudes. September 1969. GSFC X-621-69- 393
15. Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А. Мезосферные серебристые облака. Проблемы и решения: монография/ Алматы, 2012, с.35-36
16. <https://www.nasa.gov/missions/aim/tiny-meteors-leave-smoke-in-the-atmosphere-nasas-studying-it/>
17. <https://www.nasa.gov/solar-system/nasas-aim-spots-first-arctic-noctilucent-clouds-of-the-season/>
18. S. Das¹, S. M. Bailey¹, M. E. Hervig², B. Thuraijah¹, and B. T. Marshall³ ¹Bradley Department of Electrical and Computer Engineering, Center for Space Science and Engineering Research, Blacksburg, VA, USA, ²GATS Inc, Driggs, ID, USA, ³GATS, Inc., Newport News, VA, US, 03 October 2023

УДК 53

К.Е. Раманкулов

О ФИЗИКЕ ГРАВИТОНА

Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы

Аннотация

Современная теоретическая физика рассматривает четыре вида фундаментальных взаимодействия: электро-магнитное, сильное, слабое и электрослабое, гравитационное.

Электромагнитное взаимодействие точно определяет любые физические параметры для изучения заряженных частиц, т.е. это теория фундаментально изучена. В теории сильных взаимодействия много нерешенных задач, в том числе не решена проблема «конфайнмента». Электрослабое взаимодействие теоретически хорошо развита.

Квантовая теория электродинамики привел к понятиям суперструн и т.д. То есть эти взаимодействия изучены на должном уровне. А гравитационное взаимодействие фактически не отвечает на такие вопросы как о природе гравитона. Вопрос обнаружения гравитона один из фундаментальных задач современной физики. В статье рассмотрено одно из направлений обнаружения гравитона через искривления сгустка полей скрытых масс и черной энергии.

Ключевые слова: гравитация, электрослабое взаимодействие, глюоны, скрытые массы, черная энергия, гипотетическая постоянная, конфайнмент.

Annotation

The electromagnetic interaction specifies all the physical parameters for the study of charged particles, i.e.. this theory is fundamentally explored. There are many unresolved problems in the theory of the strong interaction, including the problem of "confinement" Electroweak interaction theory is well developed. The quantum theory of electrodynamics led to the concepts of superstrings, etc. That is, these interactions are studied at the proper level.

A gravitational interaction actually does not answer questions such as the nature of the graviton. Graviton detecting is one of the fundamental problems of modern physics. The article deals with one of the direction of graviton detection through curving bunch of hidden fields and masses of black energy.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Key words: gravity, the electroweak interaction, the gluons, the hidden mass, dark energy, a hypothetical constant, confinement.

Аңдатпа

Осы заманғы теориялық физика фундаментальды әсерлердің төрт түрін зерттейтін электромагнитті, күшті, әлсіз және электроәлсіз, гравитациялық.

Бул аталған әсерлердің ішінде электромагнитті әсер тупкілікті зерттелген, ол теория бойынша бізге қажетті физикалық параметрлердің барлығын даланықтай аламыз. Күшті әсер теориясында шешілмеген мәселелер көп. Соның бірі конфайнмент мәселесі. Ол электроәлсіз теория жақсы дамыған, ол көптеген физикалық элементар бөлшектерлі нәтижесін табуға мүмкіндік беріп береді. Электродинамиканың кванттық теориясы супершектенуіне әлсіздікпен, алолз тарапнан орістік кудісипаттауға жақсы курап болып табылады.

Алмақалада қарастырып отырған гравитациялық әсер негізгі суракқа жауап бермей отыр, ол гравитонның табиғаты жөнінде. Гравитон электромагнитті оріспе. ласк квазибөлшектер ме? Ал гравитонды анықтау осы заманғы физиканың өзекті мәселелерінің бірі.

Бұл мақалада гравитонды жасырын масса мен қара энергияның орістерінің аса зор жиынтығын анықтауға ретінде ұсынылады.

Түйін сөздер: гравитон, электроәлсіз әсерлер, глюондар, жасырын массалар, қара энергия, гипотетикалық тұрақты, Конфайнмент.

«В физике элементарных частиц зреют важные открытия...»

Л.Б.Окунь.

«Физика элементарных частиц»

Москва. Наука. 1988г

При изучении окружающего мира перед физиками наметились три направления: микромир: молекулы, атомы, ядро, макромир: тела планеты, звезды, галактики, микрогалактики и вселенная: мир элементарных частиц: лептоны, адроны, промежуточные частицы. Соответственно развивались теория электродинамики, теория ядра, законы Ньютона, закон всемирного тяготения.

Условно выбраны по виду взаимодействия: гравитация, электродинамика, сильное взаимодействие, электрослабая теория и теория объединения.

Механика Ньютона объединила движения земных и небесных тел.

Электродинамика Максвелла объединила электрические магнитные и оптические явления. Специальная теория относительности Эйнштейна объединила пространство и время. Квантовая механика в концептуальном плане объединила понятие частицы и волны. Квантовая теория поля объединила частицы и силы. Развитие квантовой теории поля объединяет между собой различные типы элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий между ними, т.е. привел к теории великого объединения и суперобъединения.

Надо подчеркнуть, что физики-теоретики предсказывают кроме гравитационного, электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий должны существовать и другие типы взаимодействий, но их проявления пока не обнаружены, несмотря на многочисленные эксперименты.

По мере изучения этих взаимодействий появились фундаментальные универсальные постоянные. Приведем их по мере убывания. Для электромагнитного взаимодействия соответствует безразмерный параметр

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

(где e — электрический заряд электрона). Для гравитационного

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича
 $G_N = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ г}^{-1} \text{ с}^{-2}$ или $G_N = 6,7065 \cdot 10^{-39} \text{ с}^5 \text{ h} \Gamma \text{ ЭВ}^{-2}$
(где G_N — константа Ньютона). Для квантовой механики
 $h = 1,05 \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{с}$

(где h — универсальная мировая постоянная Планка), для теории распада

$$G_F = 1,436 \cdot 10^{-49} \text{ эрг} \cdot \text{см}^3$$

(где G_F — константа Ферми, константа четырех фермионного взаимодействия).
Электромагнитное взаимодействие — взаимодействие электрических зарядов.

Электромагнитным полем — изучено гораздо лучше, чем остальные фундаментальные силы природы, оно лежит в основе почти всех процессов и явлений вокруг нас Физических, химических и биологических. Квантовая электродинамика — теория электромагнитного взаимодействия электронов и позитронов является самой точкой из всех физических теорий. В отличие от этого электромагнитные свойства адронов, которые в значительной степени определяются сильными взаимодействиями труднее поддаются расчету

Чисто теоретическом плане роль квантовой электродинамики трудно переоценить. Она является простейшим и наиболее изученным образцом квантовой теории поля. Именно в рамках квантовой электродинамики были открыты и сформулированы многие фундаментальные понятия и закономерности этой теории.

По ее образу, и подобию строятся более сложные теории сильного и слабого взаимодействий и модели великого объединения.

Теперь и остановимся на гравитационном взаимодействии. Гравитация (от латинского *gravitas* — тяжесть) — универсальное притяжение между всеми частицами, всемирное тяготение. Гравитационное притяжение пропорционально не массе частицы (как учат в средней школе), а зависит от ее полной энергии и импульса. Так, например, свет или радиоволны, идущие от далекой звезды, отклоняются в гравитационном поле Солнца. Хотя масса фотона равна нулю. Гравитационное взаимодействие двух релятивистских частиц должно расти как квадрат их энергии в системе центра масс. Характерной величиной энергии, при которой гравитационное взаимодействие становится сильным, является масса Планка

$$m_p = \left(\frac{\pi c}{G_N} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 1,2 \cdot 10^{19} \text{ ГэВ}^{-2} \approx 10^{-5} \text{ г}$$

Поскольку массы известных элементарных частиц и энергии, доступные ускорителям, ничтожны по сравнению с m_p , роль гравитационного взаимодействия в современной экспериментальной физике высоких энергии пренебрежимо мала. Однако фундаментальной теоретической физике, в теории элементарных частиц, гравитация играет важную роль. Подчеркнем, что классическая (не квантовая) теория гравитации — общая теория относительности — хорошо разработанная теория, подтвержденная рядом количественных наблюдений. Общая теория относительности является основой современной космологии. Квантовая теория гравитации еще не построена. Среди различных подходов к построению квантовой гравитации особо перспективным представляется теоретические модели супергравитации.

Нам предстоит раскрыть природу гравитона. Гравитон — квант гравитационного поля, безмассовая нейтральная частица со спином 2. Из-за исключительной слабости гравитационного взаимодействия экспериментальное наблюдение гравитонов представляют собой задачу, далеко превосходящую возможности экспериментальной Физики.

Автор статьи предлагает идею использования гравитона как инструмент обнаружения скрытой массы темной энергии, т.е. природу макромира, по аналогии кванту которого использовали как инструмент изучения природы элементарных частиц, природу микромира.

Идея Эйнштейна объяснить гравитационное притяжение как искривление пространства дает первоначальную попытку объяснить физику гравитона. Само искривление пространств без помощи гравитона объясняет притяжение макротел. Тогда какова роль

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича гравитона?

Автор предлагает на рассмотрение так называемую модель «taiganacalem». Представьте поверхность льда. При малейшем наклонении поверхности льда любое тело скользит в сторону наклона.

Пространство вокруг макротела, например, Солнца, рассмотрим как скользкую пространству без сопротивления образованную из сгустка полей скрытых масс. Коэффициент сопротивления этих полей стократно (может более) меньше чем сопротивления льда. Тогда притяжение тел происходит как в модели Эйнштейна искривлением пространства, а гравитон играет роль как поле (промежуточная частица) обнаруживающая движения макротел. как квант обнаруживающая взаимопревращения микротел.

Предполагаемая, фундаментальная постоянная тоже поддается вычислению. По идее Л.Б.Окуня, если рассмотреть все теории вместе и анализировать соотношения универсальных постоянных можно гипотетически определить безразмерный параметр

$$G_{\Pi} = 3,26 \cdot 10^{-63} \frac{\text{кг}}{\text{с} * \text{Мпс}}$$

Вычисление производилось по средним оценкам известных физических постоянных и по средним оценкам изменений степени

$3,2 \cdot 10^{-2}$; $1,5 \cdot 10^{-27}$; $6,7 \cdot 10^{-39}$; $1,43 \cdot 10^{-49}$; $3,26 \cdot 10^{-63}$

С чисто теоретической точки зрения в настоящее время не представляется экспериментально проверить эту физическую постоянную. Она предлагается как чисто гипотетическая постоянная.

Автор в статье предлагает только первый метод определения, но есть ещё два направления, которые буду излагать в следующей статье.

Первый метод — это метод метрологии, с помощью которого определяется размер нашей Вселенной.

Интерес представляет то, что остальные методы дают такую же величину.

В конце статьи автор выражает глубокую признательность за идею Л.Б.Окуня, который в ходе лекций подтолкнул автора к анализу мировых постоянных. И выражает так же огромную благодарность А.Б.Мигдалю за консультацию при определении направления данной темы.

Использованная литература

1. Л.Д.Ландау.. Е.М.Лифшиц. Квантовая механика. Нерелявистическая теория. II том. М. Наука.1989г.
2. В.Б. Берестацкий. Е.М.Лифшиц. Л. П. Питаевский. Электродинамика IV том. М. Наука.1989г.
- 3.А.С.Давыдов Квантовая механика Москва 1982 г.

УДК 53

Н.К. Жусупова

НЕЙТРОНДАРДЫҢ АЙНАДАН ШАҒЫЛЫСУЫ

*Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, Алматы қ., Қазақстан
Zhnoz88@gmail.com*

Андатпа

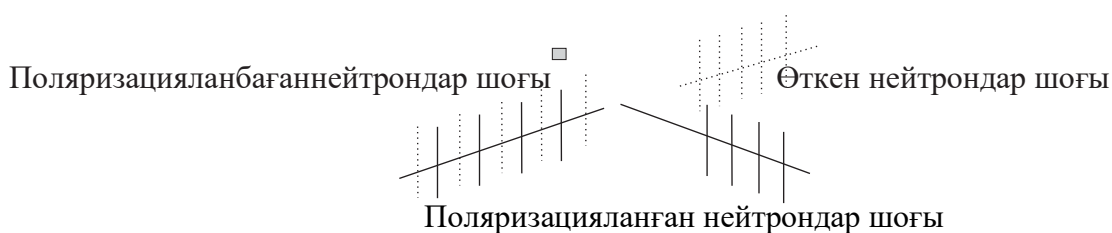
Қазіргі уақытта нейтрондық-физикалық объектілерде поляризацияланған нейтрондық

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича сәулелерді қолдану арқылы зерттеулер белсенді жүргізілуде. Нейтрондардың поляризациясын талдау нейтрондардың шашырауы бойынша эксперименттердің сезімталдығы мен ақпараттық мазмұнын айтарлықтай арттырады. Поляризацияланған нейтрондық сәулелер әртүрлі әдістермен алынады. Жылулық және суық нейтрондардың поляризацияланған сәулелерін алудың белгілі және кең таралған әдістерінің бірі нейтрондардың магниттік айналардан шағылуы болып табылады. Айналық поляризаторлар кристалдық поляризаторлармен салыстырғанда нейтрондық сәуленің жоғары қарқындылығын тудырады, бұл негізінен шағылған сәуленің кең спектріне және жоғары шағылу коэффициентіне байланысты. Бірнеше нейтронды-оптикалық құрылғыларды мысалға ала отырып, жылу және суық нейтрондар шоқтарын поляризациялау және монохроматизациялау үшін нейтрондық магниттік айналарды (нейтронды көпқабатты монохроматор-поляризаторлар, поляризаторлар және анализаторлар) пайдаланудың тиімділігін зерттейді.

Кілт сөздер: магниттік айналар, нейтрондық монохроматорлар, поляризаторлар және анализаторлар.

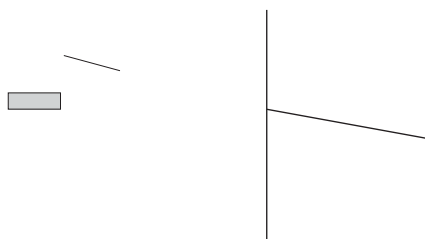
Нейтрондар шоғының поляризациясын талдау нейтрондардың шашырауы бойынша эксперименттердің сезімталдығы мен ақпараттық мазмұнын айтарлықтай арттырады. Көбінесе поляризацияланған нейтрондарды алу үшін магниттелген ферромагниттік айналардан нейтрондарды шағылыстыру әдісі қолданылады (мысалы, Со-дан). Белгілі бір жағдайларда ферромагнетиктің магниттелуіне параллель спиндері бар нейтрондар толық шағылыстырады. Бұл әдіс интенсивті шағылысқан поляризацияланған нейтрондар шоғырын алуға мүмкіндік береді. Поляризацияланған нейтрондар шоғырын магниттік айналар, магниттік кристалдар және He3 поляризаторлары арқылы алуға болады.

Көзден поляризацияланбаған нейтрондар шоғы поляризаторға түседі, онда ол шағылысқан (спині жоғары қарай) және өткен (спині төмен қарай) нейтрондар шоғына бөлінеді (1-сурет). Әдетте поляризатордың артына нейтрондарды қарпып алу қимасы үлкен болатын зат орнатылады, осылайша өткен нейтрондар шоғы жұтылады.



Сурет 1. Поляризацияланған нейтрондар шоғын алу сұлбасы

Нейтрон бөлшегі таралуында оның біркелкі потенциалмен әсерлесуі жазық толқынмен сипатталады. Нейтрондық толқын функциясы Шредингер теңдеуін қанағаттандырады. 2-суретте вакуум мен орта шекарасындағы нейтрондық толқынның шағылысу және сыну диаграммасы көрсетілген: k' арқылы сынған және k'' арқылы шағылған k толқындық векторы бар түскен нейтрондық толқын, α және β - сырғанау (шағылу) және сыну бұрыштары.



Сурет 2. Нейтрондық толқынның орта мен вакуумның жазық шекарасында шағылысуы және сынуы

Шағылысу коэффициенті үшін өрнек мына түрде жазылады

$$R = \left| \frac{k_z - k'_z}{k_z + k'_z} \right|^2$$

мұндағы k_z , k'_z — түскен және шағылған нейтрон толқындарының сәйкес толқындық векторларының нормал компоненттері.

3, а – суретте орта мен вакуумның шексіз идеал шекарасынан нейтрон сәулесінің шағылу схемасы көрсетілген, ал 3, б -суретте толқын ұзындығы $\lambda = 5 \text{ \AA}$ нейтрон шоғырының вакуум-никель идеал шекарасындағы сырғанау бұрышынан тәуелділігі көрсетілген.

Толық шағылу аймағының шекарасы орта материалының a_c кризистік бұрышымен беріледі. Магнитті емес орта үшін кризистік бұрыш [1] :

$$a_c = \lambda \sqrt{\frac{\rho b_c}{\pi}}$$

магниттік орта үшін

$$a_c^\pm = \lambda \sqrt{\frac{\rho(b_c \pm p_m)}{\pi}}$$

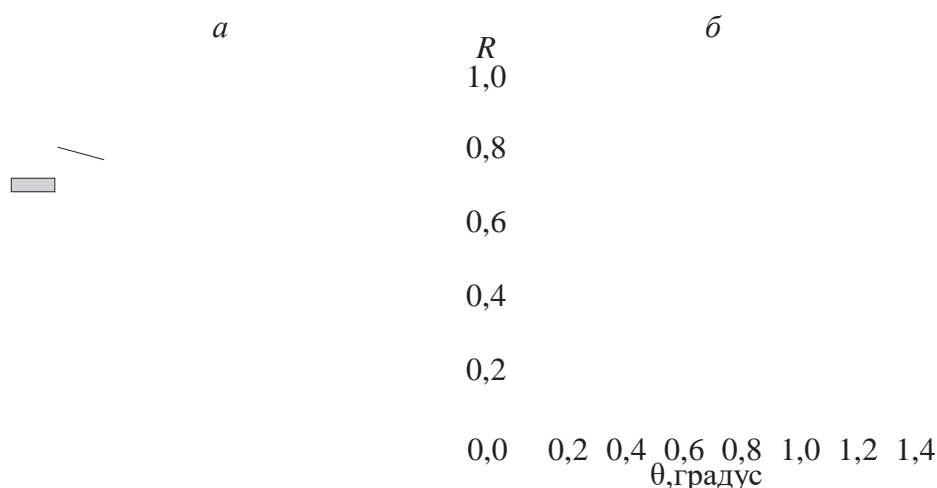
мұндағы ρ — орта көлемінің бірлігіндегі атомдар саны; b_c — орта материалының когерентті ядролық шашырау ұзындығы; p_m — орта материалының когерентті магниттік шашырау ұзындығы. Магниттік қабат үшін (+) және (-) белгілері ортадағы магнит индукциясы векторының бағытына қатысты нейтронның параллель және антипараллель спин бағытына сәйкес келеді.

Толық шағылу аумағының шекарасын бейнелеу үшін сондай-ақ шекаралық толқын ұзындығы қолданылады: магнитті емес орта үшін

$$\lambda_u = \lambda \sqrt{\frac{\pi}{\rho b_c}}$$

магниттік орта үшін

$$\lambda_u^\pm = \lambda \sqrt{\frac{\pi}{\rho(b_c \pm p_m)}}$$



Сурет 3. Нейтрон шоғырының орта мен вакуумның шексіз идеал бөліну шекарасынан шағылуы [9]

Айнаның кризистік бұрышы θ_c арттыру арқылы нейтрондық магниттік айналар жарықтығын арттыру үшін бір қабатты емес, нейтрондық суперайна деп аталатын көп қабатты магнитті апериодтық нанокұрылымдарды қолдану ұсынылады. Поляризациялық суперайналарды қолдану поляризация туралы толық талдау жасалатын нейтрондық эксперименттердің мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтті. Суперайналар сонымен қатар NiMo/Ti сияқты поляризацияланбайды (шағылыстырады) және Ni/Ti сияқты әлсіз поляризацияланады.

Суперайналар m параметрімен сипатталады:

$$m = \theta_{u.SM} / \theta_{u.Ni}$$

мұндағы $\theta_{u.SM}$ — суперайнаның кризистік бұрышы; $\theta_{u.Ni}$ — табиғи никельден жасалған айнаның кризистік бұрышы.

Ең алғаш нейтрондық суперайналарды 1976 жылы Ф. Мезей [4] және 1977 жылы А. Г. Гукасов (ПИЯФ) ұсынған [5]. Екі жағдайда да мәселе шағылу теориясының кинематикалық жуықталуы аясында жүргізілді, ол жерде әртүрлі қабаттардан шағылған нейтрондардың әсерлесуі қарастылырмайды.

Супер айна құрылымы екі түрлі материалдың ауыспалы қабаттарының жиынтығы болып табылады. Материалдық қабаттардың 1 және 2 сәйкес сыну көрсеткіштері n_1 және n_2 болады. Период мәні төмендегі заңға сәйкес суперайна бетінен төсенішке дейін монотонды түрде төмендейді.

$$d_k = d_{k1} + d_{k2} \square k^{-\frac{1}{4}}$$

мұндағы d_k — k -шы период ені; d_{k1} және d_{k2} — k -шы периодтағы 1 және 2 материалдар қабатының сәйкес ені; k — период номері.

Поляризациялық Co/Ti суперайнасы Лауэ-Ланжевэн институтында (ILL, Франция) әзірленді [13]. Магниттік қабаттар қаныққанға дейін магниттелгенде олардың потенциалдары өзгереді. Спиндік компоненті (+) нейтрондардың потенциалы артады, ал (-) компоненті бар

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича нейтрондардың потенциалы төмендейді [6].

Шыны субстратта поляризацияланған нейтрондық Fe/Si суперайнасын SwissNeutronics (Швейцария) фирмасы әзірлеп, өндіріске шығарған [7]. Бұл поляризациялық суперайналар қазіргі уақытта әлемдегі жетекші ғылыми нейтрон орталықтарында кеңінен қолданылады.

Поляризациялайтын суперайна үшін жиі шағылысқа қарсы жұтатын қосалқы қабат қолданылады. Мұндай қосалқы қабат ретінде, мысалы, екі материалдан тұратын қабаттардың аперидоттық тізбегі пайдаланылады: Ti және Gd [8], мұнда Gd күшті нейтронды сіңіргіш болып табылады. Мұндай қабаттар тізбегінің орташа периодтық потенциалы төсеніштің төсеніш потенциалынан толық магниттелген күйдегі суперайна жабынының (-) спиндік компонентінің сәйкес потенциалына дейінгі қашықтыққа қарай біркелкі өзгереді. Нейтрондар суперайнаға α сырғанау бұрышымен түседі, олар үшін $\sin \alpha \approx \alpha$ және $\cos \alpha \approx 1 - \alpha^2 / 2$ қатынасы орын алады.

Кремнийде (немесе басқа нейтрондар үшін мөлдір субстратта) көп қабатты магниттік периодты нанокұрылымдарды (мысалы, Co/Ti) пайдалану өте перспективті болып табылады. Бұл берілген монохроматордан шағылысқан сәулелік интенсивтілігіне жанама монохроматты емес үлестердің ең аз үлесі бар ықшамды монохроматор-поляризаторларды жасауға мүмкіндік береді. Жұмыс барысында сонымен қатар кең спектрлік таралуы бар жылулық және суық нейтрондардың поляризациялық сәулелері үшін магнитті көпқабатты аперидоттық нанокұрылымдарды (нейтронды поляризациялаушы суперайналар) пайдаланудың тиімділігі талқылануда. Қазіргі уақытта SwissNeutronics фирмасының поляризацияланған Fe/Si суперайналары ең жоғары шағылысу параметрлеріне ие: $m = 4$ және шағылысу коэффициенті $R = 0,8$ кризистік бұрышқа жақын. Дегенмен, осы суперайнадан шағылған кезде нейтрондық сәуле поляризацияланатын спектрлік диапазонның ені бойынша Fe/Si суперайнасы CoFe/TiZr, Fe/Al (PNPI) және Co/Ti (ILL) қарағанда айтарлықтай төмен, өйткені жіберілген импульстің шекаралық мәндері үшін $Q_{z\max} / Q_{z\min} \cong 6$ қатынасы бар, мұнда бұл суперайнаның поляризациялық тиімділігі $P > 0.8$. Fe/Al үшін ұқсас қатынас $Q_{z\max} / Q_{z\min} \cong 7$, CoFe/TiZr үшін $Q_{z\max} / Q_{z\min} \cong 12$, ал Co/Ti үшін $Q_{z\max} / Q_{z\min} \cong 26$ [9].

Әдебиет

1. Гуревич И. И., Тарасов Л. В. Физика нейтронов низких энергий. М.: Наука, 1965. 607 с.
2. Никитенко Ю. В., Сыромятников В. Г. Рефлектометрия поляризованных нейтронов. М.: Физматлит, 2013. 224 с.
3. Драбкин Г. М., Огороков Л. И., Щebetов А. Ф., Боровикова Н. В., Гукасов А. Г., Егоров А. И., Рунов В. В. Поляризация нейтронного пучка при отражении от намагниченного зеркала // Журн.эксп. теор. физики. 1975. Т. 69. С. 1916.
4. Mezei F. Novel polarized neutron devices: supermirror and spin component amplifier // Commun. Phys. 1976. Vol. 1. P. 81.
5. Гукасов А. Г., Рубан В. А., Бедризова М. Н. О возможности интерференционного увеличения области «зеркального» отражения нейтронов на многослойных «квазимозаичных» структурах // Письма Журн. техн. физики. 1977. Т. 3. С. 130.
6. O. Schaerpf, Comparison of theoretical and experimental behaviour of supermirrors and discussion of limitations // Physica B. – 1989. - Vol.156-157. - P. 631; O. Schaerpf and I. Anderson. The role of surfaces and interfaces in the behaviour of non-polarizing and polarizing supermirrors // Physica B. - 1994. – Vol.198. - P. 203.
7. <http://www.ill.eu/>
8. Schaerpf O. Comparison of theoretical and experimental behaviour of supermirrors and

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

discussion

of limitations // Physica (B). 1989. Vol. 156. P. 631.

9. Чжо Зо Лин, Сыромятников В.Г. Поляризация нейтронов магнитными зеркалами. Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 4. Том 3 (61). Вып. 1. 2016.

МРНТИ 30.19.21

¹К.Бисембаев, ²С.М.Тезекеев, ³К.Султанова, ⁴А.Байчапанова

ЖОҒАРЫ РЕТТІ АЙНАЛУ БЕТТЕРІМЕН ШЕКТЕЛГЕН ТЕҢСЕЛМЕЛІ ТІРЕГІ БАР ДІРІЛДЕН ҚОРҒАУ ҚҰРЫЛҒЫСЫНА ОРНАЛАСТЫРЫЛҒАН, ШОҒЫРЛАНҒАН ЖҮКТЕМЕЛЕР БАР СЕРПІМДІ СЫРЫҚТЫҢ МӘЖБҮР ТЕРБЕЛІСІ

¹Ғылыми жетекші, ²аға оқытушы, ³оқытушы, ⁴магистрант

^{1,2,3}Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: kuat_06@mail.ru

Аңдатпа

Бұл жұмыста, релаксацияланатын жер қабатындағы дөңгелеу үйкелісін ескерген жағдайда түзетілетін беттермен шектелген дірілтірегіне орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың мәжбүр тербелісі зерттеледі. Жүйенің қозғалыс теңдеуі алынған. Жүйенің тербелмелі процессінің стационар режимі зерттелген. Негізгі элементтері жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірек болып табылатын кинематикалық дірілді оқшаулау қондырғысына орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтардың негізгі динамикалық қасиеттері нақтыланды. Олар кинематикалық тіректердің тиісті өлшемдерін және шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтардың динамикалық параметрлерін тағайындау арқылы дірілді оқшаулау жүйесін кез келген дерлік жиілікке мақсатты түрде реттеу, дірілден қорғау жүктемесінің қайта таралуының қауіпті әсерін болдырмау, резонансты тербелістерден қашу, кинематикалық оқшаулауы бар серпімді құрылғыға әсер ететін вертикаль қоздырудың әсерін азайту немесе жою.

Тірек сөздер: дірілден қорғау, дірілтірек, меншікті форма, шоғырланған жүктемесі бар серпімді сырық, мәжбүр тербеліс.

Сейсмикалық оқшаулағыш құрылғылардың кластары арасында кинематикалық фундаменттер деп аталатындар ерекше ерекшеленеді, олардың негізгі элементтері әртүрлі ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірегі болып табылады.

Алайда, мұндай жүйелерді кеңінен қолдануға кедергі келтіретін себептердің бірі сыртқы әсер кезінде негізгі элементі теңселмелі тірек болатын кинематикалық іргетасқа орнатылған ғимараттардың динамикасын жеткіліксіз зертеу жүргізгеннен болады.

Жанасу орнында түзетілетін, жоғарғы ретті айналу беттерімен шектелген дірілден қорғайтын теңселмелі тіректің, сонымен қатар элементтері уақыт бойынша реологиялық деформацияланып, шекті жанасу ауданына ие болатын тіректердің динамикалық қасиеттерін зерттеуді Бисембаев К. жасады [1-2].

Бисембаев Қ. [3] жұмысында, релаксацияланатын жер қабатында жанасу беттері бойымен жерге тіректің түсіретін қысым күштерінің асимметриялы таралуынан болатын, жоғары ретті айналу беттерімен шектелген абсолютті теңселмелі тіректің дөңгелеу үйкелісі зерттелген.

Жұмыстың мақсаты: релаксацияланатын жер қабатында дөңгелеу үйкелісі бар жағдайда, жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірегі бар дірілден қорғау құрылғысына орналастырылған, шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтар үшін

1 Мәселенің тұжырымы. Діріл тіректерінің динамикалық қасиеттерін талдау. Релаксацияланатын жер қабатындағы дөңгелеу үйкелісін ескере отырып, түзетілген беттері бар теңселмелі тіректерге орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың қозғалыс теңдеулері

1.1 Кинематикалық фундамент және оның негізгі элементтері

Кинематикалық іргетастардың жұмыс істеу принципі ғимараттың төменгі қабаты мен қозғалмайтын фундамент арасына жылжымалы тірек элементтерін - белгілі бір конфигурация түріндегі айналу денесін орнату болып табылады. Бұл элементтер ғимараттар табанының стационарлық фундаментке қатысты жылжымалы болуына мүмкіндік береді.

Түзетілген беттермен шектелген теңселмелі тіректен тұратын дірілден қорғау құрылғылар жобасының негізгі элементтері (1-сурет):

- жоғары ретті айналу беттерімен шектелген қатты тіректік элементтер;
- тіректер орнатылатын тіреуіш фундаменттер плитасы (тақтасы);
- ғимараттардың төменгі қабатының тіректік беттері.

Кинематикалық фундаменттердің көмегімен жоғарыда сипатталған ғимараттарды сейсмоқшаулау әдісі, оқшауланатын объектіге берілетін жүктемелерді, оның салыстырмалы қозғалысы арқылы айтарлықтай төмендетеді. Бұл қозғалысты шектеу, сипатталған динамикалық жүйеге белгілі бір зерттеулер мен талдаулар жасауға талап етеді. Дөңгелеу үйкелісін ескере отырып, жоғары ретті айналу беттерімен шектелген, теңселмелі тірекке орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтардың тербелісі туралы мәселені тұжырымдап көрейік.

Бұл механикалық модельдің тербелмелі қозғалысы серпімді құрылымдардың инерция күштерінің, серпімділік күштерінің, ауырлық күштерінің, сонымен қатар дөңгелеу үйкеліс күштерінің, ішкі үйкеліс күштерінің және сыртқы әсерлердің өзара әрекеттесуінен туындайды. Кинематикалық фундамент моделі 2-суретте көрсетілген.

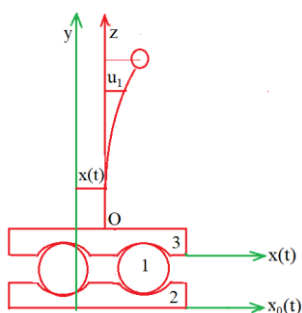


Рисунок 1 - Схема колебания упругой конструкции на опорах качения с подвижными основаниями

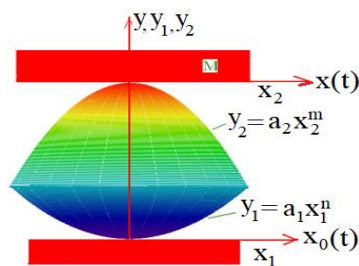


Рисунок 2-Схема опоры качения с опорными поверхностями высокого порядка

I дене – жалпы симметрия осі бар, жоғары және төменгі жағынан (1) формуламен өрнектелетін жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірек, ал 2 және 3 денелер –стационар табан (фундамент) және дірілден қорғалатын нысанның төменгі қабаты. Мұндай тіректің ерекшелігі орталық тірек нүктелерінің маңайындағы қисықтық радиус шексіздікке ұмтылады және симметрия осінен қашықтаған сайын азаяды, яғни. орталық нүктеге жақын жерде тірек беттерінің түзетілуі байқалады. n шексіздікке ұмтылғанда ($n \rightarrow \infty$), I теңселмелі тірек цилиндрлік пішінге ие болады.

$$y_1 = a_1 x_1^n, y_2 = a_2 x_2^m \quad (1)$$

Табанның көлденең жылжуын $x_0(t)$ арқылы белгіленген. Теңселмелі тірекке орнатылған шоғырланған жүктемесі бар серпімді сырықтың төменгі табанының орын ауыстыруын $x(t)$ белгілейік. $n = m$ жағыдайда, теңселмелі тірекке орнатылған шоғырланған жүктемесі бар серпімді сырықтың төменгі табанының горизонталь орын ауыстыруы мен вертикаль орын ауыстырулары арасындағы байланыс [1] түрінде болады.

$$y = \frac{-1}{2H}(2)$$

Түзетілген беттемен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған дененің табанының салыстырмалы горизонталь ығысуы мен вертикаль ығысуы арасындағы байланысты анықтайтын (2) өрнекті голономдық байланыстар деп санауға болады. $n=m$ болған кездегі, жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірек үшін дөңгелеу үйкеліс күштерінің формуласы мынадай түрде болады [3].

$$F = \varepsilon \frac{PN_n}{(n-1)H} \frac{x-x_0}{(x-x_0)^{\frac{n-2}{n-1}}} \quad (3)$$

Мұндағы ε – жер қабатының релаксация периоды және

$$N_n = \frac{1}{n-1\sqrt{nH}} \left(\frac{1}{n-1\sqrt{a_1}} + \frac{1}{n-1\sqrt{a_2}} \right) \quad (4)$$

Фохта бойынша, сырықтың ішкі кедергі күші мына түрде қабылданады:

$$R = \mu EJ \frac{\partial^5 u_1(z,t)}{\partial t \partial z^4}, \quad (5)$$

мұндағы EJ - майысу қатаңды, E - серпімділік модулі, J – сырықтың көлденең қиманың тербеліс жазақтығына перпендикуляр инерция моменті, μ – материалдың ішкі кедергісін сипаттайтын тұрақты коэффициент

1.2 Релаксацияланатын жер қабатындағы дөңгелеу үйкелісін ескере отырып, түзетілген беттері бар теңселмелі тірекке орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың қозғалыс теңдеулері

Төменнен және жоғарыдан жоғары ретті параболаармен шектелген теңселмелі тірекке орнатылған, шоғырланған жүктемелері бар сырықтың қозғалысының дифференциалдық теңдеуін релаксацияланатын жер қабатындағы дөңгелеу үйкелісін ескере отырып қорытып шығарайық.

Шоғырланған жүктемелері бар сырықтың әрбір нүктелерінің, қозғалмайтын координаталар жүйелеріне қатысты горизонталь ығысуын $u(z,t)$ арқылы, ал жоғарғы табанмен байланысқан қозғалмалы координаттар жүйесіне қатысты $u_1(z,t)$ арқылы белгілейік. Сонда келесі қатынас орындалады

$$u(z,t) = x(t) + u_1(z,t) \quad (6)$$

Осылайша, теңселмелі тірекке орнатылған, шоғырланған жүктемелері бар серпімді стерженнің қозғалысы, тіпте аз тербеліс жағдайында да, сызықты емес теңдеулер арқылы сипатталады. $n=m$ жағдайын қарастырайық. Сонда теңдеу түрде болады

$$EJ \frac{\partial^4 u_1(z,t)}{\partial z^4} + \mu EJ \frac{\partial^5 u_1(z,t)}{\partial t \partial z^4} + mg \frac{\partial^2 u_1(z,t)}{\partial z^2} + m \frac{\partial^2 u_1(z,t)}{\partial t^2} = -m\ddot{x}(t);$$

$$\ddot{x} + (1-\alpha) \varepsilon \dot{\Phi}(x-x_0) + (1-\alpha) [\Phi(x-x_0) - \omega_0^2(x-x_0)] = -\alpha \frac{\partial^2 u_1(z,t)}{\partial t^2}; \quad (7)$$

мұнда $\alpha = \frac{\gamma}{1+2\gamma}$, $\gamma = \frac{m(z) \cdot l}{M}$, M – кинематикалық фундаменттің жоғарғы табанының массасы (3 дене массасы. 2-сурет), $m(z) = m_c(z) + m_g$ – жүктемесі бар сырықтың погонды массасы, $\omega_0^2 = \frac{g}{H}$, g – еркін түсу үдеуі және

$$\Phi(x-x_0) = \omega_0^2 N_n (x-x_0)^{\frac{1}{n-1}} \quad (8)$$

(7) сызықты емес теңдеу, релаксацияланатын жер қабатындағы дөңгелеу үйкелісін ескере жағыдайдағы, жоғары ретті парабодалармен шектелген теңселмелі тіректерге орналасқан шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың қозғалысын сипаттайды.

1.3 Түзетілген беттермен шектелген теңселмелі діріл-тірекке орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың мәжбүр иілу тербелістерін зерттеу

Кинематикалық фундаменттің төменгі табанының гармоникалық вертикаль жылжу кезіндегі, көлденең қимасы тұрақты, шоғырланған жүктемелері бар біртекті серпімді сырықтың тербелістерін қарастырайық.

$$y_0(t) = 0, \quad x_0(t) = Q \sin pt \quad (9)$$

$M \gg ml$, $m = \text{const}$, $EJ = \text{const}$ болсын деп ұйғарым жасайық.

Шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың мәжбүр тербелістерінің формасы меншікті иілу тербелістерінің формасымен сәйкес келетін қарапайым жағдайды қарастырумен шектелік.

(7) теңдеулер жүйесінің бірінші теңдеудің шешімін бас координаталар әдісін қолданып мынадай түрде іздейміз.

$$u_1(z,t) = \sum_{j=1}^{\infty} \phi_j(z) q_j(t) \quad (10)$$

мұндағы $\phi_j(z)$ мына теңдеуді $EJ \frac{\partial^4 \phi_j}{\partial z^4} - m \omega_j^2 \phi_j = 0$ қанағаттандырады, $(j = 1, 2, \dots, \nu)$.

Шекаралық шарттар мынадай қатыстар арқылы өрнектеледі граничных условия выражаются соотношением

$$\begin{aligned} \phi_j(0) &= \phi_j'(0) = 0, \\ EJ \phi_j'''(l) &= -m_g \omega_j^2 \phi_j(l), \quad \phi_j''(l) = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$\omega_j = \frac{\beta_j}{l} \sqrt{\frac{EJ\beta_j}{ml}}$ - шоғарланған жүгі бар серпімді сырықтықтың меншікті жиелігі,

β_j - жиелік теңдеуінің түбірі. Жиелік теңдеуі мынадай түрде болады

$$\beta - \frac{2(1 + ch\beta \cdot \cos \beta)}{ch\beta \sin \beta - sh\beta \cos \beta} = 0 \quad (12)$$

Жиелік теңдеуінің бірінші төрт түбірі мынадай мәндерге ие болады: $\beta_j = 1.875; 4.094; 7.855; 10.996$. $\phi_j(z)$ фундаментальды функциялардың мәндерін төмендегі формулалар арқылы анықтаймыз $\phi_j(z)$ определим по формулам:

$$\varphi_j(z) = (sh(k_j l) + \sin(k_j l))(ch(k_j z) - \cos(k_j z)) - (ch(k_j l) + \cos(k_j l))(sh(k_j z) - \sin(k_j z)) \quad (13)$$

(10)-ды (7) -ға қойып, нәтижесін $\phi_j(z)dz$ көбейтіп және оны от 0-ден l -ге дейін интегральдап, біз $q_j(t)$ және $x(t)$ негізгі ізделетін бас координаталарға қатысты тәуелсіз теңдеулердің жиынын аламыз

$$\begin{aligned} \ddot{q}_j &= -\frac{1}{1-\alpha} \mu \omega_j^2 \dot{q}_j - \frac{1}{1-\alpha} \omega_j^2 \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}}\right) q_j + E_{0j} \varepsilon \dot{\Phi}(x-x_0) + E_{0j} [\Phi(x-x_0) - \omega_0^2 (x-x_0)]; \\ \ddot{x} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\mu \omega_j^2}{E_{0j}} \dot{q}_j + \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\omega_j^2}{E_{0j}} \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}}\right) q_j - \varepsilon \dot{\Phi}(x-x_0) - \Phi(x-x_0) + \omega_0^2 (x-x_0); \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{мұнда } E_{0j} = \frac{\int_0^l \phi_j(z) dz}{\int_0^l \phi_j^2(z) dz}; P_{kpi} = \frac{EJ \int_0^l (\phi_j''(z))^2 dz}{\int_0^l (\phi_j'(z))^2 dz}; \omega_j = \frac{\kappa_j^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}$$

Гармоникалық тербеліс жағдайында, $2\pi/p$ периоды бар негізгі жиіліктің құраушысын периодтық шешімнің жоғары гармоникасынан басым және (14) теңдеулер жүйесінің сызықты емес мүшесін жуықтап мынадай түрде өрнектеуге болады деп ұйғарым жасаймыз

$$q_j = a_j \sin pt + b_j \cos pt; x = a \sin pt + b \cos pt; \kappa \Phi(x) = C \sin pt + D \cos pt \quad (15)$$

мұнда сызықты емес мүшенің коэффициенттері коллокация әдісімен анықталады [1] және мынадай түрге ие болады $C = \omega_0^2 N_n K_1 \frac{a}{[a^2 + b^2]^{\frac{n-2}{2(n-1)}}}$; $D = \omega_0^2 N_n K_1 \frac{b}{[a^2 + b^2]^{\frac{n-2}{2(n-1)}}}$; $\kappa K_1 = \frac{1}{3} \left[\frac{1}{2^{n-1}} + \sqrt{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^{\frac{1}{n-1}} + 1 \right] \quad (16)$

a_j, b_j және a, b амплитудасы уақыттың функциясы болады және t байланысты баяу өзгереді деп ұйғарым жасаймыз.

(15) -ді (14)-ға қойып және $\sin pt$ және $\cos pt$ бар мүшелердің коэффициенттерін жеке нольге теңестіріп мынаны аламыз

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\begin{aligned} \dot{a}_j &= \frac{1}{p} \left\{ -\frac{1}{1-\alpha} \mu \omega_j^2 p a_j + \left[p^2 - \frac{1}{1-\alpha} \omega_j^2 \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right) \right] b_j + E_{0j} \varepsilon p W (a - Q) + E_{0j} (W - \omega_0^2) b \right\}; \\ \dot{b}_j &= -\frac{1}{p} \left\{ \left[p^2 - \frac{1}{1-\alpha} \omega_j^2 \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right) \right] a_j + \frac{1}{1-\alpha} \mu \omega_j^2 p b_j + E_{0j} (W - \omega_0^2) (a - Q) - E_{0j} \varepsilon p W b \right\}; \\ \dot{a} &= \frac{1}{p} \left\{ \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\omega_j^2}{E_{0j}} \mu p a_j + \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\omega_j^2}{E_{0j}} \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right) b_j - \varepsilon p W (a - Q) + \left[p^2 - (W - \omega_0^2) \right] b \right\}; \\ \dot{b} &= -\frac{1}{p} \left\{ \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\omega_j^2}{E_{0j}} \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right) a_j - \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{\mu \omega_j^2}{E_{0j}} p b_j + \left[p^2 - (W - \omega_0^2) \right] (a - Q) + \varepsilon p W b + p^2 Q \right\}; \end{aligned} \quad (17)$$

Біздің ары қарайғы зерттеуімізде (17) теңдеу өтпелі және тұрақты күйлерді зерттеуде маңызды рөл атқарады. Алдымен және амплитудалары тұрақты болған стационарлық күйді қарастырайық.

$$\left[p^2 - 2\omega_j^2 \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right) \right] b_j - 2\mu \omega_j^2 p a_j = -E_{0j} \varepsilon p W (a - Q) - E_{0j} \omega^2 b \quad (18)$$

$$\frac{\omega_j^2}{E_{0j}} \mu p a_j + \frac{\omega_j^2}{E_{0j}} \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right) b_j = \varepsilon p W (a - Q) - (p^2 - \omega^2) b \quad (19)$$

где $\omega^2 = W - \omega_0^2$, $W = \frac{\omega_0^2 N_n K_1}{B \bar{n} - 1}$, $B = \sqrt{(a - Q)^2 + b^2}$.

(16) теңдеулер жүйесінен табамыз

$$A_j = \sqrt{\frac{E_{0j}^2 p^2 W^2 B^2 + E_{0j}^2 \omega^4 B^2}{\left[p^2 - 2\omega_j^2 \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right) \right]^2 + 4\mu^2 \omega_j^4 p^2}}, \quad (20)$$

мұндағы $A_j = \sqrt{a_j^2 + b_j^2}$.

(18) теңдеулер жүйесін a_j және b_j қатысты шешіп мынаны аламыз

$$\begin{aligned} a_j &= \frac{1}{\Delta} \{ E_{0j} (a_{12} \omega^2 - a_{22} \varepsilon p W) (a - Q) - E_{0j} (a_{22} \omega^2 + a_{12} \varepsilon p W) b \}; \\ b_j &= \frac{1}{\Delta} \{ E_{0j} (a_{21} \varepsilon p W - a_{11} \omega^2) (a - Q) + E_{0j} (a_{11} \varepsilon p W + a_{21} \omega^2) b \}; \end{aligned} \quad (21)$$

мұндағы $a_{11} = -2\mu \omega_j^2 p$, $a_{12} = p^2 - 2\Omega_j^2$, $a_{21} = a_{12}$, $a_{22} = -a_{11}$, $\Omega_j^2 = \omega_j^2 \left(1 - \frac{mg}{P_{kpi}} \right)$, $\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$.

(21) -ші өрнекті (19) қойып және біршама түрлендіруден кейін мынаны аламыз

$$\begin{aligned} (\sigma_j \omega^2 + \delta_j \varepsilon p W) (a - Q) - [\sigma_j \varepsilon p W - (\delta_j \omega^2 + p^2)] b &= 0; \\ [\sigma_j \varepsilon p W - (\delta_j \omega^2 + p^2)] (a - Q) + (\sigma_j \omega^2 + \delta_j \varepsilon p W) b &= p^2 Q; \end{aligned} \quad (22)$$

мұндағы $a_{31} = \frac{\omega_j^2}{E_{0j}} \mu p$, $a_{32} = \Omega_j^2$, $\sigma_j = \frac{E_{0j}}{\Delta} (a_{31} a_{12} - a_{32} a_{11})$, $\delta_j = \frac{E_{0j}}{\Delta} (a_{31} a_{11} + a_{32} a_{12}) - 1$.

(22) жүйенің әрбір теңдеуінің екі жағын квадраттап және алынған теңдеулерді мүшелері бойынша қосамыз, осы түрлендіру нәтижесінде біз мынаны аламыз:

$$(\sigma_j \omega^2 + \delta_j \varepsilon p W)^2 + [\sigma_j \varepsilon p W - (\delta_j \omega^2 + p^2)]^2 = \frac{Q^2}{B^2} p^4. \quad (23)$$

$p^2 \gg \omega_j^2$ шарттары орындалған жағыдайда (22) және (23) теңдеулерінен келесі

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича өрнектерді алуға болады

$$A = Q \sqrt{\frac{\varepsilon^2 p^2 W^2 + \omega^4}{\varepsilon^2 p^2 W^2 + (p^2 - \omega^2)^2}}; Q = \frac{B}{p^2} \sqrt{\varepsilon^2 p^2 W^2 + (p^2 - \omega^2)^2};$$

$$p = \sqrt{\left(\omega^2 - \frac{\varepsilon^2 W^2}{2}\right) \frac{B^2}{B^2 - Q^2} \pm \sqrt{\left(\omega^2 - \frac{\varepsilon^2 W^2}{2}\right) \frac{B^4}{(B^2 - Q^2)^2} - \frac{\omega^4 B^2}{B^2 - Q^2}}. \quad (24)$$

$p^2 \ll \omega_j^2$ шарттары орындалған жағыдайда (22) және (23) теңдеулерінен келесі өрнектерді алуға болады

$$A = Q \sqrt{\frac{(2E_{0j}-1)^2 \varepsilon^2 p^2 W^2 + (2E_{0j}-1)^2 \omega^4}{(2E_{0j}-1)^2 \varepsilon^2 p^2 W^2 + [(2E_{0j}-1)\omega^2 - p^2]^2}};$$

$$Q = \frac{B}{p^2} \sqrt{(2E_{0j}-1)^2 \varepsilon^2 p^2 W^2 + [(2E_{0j}-1)\omega^2 - p^2]^2}; \quad (25)$$

$$p = \sqrt{\frac{-[(2E_{0j}-1)\omega^2 + (2E_{0j}-1)^2 \frac{\varepsilon^2 W^2}{2}]^2}{B^2 - Q^2} \pm \sqrt{\frac{[(2E_{0j}-1)\omega^2 + (2E_{0j}-1)^2 \frac{\varepsilon^2 W^2}{2}]^2 B^4}{(B^2 - Q^2)^2} - \frac{(2E_{0j}-1)B^2}{B^2 - Q^2} \omega^4}}.$$

На основе выражений (24) и (25) построены резонансные кривые и амплитудные характеристики упругой конструкции при следующих значениях параметров

(24) және (25) өрнектерінің негізінде келесі параметр мәндері үшін серпімді құрылымның резонанстық қисықтары мен амплитудалық сипаттамалары тұрғызылған.

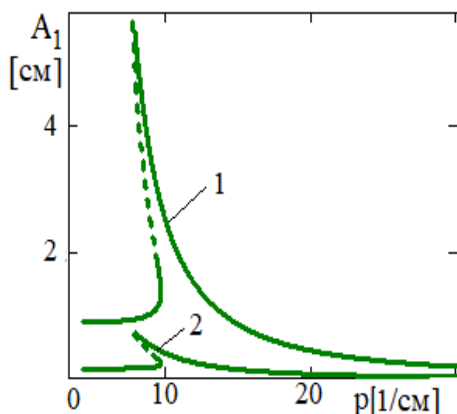
$$n = 4, a$$

$$\varepsilon = 0.02c; \quad \omega_1 = 1,19 \frac{1}{c}; \quad EJ = 0,5 \cdot 10^{18}; \quad \omega_1 = 85,3 \frac{1}{c}; \quad EJ = 65,5 \cdot 10^{18}$$

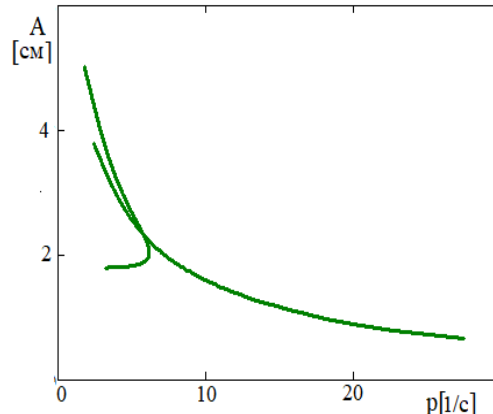
$$(\omega_1 \gg p), \quad \mu = 0,01; \quad m = 7 \cdot 10^3 \text{ кг}.$$

Из графиков (рисунки 3-5) видно, что амплитуды временных форм упругой конструкции много раз меньше амплитуды основания упругой конструкции (рисунок 3, кривая 1 – соответствует для амплитуды основания, а кривая 2 – амплитуду временных форм упругой конструкции).

Графиктерден (3-5-суреттер) серпімді құрылымның уақыт бойынша формаларының амплитудалары серпімді құрылғы табанының амплитудасынан бірнеше есе аз екені анықталды (3-сурет, 1-қисық негіздің амплитудасына сәйкес келеді), ал 2-ші қисық серпімді құрылымның уақыт бойынша формаларының амплитудасына сәйкес келеді).



Сурет 3. Табанның резонанстық қисықтары



Сурет 4. $\omega_1 \gg p$ жағыдай үшін

(1 қисық), $p \gg \omega_1$ жағыдай үшін серпімді кұрылғының уақыт бойынша формасы серпімді кұрылғының табанының резонанстық қисығы
(2 қисық)

Шоғырланған жүктемелер бар серпімді сырықтар мен кинематикалық дірілді оқшаулаушы қондырғыдан тұратын жүйенің қозғалысын зерттеу әдісі әзірленді. Ол мынадан тұрады: голономдық байланыстардың жаңа жиынтығын енгізу, сондай-ақ кинематикалық тіректердегі шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтың қозғалысын сипаттайтын жаңа математикалық модельдерді жасау. Горизонталь гармоникалық қоздырулар кезінде, түзетілген беттері бар теңселмелі тірекке орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырық дірілінің табиғи режимдері анықталады. Негізгі элементтері жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірек болып табылатын кинематикалық дірілді оқшаулау қондырғысына орнатылған шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтардың негізгі динамикалық қасиеттері нақтыланды. Олар кинематикалық тіректердің тиісті өлшемдерін және шоғырланған жүктемелері бар серпімді сырықтардың динамикалық параметрлерін тағайындау арқылы дірілді оқшаулау жүйесін кез келген дерлік жиілікке мақсатты түрде реттеу, дірілден қорғау жүктемесінің қайта таралуының қауіпті әсерін болдырмау, резонансты тербелістерден қашу, кинематикалық оқшаулауы бар серпімді кұрылғыға әсер ететін вертикаль қоздырудың әсерін азайту немесе жою.

Әдебиеттер тізімі

1. Bissebayev, K., Jomartov, A., Tuleshov, A., Dikambay, T., Analysis of the oscillating motion of a solid body on vibrating bearers // Machines, 2019, p.1-21
2. Bissebayev K., Omyrzhanova O., Sultanova K., Oscillations specific for the homogeneous rod like elastic structure on the kinematic absorber basis with rolling bearers having straightened surfaces, Mechanisms and Machine Science, 2019, 68, pp.187-195.
3. Bissebayev K., Omyrzhanova Zh. Friction arising from rolling of a bearing with straightened surfaces on a relaxing ground // Proceedings of 22nd International Conference “MECHANIKA 2017”, Kaunas University of Technology, Lithuania. - 2017. - P. 52-57.

УДК 53

В. Мукамеденқызы, Б.Е. Ақбердиев, А. Төлепберген

ҮШКОМПОНЕНТТІ ИЗОТЕРМДІК ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ ДИФФУЗИЯЛЫҚ АРАЛАСУДЫҢ ТЫҒЫЗДЫҚ ИНВЕРСИЯСЫ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, Алматы қ.

Аңдатпа

Үшкомпонентті газ қоспаларында изотермдік жағдайда диффузия коэффициентінің әртүрлілігімен конвективті тұрақсыздық пайда бола отырып, қоспа компоненттерінің таралуы қарастырылды. Негізгі диффундирлеуші газдар ретінде үшкомпонентті газ қолданылған. Процесс жүруінің конвективті және диффузиялық режимдері зерттелген. Есептеулер нәтижелері тәжірибелік мәліметтермен салыстырылды.

Түйін сөздер: газдар, диффузия, конвекция, тығыздық инверсиясы, қоспалар

Әртүрлі қысымды және әртүрлі құрамды көпкомпонентті газ қоспаларындағы изотермдік диффузияны зерттеу көп мөлшерде массатасымалданумен қатар жүретін концентрациялық конвекцияның пайда болуына мүмкіндік береді. Гравитациялық өрісте орналасқан газ қоспасында концентрациялық конвекцияның пайда болуы диффузиялық канал құрамының (тығыздықтың) біркелкі бөлінбегені жағдайында мүмкін болады. Архимед күштерінің әсерінен конвективтік ағындар оң тығыздық градиентімен пайда болатыны анық ($\rho_1 > \rho_2$) [1-3].

«Диффузия – конвекция» деп аталатын кинетикалық өтулерінің негізі себебі компоненттердің парциалдық ағындарындағы молекулалық және гидродинамикалық құрамдар арасындағы күрделі байланыс болып табылады [1-4]. Массатасымалданудың ерекшеліктерін зерттей келе диффузиялық күйден конвективті күйге өту барысында жүйедегі тасымалдану коэффициенттерінің ауысу режимі ерекше орын алады. Молекулалық массасы жоғары компоненттің концентрациясы өскен сайын диффузиялық каналда сызықтық емес таралудың артқандығы айқын байқалады. [1-6]

Бұл жұмыстың мақсаты үшкомпонентті газ қоспаларындағы диффузия және конвекция режимдерінің ерекшеліктерін сандық зерттеу болып табылады.

Сурет – 1 вертикаль цилиндр каналмен жалғанған екі колбалы жүйедегі үшкомпонентті газ қоспасының квазистационарлы изотермиялық жағдайын қарастырайық. Араласудың бастапқы сәтінде колбаның жоғарғы бөлігінде азот пен көмірқышқыл газы, ал төменгі бөлігінде арнон газының концентрациясы болсын.

Колба көлемдері бірдей және диффузиялық канал көлемінен біршама үлкен. Ал, каналдың ұзындығы оның радиусынан бірнеше есе артық [1-4].

Екіколбалық әдісте капилляр арқылы өтетін квазистационарлы үшкомпонентті диффузия мынадай теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$p = const,$$

$$T = const,$$

$$\sum_{i=1}^3 c_i = 1; \quad n \sum_{i=1}^3 c_i u_i = 0; \quad (1)$$

$$(n c_i u_i) = 0, i = 1, 2;$$

$$\sum_{j \neq i} \frac{c_i c_j}{D_{ij}} \cdot (u_i - u_j) = -grad(c_i), i = 1, 2; j = 1, 2, 3;$$

мұндағы p – қысым; T – температура; n – сандық тығыздық; u_i – i -шы компонент молекуласының орташа жылдамдығының векторы; D_{ij} – өзара диффузия коэффициенті. Компонент концентрациясы c_i мына қатынаспен анықталады:

$$c_i = n_i / n_1 + n_2 + n_3 = n_i / n$$

Диффузиялық бароэффектке байланысты қысымның айырымы айтарлықтай баяу газ ағынын көрсетеді, яғни бірінші жуықтауда диффузиялық каналды парциалды концентрациялардың көлденең таралуын және жылдамдықты елемеуге болады. Сондықтан бір өлшемді модель MathCad бағдарламалық пакеттерін пайдалану арқылы алынған араласудың негізгі ерекшеліктерін дұрыс табуға мүмкіндік береді. Бұл осындай есептеулерді ғана емес, сонымен қатар аналитикалық шешімдерді алуға мүмкіндік береді [1-4]. Сонымен бір өлшемді жағдайда каналдың ауданы бойынша теңдеулер жүйесінен мынаны аламыз [1-3]:

$$\sum_{i=1}^3 c_i = 1; \quad p = const, T = const,$$

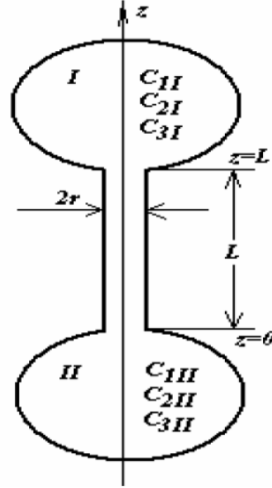
$$n \sum_{i=1}^3 c_i u_i = 0;$$

$$n \cdot c_i \cdot u_i = j_i = \frac{J_i}{S} = const, i = 1, 2; \quad (2)$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\sum_{j \neq i} \frac{c_i c_j}{D_{ij}} \cdot (u_i - u_j) = \frac{-d}{dz} c, i = 1, 2; j = 1, 2, 3;$$

мұндағы J – капилляр арқылы өтетін сандық тығыздық; J_i – i -шы компонент арқылы өтетін толық сандық тығыздығы; S – капиллярдың көлденең қимасының ауданы; n – газдың сандық тығыздығы; j және j_i – сәйкесінші ағынның толық және парциалды сандық тығыздығы;



Сурет-1. Диффузиялық екіколбалық аппараттағы координат жүйесі
Ал шекаралық шарттар келесі түрде болады [1-3]:

$$z = L, c_1 = c_{1I}, c_2 = c_{2I}, c_3 = c_{3I},$$

$$z = 0, c_1 = c_{1II}, c_2 = c_{2II}, c_3 = c_{3II}$$

(3) теңдеуді ескере отырып, (2)-ші теңдеудің шешімін келесі түрде жазамыз [1-3]:

$$c_1(z) = -B \left[j_1 \cdot \left(X_3 \cdot z - X_1 + \frac{A}{B} \right) - X_2 \cdot K_1 \cdot \exp\left(\frac{z}{B}\right) \right],$$

$$c_3(z) = -B \left[j_3 \cdot \left(X_3 \cdot z - X_1 + \frac{A}{B} \right) - X_2 \cdot K_3 \cdot \exp\left(\frac{z}{B}\right) \right], (4)$$

$$c_2(z) = 1 - c_1(z) - c_3(z)$$

мұндағы K_i, X_i, A, B, j_i – концентрацияның белгілі мәндері үшін есептелген тұрақтылар. (4) қатынастары қоспаның ρ тығыздығының таралуын, сондай-ақ оның градиентін табуға

$$\text{мүмкіндік береді: } \frac{1}{n} \rho(z) = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3$$

$$\frac{1}{n} \rho(z) = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3,$$

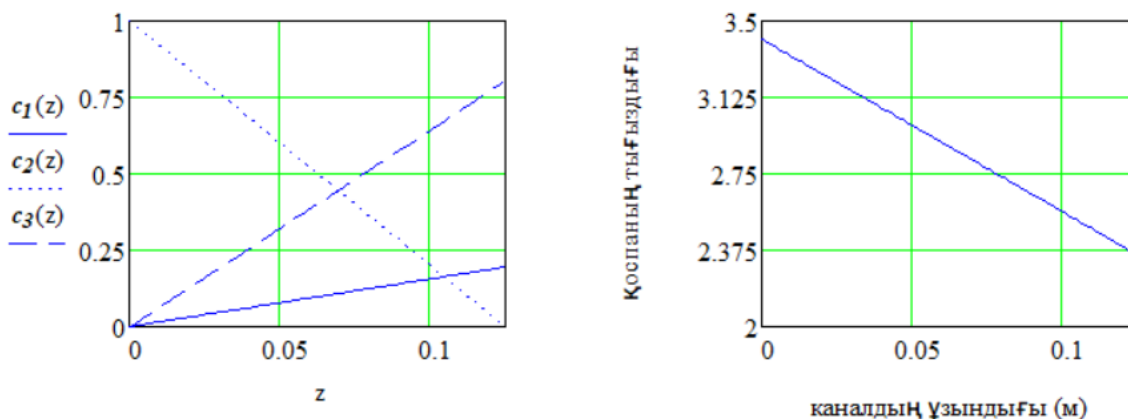
$$\frac{1}{n} \frac{d\rho}{dz} = (m_1 - m_2) \frac{dc_1}{dz} + (m_3 - m_2) \frac{dc_3}{dz} = (5)$$

$$-BX_3(\Delta m_1 \cdot j_1 + \Delta m_3 \cdot j_3) + X_2 \cdot e^{\frac{z}{B}} \cdot (\Delta m_1 \cdot K_1 - \Delta m_3 \cdot K_3)$$

$$\Delta m_i = m_i - m_2$$

(5)-ші теңдеуде m_i арқылы i -ші текті молекуланың массасын белгілейді.

(2) және (3) теңдеулерін талдаудан туындайтын жалпы қасиеттерді қарастырайық. Бұл теңдеулердің шешімі олардағы координатадағы экспоненциалды мүшелер арнайы шарттар орындалған кезде каналдағы концентрациялардың сызықты емес таралуына әкелетінін көрсетеді.



а) концентрациялық профильдер

б) қоспа тығыздығының таралуы

Сурет - 2. $0.15N_2 + 0.85CO_2 - Ar$ жүйесі үшін концентрация компоненттерінің таралуы және үшкомпонентті қоспаның тығыздықтары. $T=298$ К, $L = 70.05$ мм, $r = 3$ мм

Сурет – 2 концентрация компоненттерінің таралуы және $0.15N_2 + 0.85CO_2 - Ar$ жүйесі үшін үшкомпонентті қоспаның тығыздықтары көрсетілген. 2а. суретте азот және көмірқышқыл газының аргонмен қоспасы кезінде көмірқышқыл газының канал бойымен бейсызық таралуын байқауға болады. Аргон мен азоттың диффузиясы кезінде бароэффектілер әсерінен көмірқышқыл газының парциалды ағыны төмендейді. Көпкомпонентті диффузияның ерекшеліктері гравитациялық конвекцияның болуына жол бермейтіндігін бақылап, 2б. суретте канал бойымен қоспа тығыздығының таралуы монотонды екенін байқауға болады.

Қорытынды

Жүргізілген талдаулар бойынша үшкомпонентті изотермдік диффузияның концентрация компоненттерінің монотонды емес тарала алуын айтамыз. «Диффузия – концентрациялық гравитациялық конвекция» режимінің ауысуы тек газда қоспа тығыздығының монотонды емес таралуы кезінде ғана байқауға болады. Сонымен қатар, каналда тіркелген қоспа тығыздығының айтарлықтай бейсызық таралуы тығыздық инверсиясының мүмкін екенін көрсетеді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1.Kosov V. N., Seleznev V. D. Anomalous onset of the free gravitational convection in isothermal ternary gas mixtures [Anomal'noe vozникновение svobodnoi gravitatsionnoi konveksii v izotermicheskikh troinykh gazovykh smesiakh]. Yekaterinburg, 2004, 151 p
- 2.Kosov V., Fedorenko O., Zhakebayev D., Mukamedenkyzy V., Kulzhanov D. Convective mass transfer of a binary gas mixture in an inclined channel // Z Angew Math Mech. – 2022. – Vol. 102.
- 3.Zhavrin Yu.I., Kosov V.N., Fedorenko O.V., Akzholova A.A. [Some of the features of isothermal multicomponent mass transfer in convective instability of a gas mixture]. In: Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii. 2016. Vol. 50. , no. 2, pp. 177-183.
- 4.Kosov V.N., Fedorenko O.V., Zhakebaev D.B., Kizbaev A.P. Peculiarities of the rise of structured formations at the boundary of the change of the regimes “Diffusion – Concentration convection” at an isothermal mixing of a binary mixture equally diluted by the third component // Thermophysics and Aeromechanics. 2019. T. 26. № 1. P. 31-40. DOI: 10.1134/S0869864319010049
- 5.Kaminskii V.A. [Special modes of three-component diffusion in gases]. In: Zhurnal fizicheskoi khimii. 2011. Vol. 85. , no. 12, pp. 2359-2364.
- 6.Kosov V.N., Kul'zhanov D.U., Zhavrin Yu.I., Fedorenko O.V. [The effect of the concentration of mixture components on the occurrence of convective regimes of mixing by diffusion in ternary gas mixtures]. In: Zhurnal fizicheskoi khimii. 2017. Vol. 91, no. 6, pp. 931-936.

Т.М. Сейдаз, О.В. Федоренко

ҚҰРАМЫНДА ПАРНИКТІК ГАЗДАР БАР ГАЗ ҚОСПАЛАРЫН КОНВЕКТИВТІ АРАЛАСТЫРУ

¹Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы, Қазақстан; PhD докторант 2 курса,

²әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан;

e-mail: seydaз.talgat@mail.ru, fedor23.04@mail.ru

Аннотация.

Осы зерттеу жұмысын жүргізу барысында келесі нәтижелер алынды: қазіргі уақытта көп компонентті көпфазалы орталардың концентрациялық бөлінуі туралы қолда бар зерттеулерді егжей-тегжейлі зерттеу жүргізілді; зерттеу бағытындағы қолда бар эксперименттік деректерді талдау, осы ғылыми бағыттағы қолда бар ақпаратқа шолу жасалынды; қоспалардың әрекеттерінің температураға, қысымға, тұтқырлыққа және т.б. тәуелділігін көрсететін эксперименттік зерттеулер жүргізілді; изотермиялық және изотермиялық емес жағдайларда көпкомпонентті бірфазалы қоспаның компоненттерін концентрациялық бөлудің математикалық моделі жасалынды; сыртқы компоненттердің әсерінен изотермиялық және изотермиялық емес жағдайларда көпкомпонентті бірфазалы қоспаның компоненттерін концентрациялық бөлудің математикалық моделі сандық түрде жүзеге асырылды; изотермиялық және изотермиялық емес жағдайларда көп компонентті бір фазалы қоспаның құрамдас бөліктерін концентрациялық бөлуді модельдеу мәселесін шешу үшін сандық алгоритмі құрылды және жүзеге асырылды; сандық алгоритмнің дұрыстығын тест есептерінің эталондық шешімдерімен салыстыру арқылы тексерілді; сандық алгоритм мультипроцессорлық есептеу жүйелерінде масштабталды және іске асырылды.

Тірек сөздер. Масса алмасу, диффузия, конвекция, тұрақсыздық, көмірқышқыл газы, сызықтық тұрақтылықты талдау.

Кіріспе: Жоғары қысымдағы газдардағы көпкомпонентті араласуды [1], ерітінді буларының инертті газға диффузиясын [2] зерттеу бойынша эксперименттер жүйе құрамдастарының араласу жылдамдығы мен қарқындылығының айтарлықтай артуына байланысты синергетикалық әсерге әкелетін конвективтік ағындарды тіркеді. масса алмасуы, әдетте қоспа құрамдас бөлігінің тығыздығы бойынша ең ауыр. Бұл алмасу диффузияға тән емес. Берілген ақпаратқа сүйене отырып, бізде $H_2 + R_{12} - Ar$ жүйесі бар. $D_{H_2R_{12}}$ H_2 және R_{12} компоненттері арасындағы диффузия аралық коэффициентін, R_{12} мен Ar арасындағы $D_{R_{12}Ar}$ және H_2 мен Ar арасындағы D_{H_2Ar} және 0,058-ден бастап өзгертін H_2 , R_{12} және Ar концентрациясы бар жүйені қарастыратын болсақ, 0,319 мольдік фракциялар болса, біз бұл мәндерді осы жүйедегі диффузиялық процестерді талдау үшін пайдалана аламыз. Мысалы, берілген шарттардағы әрбір компоненттің диффузия жылдамдығын есептеу үшін Фик заңын қолдануға болады:

$$J_i = -D_{ij} \partial c_i / \partial x$$

Мұндағы J_i – i компонентінің диффузиялық ағыны, D_{ij} – i және j компоненттері арасындағы өзара диффузия коэффициенті, c_i – i компонентінің концентрациясы, x – кеңістік координатасы.

Біз бұл формулаларды жүйеңізде диффузиялық талдауды орындау және компоненттердің әртүрлі концентрацияларда қалай әрекет ететінін болжау үшін пайдалана аламыз.

Зерттеу әдістемесі: Белгіленген қасиеттері бар құрамдас бөлікті басымдықпен беру режимінің пайда болуы компоненттердің диффузиялық коэффициенттерінің айтарлықтай айырмашылығына байланысты.

Бұл жағдайда диффузия коэффициенттерінің айырмашылығы концентрациялардың сызықты емес таралуына жағдай жасайды. Жүйеде ең жоғары молекулалық массасы бар компоненттің мазмұны артқан сайын концентрация таралуының сызықты еместігі айқынырақ болады және тығыздық градиентінің инверсиясына әкеледі. Тығыздық үлестірімінде минимумның (максимум) болуы конвективті тұрақсыздықтың себебі болып табылады [3].

Көпкомпонентті газ (сұйық) қоспаларында болатын қоспаның белгілі бір компонентін артықшылықпен беру эффектісін табиғи және ілеспе мұнай газдарын парниктік әсерді тудыратын компоненттерден тазартуда қолдануға болады. Сондықтан берілген қасиеттері бар құрамдас бөлікті басымдықпен беру режимінде конвективтік араласудың күшеюіне парниктік газдардың диффузиялық қабілетінің әсер ету механизмдерін ашу кезек күттірмейтін мәселе болып табылады.

Зерттеу нәтижелері: Изотермиялық үштік газ қоспалары үшін тік арналардағы концентрациялық конвективтік ағындардың пайда болуын болжау үшін дөңгелек көлденең қиманың цилиндрлік арнасындағы конвективті тұрақтылық мәселесіне қолданылған сызықтық тұрақтылық талдауы қолданылды [1].

Зерттеулер $H_2 + R12 - Ar$ жүйесімен фреон-12 концентрациясы диапазонында 0,058-ден 0,319 мольдік фракцияларға дейін $p = 0,29$ МПа және $T = 298,0$ К кезінде жүргізілді. Қалыпты жағдайда компоненттердің өзара диффузиялық коэффициенттері келесі мәндер:

$D_{H_2-Ar} = 0,725 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, $D_{H_2-R12} = 0,365 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, $D_{Ar-R12} = 0,101 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$. Есептеулер кезінде келесі геометриялық сипаттамалары бар цилиндрлік арна қолданылды: $d = 6,1 \cdot 10^{-3}$ м және $L = 70,05 \cdot 10^{-3}$ м. Есептеу нәтижелеріне сүйене отырып, диффузия ұзындығы бойынша компоненттер концентрациясының және қоспаның тығыздығының таралуы арна, сондай-ақ орнықтылық сызықтарының салыстырмалы позициялары мен тығыздықтың нөлдік градиенті және жартылай Рэле сандары бар жазықтықтағы орнықтылық картасы (Ra_1, Ra_2) алынды.

Қорытынды: Алынған деректерді талдау $H_2 + R12 - Ar$ жүйесінде R12 концентрациясының сызықты емес таралуы байқалатынын көрсетеді, ал фреон-12 концентрациясы диапазонында 0,2-ден 0,319 моль үлесіне дейін тығыздық профилі минимумға ие, т.б. Бұл аймақта фреон-12-нің басымдық берілуінің конвективтік режимі жүзеге асырылады.

Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен жүзеге асырылды (грант AR14870237).

Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Kossov V., Fedorenko O., Zhakebayev D. Features of multicomponent mass transfer in gas mixtures containing hydrocarbon components // *Chemical Engineering & Technology*. – 2019. – Т. 42. – No. 4. – С. 896-902.
- 2 Dil'man V. V. et al. Instability in unsteady-state evaporation of binary solutions into an inert gas // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2005. – Т. 39. – С. 566-572.
- 3 Kossov V. N. et al. Multicomponent mixing on the “diffusion–convection” transition boundary at elevated pressures // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2150. – No. 1. – С. 012014.
4. Kossov V.N., Fedorenko O.V., Zhaneli M., Mukhatova K. Multicomponent mixing on the “diffusion–convection” transition boundary at elevated pressures // *J. Phys.: Conf. Series*. – 2022. – Vol. 2150, No. 1. – 012014.
5. Dil'man V.V., Lipatov D.A., Lotkhov V.A., Kaminskii V.A. Instability in unsteady-state evaporation of binary solutions into an inert gas // *Theor. Found. Chem. Eng.* – 2005. – Vol. 39, No.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

6. – P. 566-572.

6. Budroni M.A., Lemaigre L., De Wit A., Rossi F. Cross-diffusion-induced convective patterns in microemulsion systems // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2015. – Vol. 17. – P. 1593-1600.

7. Kossov V.N., Zhavrin Yu. I., Fedorenko O. V. The effect of differences in the diffusion coefficients of components on the onset of convection in isothermal multicomponent systems // Defect and Diffusion Forum. Diffusion Phenomena: Aspects of Characterization and Experiments. - 2016. - Vol. 367. - P. 96-102.

8. Косов В.Н., Жаврин Ю.И. Коэффициенты диффузии некоторых бинарных и трехкомпонентных газовых смесей, содержащих фреон-12 // Теплофизические свойства веществ и материалов. - М.: Издательство стандартов, 1989. - № 28. - С.112-122.

9. Zhavrin Yu. I., Kossov V.N., Fedorenko O. V., Akzholova A.A. Some features of the multicomponent gas transfer in the convective instability of gas mixture // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. - 2016. - Vol. 50, No. 2. - P. 171-177.

10. Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Белов С.М. Исследование неустойчивости при диффузии смеси гелия с аргонном в азот в области давлений 1,5 – 15 МПа // Молекулярный массоперенос и струйные течения. - Алма-Ата, 1984. - С. 3-7.

УДК 661.878.62

Н.Т. Сурашов¹, Р.Б. Асмагулаев², Д.Н. Толымбек³

РАЦИОНАЛЬНАЯ ФОРМА ОТВАЛА БУЛЬДОЗЕРА С УЧЕТОМ ГРУНТОВОГО ФОНА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

^{1,2}ТОО «НИИПК Каздоринновация» г. Алматы, Казахстан, e-mail:nurgalisurashov@mail.ru

³Аруна-АИ, г. Астана

Аннотация

Производительность и эффективность работы землеройно-транспортных машин отвального типа зависит от характера и физико-механических свойств грунтов – прочности, связности, влажности, уплотнённости, климатического условия и от региона РК.

Материал данной статьи представляет установление рациональных форм отвала и определение оптимальных его параметров в зависимости от категории разрабатываемого грунта, то есть создание адаптирующего рабочего органа (РО) бульдозера, соответствующего его профилю с естественной траекторией стружкообразования пласта грунта.

Материалы и методы. В качестве материалов использовались разные категории грунтов, широко распространенных в регионе Казахстана, и новые конструкции отвала бульдозера, оснащенные разнообразными комплектами ножей, то есть обычные прямолинейные ножи – для планировочных работ и разработки I-III категорий грунтов; с выступающими средними ножами – для разработки плотных IV-V категорий или со ступенчатыми ножами – для разработки твердых, прочных грунтов. Был исследован процесс их взаимодействия при максимальном формировании призмы волочения грунта перед отвалом с использованием графоаналитического метода исследования.

Результаты. Изучая процессы взаимодействия РО и ножей бульдозера с разными категориями грунтов, установлены рациональные конструкции ножей, предназначенных для разработки различных категорий грунтов.

Определены оптимальные параметры отвала при максимальном наборе призмы волочения перед отвалом. Также отвал оснащен боковыми ушрителями ножей, верхними козырьками

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича и боковыми скосами. Радиус кривизны отвала в поперечном сечении соответствует естественному углу стружкообразования пласта грунта, позволяющему уменьшить сопротивление копания грунта.

Обсуждение и заключение.

Нами были разработаны несколько вариантов расположения ножей на отвале с учетом разрабатываемых категорий грунтов:

– бульдозерный отвал с боковыми скосами лобовой поверхности для мягких или песчаных грунтов;

– бульдозерный отвал с выступающим средним ножом, боковыми косынками и верхними боковыми скосами для разработки прочных и глинистых грунтов;

– бульдозерный отвал с боковыми скосами и боковыми ножами-уширителями для разработки разрыхленных грунтов;

– бульдозерный отвал с выступающим средним ножом, боковыми косынками, боковыми ножами-уширителями и верхними скосами для разработки плотно-прочных грунтов или суглинков средних.

На все эти четыре вида конструкции отвала и расположение ножей рекомендованы определения оптимальных параметров отвала с учетом разработки различных категорий грунтов.

Ключевые слова: бульдозер, отвал, козырек, нож, призма волочения, уширитель, связный грунт

ANNOTATION

Introduction. The productivity and efficiency of dump-type earth-moving machines depend on the nature and physical and mechanical properties of soils - strength, cohesion, humidity, compaction, climatic conditions and on the region of the Republic of Kazakhstan.

The material of this article presents the establishment of rational forms of the dump and the determination of its optimal parameters depending on the category of the excavated soil, that is, the creation of an adaptive working body of a bulldozer corresponding to its profile with a natural trajectory of chip formation of the soil layer.

Materials and methods. Different categories of soils, which are widespread in the region of Kazakhstan, and new designs of the bulldozer blade equipped with a variety of sets of knives, i.e. ordinary straight knives for leveling and development of I-III categories of soils, were used as materials; with protruding medium knives – for the development of dense IV-V categories or with stepped knives – for the development of hard, durable soils. The process of their interaction at the maximum formation of the prism of soil dragging in front of the dump was investigated using the graphoanalytical method of research.

Outcomes. Studying the processes of interaction of the working body and bulldozer knives with different categories of soils, rational designs of knives designed for the development of various categories of soils have been established. The optimal parameters of the blade at the maximum set of the drawing prism in front of the blade have been determined. The blade is also equipped with side blade extensions, upper visors and side bevels. The radius of curvature of the blade in the cross-section corresponds to the natural chip formation angle of the soil layer, which reduces the resistance to digging the soil.

Discussion and conclusion. We have developed several options for the location of the blades on the blade, taking into account the developed categories of soils: - bulldozer blade with side slopes of the front surface for soft or sandy soils; – bulldozer blade with protruding middle blade, side gussets and upper side bevels for the development of strong and clayey soils; – bulldozer blade with side bevels and side blades-extensions for the development of loosened soils; – a bulldozer blade with a protruding middle blade, side gussets, side blades-extensions and upper bevels for the development of densely strong soils or medium loams. For all these four types of blade design and blade arrangement, it is recommended to determine the optimal blade parameters, taking into

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
account the development of different categories of soils.

Keywords: bulldozer, blade, canopy, knife, drawing prism, extender, cohesive soil.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Казахстане стремительными темпами увеличивается объем земляных работ в области строительства промышленно-гражданских сооружений, строительстве автомобильных и железных дорог. В этих объектах эксплуатируются тысячи землеройно-транспортных машин (ЗТМ), в том числе бульдозеры разных видов, и с каждым годом обновляется парк ЗТМ нового поколения. Их производительность, энергоемкость зависят от степени совершенствования конструкции РО ЗТМ отвального типа [1-4].

Целью исследования является повышение эффективности использования мощности бульдозера в зависимости от прочностных характеристик разрабатываемого грунта, то есть создание отвалов с изменяющейся формой и конструкцией, оснащенных соответствующими ножами в зависимости от категории разрабатываемого грунта, и разработка методики определения оптимальных параметров отвала с помощью графоаналитического метода.

Следовательно, радиус поверхности отвала должен соответствовать радиусу естественной траектории стружкообразования пласта грунта, то есть нужно адаптировать поверхность отвала соответственно профилю стружкообразования грунта. При таком исполнении конструкции отвала оснащенными разными формами режущих ножей бульдозера позволяет минимизировать расход энергии трактора и повышается производительность бульдозера при разработке разных категорий грунтов и их перемещений [1,2,5,6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В регионе Казахстана часто встречаются связные и несвязные, твердые, песчаные, полускальные грунты и грунты с каменистыми включениями. Для дальнейшего исследования при разработке грунтов бульдозерами принимались грунты I-V категории [2,4].

Конструктивными основными параметрами стандартного отвала являются (рисунок 1): B и H – соответственно ширина и высота отвала, м; H_k – высота козырька, м; R – радиус кривизны отвала, м; l – длина дуги отвала, м; φ – центральный угол кривизны отвала, град; v' – расстояние от основания отвала до точки контакта по высоте с грунтом, то есть высота бокового валика, м; P – периметр контура взаимодействия перемещаемого грунта с лобовой поверхностью отвала, м; C – высота части призмы волочения, возвышающаяся над козырьком, м; a' – ширина бокового валика (просыпания грунта), м.

Нами выбраны для дальнейшего исследования четыре варианта исполнения конструкции отвала, оснащенные разными ножами в зависимости от категории разрабатываемого грунта, эти конструкции отвала с ножами запатентованы в РК авторами [патенты РК: №15852 от 04.04.2005; №13578 от 14.08.2003; №13576 от 14.08.2003].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В начальной стадии разработки разрыхленных (I и II категорий) грунтов традиционным отвалом с лобовой поверхностью *udcy* (рисунок 1) объем грунта постепенно увеличивается перед отвалом и через некоторое время формируется максимальная призма волочения с поперечным сечением *nmz*. При дальнейшем перемещении грунта с обеих сторон отвала часть призмы волочения уходит в боковые валики, т.е. элементы призмы волочения *nadivcsz* (см. рисунок 1, б), которые не контактируют с лобовой поверхностью отвала, что уменьшает производительность бульдозера. Верхняя часть призмы волочения, возвышающаяся над козырьком величиной C , в процессе перемещения грунта уменьшается за счет опрокидывания грунта частично вперед и в обратную сторону, его величина зависит от радиуса кривизны отвала R , угла резания α_P , углов наклона отвала ϵ_0 и козырька β_K , скорости движителя бульдозера v .

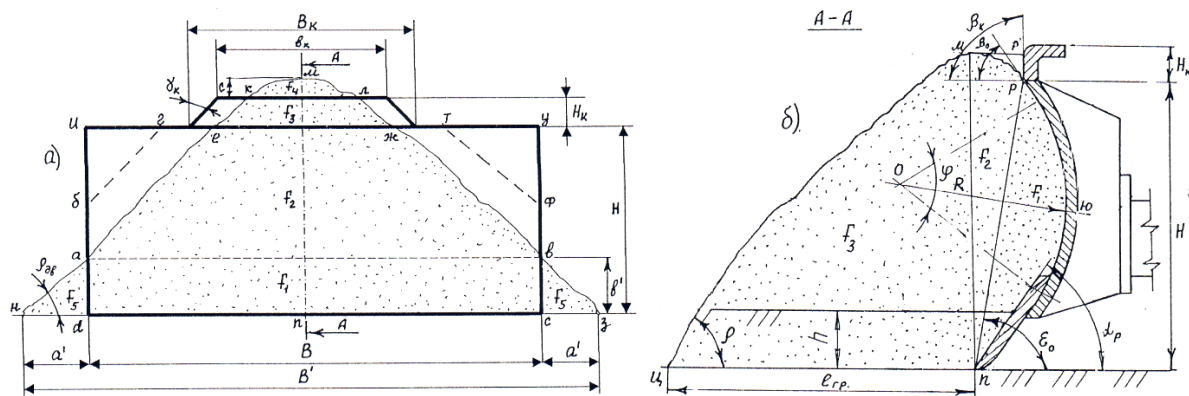


Рисунок 1 – Схема взаимодействия отвала с грунтом при максимальной призме волочения:
 а – схема взаимодействия лобовой поверхности отвала с призмой волочения грунта;
 б – поперечное сечение отвала и призмы волочения

С целью изучения способов повышения эффективности использования технической производительности, уменьшения металлоемкости и энергоемкости бульдозеров рассмотрены отвалы различных конструктивных форм с учетом набора призмы волочения и определены их оптимальные параметры.

Из анализа процесса взаимодействия бульдозерного РО с грунтами различной категории нами разработаны принципиально новые конструкции отвалов с верхними боковыми скосами и ножами-уширителями (патенты РК №15852, №13578, № 13576), что обуславливает сохранение и увеличение объема максимальной призмы волочения при ее перемещении и транспортировке (рисунок 2).

Рациональную форму и определение параметров отвала бульдозера следует проводить с учетом рабочего процесса копания и перемещения призмы волочения. Рассмотрим процесс перемещения призмы волочения отвалом бульдозера с параметрами B , H , H_k и ρ (см. рисунок 1), где B и H – соответственно ширина и высота отвала; H_k – высота козырька; ρ – угол внутреннего трения грунта в покое.

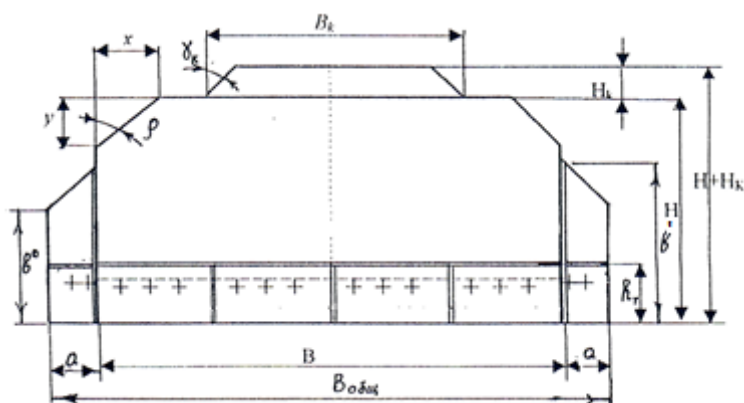


Рисунок 2 – Рациональная форма отвала бульдозера

Из рассмотренной расчетной схемы имеем (см. рис.1)

$$C + H + H_k = tq\rho \cdot \frac{B}{2} + a'tq\rho, (1)$$

откуда

$$\alpha' = \frac{C+H+H_k - \frac{B}{2}tq\rho}{tq\rho}, (2)$$

тогда

$$\alpha = k_{\delta\beta} \cdot \alpha' = 0,6 \cdot \alpha', \quad (3)$$

где $k_{\delta\beta}$ – коэффициент ширины ножа-уширителя, принимаемый конструктивно: $k_{\delta\beta} = 0,6$ – для связных грунтов; $k_{\delta\beta} = 0,4$ – для несвязных грунтов [2,7-8]; a – ширина бокового валика (просыпания грунта); α – дополнительная ширина ножа-уширителя; ρ – угол внутреннего трения грунта.

Тогда общая ширина отвала с ножами-уширителями

$$B_{\text{общ}} = B + \frac{2\left(c + H + H_k - \frac{B}{2}tq\rho\right)}{tq\rho} \cdot k_{\delta\beta}. \quad (4)$$

Высота дополнительного ножа-уширителя определяется выражением из рассмотрения подобия треугольников *mm'inaad*:

$$b = \frac{a'(H + H_k + C)}{a' + \frac{B}{2}}, \quad (5)$$

где C – высота части призмы волочения, возвышающаяся над козырьком. После преобразования выражения (5) значение b примет вид

$$b = \frac{2\left[\left(c + H + H_k - \frac{B}{2}tq\rho\right)(H + H_k + C)\right]}{2\left(c + H + H_k - \frac{B}{2}tq\rho\right) + Btq\rho}. \quad (6)$$

Анализируя схему взаимодействия отвала бульдозера с грунтом, можно констатировать, что верхние боковые части отвала не взаимодействуют с грунтом. Это обуславливает возможность выполнить отвал с боковыми скосами, форма которого будет соответствовать схеме взаимодействия его с грунтом. Ориентировочно боковые скосы на рисунках 1 и 2 показаны штриховыми линиями *бг* и *тф*, эта часть с двух сторон отрезается, причем последние проведены параллельно *нк* и *лз*, что уменьшает вес отвала бульдозера на 5%.

Рациональная форма отвала бульдозера с нижними боковыми ножами-уширителями, исключая просыпание грунта с учетом призмы волочения и угла внутреннего трения, имеет вид, показанный на рисунке 3.

Тогда высота и ширина бокового скоса будут равны

$$Y = H - e' \cdot k_{\delta c}, \quad X = Y \cdot tq\rho, \quad (7)$$

где $k_{\delta c}$ – коэффициент запаса просыпания грунта по верхним боковым скосам: $k_{\delta c} = 1,2$ – для связных грунтов; $k_{\delta c} = 1,3$ – для несвязных грунтов [2].

Рассмотрим пример определения размеров дополнительных ножей-уширителей отвала бульдозера с учетом грунтов I и II категории. Например, исходный отвал бульдозера с параметрами $H = 1,0$ м; $H_k = 0,1$ м; $B = 2,5$ м; $C = 0,05$ м; $\rho = 38^\circ$. Используя зависимости (2) и (6), получим значения α и b : $\alpha = 0,17$ м; $b = 0,1$ м.

Установление на бульдозерном отвале боковых ножей-уширителей размерами α и b обеспечит предотвращение ухода призмы волочения в боковые валики на 60–70% при перемещении призмы по поверхности грунта.

Особенностью определяемых параметров верхних боковых скосов следует считать то, что необходимо принимать небольшой запас в сторону увеличения его размеров на случай транспортирования грунтов по физико-механическим характеристикам в отличие от рассмотренных (табл. 1).

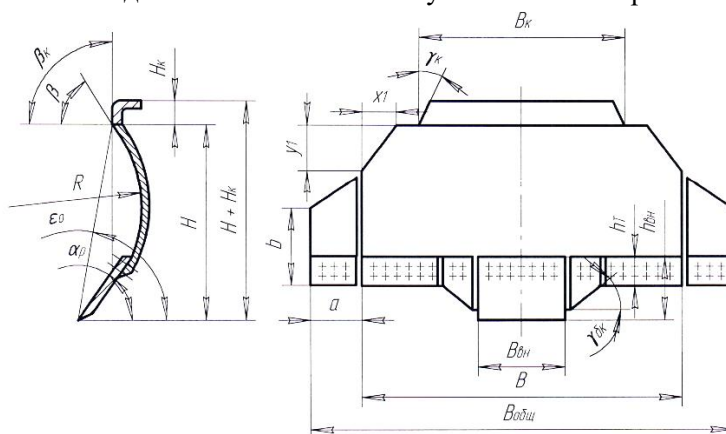


Рисунок 3 – Схема бульдозерного отвала с выступающим средним ножом, боковыми косынками, ножами-уширителями и скосами

Таблица 1 - Основные оптимальные рациональные параметры бульдозерного отвала с верхними боковыми скосами и боковыми ножами-уширителями

№ п/п	Наименование параметров	Обозначения	Размер - ность	Расчетные формулы (рисунок 3)
1.	Ширина традиционного отвала	B	м	Техническая характеристика бульдозера для соответствующего тягового усилия тягача
2.	Высота отвала	H	м	$H = 500\sqrt[3]{T_H - 5T_H}$
3.	Высота козырька	H_k	м	$H_k \cong (0,1 \dots 0,2)H$
4.	Высота отвала с козырьком	$H+H_k$	м	$H + H_k = (1,1 \dots 1,2)H$
5.	Ширина козырька	B_k	м	$B_k = (0,3 \dots 0,5)B$
6.	Радиус кривизны отвала	R	м	$R \cong H$
7.	Угол боковой грани козырька	γ_k	град	$\gamma_k = 35 \dots 45$
8.	Угол наклона козырька	β_k	град	$\beta_k \cong 90 \dots 100$
9.	Угол разгрузки отвала	β_o	град	$\beta_o \cong 30 \dots 80$
10.	Угол резания	α_p	град	$\alpha_p \cong 45 \dots 55$
11.	Угол наклона отвала	ϵ_o	град	$\epsilon_o \cong 70 \dots 80$
12.	Общая ширина отвала с ножами-уширителями	$B_{\text{ОБЩ}}$	м	$B_{\text{ОБЩ}} = B + \frac{2\left(C + H + H_k - \frac{B}{2}tq\rho\right)}{tq\rho}$
13.	Параметры ножа-уширителя: ширина высота	a	м	$a = \frac{\left(C + H + H_k - \frac{B}{2}tq\rho\right)}{tq\rho}$ $b = \frac{a(H + H_k + C)}{a + \frac{B}{2}}$

		b	м	
14.	Параметры скоса: по горизонтали по вертикали	x_1 y_1	м м	$x_1 = \frac{H + H_k - \frac{B}{2} t q \rho}{t q \rho}$ $y_1 = x_1$

Учитывая предложенные формулы и полученную базовую форму отвала бульдозера (см. рисунки 2,3), нами предложены конструктивные различные формы отвалов с оптимальными параметрами. Они созданы по изложенному выше принципу: адаптация лобовой поверхности отвала к призматической форме перемещаемого грунта.

Обсуждение и заключение

1. Из анализа процесса взаимодействия бульдозерного РО с грунтами разных категорий получены принципиально новые конструкции отвала с боковыми скосами и ножами-уширителями, что обуславливает сохранение объема призмы волочения при ее перемещении.
2. Для сформированных бульдозерных отвалов, имеющих комбинаторное сочетание формы отвала, режущих ножей и ножей-уширителей, представлены расчетные формулы для выбора и определения их оптимальных параметров.
3. Графоаналитические исследования образования призмы волочения перед отвалом позволили разработать различные конструкции отвалов, оснащенных выступающим средним ножом, боковыми косынками и боковыми уширителями, что позволяет увеличивать производительность бульдозера на 7–10% [2].
4. По представленным в таблице 1 зависимостям можно произвести выбор и определение оптимальных параметров для сформированных РО, имеющих различные комбинированные сочетания режущих ножей, боковых косынок, ножей-уширителей, форму и параметры скосов в зависимости от грунтовых условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хмара Л.А. Анализ главных направлений совершенствования рабочего оборудования бульдозеров // Строительные и дорожные машины, 2005, №2. С.8-14.
2. Сурашов Н.Т. Научные основы создания перспективных рабочих органов землеройно-транспортных машин. – Алматы: КазГАСА, 2004.–263 с.
3. Щербakov В.С., Колякин В.И., Беляев В.В. Влияние геометрических параметров ЗТМ на процесс заглабления рабочего органа // Гидропривод и системы управления строительных и дорожных машин / Межвуз. сб. науч. тр.- Омск.: ОмПИ, 1989. С. 58-61.
4. Кабашев Р.А., Сурашов Н.Т., Гудович М.И. Анализ и оценка перспективных конструкций рабочих органов землеройно-транспортных машин // Механизация и автоматизация земляных работ / Сборник докладов. - Киев: КИСИ, 1991. С.24-27.
5. Sang-Ho Kim, Yong-Seok Lee. Development of bulldozer sensor system for estimating the position of blade cutting edge // Automation in construction. - Seul, volume 106, October 2019.
6. Хмара Л.А. Научное сопровождение строительных и дорожных машин: исследование, расчет, создание, выбор, использование // Сб. науч. тр. Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, №7, 2010. – Приднепропетровск: ПГАСА, 2010. С.17-33.
7. Демиденко А.И., Гатыч К.Ю. Расчет усилий копания рабочим оборудованием бульдозера // Вестник СибАДИ, выпуск 2 (54), 2017. – Омск: СибАДИ, 2017. С.17-22.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

8. Берестов Е.И., Лесковец И.В. Методика расчета геометрических параметров призмы волочения на отвале бульдозера // Вестник Белорусско-Российского университета, №2(23), 2009.-Минск,2009.С.6-13.
9. Лесковец И.В., Берестов Е.И., Смоляр А.П. Влияние параметров профиля отвала бульдозера на величины сил сопротивления копанию // Вестник Белорусско-Российского университета, 2015, №2 (47). –Минск. С.12-22.

UDC 53.1

М.Аbishev, N. Beissen, Y. Aimuratov, T. Yernazarov,
N. Shynggyskhan

NONLINEAR ELECTROMAGNETIC EFFECTS IN THE QUADRUPOLE MAGNETIC FIELD OF A MAGNETAR

¹al-Farabi Kazakh National University, al-Farabi avenue 71, Almaty, 050040, Kazakhstan

² Fesenkov Astrophysical Institute, Observatory 23, Almaty, 050020, Kazakhstan

Abstract

In the work, the nonlinear effect of a magnetar's magnetic quadrupole field on the propagation of electromagnetic waves in the eikonal approximation of the parametrized post-Maxwell electrodynamics of the vacuum is calculated. Equations of motion for electromagnetic pulses transmitted in a strong magnetic field by two normal modes with mutually orthogonal polarization are constructed. The difference in propagation times of normal waves from the common source of electromagnetic radiation to the receiver is calculated. It is shown that the front and back parts of any hard radiation pulse due to the nonlinear electromagnetic influence of the magnetic quadrupole field of magnetar turn out to be linearly polarized in mutually perpendicular planes, and the remaining part of the pulse must have elliptical polarization.

Keywords

nonlinear electrodynamics of vacuum, magnetic quadrupole field, effective pseudo Riemannian space-time, magnetar

In the magnetic fields of magnetar, which reaches the values comparable with quantum electrodynamic induction $B_q = 4.41 \cdot 10^{13}$, the nonlinearity of electrodynamics in a vacuum must appear, leading to the appearance of various physical effects [1,2,3,4,5,6,7,8]. Recently we considered effects in dipole fields [9]. In this work we will use same methods for calculating nonlinear electrodynamics effects in a vacuum for pure quadrupole field of magnetar. Also we will use the eikonal equation for propagation of weak electromagnetic waves in a strong external field F_{ik} [11,12].

Nonlinear electrodynamic effects in the field of magnetic quadrupoles were not considered in the scientific literature. Therefore, the purpose of this article is to calculate the nonlinear effect of the magnetic quadrupole field on the propagation of electromagnetic waves.

We place the beginning of the Cartesian coordinate system at the point where the magnetic quadrupole is located. The components of the magnetic induction vector \mathbf{B} of this quadrupole in a rectangular Cartesian coordinate system:

$$\begin{aligned}
 B_x &= \sqrt{\frac{5}{6}} \frac{B_0 R^4}{r^7} \{x[r^2 - 5z^2]f_1 + 2z[5x^2 - r^2]f_2 + \\
 &+ x[5z^2 - 3r^2 + 10y^2]f_3\} \\
 B_y &= \sqrt{\frac{5}{6}} \frac{B_0 R^4 y}{r^7} \{[r^2 - 5z^2]f_1 + 10xz f_2 + [3r^2 - 10x^2 - 5z^2]f_3\}, \\
 B_z &= \sqrt{\frac{5}{6}} \frac{B_0 R^4}{r^7} \{z[3r^2 - 5z^2]f_1 + 2x[5z^2 - r^2]f_2 - 5z[x^2 - y^2]f_3\}
 \end{aligned} \tag{1}$$

where to abbreviate the notation:

$$\begin{aligned}
 B_0 &= B\sqrt{1 + 2\cos^2 \chi_1} \\
 \cos \xi &= \frac{\sqrt{3}\cos \chi_1}{\sqrt{1 + 2\cos^2 \chi_1}}, \quad \sin \xi = \frac{\sin \chi_1}{\sqrt{1 + 2\cos^2 \chi_1}}
 \end{aligned}$$

$f_1 = \cos \xi$, $f_2 = \sin \xi \cos \chi_2$, $f_3 = \sin \xi \sin \chi_2$, at that $f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 = 1$.

Suppose that an electromagnetic pulse is emitted from a certain point $\mathbf{r} = \mathbf{r}_s = \{x_s, y_s, z_s\}$ at time $t = t_s$. We assume that at the point $\mathbf{r} = \mathbf{r}_d = \{x_d, y_d, z_d\}$ there is an electromagnetic radiation detector. We orient the axes of the Cartesian coordinate system so that the source and the electromagnetic radiation detector lie in the XOZ , plane, and the Z axis is directed so that the following conditions are fulfilled: $x_s = x_d, y_s = y_d = 0$. Then $\mathbf{r}_s = \{x_s, 0, z_s\}$, $\mathbf{r}_d = \{x_s, 0, z_d\}$. We will consider the propagation of pulses of only X-ray and gamma frequencies, for which the influence of the magnetosphere of a magnetar can be neglected. Let us find out by which rays the electromagnetic pulses will propagate from the point \mathbf{r}_s to the point \mathbf{r}_d , and also determine the laws of motion of electromagnetic pulses along these rays. Integrating equations for rays, we find:

$$\begin{aligned}
 X(z) &= \frac{25R^8}{3072x_s^8} \{z(1274f_1f_3 - 1596f_2^2 - 245f_1^2 - \\
 &- 2597f_3^2) - 64x_s(f_1 + 13f_3)f_2\} \operatorname{atan}\left(\frac{z}{x_s}\right) + \\
 &+ \frac{125R^8 x_s^4}{36r^{12}} \{4z(f_3 - f_1)f_2 - x_s(f_1^2 - 2f_1f_3 - 4f_2^2 + f_3^2)\} + \\
 &+ \frac{5R^8 x_s^2}{72r^{10}} \{16z(13f_1 - 7f_3)f_2 + x_s(83f_1^2 - 118f_1f_3 - 284f_2^2 + \\
 &+ 35f_3^2)\} + \frac{5R^8}{576r^8} \{x_s(145f_3^2 + 524f_2^2 + 46f_1f_3 - 287f_1^2) - \\
 &- 192z(f_1 + 2f_3)f_2\} + \frac{5R^8}{1152x_s^2 r^6} \{x_s(35f_1^2 + 228f_2^2 - 182f_1f_3 + \\
 &+ 371f_3^2) - 64z(f_1 + 13f_3)f_2\} + \frac{5R^8}{4608x_s^4 r^4} \{x_s(245f_1^2 - \\
 &- 1274f_1f_3 + 1596f_2^2 + 2597f_3^2) - 320z(f_1 + 13f_3)f_2\} + \\
 &+ \frac{25R^8}{9216x_s^6 r^2} \{x_s(245f_1^2 - 1274f_1f_3 + 1596f_2^2 + 2597f_3^2) - \\
 &- 192z(f_1 + 13f_3)f_2\}, \quad Y(z) = 0.
 \end{aligned} \tag{2}$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Relation (2) can determine the equations for rays, according to the postMaxwellian electrodynamics of vacuum, electromagnetic waves propagate in the magnetic quadrupole field, and also the law of motion of electromagnetic pulses along these rays. Let us consider the effects of the nonlinear electrodynamic action of the magnetic quadrupole field on the electromagnetic wave. Let us first find the magnitude of the angle of curvature of rays due to the nonlinearity of electrodynamics in vacuum: $\sin\beta = |[\mathbf{N}(z_s)\mathbf{N}(z_d)]| = \eta_{1,2}\xi B_0^2 |F(z_s) - F(z_d)|$.

This expression takes the simplest form in the case when the magnetic quadrupole is at an equal distance from the emitter and the receiver of electromagnetic waves ($z_d = -z_s$). In this case, the sine of the angle of curvature of the ray in the XOZ plane is equal to:

$$\begin{aligned} \sin\beta = \eta_{1,2}\xi B_0^2 \left\{ \left[\frac{175z_s B_0^2 R^8}{1536x_s^7 r_s^2} + \frac{175B_0^2 R^8}{1536x_s^8} \operatorname{atan}\left(\frac{z_s}{x_s}\right) + \right. \right. & (3) \\ \left. \left. + \frac{175z_s B_0^2 R^8}{2304x_s^5 r_s^4} + \frac{35z_s B_0^2 R^8}{576x_s^3 r_s^6} + \right. \right. & \\ \left. \left. + \frac{5z_s B_0^2 R^8}{96x_s r_s^8} \right] [182f_1 f_3 - 35f_1^2 - 228f_2^2 - 371f_3^2] \right. & \\ \left. + \frac{5z_s x_s B_0^2 R^8}{36r_s^{10}} (287f_1^2 - 46f_1 f_3 - 524f_2^2 - 145f_3^2) + \right. & \\ \left. + \frac{25z_s B_0^2 R^8 x_s^3}{18r_s^{14}} [60x_s^2 (1 - 2f_1 f_3 - 5f_2^2) + r_s^2 (118f_1 f_3 + \right. & \\ \left. + 284f_2^2 - 83f_1^2 - 35f_3^2)] \right\}. & \end{aligned}$$

Estimates show that when $B_0 \sim 10^{13}$ G the angle β can reach several angular seconds. However, because of the large distance between pulsars and the Earth, compared with the radii of pulsars, the angles of non-linear electrodynamic curvature of rays in the solar system can not be measured.

Further, for $\eta_1 \neq \eta_2$ because of the nonlinear-electrodynamic birefringence, each electromagnetic pulse emitted at the point $\mathbf{r}_0 = \{q, 0, z_0\}$, splits into two pulses, one of which is carried by the first normal wave and the other by the second normal wave having orthogonal polarization. These pulses move to the receiver along different beams, spending on this way different time. Let us calculate the delay time of the electromagnetic pulse carried by the first normal wave, in comparison with the propagation of the momentum carried by the second normal wave:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

$$\Delta t = t_1(z_d) - t_2(z_d) = \frac{5(\eta_1 - \eta_2)\xi B_0^2 R^8}{6c} \left\{ \frac{50x_s^5}{3} f_2(f_3 - f_1) \times \right. \quad (4)$$

$$\times \left[\frac{1}{\rho_d^{12}} - \frac{1}{\rho_s^{12}} \right] - \frac{8f_2^2}{7} \left[\frac{z_d}{\rho_d^8} - \frac{z_s}{\rho_s^8} \right] + 4x_s^3 f_2(5f_1 - 3f_3) \left[\frac{1}{\rho_d^{10}} - \frac{1}{\rho_s^{10}} \right] +$$

$$+ x_s f_2(2f_3 - 4f_1) \left[\frac{1}{\rho_d^8} - \frac{1}{\rho_s^8} \right] + \frac{25x_s^4}{6} (1 - 5f_2^2 - 2f_1 f_3) \left[\frac{z_d}{\rho_d^{12}} - \frac{z_s}{\rho_s^{12}} \right] -$$

$$- \frac{x_s^2}{12} (41 - 48f_3^2 - 157f_2^2 - 34f_1 f_3) \left[\frac{z_d}{\rho_d^{10}} - \frac{z_s}{\rho_s^{10}} \right] +$$

$$+ \frac{5}{512x_s^7} \left[\operatorname{atan} \left(\frac{z_d}{x_s} \right) - \operatorname{atan} \left(\frac{z_s}{x_s} \right) + x_s \left[\frac{z_d}{\rho_d^2} - \frac{z_s}{\rho_s^2} \right] + \right.$$

$$\left. + \frac{2x_s^3}{3} \left[\frac{z_d}{\rho_d^4} - \frac{z_s}{\rho_s^4} \right] + \frac{8x_s^5}{15} \left[\frac{z_d}{\rho_d^6} - \frac{z_s}{\rho_s^6} \right] + \right.$$

$$\left. + \frac{16x_s^7}{35} \left[\frac{z_d}{\rho_d^8} - \frac{z_s}{\rho_s^8} \right] \right] [35 - 182f_1 f_3 + 193f_2^2 + 336f_3^2] \Big\},$$

where $\rho_s = \sqrt{z_s^2 + x_s^2}$, $\rho_d = \sqrt{z_d^2 + x_d^2}$.

For $z_s \rightarrow -\infty$ and $z_d \rightarrow \infty$ this expression gives:

$$\Delta t = \frac{25\pi(\eta_1 - \eta_2)\xi B_0^2 R^8}{3072x_s^7 c} [35 - 182f_1 f_3 + 193f_2^2 + 336f_3^2]. \quad (5)$$

The presence of a non-zero value of Δt leads to the appearance of unusual polarization properties for an electromagnetic pulse. These properties are a consequence of the different magnitude of the propagation velocity of two modes in an external magnetic field. Indeed, suppose that a pulse of an arbitrarily polarized hard radiation of finite duration T . Because of the birefringence of the vacuum, it splits into two modes, polarized in mutually perpendicular planes, with the leading edges of these modes coinciding at the initial instant of time. The leading edge of the faster mode will arrive at the hard radiation detector earlier than the leading edge of the slow mode, which for some time is equal to Δt . Therefore, during the time Δt only the faster normal pulse mode will pass through the detector and the detector will detect the linear polarization of this part of the momentum.

After the time Δt , the front of the momentum transferred by another normal mode, the phase of which differs from the phase of the faster mode on $\omega\Delta t$, where ω - is the frequency of the wave. The addition of these orthogonally polarized normal modes in the subsequent time will create in the detector radiation with elliptical polarization that will pass through the detector for a time $T - \Delta t$.

Quite analogously, the trailing edge of the faster momentum mode will leave the detector before the trailing edge of the slow mode. Therefore, at the back of the hard radiation momentum duration Δt the polarization will also be linear, but orthogonal to the linear polarization of the front of the momentum. Thus, the detection of the above-mentioned polarization properties of hard pulses coming from pulsars makes it possible not only to assert the manifestation of nonlinear electrodynamics of vacuum, but also to estimate the magnitude of the induction of the magnetic field on the surface of the pulsar from the value of Δt .

The calculation showed that, according to the equations of nonlinear electrodynamics of vacuum, the magnetic quadrupole field bends the rays of electromagnetic waves and the magnitude of the angle of this curvature depends on the orientation of the quadrupole moment with respect to the direction of propagation of the electromagnetic wave.

The propagation velocities of electromagnetic pulses at $\eta_1 \neq \eta_2$ depend on the polarization of the electromagnetic wave. If a short pulse is emitted from the electromagnetic radiation source,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
then in the general case it will propagate in the magnetic quadrupole field in the form of two normal waves having mutually perpendicular polarization.

In the receiver of electromagnetic radiation, these pulses will arrive along different beams and at different instants, as a result of which the recorded total pulse will have an unusual polarization: the front and back parts of each pulse of length $c\Delta t$ will be linearly polarized in mutually perpendicular planes, and the part momentum will be elliptically polarized. A simple analysis shows that at $x_s \sim R \sim 10\text{km}$ and $B_0 \sim 10^{13}\text{G}$ the value Δt , with a favorable orientation of the quadrupole relative to the z axis of the Cartesian coordinate system chosen by us, can reach several tens of nanoseconds.

References

- [1] Olausen, S.,A., and Kaspi, V.,M. ApJ Suppl, 2014, 212, 1.
- [2] Manchester, R.,N., and et al. Astron.J., 2005, 129, 1993.
- [3] Denisov, V.,I., and Sokolov, V.,A. J. of Experimental and Theoretical Physics, 2011, 113, 926.
- [4] Vshivtseva, P.,A., and Denisov, V.,I., and Denisova, I.,P. Doklady Physics, 2002, 47,798
- [5] Kim, J.,Y. JCAP, 2011, 11, 017
- [6] Abishev, M.,E., and et al. MNRAS, 2018, 481, 36
- [7] Denisov, V.,I., and et al. Phys. Rev. D, 2016, 94, 045021
- [8] Denisov, V.,I. Theoretical and Mathematical Physics, 2002, 132, 1071
- [9] Abishev, M.,E., and et al. Astroparticle Physics, 2016, 73, 8
- [10] Heisenberg, W., and Euler, H. Z. Phys., 1936, 26, 714
- [11] Berestetskii, V.,B., and Pitaevskii, L.,P., and Lifshitz, E.,M. Quantum Electrodynamics, 1982, Elsevier, Oxford, UK
- [12] Born, M., and Infeld, L. Proc. Roy. Soc., 1934, A144, 425
- [13] Vasili'ev, M.,I., and Denisov, V.,I., and Kozar', A.,V., and TomasiVshivtseva, P.,A. Moscow University Physics Bulletin, 2017, 72, 513
- [14] Taverna, R., and et al. MNRAS, 2014, 438, 1686
- [15] Caniulef, D.,G., and et al. MNRAS, 2016, 459, 3585
- [16] Mignani, R.,P., and et al. MNRAS, 2017, 465, 492
- [17] Pétri, J. MNRAS, 2013, 433, 986
- [18] Pétri, J. MNRAS, 2015, 450, 714

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

ӘОЖ 378.016.026.1:53(574)

Г.Б. Алимбекова

ФИЗИКА КУРСЫН ОҚЫТУ ҮДЕРІСІНДЕ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ НЕГІЗГІ БАҒЫТТАРЫ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа

Мақалада болашақ мамандарға білім беру барысында ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану жолдары қарастырылған.

Кілттік сөздер: ақпараттық-коммуникация, технологиялар, MS Excel, MS PowerPoint бағдарламалары, компьютерлік модельдер, электрондық оқулық, мультимедиялық, Интернет.

Бүгінгі таңда әлемде болып жатқан қарқынды өзгерістер – бұл білім саласындағы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жоғары оқу орындары үшін, соның ішінде болашақ мамандар үшін ең басты маңызды мәселе болып отыр. ХХІ ғасырда болашақ мамандарға қандай білім беріп, нені оқытуымыз керек? ХХІ ғасыр мамандарын қалай дайындаймыз? Еуропалық білім беру жүйесінің негізгі бөлігін құрайтын кредиттік білім беру жүйесі Қазақстандық жоғары оқу орындарының да оқу бағдарламаларына қазіргі уақытта белсенді енгізілді.

Негізгі мақсат – дамыған елдермен бәсекелестікке қабілетті, қазіргі қоғам талабына сай әлеуметтік бейімділігі жоғары, мәдениетті, ұлттық тәлім-тәрбие алған, білімі мен біліктерін өмірде пайдалана алатын, жан-жақты дамыған, шығармашылығы қалыптасқан жеке тұлғаны жасау мәселесі болып табылады. Білімді ақпараттандыру ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалануға негізделеді.

Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар физиканы оқытудың аса тиімді құралы болып табылады. Себебі, оны физика саласында кеңінен қолдануға болады. Мысалы: компьютерді және онымен байланысты болған басқада құрылғылар, құралдар мен бағдарламаларды физикалық құбылыстарды модельдеуде, лабораториялық жұмыстар мен есептер шығаруда, лабораториялық қондырғылармен жұмысты басқаруда, бағдарламалы оқыту мен білімді тексеруде қолдануға болады. Демек, жоғары оқу орындарында физиканы оқытуда ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану қазіргі білім беру жүйесінің негізгі стратегиялық мақсаттарына жетуде маңызды қызмет атқарады.

Қазіргі таңда кез-келген жоғары оқу орнында оқытушы ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялардың алуан түрлі құралдарын оқу үдерісіне енгізуге мүмкіндігі бар. Оларға ақпараттар банкі, интернеттен алынған ақпараттар, көптеген электрондық оқыту құралдары, сөздіктер мен анықтамалар, дидактикалық материалдар, презентациялар, білім бақылауға арналған автоматтандырылған бағдарламалар (MS Excel, MS PowerPoint және т.б. бағдарламалау тілдерінде жасалған тесттер, бақылаулар), тілдесу форумдары және т.б. жатады. Осыған байланысты білім мазмұны өзгереді және байланыс жасау қарқынды ақпарат алмасуға мүмкіндік береді [1].

Қазақстан Республикасының «*Білім туралы*» Заңында келтірілгендей білім беру жүйесінің басты міндеті – ұлттық және жалпы адамзаттық құндылықтар, ғылым мен практика жетістіктері негізінде жеке адамды қалыптастыруға, дамытуға және кәсіби шыңдауға бағытталған білім алу үшін қажетті жағдайлар жасау. Бүгінгі таңда ақпараттық технологияларды физиканы оқу үдерісінде қолдану, болашақ мұғалімдерге шексіз көлемде оқу ақпаратын игеруге, яғни әлемдік ақпараттық білім беру кеңістігіне қосылуды қамтамасыз етеді. Жоғары кәсіби білім беруде компьютерлік модельдер, электрондық оқулық, мультимедиалық, Интернет т.б. жаңа ақпараттық технологияларды қолданудың дидактикасы мен технологиясы кеңінен қолданылып келе жатқаны көптеген ғалымдардың еңбектерінде қарастырылғаны мәлім [2].

Қазіргі білім беру саласындағы оқытудың озық технологияларын меңгермейінше сауатты, жан-жақты маман болу мүмкін емес. Жаңа технологияны меңгеру оқытушының интеллектуалдық, кәсіптік адамгершілік, рухани, азаматтық және де басқа көптеген адами келбеттің қалыптасуына игі әсерін тигізеді, өзін-өзі дамытып, оқу-тәрбие үдерісін тиімді ұйымдастыруына көмектеседі. Бұл технологияның өзін оқытушы түрліше (орташа дәрежеде, ұқыпты, дәл нұсқау бойынша немесе шығармашылықпен) іске асыру мүмкін. Бұл жерде технологияны жүзеге асырушының тұлғалық компоненті, белгілі бір ерекшеліктері елеулі түрде әсер етеді, сонымен бірге білім алушының әрекеті – оның қабылдауы, ынтасы, құштарлығы негізгі рөл атқарады. Бүгінгі оқыту жүйесінде әртүрлі жаңа технологиялар пайдалану тәжірибелерге еніп, нәтижелер беруде. Әсіресе, технологиялық бірліктердің арнайы жүйесі, олар педагогикалық нәтижеге бағытталған және оқытудың жаңа технологияларын мемлекеттік стандартқа және білімдік өзгерістерге қарай топтастыруға болады.

Компьютерлік технология – компьютерлік өңдеу базасындағы ақпараттық технология. Компьютерлік технологияның көмегімен жүргізілетін сабақтарда білім алушылар

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича өзін белсенді және еркін, оқытушымен тең дәрежеде ұстай алады. Физика сабақтарында компьютерлік технологияны енгізу арқылы сабақтың белсенділігін арттыруға, дамыта оқыту идеясын жүзеге асыруға, сабақты шапшаң жүргізуге, өздік жұмыстың көлемін көбейтуге болады.

Әр сабақта интернет, электронды почта, электронды оқулық, ғаламдық ақпарат жүйесін пайдалана білуі тиіс. Компьютерлік технологиялардың бірі – интерактивті тақта, мультимедиалық және онлайн сабақтары. Интерактивті тақтаның мүмкіндіктері оқытушыларға баланы оқытуда бейне және ойын бағдарламаларын тиімді пайдалануға жол ашады.

Демонстрациялық материалдар даярлап, сыныппен кері байланыс жасау үшін интерактивті тақтаның мүмкіндіктері шексіз. Интерактивті тақтаға термин сөздерді жазып сөздікпен жұмыс жүргізу білім алушылардың сөздік қорын байытып, қажетті мәліметтерді еске сақтауына мүмкіндік береді, әрі осы тақырыпқа деген қызығушылығын арттырады.

XXI ғасыр ақпарат ғасыры болғандықтан, адамзатқа компьютерлік сауаттылық қажет. Білім берудің негізгі мақсаты – білім мазмұнын жаңартумен қатар, оқытудың әдіс-тәсілдері мен әртүрлі құралдарын қолданудың тиімділігін арттыруды талап етеді. Осы мақсатты жүзеге асыруда компьютерлік технологияны пайдалану айрықша орын алады. Көптеген жаңа технологиялармен қатар соңғы кездері физика пәні сабақтарында компьютерлік технологиялар жиі қолданылуда. Осыған байланысты күнделікті сабақта [3]:

- мультимедиа (видео, аудио қондырғылар мен телнидарды, электрондық оқулықтарды);
- компьютер (компьютерлік бағдарламалар, интерактивті тақтаны);
- интернет және т.б. көрнекі материалдарды пайдалану айтарлықтай нәтиже береді.

Мұндай қондырғылар білім алушылардың қызығушылығын арттырып, зейін қойып тыңдауға және алған мәліметтерді нақтылауға мүмкіндік береді. білім алушылардың сабаққа деген қызығушылығын ояту оқытушының сабақ өткізу тәсіліне де байланысты. Қазіргі таңда оқудың интерактивті тәсілдері аз емес.

Компьютерлік технологияның негізгі ерекшелігі, бұл білім алушыларға өз бетімен немесе бірлескен түрде шығармашылық жұмыспен шұғылдануға, ізденуге, өз жұмысының нәтижесін көріп, өз-өзіне сын көзбен қарауына мүмкіндік береді. Сабақтың сәтті өтуі, біріншіден, оқытушының біліміне, іскерлігі мен тәжірибесіне байланысты болса, екіншіден, сабақ материалына, ал үшіншіден, сынып типіне, төртіншіден, оқытушы мен білім алушының көңіл күйіне де байланысты. Сабақты тартымды әрі сәтті өткізе білу оқытушылар қауымынан көп ізденуді, білімділікті, қабілеттілікті және тапқырлықты қажет етеді. Оқыту үрдісін компьютерлендіру мақсатында интерактивті тақтамен жұмыс жасау тиімді. Қазіргі уақытта Қазақстанның жалпы орта білім беретін мектептерінің барлығы дерлік интерактивті тақтамен қамтамасыз етілген [4].

Қазіргі заманның даму қарқыны оқытушылардан шығармашылығын жаңаша, ғылыми-зерттеу бағытында құруды талап етеді. Компьютерлік және ақпараттық технологиялар арқылы жасалып жатқан оқыту үдерісі білім алушының жаңаша ойлау қабілетін қалыптастырады. Бүгінгі таңдағы ақпараттық қоғам аймағындағы білім алушылардың ойлау қабілетін қалыптастыратын және компьютерлік оқыту ісін дамытатын жалпы заңдылықтардан тарайтын педагогикалық технологиялардың тиімділігі жоғары болмақ. Жаңа ақпараттық техникаларын пайдалану соңғы уақытта мектептегі білім беру жүйесіндегі маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Мультимедиалық технологиялар, көбіне, компьютерлік сыныптарда қолданылады. Қазіргі уақытта сабақ материалына байланысты көптеген компакт-дискілер бар. Жалпы білім алушылардың компьютерлік технология негіздерінен алған білімі арқылы: білім алушының пәнге деген қызығушылығы артады, шығармашылық қабілеттері шыңдалады, жылдам ойлауға машықтанады, білім алушылар өз бетімен жұмыс жасауға дағдыланады.

Компьютерлік технологияның оқытушы жұмысына ең тиімдісі - білім алушылардың

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича білім олқылықтарына үнемі зерттеу жасап, түзету жұмыстарын жүргізуге пайдасы бар. Қазіргі заманның даму қарқыны оқытушылар шығармашылығын жаңаша, ғылыми-зерттеу бағытында құруды талап етеді. Сондықтан, ХХІ ғасыр-информатика ғасыры, яғни ақпараттандыру технологиясы дамыған заманда мемлекетіміздің болашағы – жас ұрпаққа заман талабына сай білім беріп, жан-жақты дамуына ықпал ету оқытушыдан шығармашылық ізденісті талап етеді.

Оқытудың жаңа компьютерлік технологияларының мектепте, жоғары және арнаулы оқу орындарында оқу процесіне кеңінен енуі білім алушылардың өзіндік және шығармашылық белсенділігін дамытады және өзіндік жұмыс түрлерін орындауға баулиды. Жаңа компьютерлік технологияларды пайдаланып оқытудың ең тиімді түлеріне мыналарды жатқызуға болады: презентациялар технологиясы, мультимедиялық технология.

Презентациялар технологиясы. Бұл технология, бір жағынан, білім алушыларға жаңа материалды (иллюстрация, фотографиялар, бейнелік, дидактикалық материалдар, т.с.с) көрнекті түрде көрсету құралы болса, екінші жағынан, оқытушыларға осы материалдарды дайындауды және оны қолдану процесінде жеңілдетеді. Алдын ала жүргізілген тәжірибелер презентациялар технологиясын пайдалану балалардың оқуға деген ынталылығын арттырып, сабақтың қызықты өтуін қамтамасыз етіп, оған дайындалу қысқартады, ең бастысы – оқытушыларды жаңа компьютерлік технологияларды пайдалануға дағдыландырады. Компьютерлік технологияларды үлгерімді тексеру және білім алушылардың білімін жетілдіру мақсатында пайдалану, біріншіден, оқытушының жұмыс өнімділігін арттырып, оқу нәтижелерін тексеруге көбірек уақыт бөлуге көмектеседі; екіншіден, объективті түрде қадағалай отырып, балалардың алған білімін бағалауды жүзеге асырады; үшіншіден, бақылау технологиясына ғылыми элементтер енгізіп, оны кеңінен де пайдалануға болатындай жағдай туғызады.

Мультимедиялық технологиялар - әртүрлі типті мәліметтерді дайындау, өңдеу, біріктіру, ұсыну әрекеттерін ақпараттық және бағдарламалық жабдықтарды пайдалану арқылы жүзеге асыратын құралдар, әдістер мен тәсілдер жиынтығы. Мультимедиялық технологиялардың дамуы бейнетехниканың және дербес компьютердің өркендеуі нәтижесінде жүзеге асуда. Мультимедия статикалық, динамикалық және дыбыстық ақпараттарды талапқа сай дәрежеде ұсынуды іске асырады. «Мультимедия» термині латын тілінің «multi» (көп) және «media» (орта) сөздерінің бірігуінен құралған, яғни «ақпараттық орта» деген мағына береді. Білім берудегі мультимедия – таным процесінің жоғарылауына септігін тигізетін, білім беру мазмұнын интерактивті формада ұсынатын, дидактикалық ақпаратты-бағдарламалық құрал.

Мультимедия – пайдаланушыға әртүрлі типті ақпаратты біріктіріп ұсыну технологиясы. Зерттеушілердің пікірі бойынша дәстүрлі оқу әдісімен берілген материалдың 25%-ы, көру арқылы 33%-ы, көру-есту арқылы 50%-ы, ал мультимедиялық интерактивті оқыту бағдарламасы көмегімен берілген материалдан 75%-ы есте сақталады екен.

Мультимедияның ажырамас бөлігі болып табылатын лазерлік дискілерде жазылған электрондық энциклопедиялар, оқулықтар мен сөздіктер оқыту процесінде ерекше орынға ие. Мысалы, электрондық сөздіктерде әрбір сөздің аудармасы ғана емес, сонымен бірге оның айтылу үлгісі де қамтылады.

Оқыту процесінде мультимедияны пайдаланып білім берудің әртүрлі аспектілерін дамытуға болады. Олар: ақпаратты өңдеудің когнитивті аспектілері, оқытудың танымдық аспектілері Местодляформулы..

Компьютерлік технологиялардың құрамымен маңыздылығын анықтай отырып, оқу жүйесіндегі компьютерлік технологиялар әсерінің психологиялық-педагогикалық ерекшеліктерін негізгі жағдайларға бөліп қарастыруға болады[5]:

1. Білім жүйесінде болып жатқан инновациялық жаңалықтар жаңа педагогикалық технологияның қолдану қажеттілігін талап етеді.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

2. Жаңа ақпараттық технология ретінде компьютерлік технология дидактика қағидаларына сәйкес келетін жекешеленген, гуманитарлық, әртүрлі салаларды қамту, технологияландыру (жаңа техникамен өмір талабына сай жабдықтандыру), компьютерлендіру, ақпараттандыру қағидаларын жүзеге асыруға бағытталған.

3. Компьютерлік технологиялардың енгізілуі оқу жүйесінің ақпараттандыру жағдайында оқу құралдарын, ұйымдастыру түрлерін, оқу тәсілдерді, құрамын, мақсаттылығын талдау үшін жаңа тәсілдерді талап етеді.

4. Техникалық пәндер оқытудың бұрынғы ескі моделін компьютерлік технологияны қолданысқа енгізуге бағытталған жаңа модельмен алмастыру қажет.

5. Компьютерлік техника және бағдарлама мен қамтамасыздандыру мүмкіншіліктері оқыту үрдісінің тиімділігін арттыруға мақсатталған, яғни олардың қолдану барысының негізгі бағыттарын анықтайды.

6 Компьютерлік технологияларды қолдана отырып, оқытудың тиімділігі, көрсеткіштер мен өлшемдері, оқыту нәтижесін бағалаудың кешенді әдістері арқылы бағаланады.

Қорыта келгенде, білім беру саласында ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдаланудың мүмкіншіліктері көп. Сол арқылы оқытушы білім алушыларға мәліметтерді айтып қана қоймай, оларға компьютерлік технологиялар арқылы презентация, видео ретінде көрсете алады және жан-жақты білім береді. *Интерактивтік технологиялар* – оқытудың әдістері мен түрлерінің, бағдарламаларының интерактивті мүмкіндіктері кері байланысты іске асыра отырып, оқушының белсенділігін арттыруға, дәстүрлі оқыту жүйелерінің көбінде орындалмайтын диалог пен тұрақты көмекті де іске асыруға мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Кеңесбаев С. Компьютерді пайдаланудың әдістемелік жүйелері // Қазақстан мектебі-№ 4, 2004, 37-б.

2. Нұрашова А. Ақпараттық технологияларды тиімді пайдалану жолдары // Қазақстан мектебі,-№4, 2018, 17-19б.

3. Маканов У., Татыбаев М.Қ. Компьютерлік технология құралдарын қолданып оқыту үдерісінің ерекшеліктері//Ізденіс. Поиск,-№2, 2013, - 209 б.

4. Керімбаев Н.Н. Физика саласында білім беруді ақпараттандыруды дамытудың ғылыми-теориялық негіздері. – Алматы, 2010.

5. Әлімбаева Г.Б. Жалпы физика курсына кредиттік технологияны қолданып оқыту әдістері. Әдістемелік оқу құралы. – Алматы, 2011. – 2015 б.

УДҚ 53

Сапарбекова Ғ., Алимбекова Г.Б.

МЕКТЕП ФИЗИКА КУРСЫНДАҒЫ «МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТЕРБЕЛІСТЕР» БӨЛІМІН ОҚЫТУДА ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.
gazikosh01@mail.ru

Аңдатпа

Мақалада физика пәнінің «Механикалық және электромагниттік тербелістер» бөлімін мектепте оқытуда инновациялық технологияларды пайдалану арқылы оқушылардың білім сапасын арттыру айтылады. Механикалық тербелістер көп

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жағдайларда физиканың барлық салаларында кездеседі. Тербелістердің физикалық табиғаты әртүрлі болуы мүмкін, сондықтан механикалық, электромагниттік және т.б. тербелістерді ажыратады. Дегенмен, әртүрлі тербеліс процестері бірдей сипаттамалармен және бірдей теңдеулермен сипатталады. Физиканы оқыту барысында, оқушыларға оқылатын заңдардың маңыздылығын түсінуге көмектесу, дамыту қажетті әдістемелік материалдармен қаруландыру қажет.

Білім беру саласы қызметкерлерінің алдына қойылып отырған міндеттерінің бірі – оқытудың әдіс-тәсілдерін үнемі жетілдіріп отыру және қазіргі заманғы инновациялық технологияларды меңгеру. Инновациялық әдісті сабақ барысында пайдалана отырып, сабақтың сапалы әрі қызықты өтуіне ықпалын тигізеді. Инновацияның басты міндеті – бұрын болмаған жаңалық, қоғамдық қажеттіліктерді қанағаттандырудың жаңа әдісі деген түсініктеме жиынтығы. Инновация сөзі ағылшын тілінен аударғанда «*жаңалық енгізу, жаңашылдық*» деген мағынаны білдіреді. Басты мәні бұрын болмаған жаңалық, қоғамдық қажеттіліктерді қанағаттандырудың жаңа әдісі [1].

Инновация (лат. *in* – іні бастап, *novus* – жаңа) жаңашылдықты білдіреді. Оқыту технологиясы – бұл заңдылықтармен байланысты білім саласын оқыту мақсаттарын ескере отырып, бүкіл оқу үдерісін құру, іске асыру және бағалау. Оның негізі адами және материалдық ресурстарды пайдалана отырып, адамдарды оқыту үдерістерін зерттеу нәтижелері болып табылады. Оқыту технологиясының мақсаты – оқыту үдерісінің тиімділігінің өсуін қамтамасыз ету болып табылады [2].

Оқыту технологиясын тұрақты және кешенді қызметтің құрамдас бөлігі ретінде түсіну керек. Оның мақсаты оқушылармен мұғалімдердің бірлескен іс-әрекетінің тиімділігін арттыру болып табылады. Онда маңызды орын техникалық құралдарға тиесілі, яғни технология бірнеше механикалық аксессуарларға дейін азаймайды, ол құрылыстың ұтымды тұжырымдамасын қамтиды.

Жоғарыда келтірілген анықтамаларға сүйене отырып, бұл туралы қорытынды жасайтын болсақ:

1. Инновациялық технологиялар - білім беруді жетілдіруі керек үдеріс;
2. Олар өзгерген білім беру ортасын ескеруі керек және техникалық құралдар айтарлықтай орын алады;
3. Инновациялық технологиялар - барлық жетістіктердің пайдалануы керек ғылыми салалар;
4. Инновациялық технологиялар жаңаларын бірлесіп іздеу техникасын қамтиды оқытушы мен білім алушының білімдері;
5. Инновациялық технологияларда үштіктің арақатынасын нақтылау қажет [3].

Тербелмелі қозғалыстар дегеніміз - уақыт бойынша белгілі бір тербелістердің қайталануымен сипатталады. Тербелістердің физикалық табиғаты әртүрлі болуы мүмкін. Сондықтан, тербелістер механикалық және электромагниттік тербелістер болып ажыратылады.

Механикалық тербелістер – бұл уақыт өте келе қайталанатын дененің механикалық қозғалысы (мысалы, маятниктің тербелісі, жүрек соғысы және т. б.).

Электромагниттік тербелістер тербелмелі тізбекте пайда болатын электр және магнит өрістерінің уақыт бойынша қайталанатын өзгерістері деп аталады.

Демек, әртүрлі физикалық сипаттағы тербелістерді зерттеудің тәсілі бірыңғай орынды. Тербелмелі жүйеге әсер ету сипатына байланысты олар әртүрлі болып келеді. Физика пәні жетінші сыныптан басталатындықтан, онда заңдар мен заңдылықтар мен құбылыстарды қайталау қажет және олар бір-бірімен тығыз байланысты. Мақалада біз

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича серіппенің тербелісі туралы, маятниктер туралы айтқаннан кейін, тербелмелі жүйе ұғымының қалыптасуы туралы айтып отырмыз. Математикалық маятникті еркін тербелістерді түсіндірудің эталоны ретінде түсіндіреді. Маятниктің тербелістерін түсіндірген кезде, формулаларды вектормен сипаттау керек. Содан кейін, проекцияларға өту керек. Тербелмелі қозғалыстар біздің күнделікті өмірімізде жиі кездеседі.

Мысалы, жел кезінде жапырақтардың қозғалысы, металл табақ бір жағынан бүгіліп, төмен түскенде, оның әткеншекке түсуі, бесік, қабырға сағатының маятнигі, серіппеге ілінген салмақ, домбыра, таразыға сілтеме мұның бәрі мысалдары болуы мүмкін. Бұл тарауды түсіндіру өте қиын, сондықтан күнделікті өмірде, табиғатта болып жатқан құбылыстарды мысалдармен келтіріп, оқушылардың ынта-жігерін ескеріп, физикалық құбылыстар арқылы түсіндіру қажет болады. Математикалық маятниктің қозғалысын түсіндірудің ең оңай жолы – егер, сіз ауаның еркін тербеліске төзімділігін ескерсеңіз, онда ол түбінде, яғни тербеліс тоқтайды. Тербеліс болуы үшін сырттан күш қолдану керек. Механикалық тербелістерді түсіндіре отырып, электромагниттік тербелістерді аналогтар ретінде қарастырған жөн. Механикалық қозғалыстарды қарастырған кезде әртүрлі математикалық түрлендірулер арқылы оқытуға назар аудару керек. Механикалық тербелістер туралы тарауды үйрету кезінде демонстрациялық эксперимент арқылы маятниктердің түрлерін көрсеткен жөн.

Жоғарыда айтылғандарды қорытындылай келе, инновациялық технологияларды жаңаларын зерттейтін және қолданатын ғылыми білім мен педагогикалық практика саласы ретінде анықтауға болады ақпараттық коммуникациялық технологияларды қолдана отырып, білім беру үдерісін жетілдіру әдістері, олардың бағытын анықтайды үштіктің арақатынасын реттейтін ынтымақтастық педагогикасы негізінде білім алушының орталық жағдайын есепке алу болып табылады [4].

Мектептегі физика бөлімінде оқылатын механикалық қозғалыстың ең қиын түрі механикалық тербелістер болып табылады. Мақалада тербелістердің қозғалыстың бір түрі екендігіне оқушылардың көзін жеткізу, бұған аса көңіл аударудың себебі, әрі қарай күрделі тақырыптардағы электромагниттік қозғалыстарды оқуға қажетті болатындығы қарастырылды. Бұрынғы оқулықтарда осы тарауды оқыту, гармониялық тербелісті сипаттайтын периодты функцияларға ($\cos\alpha$, $\sin\alpha$) байланысты оқытылатын. Ал, қазіргі оқулықтағы тақырып мазмұны өзгеше. Сондықтан да, гармониялық тербелістерді сипаттайтын негізгі шамалар: период, жиілік, амплитуда, циклдік жиілік – физикалық ұғымдарын ендіру өзгешелеу.

Мысалы, маятниктің айналу периоды қорытып шығару жүк сызатын шеңбердің ұзындығын сызықтық жылдамдыққа бөлгенге тең. Әрі қарай, маятник тербелісіндегі жіптің керілу күші мен ауырлық күштерінің арасындағы үшбұрыштардың ұқсастығынан алынады. Былайша айтқанда, қарапайым механикалық қозғалысты сипаттайтын шамалармен бірге оқулықтағы осы тараудың мәтіні көптеген математикалық түрлендірудің көмегімен оқытылады [5].

Сол себепті, «Тербелістер» тарауын оқыту әдістемесі, оны ғылыми-әдістемелік тұрғыдан негіздеу арқылы қарастырылды. Мақалада оқыту әдістемесінде негізгі мақсаттардың бірі – гармониялық тербелістер жөнінде тыңғылықты білім бере отырып, алдағы уақытта оқушылардың табиғаты бөлек электромагниттік тербелістерді игеруіне мүмкіндіктерді қарастыру болғандықтан да, бұл тарауды оқыту оқушыдан үлкен ізденімпаздықты талап етеді. Осы бағытта «Тербелістер» тақырыбын оқытуда оқушылардың логикалық ойлау қабілеттерін дамыту мақсатында (математикалық маятник, идеал серіппелі маятник, идеал тербелмелі контур) әдісінің маңызының зор екендігіне көңіл бөлінеді. Оқушылардың білім деңгейіне сай, механикалық және

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
электромагниттік шамалардың арасындағы қатынасты көрсетеді.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Алимбекова Г.Б. Болашақ мұғалімдердің теориялық және әдістемелік даярлық деңгейін жетілдіруге арналған оқу құралы. Алматы: ҚазҰПУ, 2008. -206 б.
2. Қарамурзин А. Физиканы мектепте оқытудың кейбір мәселелері. – Алматы, «Мектеп», 1984. -56 б.
3. Құдайқұлов М., Жаңабергенов Қ. Орта мектепте физиканы оқыту әдістемесі. - Алматы, «Рауан», 1998 . – 310 б.
4. Методика преподавания физики в средней школе: Частные вопросы. /Под ред. Каменецкого С.Е. – М., «Просвещение», 1980. – 336 с.
5. Орехов В.П., Усова А.В. Физиканы оқыту методикасы. - Алматы, «Мектеп», 1978. – 176 с.

УДК 53

Ә.Ә. Ақжолова, Г.А.Жексенбаева, М.М. Мырзатай, С. Мейманкулова

АСҚЫН ӨТКІЗГІШТІК ҚҰБЫЛЫСЫНА ЕСЕПТЕР ШЕШУ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.

kuka-88.88@mail.ru, aaa_25.04.79@mail.ru, maira.mirzatai@mail.ru
sergalikyzy.s@mail.ru

Аңдатпа

Жұмыста асқын өткізгіштік құбылысын зерттеу мәселелері көрсетілген. Асқын өткізгіштік саласындағы жетістіктерге шолу жасалып, асқын өткізгіштік негізгі болып табылатын салалар сипатталған: энергетика, электроника, жоғары энергия физикасы, әуе, жер және теңіз көлігі, астронавтика, медицина және т.б. Қолданбалы асқын өткізгіштікті табысты қолдану қоғамның пайда болған қажеттіліктеріне негізгі жауаптардың біріне айналды. Осыған байланысты бұл құбылысты және оның іргелі физикалық процестермен байланысын терең және мазмұнды зерттеу қажеттілігі артады.

Кілт сөздер: есептерді шешу, асқын өткізгіштік құбылысы, ғылымның қазіргі жағдайы, жас мамандар.

Аннотация

В работе отражены вопросы изучения явления сверхпроводимости. Дан обзор достижений в области сверхпроводимости, а также описаны направления, в которых сверхпроводимость является ключевым: энергетика, электроника, физика высоких энергий, воздушный, наземный и морской транспорт, космонавтика, медицина и т.д. Успешное использование прикладной сверхпроводимости стало одним из главных ответов на возникающие потребности общества. В связи с этим возрастает необходимость глубокого и осмысленного изучения данного явления, его связь с фундаментальными физическими процессами.

Ключевые слова: решение задач, явление сверхпроводимости, современное состояние науки, молодые специалисты.

Annotation

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

The work reflects the issues of studying the phenomenon of superconductivity. An overview of achievements in the field of superconductivity is given, and the areas in which superconductivity is key are described: energy, electronics, high-energy physics, air, land and sea transport, astronautics, medicine, etc. The successful use of applied superconductivity has become one of the main answers to the emerging needs of society. In this regard, the need for a deep and meaningful study of this phenomenon and its connection with fundamental physical processes increases.

Key words: *problem solving, superconductivity phenomenon, current state of science, young specialists.*

Өте төмен температурада кейбір металл өткізгіштердің кедергісі күрт (секіріспен) нөлге дейін төмендейді. Мұны алғаш рет 1911 жылы голланд физигі Г. Камерлинг-Оннес ашты [1].

Асқын өткізгіштік физиканың ең көп зерттелген салаларының бірі болып табылады, сонымен қатар инженерлік практикаға елеулі перспективалар ашты. Асқын өткізгіштік құбылысына негізделген құрылғылар кеңінен қолданылады және оларсыз заманауи электроника да, медицина да, астронавтика да жұмыс жасай алмайтыны анық. Осындай ерекше қасиеттері бар материалдар электромагниттік орамалардың материалы ретінде басқарылатын термоядролық қондырғыларда, сондай-ақ қуатты электр қозғалтқыштары мен генераторларында күшті магнит өрістерін құру үшін қолданылады. Асқын өткізгіштерге негізделген ықшамды интегралдық схемалар құрылды, олар қолданыстағы аналогтармен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар. CERN-дегі үдеткіштерге арналған техникада электр кабельдері кеңінен қолданылады: үстіңгі жағында үлкен электрон-позитрондық коллайдер үшін қарапайым кабельдер; төменде - үлкен адрондық коллайдер үшін асқын өткізгіштер [1].

Асқын өткізгіштік құбылысы табиғаты бойынша өте қызықты және практикалық тұрғыдан пайдалы әрі өзекті, бірақ оны бақылау шарттарына қол жеткізу қиын.

Өте төмен температурада ауыр металл атомдары төмен жылу қозғалысына байланысты іс жүзінде өзгермейді және оларды стационарлық деп санауға болады, оның мәні осыда. Асқын өткізгішті жоғары температуралы және төмен температуралы деп ажыратуға болады.

Бұл құбылыстың негіздері мектеп бағдарламасында қаланып, университеттің физика курсына жалғасын табады. Оқыту процесінде практикалық және эксперименттік бөлімдерді қамту өте маңызды. Мұнда біз асқын өткізгіштік құбылысын зерттеуге арналған кейбір есептердің талдауларын ұсынамыз.

№ 1 есептің шарты: 0°C температурада мыс сымның кедергісі 4 Ом. Егер мыс кедергісінің температура коэффициенті $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$ болса, онда оның 50°C температурадағы кедергісін табыңыз

Берілгені:

$$t_1 = 0^{\circ}\text{C}$$

$$R_1 = 40\text{м}$$

$$t_2 = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$$

Шешуі:

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= R_0(1 + \alpha \cdot \Delta t_1) \\ R_2 &= R_0(1 + \alpha \cdot \Delta t_2) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + \alpha \cdot \Delta t_1}{1 + \alpha \cdot \Delta t_2} = \frac{1 + \alpha(t_1 - t_0)}{1 + \alpha(t_2 - t_0)}$$

Өткізгіштердің массалары тең екенін ескеріп, анықтайық

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot 1 + \alpha(t_2 - t_0)}{1 + \alpha(t_1 - t_0)} = \frac{4 \cdot 1 + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 50}{1 + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 4,86\text{Ом}$$

$R_1 = ?$

Жауабы: екінші өткізгіштің кедергісі 4,86 Ом

№ 2 есептің шарты: көлденеңқимасы S болатын өткізгішті қыздырғанда оның кедергісі ΔR артады. Заттың d тығыздығын, өткізгіштің меншікті кедергісін ρ және

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича меншікті жылу сыйымдылығын c_V біле отырып, өткізгіштің ішкі энергиясының ΔW өзгерісін табыңыз.

Берілгені:
 $S, \Delta R, d$
 ρ, c_V, α

Шешуі:

$$\Delta W = \Delta t c_V m, \Delta R = R_0 \alpha \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta R}{R_0 \alpha},$$

$$\left. \begin{array}{l} R_0 = \rho \frac{l}{S} \\ Sl = \frac{m}{d} \end{array} \right\} \Rightarrow R_0 = \rho \frac{m}{S^2 d} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta R S^2 d}{\rho \alpha m} \Rightarrow \Delta W = \frac{c_V m S^2 d \Delta R}{\rho \alpha m} = \frac{c_V S^2 d \Delta R}{\rho \alpha}$$

$\Delta W - ?$

Жауабы:

$$\Delta W = \frac{c_V S^2 d \Delta R}{\rho \alpha}$$

Асқын өткізгіштік құбылысын зерттеуге арналған әртүрлі есептер физикалық құбылыстар арасындағы терең байланысты көрсетеді және аналитикалық ойлауды дамытады. Осы жерден бұл құбылыстың асқын өткізгіштердің дәстүрлі термодинамика мен электродинамика материалдарынан басқа магниттік қасиеттеріменде, Йозефсон эффектісімен, Мейснер эффектісімен және т.б. байланысты екенін байқауға болады [2]

Бүгінгі таңда асқын өткізгіштікті қолданудың негізгі бағыттары магниттік-резонанстық терапияға арналған медициналық қондырғыларда (бұл құрылғыларда осы құбылыс алғаш рет сәтті қолданылды) және электроникада болып табылады. Асқын өткізгіштік медицина мен электроникада көп қолданылады, сонымен қатар транспортта, энергетикада және өнеркәсіпте де кеңінен қолданыс тапты [3].

Осыған байланысты жас мамандарға физиканың жаңа жаңалықтарын тереңдетіп оқыту қажеттілігі өте маңызды және қажет болып табылады.

Пайдаланылған дереккөздер тізімі:

1. «Наука и жизнь»: №2,2006г.; №9,2006г.; №5 2007г.; №9,2009г.
2. **Tinkham M.** Introduction to superconductivity. 2nd edition, McGraw-Hill, 1996.
3. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. 2-е издание, М.: МЦНМО, 2000

УДК53

Паисханов С., Досымов Е., Асембаева М.Қ.

«PHYSICS IN ENGLISH» ЭЛЕКТИВТІ КУРСЫН ӘЗІРЛЕУДЕ CLIL ТЕХНОЛОГИЯСЫН ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІ

Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы, Қазақстан, Алматы қ.
 e-mail: nurdauletkyzy00@bk.ru

Аннотация

Зерттеу екі немесе оданда көп оқыту контекстінің, мазмұн мен тілді интеграцияланған оқытудың (CLIL) және дәстүрлі оқытудың (CLIL емес) мазмұнға тәуелді нәтижелерге, CLIL тіліндегі жетістіктерге қарағанда аз зерттелген аспектіге әсерін зерттейді. Атап өтсек, зерттеу орта мектептегі физикаға қатысты CLIL ағылшын тілінің пәнаралық талдауын ұсынады.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Оқушылардың құзыреттілігінің екі түрлі деңгейі қарастырылады: мазмұнға қатысты сұрақтарға жауап таңдау және оқушылардың қалай түсінетінін және талқылайтынын өлшеу үшін мазмұнға қатысты дәлелдеу дағдылары мазмұны. Алдын ала тестілеу, посттестинг және кешіктірілген посттестингтегі CLIL және CLIL емес сыныптар арасындағы салыстыру мазмұнды меңгеру мен сақтауды ескереді. CLIL оқушыларды CLIL емес студенттерден кейінгі тестілеу құзыреттілігінің екі деңгейінде де, тіпті кешіктірілген кейінгі тестілеуде де айтарлықтай жоғары, айырмашылық орташа және вариация коэффициенті бойынша көрінеді. Сонымен қатар, кері байланыс сауалнамалары мотивацияның жоғарылауын көрсетеді, бұл CLIL-тің белгілі бір тілді үйренудегі маңызды артықшылығы. Мұндай нәтижелер педагогикалық мәнге ие және CLIL-дегі тіл, мазмұн және мотивация арасындағы байланысты жақсы түсінуге ықпал етуі мүмкін.

Кілт сөздер:Орта мектеп. Мазмұн мен тілді интеграцияланған оқыту. ұзырреттілік. Мотивация.

Мазмұн мен тілді интеграцияланған оқыту (CLIL) тәртіптік мазмұнды оқыту құралы ретінде қосымша, әдетте шет тілін қолдана отырып, тіл мен мазмұнды біріктіретін екі жақты білім беру тәсілі ретінде анықталуы мүмкін (Coyle, Hood, Marsh 2010).¹ Соңғы жылдары CLIL бағдарламалары бүкіл әлемде кеңінен таралды. Атап айтқанда, көптеген еуропалық мектеп жүйелері CLIL-ді алға тартады, өйткені ол Еуропалық комиссия мен Еуропа Кеңесінің барлық мүше елдердегі көп мәдениетті және көп тілді азаматтарға білім беру талаптарын қанағаттандыру үшін қуатты ресурс болып саналады (Eurydice 2006). CLIL-дің жақында таралуы қызығушылықтың артуымен және ғылыми тұрғыдан қатар жүреді. Зерттеулер осы уақытқа дейін тілді меңгеру және мотивация тұрғысынан CLIL-дің оқушыларға тигізетін пайдасына назар аударады (Dalton-Puffer 2011; Dalton-Puffer, Nikula 2015; Roquet, Perez-Vidal 2017), ал CLIL-дің мазмұнға бағытталған оқытуға әсеріне де көңіл бөлінді. Бірнеше рет расталғандай (Dalton-Puffer 2008; Cenoz, Genesee, Gorter 2014; Nikula 2017), мазмұнға бағытталған іздеу CLIL Қос бағытын құрайтын екі компоненттің интеграциясын түсіну үшін өте маңызды, яғни оқу процесі мен жетістіктерін ескере отырып, тіл мен мазмұнды қарастыру. Атап айтқанда, зерттеушілер мен мүдделі тараптар CLIL-де оқитын оқушылар мазмұнды өз ана тілінде оқитын құрдастарымен (L1) бірдей дәрежеде қабылдай ала ма деп ойлайды. CLIL-дегі оқушылар CLIL емес оқушыларға қарағанда тұжырымдамалық күрделілік пен академиялық тілді салыстырмалы тереңдікте меңгере ме? Мұндай сұрақтар үшін шұғыл дәлелдер қажет, дегенмен CLIL-дегі нақты мазмұнды ескере отырып, оқыту барысында бірқатар теориялық және әдістемелік қиындықтарға тап боладық. Тілдік тестілеуге арналған халықаралық расталған құралдарға ұқсас тәртіптік құзыреттіліктің стандартты бағасы жоқ (Dalton-Puffer 2011). Сондай-ақ, CLIL (Leone 2015) шеңберінде оқытылатын тәртіптік құзыреттілікті бағалау стандарты анықталған жоқ. Сонымен қатар, белгілі бір мазмұнды зерттеу бойынша сауалнамалар жүргізу үшін пәнаралық зерттеу тобы қажет, ол пән бойынша да, тіл үйрену мен оқытуда да барлық қажетті тәжірибені қамтуы керек.

Мақаланың мақсаты - физиканы ағылшын тілінде оқитын және Қазақстан мемлекеттік орта мектептерінде физиканы ағылшын тілінде оқымайтын оқушылардың мазмұнына тән нәтижелерді салыстыру арқылы өз анализімізді жасап үлес қосу. Екі сынып зерттелді: біреуі Ньютонның қозғалыс заңдары бойынша ағылшын тілінде оқу блогын өткізді; екіншісі үшін дәл осындай оқу блогы қазақ тілінде өткізілді. Зерттеу оқушылардың эксперимент кезінде CLIL-ге алғаш рет ұшырағанын ескере отырып, CLIL контекстіне абсолютті бастапқы сұңғудің әсеріне бағытталған. CLIL оқушыларға таныс емес әдістеме екендігі екі есе әсер етуі мүмкін. Бір жағынан, оқытушылар да, оқушылар да толық білмейтін шет тілін қолдану оқушылар үшін сыныпта түсіну мен өзара әрекеттесуді қиындатады. Мысалы, Ло мен Макаро (2015) CLIL-дің алғашқы сабақтары негізінен монологты екенін атап өтті, өйткені оқушылар шет тіліндегі қарым-қатынас мәселелеріне байланысты дәстүрлі

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича пәндік сабақтармен салыстырғанда сұрақтары мен қатысуын шектейді. Екінші жағынан, оқу тәртібін өзгерту және инновациялық әдістемемен байланыс орнату оқушылардың зейіні мен ынтасын арттыруға ықпал етеді. Соңғы позиция CLIL (Lasagabaster 2011; Doiz, Lasagabaster, Sierra 2014) тілді үйрену нәтижелері туралы сауалнамалармен расталады, онда физиканы ағылшын тілінде оқыту жағдайында оқитын студенттер олар дәстүрлі білімді құрдастарына қарағанда шет тілін үйренуге ынталы.

Бұл зерттеу физиканы ағылшын тілінде оқитын оқушылардың белгілі бір мазмұнға бағытталған оқуға деген ынтасын арттыра алатынын тексеруге бағытталған.

Біз зерттейтін мектеп пәні ретінде физиканы таңдау кездейсоқ емес. Ғылыми пәндер, ең алдымен физика, көбінесе CLIL-де сабақ беру үшін таңдалады, өйткені мұғалімдер тәртіптік мәселелерді нақты тәжірибемен қатаң байланыстыру және кескіндер мен графиктер сияқты вербалды емес элементтерді қолдану мұндай пәндерді тілмен байланыстырады деп санайды. Жалпы алғанда, итальяндық студенттер мектептің ғылыми пәндерін оқуда айтарлықтай қиындықтарға тап болады², түсіну және игеру қиын деп қабылданады. Осылайша, егер мұндай тақырыппен CLIL эксперименті тиімді болып шықса, бұл CLIL-ді күрделі пәнді үйренудің жемісті әдістемесі ретінде және итальяндық студенттерді дайындаудағы жақсы құжатталған кемшіліктерді жою стратегиясы ретінде ұсынуға жол ашады. Осыған байланысты талданған мәліметтер гуманитарлық орта мектептен алынғанын атап өткен жөн, мұнда оқушылар физиканы оқуға деген ынтасы жоқ, өйткені олардың назары бірінші кезекте педагогика мен психологияға бағытталған. Сонымен қатар, CLIL-дің белгілі бір мазмұнға байланысты жетістіктерге әсеріне қызығушылық өте зор, өйткені CLIL бағдарламаларына тіл мұғалімдері емес, пән мұғалімдері жауап береді.

CLIL-бұл біртұтас және екі жақты тәсіл, өйткені оқушылар мазмұнды да, тілді де үйренеді. Сонымен қатар, ол оқушыларға бағытталған, яғни мұғалім оқу процесінің жетекшісі, ал оқушылар процестің негізгі бөлігі болып табылады. Сонымен қатар, бұл процесс нәтижеден маңыздырақ және оқушыларды бағалау кезінде ескеру керек нәрсе. CLIL сонымен қатар табиғи тәсіл болып табылады, өйткені мұғалімдер оқу үшін нақты материалдар мен нақты жағдайларды пайдаланады. Сонымен қатар, CLIL әдістемені тапсырмаларға негізделген бірлескен оқыту мен оқытуға өзгертуді қамтиды. Бұл жаңа әдістеме сонымен қатар пәнаралық оқытуда әртүрлі салалар мен дағдыларды пайдалануды қамтиды. CLIL оқытушылары өз оқушыларының әртүрлі ерекшеліктерін ескере отырып, сабақтарды жоспарлауы керек. Бұл Гарднер (1983) жасаған бірнеше интеллект теориясына байланысты, ол интеллекттің әртүрлі түрлері бар деп тұжырымдайды. Гарднер интеллект шын мәнінде жаттықтыруға, дамытуға және жақсартуға болатын дағдылар деп санайды. Осыған сәйкес, CLIL-де қолданылатын әдістеме барлық оқушыларға бірдей оқуға мүмкіндік береді. Койл, Худ және Марш (2010) мәліметтері бойынша мазмұн мен ойлау дағдыларын біріктіру қажет. 1956 жылы Бенджамин Блум алты түрлі ойлау дағдыларын сипаттайтын таксономиясын жариялады. Бұл таксономияда ойлау дағдылары төменгі ретті ойлау дағдыларына (есте сақтау, түсіну және қолдану) және жоғары ретті ойлау дағдыларына (талдау, бағалау және құру) бөлінеді.

Бұл бөлімде оқу процесін ұйымдастыру бірқатар әдіснамалық принциптерге негізделген:

Алдыңғы білімді жандандыру: жаңа білім оқушылардың ойлау үлгілерін қайта құру және жаңа оқытуды құруды жеңілдету үшін бұрыннан білетін нәрселерімен байланысты пайдалана отырып, алдыңғы идеяларына негізделеді.

Мазмұнның үздіксіздігі мен прогрессиясы: жалпы ұғымдардан егжей-тегжейлер мен ерекшеліктерге көшу, әрбір жаңа қызмет түрінің процестерін алдыңғысы қалдырылған жерден бастау болады.

Мазмұн байланысы: физика мен химияның мазмұны мен биология немесе технология сияқты басқа пәндердің мазмұны арасында байланыс болады. Бұл пәнаралық деп аталады.

Белсенділік: әрбір оқушы проблемаларды шешу үшін білімді қолдана отырып, оқу

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича процесінде үлкен рөл атқарады.

Жекелендірілген оқыту: оқушының жеке басының барлық салаларын қамтитын әр оқушының ерекшеліктеріне сәйкес міндеттерді, функцияларды және уақытты бөлу арқылы жұмыс үшін жеке жауапкершілікті арттыру: әртүрлі ритақтар, қабілеттер, қызығушылықтар және т. б.

Әлеуметтену: рөлдер мен міндеттерді бөле отырып, шағын топтық іс-шаралар арқылы топтық жұмыстың маңыздылығын бағалау, оқушылар арасындағы рөлдерді бөлісуге ықпал ету және пікірталасқа қатысуды кеңейту.

Оқытудың функционалдығы: мазмұнды оқушылардың жақын ортасымен байланыстыру, нақты жағдайлармен және нақты материалдармен жұмыс.

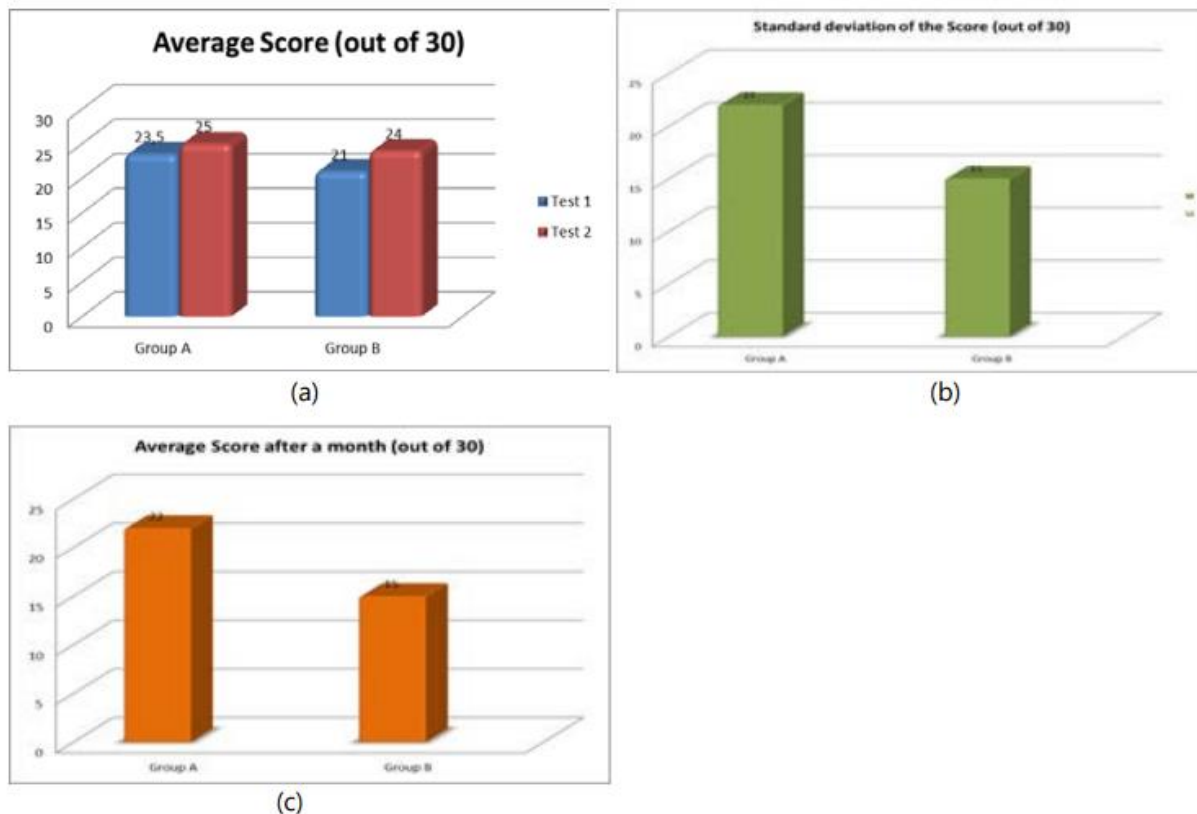
Іс-шаралар тізбегі және уақытты ұйымдастыру: іс-шаралар қарапайымнан күрделіге дейін өткізіледі, әр іс-әрекетке барлық тиісті аспектілерді зерттеуге жеткілікті уақыт береді және іс-шаралардың сәтті аяқталуын қамтамасыз етеді. Оқушылар төменгі ретті ойлау дағдыларын (есте сақтау, түсіну және қолдану) және жоғары ретті ойлау дағдыларын (талдау, бағалау және құру) қамтитын әрекеттерді орындайды, әр Қызмет түріне барлық тиісті аспектілерді зерттеуге жеткілікті уақыт бөледі және әрекеттердің сәтті аяқталуын қамтамасыз етеді.

Мұғалімнің рөлі: оқу процесін басқару, сұрақтар қою және жұмыс дағдыларын нығайту үшін ынтымақтастық.

CLIL оқытушылары мазмұнды, тілді, қарым-қатынас дағдыларын, когнитивті дағдыларды (оқушылар не білгендері және оны қалай және не үшін білгендері туралы ойлайды), практикалық дағдыларды (зерттеу жүргізу, эксперименттер жүргізу, Өлшеу, сурет салу) және оқуға деген көзқарасты бағалай алады. CLIL-де бағалаудың екі негізгі түрі бар: қорытынды және қалыптастырушы. (Койл, Гуд және Марш (2010: 114)) қорытынды бағалау оқушылардың мазмұны мен тілі туралы не білгенін анықтау үшін тесттерді орындауды қамтиды. Қалыптастырушы бағалау сабақ кезінде оқушыларды бақылаудан және бұрын зерттелген нәрсені сұраудан тұрады. Мұндай бағалаудың басқа түрлері-оқушылар бір-бірін бағалап, кері байланыс берген кезде өзара бағалау және оқушылар өздерінің үлгерімін бағалаған кезде өзін-өзі бағалау. Сонымен қатар, портфолионы бағалау деп аталатын бағалаудың жаңа әдісі бар, бұл бір жыл ішінде орындалған жұмыстардың жиынтығы. Ол оқушылардың білімін, олардың дағдыларын және когнитивті дамуын көрсетеді және оқу туралы кері байланысты қамтамасыз етеді. Орта білім беру жүйесіндегі оқушылардың үлгерімін бағалау Білім және ғылым жөніндегі Кеңестің 2007 жылғы 27 қарашадағы қарарымен реттеледі, онда бағалау үздіксіз және қалыптастырушы болады делінген. Оның үздіксіз сипатына байланысты әр оқушының бастапқы жағдайды ескере отырып және дағдылардың, көзқарастардың, оқу стильдерінің әртүрлілігін ескере отырып, қол жеткізген жетістіктерін білу үшін әртүрлі әдістер, процедуралар мен құралдар қолданылады. Бағалау өзінің қалыптастырушы сипатына байланысты базалық құзыреттіліктерді игеруге және оқыту мақсаттарына қол жеткізуге барынша ықпал ететін білімді оқытуға және игеруге бағытталатын болады. Бұл бөлімде мен бағалау критерийлерін негізгі құзыреттіліктерді алу дәрежесін де, мақсаттарға жету дәрежесін де бағалау үшін кілт ретінде қолданамын.

Модульдің соңында А (инвертелген сынып) және В (дәстүрлі білім) сыныптары да ұқсас онлайн форманы қолдана отырып тесттен өтті. Оқушылардың алған білімін анықтау мақсатында 30 тақырыптан тұратын екі жиынтық таңдалды. Сонымен қатар, есептен шығаруды және көшірудің алдын алу үшін тестілеу жүйесі көптеген сұрақтар мен жауаптарды біріктіреді және әртүрлі оқушыларға әртүрлі сұрақтар қойылды. Тестілеу процедурасы эксперименттер туралы есеп беруді де қамтыды: А тобындағы ақпараттың анықтығы мен мөлшері В тобына қарағанда едәуір жоғары болды. Ақырында, тестілеу процедурасы бір айдан кейін нәтижелерді тексеруді де қамтыды. Сондай-ақ, бұл жағдайда оқушылар 30 көп таңдаулы сұрақтары бар онлайн форма арқылы тест тапсырды және нәтижелер бойынша, А сынып тобы келесі диаграммада көрсетілгендей тұрақты білім

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича алғанын растады.



Сурет 1.Тестілеу нәтижелері: а) көп таңдаулы тесттің орташа ұпайлары; б) стандартты ауытқу; в) тұрақтылық нәтижелер

Мазмұн мен тілді біріктіру көптеген артықшылықтар береді. Алдымен, оқушылар ынталы, өйткені олар өздерінің тілдік дағдыларын мазмұн арқылы дамытып жатқандай сезінеді, олар пәнді де, тілді де үйренеді. Олар сондай-ақ қарым-қатынас қабілетін жақсартады. CLIL арқылы оқушылар белгілі бір пәндер бойынша ауызша және жазбаша сөйлеуді түсіну және пайдалану қабілетін дамытады. Шындығында, оқушылар зейіні ашылады, өйткені олар көп ақпарат алады және онымен тиімді жұмыс істейді. Олар тілдік тапсырмаларды естіп, оқып, түсініп, оны сөйлеу және жазу үшін қолдануы керек. Тиімді қарым-қатынас жасау қабілеті оқушыларды осы тіл қолданылатын елдерде оқуға және жұмыс істеуге дайындайды. CLIL-дың тағы бір артықшылығы-оқушылар когнитивті дамиды, өйткені олардың миы шет тіліндегі мазмұнды зерттеген кезде көп жұмыс істеуі керек. Олар пәндік ұғымдарды түсіну үшін көбірек шоғырлануы керек және ойлау қабілеті мен шығармашылығын дамытады. Сонымен қатар, олар екінші тілдегі жаңа мазмұнды ана тіліндегі алдыңғы мазмұнмен байланыстырады және оның мағынасын бір тілден екінші тілге ауыстырады, әсіресе олар сыныптағы әрекеттерді нақты өмірмен байланыстырған кезде. Оқушылардың әртүрлі оқу стильдеріне бейімделген CLIL - де қолданылатын әртүрлі оқыту әдістері мазмұнды да, тілді де үйренуді күшейтеді, өйткені оқушылар мазмұн мен тілді бірнеше рет және әртүрлі тәсілдермен көре алады. Оқушылар сонымен қатар мәдени хабардарлықты дамытады, өйткені олардың басқа мәдениеттердегі адамдармен байланысу мүмкіндігі бар.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Койл, Д., Гуд, П., Марш, Д., (2010) CLIL мазмұны және интеграцияланған тіл үйрену. Кембридж университетінің баспасы.
2. Алонсо Э., Грис Галена Дж., Кампо А., (2008) Халықаралық азаматтық зерттеулер журналы, 1 Том, 36-49.
3. Руис де Заробе, Ю., (2008) CLIL халықаралық зерттеу журналы, 1 Том, 60-73.
4. Лагасабастер, Д., (2008) ашық қолданбалы лингвистика журналы, 1, 31-42.

- К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
5. Лоренцо Ф, Касал с, Мур П, (2010) еуропалық білім берудегі мазмұн мен тілді интеграцияланған оқытудың әсері: Андалусия секцияларын бағалау жобасының негізгі қорытындылары. Қолданбалы лингвистика 31, 418-442.
 6. Шатыр, т., Виктори, М., (2010) Каталониядағы CLIL: ғылыми зерттеулерге шолу. In: Lasagabasterd, RuisDEZarobey (ред.), Испаниядағы CLIL: енгізу, нәтижелер және мұғалімдерді даярлау. Cambridge Scholars Publishing, Ньюкасл, 30-54 б.
 7. Сан-Исидро, х. (2010) am Галисия КЛИЛІН түсіну: қамтамасыз ету және нәтижелер. In: Lasagabaster d, Ruis DE Zarobe y (ред.), Испаниядағы CLIL: енгізу, нәтижелер және мұғалімдерді даярлау. Cambridge Scholars Publishing, Ньюкасл, 55-78 б.
 8. Виктори, М.және Уолбона, А. (2008) бастауыш мектепте CLIL әдіснамасын енгізу бойынша кейс-стади: нәтижелер, артықшылықтар және мәселелер. CLIL-TBL семинарында ұсынылған баяндама, Барселона: UB, 2008.
 9. Хименес Каталан, Р.М. & Оджеда Альба, Дж., (2010) "disponibilidad léxica en inglés como lengua extranjera en dos tipos de instrucción " тілі мен мәтіндері, 38-53.
 10. Андерсон, Л. В.және Кратвол, д. р. (2001) зерттеуге, оқытуға және бағалауға арналған Таксономия: Блумның білім беру мақсаттарының таксономиясын қайта қарау. Лонгман В. А. (2011) ағылшын тілі арқылы жаратылыстану пәндерін оқыту - CLIL тәсілі. ESOL Кембридж университетіндегі емтихандар.
 11. Дорган х., Кеннеди Д., Скотт С. (2012) ғылым маңызды. Курстық жұмыстар мен эксперименттерге арналған Студенттік зертханалық дәптер. Фоленс.

УДК 378

М.К. Түйебаев

БІЛІМ БЕРУДЕГІ ҚҰЗЫРЕТТІЛІК ЖӘНЕ ОНЫ ҚАЛЫПТАСТЫРАТЫН ДАҒДЫЛАР

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Туркестан қ.

Аңдатпа

Дәстүрлі педагогика ғылымындағы негізгі базалық ұғымдардың бірі «Білім, білік, дағды» болса, қазіргі таңда бұл педагогикалық ұғым «Құзыреттілік» ұғымымен алмастырылуда. Біздің зерттеулеріміздің нәтижесі «құзыреттілік» ұғымына анықтама беру емес, құзыретті тұлғаны қалай қалыптастыруға болатындығына бағытталған. «Құзыреттілік» ұғымының мағынасын тек осылай түсіндіруге тырыстық.

Сонымен, бүгінгі таңда «құзыреттілік» педагогика ғылымында негізгі базалық ұғымдардың бірі болып саналады.

Еуропалық білім беру фондының (ЕФО, 1997) терминдерге арналған глоссарийінде құзыреттілік былай анықталады:

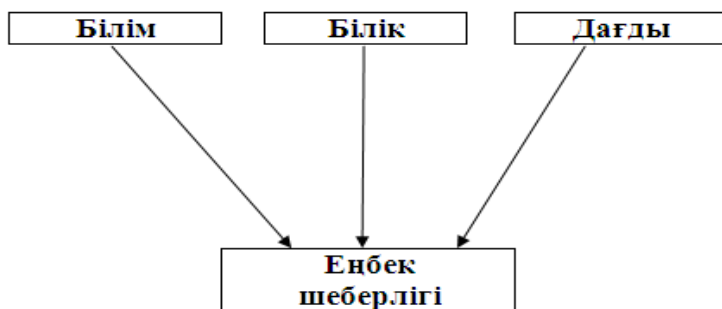
- 1.Қандайда бір нәрсені жақсы және сапалы жасау қабілеттілігі;
- 2.Жұмысқа қабылданар кездегі қойылатын талаптарға сәйкес келуі (қанағаттандыруы);
- 3.Өте күрделі функцияларды орындау қабілеттілігі[3].

Қысқаша айтқанда, құзыреттілік термині – бұл қандай да бір қоғам алдына қойылған қандай да бір шешімін таппай тұрған немесе күрделі мәселені шешуде, тұлғаның сапалы да нәтижелі іс – әрекетінің жеңісін атауға берілген сипаттама деп те қарастыруға болады. Орыстың білім беру академиясының академигі п.ғ.д. И.А.Зимняяның ғылыми еңбектерінде «құзыреттілік» термині кәсіби іскерліктің (профессионализмнің) баламасы және соның құрамдас бөлшегі ретінде қарастырылған[1].

Джон Равен өзінің 1984 жылы Лондонда шыққан «Заманауи қоғамдағы құзыреттілік» атты ғылыми еңбегінде «құзыреттілік» терминіне былай түсінік береді[2]. Құзыреттілік

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича дегеніміз – «көптеген бір-бірінен өзара тәуелсіз болатын бірнеше компонент-терден тұрады, бұл компоненттердің біразы когнитивті, ал кейбіреуі эмоциянальді салаға қатысты, сонымен қатар бұл компоненттер жеңіске жететін іс-әрекеттердің құраушысы ретінде бірін-бірі ауыстыра алатын құбылыс»-деп көрсетеді[2].

Төмендегі 1-сызба арқылы Білім, Білік және Дағды ауқымына тек қана «Еңбек шеберлігі» ғана қамтылатынын көрсетсек, біз төмендегі 1-кестеде білім, білік, дағдының және құзыреттілік ұғымдарының арасын-дағы айырмашылықты қалай көруге болатындығын келтірдік.



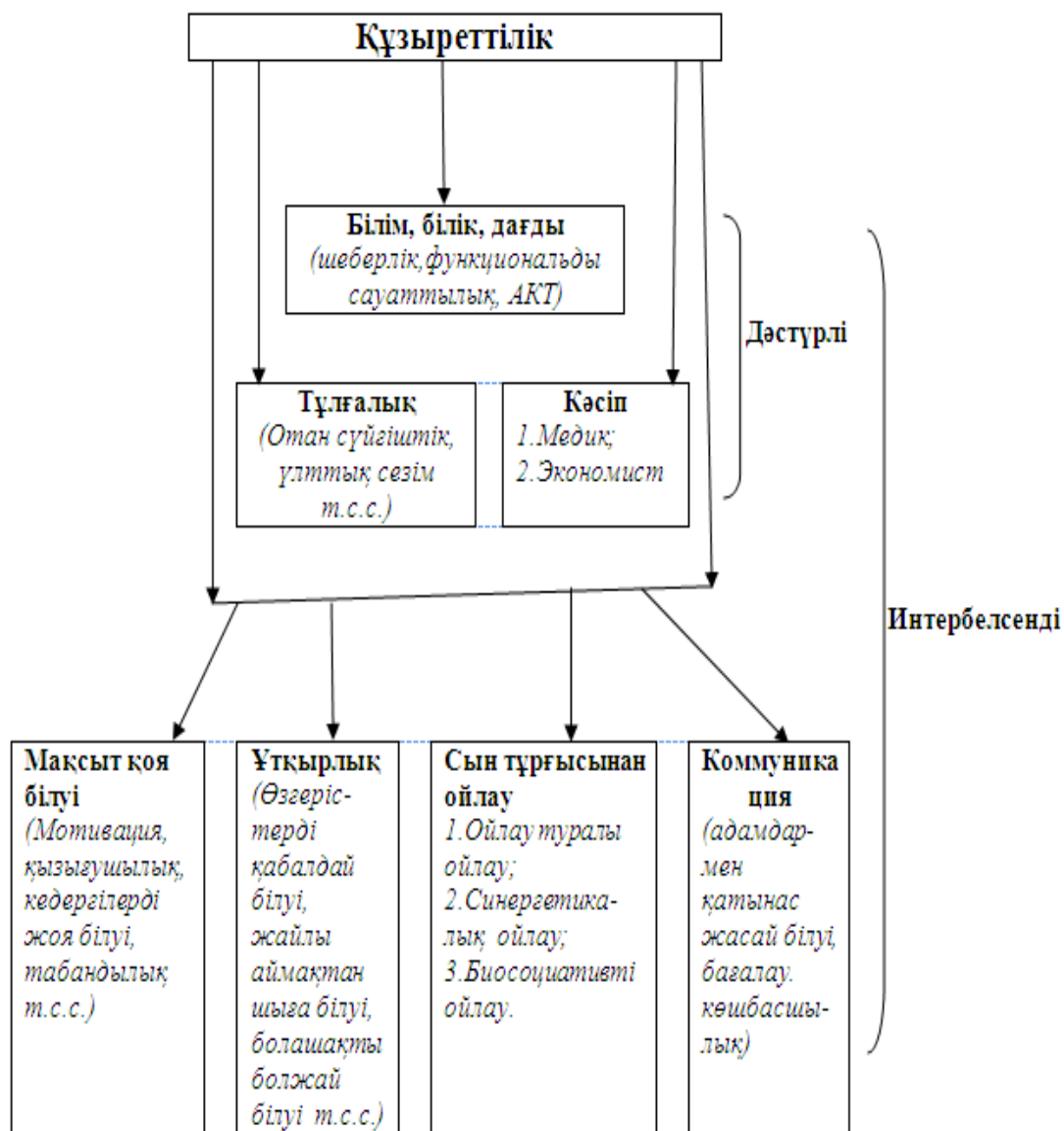
Сурет 1 - «Еңбек шеберлігі».

Кесте 1 – Салыстыру кестесі.

Білім	Білік	Дағды	Құзыреттілік
Саған	Компью	Интернет	Сен
компьютерме	тер-ден	те, Word,	-қажет нәрсені қайдан табуға
н қалай	ақпаратты	Phtoshop және	болатынын;
жұмыс жасау	өзің іздеген	т.б. сенімді	-өзгерісті жатсынбай қабылдай
керектігін	кезде	жұмыс істеген	аласың;
үйреткен		кезде	-қатені қалай түзетуге болатынын;
кезде			-басқалар шеше алмайтын
			мәселені қалай шешуге болатынын;
			-өте күрделі функцияларды қалай
			орындауды білесің.

1 сурет пен 1 кестені салыстыра отырып, ББД-да жеке тұлғаға қойылатын талаптарда шеберлік басым болғанымен, өзіндік ізденіс, өзіндік пайым, жауапкершілік, ұтқырлық, көшбасшылық тағы сол сияқты қасиеттердің болуын талап ету төмен. Қорыта айтқанда, бәсекеге қабілетті мемлекет құру үшін, сол мемлекеттің мүшелері бәсекеге қабілетті болуы керек. Құзыретті тұлға ғана бәсекеге қабілетті адам бола алады. Сонымен тұлға бойына құзыреттілік қасиеттерді қалыптастыратын қабілеттер:

1. Білім, Білік, Дағды (белсенділік пен қызығушылық арқылы қалыптасады)
2. Тұлғалық (ұлттық сезімі, отан сүйгіштік, т.б.);
3. Арнайы оқу орны арқылы алған мамандығы (кәсібі);
4. Мақсат қоя білетін;
5. Ұтқырлығы;
6. Сыни ойлай алатын;
7. Коммуникациялық қабілеттер ғана қалыптастыра алады.



Сурет 2 – Құзыреттілік моделі.

2-ші сызбадан байқап отырғандарыңыздай білім алудың «дәстүрлі» түрі тұлға бойына үш қабілетті – ББД, тұлғалық және кәсіптікті ғана қалыптастыра алады. Ал, интербелсенді тәсіл жоғарыда келтірілген үш қабілетке қоса мотивациялық (мақсат қоя білетін), ұтқырлық, сыни ойлау және коммуникациялық қабілеттерді де қалыптастыра алады.

Пайдаланған әдебиеттер

- 1.Зимняя И. А., докт. психол. наук, академик РАО, г.Москва. Ключевые компетенции – новая парадигма результата современного образования.
- 2.Равен Джон. Компетентность в современном обществе. Выявление, развитие и реализация. – М., 2002. (англ. 1984).

УДК 37

Г.Е. Айтбек, Г.Б. Алимбекова

АҒЫЛШЫН ТІЛІНДЕ CLIL ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ФИЗИКА САБАҒЫНЫҢ ЖОСПАРЫН ҚҰРУ

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
магистратура 2 курс
Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
g.aitbekova00@gmail.com

Аңдатпа

Жаңартылған мазмұнда білім беруде қажетті құралдардың бірі – «CLIL» (CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING) оқыту әдісінің қағидаттары мен оқушыларға беретін мүмкіндіктері айтылған. Ағылшын тілінде CLIL әдісі арқылы физика сабағының жоспарын құрылған.

Аннотация

В обновленном содержании изложены принципы и возможности, предоставляемые учащимся одним из необходимых инструментов в образовании – методом обучения «CLIL» (CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING). Составлен план урока физики по английскому языку методом CLIL.

Abstract

The updated content outlines the principles and opportunities provided to students by one of the necessary tools in education – the "CLIL" (CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING) teaching method. A physics lesson plan in English has been compiled using the CLIL method.

Тірек сөздер: CLIL әдісі, тіл, серпімділік күші, Гук заңы.

Қазіргі ғылым мен техниканың жылдам даму үдерісі оқушылардан ептілікті, ерекше ойлау бейімділігін, тапқырлық пен ізденімпаздықты, шеберлік және іскерлік қасиеттерін, жан-жақтылықты және ағылшын тілін жетік білуді талап етеді. Жаңартылған білім беру жағдайында білімнің ғылыми интеграцияға ұмтылуы, қоғада жинақталып және үнемі өсіп отыратын ғылыми ақпарат көлемінің мазмұны ағылшын тілде екені анықталды. Жоғарыда көрсетілген қабілеттерді дамуы мен жаңартылған білім беруге сәйкес физика сабағында ағылшын тілінде CLIL әдісін қолдану ең тиімді әдістердің бірі болпы табылады.

Жаңартылған мазмұнда білім беруде қажетті құралдардың бірі – «CLIL» (CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING) оқыту әдісінің қағидаттары мен оқушыларға беретін мүмкіндіктері айтылған. CLIL әдісін қолдану арқылы ағылшын тілінде физика сабағының жоспары құрылған.

Ағылшын тілінде CLIL әдісі арқылы сабақ өту:

5. ерекше дарынды оқушыларға мәнді де саналы оқуға;
6. сабақ құрылымында проблемалық мәнді де саналы оқуға;
7. жеке тұлғаның зерттеушілік типін қалыптастыратын оқушының ойлау әрекетін белсендіруге;
8. оқушыларға бір мезгілде әрекетті орындауда барлық мақсат қоюдан нәтижеге дейінгі барлық оқыту үдерісіне бақылау жасауға;
9. білім берушілік, дамытушылық және танымдық үшбірлікті ұзтаздың шексіз шығармашылығы тұрғысынан жүзеге асыруға;
10. сабақтың ақпараттық сыйымдылығын арттыруға;
11. оқушылардың уәждемесін арттыруға, олардың оқу-танымдық әрекетін белсендіруге, шаршағандарын азайтуға;
12. сабақ үдерісінде өтілетін тақырыптың адам және қоғам өмірімен тікелей байланысына мән беруге;
13. оқушылардың шығармашылық ойлауын дамытуға;
14. олардың алған білімдерін өмірде қолдана білулеріне көмектеседі.

Еуропа, Азия және Америка елдерінің көптеген мектептерінде ағылшын тілі коммуникативтік орта арқылы әр түрлі мектеп пәндерін оқытуда табысты нәтиже көрсетуде. Осылайша, «CLIL» (CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING) халықаралық

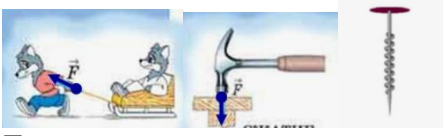
К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жобасы жүзеге асырылуда – «пән мен ағылшын тілін кіріктіріп оқыту», оның негізгі міндеті пәндік тақырыбын пайдалана отырып, тек қана ана тілінде емес, ағылшын тілінде де оқушылардың білім, іскерлік және қарым-қатынас жасау тәжірибесін қалыптастыру болып табылады. Ал болашақтағы мақсаты – ғылыми сауатты, көптілді тұлғаны қалыптастыру болып табылады.

CLIL әдісінің оқушыларға беретін мүмкіндігі, бұл – тілді тек тіл ретінде ғана емес, таным құралы ретінде қолдану, сыни тұрғыдан ойлауға, тілдерді жоғары деңгейде меңгеру және қызметтің барлық салаларында қолдана білу, өз мәдениетін бағалау, басқа да мәдениеттерді түсініп құрметтеу, азаматтық жауапкершілік, функционалдық сауаттылық, өмір бойы білім алу.

CLIL әдісінің 4 қағидасы белгілі. Олар: мазмұн, коммуникация, мәдениет және таным болып табылады. Сабақта мұғалім оқушылардың алдыңғы білімдерін жандандыру, қарапайым тілде сөйлеу, оқушылардың сабақта сөйлеуіне мүмкіндік беру, ойлауға уақыт беру, мәтінмен жұмыс жасауын арттыру керек. Тілдік тіректер, тірек сызбалар, түсініксіз сөйлемдер мен сөздерді қайталау. Оқушы бірінші тілде сөйлесе, оған екінші тілде жауап беру. Оқушыны екінші, үшінші тілді қолдануға ынталандыру, тілдерді үйрену және қолдану үшін қолайлы білім ортасын құру. Үш тілдік дағдыны дамыту, топта және жұпта жұмыс жасау.

Жоғарыдағы қағидаларды ескере отырып, ағылшын тілінде CLIL әдісі арқылы физика пәні бойынша 7-сыныптың: «Серпімділік күші. Гук заңы» тақырыптарындағы сабақ жоспарын құрып көрсету.

Сабақтың тақырыбы		Серпімділік күші. Гук заңы
Осы сабақта қол жеткізілетін оқу мақсаты	Гук заңының формуласы бойынша серпімділік күшін есептеу	
Сабақ мақсаты	Барлық оқушылар: Гук заңының формуласын біледі.	
	Оқушылардың басым бөлігі: Тақырыпты түсініп, гук заңының формуласы арқылы серпімділік күшін есептейді	
	Кейбір оқушылар: Серпімділік күшінің күнделікті өмірде пайдасы мен зиянын ажыратады.	
Бағалау критерийі	Гук заңы жайлы мағлұмат алады. Формула арқылы серпімділік күшін есептейді. Гук заңын күнделікті өмірде, есеп шығаруда қолдана білуге үйренеді. сперимент жүзінде орындайды.	
Тілдік мақсаттар	Ағылшын тілінде CLIL әдісі қолданып сабақ өту. Күш-Сила-Force. Серпімділік- Упругость-Elasticity. Гук заңы-Закон Гука-Hooke's law.	
Құндылықтарға баулу	Жалпыға бірдей еңбек қоғамы	
Пәнаралық байланыс	Жаратылыстану, математика, ағылшын тілі	
Алдыңғы білім	Деформация, серпімді, серпімсіз, күш.	
Сабақтың жоспарланған кезеңдері	Сабақта жоспарланған жаттығу түрлері	Ресурстар

<p>Сабақтың басы 10 мин</p>	<p>Психологиялық ахуал тудыру Сәлеметсыздар ма оқушылар? Бүгінгі көңіл күйлеріңіз қалай? Hello students? How is your mood today? «Қозғалыс» (Оқушылар ағылшын тілінде беске дейін санайды, ха-ха, хи-хи деп, 5 дейін айтып оңға, солға қозғалады және санды азайтын 4-ке, 3-ке, 2-ге, 1-ге дейін санап қайталайды). «Сіз қаншалықты сенесіз» тәсілін қолдану арқылы оқушылардан үй тапсырмасын тексеру. Оқушылар «<i>true and false</i>» сөздерін қоладанып жауап береді. Деформация-денелердің өзара әрекеттесуінің салдары. Деформация-күштің әрекетінен дененің өлшемдері мен пішінің кез келген өзгерісі. Деформация –грек тілінен аударғанда өзгеру деген мағына береді. Деформация екіге бөлінеді. Серпімді деформация бес түрге бөлінеді. Күштің әрекеті тоқтағаннан кейін дененің бастапқы пішіні мен өлшемдері қайтадан қалпына келсе, мұндай деформация серпімді деп аталады. Күштің әрекеті тоқтағаннан кейін дененің бастапқы пішіні мен өлшемдері қайтадан қалпына келмесе, мұндай деформация пластикалық деп аталады. Қалыптастырушы бағалау әдісі: «<i>Well done, you are the strongest and so on</i>» сөздерін қолдана отырып, бірін-бірі бағалап, мадақтайды.</p> <p>Жаңа сабақтың тақырыбы мен мақсаты таныстырылады</p>	<p>дұрыс жауапты интерактив-ті тақтаны қолданып көрсетіледі</p>
<p>Сабақтың ортасы 25 мин</p>	<p>Шардың түстері «red, green, yellow» арқылы оқушыларды 3 топқа бөлеміз.</p> <p>«Ой қозғау» әдісі. Суреттер көрсету арқылы деформация түрлерін еске түсіреміз және ағылшын тіліндегі аудармасын табулары керек, бір-біріне ағылшын және қазақ тілдерінде серпімділік күші туралы сұрақ қоюу керек.</p>  <p>Тапсырма: топтық оқулықпен жұмыс. Оқулықпен жұмыс жасап тақырыпты топта талқылап, «Ромбтық» жіктелім жасап, кластер қорғайды. Қалыптастырушы бағалау. Екі жұлдыз, бір тілек.</p> <p>«Сергіту сәті» - «Ақ бұлақ» (ырғақты би)</p>	<p>Үш түрлі шарлар</p> <p>Суреттері</p> <p>Қосымша оқулық, А3бет, маркерлер</p>

	<p>Тапсырма: жұптық, Гук заңы бойынша есептер шығару</p> <p>1. Қатаңдығы 1 кН/м серіппе қандай күштің әрекетінен 4 см сығылады?</p> <p>2. Серіппелі динамометр көмегімен массасы $m=2$ кг жүкті бірқалыпты көтергендегі динамометр серіппесінің ұзару модулі неге тең? Серіппенің қатаңдығы $k = 1000$ Н/м.</p> <p>3.Егер массасы 10 кг жүк серіппені 10 см-ге созса, онда серіппенің қатаңдығы қандай болғаны?</p> <p>Қалыптастырушы бағалау: «<i>Well done, you are the strongest and so on</i>» сөздерін қолдана отырып, бірін-бірі бағалап, мадақтайды.</p>											
Сабақтың соңы 10 мин	<p>Білімді бекіту.</p> <p>Жеке жұмыс .сәйкестендіру (Берілген тапсырманы өз жауаптарымен сәйкестендіру) .</p> <table border="0"> <tr> <td>Гук заңы, Hooke's law</td> <td>k</td> </tr> <tr> <td>Өлшем бірлігі, Unit of measurement</td> <td>$F_{серп}$</td> </tr> <tr> <td>Қатаңдық, Rigor</td> <td>Н/м</td> </tr> <tr> <td>Ұзаруы, Lengthening</td> <td>$F = kx$</td> </tr> <tr> <td>Серпімділік күші, Elastic force</td> <td>L</td> </tr> </table> <p>Қалыптастырушы бағалау: «<i>Well done, you are the strongest and so on</i>» сөздерін қолдана отырып бірін-бірі бағалап, мадақтайды .</p> <p>Үйге тапсырма: оқулықтағы есептер.</p> <p>Кері байланыс: <i>Адам бейнесіне жазады.</i> <i>Басы: Атын</i> <i>Екі қолы: не білдім, не маңызды болды</i> <i>Екі аяғы: не түсініксіз, нені білгің келеді.</i> <i>Ортасына: баға</i></p>	Гук заңы, Hooke's law	k	Өлшем бірлігі, Unit of measurement	$F_{серп}$	Қатаңдық, Rigor	Н/м	Ұзаруы, Lengthening	$F = kx$	Серпімділік күші, Elastic force	L	Адам бейнесі
Гук заңы, Hooke's law	k											
Өлшем бірлігі, Unit of measurement	$F_{серп}$											
Қатаңдық, Rigor	Н/м											
Ұзаруы, Lengthening	$F = kx$											
Серпімділік күші, Elastic force	L											
Саралау –сіз қандай тәсілмен көбірек қолдауды көрсетпексіз? Сіз басқаларға қарағанда қабілетті оқушыларға қандай тапсырмалар бересіз?	Бағалау – сіз оқушылардың материалды игеру деңгейін қалай тексеруді жоспарлап отырсыз?	<i>Денсаулық және қауіпсіздік техникасын сақтау</i>										
Оқушылармен салыстыру саралау жұмыстарын жүргіземін.	Екі жұлдыз, бір тілек , <i>смайлик беру Бірін –бірі бағалау</i>	<i>Қауіпсіздік ережесі сақтау сергіту сәті</i>										
Сабақ бойынша рефлексия . Сабақ мақсаттары	<i>Сабақ мақсаттары шынайы, қолжетімді болды.</i>											

<p>немесе оқу мақсаттары шынайы, қолжетімді болды ма? Барлық оқушылар оқу мақсатына қол жеткізді ме? Егер оқушылар оқу мақсатына жетпеген болса, неліктен деп ойлайсыз? Сабақта саралау дұрыс жүргізілді ме? Сабақ кезеңдерінде уақытты тиімді пайдаландыңыз ба? Сабақ жоспарынан ауытқулар болды ма және неліктен?</p>	<p>Барлық оқушылар оқу мақсатына тапсырмаларды орындау арқылы қол жеткізді.</p> <p>Сабақ кезеңдерінде уақытты тиімді пайдаландым.</p> <p>Сабақ жоспарынан ауытқулар болған жоқ.</p>	
<p>Жалпы бағалау Сабақта ең жақсы өткен екі нәрсе (оқыту мен оқуға қатысты)? 1: 2: Сабақтың бұдан да жақсы өтуіне не оң ықпал етер еді (оқыту мен оқуға қатысты)? 1: 2: Осы сабақтың барысында мен сынып туралы немесе жекелеген оқушылардың жетістіктері/қиыншылықтары туралы нені анықтадым, келесі сабақтарда не нәрсетуге назар аудару қажет?</p>		

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Мурзекенова Ж.Ш., Белденбаева М.Т Оқытудың «CLIL» (CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING) әдісі//Білім беру менеджменті. №4, 2018ж. – 47-49б.
2. Есенаман С.Е CLIL әдісін қоладана отырып информатика мамандықтарында оқитын студенттерге ағылшын тілін әр түрлі деңгейде оқытудың ерекшеліктері//Вестник КазНПУ им.Абая.№4(24), 2018ж. –13-17б.
3. Ергелиева Ж.А «CLIL» - үштілділік оқыту бағдарламасын жүзеге асырудың тиімді әдісі// Педагогика мәселелері. №1, 2017ж. – 22-24б.

ӘОЖ 372.853

Р. Розиматов, А. Мейрбек, Н. Шектібаев

**ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУДА ҒЫЛЫМИ ОЙЛАУДЫ ДАМУҒА ҮШІН
 ОҚЫТУДЫҢ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ**

Аңдатпа

Бұл мақала физика саласындағы ғылыми ойлауды дамыту үшін оқытудың зерттеу әдістерін қолданудың тиімділігін зерттейді. Ол қазіргі білім берудегі сыни ойлауды, аналитикалық дағдыларды және ақпаратты синтездеу қабілетін дамытудың маңыздылығын талқылайды. Мақалада ғылыми жобаларды, зертханалық жұмыстарды жүргізу және проблемаға бағытталған оқытуды қолдану сияқты оқу процесінде зерттеу әдістерін қолданудың әртүрлі тәсілдері келтірілген. Оқушылардың белсенді қатысуы және мотивацияны арттыру сияқты әдістердің артықшылықтары талқыланады, сонымен қатар қосымша ресурстардың қажеттілігі және нәтижелерді бағалаудағы қиындықтар сияқты қиындықтар ерекшеленеді. Қорытындыда зерттеу қызметінің мақсаттарын нақты айқындаудың, оқушылар мен мұғалімдердің белсенді өзара іс-қимылына жәрдемдесудің, сондай-ақ кері байланыс пен рефлексия үшін жағдай жасаудың маңыздылығы атап көрсетілген. Бұл мақала педагогтарды, оқушыларды және физиканы оқытудың заманауи тәсілдеріне және ғылыми ойлауды дамытуға қызығушылық танытқандарды қызықтырады.

Түйін сөздер: оқытудың зерттеу әдістері, ғылыми ойлау, физика, белсенді оқыту, проблемалық-бағдарланған оқыту, зертханалық жұмыстар, ғылыми жобалар, физиканы оқыту.

Аннотация

Данная статья исследует эффективность применения исследовательских методов обучения для развития научного мышления в области физики. Она обсуждает значимость развития критического мышления, аналитических навыков и способности к синтезу информации в современном образовании. В статье представлены различные подходы к использованию исследовательских методов в учебном процессе, такие как проведение научных проектов, лабораторных работ, и использование проблемно-ориентированного обучения. Обсуждаются преимущества таких методов, такие как активное участие школьников и повышение мотивации, а также выделяются вызовы, такие как необходимость дополнительных ресурсов и сложности в оценке результатов. В заключении подчеркивается важность четкого определения целей исследовательской деятельности, содействия активному взаимодействию школьников и преподавателей, а также создания условий для обратной связи и рефлексии. Эта статья представляет интерес для педагогов, школьников и всех, кто интересуется современными подходами к обучению физике и развитию научного мышления.

Ключевые слова: исследовательские методы обучения, научное мышление, физика, активное обучение, проблемно-ориентированное обучение, лабораторные работы, научные проекты, обучение физике.

Abstract

This article examines the effectiveness of the use of research teaching methods for the development of scientific thinking in the field of physics. She discusses the importance of developing critical thinking, analytical skills and the ability to synthesize information in modern education. The article presents various approaches to the use of research methods in the educational process, such as conducting research projects, laboratory work, and the use of problem-oriented learning. The advantages of such methods, such as active student participation and increased motivation, are discussed, and challenges such as the need for additional resources and difficulties in evaluating results are highlighted. In conclusion, the importance of clearly defining the goals of research activities, promoting active interaction between students and teachers, as well as creating conditions for feedback and reflection is emphasized. This article is of interest to teachers, students

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
and anyone interested in modern approaches to teaching physics and the development of scientific thinking.

Keywords: *research methods of teaching, scientific thinking, physics, active learning, problem-oriented learning, laboratory work, scientific projects, teaching physics.*

Қазіргі білім беру алдына нақты білімді беру ғана емес, сонымен қатар оқушылардың сыни ойлау дағдыларын қалыптастыру міндетін қояды. Физиканы оқыту контекстінде ғылыми ойлауды дамыту өте маңызды, өйткені ол эксперименттер мен бақылаулар негізінде талдау, мәселелерді шешу және жаңа білім құру қабілетін қажет етеді [1]. Бұл мақалада біз физиканы оқытуда зерттеу әдістерін қолдану оқушылардың ғылыми ойлауын дамытуға қалай ықпал ететінін қарастырамыз.

Физикадағы зерттеушілік оқыту эксперименттер жүргізуді, деректерді талдауды, гипотезалар мен қорытындыларды тұжырымдауды қамтитын белсенді және интерактивті процесс болып табылады. Оқытудың бұл тәсілі оқушыларға физиканың негізгі тұжырымдамалары мен принциптерін игеріп қана қоймай, сыни ойлау мен ғылыми әдіс дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді.

Физикадағы ғылыми оқытудың басты артықшылықтарының бірі - оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттыру қабілеті. Тәжірибелер мен бақылауларды орындауды қамтитын практикалық сабақтар оқу процесін жанды және есте қаларлық етеді. Оқушылар материалмен белсенді қарым-қатынас жасайды, физика құбылыстары мен заңдылықтарын өз бетінше зерттейді, бұл олардың ақпаратты тереңірек түсінуіне және игеруіне ықпал етеді [2].

Зерттеушілік оқыту оқушыларда сыни ойлау мен аналитикалық дағдылардың дамуын ынталандырады. Деректерді талдау, заңдылықтарды анықтау және гипотезаларды тұжырымдау арқылы оқушылар нақты мәселелерді шешуге ғылыми әдісті қолдануды үйренеді. Бұл тәжірибе олардың физикалық құбылыстарды түсінуі үшін ғана емес, сонымен қатар өмірдің басқа салаларында әртүрлі мәселелерді шешуде де пайдалы.

Сонымен қатар, физикадағы ғылыми-зерттеу жұмыстары оқушылардың коммуникативті және бірлескен дағдыларын дамытуға ықпал етеді. Көбінесе эксперименттер топтарда өткізіледі, бұл оқушылардан ынтымақтастықты, идеялармен алмасуды және нәтижелерді талқылауды талап етеді. Бұл тәжірибе оқушыларды ұжымда жұмыс істеуге дайындайды және олардың басқалармен тиімді қарым-қатынас жасау қабілетін дамытады.

Физикадағы ғылыми оқыту оқушыларға болашақ кәсіби қызметінде пайдалы болуы мүмкін практикалық дағдыларды үйренуге мүмкіндік береді. Ғылыми жабдықтармен жұмыс істеу, деректерді талдау және қорытынды жасау қабілеті - бұл еңбек нарығында бағаланатын және ғылым мен технологияның әртүрлі салаларында қолдануға болатын дағдылар.

Физиканы оқытуда зерттеу әдістерін қолдану материалды тереңірек игеруге ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар оқушыларда сыни ойлауды, ғылыми әдісті, коммуникативті дағдыларды және практикалық дағдыларды дамытады. Оқытудың бұл тәсілі физика және жалпы ғылым саласында білікті және білікті мамандарды қалыптастыру үшін жаңа перспективалар ашады [3].

Оқытудың зерттеу әдістерінің артықшылықтары [4]:

1. *Оқушылардың оқу процесіне белсенді қатысуын ынталандыру:* зерттеу әдістері оқушылардың оқу процесіне белсенді қатысуын білдіреді. Олар мұғалімнен білім алып қана қоймай, сұрақтарға жауап іздеуге, эксперименттер жүргізуге және нәтижелерді талдауға қатысады.

2. *Өз бетінше зерттеу және проблемаларды шешу дағдыларын дамыту:* зерттеу тәсілі оқушыларға өз бетінше жұмыс істеу және ақпарат іздеу дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді. Олар гипотезаларды тұжырымдауды, эксперименттер жүргізуді және деректерді талдауды үйренеді, бұл тек оқуда ғана емес, сонымен қатар болашақ кәсіби қызметте де пайдалы.

3. *Оқушылардың мотивациясын арттыру:* алған білімдерін практикада қолдану мүмкіндігі және қызықты ғылыми жобаларға қатысу оқушыларды пәнді тереңірек зерттеуге

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича ынталандырады. Олар өз жұмысының нақты нәтижелерін көреді, бұл оларды одан әрі дамытуға ынталандырады.

Физиканы оқытудағы зерттеу әдістерінің мысалдары [5]:

1. *Ғылыми жобалар мен зертханалық жұмыстарды жүргізу*: оқушылар зерттеу тақырыптарын өз бетінше немесе топта таңдай алады, эксперименттер жүргізе алады, деректерді талдай алады және ғылыми конференциялар мен көрмелердің нәтижелерін ұсына алады.

2. *Проблемалық-бағдарланған оқытуды қолдану*: мұғалімдер оқушыларға шығармашылық көзқарасты және оларды шешу үшін физикалық білімді қолдануды қажет ететін нақты физикалық мәселелер мен міндеттерді қоя алады.

3. *Ғылыми пікірталастар мен семинарларды ұйымдастыру*: оқушылар өзекті ғылыми мәселелерді талқылай алады, өз көзқарастарын дамыта алады және қолда бар деректер мен зерттеулер негізінде өз тұжырымдарын дәлелдей алады.

Зерттеу әдістерін қолдану қиындықтары [6]:

1. *Қосымша ресурстар мен уақыттың қажеттілігі*: зерттеу сабақтарын дайындау және өткізу дәстүрлі оқыту әдістеріне қарағанда көбірек уақыт пен ресурстарды қажет етеді.

2. *Мұғалімдердің жоғары біліктілік талабы*: зерттеу әдістерін тиімді жүзеге асыру оқушылардың зерттеу жұмыстарын ұйымдастыруға және жүргізуге қабілетті мұғалімдердің жоғары біліктілігін талап етеді.

3. *Нәтижелерді бағалаудағы қиындықтар*: оқушылардың зерттеу қызметінің нәтижелерін бағалау олардың тапсырмаларға жеке көзқарастары мен алынған нәтижелердің әртүрлілігіне байланысты қиын болуы мүмкін.

Зерттеу әдістерін сәтті жүзеге асырудың негізгі аспектілері [7]:

1. *Мақсаттар мен міндеттерді нақты анықтау*: мұғалімдер оқушыларға олардан не талап етілетінін түсіну үшін зерттеу қызметінің мақсаттары мен міндеттерін нақты анықтауы керек.

2. *Белсенді өзара әрекеттесуді жеңілдету*: қолдау мен кері байланысты қамтамасыз ету үшін оқушылар мен мұғалімдер арасындағы белсенді өзара әрекеттесу үшін жағдай жасау маңызды.

3. *Кері байланыс пен рефлексия үшін жағдай жасау*: оқушыларға болашақта өз дағдылары мен тәсілдерін жақсарту үшін олардың нәтижелері мен оқу процесін бағалауға мүмкіндік беру керек.

Физикадағы оқытудың зерттеу әдістері осы ғылымның негізгі тұжырымдамаларын игеру құралы ғана емес, сонымен қатар оқушылардың ғылыми ойлауын дамытудың қуатты құралы болып табылады. Оқытудың бұл тәсілі оқушылардың білім іздеу, деректерді талдау, құбылыстарды зерттеу және өз тұжырымдарын тұжырымдау процесіне белсенді қатысуын қамтиды. Мұндай оқытудың нәтижесі фактілерді игеру ғана емес, физиканың принциптері мен заңдылықтарын терең түсіну, алған білімдерін әртүрлі есептер мен мәселелерді шешуде қолдану мүмкіндігі.

Физикадағы зерттеу әдістерінің негізгі артықшылықтарының бірі оқушылардың ғылыми ойлауын дамытуды ынталандыру болып табылады. Зерттеу жобалары мен зертханалық жұмыстар барысында оқушылар деректерді өз бетінше талдауға, гипотезаларды тұжырымдауға және оларды іс жүзінде тексеруге мәжбүр. Бұл процесс сыни ойлауды, логикалық талдауды және шығармашылықты қажет етеді, бұл оқушылардың интеллектуалды қабілеттерін дамытуға ықпал етеді [7,8].

Физикадағы оқытудың зерттеу әдістері оқушылардың өзіндік жұмыс және проблемаларды шешу дағдыларын қалыптастыруға ықпал етеді. Ғылыми жобаларды орындау барысында олар ғылыми әдебиеттермен жұмыс істеуді, эксперименттер жүргізуді, нәтижелерді талдауды және қорытынды жасауды үйренеді. Бұл дағдылар физикалық білімді сәтті игеру үшін пайдалы ғана емес, сонымен қатар оқушыларға болашақ кәсіби қызметінде пайдалы болады.

Физиканы оқытуда зерттеу әдістерін қолдану оқушылардың осы ғылымды үйренуге

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича деген ынтасын арттыруы мүмкін екенін ескеру маңызды. Теориялық білімді практикада қолдану, өз жұмысының нәтижелерін көру және қызықты ғылыми жобаларға қатысу мүмкіндігі білім алушылар үшін күшті ынталандыру бола алады, бұл сайып келгенде материалды тереңірек және сапалы игеруге әкеледі.

Барлық артықшылықтарға қарамастан, физиканы оқытуда зерттеу әдістерін қолдану кейбір қиындықтарға тап болуы мүмкін. Оларға сабақтарды дайындау мен өткізуге қосымша ресурстар мен уақыттың қажеттілігі, мұғалімдердің жоғары біліктілігін талап ету және оқушылардың нәтижелерін бағалаудағы қиындықтар жатады.

Жалпы, физикадағы оқытудың зерттеу әдістері ғылыми ойлауды дамытудың, өзіндік жұмыс дағдыларын қалыптастырудың және оқушылардың ынтасын арттырудың тиімді құралы болып табылады. Оларды қолдану білім сапасын едәуір арттырып, оқушыларды болашақта табысты ғылыми және кәсіби қызметке дайындай алады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. «Physics Education Research: The key to student learning» by Edward F. Redish and Patrick J. Cooney (2005).
2. «Teaching Physics with the Physics Suite» by Edward F. Redish and Timothy P. Scott (2003).
3. «Active Learning in the College Classroom» by Elizabeth F. Barkley (2010).
4. «Hands-On Physics Activities with Real-Life Applications» by James Cunningham and Norman Herr (2004).
5. «Effective Grading: A Tool for Learning and Assessment» by Barbara E. Walvoord and Virginia Johnson Anderson (2009).
6. Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158.
7. Redish, E. F., & Smith, K. A. (2008). Looking beyond content: Skill development for engineers. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 295-307.
8. McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.

УДК 53

Н. Шектібаев, Т.Е. Төрехан, А.С. Қойшыман

ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ: ЭЛЕКТРОНДЫ ОҚУЛЫҚТАР МЕН ОНЛАЙН РЕСУРСТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІ

*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.,
ttorekhan@internet.ru*

Аннотация

Қазіргі заманғы технологиялық жетістіктер мен интернеттің дамуы физиканы оқыту тәсілдеріндегі өзгерістерді анықтайды. Электрондық оқулықтар мен онлайн ресурстар дәстүрлі оқыту әдістерін айтарлықтай өзгертетін инновациялық оқыту әдістерін ұсына отырып, оқу процесінде сұранысқа ие бола бастады.

Бұл мақалада физиканы оқытуда электрондық оқулықтар мен онлайн ресурстарды пайдаланудың тиімділігін қарастырады. Құралдардың оқушылар мен оқытушыларға қолжетімділік пен ыңғайлылықты арттыруға қалай ықпал ететінін және олардың физикалық ұғымдарды тереңірек түсінуге қалай ынталандыратынын талдайды.

Біріншіден, электрондық оқулықтар оқу процесін байытатын және оны оқушылар үшін

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича тартымды ететін анимациялар, модельдеу, бейне сабақтар және тесттер сияқты интерактивті мүмкіндіктердің бай жиынтығын ұсынады. Бұл мүмкіндіктер оқушыларға күрделі физикалық құбылыстарды елестетуге, виртуалды эксперименттер жүргізуге және білімдерін өз бетінше тексеруге мүмкіндік береді.

Екіншіден, онлайн ресурстар оқушыларға физиканы кез келген уақытта және әлемнің кез келген нүктесінен үйренуге мүмкіндік беретін дәрістер, мақалалар, бейнематериалдар және талқылау форумдарын қоса алғанда, кең білім қорына қол жеткізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, көптеген онлайн-ресурстар әр оқушының жеке қажеттіліктері мен дайындық деңгейлерін ескере отырып, жеке оқыту бағдарламалары мен бейімделген сабақтарды ұсынады.

Ақырында, электронды оқулықтар мен онлайн ресурстарды пайдалану оқытушыларға оқу процесін тиімдірек ұйымдастыруға, студенттердің үлгерімін бақылауға және деректерді талдау нәтижелеріне сәйкес оқыту әдістемесін бейімдеуге мүмкіндік береді.

Осылайша, электронды оқулықтар мен онлайн ресурстар физиканы заманауи оқытуға ықпал ететін қуатты құралдар болып табылады. Оларды тиімді пайдалану осы саладағы білім сапасын едәуір жақсартып алады, бұл оқу процесін барлық қатысушылар үшін қол жетімді, қызықты және тиімді етеді.

Кілт сөздер: электронды оқулық, оқыту әдістемесі, онлайн ресурстар, инновациялық әдістер

Прогрессивті ақпараттандыру жағдайында оқушылардың дамуы үшін қажетті білім көлемі үнемі кеңейіп, білім мазмұны өзгеріп отырады. Арнайы білім беру саласында ақпараттық технологияларды пайдалана отырып, білім беру процесінің сапасын жақсарту, сондай-ақ оқу әдістемелерін күшейтудің және жетілдірудің тиімді әдістерін іздеу бойынша жұмыстар белсенді жүргізілуде. Осы зерттеулердің тиімділігі мен табыстылығын қамтамасыз ету үшін келесі аспектілерге бөлуге болатын бірнеше оқу-әдістемелік және психологиялық-педагогикалық мәселелерді шешудің ғылыми негіздемесі қажет:

1. Ақпараттық технологияларды білім беру процесіне интеграциялаудың жүйелі ғылыми-әдістемелік тәсілін әзірлеу.

2. Оқу процесінде ақпараттық технологияларды игеру және қолдану саласындағы оқытушылардың кәсіби құзыреттілігін арттыру.

3. Оқушыларға білім, Дағдылар мен дағдыларды игеру үшін ақпараттық технологияларды қолдануға үйрету.

4. Оқу орындарының материалдық-техникалық базасын жақсарту.

Физиканы оқытуда электронды оқулықтарды қолдану оқушыларға білімдерін кеңейтуге және шығармашылық тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді. Әр оқушы оқулықпен жұмыс жасай отырып, тестілерді шешеді және графика мен сызбалармен жұмыс істеуге бейімделеді. Электрондық оқулықтар әртүрлі кескіндерді, бейне презентацияларды, дыбыстық және музыкалық материалдарды ойнатуға мүмкіндік береді, бұл мұғалімнің тақтадағы түсіндірмесі сияқты дәстүрлі оқыту әдістеріне қарағанда әлдеқайда тиімді және қызықты. Күрделі тақырыптарды меңгеру үшін компьютерлік құралдарды пайдаланған кезде оқушылардың жаңа материалды үйренуге деген қызығушылығы мен ынтасы артады.

Электрондық оқулықтар оқушылардың білімін бағалау жүйесін қайта қарастырады. Дәстүрлі білім беруде әр оқушының бақылауының жеткіліксіздігі жиі кездеседі, бірақ электронды оқулықтарды қолдану оқу процесінің әр кезеңін бақылауға мүмкіндік береді. Кейбір жағдайларда оқулық тапсырмалардың дұрыс орындалуын қадағалап қана қоймайды, сонымен қатар қателер болған жағдайда тиісті материалға сілтемелер береді, бұл оқушыларға үлкен пайда әкеледі және прогресті автоматты түрде бақылауға, әділ баға қоюға және мүмкіндігінше толық ақпарат ала отырып, оларға қажеттілік бойынша кеңес беруге мүмкіндік береді.

Мысалы, электронды оқулықта бір тақырыпты оқығанда алдымен оқушылар оқитын және тыңдайтын теориялық материалдар ұсынылады. Содан кейін осы теориялық білімді

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича негіздейтін мультимедиялық мазмұн келеді. Осыдан кейін оқушылар әртүрлі жаттығулар мен тапсырмаларды орындайды, сонымен қатар компьютерлік сұхбаттар мен олардың материалды түсінуін тексеретін тесттер арқылы өз білімдерін көрсетеді.

Электрондық оқулықтар ықпал етеді:

- Білімді тереңдету;
- Тапсырмаларды өз бетінше орындау дағдыларын қалыптастыру;
- Ақпаратты өз бетінше іздеу қабілетін дамыту;
- Ойлауды дамыту;
- Сөздік қорын кеңейту;
- Жаңа материалды оқуға деген ынта мен қызығушылықты арттыру;
- Ақпаратты талдау қабілетін жақсарту.

Осылайша, электронды оқулықтарды пайдалану қазіргі білім беруде қажетті элемент болып табылады, өйткені олар сабақ барысында студенттермен үнемі байланыста болады және тақырыпты зерттеуге кең мүмкіндіктер береді. Олар сонымен қатар оқушылардың білімін кеңейтуге және оларды өз бетінше шығармашылық қызметке ынталандыруға көмектеседі.

Әдебиеттерді талдау физиканы оқытуда электронды оқулықтар мен онлайн ресурстарды пайдалану тиімділігін бағалайтын зерттеулерді, әдебиеттерге шолуларды және ғылыми мақалаларды қамтуы мүмкін. Төменде әдебиеттерге шамамен шолу берілген:

"Технологияны физиканы оқытуға интеграциялау: электронды оқулықтардың тиімділігі"

Бұл зерттеуде авторлар физика курстарында электронды оқулықтардың қолданылуына талдау жасайды. Олар электронды оқулықтардың студенттердің үлгеріміне, пәнді оқуға деген ынтасына және оқудың жалпы тиімділігіне әсерін зерттейді.

"Физиканы оқытудағы онлайн ресурстар: зерттеулерге шолу"

Бұл әдебиеттерге шолу физиканы оқытуда қолданылатын онлайн ресурстардың әртүрлі түрлерін, соның ішінде модельдеуді, бейне сабақтарды, интерактивті тапсырмаларды және т.б. талдайды.

"Университеттің физика пәнін оқытуда электронды оқулықтарды қолдану: оқытушылар мен студенттердің болашағы"

Бұл зерттеу оқытушылар мен студенттерге физика курстарында электронды оқулықтарды қолдану тәжірибесі туралы сауалнама жүргізеді. Ол электронды оқулықтардың артықшылықтары мен кемшіліктерін, сондай-ақ олардың тиімділігіне әсер ететін факторларды анықтайды.

"Электрондық оқулықтар және физикадағы белсенді оқыту: зерттеу нәтижелерін талдау"

Бұл мақалада физиканы белсенді оқытуда электронды оқулықтарды қолдануға арналған зерттеу нәтижелеріне шолу жасалады. Ол электронды оқулықтарды белсенді оқыту әдістерімен бірге қолдану студенттердің үлгеріміне және олардың физикалық ұғымдарды түсінуіне қалай әсер ететінін талдайды.

"Университет деңгейінде Физиканы оқытудағы онлайн-ресурстардың тиімділігін бағалау"

Бұл мақалада авторлар жоғары білім деңгейінде Физиканы оқытудағы әртүрлі онлайн ресурстардың тиімділігін бағалауға бағытталған зерттеу нәтижелерін ұсынады. Олар мұндай ресурстардың студенттердің мотивациясына, олардың үлгеріміне және материалды түсінуіне әсерін талдайды.

Бүгінгі таңда Инновациялық педагогикалық процестер білім беру жүйесінің маңызды құрамдас бөліктерінің біріне айналуға бастады. Шынында да, инновациялық педагогикалық процестер кез-келген білім беру нарығының бәсекеге қабілеттілігіне ғана емес, сонымен бірге мұғалім мен оқушының жеке басының қарқынды дамуына, мұғалім мен оқушының өзара әрекеті мен қарым-қатынасын демократияландыруға, білім беру процесін ізгілендіруге, білім алушылардың белсенді оқыту мен өзін-өзі тәрбиелеуге бағдарлануына, білім беру

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича технологияларын және , сондай-ақ білім берудің материалдық-техникалық базасын жаңғыртуға, педагогтардың кәсібилігіне, олардың шығармашылық әлеуеті олардың даму бағытын анықтайды ізденістер, оқушылардың тұлға ретінде дамуында маңызды рөл атқарады.

Мультимедиялық жүйелердің қарқынды дамуы дербес компьютерлердің мүмкіндіктерін кеңейтуге және аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің дамуына байланысты болды. Соңғы жылдары компьютердің өнімділігі мен сақтау құрылғыларының сыйымдылығы күрт өсті, сонымен қатар графикалық мүмкіндіктер кеңейіп, сыртқы сақтау құрылғыларының техникалық сипаттамалары жақсарды. Инновациялық технологиялардың дамуына көбінесе бейнетехниканың, лазерлік дискілердің дамуы, сондай-ақ жазу техникасы мен дыбыс пен бейнені өндіру технологияларының дамуына ықпал етті.

Зерттеулер мен талдаулар

Оқу процесінде интернет-технологияларды қолдану қажеттілігі олардың материалды игеруге және есте сақтауға айтарлықтай әсер етуімен байланысты. Эксперименттердің нәтижелері мыналарды көрсетеді:

- Есту арқылы қабылдау кезінде ақпараттың тек 15% ғана игеріледі;
- Көрнекі қабылдау кезінде-25%;
- Кешенді қолданумен, яғни көру және есту қабылдауының үйлесімімен-65-ке дейін%;
- Егер студент оқу процесіне белсенді қатысса, есте сақтау деңгейі 75% жетеді.

Электрондық оқулықтарды жасау көптеген елдер үшін өзекті міндетке айналууда. Оңтүстік Кореяда 2012 жылдан бастап мұғалімдер электронды оқулықтарды қолдана бастады, ал 2015 жылға қарай әр мектеп классикалық және электронды оқулықтарды таңдауы керек болды. АҚШ-та электронды оқулықтарды әзірлеу бағдарламасы бар, Австралияда мұндай жүйе тек қалыптасуда. Мәскеуде 2013 жылы электронды оқулықтарды енгізу бойынша эксперимент жүргізілді, ал Беларусьда білім беруде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану бойынша кең жұмыстар жүргізілуде.

Алайда, артықшылықтарға қарамастан, электронды оқулықтарда үй тапсырмасын орындау кезінде интерактивті өзара әрекеттесу және Интернетке қосылған заманауи мобильді құрылғыларды пайдалану мүмкіндігі жиі болмайды.

Компьютерлер мен ұялы телефондар студенттер үшін жаңа ақпарат көзі және таным құралы бола алады және болуы керек, ал оқытушылар үшін – білім беру мәселелерін шешудің тиімді құралы.

Педагогикалық эксперимент жүргізу үшін шарттар қажет: Оқушылардың интернет-технологияларға қызығушылығы, оқытушылардың оларды пайдалануға дайындығы және тиісті техникалық база. Мысалы, физика кабинеттерінде интернетке қолжетімділігі бар мультимедиялық кешендер орнатылған, студенттер дербес компьютерлермен және заманауи мобильді құрылғылармен жабдықталған, бұл оқу процесіне жаңа интерактивті технологияларды біріктіруге және физика бойынша интерактивті оқулықтарды әзірлеуге ықпал етеді [1].

Электронды оқулықтың мүмкіндіктеріне мыналар жатады:

1. Әр түрлі материалдарды орналастыру:

- Дәрістерді, есептерді шешуге арналған электрондық кестелерді, әртүрлі тақырыптар бойынша білім деңгейін тексеруге арналған сұрақтар мен тапсырмаларды қамтитын теориялық материал және т. б.;

- Эксперименттер жүргізуге және эвристикалық тапсырмалардың дұрыстығын тексеруге арналған виртуалды зертхана;

- Электрондық журнал;

- Бейне кітапхана.

2. Студенттердің білім деңгейін бағалау.

3. Әр түрлі материалдарды көрсету:

- Бейнефильмдердің үзінділері, фотосуреттер, графика, формулалар, зерттелетін процестер мен құбылыстардың анимациялары, техникалық құрылғылар мен эксперименттік

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

кондырғылардың жұмысы, презентациялар және т. б.

4. Интерактивті дәрістер өткізу.

5. Студенттерге қашықтықтан кеңес беру.

6. Сауалнама жүргізу.

7. Физика бойынша электронды оқулықтарды пайдалану мониторингін ұйымдастыру:

-Жеке материалдарға, ақпарат көздеріне (компьютер немесе ұялы телефон), қатысушы елдерге, қатысушылардың тұратын жерлеріне және т. б. барудың, қараудың күнделікті статистикасы.

Физика бойынша электронды оқулықтар ғылыми-инновациялық өнім болып табылады, өйткені оны әзірлеу кезінде студенттердің оқу-танымдық қызметін ұйымдастыруға қажетті құрылымдық-функционалдық ерекшеліктер ескерілді. Бұл білім беру процесінің ерекшеліктерін, сондай-ақ физика кабинеттерінің заманауи жабдықтармен жеткіліксіз жабдықталуы және студенттердің компьютерлік техника мен интернетке қосылған заманауи мобильді құрылғыларға қол жетімділігінің жоғары деңгейі сияқты білім беру мекемелерінің ерекшеліктерін қамтиды [2].

Электронды оқулықтарды материалдың қосымша көзі ретінде пайдалану оқушыларды сабаққа дайындаудың ажырамас бөлігіне айналады. Қазіргі әлемде компьютерлер мен ұялы телефондар әмбебап ақпарат көзі ретінде әрекет етеді. Ғаламдық Интернет желісі, электронды энциклопедиялар, оқулықтар және әртүрлі білім беру бағдарламалары қол жетімді ақпараттық ресурстардың бір бөлігін ғана білдіреді.

Электронды оқулықтарды пайдалану эвристикалық тапсырмаларды орындау, интерактивті қарым-қатынасты қамтамасыз ету, қашықтықтан кеңес беру және интерактивті дәрістер өткізу қажеттілігіне айналады. Осылайша, интерактивті оқулықтар қарапайым есте сақтаудың орнына материалды терең түсінуге жағдай жасайды. Оларды білім беру процесіне енгізу ақпаратты белсенді қабылдауды ынталандырады, оқуға деген қызығушылықты оятады және студенттердің шығармашылық және танымдық қабілеттерін дамытуға ықпал етеді.

Дегенмен, компьютермен және ұялы телефонмен жұмыс істеудің жағымсыз жақтарын да ескеру қажет. Бұл құрылғыларды пайдалану қажеттілігі мен жеткіліктілігі принципін ұстану маңызды. Олармен жұмыс істеу кезінде дәрігердің ұсыныстарын орындау керек [2].

Бүгінгі таңда көптеген пән мұғалімдері оқу процесінде электронды материалдарды жиі қолданады. Көбінесе сабақтарда презентациялар, бейне фрагменттер қолданылады, бағдарламалық жасақтаманың басқа түрлері аз қолданылады (Excel ортасы, L-Micro, т. б.). Бірақ электронды оқыту ресурстарын пайдалану жүйесі құрылмаған.

Әрбір білім беру мекемесі мұғалімді компьютерлік техникамен қамтамасыз етеді. ЭОР-ны сабақта қолдану үшін пән мұғалімі өз кабинетінде үстелде тұрған компьютерге ие болуы жеткілікті.

Бүгінгі таңда оқу процесінде әр түрлі пайдалану үшін көптеген электрондық ресурстар жасалды.

Мысалы, физикадағы электрондық ресурстарды топтарға бөлуге болады: фактографиялық, гипермәтіндік, мультимедиялық.

Зерттеу дағдыларын қалыптастыру үшін дайын сапалы электрондық білім беру ресурстарын пайдалану жүйесін ұсынуға болады.

- Компьютерлік демонстрациялар
- Компьютерлік практикум
- Excel бағдарламасындағы тапсырмаларды шешу [3].

Физиканы оқытудың инновациялық әдістері, әсіресе онлайн ресурстарды пайдалана отырып, оқу процесін интерактивті, қол жетімді және студенттер үшін қызықты етудің тиімді әдісін ұсынады. Міне, физиканы оқытуда онлайн ресурстарды пайдаланудың бірнеше инновациялық әдістері мен мысалдары:

1. Интерактивті веб-қосымшалар мен модельдеу: интернеттегі ресурстар оқушыларға физикалық ұғымдарды визуализациялауға және түсінуге көмектесетін интерактивті модельдеу мен веб-қосымшаларға қол жетімділікті ұсына алады. Мысалы, PhET Interactive

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича
Simulations физика бойынша интерактивті модельдеудің кең спектрін ұсынады.

2. Бейне сабақтар мен дәрістер: YouTube сияқты платформалар жетекші ғалымдар мен оқытушылардың бейне сабақтары мен физика дәрістеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл оқушыларға материалды қол жетімді және қызықты түрде оқуға мүмкіндік береді.

3. Онлайн курстар және жаппай ашық онлайн курстар (МООС)**: Coursera, edX және Udey сияқты университеттер мен оқу платформалары ұсынатын көптеген онлайн физика курстары бар. Бұл курстарға көбінесе бейне сабақтар, интерактивті тапсырмалар және оқытушылардың кері байланысы кіреді.

4. Форумдар мен қауымдастықтар: Онлайн форумдар мен қауымдастықтар оқушыларға физикалық тұжырымдамаларды талқылауға, сұрақтар қоюға және өз тәжірибелерімен бөлісуге мүмкіндік береді. Бұл білім алмасу және қолдау үшін пайдалы болуы мүмкін.

5. Виртуалды зертханалар: онлайн ресурстар виртуалды зертханаларға қол жеткізуді ұсына алады, мұнда оқушылар физикалық зертханалық кеңістіктерді қажет етпестен эксперименттер жүргізе алады және физикалық заңдылықтарды зерттей алады.

6. Геймификация: физиканы оқытуда ойындар мен геймификацияны қолдану процесті оқушылар үшін қызықты әрі ынталандырушы ете алады. Мысалы, қолданбалар мен онлайн ойындар оқушылар келесі деңгейге өту немесе жаңа мақсаттарға жету үшін орындайтын тапсырмаларды ұсына алады.

7. Жекелендірілген оқыту: Онлайн ресурстар жекелендірілген тапсырмаларды, материалдарды және кері байланысты ұсына отырып, оқушылардың жеке қажеттіліктеріне бейімделе алады.

Физиканы оқытуда онлайн ресурстарды пайдаланудың тиімділігі көптеген факторларға, соның ішінде мазмұнның сапасына, ыңғайлылығына, студенттердің қажеттіліктеріне бейімделуіне, қол жетімділігіне және т.б. байланысты [4].

Осылайша электронды оқулықтар мен онлайн ресурстарды қолдана отырып физиканы оқытудың (1-кесте) әдістемесін ұсынамыз.

1-кесте. Электронды оқулықтар мен онлайн ресурстарды қолдана отырып физиканы оқытудың әдістемесі

Қажеттіліктер мен білім деңгейлерін бағалау	оқуды бастамас бұрын оқушылардың қажеттіліктерін алдын-ала бағалау және олардың физика бойынша білім деңгейлерін анықтау маңызды. Мұны қабылдау тестілері немесе сауалнамалар арқылы жасауға болады.
---	--

Сәйкес электрондық оқулықтар мен онлайн ресурстарды таңдау	оқушылардың қажеттіліктері мен оқу мақсаттарына сүйене отырып, сәйкес электрондық оқулықтар мен онлайн ресурстарды таңдаңыз. Мазмұнның сапасына, интерактивті мүмкіндіктерге және материалдардың қол жетімділігіне назар аударыңыз.
--	---

Оқу курсының құрылымдау	таңдалған оқулықтар мен ресурстардың мазмұнына сүйене отырып, оқу курсының құрылымын жасаңыз. Материалды тақырыптар мен ішкі тақырыптарға бөліңіз, оқу ретін анықтаңыз.
-------------------------	---

Интерактивті сабақтар мен модельдеу	интерактивті сабақтар мен модельдеу үшін онлайн ресурстарды пайдаланыңыз. Бұл оқушыларға визуализация және практикалық эксперименттер арқылы күрделі физикалық
-------------------------------------	--

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Өзіндік жұмыс және тапсырмалар	ұғымдарды жақсы түсінуге көмектеседі. оқушыларға электронды оқулықтарды оқу және онлайн ресурстарды қарау арқылы материалдарды өз бетінше оқуға мүмкіндік беріңіз. Білімді бекіту және аналитикалық дағдыларды дамыту үшін тапсырмаларды ұсыныңыз.
Кері байланыс және қолдау	оқушыларға оқу процесінде туындайтын тапсырмалар мен сұрақтар бойынша оқытушылардан кері байланыс алуға мүмкіндік беріңіз. Оқушыларға қолдау көрсету үшін онлайн форумдарды немесе чаттарды пайдаланыңыз.
Оқу үлгерімін бағалау және курсты бейімдеу	тестілеу және бағалау тапсырмалары арқылы студенттердің үлгерімін үнемі бағалаңыз. Оқушылардың жетістіктері мен проблемалары туралы деректерді талдаңыз және алынған кері байланысты ескере отырып, курсты бейімдеңіз.
Әртүрлі мазмұн пішімдерін пайдалану	оқу тиімділігін арттыру үшін бейне сабақтарды, интерактивті тапсырмаларды, вебинарларды, ойын жаттығуларын және т.б. қоса, мазмұн пішімдерін өзгертіңіз.

Оқыту әдістемесінің тиімділігі ресурстарды дұрыс тандауға, оқушыларды сапалы қолдауға және оқушылардың қажеттіліктері мен жетістіктеріне сәйкес курсты үнемі бағалауға және бейімдеуге байланысты екенін есте ұстаған жөн.

Қорытынды

Мақалада физиканы оқытудың инновациялық әдістері контекстінде электрондық оқулықтар мен онлайн-ресурстарды пайдаланудың тиімділігі талданды. Әдебиеттерді шолу және әртүрлі зерттеулердің нәтижелерін талдау негізінде келесі негізгі тұжырымдар жасауға болады:

1. Электрондық оқулықтар мен онлайн ресурстар оқушыларға физикалық ұғымдарды тереңірек түсінуге және оларды визуализациялауға ықпал ететін интерактивті материалдарға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

2. Интернеттегі ресурстарды пайдалану әр оқушының жеке қажеттіліктері мен материалды игеру қарқынын ескере отырып, оқуды жекелендіруге мүмкіндік береді.

3. Интернеттегі ресурстар интерактивтілігі, қол жетімділігі және кері байланыс мүмкіндігі арқылы оқушыларды физиканы оқуға ынталандыруы мүмкін.

4. Көптеген артықшылықтарға қарамастан, электронды оқулықтар мен онлайн-ресурстарды пайдаланудың тиімділігі мазмұнның сапасына, оқу процесіне интеграциялану тәсіліне және оқытушылардың қолдауына байланысты.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, физика мұғалімдеріне ұсынылады:

-Онлайн-ресурстарды оқу процесіне белсенді түрде енгізу, оларды қосымша материалдар, тапсырмалар және білімді тексеру үшін пайдалану.

-Оқушыларға онлайн-ресурстарды өз бетінше оқыту құралы ретінде тиімді пайдалануға үйрету.

-Онлайн-ресурстарды пайдаланудың тиімділігін ұдайы бағалау және оларды білім беру процесіне біріктіруге өз көзқарасыңызға түзетулер енгізу.

Әрі қарай зерттеу үшін физиканы оқытуда электронды оқулықтар мен онлайн ресурстарды пайдаланудың оңтайлы стратегияларын және олардың оқушылардың оқу

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича үлгерімі мен мотивациясына әсерін анықтау мақсатында тереңірек зерттеулер жүргізу ұсынылады.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Логинова, Л.Г. Обеспечение надежности качества дополнительного образования детей в системе образования . Современные образовательные проблемы. - 2011 - №3. - Страницы 48-55.

2. Семашко А.Н. Интерактивный учебник как средство обучения и повышения уровня компетенций учащихся по физике // Мастерство online [Электронный ресурс]. – 2016. – 4(8).: <http://riro.unibel.by/index.php?id=2556>

3. Корпунова О.В., Гаврилова М.А. Применение электронных образовательных ресурсов на уроках физики, математики, информатики, с целью развития исследовательских навыков // Интернет-журнал «Мир науки», 2018 №3, <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN318.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

4. Использование электронных учебных носителей нового поколения в учебном процессе вуза, средствами дистанционной образовательной среды <https://textbook.tou.edu.kz/books/167/p6.html>

УДК 53

А. Болатқызы, Д.К. Уразақынов

БОЛАШАҚ МЕДИЦИНА МАМАНДАРЫ ҮШІН БИОФИЗИКА ПӘНІН ОҚУДАҒЫ ІРГЕЛІ ФИЗИКА ЗАҢДАРЫНЫҢ ОРНЫ

¹Қазақ Ресей медициналық университеті, Алматы қ., Қазақстан
bolattova_a@mail.ru

²Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан
darinalban.84@mail.ru

Аңдатпа

Мақалада медициналық жоғары оқу орындарында медициналық биофизика пәнін оқу барысында, студенттердің орта мектеп физика курсына алған білімдерінің маңыздылығы туралы мәселелер қарастырылады. Медициналық биофизика пәнін оқу барысында физика заңдарын дұрыс түсінуі және білуі, болашақ медицина мамандарының кәсіби даярлығы үшін өте маңызды рөлге ие екені көрсетіледі. Медицина мен физиканың өзара тығыз байланыстылығы туралы тарихи деректер келтірілген. Медициналық зерттеулер жүргізу барысында ашылған физикалық заңдылықтар туралы ақпарат беріледі. Физика заңдылықтары негізінде жұмыс жасайтын көптеген медициналық құрылғылармен жұмыс істеу барысында, олардың қандай іргелі физика заңдары негізінде жұмыс істейтінін білуі және түсінуі болашақ дәрігер мамандары үшін қаншалықты маңызды екендігі туралы айтылады. Іргелі физика заңдарын білу тірі ағзаның қызметін зерттеуге, қалыпты физиологиялық және патологиялық үрдістерді түсіндіруге мүмкіндік беретіні туралы ақпарат қарастырылады. Алғашқы курс студенттерінің медициналық биофизика пәнін толық меңгеруінің, жоғары курстарда оқылатын клиникалық пәндерді оқудағы маңыздылығы келтірілген. Болашақ гинеколог дәрігерлерінің медициналық биофизиканы оқудағы физика заңдарын білуінің өз мамандығындағы алар орны туралы мысалдар келтірілген. Сондай-ақ медициналық жоғары оқу орындарында медициналық биофизика пәнін оқытатын оқытушылардың пәнді оқыту барысында кездесетін қиыншылықтары және оларды шешу

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жолдары қарастырылады. Медициналық биофизиканы дұрыс оқыту үшін қолдануға болатын әртүрлі оқыту әдістері туралы ақпарат беріледі.

Кілттік сөздер: физика, медицина, медициналық биофизика, гинекология, симуляция.

Медициналық жоғары оқу орындарында медициналық биофизика бірінші курста оқытылады. Бұл кезең бірінші курс студенттері үшін өте қиын болып табылады, өйткені олар: оқу процесіне, жаңа командаға бейімделуге, өзін-өзі ұйымдастыру және уақытты басқару әдістерін игеріп, өмірлері мен бос уақыттарын ұйымдастыруы керек кезең болып табылады [1].

Медицина саласы үшін физика ғылымы кез келген басқа ғылымдар секілді аса маңызды. Физика мен медицина бір-бірімен тығыз байланысты. Қазіргі медицина бағытында білім алып жатқан жастар физиканың медицинадағы маңызын түсіне бермейді, физика заңдарын білуге, түсінуге талпынбайды. Ал негізінде медициналық биофизикадан алған білімдер медицинада адам ауруларының алдын алуда, диагностикалау мен емдеу мақсаттарында қолданылады.

Адам ағзасында болып жатқан физикалық заңдылықтар мен құбылыстарды алғаш болып байқаған дәрігерлер еді. Дәрігерлер өз зерттеулерінде адам организмінде болып жатқан медициналық құбылыстардың көбісі физика заңдарымен ұштасатынын байқаған. Ежелгі медицина ойшылдары «жылу дегеніміз не?» -деген сұрақты алғаш ойластырған. Олар адамның денсаулығы оның денесінің жылуымен байланысты екенін білген. Осылайша сұраққа жауап ретінде ұлы Гален «температура» және «дәреже» ұғымдарын қолданысқа енгізді. Ежелгі дәрігерлер жылу туралы ғылымның негізін қалады және алғашқы термометрлерді ойлап тапты. Көптеген дәрігерлер мен физиктер медицинаны физикамен байланыстырды, мысалы, Уильям Гилберт, Томас Юнг, Юлиус Роберт Майер. Қазіргі уақытта медицинаның бірде-бір саласында ауруларды анықтау және оларды емдеу үшін физикалық құралдар пайдаланылмайтыны жоқ деуге сенімділікпен айтуға болады. Физиологтардың жануарларға жүргізген тәжірибелерінде көптеген электрлік құбылыстар ашылды: итальяндық физиолог және анатом Л.Гальванидің бақаның қаңқа бұлшықеттеріне жасаған тәжірибелері А.Вольтаның зерттеулеріне негіз болды, ол физиологиялық құбылыстарды ойлап табумен аяқталды. Санкт-Петербург Ғылым академиясының анатомия профессоры Даниил Бернулли қан айналымы жүйесін түсіндіру үшін өзінің әйгілі теңдеулерін жазып, гидродинамиканың негізін салушы болды. Парацельс - физика, медицина және хирургия профессоры. Авиценна – дәрігер, жаратылыстанушы, механикада бірқатар маңызды жаңалықтар ашқан [2].

Қандай маман иесі болсада, физика заңдарын білу және меңгеру маңызды. Себебі, физика өмірлік маңызды және барлық дерлік мамандықтармен тығыз байланысты ғылым саласы. Әсіресе, болашақ дәрігерге физика заңдарын білу қажет, өйткені физикалық заңдарға сүйену тірі ағзаның қызметін зерттеуге және қалыпты физиологиялық және патологиялық үрдістерді түсіндіруге мүмкіндік береді. Адам ағзасындағы әртүрлі үрдістердің күрделілігі мен өзара байланысына қарамастан, олардың көпшілігі физикалық үрдістерге жақын. Бүгінгі таңда физика заңдары негізінде құрылған әдістер науқастарды емдеу және диагностикалау үшін кеңінен қолданылады. Болашақ дәрігерлерге электрлік толқындар мен тербелістерді білу маңызды, өйткені адам ағзасының ұлшалары мен мүшелерінің электрлік қасиеттері әртүрлі, олар ерекше электрлік потенциалдар тудыруы мүмкін. Физика заңдары адам ағзасының жұмысын жақсы түсінуге, белгілі бір ауруларды анықтауға және адам өмірін құтқаруға мүмкіндік береді. Дәрігер өз жұмысында қателік жібермеу үшін термодинамиканың негізгі заңы, электромагниттік толқындар, энергияны кванттау сияқты тақырыптарды қарастырып, зерттеуі керек. Сондай-ақ, хирургияда айналып өтуге болмайтын сұйықтық қысымы, жылу энергиясы, рентген сәулелері сияқты тақырыптарды қарастыру қажет болады. Миымыздың белсенділігін тексерген кезде бізге жүректің жұмысын бағалау үшін электроэнцефалограмма, электрокардиограмма сияқты құрал қажет. Медицинада ауруларды емдеу мен алдын алуда

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

қолданылатын құрылғылардың барлығы дерлік физика заңдарына негізделгенін айтып кеттік. Физика саласында ашылып жатқан жаңалықтардың медицинада алатын орны ерекше. Физиктер жасаған көптеген құрылғылар дәрігерлерге кез келген түрдегі зерттеулер өткізуге мүмкіндік береді. Зерттеулер пациенттерге нақты диагноздарды және қалпына келтірудің әртүрлі жолдарын беруге мүмкіндік береді. Медицинаға алғашқы толық көлемдегі үлес Вильгельм Рентгеннің сәулелерді ашуы болды, олар қазір оның есімімен аталады. Бүгінгі күні рентген сәулелері адамның белгілі бір ауруын оңай анықтауға, сүйек деңгейінде егжей-тегжейлі ақпаратты білуге және т.б. мүмкіндік береді. [3]. Ультрадыбыстың ашылуының арқасында физика да медицинаға өз үлесін қосты. Ультрадыбыс - жиілігі жиырма мың герцтен асатын механикалық тербеліс. Оның көмегімен май мен суды араластыруға болады, осылайша қажетті эмульсияны алуға болады. Ультрадыбыстық әртүрлі дәрілік заттарды дайындауға көмектеседі және тіндерді қопсыту және бүйрек тастарын ұсақтау үшін қолданылады. Ультрадыбыс адам ағзасынан өтіп, ішкі ағзалардан шағылысады, бұл адам денесінің үлгісін қалыптастыруға және бар ауруларды анықтауға мүмкіндік береді. Ультрадыбыстық сүйектерді сынықсыз кесу және дәнекерлеу үшін қолданылады. Ол сондай-ақ хирургиялық құрылғыларды дезинфекциялау және ингаляция үшін белсенді қолданылады. Адам өмірі үшін маңызды медицина салаларының бірі-гинекология. Бұл сала үшін де физиканың алатын орны зор. Медицианың көптеген салаларындағы ғылыми және зертханалық зерттеулер әйелдер ауруларын емдеу және алдын алу үшін физикалық үрдістердің ерекшеліктерін, электромагниттік энергияны және жарықты пайдалану қажеттілігін көрсетті. Бүгінгі күні гинекология мен онкологияның көптеген жетекші мамандары физиотерапияны әйелдер ауруларын кешенді емдеу және ұрпақты болу функциясын қалпына келтіру жүйесіне енгізу қажеттілігімен келіседі. [4]. Көптеген физиотерапиялық әдістер онкологиялық патологиялармен күресуге бағытталған және әйел денесінің ұрпақты болу функциясына әсер ететін ауруларды емдеуде тиімді нәтиже бере алады. Физиотерапия адам ағзасына ең аз сыртқы әсермен максималды тиімділік принципіне негізделген. Іс жүзінде техниканың емдік әсері гинекологиялық аурулардың барлық дерлік спектрін және көптеген экстрагенитальды ауруларды емдеуде бірнеше рет сәтті дәлелденді. Радиациялық физика гинекологияда, әсіресе әртүрлі гинекологиялық ісіктерді диагностикалау мен емдеуде маңызды рөл атқарады. Сондай-ақ гинекологиялық ісіктерді емдеуде сәулелік терапияны, оның ішінде сыртқы сәулеленуді және брахитерапияны қолдану ұсынылатын болады. Радиациялық терапия, қатерлі ісік жасушаларын өлтіру үшін жоғары энергиялы сәулеленуді қолданатын қатерлі ісік емдеуі көптеген жылдар бойы гинекологиялық қатерлі ісіктерді емдеу үшін қолданылған. Гинекологиялық қатерлі ісіктер үшін қолданылатын сәулелік терапияның ең көп таралған түрі болып табылатын сыртқы сәулелік сәуле ісікке сырттан жоғары энергиялық сәуле сәулелерін жеткізетін машинаны пайдалануды қамтиды. Брахитерапия, керісінше, ісіктің ішіне немесе жанына шағын радиоактивті көзді орналастыруды қамтиды, бұл ісікке тікелей сәулеленудің жоғары дозасын жеткізу, қоршаған сау тіндерге әсер етуді азайту болып табылады [5].

Медициналық жоғары оқу орындарында медициналық биофизика бейінді емес пән болып табылады, бірақ сонымен бірге клиникалық пәндерді сәтті игеру үшін қажет және болашақ дәрігерлердің одан әрі кәсіби қызметінде өте маңызды болып табылады. Медициналық жоғары оқу орындарында физика пәнінің оқытушылары кездесетін негізгі мәселелер: физика пәні бойынша мектептегі дайындықтың әлсіздігі, медициналық факультет студенттерінің физиканы оқуға деген қызығушылығының болмауы, оқу процесінің мотивациялық жағының әлсіздігі тағы басқа факторлар [6]. Оқытудағы осы туындаған мәселелерге сүйене отырып, физиканы оқытудың негізгі мақсаттарын тұжырымдауға болады – студенттердің физикалық ойлауын дамытуға ықпал ету, бірінші курс студенттерінде қоршаған әлем туралы заманауи жаратылыстану идеяларын қалыптастыру, ғылыми дүниетанымды қалыптастыру және сол арқылы клиникалық пәндерді оқудың негізін қалау. Осындай мақсатқа жету үшін физиканы оқытуды ұйымдастыруда әртүрлі педагогикалық тәсілдерді қолдану қажет: білімді, құзыретті және белсенді тағы басқа тәсілдер. Білім тәсілі есте сақтаумен байланысты сананың

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича интеллектуалды саласын дамытады. Кәсіптік білім берудегі құзыреттілік тәсіл студенттердің қоғамда оның сәтті бейімделуін анықтайтын құзыреттіліктерін дамытудан тұрады. Медициналық жоғары оқу орындарының студенттерін жаратылыстану-ғылыми даярлаудың кәсіби бағыты болашақ кәсіби қызмет үшін осы пәндердің құндылығын түсіну тұрғысынан медицина студенттерінің құзыреттілік деңгейін арттыруды қамтамасыз етуі тиіс. Оқытуға іс-әрекеттік көзқараспен білім алушылар жұмысының негізгі элементі оқу-зерттеу, іздестіру-конструкторлық және шығармашылық қызметті игеру болады. Білімді пассивті тұтынушыдан студент білім беру қызметінің белсенді субъектісіне айналады [7].

Сонымен қорытындылай келе, медициналық жоғары оқу орындарында оқытылатын медициналық биофизика пәнін дұрыс түсініп оны клиникалық пәндермен сабақтастыру үшін студенттердің орта мектеп физикасы пәнінен алған білімдерінің жоғары оқу орындарында оқуға жеткілікті деңгейде болуы керектігіне көз жеткіземіз. Сондай-ақ орта мектеп жоғары сынып оқушыларының болашақ мамандығы медицина саласымен байланысты болғанда тек қана биология пәнін тереңдетіп оқып қана қоймай, сонымен бірге жаратылыстану пәндері яғни физиканы да толық бөліңген сағат бойынша тереңдетіп оқып дайындалуы маңызды екендігіне назар аударғымыз келеді. Жалпы алғанда медициналық жоғары оқу орындарында медициналық биофизиканы сәтті оқыту үшін жоғарыда аталған барлық педагогикалық әдістерді бірлесіп қолдану және студенттердің танымдық белсенділігін арттыруға ықпал ететін оқыту мен оқытудың жаңа тиімді әдістерін толықтыру қажет.

Әдебиеттер тізімі:

1. Салтанова, Е. В. Самоорганизация студентов-первокурсников как один из аспектов формирования здорового образа жизни / Е. В. Салтанова, О. В. Головки // Инновационные подходы к профилактике неинфекционных заболеваний и формирование здорового образа жизни: материалы межрегион. науч.- практ. конф., Кемерово. – 2016. – С. 83-85.
2. Ehsan Samei, Thomas M. Grist, Why Physics in Medicine?, Journal of the American College of Radiology, Volume 15, Issue 7, 2018, Pages 1008-1012.
3. Петренко Ю., Нужна ли физика Врачу? Журнал //Наука и Жизнь // – 2003. – № 5.; URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/2876/>
4. Пономаренко Г.Н. Доказательная физиотерапия в гинекологии //Журнал акушерства и женских болезней// – 2005. URL: <https://8clinic.ru/stati/fizioterapiya-v-ginekologii-po-zabolevaniyam>
5. Кузнецов В.А., Оленев А.С., Джохадзе Л.С., Селиверстова О.М. Влияние ионизирующего излучения на плод Журнал: Российский вестник акушера-гинеколога. 2018;18(5): 32-35
6. Коробкова С.А., Соловьёва В.В., Горбузова М.С. Теоретические основы организации обучения физике, математике и информатике в медицинских вузах // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=16397>.
7. Салтанова, Е. В. Работа куратора по самоорганизации первокурсников, основанная на тайм-менеджменте / Е. В. Салтанова, О. В. Головки // Современные проблемы воспитательного процесса в медицинском вузе: материалы VI межрегион. научн.- практ. конф., Кемерово: КемГМУ. – 2018. – С. 87-89.

УДК 53

М.Б. Тукен, Ш.Б. Камзабекова

БОЛОНДЫҚ БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІ БОЙЫНША

УНИВЕРСИТЕТТЕ ФИЗИКА ПӘНІН ОҚЫТУДЫ ЖЕТІЛДІРУ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.

Аңдатпа

Мақалада Болондық білім беру жүйесіндегі физика бойынша университет студенттерінің білім сапасын жақсарту мәселелері қарастырылған. Осы мақсатта кейбір әдістемелік ұсыныстар беріледі.

Қазіргі уақытта халықаралық еуропалық стандарттарға ұмтылу кезінде көптеген елдер Болон білім беру жүйесіне кірді. Батыста және кейбір Шығыс мемлекеттерде ол бұрыннан енгізілген және өте сәтті. КСРО ыдырағаннан кейін ТМД елдері бірнеше жылдан кейін бірыңғай білім беру процесі туралы Декларацияға қол қойды. Білім берудің жаңа тәсілі дәстүрлі кеңестік жүйенің орнына дәл енгізілуі үшін көптеген жылдар қажет. Бірақ кейбір мемлекеттер, мысалы, Ресей уақыт талаптарына сәйкес жаңартылған жаңа және ескі оқыту әдістемесінде жұмыс істейді. Бір қызығы, Ұлыбританияның қай бөлігі кеңестік пәндерді оқыту технологиясына көшті. Олар әсіресе мектепте математиканы оқытудың Колмогоров әдісін ұнатады. Колмогоров-ұлы орыс математигі, оның жаңалықтары тіпті педагогика мен психологияны жетілдірді.

Енді тәрбие мен оқытудың жаңа әдісі және физика бойынша студенттердің білім сапасын жақсарту туралы сөйлесейік. Болон білім беру жүйесінде ағымдағы үлгерім, рейтингтік бақылау және емтихандар тестілеуге негізделген. Тестілеуден кейін билеттер немесе тапсырмалар шығарылса жақсы. Бұғатталған жағдайда, сіз емтиханда тестілеуден өтіп, алдыңғы жетістіктерді ескере отырып, қорытынды баға алуыңыз керек. Бірақ бұл мүлдем әсер етпейді. Физика туралы жақсы теориялық және практикалық білім туралы айтудың мағынасы жоқ. Физика эксперименттік, теориялық және жаратылыстану пәні екені белгілі. Математикамен қатар ол ғылымда бірінші орын алады және ең маңыздысын, яғни бүкіл адамзаттың өмір сүруіне негізделген іргетастың негізгі, тұрақты, икемді және қуатты бөлігін салады.

Саланы білмеу ауыр экономикалық және табиғи дағдарысқа әкелуі мүмкін. Мұның салдары жердегі және тіпті ғарыштағы барлық тіршілік әрекеттерінде өте ауыр және қайтымсыз болады. Кем дегенде, тіпті күнделікті өмірде де барлық техника дәстүрлі физика заңдарына сәйкес жасалған.

Университетте оқу кезінде студент өзінің мектеп білімімен келеді және көптеген адамдар жаңа ештеңе жоқ деп санайды. Бірақ бұл қате түсінік, өйткені физиканы толық игеру үшін аналитикалық және дифференциалдық геометрияны, математикалық талдауды, қарапайым дифференциалдық тендеулер теориясын және математикалық физиканы және т. б. онсыз табиғат заңдылықтарын түсіну мүмкін емес [1], [2].

Енді негізгі мәселені шешуге, яғни университетте физиканы сапалы оқыту мәселесіне көшейік.

Мен физика пәнінің мұғаліміне осы реттілікті сақтауды ұсынамын:

1. Дәрістер дәстүрлі, бірақ қысқартылған және оқуға оңай жеңіл болуы керек. Ғылыми кеңестер беру және студенттер қойған сұрақтарға жауап беру. Демонстрациялық материал, яғни көрнекі құралдар болуы керек;

2. Практикалық сабақтар дәрістің теориялық сауалнамасынан басталады. Әр түрлі қиындық деңгейлеріндегі тапсырмаларды талдаңыз. Мұғалімнің өзі міндеттердің шешімдерін түсіндіруге және оларға әдістемелік нұсқаулар беруге міндетті. Студенттерді сынау және нәтижелерін талдау;

3. Зертханалық сабақтар толығымен эксперименттік жағдайда жүргізілуі керек. Теориялық және сандық әдістермен шешілген есептерді салыстырып, тиісті қорытынды жасаңыз. Оқытушының өзі үлгі ретінде зертханалық жұмыстар жүргізуге және білім алушыларды қолжетімді деңгейде оқытуға, сондай-ақ виртуалды зертхананы көрсетуге

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича міндетті. Шығармашылық жұмыстарды студенттер қорғауы керек. Студенттерді сынау және нәтижелерін талдау;

4. Оқытушының студенттермен өзіндік жұмысы теориялық және практикалық деңгейде жүреді. Яғни, студенттер теорияның дәрісте оқылмаған бөлігін дербес оқиды және баяндайды. Себебі қазіргі жүйеде дәрістегі сағат саны өте аз. Кеңес заманындағыдай, студенттер типтік есептеулерді, яғни тақырыптар мен нұсқалар бойынша жинақтан тапсырмаларды қорғауға міндетті. Егер студент есептерді шеше алмаса, онда ол жалпы теорияны қайталайды. Бірақ бұл үшін балл саны табиғи түрде төмендейді. Студенттерді сынау және нәтижелерін талдау;

5. Бірінші рейтингтік бақылау тест түрінде жүргізіледі. Тесттерге теориялық және практикалық сипаттағы сұрақтар енгізілді;

6. Екінші рейтингтік бақылау дәстүрлі бақылау жұмысын жазу және белгілі бір тақырып бойынша эссе қорғау арқылы жүзеге асырылады;

7. Екінші рейтингтік бақылау кезінде студенттерге жауапсыз емтихан тесттеріне сұрақтар қойылады. Барлығы 300 сұрақ. Егер сіз нұсқалар бойынша таратсаңыз, онда барлық комбинацияларды жасай отырып, әр оқушыға 50 сұрақ келеді;

8. Қиын жұмыс өткендіктен, емтиханды әдеттегі тестілеу түрінде өткізуге болады;

9. Силлабуста көзделген формула бойынша қабылдау рейтингі және емтихан бағасы негізінде қорытынды балл (баға) қою.

10. Оқу нәтижелерін талдау және қорытындылау. Бұл тармақтар негізгі нүктелер болып табылады, яғни қазіргі жағдайда университеттерде физиканы оқытудың жеке әдістемесінің жеке әдістемелік нұсқаулары. Ол білім деңгейін арттыруға және мәдениетті қалыптастыруға ғана емес, сонымен бірге тұлғаның үйлесімді дамуына бағытталған.

Осылайша, бұл қандай білім беру жүйесі туралы емес, мейлі ол Болондық немесе кеңестік немесе басқа модель. Міндет-адамға ыңғайлы оқыту әдісін құру. Физиканы зерттеу үшін ұсынылған әдістің нұсқаларының бірі, оның негізгі нүктелері аталған тармақтарда көрсетілген, менің ойымша, кез-келген білім беру жүйесі үшін қолайлы, яғни - әмбебап. Өйткені ол өткен және қазіргі әдістемеден өте тиімді технологияларды алатындығына байланысты университетте физиканы оқытуды жетілдіреді.

Қорытындылай келе, мен ЖОО-да физика сабақтарын өткізудің ұсынылған әдісі тек ұсынымдық сипатқа ие екендігіне назар аударғым келеді. Кез-келген мұғалім, егер ол пайдалы болса, оны өзінің педагогикалық қызметінде қолдануға құқылы. Мен адамдарға пайда әкелетініме шын жүректен қуаныштымын.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Рэймонд А. Физика для ученых и инженеров: – 10 –е изд.,. – 2020. – 1500 стр.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Концепции физики. Издание 7-е, стереотипное, учебное пособие для высших учебных заведений, Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 2019, 736 стр.

ӘОЖ 372.853

Н.Ә. Шектібаев, П.Қ. Әбсамат, А.А. Абдугаппаров

ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУДА ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ВИРТУАЛДЫ БАҒДАРЛАМАЛАРДА ОРЫНДАУ

Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.
abdulhakimw01@gmail.com

Аңдатпа

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Бұл мақалада қазіргі білім беру процесінде физика бойынша зертханалық жұмыстарды жүргізу үшін виртуалды бағдарламаларды қолданудың маңыздылығы мен тиімділігі қарастырылады. Бұл тәсілдің негізгі артықшылықтары, соның ішінде студенттердің эксперименттерге қол жетімділігінің артуы, материалды тереңірек игеру үшін тәжірибелерді бірнеше рет қайталау мүмкіндігі және тәжірибе жүргізу кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету талданды. Мақалада виртуалды бағдарламаларды қолданудың технологиялық аспектілері, осындай бағдарламалардың мысалдары келтірілген, сонымен қатар олардың физиканы оқытуда практикалық қолданылуы қарастырылған. Жүргізілген талдау негізінде физиканы тиімді оқыту үшін виртуалды зертханалардың айтарлықтай әлеуеті, олардың тұжырымдамаларды меңгеру деңгейін жақсарту және студенттердің зерттелетін ғылымға назарын аудару қабілеті туралы қорытынды жасалады. Жалпы, зертханалық жұмыстарды жүргізу үшін виртуалды бағдарламаларды пайдалану физика саласындағы білім мен ғылыми білімді дамытуға ықпал ететін перспективалы және инновациялық тәсіл болып көрінеді. Сонымен қатар, мақалада оқытудың заманауи тенденциялары мен цифрлық технологиялардың қол жетімділігін ескере отырып, виртуалды бағдарламаларды білім беру процесіне біріктірудің маңыздылығы талқыланады. Әр түрлі білім беру мекемелерінде виртуалды зертханаларды сәтті жүзеге асырудың мысалдары және олардың студенттердің академиялық көрсеткіштеріне оң әсері қарастырылады. Сондай-ақ, виртуалды бағдарламаларды әртүрлі санаттағы студенттердің, соның ішінде мүмкіндігі шектеулі студенттер мен компьютерлік дағдылары әлсіз студенттердің қажеттіліктеріне бейімдеудің маңыздылығы талқыланады. Виртуалды зертханалардың зерттеулері мен практикалық мысалдарын талдау олардың заманауи білім берудегі маңыздылығын көрсетеді және ғылыми ойлауды дамытудың және табиғаттың іргелі заңдылықтарын терең түсінудің тиімді құралы ретінде физика бойынша оқу жоспарларына осы технологияны енгізуді қолдайды.

Кілттік сөздер: физиканы оқыту, зертхана жұмысы, виртуалды бағдарлама, модельдер.

Заманауи білім цифрлық дәуірдің ажырамас бөлігіне айналды, мұнда озық технологияларды пайдалану сапалы оқытуды қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Жаратылыстану ғылымдары саласында, әсіресе физикада зертханалық жұмыстарды жүргізу студенттерге теориялық білімді тәжірибеде қолдануға және зерттеу дағдыларын дамытуға мүмкіндік беретін оқу процесінің маңызды құрамдас бөлігі болып қала береді. Дегенмен, сыныптағы уақыт шектеулері, қажетті жабдыққа қол жетімділіктің болмауы және нақты уақыттағы эксперименттерді жүргізу шектеулері сияқты заманауи қиындықтар зертханалық жұмыстарды орындау процесін қиындатуы мүмкін.

Бұл тұрғыда физика бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға арналған виртуалды бағдарламалар эксперименттер жүргізу кезінде қолжетімділікті, икемділікті және қауіпсіздікті қамтамасыз ететін перспективалы шешім болып табылады. Виртуалды зертханалар студенттерге әртүрлі физикалық құбылыстар мен модельдермен тәжірибе жасауға мүмкіндік береді, сонымен қатар материалды жақсы игеру үшін тәжірибелерді бірнеше рет қайталауға мүмкіндік береді [1,2,3].

Бұл мақалада біз физиканы оқытуда виртуалды бағдарламаларды қолданудың маңыздылығы мен тиімділігін қарастырамыз, сонымен қатар әртүрлі білім беру контексттерінде осындай бағдарламаларды сәтті жүзеге асырудың мысалдарын талдаймыз. Виртуалды зертханалардың технологиялық аспектілері, олардың зертханалық жұмыстарды жүргізудің дәстүрлі әдістерімен салыстырғанда артықшылықтары мен кемшіліктері де қарастырылады. Сайып келгенде, біз физиканы оқытуға арналған виртуалды бағдарламалардың әлеуетін және олардың қазіргі білім беру үдерісіндегі маңыздылығын анықтаймыз.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Сонымен қатар, біз виртуалды бағдарламаларды білім алушылардың әртүрлі қажеттіліктеріне бейімдеу, соның ішінде мүмкіндігі шектеулі студенттердің ерекшеліктерін есепке алу және оқытуды даралау мәселелерін талқылаймыз. Виртуалды зертханалардың студенттердің академиялық жетістіктеріне және олардың зерттелетін ғылымға деген қызығушылығына әсерін қарастыру маңызды.

Заманауи технологиялар студенттерге виртуалды ортада Ғылым әлемін зерттеуге бірегей мүмкіндік бере отырып, физикалық процестердің шынайы модельдеулерін жасауға мүмкіндік береді. Виртуалды бағдарламаларда зертханалық жұмыстарды жүргізу оқытудың тиімді әдісі ғана емес, сонымен қатар студенттердің сыни ойлауы мен ғылыми шығармашылығын дамытуға ықпал ететін физиканы оқытудың инновациялық тәсілі болып табылады[4,5].

Ұсынылған деректерді зерттеу және білім берудегі ағымдағы трендтерді талдау нәтижесінде біз физика бойынша зертханалық жұмыстарды орындау үшін виртуалды бағдарламаларды пайдалану перспективалары және олардың қазіргі білім беру процесін қалыптастырудағы рөлі туралы қорытынды жасай аламыз.

Сонымен қатар, біз зертханада нақты жабдыкпен жұмыс істеу сияқты дәстүрлі әдістермен салыстырғанда виртуалды зертханалардың артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалаймыз. Виртуалды бағдарламаларды енгізудің қол жетімділігі мен құнын, сондай-ақ олардың студенттердің дайындық деңгейіне және физикалық құбылыстарды түсінуге ықтимал әсерін қарастырыңыз.

Біздің зерттеулеріміз бен талдауларымыздың нәтижесінде біз виртуалды бағдарламаларды физика бойынша оқу жоспарларына біріктіру бойынша практикалық нұсқаулар ұсына аламыз, сондай-ақ осы саладағы болашақ зерттеулердің бағыттарын анықтай аламыз. Бұл тақырыпты талқылау үнемі дамып келе жатқан технологиялар мен білім беру мекемелерінің оқу сапасын арттыруға және студенттерді ғылымға тартуға деген ұмтылысы тұрғысынан өзекті болып табылады[6,7].

Нәтижесінде физика бойынша зертханалық жұмыстарды орындау үшін виртуалды бағдарламаларды зерттеу және қолдану қазіргі білім берудегі маңызды қадам болып табылады, ол оқу процесін едәуір байытып, студенттердің ғылымға деген қызығушылығын арттыра алады.

Бұл мақалада біз Физиканы оқытудағы виртуалды бағдарламалардың тиімділігін бағалау үшін әдеби көздер мен эмпирикалық деректердің сапалы талдауының комбинациясын қолданамыз. Біз зертханалық жұмыстарды орындау үшін виртуалды бағдарламаларды пайдалануға қатысты бар зерттеулер мен жарияланымдарды талдаймыз және дәстүрлі әдістермен салыстырғанда мұндай бағдарламалардың артықшылықтары мен кемшіліктеріне салыстырмалы талдау жасаймыз.

Талдаудың негізгі құралы физиканы оқытуда виртуалды бағдарламаларды қолдануға қатысты ғылыми әдебиеттер мен статистикалық мәліметтерді жинау және жүйелеу болып табылады. Біз сондай-ақ Phet сияқты виртуалды бағдарламалардың нақты мысалдарын қарастырамыз және олардың функционалдығын, қолжетімділігін және оқу процесіне қолданылуын талдаймыз[8,9].

Сонымен қатар, біз дәстүрлі әдістерді қолдана отырып оқытындардың нәтижелерімен зертханалық жұмыстарды орындау үшін виртуалды бағдарламаларды қолданатын студенттердің оқу нәтижелеріне салыстырмалы талдау жасаймыз. Ол үшін біз академиялық көрсеткіштерді, түсіну деңгейін және студенттердің зерттелетін материалға деген қызығушылығын бағалаймыз.

Сонымен, біз физиканы оқытуда виртуалды бағдарламаларды қолданудың практикалық маңыздылығы мен тиімділігін бағалау үшін өзіміздің педагогикалық тәжірибемізге және оқытушылар мен студенттердің пікірлеріне сүйенеміз.

Физика бойынша зертханалық жұмыстарды орындау үшін виртуалды бағдарламаларды пайдалануды зерттеу келесі тұжырымдарға әкеледі:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Біріншіден, Phet сияқты виртуалды бағдарламалар студенттерге виртуалды ортада эксперименттер жүргізуге мүмкіндік береді, бұл зертханалық жұмыстарды қол жетімді және қауіпсіз етеді[10,11].

Екіншіден, виртуалды бағдарламаларды қолдану эксперименттерді бірнеше рет қайталау және параметрлерді өзгерту мүмкіндігі арқылы материалды тереңірек игеруге ықпал етеді.

Виртуалды бағдарламалар мен дәстүрлі әдістерді қолдана отырып, оқу тиімділігінің салыстырмалы талдауы виртуалды зертханалар студенттердің материалды бірдей тиімді игеруін қамтамасыз ететіндігін көрсетеді[12].

Сонымен қатар, виртуалды бағдарламалар интерактивті оқыту тәсілі арқылы студенттердің физикаға деген қызығушылығын арттыра алады.

Алайда, виртуалды бағдарламалардың маңызды артықшылықтарына қарамастан, олар нақты жабдықты қолдана отырып, дәстүрлі зертханалық жұмыстарды толығымен алмастыра алмайды, өйткені физикалық эксперименттердің кейбір аспектілері виртуалды ортада модельдеу үшін қиын болуы мүмкін.

Осылайша, зертханалық жұмыстарды орындауға арналған виртуалды бағдарламалар физиканы оқытуда дәстүрлі әдістерді толықтыратын және студенттердің ғылыми тұжырымдамаларын тереңірек түсінуге ықпал ететін тиімді құрал болып табылады.

Біздің зерттеу нәтижелері білім беру процесінде физика бойынша зертханалық жұмыстарды орындау үшін виртуалды бағдарламалардың айтарлықтай әлеуетін растайды. Олар студенттерге интерактивті виртуалды ортада білім алуға және эксперименттер жүргізуге мүмкіндік береді, бұл оқытуды қол жетімді және ыңғайлы етеді. Виртуалды бағдарламалар сонымен қатар оқытушыларға зертханалық жұмыстарды оқушылардың әртүрлі деңгейлерінің қажеттіліктеріне бейімдеуге көмектеседі және оларға нақты зертханалық ортада жүзеге асыру қиын болуы мүмкін әртүрлі физикалық құбылыстармен тәжірибе жасауға мүмкіндік береді.

Виртуалды бағдарламалардың басты артықшылықтарының бірі-олардың қауіпсіздігі. Виртуалды эксперименттер студенттер мен мұғалімдерге қауіпті заттарды өңдеуге немесе қауіпті жабдықпен жұмыс істеуге байланысты қауіпті жояды. Бұл әсіресе студенттер мен қызметкерлердің қауіпсіздігі бірінші кезектегі білім беру мекемелерінде өте маңызды.

Сонымен қатар, виртуалды бағдарламалар айтарлықтай икемділікке ие. Олар студенттерге физикалық заңдар мен құбылыстар туралы түсініктерін тереңдеті алатын әртүрлі параметрлер мен шарттармен тәжірибе жасауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ студенттер мектеп немесе университет қабырғаларынан тыс виртуалды ортада эксперименттер жүргізе алады, бұл оқытуды икемді және арнайы зертханаларға қол жеткізе алмайтындар үшін қолжетімді етеді.

Дегенмен, барлық артықшылықтарға қарамастан, виртуалды бағдарламалар нақты зертханалық жұмыстарды толығымен алмастыра алмайтынын ескеру маңызды. Бірқатар физикалық құбылыстар мен эксперименттер виртуалды ортада модельдеу үшін қиын болуы мүмкін немесе толық түсіну үшін нақты жабдықпен жұмыс істеуді қажет етеді. Сондықтан виртуалды бағдарламаларды пайдалану дәстүрлі оқыту әдістеріне қосымша ретінде қарастырылуы керек, оларды алмастыру ретінде емес.

Жалпы, виртуалды бағдарламалар Оқу процесінің қолжетімділігін, қауіпсіздігін және икемділігін жақсарты алатын физиканы оқытудың қуатты құралы болып табылады. Оларды білім беру бағдарламаларына біріктіру студенттерді ғылыми салада табысты мансапқа дайындау арқылы физиканы тереңірек және қызықты оқытуға ықпал етуі мүмкін.

Қорытындылай келе, виртуалды бағдарламаларда физиканы оқыту бойынша зертханалық жұмыстарды орындау қазіргі білім берудегі маңызды және перспективалы бағыт болып табылатынын атап өткен жөн. Жүргізілген зерттеу мен талдау негізінде Phet сияқты виртуалды бағдарламалар студенттерге физикалық заңдар мен құбылыстарды

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича эксперимент жасауға, зерттеуге және түсінуге бірегей мүмкіндіктер береді деген қорытындыға келеміз.

Физиканы оқытуда виртуалды бағдарламаларды қолдану оқу процесінің қол жетімділігі, қауіпсіздігі және икемділігі сияқты бірқатар артықшылықтарды көрсетеді. Алайда, виртуалды бағдарламалар панацея емес және нақты зертханалық жұмыстарды толығымен алмастыра алмайтынын есте ұстаған жөн. Дегенмен, олар дәстүрлі оқыту әдістерін толықтыра алады және оқу процесін интерактивті және қызықты ете алады.

Сонымен қатар, біздің зерттеуіміз физиканы оқытуға арналған виртуалды бағдарламаларды одан әрі зерттеу және дамыту қажеттілігін анықтады. Жаңа виртуалды зертханаларды дамыту және жақсарту физика бойынша оқытуды одан да тиімді және бүкіл әлем студенттері үшін қолжетімді ете алады.

Осылайша, физика бойынша зертханалық жұмыстарды орындау үшін виртуалды бағдарламаларды пайдалану қазіргі білім берудегі маңызды қадам болып табылады, ол ғылыми ойлауды дамытуға және студенттердің физиканың іргелі принциптерін терең түсінуге ықпал етеді.

Қолданылған әдебиеттер

1. Алтухов А.И., Калинин В.Н., Ковнацкий В.К. Экспертный метод оценивания уровня сформированности профессиональных компетенций обучающихся при выполнении лабораторного практикума по физике Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2017; № 659: 179 – 183.

2. Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. Москва, 1995.

3. Виртуальные лабораторные работы по физике. Доступно по ссылке:

<http://mediadidaktika.ru>

4. Лабораторный практикум кафедры физики. Доступно по ссылке:

https://physics.spbstu.ru/labortornyi_praktikum_kafedry_eksperimentlanoy_fiziki/

5. Виртуальные лаборатории. Доступно по ссылке: [https://d-](https://d-element.ru/solutions/teach_equipment/catalog/laboratorii/virtualnye-laboratorii/?type=virtual)

[element.ru/solutions/teach_equipment/catalog/laboratorii/virtualnye-laboratorii/?type=virtual](https://d-element.ru/solutions/teach_equipment/catalog/laboratorii/virtualnye-laboratorii/?type=virtual)

6. НГТУ – ОФ – Виртуальные лабораторные работы. Доступно по ссылке:

https://ciu.nstu.ru/kaf/of/virtualne_laboratorne_rabot

7. Виртуальная лаборатория. Доступно по ссылке: [https://kf-info.urfu.ru/ru/virtualnaja-](https://kf-info.urfu.ru/ru/virtualnaja-laboratoriya/)

[laboratoriya/](https://kf-info.urfu.ru/ru/virtualnaja-laboratoriya/)

8. Виртуальная лаборатория общей физики. Доступно по ссылке:

<https://www.sunspire.ru/products/physics2d/>

9. Виртуальные лабораторные работы по изучению физики колебаний и волн.

Доступно по ссылке: <http://mediadidaktika.ru/mod/page/view.php?id=543>

10. Момент импульса в квантовой механике. Доступно по ссылке:

https://physics.spbstu.ru/userfiles/files/Virt_Labs_Descr/lab3_05_v.pdf

11. Определение ускорения свободного падения тела. Доступно по ссылке:

<http://mediadidaktika.ru/mod/page/view.php?id=4>

12. Виртуальные лабораторные работы по всем разделам физики. Доступно по ссылке: <http://mediadidaktika.ru/course/view.php?id=20>

УДК 53

А. Дәуренқызы, А.К. Қозыбай

ФИЗИКА КУРСЫН ОҚЫТУ БАРЫСЫНДАҒЫ ФИЗИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕРДІҢ АЛГОРИТМДЕРІ

2-курс магистранты.

Аңдатпа

Мақалада физика пәнінен есептер шығару алгоритмдерінің мазмұны анықталып, қолдану реті көрсетілді. Сонымен қатар алгоритмдердің критерийлер бойынша жіктелуі және түрлері көрсетілген. Осы айтылған алгоритмдер сәйкес физика пәнінің әр тарауынан, әртүрлі деңгейдегі бірнеше есептер қарастырылған.

Кілт сөздер: есептердің түрлері, алгоритм, есептердің жіктелуі, графикалық құралдар, сызықтық алгоритм, циклдік алгоритм.

Физикалық есептеу алгоритмі – физикалық есепті шешу үшін орындалуы қажет қадамдар реті. Алгоритмдер нақты мәселеге және қолданылатын физикалық заңдарға байланысты әртүрлі болуы мүмкін. «Тапсырма» ұғымы «есепті шешу» ұғымымен тығыз байланысты. Бұл ұғымның қалай түсіндірілетінін, есепті шешудің мәні неде екенін талдап көрейік. Бұл сұрақтарға біржақты жауап жоқ, өйткені бұл үшін әр білім саласында әртүрлі тәсілдер қолданылады.

Сонымен, психология тұрғысынан мәселенің шешімі белгілі және белгісіз шамалардың арасындағы байланыстарды, тәуелділіктерді, байланыстарды табумен сипатталады. Бұл процесті түсіндіру үшін психологтар «ізделінді» ұғымын енгізеді, оның табылуы мәселенің шешімі болып табылады. Физикалық есептерді шешу кезінде ізделетін нәтиже әдетте физикалық заңдар, принциптер, ережелер және т.б. қарастырылады.

Сонымен, есептерді шешу процесінің мәні мәселеде берілген құбылыстардың негізінде жатқан сәйкес физикалық заңдылықтарды (заңдарды) анықтау және оның талаптарын анықтау мақсатында оларды нақты проблемалық жағдайға қолдану болып табылады.

Дидактика тұрғысынан мәселені шешу процесі (және оның нәтижесі) мәселені түрлендіруді (шешуді), қажетті шаманы табуды және осы процестің құрылымын меңгеруді білдіреді, т.б. [1].

Физикалық есептеу алгоритмдерінің классификациясы, физика курсына оқыту процесінде физикалық есептеу алгоритмдерін келесі критерийлер бойынша жіктеуге болады:

1) Шешілетін мәселенің түрі бойынша:

- кинематикалық есептер;
- динамика есептер;
- термодинамика есептері;
- электродинамика бойынша есептер және т.б.

2) Қиындығы бойынша:

- қарапайым алгоритмдер (1-2 қадам);
- күрделілігі орташа алгоритмдер (3-5 қадам);
- күрделі алгоритмдер (5 қадамнан астам).

3) Шешім әдісі бойынша:

- тікелей шешу алгоритмдері (белгілі формулаларды пайдаланып есепті шешу);
- итеративті шешім алгоритмдері (шешімге дәйекті жуықтау);
- сандық шешім алгоритмдері (соңғы элементтер әдісі сияқты математикалық әдістерді

қолдану).

4) Графикалық құралдарды пайдалану бойынша:

- графиктерді қолданбайтын алгоритмдер;
- графиктерді қолданатын алгоритмдер (мысалы, жылдамдықты уақытпен салыстыру).

4) Кестелік деректерді пайдалану арқылы:

- кестелерді пайдаланбайтын алгоритмдер;
- кестелерді пайдаланатын алгоритмдер (мысалы, зат тығыздығы кестелері).

Физикалық есептеулердің алгоритмдері физиканы оқытуда маңызды рөл атқарады, өйткені олар:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
-оқушыларға білімдерін жүйелеуге және есептерді шешу дағдыларына көмектесу;
-логикалық ойлауды және есептерді шешуге алгоритмдік тәсілді дамыту.
-оқу тиімділігін арттырады және есептерді шешуге кететін уақытты қысқартады;
-оқушыларға физикалық заңдарды практикада қолдануға мүмкіндік береді.

Физикалық есептердің түрлерінің және әртүрлі сыныптарда оларды шешудің дидактикалық мақсаттарының айырмашылығына қарамастан, педагогикалық тәжірибеде және әдістемелік әдебиеттерде оқушыларды оқыту мен тәрбиелеудің бір бөлігі ретінде нақты физикалық материалдар мен есептерді шешу процесі туралы ортақ көзқарас бұрыннан қалыптасқан. Осыған байланысты, соңғы жылдары есептерді шешу үшін алгоритмдеу мәселелеріне көбірек назар аударылуда [2].

Алгоритм – бұл қатаң орындалуы берілген есепті қадамдардың шектеулі санымен шешуге әкелетін әрекеттер (жоспар) тізбегінің сипаттамасы. Алгоритм дегеніміз - белгілі бір кластағы есептерді шешуге арналған қадамдардың (әрекеттердің) мазмұны мен реттілігін бірегей түрде анықтайтын нақты нұсқаулар жиынтығы. Алгоритмнің әрбір қадамы орындаушы үшін бірегей және түсінікті болуы керек [3].

Алгоритм жалпы болуы мүмкін және есеп физика курсының қай бөліміне жататынына байланысты емес әрекеттер тізбегін қамтуы мүмкін (Есептерді шешудің жеке алгоритмдерін немесе белгілі бір бөлімдегі есептерді шешу кезінде әрекеттер тізбегін құрастыруға болады). белгілі бір тақырып бойынша физика курсы.Алгоритм түрлері:

-сызықтық (тізбекті) – берілген ретпен бір рет орындалатын әрекеттердің сипаттамасы;
-циклдік - белгілі бір рет немесе шарт орындалғанға дейін қайталануы тиіс әрекеттердің сипаттамасы, тармақталу - шартқа байланысты сол немесе басқа әрекеттер тізбегі орындалатын алгоритм:

-көмекші – тек атауын көрсету арқылы басқа алгоритмдерде қолдануға болатын алгоритм [3].

Мысал ретінде газ заңының есептерін шешу алгоритмін береміз:

1. Есептің шартын оқып, түсіндіру
2. Қалпына келтіру шарттарын қысқаша жазу
3. Шамаларды СИ-ге түрлендіру
4. Проблемалық жағдайды талдау, күйі зерттелетін объектіні (газды) таңдау;
-газдың әрбір күйін сипаттайтын параметрлерді белгілей отырып, сызба жасау;
- газдың қандай параметрлері өзгертінін белгілеу;
-физикалық модель тілінде есеп шартын қайта тұжырымдау.

5. Есептің математикалық моделін құру:

-газдың массасы мен құрамы өзгермесе, Клапейрон теңдеуін жазу;
-газдың массасы мен құрамы және күйінің бір параметрі өзгермесе, газ заңдарының бірінің формуласын түзетіңіз.

- егер газдың массасы мен құрамы, сондай-ақ күйінің параметрлері өзгерсе, Менделеев-Клапейрон теңдеуін жазу;

-қосымша теңдеулерді жазу;
-қажетті мөлшерді көрсетіңіз.

6. Есептеуді орындаңыз

7. Жауапты тексеру және талдау [4].

Енді физика пәнінің әр тарауынан, әртүрлі деңгейдегі бірнеше есептер қарастырып көрейік:

1-Есеп. Есептің шарты: Қалта фонарының шамындағы ток күші 0,32 А. Қыздыру қылсымының көлденен қимасы арқылы 0,1 с ішінде неше электрон өтеді?

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Берілгені: ХБЖ Шешуі: Ток күшінің формуласынан (2) q түрлендіріп бірінші теңдеуге әкеліп қоямыз.

$$I=0,32A$$

$$t=0,1c$$

$$T/k: N=?$$

$$N = \frac{q}{e} \quad (1)$$

$$I = \frac{q}{t}; \quad (2)$$

$$q = It; \quad (3)$$

$$N = \frac{It}{e} = \frac{0,32 \cdot 0,1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{17}$$

$$\text{Жауабы: } N = 2 \cdot 10^{17}$$

2-Есеп. Есептің шарты: Бір-бірінен 3 см қашықтықта тұрған әрқайсысы 10 нКл екі заряд өзара қандай күшпен әсерлеседі?

Берілгені: ХБЖ Шешуі: Кулон заңының формуласын тікелей пайдалана отырып есептейміз

$$l = 3\text{см} \quad 0,03\text{м}$$

$$q_1 = 10\text{нКл} \quad 10 \times 10^{-9}\text{Кл}$$

$$q_2 = 10\text{нКл} \quad 10 \times 10^{-9}\text{Кл}$$

$$T/k: F = ?$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ бұл жерде } k \text{ деп отырғанымыз Кулон тұрақтысы } k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^{-9}}{(0,03)^2} = 0,001\text{Н}$$

$$\text{Жауабы: } F = 1\text{мН}$$

3-Есеп. Есептің шарты: Идеал жылу машинасының қыздырғышының температурасы 117°C , ал тоңазытқыштікі 27°C . Машинаның қыздырғышынан 1 с ішінде алатын жылу мөлшері 60 кДж. Машинаның ПӘК-ін, 1 с ішінде шінде тоңазытқышқа беретін жылу мөлшерін және машинаның қуатын анықтаңдар.

Берілгені: ХБЖ Шешуі: Идеал жылу машинасының ПӘК-нің формуласына салып шығарамыз:

$$t_1 = 117^\circ \text{C} \quad 390 \text{K}$$

$$t_2 = 27^\circ \text{C} \quad 300 \text{K}$$

$$T = 1\text{с} \quad 60000 \text{Дж}$$

$$Q_1 = 60\text{кДж}$$

$$T/k: \eta = ?$$

$$Q_2 = ?$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \eta = \frac{390 - 300}{390} \cdot 100\% \approx 23\%$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \text{ осы жерден } Q_2 = (1 - \eta) \cdot 60 = 0,77 \cdot 60 = 46\text{кДж}$$

$$\text{Жылу машинасының жұмысы мынаған тең: } A' = Q_1 - Q_2$$

Қуат – жұмыстың осы жұмыс істелген уақыт аралығына қатынасымен өлшенетін физикалық шама.

$$N = \frac{A}{T} = \frac{Q_1 - Q_2}{T} = \frac{60000 - 46000}{1} = 14000 = 14\text{кВт}$$

$$\text{Жауабы: } N = 14\text{кВт}, \eta \approx 23\%, Q_2 = 46\text{кДж}$$

Қорытынды: Жалпы білім беретін мектепте физика курсының оқыту үдерісінде физикалық есептер шығаруға алгоритмдер қолданудың бірқатар маңызды артықшылықтары

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

бар:

-біріншіден, олар оқушыларға физикалық құбылыстарды терең зерттеуге, нақты есептеулер жүргізуге және алынған нәтижелерді талдауға мүмкіндік береді. Бұл аналитикалық ойлауды және есептерді шешу үшін математикалық әдістерді қолдану дағдыларын қалыптастыруға ықпал етеді;

-екіншіден, алгоритмдерді пайдалану оқушыларға күрделі физикалық процестер мен құбылыстарды нақтырақ көрсетуге мүмкіндік береді, өйткені олар деректер мен есептеу нәтижелерін көрнекі түрде көрсете алады. Бұл материалдарды жақсы меңгеруге және зерттелетін тақырыпқа қызығушылықты арттыруға әсерін тигізеді;

-үшіншіден, физикадан есептер шығару алгоритмдері оқушыларға әртүрлі сценарийлер мен эксперименттердің модельдеулерін жасауға мүмкіндік береді, бұл оларға физикалық заңдар мен теориялардың қалай тиімді қолдануға көмектеседі.

Сонымен, физика курсының оқыту үдерісіне физикалық есептеу алгоритмдерін пайдалану білім сапасын арттырудың, оқушыларда қажетті дағдылар мен іскерлікті қалыптастырудың, іргелі ғылымдарды оқуға деген қызығушылықты арттырудың тиімді жолы болып табылады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Методика обучения решению задач по физике: метод. пособие /Т.Ю. Герасимова, В.М. Кротов. - Могилев: УО «МГУ им. А.А. Кулешова», 2009. — 160 с.: ил. 19 с
2. И.П. Гурский «Элементарная физика с примерами решения задач», Москва «Наука» главная физика-математической литературы. 1984.
3. Б.С.Беликов «Решение задач по физике, общие методы», Москва «Высшая школа» 1986, 256 10. Основы М.:ГИЦ«Влалос» методики преподавания 1998. физики в средней а школе кане I Под Пол ред рел Перышкина А.В., Разумовского В.Г., Фабриканта В.А, [Разумовский В.Г, Бугаев А.И., Дик Ю.И. и др.]- М.: Просвещение,1984
4. Подольский А.И., Психологическая система П.Я. Гальперина. Вопросы психологии. 2002. N5
5. А.П. Рымкевич «Физика есептерінің жинағы», Алматы «Рауан» 1992.
6. [Рымкевич А. П. Орта мектептің 9— 11-сыныптарына арналған физика есептерінің жинағы / 8-басылымы, Алматы, Рауан, 1998—208 бет.](#)

ӘОЖ 53.082.6(071.2)

С. Ерданақызы, Г.Б. Алимбекова

МЕКТЕП ОҚУШЫЛАРЫНА ФИЗИКА КУРСЫНЫҢ ЖЫЛУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ БӨЛІМІН ОҚЫТУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

магистратура 2 курс

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.

Symbat.yerdanakyzy@gmail.com

Аңдатпа

Қазақстан Республикасы өркениетті елдердің қатарына қосылуы үшін, жастарымызға жан-жақты сапалы білім, саналы тәрбие беру керек. Мектептің алдында тұрған негізгі міндеттердің бірі – оқушылардың қызығушылығы мен белсенділігін және танымдық қабілеттерін барынша ашып, қоғамды дамытуға бар мүмкіндік жұмсайтын қабілетті жеке тұлғаны қалыптастыру. Қазіргі уақытта елімізде әлемдік білім беру

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
кеңістігіне кіруге бағытталған жаңа білім беру жүйесінің қалыптасуы жүріп жатыр. Бұл процесс негізгі мектеп оқушыларына жылу құбылыстарын оқыту әдістемесінің сапасын арттырумен және білім беру барысында заманауи құралдарды пайдаланумен қатар жүреді.

Аннотация

Для того, чтобы Республика Казахстан вошла в число цивилизованных стран, необходимо всестороннее качественное образование, сознательное воспитание нашей молодежи. Одной из основных задач, стоящих перед школой, является формирование способной личности, максимально раскрывающей интересы, активность и познавательные способности учащихся и вкладывающей все возможности в развитие общества. В настоящее время в стране происходит становление новой системы образования, направленной на вхождение в мировое образовательное пространство. Этот процесс сопровождается повышением качества методики обучения учащихся основной школы тепловым явлениям и использованием современных средств в процессе обучения.

Annotation

In order for the Republic of Kazakhstan to become one of the civilized countries, comprehensive high-quality education and conscious upbringing of our youth are necessary. One of the main tasks facing the school is the formation of an able personality that maximizes the interests, activity and cognitive abilities of students and invests all opportunities in the development of society. Currently, the country is developing a new education system aimed at entering the global educational space. This process is accompanied by an improvement in the quality of teaching methods for primary school students to thermal phenomena and the use of modern means in the learning process.

Тірек сөздер: *жылу құбылыстары, негізгі мектеп.*

Қазақстан Республикасы өркениетті елдердің қатарына қосылуы үшін, жастарымызға жан-жақты сапалы білім, саналы тәрбие беру керек. Мектептің алдында тұрған негізгі міндеттердің бірі – оқушылардың қызығушылығы мен белсенділігін және танымдық қабілеттерін барынша ашып, қоғамды дамытуға бар мүмкіндік жұмсайтын қабілетті жеке тұлғаны қалыптастыру. Қазіргі уақытта елімізде әлемдік білім беру кеңістігіне кіруге бағытталған жаңа білім беру жүйесінің қалыптасуы жүріп жатыр. Бұл процесс негізгі мектеп оқушыларына жылу құбылыстарын оқыту әдістемесінің сапасын арттырумен және білім беру барысында заманауи құралдарды пайдаланумен қатар жүреді. Қазіргі таңда, мектеп оқушыларна жылу құбылыстарын оқытуда мұғалімдердің негізгі ұстанатын мақсаты – білімнің жаңа үлгісін жасап, белгілі бір көлемдегі білім мен білік дағдыларын меңгерту, оқу материалын қаншалықты деңгейде меңгергенін бақылаудың сан түрлі жаңа әдіс-тәсілдерні іздестіру, жаңа технологияларды сабақта тиімді пайдалана білу. «Білімнен қымбат нәрсе жоқ. Көңілде жатса баспай тот» дегендей оқушылар алған сапалы білімдерін, тәрбиесін, бойға дарыған өнерлерін үнемі жаңғыртып, жетілдіріп оны ғылыми жетістіктерімен толықтырып отыруы тиіс.

Жас мемлекетіміздің болашағы – бүгінгі мектеп оқушылары болып табылады. Оларға бірдей талап қойып, олардың табиға қабілеттерін, нақты мүмкіндіктерін анықтап, соған негіздеп оқыту – бүгінгі күннің өзекті мәселесі. Сондықтан да, оқушылардың: ой-өрісін, физикалық-логикалық ойлаулары, ұлттық мәдениетін, ұлттық рух пен сана-сезімдерін дамытып, алғыр тұлғаны қалыптастыруда негізгі мектепте жылу құбылыстарын оқыту әдістемесінің самасын арттыру үлкен жетістіктерге жетелейді. Жас ұрпақ біздің өміріміздің тікелей жалғастырушы өкілі ғана емес, еліміздің тірегі, мызғымас болашағы. Сол себепті де, білім беру жүйесінде білім беру сапасын арттырып, мұғалімдердің біліктілігін шыңдап отырумыз қажет.

Бүгінгі күнде, негізгі мектепте жылу құбылыстарын сапалы оқыту физика пәні мұғалімдерін толғандырып отырған келесі мәселелердің бірі. Осы орайда кез-келген

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича педагогикалық жаңа технология оқушылардың сабақ барысындағы белсенділігін арттыруға тікелей әсер етуі керек, оқушы білімді дайын күйінде мұғалім түсіндірмесінен алмай, өзінің өмірлік тәжірибесіне сүйену арқылы танымдық шығармашылық тапсырмаларды орындау негізінде әр түрлі өнімдер жасауы арқылы алуға тиіс. Нәтижесінде оқушының дүниетанымы кеңейіп, өзіндік пікірі мен көзқарасы қалыптасады. Теория мен практиканың байланыста болуын қамтамасыз ету үшін әрбір пән бойынша берілетін білімнің мазмұны мен көлемін анықтағанда теориялық қағидалардың, заңдылықтар мен ережелердің, яғни ұғымдық-ақпараттық материалдардың оқушылардың өмірінде кездесетін түрлі проблемалық мәселелерді шешуге көмегі тиетіндей, оқушыны алған білімдерін қолдана алатындай практикалық маңызы ескерілуі тиіс.

Сыни тұрғыдан ойлау барсында, бала өз заманының озық өнегесін санасына сіңіреді, функционалдық сауаттылығы артады, басқаның пікірін тыңдауға дағдыланады және өзі де пікір айтуға үйренеді. Негізгі мектепте жылу құбылыстарын оқытуда оқушының қызығушылығын арттырып, түрлендіре жүргізсе, жақсы нәтижеге қол жеткізуге болады. Ең басты мақсат – оқушының сабақта үндемей отырмауын қадағалап, сабақты баяу қабылдайтын, түсінбейтін балалардан жиі сұрап, көбірек қозғалып көңіл бөліп отыру керек.

Негізгі мектепте жылу құбылыстарын оқыту сапасын арттыру үшін оқушылардың сапалы есептерді, эксперименттер және тапсырмаларды өз бетінше шығарып, жасауына көп көңіл бөлу керек деп есептейміз. Сапалы есептер, әр түрлі эксперименттер мен қызықты тапсырмалар оқушылардың логикалық ойлау қасиеттерін шындайды және пәнге деген қызығушылығын арттырады. Сабақ әртүрлі әдіс-тәсілдерді қолдана отырып, оқушылардың ой-өрісін дамытуға, есептер шығару кезінде қызығушылықтарын арттыруға, теориялық білімдерін практикада қолдана білуге үйретеді. Сапалы есептер, әр түрлі эксперименттер мен қызықты тапсырмалар орындау барысында оқушылар қажетті көлемдегі білімді игеріп қана қоймастан, өз бетінше шешім қабылдауға және болшақта мамандық таңдауына ынталандырады. Сапалы есептер, әр түрлі эксперименттер мен қызықты тапсырмаларды орындау арқылы алған білімдерін оқушылар күнделікті өмірмен байланыстырып отырады, өйткені оқушы ойлауға да ойлануға да қабілетті.

Негізгі мектепте жылу құбылыстарын оқытуда сапалы білім беруді жүзеге асыру үшін алдымен төмендегідей шарттарды орындалу керек:

$$\lambda = 5 \text{ \AA}$$

Сурет 1. Негізгі мектепте жылу құбылыстарын оқытуда сапалы білім беруді жүзеге асыру шарттары

Қазіргі таңда сабақты қызықты өткізу үшін көптеген мүмкіндіктер баршылық. Әсіресе, интерактивті тақтаны сабақтарда жиі пайдалану тиімді. Ол оқушының пәнге қызығушылығын арттырып қана қоймай, қазіргі заман талабына сай білім алып, сабаққа берілген уақытты тиімді пайдалануға еөп ықпалын тигізеді. Физикалық білімді жедел қабылдату мен меңгерту әр алуан көрнекі және техникалық құралдарды (модельдерді, кестелерді, тірек сызбаларды, суреттерді, жаңа технологияларды) тиімді пайдалану арқылы іске асады.

Заттар мен әртүрлі материалдардың физикалық, оның ішінде жылу физикалық қасиеттерін білуде және зерттеуде негізгі мектепте жылу құбылыстарын оқытудың мәні

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича зор. Жылу құбылыстарын негізгі 8, 10, 11 сыныптар оқытылады. Негізгі мектепте оқушыларына жылу құбылыстарын оқыту әдістемесіне мысал келтірсек.

Қысқа мерзімді жоспар

Кесте 1

Бөлім:	Жылу құбылыстары	
Педагогтің аты-жөні		
Күні:		
Сынып:	Қатысушылар саны:	Қатыспағандар саны:
Сабақтың тақырыбы	Жылу құбылыстарындағы энергияның сақталу және бір түрден екінші түрге айналу заңы	
Оқу бағдарламасына сәйкес оқыту мақсаттары	Жылулық тепе – теңдік теңдеуін есептер шығаруда қолдану.	
Сабақтың мақсаты	Барлық оқушылар: жылу үрдістеріндегі энергияның сақталу және айналу заңын тұжырымдай алады. Басым бөлігі: жылу үрдістеріндегі энергияның сақталу және айналу заңына сапалық және логикалық есептер шығара алады. Кейбір оқушылар: жылу үрдістеріндегі энергияның сақталу және айналу заңына өмірден мысалдар келтіреді, өзге пәндермен тақырыпты байланыстырады.	

Сабақтың барысы

Кесте 2

Сабақтың кезеңі/ уақыт	Сабақтағы жоспарлаған іс-әрекеттер				Ресурс-тар	
<u>Сабақтың басы:</u>	Амандасу. Оқушыларды түгендеу. Сәлеметсіздерме балалар! Біз бүгін жылу құбылыстары тақырыбын жалғастырамыз. Өткен сабақта біз отынның энергиясы, отынның меншікті жану жылуын түсіндірген болатынбыз. Өткен тақырып бойынша кестені толтырыңдар. (1 тапсырма)				Кесте	
	Р / с		Белгіленуі	Формуласы		Өлшем бірлігі
	1	Отынның меншікті жану жылуын қандай әріппен белгіленеді?				
2	Жылу мөлшерін қандай әріппен белгілейді?					

	3	Заттың меншікті жылу сыйымдылығы қандай әріппен белгілейміз?	
	4	Жылу мөлшерін қандай әріппен белгілейді?	
<p><u>Сабақтың ортасы:</u></p>	<p>Өткен тақырыпты тексеру.</p> <p>Дәптерді ашып, бүгінгі күн мен сабақ тақырыбын жазыңыздар: «Жылу құбылыстарындағы энергияның сақталу және бір түрден екінші түрге айналу заңы»</p> <p>Бүгінгі сабақты меңгерген соң, Жылу құбылыстарындағы энергияның сақталу және бір түрден екінші түрге айналу заңы, оны есептер шығаруда қолдана алатын боласыздар.</p> <p>Теориялық материал</p> <p>Оқулықты ашындар:</p> <p>Физика, 8 сынып Башарұлы</p> <p>Оқып, қысқаша конспект жазындар</p> <p>Энергия жоғалмайды және жоқтан пайда болмайды. Ол тек бір денеден екінші денеге беріледі немесе бірдей мөлшерде бір түрден екінші түрге айналады.</p> <p>Механикалық энергия W мен ішкі энергиясының U қосындысын денелер жүйесінің толық энергиясы E деп атайды</p> <p>$E = W + U = E_k + E_p + U$ Толық энергияның сақталу заңы тек тұйықталаған орталарда орындалады.</p> <p>Қорытынды: Тұйықталған және жылулық оқшауланған денелер жүйесінің толық энергиясы осы жүйеде болатын кезкелген өзгерістер кезінде сақталады.</p> <p>Бұл энергияның сақталу және айналу заңы</p> <p>Есепті шығарыңар:</p> <p>№1. $440 \cdot 10^7$ Дж энергия алу үшін Қарашығанақта өндірілетін табиғи газдың қандай мөлшерін жағу керек?</p> <p>№2 Массасы 5 кг бензин толық жанғанда қанша жылу мөлшерін бөлінеді?</p> <p>№3. Массасы 200г керосин толық жанғанда қанша энергия бөлінеді?</p> <p>Берілгені: ХБЖ Шешуі:</p> <p>$m = 200\text{г}$ $0,2\text{кг}$</p> <p>$q = 4.6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$</p>		<p>https://www.youtube.com/watch?v=TYL7c9ZSoj</p> <p>Оқулық, жұмыс дәптері</p> <p>Оқулық, жұмыс дәптері</p>

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

	Т/к: Q-?		
	<u>Дескрипторлар</u>		
	Тапсырма №	Критерийдің сипаттамасы	Балл
	Қайталау Тапсырма №1	Кесте толтырылған	3
	Жаңа тақырыпты меңгеру Тапсырма №2	Сабақтың күні мен тақырыбы жазылған, жылу үрдістеріндегі энергияның сақталу және айналу заңының тұжырымдамасы және оның математикалық формуласы жазылған	2
	Тапсырма №3	Есеп шығару: Есептің берілгені дұрыс жазылған, физикалық шамалар әріптермен көрсетілген.	1
		SI жүйесіне дұрыс аударылған	1
		Формулалар дұрыс жазылған	1
		Математикалық есептеулер дұрыс.	1
		Жауап дұрыс жазылған.	1
		Барлығы:	10
<u>Сабақтың соңы:</u>	Рефлексия Кері байланыс бутерброды -Бүгін сабақ маған ұнады, Себебі мен..... үйрендім. -Маған.....қиын болып көрінді. -Мен енді үйренгім келеді.		

Пайдаланылған әдебиеттер:

Н.В. Косов., Д.М. Кулбеков Заттардың жылуфизикалық қасиеттері пәні бойынша практикум. – Алматы: Абай атындағы ҚазҰПУ, -2018. – 120б.

К.Б. Тілеулесова Орта мектепте физика пәнін оқыту сапасын арттырудың маңызы. – Математика және физика. – №1, - 2022. – 33-32б.

Н. Қойшыбаева, А.О. Шарықбаева Физика: оқу құралы, I том: (механика, молекулалық физика және жылу). – Алматы: ҚазмемҒАҒЗИ, - 2001. – 265б.

УДК 535.312:535.016

Ф. Ф. Комаров¹ – доктор физ. матем. наук, академик НАНБ,
М.Н. Жукова¹ – аспирант, **О. Р. Людчик**² – кандидат физ.-мат. наук

ШИРОКОПОЛОСНОЕ АНТИОТРАЖАЮЩЕЕ КОМПОЗИТНОЕ ПОКРЫТИЕ: ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

¹*НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

KomarovF@bsu.by

Продемонстрирован разработанный метод лазерной обработки для формирования антиотражающих покрытий на основе композитных материалов, создаваемых путем наполнения эпоксидного полимера многостенными углеродными нанотрубками. Исследовано влияние профилирования поверхности композитных материалов импульсной лазерной обработкой на отражательную способность в УФ, видимом, ближнем и среднем ИК диапазонах длин волн. Продемонстрирована возможность создания композитных структур с низким коэффициентом отражения в диапазоне 0.2 – 25 мкм, соответствующим требованиям к антиотражающим покрытиям оптических и оптоэлектронных систем космических аппаратов и систем наземного базирования.

Ключевые слова: многостенные углеродные нанотрубки, эпоксидный полимер, композитный материал, импульсная лазерная обработка, структурирование, широкополосное антиотражающее покрытие.

Введение. Большое внимание привлекают материалы, слабоотражающие в широком спектральном диапазоне электромагнитного излучения (ЭМИ). Их применение актуально во многих элементах электроники, таких как преобразователи солнечной энергии, устройства теплового контроля, оптические поглотители для фото- и термодетекторов, а также для создания защитных, экранирующих и маскирующих покрытий. В литературе можно найти много вариантов уменьшения отражательной способности материала [1–6], например, путем добавления в его структуру поглощающих веществ, таких как красители, частицы углерода, золото и частицы платиновой черни [1,7–10]. Следует отметить, что большие ограничения на долю падающего излучения, которая может быть поглощена, накладывает граница раздела воздух/поверхность. Для решения этой задачи и минимизации отражения падающего излучения, на поверхности композитного материала создается антиотражающий слой путем формирования субволновых неоднородностей [11–15]. В этом случае коэффициент преломления ЭМИ в приповерхностной области слоя и сопряженной области воздуха (вакуума) близки по величине (~1.0–1.1).

В настоящей работе рассмотрен метод структурирования поверхности для создания антиотражающих покрытий посредством использования импульсного лазерного излучения. Идея заключается в формировании периодической структуры на поверхности исходного материала путем "выжигания" части материала лазерным пучком. Метод позволяет контролировать высоту и ширину канавок и в целом автоматизировать процесс структурирования поверхности материала.

Методика эксперимента. Изготовление антиотражающего покрытия с помощью импульсного лазерного излучения происходило в два этапа: подготовка образцов

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

композитного материала на основе эпоксидного полимера с добавками многостенных углеродных нанотрубок и затем лазерная обработка поверхности композитного образца. Для работы было подготовлено 6 типов образцов. За полимерную основу была взята эпоксидная смола ЭД-20. В качестве добавки выступали углеродные нанотрубки производства ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов, Россия) с названием «Таунит-М». Данные многостенные углеродные нанотрубки обладают внутренним диаметром 5–10 nm, внешним диаметром 10–30 nm и длиной от 1 до 10 μm (Рис. 1), геометрическая поверхность составляет $>160 \text{ m}^2/\text{g}$, термостойкость – до 600 °C [16].

Профилирование поверхности производилось импульсным Nd:YAG-лазером с частотой 50 Hz и длиной волны 1064 nm. Из-за недостаточной мощности лазера (до 100 mW) для прожигания канавки необходимой глубины за один проход по поверхности, производилось многократное прохождение по одному и тому же участку, для достижения нужных размеров канавок. Для формирования периодической структуры были выбраны параметры, обеспечивающие наибольшую глубину, наиболее ровную границу композит-воздух, а также наименьшую ширину основания полостей – $E_p = 12.5$ и 13 J, фокусировка пучка на глубине образца и на его поверхности, шаг между бороздками $h = 100$ и 400 μm .

Структурные характеристики исходных МУНТ и распределение углеродных нанотрубок в полимерной матрице были изучены с помощью просвечивающего электронного микроскопа Hitachi H-800. Морфология поверхности исходного и структурированного композиционного материала исследовалась на сканирующем электронном микроскопе Hitachi H-8010. Отражательная способность модифицированного композита в спектральном диапазоне от 0.2 до 2.5 μm регистрировалась на спектрофотометре Lambda1050 с приставкой зеркального отражения и в диапазоне 2.5 – 25 μm на Фурье-спектрофотометре Spectrum 3 Optica.

Результаты и обсуждения. Морфология образца композиционного материала с добавкой 4 w. % нанотрубок «Таунит-М» характеризуется сформированной трехмерной сеткой, состоящей из переплетенных углеродных нанотрубок, с многочисленными полимерными ячейками размером порядка 10 nm (СЭМ-микрофотографии не приводятся). Подобная трехмерная сетка в объеме композита приводит к созданию неоднородных локальных областей с различными проводящими характеристиками материала. Граница этих областей обеспечивает многократное преломление и отражение падающего излучения. Как следствие, подобная решетчатая структура способствует эффективному поглощению композитным материалом электромагнитного излучения, что подтверждается результатами работ [1,7,10,15].

В данной работе антиотражающий слой создавался методом импульсной лазерной обработки, в результате чего формировались параллельные канавки, а при повторном воздействии в перпендикулярном направлении на поверхности материала образовывались пирамидальные структуры.

Геометрические параметры канавок регулировались величиной энергии лазерной накачки, фокусным расстоянием и количеством проходов по одной канавке. В результате была изготовлена серия образцов, отличающихся топологическими параметрами в соответствии с характеристиками лазерного воздействия (Рис. 1).

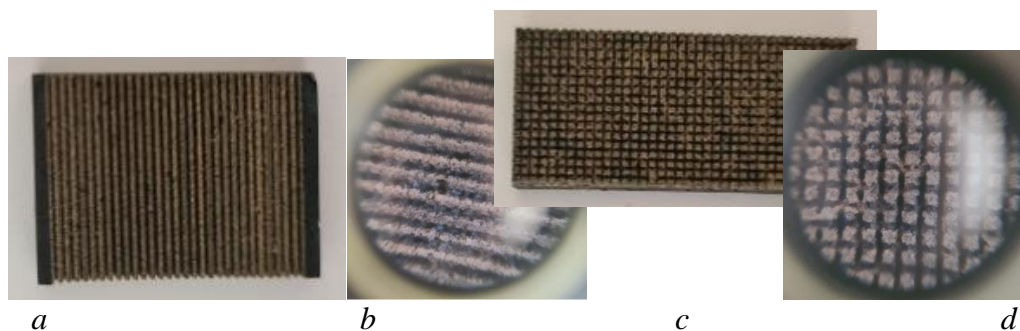


Рисунок 1. Образцы полимерных композитных материалов: *a, b* – с профилированной поверхностью в виде бороздок ($E_p - 12.5$ J), *c, d* – с профилированием поверхности композита в виде пирамидок ($E_p - 12.5$ J)

Такая особенность трехмерной структуры канавок или пирамидок обеспечивает согласование коэффициентов преломления ЭМИ обработанного лазером композита и воздуха, а также увеличение эффективности поглощения за счет многократного переотражения ЭМИ на стенках сформированных структур. Толщина образцов составляла до обработки и после обработки лазером 3,2 мм и 2,4 мм соответственно.

Результаты измерения спектров пропускания эпоксидного полимера без МУНТ (Рис. 2*a*) свидетельствуют о низкой поглощающей способности его в спектральном диапазоне 0.5–2.2 μm (пропускает до 50 % излучения). В то же время коэффициент пропускания для образцов с УНТ без лазерного структурирования поверхности не превышает 0.04 % (Рис. 2*b*), а для образцов с профилированной поверхностью и вовсе не более 0.01 %. Данная величина является пределом чувствительности спектрометра, поэтому реальные значения могут быть ещё меньшими. Это свидетельствует о роли УНТ в процессах поглощения ЭМИ в спектральном диапазоне 0.2 – 2.5 μm .

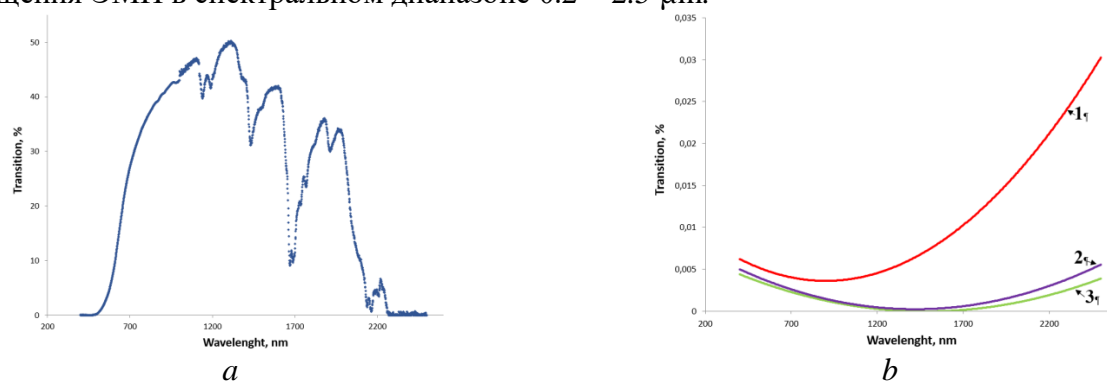


Рисунок 2. Спектры пропускания (а) исходного эпоксидного полимера и (б) образцов содержащих углеродные нанотрубки: 1 – композитный образец без ЛО, 2 – композитный образец с топологией параллельных канавок, 3 – образец с пирамидальной топологией поверхности

На рис. 3, *a* представлены результаты измерений коэффициента зеркального отражения в спектральном диапазоне 0.2 – 25 μm от композитных образцов с добавлением 4 w.% углеродных нанотрубок со структурированной поверхностью методом импульсного лазерного облучения с шагом структурирования $h = 400$ μm . В более развернутом масштабе на рис. 3, *b* и 3, *c* приведены результаты измерений коэффициента отражения в диапазоне 0.2 – 2.5 μm при двух режимах энергии накачки лазера (12.5 J и 13 J) и двух расстояниях между канавками (400 и 100 μm соответственно). Объектами сравнения также являлись образцы чистого эпоксидного полимера (образец N1) и композиционного материала с углеродными

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича нанотрубками «Таунит-М» (образец N2) без профилирования поверхности.

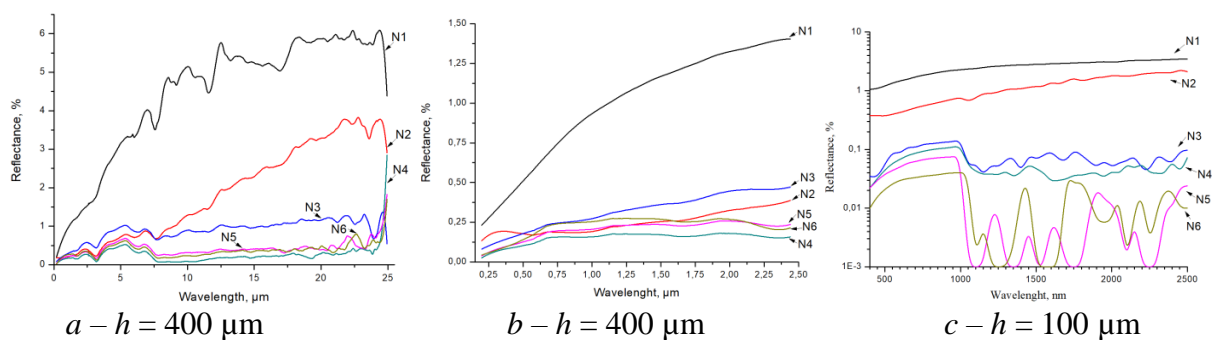


Рисунок 3. Коэффициент зеркального отражения исходного полимера и композита до и после лазерной обработки поверхности в спектральном диапазоне 0.2–25 μm . а) – N1 эпоксидный полимер; N2 – композит без профилирования; N3 – композит с профилированием в виде бороздок ($E_p = 12.5 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$); N4 – композит с профилированием в виде пирамидок ($E_p = 12.5 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$); N5 – композит с профилированием в виде бороздок ($E_p = 13 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$); N6 – композит с профилированием в виде пирамидок ($E_p = 13 \text{ J}$, $h = 400 \mu\text{m}$); б) – спектры для тех же параметров лазерного воздействия в расширенном масштабе спектрального диапазона 0.2 – 2.5 μm ; в) – спектры для тех же параметров лазерного воздействия на том же композите, но обработанном с шагом структурирования 100 μm .

Добавление МУНТ в полимер приводит к значительному уменьшению коэффициенты отражения во всем рассматриваемом спектральном диапазоне (рис. 3, а) и особенно заметно для интервала 0.2 – 2.5 μm (рис. 3, б, в). На длине волны 10 μm это уменьшение достигает коэффициента ~ 4 (рис. 3, а). В спектральном диапазоне 0.2 – 2.5 μm добавление УНТ в полимер вызывает уменьшение коэффициента отражения от ~ 2 до ~ 3 раз (рис. 3, б). Структурирование поверхности композита позволяет дополнительно снизить коэффициент отражения излучения (в ~ 3 раза), до десятых долей процента в зависимости от параметров лазерного облучения по сравнению со случаем композита без профилирования поверхности в спектральном диапазоне 0.2 – 3 μm (рис. 3, а). Минимальное отражение ЭМИ во всем диапазоне 0.2–2.5 μm наблюдается на образце № 4 с профилированием пирамидками при $E_p = 12 \text{ J}$. В диапазоне среднего ИК излучения (3–25 μm) также наблюдается значительный эффект структурирования приповерхностной области (рис. 3, а). Здесь уменьшение коэффициента отражения составляет 1-2 порядка величины. При этом отражение во всем исследуемом диапазоне для профилированных образцов не превышает 0.5 %, за исключением образца № 3 – его отражение в диапазоне 15 – 25 μm находится в области 1 %.

Следует отметить важную роль величины шага между канавками. С уменьшением шага от 400 μm до 100 μm (рис. 3в), в целом, значительно уменьшается интенсивность отраженного сигнала и изменяется соотношение коэффициентов отражения для различных режимов лазерной обработки.

Наличие специальной топологии поверхности позволяет уменьшить отражение на 1–2 порядка величины в зависимости от режимов лазерной обработки (рис. 4, в). Так для образца № 3 величина коэффициента отражения не превышает 0.1 % в видимом (0.4 – 0.8 μm) диапазоне и изменяется от 0.04% до 0.07% в ближнем ИК (1 – 2.5 μm) (Рис. 3, в). Для образца № 5 коэффициент отражения в видимом диапазоне не превышает 0.07%, а в ИК области отраженный сигнал вовсе не может быть зарегистрирован корректно из-за недостаточной чувствительности спектрометра.

Следует отметить, что создание пирамидальной сетки обеспечивает более заметное подавление отраженного сигнала по сравнению со случаем топологии в виде канавок.

С точки зрения фундаментальной оптики «разреженность» приповерхностной области

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича твердого тела обеспечивает подавление отражения ЭМИ. В соответствии с законом Френеля, падающий из воздушной среды (коэффициент преломления $n_o = 1.0003$) свет нормально к поверхности твердого тела с коэффициентом преломления n отражается от нее с коэффициентом отражения R :

$$R = (n - n_o)^2 / (n + n_o)^2 . \quad (1)$$

Следовательно, отражение значительно подавляется, когда коэффициент преломления объекта близок к величине его для воздуха.

Заключение. Таким образом, результаты настоящего исследования продемонстрировали возможность создания «безотражательных» в широком спектральном диапазоне ($0.2 - 25 \mu\text{m}$) поверхностей композитных материалов на основе полимеров, наполненных УНТ, путем контролируемой импульсной лазерной обработки. Важную роль здесь играет ряд факторов. В первую очередь – это формирование определенной топологии приповерхностной области образцов, обладающей коэффициентом преломления, близким к единице и обеспечивающей многократное переотражение и поглощение ЭМИ. Вместе с этим, формирование микроскопических неоднородностей и полостей на боковых стенках канавок и пирамид, а также благодаря собственным поглощающим свойствам МУНТ «Таунит-М», удастся заметно повысить эффективность использования таких структурированных материалов. Разработанные структурированные композитные материалы могут представлять интерес в качестве антиотражающих покрытий для оптических и оптоэлектронных систем космических аппаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. J. Zhu, X. Yang, Z. Fu, C. Wang, W. Wu, L. Zhanbg. *J. Porous Mater.*, 23(5), 1217 (2016). DOI: 10.1007/s10934-016-0180-5
2. Y. Lin, J. He. *Prog. Mater. Sci.*, 61, 94 (2014). DOI: 10.1016/j.pmatsci.2013.12.003
3. M. Steglich, D. Lehr, S. Ratzsch, T. Kasebier, F. Schrempel, E. Kley, A. Tunnermann. *Laser Photonics Rev.*, 8(2), L13 (2014). DOI: 10.1002/lpor.201300142
4. Y. Sun, J. Evans, F. Ding, N. Liu, Y. Zhang, S. He. *Opt. Express*, 23(15), 20115 (2015). DOI: 10.1364/OE.23.020115
5. M. Otto, M. Algasinger, H. Branz, B. Gesemann, T. Gimpel, K. Fuchsel, T. Kasebier, S. Kontermann, S. Koynov, X. Li, V. Naumann, J. Oh, A. Sprafke, J. Ziegler, M. Zik, R. Wehrspohn. *Adv. Optical. Mater.*, 3(2), 147 (2015). DOI: 10.1002/adom.201400395
6. F. De Nicola, P. Hines, M. Crescenzi, N. Motta. *Phys. Rev. B*, 96, 045409 (2017). DOI: 10.1103/PhysRevB.96.045409
7. K. Amemiya, D. Fukuda, T. Numata, M. Tanabe, Y. Ichino. *Appl. Opt.*, 51(29), 6917 (2012). DOI: 10.1364/AO.51.006917
8. S. Azoubel, R. Cohen, Sh. Mugdassi. *Surface and Coatings Technology*, 262, 21 (2015). DOI: 10.1016/j.surfcoat.2014.11.063
9. D. Das, A. Banerjee. *Appl. Surf. Sci.*, 345, 204 (2015). DOI: 10.1016/j.apsusc.2015.03.124
10. C.J. Chunnillall, J.H. Lehman, E. Theocharous, A. Sanders. *Carbon*, 50, 5340 (2012). DOI: 10.1016/j.carbon.2012.07.014
11. J.Y. Liu, M. Soltani, R.K. Dey, B. Cui, R. Lee, H. Podmore. *J. Vac. Sci. Technol.*, 36(6), 06JG01 (2018). DOI: 10.1116/1.5050986
12. S. Chuang, H. Chen, J. Shieh, C. Lin, C. Cheng, H. Liu, C. Yu. *Nanoscale*, 2, 799 (2010). DOI: 10.1039/C0NR00010H
13. T. Uchida, M. Moro, S. Hiwasa, J. Taniguchi, In: *2015 International Conference on Electronics Packaging and iMAPS All Asia Conference (ICEP-IAAC)* (Kyoto, 2015), p. 422. DOI: 10.1109/ICEP-IAAC.2015.7111049
14. K. Amemiya, H. Koshikawa, T. Yamaki, Y. Maekawa, H. Shitomi, T. Numata, K. Kinoshita, M. Tanabe, D. Fukuda. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B*, 356, 154 (2015). DOI: 10.1016/j.nimb.2015.05.002

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
15. I.N. Parkhomenko, L.A. Vlasukova, I.D. Parfimovich, F.F. Komarov, L.S. Novikov, V.N. Chernik, D.V. Zhigulin. ActaAstronautica, 204, 124 (2023). DOI: 10.1016/j.actaastro.2022.12.046
16. Углеродный наноматериал «Таунит». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rusnanonet.ru/goods/20235/>

УДК 53

Қырықбаева Ә.А., Сулейменов Б.Т., Баймбетова Г.А.

РАЗРАБОТКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПРОППАНТОВ – ВЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.

Аннотация

Қазіргі уақытта Қазақстанда проппанттардың кең ауқымды өндірісі жоқ, бұл мұнай-газ өндіру саласының отандық кәсіпорындарын шетелде осындай өнімдерді сатып алуға мәжбүр етеді. Бұл жағдай отандық табиғи шикізатқа негізделген проппанттардың құрамы мен технологиясын дамытудың өзектілігін көрсетеді. Проппанттарды әзірлеу үшін Мессбауэр эффектiсi, рентген-флуоресценттi талдау және рентгендік-дифракциялық спектроскопия сияқты ядролық-физикалық және атомдық-спектроскопиялық әдістерді пайдалана отырып, алдын ала зерттеуден өткен отандық материалдар қолданылды.

Түйінді сөздер: қабатты сумен жару, проппант, мұнай, газ, патент.

Аннотация

В настоящее время в Казахстане отсутствует широкомасштабное производство проппантов, что вынуждает отечественные предприятия нефтегазодобывающей отрасли приобретать подобные продукты за рубежом. Это обстоятельство подчеркивает актуальность разработки составов и технологии проппантов, основанных на отечественном природном сырье. Для разработки проппантов нами использовались отечественные материалы, пройдя предварительное изучение с использованием ядерно-физических и атомно-спектроскопических методов, таких как эффект Мессбауэра, рентгенофлуоресцентный анализ и рентгено-дифракционная спектроскопия.

Ключевые слова: гидроразрыв пласта, проппант, нефть, газ, патент.

Annotation

Currently, there is no large-scale production of proppants in Kazakhstan, which forces domestic enterprises of the oil and gas industry to purchase similar products abroad. This circumstance underlines the relevance of the development of formulations and technology of proppants based on domestic natural raw materials. For the development of proppants, we used domestic materials, having undergone preliminary study using nuclear physics and atomic spectroscopic methods such as the Mossbauer effect, X-ray fluorescence analysis and X-ray diffraction spectroscopy.

Keywords: hydraulic fracturing, proppant, oil, gas, patent.

Потребление нефти и газа увеличивается год от года, поскольку они играют ключевую роль в мировой экономике. Несмотря на применение различных методов интенсификации производства, только до 30% нефти и газа извлекается при первичной добыче, остальная часть относится к труднодоступным запасам.

Отсутствие полного согласия среди исследователей относительно классификации трудноизвлекаемых запасов нефти обусловлено разнообразием условий, в которых эти

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича запасы могут находиться. В основном такие запасы определяются геофизическими особенностями коллекторов и содержащихся в них флюидов.

Трудноизвлекаемые запасы представляют собой запасы залежей или их отдельных участков, месторождений, которые выделяются неблагоприятными геологическими условиями для извлечения нефти и (или) ее физическими свойствами. Добыча таких запасов требует значительных финансовых, трудовых и материальных затрат, применения нетрадиционных технологий, специализированного оборудования, а также дефицитных реагентов и материалов. [1]

Добыча труднодоступных запасов нефти и газа является одним из наиболее сложных вызовов для нефтегазовой отрасли. Современные методы усиления и повышения добычи работают над решением этой проблемы. Существуют перспективные подходы, включая бурение горизонтальных скважин, применение гидравлического разрыва пласта (ГРП) и обратную закачку для поддержания пластового давления.

В настоящее время нефтегазовая промышленность столкнулась с необходимостью разработки новых проппантов для контроля ГРП с использованием современных методов и технологий в области ядерно-физического исследования. Поэтому разработка инновационных технологий контроля эффективности ГРП и многостадийных гидравлических разрывов (МГРП) является актуальной задачей.

Для достижения этой цели предлагается использовать летучую золу от тепловых электростанций, доступную практически в любой точке мира. Предложенный метод включает добавление до 75% летучей золы к проппанту, который состоит из боксита и глины. Для анализа структуры и состава проппантов были применены ядерно-физические методы исследования, включая регистрацию гамма-квантов, поглощенных исследуемыми образцами компонентов проппанта на установке МС1104ЕМ в зависимости от скорости передвижения источника. Из проведенного анализа была выявлена сверхтонкая структура и определены качественный и количественный состав соединений железа в летучей золе, глине и бокситах. Для интерпретации полученных данных использовалась специальная компьютерная программа. Успешность проведения гидроразрыва пласта (ГРП) не зависит от качества проппанта. Однако качество проппанта оказывает влияние на итоговый дебит жидкости из скважины и на продолжительность ее эффективной работы. Качественные особенности проппанта формируются в процессе его разработки и производства.

В настоящее время в Республике Казахстан отсутствует производство проппантов для нефтегазовой промышленности. Однако при проведении гидроразрыва пласта (ГРП) мы приобретаем проппанты из Китая и России, тогда, так и у нас имеется достаточное количество бокситовой руды, летучей золы и других компонентов. Для разработки проппантов использовались отечественные материалы, пройдя предварительное изучение с использованием ядерно-физических и атомно-спектроскопических методов, таких как эффект Мессбауэра, рентгенофлуоресцентный анализ и рентгено-дифракционная спектроскопия. [2]

Каждый компонент проппанта имеет свои уникальные свойства. Например, боксит обладает стойкостью к агрессивным средам и высокой прочностью, песок обладает необходимыми механическими характеристиками и доступностью, летучая зола и глина обладают связывающими свойствами. Все эти компоненты доступны в достаточном объеме в Республике, и одной из стратегических задач бизнеса является разработка отечественных проппантов и их производство в промышленном масштабе.

Использование инновационных технологий позволяет выбрать оптимальную жидкость разрыва и проппант, соответствующие конкретным условиям и контролировать процесс гидроразрыва. Проппанты, предложенные нами, обладают высокой прочностью, могут выдерживать высокие пластовые давления и агрессивные среды. Они удерживают трещину открытой, обеспечивая полное извлечение нефти и газа из скважины. [3]

Благодаря знаниям о напряжениях в пласте можно предсказать геометрию трещины и улучшить процесс закачки проппанта. Проппанты различного типа могут использоваться для

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
разных областей трещины, учитывая их фракционный состав и плотность. Различие между легким и тяжелым проппантом позволяет оптимизировать закачку и обеспечить успешное завершение операции.

Операция многостадийного гидроразрыва пласта МГРП является сложной и высокотехнологичной процедурой, которую способны выполнить только компании с квалифицированным персоналом. Для Казахстана проведение таких операций пока что новинка, и их стоимость остается довольно высокой. Не все технологические и технические аспекты применения МГРП на действующих месторождениях до конца изучены, поэтому основной задачей является широкое распространение этой методики, чтобы сделать ее более доступной. [4]

Практика применения алюмосиликатных проппантов указывает на неудовлетворительную прочность, вызванную наличием стекловидной фазы и недостаточной плотностью упаковки материала в гранулах. Поэтому основными стратегиями для создания проппантов с высокой прочностью являются увеличение содержания кристаллических фаз, снижение доли стеклообразующих компонентов, а также придание материалу свойств, обеспечивающих максимально плотное уложение зерен при гранулировании и минимальную пористость после обжига.

Были разработаны составы и предложены технологические режимы для получения высокопрочных проппантов на основе композиций огнеупорной летучей золы с использованием природного сырья, таких как боксит, каолин и глина, с компонентами, соответствующими требованиям высококачественных алюмосиликатных проппантов. Эти материалы отвечают всем требованиям к высококачественным алюмосиликатным проппантам. Проведен анализ бокситовых руд Казахстана с целью выявления особенностей бокситов различных месторождений с целью предложения корректировок технологического процесса производства глинозема. Методы МС, РДА и РФА были использованы для характеристики изученных бокситов. Получены экспериментальные данные о структурно-фазовом составе бокситовых руд и выявлены особенности железосодержащих минералов в них. Показано, что исследованные образцы бокситов отличаются высоким содержанием железа. [5] На основе результатов наших исследований получены три патента Республики Казахстан на способы и составы получения проппантов с полезной моделью №424018 от 18 марта 2019 года, №5491 от 25 июня 2020 года и №8688 от 8 декабря 2023 года. В этих патентах описаны технологии получения проппантов на основе отечественного материала с высокими эксплуатационными характеристиками и низкой себестоимостью, что приводит к уменьшению затрат на добычу нефти и газа из месторождений. [6]

Список использованных источников

1. <https://burneft.ru/archive/issues/2011-02/10>
2. А.К.Шоканов. Трейсерный контроль эффективности добычи трудноизвлекаемых запасов нефти и газа. – Алматы//монография «Жебе-дизайн» 2020г.
3. Шоканов А.К., Сулейменов Б.Т., Смихан Е.А. Методы получения проппантов для гидроразрыва пласта. ВЕСТНИК КазНПУ им.Абая, Серия «Физико-математические науки» №1(65) 2019, Алматы.
4. Добыча нефти и газа. Гидравлический разрыв пласта (ГРП). <http://oilloot.ru/94-gidravlicheskiy-razryv-plasta-grp.30.10.2019>.
5. A. Shokanov, M. Vereshchak, I. Manakova and A. Migunova. Mössbauer and X-ray Diffraction Spectroscopy of High-Iron Bauxites of Kazakhstan. –Materials (MDPI), 2023, – №16(20), 6706;<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85175232986&origin=resultslist&sort=plf-f>
6. https://tech.vestnik.shakarim.kz/jour/article/view/107/0?locale=ru_RU

Б.Р. Исмаилов¹, Р.П. Бабаходжаев², Ж.Т. Айменов¹, Х.Б. Исмаилов¹, А.С. Шамбилова¹

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ И КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ГАЗОВ И ТЕПЛООБМЕНА В РЕКУПЕРАТИВНЫХ ТУРБУЛИЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, ²Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова

Аннотация

В рамках теории турбулентных газовых потоков проведен анализ наиболее часто применяемых математических моделей динамики газов и теплообмена в теплообменном устройстве энергетических установок. В качестве основы динамики газа в рекуперативных теплообменниках приняты уравнения Навье-Стокса в переменных Гельмгольца, описывающие плоское течение несжимаемой ньютоновской вязкой жидкости с постоянными свойствами при отсутствии внешних сил. С целью систематизации анализа процесса распределения гидродинамических параметров газа во внутренней трубе, колебания насадок и влияния их на теплопередачу поставленная задача рассматривается в условиях турбулентности газового потока. Насадки соединены пружинами через определенное равное расстояние, нанизанными на эластичную проволоку и колеблются по продольному и по поперечному направлениям. При такой постановке задачи, для физической интерпретации динамики и теплообмена газов необходимы данные по геометрии области течения, размерам труб, расходу газа, температуре, физико-химические параметры, жесткости насадок. Исследуется распределение температуры в зависимости от входных физико-химических параметров потока, жесткости проволоки и пружины, а также от динамических характеристик газового потока. При допущении, что температура зависит только от времени и продольной координаты, с учетом теплопередачи от стенки трубы к газу, составлено упрощенное уравнение теплопередачи. Обсуждены возможности реализации предлагаемой модели с использованием компьютерных математических систем разного уровня.

Ключевые слова: математическая модель, динамика газов, локальный турбулизатор, рекуперативный теплообменник, компьютерные модели.

В тепло – и массообменных установках и аппаратах тепловых электрических станций (ТЭС) осуществляются сложные динамические и стационарные процессы взаимодействия фаз при различных значениях режимно- технологических параметров. При длительной эксплуатации вышеуказанных установок и аппаратов наблюдается отклонение значений режимно- технологических параметров за счет коррозии и эрозии их элементов, нарастание накипи и отложений на теплообменной поверхности, что приводит к снижению эффективности всей технологической линии производства тепловой и электрической энергии. Учитывая масштабы отрасли, можно сделать вывод о том, что существуют большие резервы повышения экономии топливно-энергетических ресурсов и снижения негативного влияния на экологическую обстановку региона и страны в целом.

Одним из решений данной проблемы является интенсификация гидродинамических и тепловых процессов с усовершенствованием конструкции рекуперативного теплообменника и разработка математической модели передачи тепловой энергии через стенку аппарата, а также компьютерное моделирование и проведение численного исследования, что

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича представляется актуальность рассматриваемого вопроса.

Данная статья посвящена разработке математической модели и компьютерных программ, использующихся для анализа динамики изменения параметров теплоносителей (газов и жидкостей) в рекуперативных теплообменниках с турбулизирующими устройствами. В [1] достаточно полно рассматриваются вопросы существования, единственности и регулярности решений краевых задач для уравнений Навье-Стокса, а также устойчивости и сходимости методов численного решения этих уравнений. Разобрано большое количество соответствующих алгоритмов (метод Галеркина, метод конечных элементов и др.).

В литературе имеется большое количество работ, посвященных исследованию процессов гидродинамики и тепло-массообмена (ТМО) в теплообменных устройствах энергетических установок, в частности предназначенных цели рекуперации отходящего тепла от котельных. При этом, предлагаемые новые конструкции теплообменников и их эффективность изучаются и экспериментальными и теоретико-расчетными методами [5-95]. В [5] разработан оригинальный метод, использующий радиационно-турбулентную составляющую внутри клиновидного канала. Создана математическая модель и численно исследованы течение и теплообмен для четырехканальных конфигураций. Результаты показали, что в условиях $Re = 10\ 000$ и $q = 10\ 000$ Вт/м² по сравнению с существующей конфигурацией канала только со штыревыми ребрами и без учета излучения (модель NN), общее число Нуссельта канала с использованием радиационно-турбулентная составляющая (Модель YY) увеличилась на 48,10 %. Это было связано с расширением холодных поверхностей для улучшения радиационной теплопередачи и изменением распределения возмущений потока для улучшения однородности конвективной теплопередачи, оба из которых были вызваны с использованием радиационно-турбулентной составляющей. В [6] представлены результаты исследования теплообмена при турбулентном режиме обтекания газом преград сложной формы и характеристики отрыва течения. Показано влияние степени раскрытия перфорации ($\beta = 12\%$, $23,5\%$ и 44%) и расположения отверстия на ребре (внизу, вверху и в шахматном порядке) на средние и колеблющиеся характеристики турбулентного динамического и теплового пограничных слоев в срединном сечении пластины.

В [7] проведено прямое численное моделирование характеристик нестационарного потока и теплопередачи в первичных и вторичных гофрированных волнистых каналах для фиксированных значений длины волны и амплитуды путем изменения числа Рейнольдса. В [8] исследованы характеристики течения и теплопередачи в щелевом струйном потоке, ограниченном наклонными пластинами и ударяющемся о плоскую поверхность. Было определено влияние числа Рейнольдса и угла наклона удерживающей пластины и расстояния между пластинами на распределение давления. Было замечено, что, хотя распределение давления не зависит от числа Рейнольдса, на него влияют угол наклона удерживающей пластины и расстояние между пластинами. Используемая стандартная модель турбулентности $k-\epsilon$ предсказывает результаты, более близкие к экспериментальным данным. В работе [9] проведен тепловой и потоковый анализ воздуха в равномерно обогреваемом кольцевом канале с входным заслоночным засорением в ламинарном, переходном и турбулентном режимах течения. Рассмотрены условия перехода режимов из одного в другой. Такой подход полезен и в данной работе, т.к. характер течения газов в теплообменнике рассматриваемой конструкции будет зависеть от входных данных, и может быть ламинарным, переходным или турбулентным.

Главная сложность математического, соответственно- и компьютерного моделирования гидродинамики и теплопередачи в энергетических устройствах состоит в адекватном описании турбулентности потоков и обеспечении устойчивости численных методов решения на компьютере соответствующих уравнений математической модели. Задачей является нахождение распределения гидродинамических и тепловых характеристик во внутренней трубе, в которой по оси на эластичной проволоке с изгибами регулярно нанизаны насадки определенной формы. Во внешней трубе движется горячий газ (например,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича отработанный после горения топлива в котле), во-внутренней-воздух, подаваемый в энергетическую установку. Насадки соединены пружинами через определенное равное расстояние, нанизанными на эластичную проволоку и колеблются по продольному и по поперечному направлениям. С целью систематизации анализа процесса распределения гидродинамических параметров газа во внутренней трубе, колебания насадок и влияния их на теплопередачу поставленная задача рассматривается в условиях турбулентности газового потока.

При такой постановке задачи, для физической интерпретации динамики и теплообмена газов необходимы данные по геометрии области течения, размерам труб, расходу газа, температуре, физико-химические параметры, жесткости насадок.

Основными уравнениями, описывающими плоское течение несжимаемой ньютоновской вязкой жидкости с постоянными свойствами при отсутствии внешних сил в рекуперативных теплообменниках являются два уравнения сохранения количества движения и одно уравнение неразрывности [1]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

где ν - кинематический коэффициент вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$. Строгий математический вывод уравнений (1)-(3) имеется во многих работах по механике жидкости и газа. Здесь только отметим их физическую сущность - они являются проекциями векторного уравнения (второго закона Ньютона), причем вязкие силы связаны со скоростью деформаций линейным ньютоновым законом для касательных напряжений.

Для u, v будут достаточными условия прилипания на твердой границе канала $u = 0, v = 0$, для p постановка граничных условий затруднительна. Введя функцию напряженности вихря (в дальнейшем - завихренность) по формуле

$$\omega = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}, \quad (4)$$

получаем уравнение переноса вихря, имеющее параболический тип:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = -u \frac{\partial \omega}{\partial x} - v \frac{\partial \omega}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right). \quad (5)$$

Введем также функцию тока соотношениями

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial y} &= u, \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= -v. \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, система «скорость-давление» может быть записана в безразмерном виде в терминах «функция тока - вихрь».

$$\frac{\partial^2 \bar{\psi}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{\psi}}{\partial \bar{y}^2} = \bar{\omega}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \bar{\omega}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial y} = \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 \bar{\omega}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{\omega}}{\partial y^2} \right), (8)$$

Если критерий Рейнольдса больше критического числа, следует применять уравнения турбулентности, например, как это было представлено в работе [11].

В работах [2-4] система (7)-(8) решена численно для случая обтекания периодически расположенных насадок в многоступенчатом канале методом установления.

При допущении, что температура зависит только от времени и продольной координаты, с учетом теплопередачи от стенки трубы к газу, уравнение теплопередачи можно записать следующим образом [5-6]:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + h_{\text{внеш}} (T_{\text{стенка}} - T), (9)$$

где T - температура газа; t - время; x - продольная координата; ρ - плотность газа; c_p - удельная теплоемкость газа; k - коэффициент теплопроводности газа; $h_{\text{внеш}}$ - коэффициент теплоотдачи между стенкой трубы и газом; $T_{\text{стенка}}$ - температура стенки трубы.

Коэффициент теплоотдачи между стенкой трубы и газом зависит от ряда факторов и обычно определяется опытным путем или на основе эмпирических корреляций. Важными параметрами, влияющими на коэффициент теплоотдачи, являются скорость газа, свойства газа, геометрия трубы и другие факторы. Один из способов определения коэффициента теплоотдачи - использование корреляций, таких как уравнение Нуссельта-Нуманна ($\text{Nu}-\text{Re}$ -корреляция). Это уравнение связывает число Рейнольдса (Re) и число Нуссельта (Nu):

$$\text{Nu} = C \text{Re}^m \text{Pr}^n (10)$$

где Nu - число Нуссельта; Re - число Рейнольдса; Pr - число Прандтля; C, m, n - коэффициенты, зависящие от конкретной геометрии и рассматриваемого режима течения.

Для различных режимов течения и конфигураций труб существуют различные корреляции C, m, n .

Система уравнений в переменных $k - \varepsilon$ [411] имеет следующий вид:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u \frac{\partial k}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu + \sigma_k \mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) - \rho \varepsilon + P_k (11)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu + \sigma_\varepsilon \mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} \rho \frac{\partial k}{\partial x} - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - P_\varepsilon (12)$$

где $z_k = \frac{\mu + \sigma_k \mu_t}{\sigma_k}$, $z_\varepsilon = \frac{\mu + \sigma_\varepsilon \mu_t}{\sigma_\varepsilon}$ - константы, определяющие влияние турбулентности на кинетическую энергию и ее диссипации; k - кинетическая энергия турбулентности; ε - диссипация энергии турбулентности; u, v - компоненты скорости потока газа в направлениях x, y соответственно; μ - динамическая вязкость газа; μ_t - турбулентная вязкость; $\sigma_k, \sigma_\varepsilon$ - коэффициенты для вычисления турбулентной вязкости; P_k, P_ε - функции, представляющие вклад производства турбулентной энергии и её диссипации.

Информация о методах моделирования турбулентного течения основывается на общих знаниях в области вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD). На сегодняшний день для моделирования турбулентного течения в каналах разной формы используются различные методы, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Наиболее популярными подходами являются: RANS (Reynolds-Averaged

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича Navier-Stokes) модели. Эти модели усредняют турбулентные течения во времени, что позволяет снизить вычислительные затраты. Среди RANS моделей наиболее известными являются: $k-\epsilon$ (каппа-эпсилон) модель; $k-\omega$ (каппа-омега) модель; SST (ShearStressTransport) модель. Они подходят для широкого спектра задач, но могут не точно воспроизводить некоторые турбулентные потоки, особенно в сложных геометриях; ComputationalFluidDynamics: TheBasicswithApplications" авторства JohnD. Anderson и LES (LargeEddySimulation) модели. Модели LES требуют больших вычислительных ресурсов по сравнению с RANS, но обеспечивают более точное моделирование сложных течений. DNS (Direct Numerical Simulation): В DNS- моделировании решаются уравнения Навье-Стокса без каких-либо приближений или моделирования. Этот метод требует огромных вычислительных мощностей и используется в основном для исследовательских целей, чтобы получить детальное понимание турбулентных течений. Гибридные подходы: Существуют гибридные методы, такие как Detached Eddy Simulation (DES), которые комбинируют элементы RANS и LES, чтобы сбалансировать точность и вычислительные затраты.

Реализация модели (7)-(12) одним из вышеприведенных пакетов программ, на наш взгляд, позволяет получить достаточно полную картину динамики и теплообмена в рассматриваемой задаче и приступить к оптимизации геометрических и режимно-технологических параметров работы локального турбулизатора.

Список использованных источников и литературы.

1. Р. Темам. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. М.: Мир, 1981, 430с.
2. Ismailov, B., Urmatova, A., Ismailov, K. Mathematical modelling and calculation of dynamic characteristics of gas in multistage channels // *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 7, 2013, no. 132, 6571-6582
3. Ismailov, Kh. Ismailov, A. Shambilova, Zh. Iztaev, G. Tileuov Simulation of hydrodynamics and Mass Transfer in Separated Flows Past Packings in Technological Apparatuses // *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*. Vol. 100, 2023, pp.349-354
4. B. Ismailov, L. Musabekova, Zh. Umarova, Kh. Ismailov, K. Arystanbayev. Mathematical and computer simulation of particleredistributionandinertialswarmingindispersedsystems // *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* Vol.28, No. 2, November 2022, pp.909~917 DOI:10.11591/ijeecs.v28.i2.pp.909-917.
5. Kun Yang, Jie Liu, Jiabing Wang. Heat transfer enhancement by inserting a radiation-turbulence component in a wedge channel // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Vol. 219, Feb.2024, 124907. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124907>
6. Valery N. Afanasiev, Dehai Kong, S. A. Isaev. Perforated Rib in Turbulent Boundary Layer. // *J. Heat Transfer*. Feb 2020, 142(2): 024501. <https://doi.org/10.1115/1.4045308>
7. S. Harikrishnan, Shaligram Tiwari. Unsteady Flow and Heat Transfer Characteristics of Primary and Secondary Corrugated Channels. // *J. Heat Transfer*. March 2020, 142(3): 031803. doi:<https://doi.org/10.1115/1.4045751>
8. Y. Ozmen, H. Kinay // Heat and Mass Transfer Investigation of flow and heat transfer characteristics of impinging slot jets confined with inclined plates. August 2022. 59(4):1-26. DOI:10.1007/s00231-022-03279-y
9. R Babakhodjaev, N Tashbaev and D Mirzaev, Use of kinetic flow energy liquids for vibration of local turbulizers in pipe heat exchangers, E3S Web of Conf.: 216, 01081 (2020), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601081>
10. Aristov S.N., Knyazev D.V., Polyanin A.D. Exact Solutions of the Navier–Stokes Equations with the Linear Dependence of Velocity Components on Two Space Variables. *Theory. Found.ofChem. Eng.* 2009. V. 43, N 5. P. 642–662.
11. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика около поверхностных углублений (лунок).- Киев: ИТФ НАН Украины.- Киев, 2005. -59с.

Л.Б. Тулеуова, А.А. Куйкабаева

ҰЛТТЫҚ САРАПТАМА ОРТАЛЫҒЫ МЫСАЛЫНДА КӨРСЕТІЛЕТІН ҚЫЗМЕТТІҢ САПАСЫН САРАПТАУ

ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті
e-mail: west.lunara@gmail.com

Андатпа

Адам өмірі мен денсаулығын және қоршаған ортасының қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында қызметтердің сапасын сараптау бүгінгі таңда мемлекеттік саясаттың маңызды мәселелерінің бірі. Қызметтің деңгейі мен сапасын сараптау, қызмет сапасын басқару жүйесінде қажетті бақылау іс-шараларын әзірлеудің негізі болып табылады. Көрсетілетін қызметтің сапасын сараптау барысында қолданылатын әдістің кең таралған түрі сауалнама әдісі. Әдістің негізгі артықшылықтарына зерттеушіге қажетті көптеген мәліметтер алудың жеделдігі және қысқа уақыт ішінде көптеген адамдармен сұхбаттасуы жатқызылады.

Ұлттық сараптама орталығындағы көрсетілетін қызметтердің сапасын талап етілген нормаларға және стандарттарға, техникалық регламенттерге сәйкестігін анықтай отырып, қызметтің сапасына сараптау жүргізілді.

Кілттік сөздер: сапа, көрсеткіш, стандарттар талаптары, физика-химиялық көрсеткіш, сараптамалық бағалау, полимерлі материалдар, аяқ-киім, полимерлі қаптама, сауалнама әдісі.

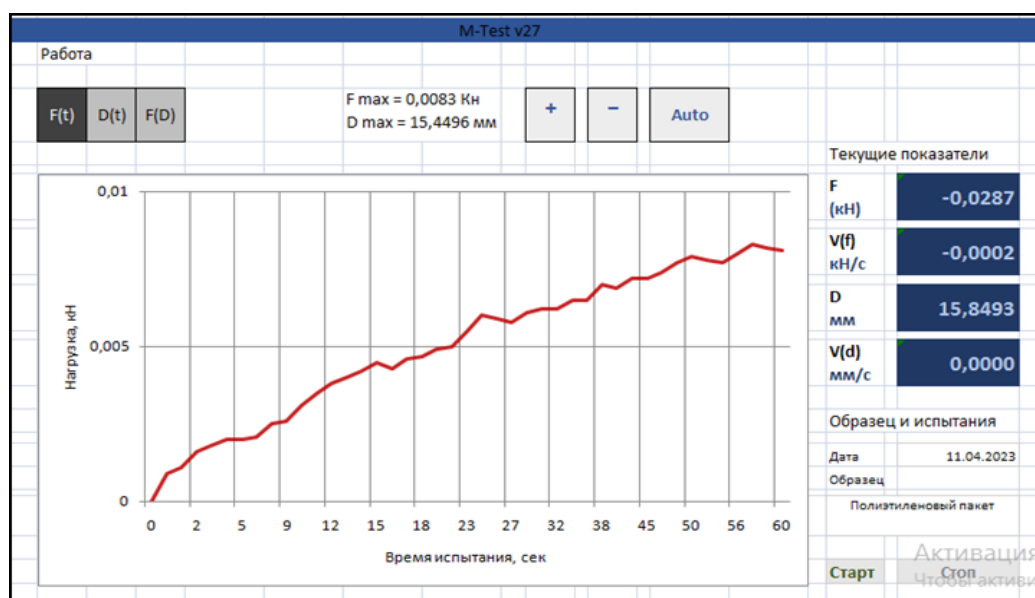
Қазіргі кезде полимерлі материалдар өндірістің барлық салаларында қолданылатын тіршілік ету ортасының заттарының бірі болып табылады. Ұлттық сараптама орталығының қызметтерін сапасын сараптау мақсатында сынақ зертханаларында сынақ өткізілді. Полимерлі материалдардың физикалық, органолептикалық көрсеткіштері бойынша сапасын сараптау Ұлттық сараптама орталығының полимерлі материалдар зертхана бөлімінде жүргізілді. Сынақ жүргізу үшін алынған үлгілер – полиуретанды аяқ-киім және полиэтиленді қаптама. Полимерлі материалдардың механикалық қасиеттерін сараптау кезінде РЭМ-3-М-1 типті универсалды сынақ машинасы қолданылды.

Полиуретанды аяқ-киімнің икемділігіне және полиэтиленді қаптаманың созылуына сынақ ГОСТ 9718-88 және ГОСТ 11262-2017 стандарттары негізінде жүргізілді. Сынақ нәтижелері Mtest компьютерлік бағдарламасы арқылы алынды (сурет 1, сурет 2).

Н № 2.3.3.10-15-64-2005 нұсқаулығы бойынша полимерлі қаптаманың органикалық көрсеткіштеріне сараптама жүзеге асырылды. Температурасы 22 градус қоршаған орта температурасында қаптаманы ГОСТ 25336-82 бойынша Н-2-250 (250мл) өлшеуіш шыныға орналастырып, содан кейін дистиллирленген су құйылды және үлгі 2 сағат уақыт ішінде ұсталды. Содан кейін дайын болған су сорғышын Кн-2-250 шифті конустық колбаға құйылып, органолептикалық сараптау жабық дегустация әдісі арқылы комиссиялық негізде 5 адамға жүргізілді. Кесте 1 сәйкес зерттеу нәтижелері жеке дегустациондық картаға енгізілді.



Сурет 1. Полиуретанды аяқ-киімнің икемділігіне жүргізілген сынақтың Mtest компьютерлік бағдарламасы арқылы алынған нәтижесі



Сурет 2. Полиэтиленді қаптаманың созылуына жүргізілген сынақтың Mtest компьютерлік бағдарламасы арқылы алынған нәтижесі

Кесте 1. Алынған нәтижелер енгізілген дегустациондық карта.

1-ші дегустациялаушы

№	Тұнба	Бұлыңғырлық	Иіс		Дәмі	
			Сипаттам	Балл	Қарқындылық	Сипаттама
1	Елеусіз	Әлсіз	Иіс жоқ	0	Әлсіз дәм	Белгісіз
2	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз
3	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз

2-ші дегустациялаушы

1	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз
2	Елеусіз	Әлсіз	Әлсіз	2	Әлсіз дәм	Белгісіз
3	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

3-ші дегустациялаушы

1	Елеусіз	Әлсіз	Әлсіз	2	Әлсіз дәм	Белгісіз
2	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз
3	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз

4-ші дегустациялаушы

1	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз
2	Елеусіз	Әлсіз	Иіс жоқ	0	Әлсіз дәм	Белгісіз
3	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз

5-ші дегустациялаушы

1	Елеусіз	Әлсіз	Өте әлсіз	1	Әлсіз дәм	Белгісіз
2	Елеусіз	Әлсіз	Иіс жоқ	0	Әлсіз дәм	Белгісіз
3	Елеусіз	Әлсіз	Әлсіз	2	Әлсіз дәм	Белгісіз

Үлгілерге барлық сынақ жүргізуде алынған нәтижелерін стандартта талап етілген нормаланған мәндермен салыстырмалы талдауы кесте 2 көрсетілген.

Кесте 2. Алынған нәтижелер бойынша салыстырмалы талдау

Алынған үлгілер	Көрсеткіштердің атаулары	Нормаланған мәндер	Сынақ нәтижесі негізінде алынған мәндер
Полиуретанды аяқ-киім	Икемділікке төзімділігі, Н, артық емес	45	44
Полиэтиленді қаптама	Созылу кезіндегі беріктігі, МПа, кем емес	14,7	15,4
	Органолептикалық көрсеткіш:		№1, №2, №3 үлгі
	- иісі, аспау керек	1 балл	1 балл
	- бұлыңғырлығы мен дәмі	Әлсіз	Әлсіз
	- тұнба.	Елеусіз	Елеусіз

Жалпы көрсеткіштер бойынша сынақ жүргізуде алынған сынақ нәтижелері мәндері нормаланған мәндерге сәйкес келеді, олардың сапасын сараптау сәтті өтті, демек өнімдер қауіпсіз, сонымен қатар бәсекеге қабілетті деген қорытындыға келуге болады.

Көрсетілген қызметтің сапасын сараптауда сауалнамалық әдіс негізінде тапсырыс берушілерге сауалнама жүргізіліп, жауаптары алынды. Дайын сауалнама үш формада тапсырыс берушілерге (онлайн «Google Форма», қағаз түрінде, байланыс телефонмен хабарласу) арқылы ұсынылды.

Сауалнама мынадай негізгі критерийлер бойынша жасалды: тапсырыс берушімен шарт жасасуда филиалдың қызмет көрсету жеделдігі және қызметкерлердің қызмет көрсетудегі тапсырыс берушілерге қарым-қатынасы, көрсетілетін қызметтері туралы ақпараттардың қолжетімділігі/мүмкіншіліктері, тапсырыс берушілердің сұраныстарына, ұсыныстарына пікірлеріне жауап беру, яғни кері байланыс жасау сапасы, сонымен қатар сынақ нәтижелерінің ресімдеу сапасы және т.б.

Сауалнама нәтижесіне бойынша, тұтынушылардың 60 пайызы филиалдың көрсетілетін қызметтеріне толық қанағаттанатындығын көрсетті. Қазіргі таңда Ұлттық сараптама орталығының қызмет сапасын ұлғайту үшін филиалда қызмет көрсету уақыты мен тиімділігін жетілдіру, қызметкерлердің біліктілігін арттыру және т.б жұмыстары жүргізілуде.

Пайдалынған әдебиеттер тізімі

1. ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» [Электрондық ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320564>
2. ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» [Электрондық ресурс]. URL:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

<https://docs.cntd.ru/document/902299529>

3. ГОСТ 11262-2017 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение».
4. ГОСТ 9718-88. «Обувь. Метод определения гибкости».
5. Нұсқаулық № 2.3.3.10-15-64-2005.
6. ГОСТ 10354-82 «Пленка полимерная. Технические условия».
7. Қызмет сапасын сараптау мақсатында алынған сауалнама. URL: https://docs.google.com/forms/d/1C0thfRg3OBaF_mwTNTJVRaSKBOgDFYUJe83Fbu8Qftw/edit

УДК 004

А.Т. Аккушкар, А.Т. Байбакина

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СИСТЕМ РОДИТЕЛЬСКОГО КОНТРОЛЯ

Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова г. Актобе, Казахстан,

¹tyali2018@mail.ru

²Aksaule67@mail.ru.

Аннотация

В современном мире, где технологии становятся все более интегральной частью нашей повседневной жизни, защита и контроль за детьми в онлайн пространстве становятся все более важными задачами для родителей. Системы родительского контроля предоставляют средства для мониторинга активности детей в интернете, управления временем, проведенным онлайн, и защиты от вредоносного контента. Эффективный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс является ключом к успешной реализации таких систем. Давайте глубже рассмотрим, как создать такой интерфейс с использованием Flutter, мобильного фреймворка от Google.

Статья рассматривает значимость защиты и контроля за детьми в онлайн пространстве в современном мире, а также представляет методы создания эффективного пользовательского интерфейса с помощью мобильного фреймворка Flutter от Google. Обсуждаются ключевые требования к интерфейсу, такие как простота, интуитивная навигация, консистентность, адаптивность, легкость взаимодействия, безопасность и обратная связь. Показаны основные функциональные блоки приложения "SchoolKZ", обеспечивающие понятную навигацию и комфортное взаимодействие для родителей и школьников. Статья также подчеркивает важность кроссплатформенности приложения и преимущества его использования. Разработанный интерфейс для приложения "SchoolKZ" сочетает в себе удобство использования, функциональность и кроссплатформенность, делая его ценным инструментом для поддержки образовательного процесса в онлайн среде.

Ключевые слова: *система родительского контроля, интерфейс пользователя, удобство использования, функциональность, кроссплатформенность*

Среди ключевых требований, которые непременно должны учитываться при разработке интерфейса, выделяются: простота и понятность, интуитивная навигация, консистентность, адаптивность к разным устройствам, легкость взаимодействия, безопасность и конфиденциальность, а также обратная связь и поддержка пользователей. Реализация данных аспектов не только обеспечивает комфортное взаимодействие с приложением, но и повышает его эффективность в контексте родительского контроля.

При разработке системы родительского контроля важно обеспечить не только функциональность, но и удобство использования интерфейса. Это особенно актуально для приложений, предназначенных для родителей и школьников, где простота и интуитивная

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича понятность играют решающую роль.

Разработка удобного и функционального интерфейса требует учета ряда ключевых требований, которые помогут обеспечить высокий уровень удовлетворения пользовательских потребностей. Вот основные требования которые учитывались при разработке интерфейса:

- *простота и понятность*: интерфейс должен быть легко воспринимаем и понятен для пользователей всех возрастных категорий, включая родителей и детей; упрощенные элементы управления, понятные названия и ясная структура помогут достичь этой цели;
- *интуитивная навигация*: пользователь должен легко ориентироваться в приложении и быстро находить необходимые функции; правильно организованная навигационная структура и понятные иконки упростят этот процесс;
- *консистентность*: весь интерфейс должен быть единообразным и последовательным; это означает, что стиль, расположение элементов и поведение интерфейса должны быть одинаковыми на всех экранах приложения;
- *адаптивность к разным устройствам*: интерфейс должен корректно отображаться и работать на различных устройствах, включая смартфоны, планшеты и компьютеры; адаптивный дизайн поможет обеспечить оптимальный пользовательский опыт на любом устройстве;
- *легкость взаимодействия*: интерфейс должен реагировать на действия пользователя быстро и без задержек, это создаст ощущение отзывчивости и комфорта при использовании приложения;
- *безопасность и конфиденциальность*: интерфейс должен обеспечивать защиту конфиденциальной информации пользователей и предоставлять механизмы контроля доступа к приложению и его функциям;
- *обратная связь и поддержка*: пользователи должны иметь возможность обратиться за помощью или оставить отзыв о приложении; для этого в интерфейсе должны быть предусмотрены соответствующие контактные формы или ссылки.

Удобный интерфейс является ключом к успешной реализации системы родительского контроля. Он позволяет родителям легко получать актуальную информацию о посещаемости и успеваемости своих детей, а также взаимодействовать с учителем.



Рисунок 1.

Был разработан интерфейс (рис.1) для приложения "SchoolKZ" с упором на простоту и функциональность интерфейса. Каждый шаг разработки был обоснован стремлением к удобству использования и понятности для пользователей. Например, на домашнем экране представлены основные функциональные блоки, такие как управление информацией об ученике, контроль посещаемости, настройка пропускного режима и доступ к чату с учителями, что делает навигацию интуитивно понятной. Кнопки и элементы управления представлены в простом и выразительном стиле, облегчающим взаимодействие с приложением. Для родителей доступны уведомления о пропусках и опозданиях, а возможность чата с учителем обеспечивает оперативную коммуникацию.



Рисунок 2.

Данное приложение является кроссплатформенным (Рис. 2). В предыдущей статье было описано значение кроссплатформенности приложения при разработке.[1]

Разработанное приложение имеет ряд ключевых аспектов:

гибкость и универсальность: кроссплатформенное приложение может работать на различных операционных системах и устройствах, что придает ему гибкость и универсальность. Пользователи могут использовать приложение на своих устройствах, будь то iPhone, iPad, устройства на Android или даже на веб-платформах, не переживая о совместимости;

повышенная скорость выхода на рынок: кроссплатформенное приложение позволяет достичь большего числа пользователей на разных платформах, что ускоряет процесс выхода на рынок и момент, когда приложение становится доступным для широкой аудитории;

эффективное использование ресурсов: разработка кроссплатформенного приложения экономит ресурсы, так как разработчики могут использовать единый код для всех платформ, а также повторно использовать компоненты пользовательского интерфейса и бизнес-логики, что способствует оптимизации использования времени и затрат на разработку.

Таким образом, на рисунке 2 демонстрируется готовность приложения к работе на различных платформах, что является преимуществом при работе с большой аудиторией.

В данной статье был представлен обзор разработанного удобного и функционального интерфейса для системы родительского контроля приложения "SchoolKZ". Разработка удобного интерфейса является важным шагом для обеспечения эффективного использования приложения, и поэтому этому аспекту было уделено особое внимание.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Таким образом, разработанный интерфейс для системы родительского контроля приложения "SchoolKZ" представляет собой пример эффективного сочетания удобства использования, функциональности и кроссплатформенности, что делает его ценным инструментом для поддержки образовательного процесса в онлайн среде.

Список использованной литературы

1. “О эффективности использования dart и flutter при разработке мобильных приложений”, Аккушкаров А.Т.; Сборники материалов конференций и научных мероприятий им К.Жубанова.

ӘОЖ 378.18:378.4

ҒТАМАР 14.01.85

Г.З. Халықова

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ПОРТФОЛИО – БОЛАШАҚ ПЕДАГОГ МАМАННЫҢ ЦИФРЛЫҚ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІНІҢ КӨРСЕТКІШІ РЕТІНДЕ

*Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.
gulira13@gmail.com*

Аңдатпа

Мақалада педагог мамандардың цифрлық құзыреттілігін қалыптастыру және дамыту мәселесіне арналады. Ақпараттық қоғамның мүшелерін даярлаудағы педагог мамандардың кәсіби құзыреттілігінің, болашақ мамандардың цифрлық сауаттылығының өзектілігі баяндалған. Цифрлық сауаттылықтың, цифрлық құзыреттіліктің жеткілікті деңгейде қалыптасып, дамуы алдыңғы кезекте педагог мамандардың цифрлық сауаттылығына тәуелді болатындығы аталып көрсетілген. Осы бағыттағы отандық және шетел зерттеушілерінің еңбектеріндегі цифрлық сауаттылық ұғымына талдау жасалынып, оның құрамдас бөліктері анықталған. Цифрлық сауаттылық ұғымының әрбір құрамдас бөліктері жекелей талданған. Цифрлық сауаттылықтың негізгі құрамдас бөлігінің бірі цифрлық құзыреттілік екені дәлелденіп, цифрлық құзыреттіліктің модульдері анықталып, әрбір модульге сипаттама бере отырып, педагогтің цифрлық құзыреттілігінің қалыптасу көрсеткіштерін айқындаған. Педагогтің цифрлық құзыреттілігін қалыптастыруға байланысты зерттеулерге жасалынған талдау негізінде, оның қалыптасуын анықтайтын негізгі төрт белгіні атап көрсеткен. Цифрлық құзыреттілігі қалыптасқан педагогке тән негізгі сипаттаманың бірі – оның оқу-әдістемелік, ғылыми-зерттеу және шығармашылық еңбектерін қамтитын онлайн электрондық портфолиосының болуы деп тұжырымдалған. Электрондық портфолионың болашақ мамандар үшін маңыздылығын сипаттай келе, болашақ педагог маманның электрондық портфолиосының құрылымын анықталған. Сонымен қатар, болашақ педагог маманның электрондық портфолионың құрылымына сипаттама беріліп, әрбір бөлімнің педагог маман үшін маңыздылығы туралы айтылған. Болашақ педагог мамандар үшін онлайн электрондық портфолионың үш маңызды сипаттамасы аталып көрсетілген. Болашақ педагог маманның онлайн электрондық портфолионың болуы оның цифрлық құзыреттілігінің қалыптасу көрсеткішін болады деп тұжырымдайды.

Қазіргі уақытта қоғам дамуында болып жатқан өзгерістер, цифрлық технологиялардың қарыштап дамуы болашақ педагог мамандар даярлау мәселесіне жаңаша көзқараспен қарауды талап етеді. Өйткені педагогика тарихына көз жүгіртсек, сапалы мамандар даярлауда педагог маманның кәсіби іс-әрекетінің нәтижелілігі мен табыстылығы ерекше мәнге ие болып келді және бүгінгі цифрлық технологияларға негізделген білім беру кеңістігінде оның мәні арта түспек. Дәлірек айтқанда, уақыт талабына сай ақпараттық

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича қоғамның мүшелерін даярлау педагог мамандардың кәсіби құзыреттілігіне тәуелді екенін бүгінгі таңда практика көрсетіп отыр.

Цифрлық экономикаға негізделген қоғам мүшелерін уақыт талабына сай, даярлап қалыптастыру мәселесі болашақ педагог мамандардың кәсіби біліктілігі мен сапасына келіп тіреледі. Осыған орай, ұсынылып отырған жоба педагог мамандардың цифрлық құзыреттілігін қалыптастыру және дамыту мәселесіне арналады.

Бүгінгі таңда мамандар даярлау сапасы алдыңғы кезекте оқытушының кәсіби іс-әрекетінің ұтымды ұйымдастырылуына, педагогикалық іс-әрекетті жүзеге асыруға қажетті білім, іскерлік пен дағды және құзыреттілігінің жеткілікті деңгейде болуы мен оның табысты жүзеге асырылуына тәуелді. Қоғамның білім беру саласына қоятын талаптары тұрғысынан алғанда, педагогтің кәсіби даярлығына жаңа көзқараспен қарауды талап етеді. Дәлірек айтқанда, педагогтің кәсіби құзыреттілігінің мазмұнын цифрлық технологиялардың мүмкіндігіне сай жетілдіру қажеттілігін көрсетеді.

Қазіргі уақытта цифрлық технологиялар бүкіл әлемді түрлендіру үстінде және осыған байланысты цифрландыру термині өмірдің барлық саласында кеңінен пайдаланылып жатқаны ешқандай дәлелдеуді қажет етпейді. Өйткені адамзат қарым-қатынасы цифрлық технологиялар негізінде жүзеге асырылуда және бұл өз кезегінде әрбір қоғам мүшесінің цифрлық технологияларды еркін пайдалана білуін талап етеді. Цифрлық технологияларға негізделген қоғамның болашақтағы мүшелерін даярлауда негізгі күш педагогтер қауымына түсетіні сөзсіз. Өйткені бүгінгі мектеп оқушысы – ертеңгі студент, бүгінгі студент - ертеңгі болашақ маман, дәлірек айтқанда, цифрлық технологияларға негізделген қоғамның мүшелері. Енді цифрлық технологияларды «еркін пайдалана білу» дегенді нақтылай түссек, қарапайым тілмен айтқанда, цифрлық сауаттылығының болуы мен цифрлық құзыреттілігінің қалыптасуы [1].

Цифрлық сауаттылық дегеніміз не?

• «Цифрлық сауаттылық» терминін 1997 жылы П.Гилстер енгізген болатын, ол цифрлық сауаттылықты «компьютердің көмегімен ұсынылған әртүрлі форматтағы кең ауқымды ақпарат көздеріндегі ақпаратты адамның түсіну және пайдалану қабілеті» ретінде анықтады [2]. Кейіннен бұл ұғым Р.Гудфеллоу, Л.Гурлей, М.Холл және т.б. зерттеушілердің еңбектерінде кеңейтіліп, талданды [3].

• Енді цифрлық сауаттылықтың құрамдас бөліктеріне тоқталайық. Цифрлық сауаттылықтың құрамдас бөліктері Д.Белшоу, Н.Д. Берман, Солдатова сынды және т.б. зерттеушілердің еңбектерінде талданған. Біз Н.Д. Берман [4] ұсынған цифрлық сауаттылық ұғымының құрамдас бөліктерін негізге аламыз. Автордың пікірінше, ол үш негізгі құраушыдан тұрады:

цифрлық құзырлық,
цифрлық тұтыну және
цифрлық қауіпсіздік.

«**Цифрлық құзырлық:** Интернеттен іздеу технологияларын меңгеру, ақпаратты сыни тұрғыдан қабылдау және оның дәлділігін тексере білу қабілеті, Интернет желісіне орналастыратын мультимедиалық мазмұнды құра білу іскерлігі, мобильды байланыс құралдарын пайдалана білуге даярлығы, Интернет арқылы қаржылық әрекеттерді орындай білу іскерлігі, әртүрлі қызмет немесе товар алуға онлайн-сервистерді пайдалана білуді қамтиды, - деп көрсетеді.

Цифрлық тұтыну – бұл әртүрлі цифрлық технологиялардың қол жетімділік деңгейі мен оларды (аппараттық және программалық) пайдалануды көрсетеді.

Ал, **цифрлық қауіпсіздікке** желіде әрі техникалық, әрі әлеуметтік психологиялық тұрғыдан қауіпсіз жұмыс істеу дағдыларын меңгеру кіреді.

• Евро Одақ елдері ұсынған құжатта «цифрлық құзырлық» пен «цифрлық дағдыны» синоним ретінде қарастырып, оның ақпаратпен және мәліметтермен жұмыс істеу, онлайн қарым-қатынас жасау мен өзара әрекеттесу, цифрлық контент құру, қауіпсіздік мәселелерін шешу тәрізді іскерліктерді қамтитын негізгі цифрлық дағдылардан тұратынын атап

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича көрсетеді. Цифрлық құзырлық пайдаланушының сенімді, сыни тұрғыдан ойлай отырып, жауапкершілікпен цифрлық дағдыларды белгілі бір салаға, мысалы, білім беру саласында пайдалана білу қабілеттілігін сипаттайтындығы келтірілген. Сонымен қатар, Евро Одақ елдерінде 2006-жылдан бастап цифрлық құзырлық өмір бойы білім алуға, оқуға қажетті негізгі сегіз құзырлықтың бірі болып есептеледі [5].

ЮНЕСКО ұсынған педагогтердің **цифрлық құзыреттілігінің** құрылымы үш модульден тұрады: **ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану, білімді меңгеру және білімді қалыптастыру.**

Ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану дегеніміз – бұл элеуметтік тұрғыдан даму үшін цифрлық технологияларды пайдалануға оқушыларды даярлау.

Білімді меңгеру – цифрлық технологияларды пайдалана отырып, елді элеуметтік және экономикалық тұрғыдан дамытуға қажетті оқушылардың қабілеттіліктерін дамыту.

Білімді қалыптастыру – инновациялық процестерді дамытуға оқушылардың алған білімін пайдалана білуге оларды баулу.

Осы модульдердің әрқайсысы 6 аспектіні қамтиды [6]: ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың білім берудегі пайдаланылуын түсіну, оқу бағдарламасы және бағалау, ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың оқу процесінде шынайы пайдаланылуын мұғалімнің көрсетуі, ақпараттық-коммуникациялық технологияларды компьютерлік желі мүмкіндіктерін мұғалім мен оқушылардың бірлесе пайдалануы, білім беру процесін ұйымдастыру және басқару, педагогтің кәсіби тұрғыдан дамуы.

• Педагогтің цифрлық құзыреттілігін қалыптастыруға байланысты жүргізілген зерттеушілердің (Н.П.Ячина, О.Г. Фернандез, И.Ю.Духовникова, А.М.Король және т.б.) еңбектерінде оқыту іс-әрекетіне қатысты негізгі үш **цифрлық құзырлықты** ерекшелейді [7]: 1) оқытушының білім беру ресурстарын құруға және пайдалануға цифрлық құралдарды бағдарлай білу қабілетіне ие болуы тиіс; 2) оқытушы негізгі цифрлық білім беру ресурстарын ажырата білуі және оны мектептегі сабақта пайдалана білу іскерлігі болуы тиіс; 3) цифрлық білім беру технологияларын пайдалана отырып, оқу сабақтарын жобалай білу іскерлігінің болуы. Бұл аталған цифрлық құзырлықтар, жоғарыда келтірілген Н.Д. Берман ұсынған цифрлық сауаттылықтың құрамына кіреді деп есептейміз. И.Ю.Духовникова, А.М.Король өз зерттеулерінде цифрлық педагогиканың тұжырымдамасын негізге ала отырып, мектеп мұғаліміне тән цифрлық құзырлықтарды анықтайды.

Педагогтің цифрлық құзыреттілігінің қалыптасқанын қалай анықтауға болады?

Педагогтің цифрлық құзыреттілігін қалыптастыруға байланысты зерттеулерді қорытындылай келе, ол төмендегідей белгілер арқылы анықталады деп есептейміз [1]:

біріншіден, білім беру процесінде пайдаланылатын цифрлық технологиялардың түрлері мен олардың мүмкіндіктері туралы білуі;

екіншіден, педагогтің цифрлық технологияларды пайдалануға деген оң көзқарасы, жаңа технологияларды пайдалануға деген ұмтылысы болуы керек;

үшіншіден, цифрлық технологияларға талдау жасай отырып, сабақтың мақсаты мен міндеттеріне қарай оларды пайдалана білуі;

төртіншіден, виртуалдық кеңістіктегі ақпаратты пайдалану ережелерін білуі тиіс.

Біз цифрлық педагогиканың тұжырымдамасында аталып көрсетілген, жаппай ашық онлайн курстарын пайдалануды ғана емес, цифрлық құзыреттілігі қалыптасқан педагог оны құруға ат салысуы тиіс деп есептейміз. Сонымен бірге, цифрлық құзыреттілігі қалыптасқан педагогке тән негізгі сипаттаманың бірі – оның оқу-әдістемелік, ғылыми-зерттеу және шығармашылық еңбектерін қамтитын онлайн электрондық портфолиосының болуы.

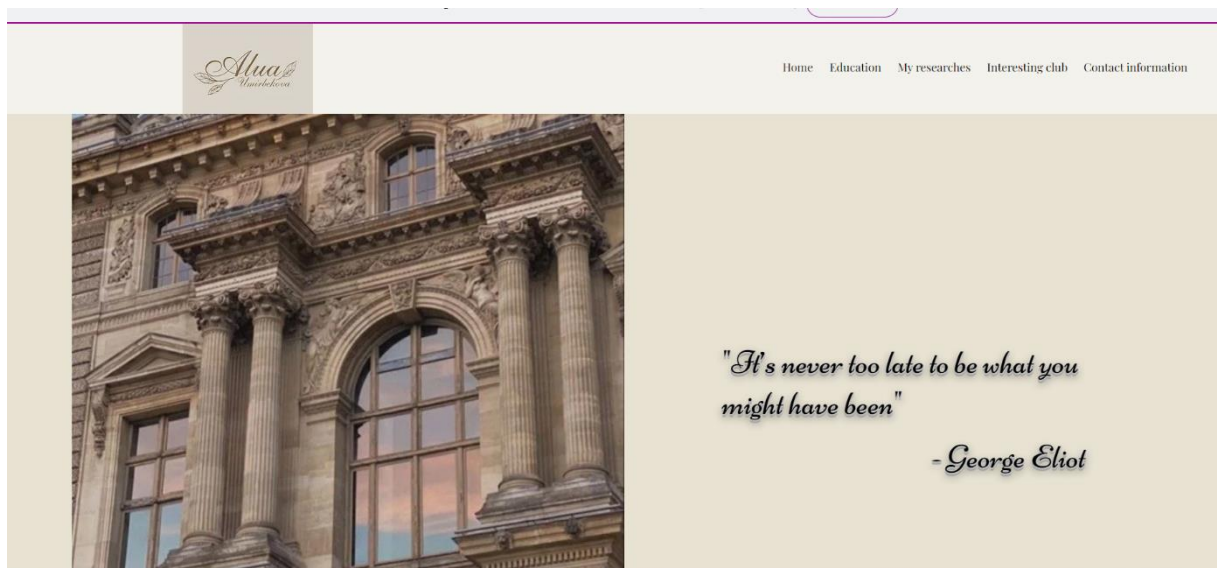
Электрондық портфолио студенттің оқудағы, шығармашылық жетістіктерін бағалау тәсілі болып табылады. Болашақ педагог маманның электрондық портфолиосы жұмыс берушіге қажетті ақпаратты толық қамтитын және кәсіби қызметі барысында жалғасын табатын, кәсіби шеберлігі мен құзыреттіліктерінің, оның ішінде, цифрлық құзыреттілігін көрсететін, үздіксіз толықтырылатын жүйе болып саналады.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Бүгінгі таңда цифрлық экономикаға негізделген қоғамның мүшелерін тәрбиелейтін педагог оқу процесінде цифрлық білім беру ресурстарын ұтымды пайдалана білуі тиіс. Атап айтқанда жоба авторының қарым-қатынасты ұйымдастыруға арналған цифрлық білім беру ресурстары, оқыту мазмұнын ұсынуға арналған ресурстар, оқу материалын бекіту, жаттықтыру және білімді бақылау мен бағалауға арналған цифрлық ресурстардың оқу процесіндегі пайдаланылу тәжірибесі көрсетіледі.

Жоғарыда аталған студенттің электрондық портфолиосының практикада жүзеге асырылуы

Ақпараттық -коммуникациялық технологиялар пәнін оқыту бағдарламасының аясында 1-курс студенттері өздерінің электрондық портфолиосын даярлады. Электрондық портфолионы құруға Wix.com платформасы ұсынылды. 1-суретте «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» пәнінің шеберінде құрылған «Саясаттану» мамандығы 1-курс студенті Өмірбекова Алуаның онлайн электрондық портфолиосының бастапқы беті келтірілген (электрондық портфолио адресі: <https://aluaumirbekova4.wixsite.com/alua>)



Сурет 1. Электрондық портфолионың бастапқы беті

Электрондық портфолио бес беттен тұрады: бастапқы бет, білім беру, ғылыми зерттеу жұмысы, қоғамдық жұмыстар және байланыс ақпараты.

Бастапқы бетте студенттің өзі туралы, резюме және университет туралы ақпарат келтірілген.

Білім беру бетінде: пәндер бөлімі, оқу материалдары және тапсырмалар келтірілген.

Пәндер бөлімінде студент оқып жатқан білім бағдарламасының мақсаты, оқытылатын пәндер туралы ақпарат келтірілсе, оқу материалы бөлімінде оқып жатқан пәндердің силлабусы мен оқу-әдістемелік кешендері мен АКТ пәнінен орындаған барлық тапсырмалары орналасқан.

Ғылыми зерттеу жұмысы бөлімінде студент мамандығы бойынша өзін қызықтыратын тақырыпты таңдап, зерттеу жүргізіп, оның нәтижелерін ғылыми жоба түрінде орналастырады. Ал конференциялар бөлімінде студенттердің қатысқан конференциясы немесе болашақта қатысатын конференциясы туралы ақпарат берілген.

Қоғамдық жұмыстар бөлімінде студенттің мектептегі оқыған кезінен бастап қатысқан қоғамдық жұмыстары, жеткен жетістіктері мен шығармашылық жұмыстары туралы ақпарат келтірілген. Сонымен бірге, студенттің жеке қығушылықтары туралы мәліметтер беріледі.

Дәл осындай электрондық портфолионы АКТ пәнін оқыған барлық студенттер

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича даярлайды.

Қорытындылай келе, электрондық портфолионың маңыздылығын төмендегідей тұжырымдауға болады.

Біріншіден, электрондық портфолио – студенттердің білімін бақылау мен бағалаудың жаңа формасы. Студенттің электрондық портфолиосының адресі бойынша студент пен оқытушы арасында үнемі кері байланыстың жүзеге асырылуы. Электрондық портфолио оқытушыға студенттің ойлау жүйесі, шығармашылығы, қызығушылығы және т.б. толыққанды ақпарат береді. Бұл оқытушыға студенттің білімін шынайы бағалауға мүмкіндік береді.

Екіншіден, педагог пен білім мекемелері, пайдаланушылар арасындағы үздіксіз өзара байланыс орнату. Электрондық портфолио онлайн ағылшын тілінде болғандықтан педагог өзінің тәжірибесін көпшілікке ұсына алады және пікір алмасып, тәжірибесімен бөлісе алады. Сонымен бірге, білім беру мекемелері барлық мәліметті электрондық портфолио арқылы алып отырады.

Үшіншіден, электрондық портфолио - болашақ педагог мамандардың цифрлық құзыреттілігінің көрсеткіші. Жұмыс берушілерге бітіруші маманның толық кәсіби сипатын көрсете алатын ақпарат көзі болып табылады. Болашақ педагог маманның визиттік карточкасы. Сонымен бірге, қазіргі уақытта барлық мектеп мұғалімдерінен электрондық портфолио талап етіледі. Бұл бізді бітірген мамандардың цифрлық экономикаға негізделген қоғам мүшелерін қалыптастырып, даярлауға дайын екенін көрсетеді және олардың цифрлық құзыреттілігінің қалыптасу көрсеткіші болып есептеледі.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. К.З. Халықова, С.Н.Идрисов, Тульбасова Б.К. Педагог мамандардың цифрлық құзыреттілігін дамыту мәселелері // Абай ат.ҚазҰПУ хабаршысы. Педагогикалық ғылымдар сериясы, №3(75), 2022. 149-156 бб.
<https://doi.org/10.51889/1979.2022.76.62.012>.
2. Gilster, P. (1997) Digital literacy. New York: John Wiley.
3. Глухов А.П. Цифровая грамотность поколения z: социально-сетевой ракурс // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2019. № 52.
4. Берман Н.Д. К вопросу цифровой грамотности//Современные исследования социальных проблем. Том 8, №6-2, 2017 г., - 37 б.
5. Цифровые навыки и компетенция, цифровое и онлайн обучение, 29-бет
https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/2019-08/dsc_and_dol_ru_0.pdf
6. Структура ИКТ-компетентности учителей. Рекомендации ЮНЕСКО. – [Электронный ресурс]. – 115 с. – URL:
<https://iite.unesco.org/pics/publications/ru/files/3214694.pdf>.
7. Ячина Н.П. Развитие цифровой компетентности будущего педагога в образовательном пространстве / Н.П. Ячина, О.Г.Г. Фернандез // Вестник ВГУ. – 2018. – № 6. – С. 134-138.

UDC: 004.942

G. Ugulbai, A.K. Yershina

GAS LAW TRAINING VIA MATHEMATICA

Master's student of the 2nd year

Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

Abstract

Teaching gas laws using Mathematica offers many advantages over traditional methods. Mathematica can automate calculations, visualize complex systems, and perform numerical simulations, allowing students to explore the relationships between pressure, volume, temperature, and other properties of gases in a more interactive and intuitive way. With Mathematica, students can generate graphs, manipulate equations, and perform simulations that provide a more complete understanding of gas laws. This technology can be used to demonstrate fundamental principles such as Boyle's Law, Charles's Law, Gay-Lussac's Law and the Ideal Gas Law, and can help students develop a deeper understanding of thermodynamics and related subjects. By providing a more engaging and interactive learning experience, teaching gas laws with Mathematica can help students develop a greater appreciation for the subject and ultimately achieve greater success in their studies.

Кілт сөздер: Mathematica қосымшасы, температура, қысым, газ заңдары, көлем.

Түйіндеме

Mathematica қосымшасы арқылы газ заңдарын оқытудың дәстүрлі әдістерге қарағанда көптеген артықшылықтары бар. Mathematica есептеуді автоматтандырады, күрделі жүйелерді визуализациялайды, студенттерге қысым, көлем, температура және газдың басқа да қасиеттері арасындағы арақатынасты неғұрлым интерактивті, интуитивті тәсілмен зерттеуге мүмкіндік беріп, сандық моделдеуді орындай алады. Mathematica көмегімен студенттер графика жасайды, теңдеулерді манипуляциялайды және газ заңдарын толық түсінуді қамтамасыз ететін моделдер құрады. Бұл технология Бойль-Мариотт, Гей-Люссак, Шарль және идеал газ заңдары сияқты іргелі қағидаттарды көрсету үшін пайдаланылады, студенттерге осыған байланысты ұғымдарды терең түсінуге көмектеседі.

Keywords: Mathematica, temperature, pressure, gas law, volume.

Gas laws are fundamental principles in the study of thermodynamics and play a critical role in many fields, including chemistry, physics, and engineering. Teaching these laws to students in higher educational institutions can be challenging due to their complexity and the mathematical calculations involved. However, by utilizing computational software such as Mathematica, teachers can provide students with a more engaging and interactive learning experience.

Mathematica offers several advantages for teaching gas laws, including the ability to automate calculations and visualize complex systems. This allows students to focus on understanding the underlying principles rather than performing tedious calculations. Additionally, Mathematica can perform numerical simulations of gas systems, allowing students to observe how the gas behaves under different conditions and gain a deeper understanding of the underlying concepts [1].

In this text, we will explore the methods of teaching gas laws to students in higher educational institutions using Mathematica. We will discuss how to utilize Mathematica to perform calculations related to Boyle's Law, Charles's Law, and the Ideal Gas Law. We will also explore how to use Mathematica to visualize the behavior of gas systems and perform numerical simulations.

Overall, by leveraging the capabilities of Mathematica, teachers can provide students with a more engaging and interactive learning experience when teaching gas laws. This can lead to a deeper understanding of the fundamental principles of thermodynamics and better prepare students for careers in chemistry, physics, and engineering.

Advantages of Teaching gas laws using Mathematica for both teachers and students

Teaching gas laws using Mathematica offers several advantages for both teachers and students. These advantages include:

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Automation of calculations: Mathematica can automate the calculations involved in gas laws, such as the calculation of pressure, volume, and temperature. This allows students to focus on understanding the underlying principles rather than performing tedious calculations. For example, when teaching Boyle's Law, instead of manually calculating the product of pressure and volume for different states of a gas, Mathematica can easily perform the calculation and generate a graph showing the relationship between pressure and volume.

Visualization of complex systems: Mathematica can visualize the behavior of gas systems and make complex systems easier to understand. For example, when teaching Charles's Law, Mathematica can generate a graph showing the relationship between temperature and volume, allowing students to observe how the volume of a gas changes with temperature.

Numerical simulations: Mathematica can perform numerical simulations of gas systems, allowing students to observe how the gas behaves under different conditions. For example, when teaching the Ideal Gas Law, Mathematica can simulate the behavior of an ideal gas under different pressure and temperature conditions, allowing students to observe how the gas volume changes with changes in pressure and temperature [2].

Examples of teaching gas laws using Mathematica include:

Visualization of the Ideal Gas Law: Using Mathematica, teachers can generate a graph showing the relationship between pressure, volume, and temperature for an ideal gas. This can help students understand how changes in pressure, volume, and temperature affect the behavior of the gas.

Numerical simulations of gas behavior: Mathematica can simulate the behavior of a gas under different conditions, allowing students to observe how the gas behaves. For example, teachers can use Mathematica to simulate the behavior of a gas in a container with a fixed volume and varying pressure, or in a container with a fixed pressure and varying volume [3].

Examples of how to use Mathematica to teach gas laws:

Boyle's Law

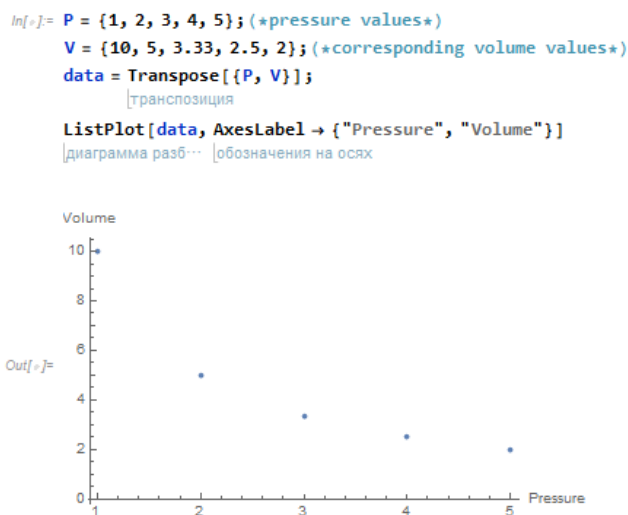


Fig. 1 Relationship between pressure and volume

Boyle's Law states that the volume of a gas is inversely proportional to its pressure at a constant temperature. We can use Mathematica to generate a graph showing the relationship between pressure and volume:

```
P = {1, 2, 3, 4, 5}; (*pressure values*)
V = {10, 5, 3.33, 2.5, 2}; (*corresponding volume values*)
data = Transpose[{P, V}];
ListPlot[data, AxesLabel -> {"Pressure", "Volume"}]
```

This code generates a graph showing the inverse relationship between pressure and volume, which is the fundamental principle of Boyle's Law.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Gay-Lussac's Law

Gay-Lussac's Law states that the volume of a gas is directly proportional to its temperature at a constant pressure. We can use Mathematica to generate a graph showing the relationship between temperature and volume:

```
T = {273, 283, 293, 303, 313}; (*temperature values*)
V = {10, 11, 12, 13, 14}; (*corresponding volume values*)
data = Transpose[{T, V}];
ListPlot[data, AxesLabel -> {"Temperature", "Volume"}]
```

```
In[ ]:= T = {273, 283, 293, 303, 313}; (*temperature values*)
V = {10, 11, 12, 13, 14}; (*corresponding volume values*)
data = Transpose[{T, V}];
ListPlot[data, AxesLabel -> {"Temperature", "Volume"}]
```

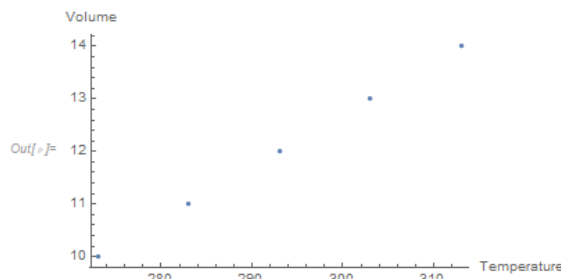


Fig. 2 Relationship between temperature and volume

This code generates a graph showing the direct relationship between temperature and volume, which is the fundamental principle of Charles's Law.

Ideal Gas Law

The Ideal Gas Law states that the product of the pressure, volume, and temperature of a gas is constant. We can use Mathematica to simulate the behavior of an ideal gas under different pressure and temperature conditions:

```
n = 1; (*number of moles of gas*)
R = 8.314; (*gas constant*)
P = 1; (*pressure in atm*)
V = 10; (*volume in liters*)
T = Table[i, {i, 273, 373, 20}]; (*temperature values*)
data = Table[{t, (n*R*t)/(P*V)}, {t, T}];
ListPlot[data, AxesLabel -> {"Temperature", "Density"}]
```



```
In[ ]:= n = 1; (*number of moles of gas*)  
R = 8.314; (*gas constant*)  
P = 1; (*pressure in atm*)  
V = 10; (*volume in liters*)  
T = Table[{i, {i, 273, 373, 20}}]; (*temperature values*)  
[таблица значений]  
data = Table[{t, (n * R * t) / (P * V)}, {t, T}];  
[таблица значений]  
ListPlot[data, AxesLabel -> {"Temperature", "Density"}]  
[диаграмма разб... [обозначения на осях]
```

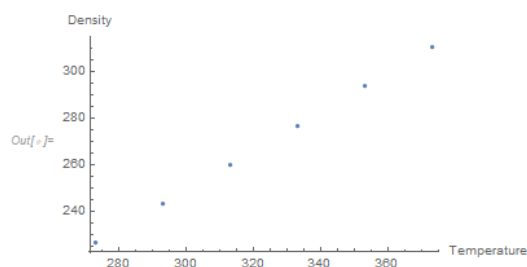


Fig. 3 Relationship between pressure and temperature

This code generates a graph showing the relationship between temperature and gas density, which is a direct consequence of the Ideal Gas Law. By varying the pressure, volume, and number of moles of gas, we can observe how the gas density changes under different conditions [4].

These examples demonstrate how Mathematica can be used to teach gas laws by automating calculations, visualizing complex systems, and performing numerical simulations.

During the training of the topic "Gas Laws" using the application "Matematica," the basic laws, principles and formulas related to the behavior of gases in various conditions were studied. Thanks to this application, it was possible to carry out a variety of calculations and modeling of gas processes, which greatly simplified and accelerated the learning process.

It is noted that the Matematica application made it possible not only to better understand the theoretical aspects of the Gas Laws, "but also put the knowledge gained into practice, which contributes to a deeper absorption of the material. The results of the training indicate that the use of modern technologies and software tools, such as "Matematica," effectively contributes to improving the level of education and improving the quality of knowledge.

LITERATURE USED

1. Bruce A. Finlayson. (2005). Introduction to Chemical Engineering.: Seattle.: University of Washington p.85-90.
2. Bill Briggs, Lyle Cochran, and Bernard Gillett. (2013). "Mathematica for Scientists and Engineers" Pearson, p. 26-27.
3. Stanley I. Sandler. (2006). "Chemical, Biochemical, and Engineering Thermodynamics" Hoboken, N.J.: John Wiley, p. 256-258.
4. Yunus A. Cengel and Michael A. Boles. (2006). "Thermodynamics: An Engineering Approach" Boston: McGraw-Hill Higher Education p. 118-120.

TRENDS IN COMPUTER MODELING

Kazakh National Pedagogical University named after Abai, c. Almaty, Kazakhstan

Scientific supervisor:

doctor of Pedagogical Sciences, Professor Kazakhbayeva D.M.,

Аңдатпа

Бұл мақалада роботты құрылғыларды компьютерлік модельдеу мен бағдарламалаудың көпқырлы саласы қарастырылады, бұл осы технологияларға қатысты қыр-сырды терең зерделеуді қамтамасыз етеді. Ол роботтық жүйелерді жобалау, әзірлеу және енгізу сияқты әртүрлі аспектілерді зерттейді, олардың функционалдығы мен тиімділігін арттырудағы компьютерлік модельдеу мен бағдарламалаудың негізгі рөлін көрсетеді.

Сонымен қатар, мақалада әлемде осы саланың дамып келе жатқан ландшафты туралы түсінік берілген. Ол робототехниканың әртүрлі секторларда, соның ішінде өңдеу өнеркәсібінде, денсаулық сақтауда, ауыл шаруашылығында және одан тыс жерлерде өсіп дамуына ықпал ететін факторларды зерттейді. Сонымен қатар, ол әлемдік робототехника нарығындағы мүдделі тараптардың алдында тұрған қиындықтар мен мүмкіндіктерді зерттеп, осы серпінді саладағы инновациялар мен ынтымақтастықты дамытуға бағытталған бастамаларға жарық сәулесін түсіреді.

Бұл мақала кешенді талдау арқылы оқырмандарға жаһандық ауқымда робототехника саласындағы компьютерлік модельдеу мен бағдарламалаудың қазіргі жағдайы мен болашақ перспективалары туралы жан-жақты түсінік беруге бағытталған. Бұл робототехника саласындағы жетістіктерді ілгерілету және оның трансформациялық әлеуетін әртүрлі салалар мен қоғамдық қолданыстарда пайдалану үшін үздіксіз ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың маңыздылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: модельдеу, бағдарламалау, роботты құрылғылар, бағдарламалау тілдері, манипулятор, компилятор.

Аннотация

В этой статье рассматривается многогранная область компьютерного моделирования и программирования роботизированных устройств, которая обеспечивает глубокое изучение тонкостей, связанных с этими технологиями. Он исследует различные аспекты, такие как проектирование, разработка и внедрение роботизированных систем, демонстрируя фундаментальную роль компьютерного моделирования и программирования в повышении их функциональности и эффективности.

Кроме того, в статье дается представление о развивающемся ландшафте этой отрасли в мире. Он изучает факторы, которые способствуют росту робототехники в различных секторах, включая обрабатывающую промышленность, здравоохранение, сельское хозяйство и за ее пределами. Кроме того, он исследует проблемы и возможности, с которыми сталкиваются заинтересованные стороны на мировом рынке робототехники, проливая свет на инициативы, направленные на развитие инноваций и сотрудничества в этой динамичной области.

Благодаря комплексному анализу эта статья направлена на то, чтобы дать читателям всестороннее представление о текущем состоянии и будущих перспективах компьютерного моделирования и программирования в области робототехники в глобальном масштабе. Это подчеркивает важность непрерывных исследований и разработок для продвижения достижений в области робототехники и использования ее трансформационного потенциала для различных отраслей и общественных приложений.

Ключевые слова: моделирование, программирование, роботизированные устройства,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
языки программирования, манипулятор, компилятор.

Annotation

This article examines the multifaceted field of computer modeling and programming of robotic devices, which provides an in-depth study of the intricacies associated with these technologies. He explores various aspects such as the design, development and implementation of robotic systems, demonstrating the fundamental role of computer modeling and programming in improving their functionality and efficiency.

In addition, the article gives an idea of the developing landscape of this industry in the world. He studies the factors that contribute to the growth of robotics in various sectors, including manufacturing, healthcare, agriculture and beyond. In addition, he explores the challenges and opportunities faced by stakeholders in the world robotics market, shedding light on initiatives aimed at developing innovation and collaboration in this dynamic field.

Through a comprehensive analysis, this article aims to give readers a comprehensive understanding of the current state and future prospects of computer modeling and programming in the field of robotics on a global scale. This highlights the importance of continuous research and development to advance advances in robotics and harness its transformational potential for various industries and public applications.

Keywords: modeling, programming, robotic devices, programming languages, manipulator, compiler.

In today's increasingly intricate world, there's a rising trend towards modeling to better understand the complexities of real objects and processes. The main aim of modeling is to simplify real-world entities, focusing on essential aspects while disregarding less important details. This simplification enables researchers to analyze objects more easily and comprehensively. Models, whether physical or computer-based, are powerful tools across various natural sciences, allowing for deeper insights into both living and non-living systems. The evolution of computer technology has particularly accelerated the use of computer modeling, revolutionizing scientific research in diverse fields.

The 21st century stands as an era dominated by the swift proliferation of a novel class of automated entities - robots. These sophisticated machines, often regarded as harbingers of future technologies, never cease to evoke awe and wonder among observers encountering them for the first time. In essence, robots represent a diverse array of mechanical marvels, each distinguished by its unique technical prowess and operational capabilities.

With an ever-expanding repertoire of functions, robots have become integral to various aspects of modern life, from industrial production lines to household chores and beyond. Their versatility and adaptability have rendered them indispensable across a multitude of sectors, revolutionizing the way tasks are accomplished and reshaping entire industries in the process [1].

A defining characteristic of robots is their innate capacity for rapid reconfiguration, allowing them to seamlessly transition between different tasks and environments with precision and efficiency. This agility is made possible by sophisticated control systems and advanced programming, which empower robots to autonomously execute a wide range of predefined actions.

The realm of robotics encompasses an extensive spectrum of applications, ranging from mobile robots capable of traversing diverse terrains to manipulative robots deployed in industrial settings for tasks such as assembly and welding. Within these categories, robots are equipped with a variety of manipulative devices, including mechanical arms and grippers, each tailored to suit specific operational requirements.

At the heart of every robot lies its manipulator – a marvel of engineering designed to emulate the dexterity and versatility of the human hand. Equipped with precision actuators and sensory feedback mechanisms, these manipulators are capable of performing intricate tasks with unparalleled accuracy and finesse, whether it be delicately handling fragile objects or executing complex maneuvers with speed and efficiency [2].

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

Moreover, the evolution of robotic technology has been further propelled by advancements in artificial intelligence and machine learning, enabling robots to learn from experience and adapt their behavior in real-time. This fusion of robotics and AI has unlocked new frontiers in automation, paving the way for intelligent systems capable of autonomous decision-making and problem-solving.

In summary, the 21st century has ushered in an era of unprecedented innovation and progress in the field of robotics, transforming the way we interact with technology and redefining the boundaries of what is possible. As robots continue to evolve and proliferate, their impact on society is poised to grow exponentially, heralding a future where human and machine coexist in symbiotic harmony, driving progress and prosperity for generations to come.

The significance of computer modeling in the realm of robotics is paramount across scientific and technical disciplines. Many physical tasks previously undertaken by humans have been effectively substituted by robots, with computer devices and mathematical computing systems greatly simplifying intricate calculations and transformations, reducing them to a minimum. The objective of robotics lies in the creation and application of robots and the diverse range of robotic systems they enable[3].

The core principle of computer modeling involves carrying out a sequence of computational experiments on a computer. The aim is to generate a replica of the original object in a form permitted by technological capabilities, ensuring the fulfillment of conditions necessary for accomplishing the intended task. The primary stages of computer modeling encompass defining the object for modeling, crafting a conceptual model to identify key elements, devising an algorithm, and writing a program, followed by planning and executing computer-based experiments, and ultimately analyzing and interpreting the results obtained[4].

As a logical culmination of computer modeling, the «lifeless» prototype of a real object takes the form of a program loaded into a specialized chip known as a microchip. Subsequently, the most complex and crucial concluding stage ensues – the programming stage.

The most refined schematic and constructive design of information control systems remains merely a complex and costly shell if not imbued with internal content – algorithmic and programmatic elements capable of solving the necessary class of control tasks, including those of an intellectual nature. A piece of silicon, processed at the most advanced electronic industry facilities and transformed into a microprocessor, is inherently quite inert. Its miraculous transformation into the «brain» of a robot occurs thanks to the software, which serves as the driving force of control.

An integral component of algorithmic and software provision comprises programming languages, which serve not only as a means of representing information and facilitating communication between the robot and operator but also as a tool for logical analysis of intellectual tasks. Conventional human languages are ill-suited for this purpose as they fail to provide the rigor of task formalization, accuracy, and reliability in their logical analysis[5].

Generic Robot Language (GRL) stands as a pivotal tool within the realm of robotics, esteemed for its versatility, efficiency, and adaptability. Crafted meticulously to cater to the multifaceted demands of contemporary robotic systems, GRL emerges as a beacon of innovation, empowering programmers to architect intricate control systems with unparalleled precision and efficacy.

At its core, GRL embodies a rich assortment of functionalities meticulously engineered to navigate the intricacies of robotic control. Its syntax, meticulously designed with clarity and conciseness in mind, facilitates seamless communication between programmers and robotic platforms, fostering an environment conducive to rapid development and iteration. Through its intuitive structure and comprehensive feature set, GRL empowers developers to effortlessly articulate complex algorithms and behaviors, thereby accelerating the pace of innovation within the field of robotics.

One of the hallmark features of GRL lies in its modular architecture, which facilitates the seamless integration of disparate components into cohesive control systems. By embracing a modular approach, GRL empowers developers to encapsulate functionality into reusable modules,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича thereby fostering code reusability, maintainability, and scalability. This modular paradigm not only streamlines the development process but also enhances the robustness and flexibility of robotic systems, enabling them to adapt dynamically to changing environments and requirements.

Furthermore, GRL boasts an extensive library of built-in functions and tools tailored to address a myriad of robotic applications and scenarios. From kinematic transformations and trajectory planning to sensor integration and feedback control, GRL offers a comprehensive suite of utilities designed to empower developers at every stage of the robotic development lifecycle. Leveraging these built-in capabilities, programmers can expedite the implementation of sophisticated control strategies, paving the way for the realization of complex robotic functionalities with unprecedented ease and efficiency.

Moreover, GRL embraces interoperability with a diverse array of hardware platforms and operating systems, ensuring compatibility across a broad spectrum of robotic environments. Whether deployed in industrial automation, autonomous vehicles, or service robotics, GRL stands ready to interface seamlessly with a myriad of sensors, actuators, and computational resources, thereby unlocking new frontiers in robotic innovation and deployment.

In essence, Generic Robot Language (GRL) stands as a testament to the relentless pursuit of excellence within the realm of robotics. With its versatile syntax, modular architecture, and comprehensive feature set, GRL empowers developers to push the boundaries of what is possible, ushering in a new era of intelligent, adaptive, and autonomous robotic systems poised to revolutionize industries, enhance productivity, and enrich the human experience.[6].

Another significant language in the realm of robotics, accompanied by its associated architecture, is the Reactive Action Plan System (RAPS). RAPS is a sophisticated framework that facilitates the development of parallel robotics software by providing mechanisms for defining and managing reactive behaviors and action plans. This system empowers programmers to specify goals, plans related to these goals, and the conditions under which these plans are likely to be successfully executed.

The Reactive Action Plan System offers a high level of flexibility and adaptability, enabling robotics engineers to design intelligent and responsive robotic systems capable of dynamically adjusting their actions based on changing environmental conditions or task requirements. By utilizing RAPS, programmers can create robust and efficient control strategies that enhance the autonomy and versatility of robotic platforms across various applications and domains.

An inquiry arises: how can one utilize such programming languages to write a program for the robot's microchip, enabling it to perform the required tasks? This can be facilitated by a specialized tool known as a compiler – either a program or a technical device for compilation. Compilation involves translating a program written in a high-level source language into an equivalent program in a low-level language, akin to machine code. The compiler takes as input the description of the algorithm or program in a problem-oriented language, and produces as output the equivalent description of the algorithm in a machine-oriented language[7].

In recent years, computer modeling has emerged as a cornerstone of innovation and discovery across a multitude of fields, from engineering and medicine to climate science and economics. As technology continues to advance at an unprecedented pace, several key trends are reshaping the landscape of computer modeling, driving its evolution and expanding its potential applications.

One of the most significant trends is the integration of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) techniques into computer modeling workflows. AI and ML algorithms offer powerful tools for data analysis, pattern recognition, and predictive modeling, allowing researchers to extract valuable insights from large datasets and improve the accuracy of simulations. This trend is particularly evident in fields such as materials science, drug discovery, and financial modeling, where AI-driven approaches are revolutionizing traditional modeling paradigms and accelerating the pace of discovery.

Another prominent trend is the democratization of modeling tools and resources, driven by advancements in cloud computing and open-source software development. Cloud-based modeling platforms provide researchers and engineers with access to scalable computational resources,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича collaborative tools, and pre-built models, enabling them to tackle complex problems without the need for expensive hardware or specialized expertise. This democratization of modeling resources is fostering greater collaboration and innovation across disciplines and empowering individuals and organizations to leverage the power of computer modeling in new and exciting ways.

Interdisciplinary collaboration is also on the rise, as researchers recognize the value of integrating insights from diverse fields to develop more comprehensive and accurate models. By bringing together experts from different disciplines, such as physics, biology, and computer science, interdisciplinary modeling efforts can capture the complexities of real-world systems more effectively and address multifaceted challenges that defy traditional disciplinary boundaries. This trend is driving the emergence of new hybrid modeling approaches that combine techniques from multiple disciplines to tackle complex problems in areas such as personalized medicine, urban planning, and environmental sustainability.

Furthermore, there is a growing emphasis on sustainability and environmental modeling, driven by increasing awareness of the urgent need to address climate change and resource depletion. Computer models are being used to simulate the impacts of human activities on the environment, predict future climate scenarios, and inform policy decisions aimed at mitigating environmental degradation. This trend is spurring innovations in areas such as renewable energy, sustainable agriculture, and green technology, as researchers seek to develop solutions that balance economic growth with environmental stewardship.

In conclusion, the future of computer modeling is characterized by unprecedented opportunities and challenges, fueled by advances in technology, data science, and interdisciplinary collaboration. By harnessing the power of artificial intelligence, cloud computing, and interdisciplinary collaboration, researchers and engineers are poised to unlock new insights, accelerate discovery, and address some of the most pressing challenges facing humanity. As we embark on this journey of exploration and innovation, the potential of computer modeling to transform our world for the better is limited only by our imagination and determination to push the boundaries of what is possible.

References

1. Работы в современном мире: фантазия, ставшая реальностью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ria.ru/entertainment/20110827/424738475.html>.
2. Основные понятия робототехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/3_4443_osnovnie-ponyatiya-robototehniki.html.
3. Компьютерное моделирование устройств робототехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://knowledge.allbest.ru/programming/3c0b65635b3ad78b5d43b89521306d26_0.html
4. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=607464>.
5. Сведения о программном обеспечении и языках программирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bibliotekar.ru/7-robot/55.htm.
6. Компьютерное моделирование: учебно-методич. пособие / С.А. Ключев. – Волжский политехнический институт, 2009. – 89 с.
7. Компилятор [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80>.

А.Б. Біргебаев¹, Ғ.О.Жұмағұл¹

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫНА МАТЕМАТИКА ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ЗАМАНАУИ ҚОҒАМДАҒЫ АДАМ БІЛІМІ МЕН МӘДЕНИЕТІ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ОРНЫ

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.
Ahtai@mail.ru, Zhumagul.gaziza@bk.ru

Аңдатпа

Жұмыста қоршаған ортаны тану мен түрлендірудің құралы болып табылатын ғылымды математикаландырудың, қолданбалы математика мен теориялық математиканың даму кезеңдері мен байланысы қарастырылған. Сонымен қатар ғылым дамуының математикалық білім беруді гуманитарландыруға және заманауи адам мәдениетіне әсері туралы әйгілі ғалымдардың көзқарасы келтірілген. Жұмыста ғылымды математикаландыру, болашақ педагог мамандарды даярлау барысында теориялық білімді практикада пайдалана білу дағдылырын қалыптастыру туралы авторлар өз пікірлерін білдірген.

Кілттік сөздер: қолданбалы математика, теориялық математика, ғылымды гуманитарландыру, педагог мамандарды дайындау.

1986 жылы «Ғылымды математикаландыру алғышарттары, проблемалары, болашағы» атты симпозиумның материалдары жарық көрді. Ол ғылымды математикаландыру феноменін дүниетанымдық және методикалық мәнін түсінуге, осы үдерістің буындарын және заңдылығын талдауға арналды. Оның бағыты бір жағынан жекелеген ғылымдардың бірлігімен өзіндік ерекшелігін терең түсінуге, екіншіден ғылымдарды математикаландыру математиканың өзіндік дамуына қалай әсер ететінін ашуға арналған. Симпозиумның жұмысына математиктер ғана емес, философтар, физиктер, химиктер, биологтар, географтар, экономистер т.б. қатысты. Олардың ішінде А.Н.Тихонов, Б.В. Гнеденко, А.П.Юшкевич, В.И.Арнольд, Д.П. Костомаров, В.И.Купцов және басқалар болды.

Осы симпозиумда А.П. Юшкевич мынандай пікір білдірді. «...Ғылымдарды математикаландыру кез-келген математикаландырылатын ғылымның объектілер жүйесін және олардың арасындағы өзара байланысты оған қолданған математикалық жүйе арқылы изоморфты түрде бейнеленуден тұрады...» [1]

«Математиканың заманауи проблемалары» ғылыми көпшілікке мәлім мақалалар жинағында оның ғылыми редакторы А.А.Петров: «...Математика табиғатты танып білуге өте жоғары деңгейдегі әдістер берді. Планетамыздың қозғалысын зерттеу классикалық механиканың жалпы ұстанымын түйіндеумен аяқталды. Импульс, энергия ұғымы, сақталу ұстанымы молекула мен жылуды зерттеулер үшін эвристикалық негіз берді. Максвелл теңдеуіне әкелген электрлік және магниттік құбылыстарды зерттеу салыстырмалылық теориясының жалпы ұстанымына алып келді. Шредингер теңдеуі табиғаттағы детерминизм туралы пікірді қайта қарауға итермеледі. Сызықтық емес параболалық теңдеулерді зерттеу синергетиканың жалпы ұстанымын ашты. Математика танымның құралын беріп қана қойған жоқ, әлемді түрлендірудің де құралын қолға ұстатты. Уатт реттеушінің орнықтылығын зерттеу заманауи басқару теориясын дүниеге әкелді. Оның үлкен бөлімі А.М.Ляпунов дамытқан қозғалыс орнықтылығының теориясын құрады. Л.С. Понтрягиннің оңтайлы басқару теориясы техникалық объектілерді құрастырмалауды ғылыми негізге қойды...»

Егер осы көзқараспен математикаға үңілсек, онда оның қазіргі таңда біздің қоғамымыздағы адам баласының қызметінің көптеген салаларына әсер ететін мәдениет феноменінің бірі екенін көреміз. Соңғы жүз жылда математиканың қолданылуы қоғамның қандай сұранысын

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича қанағаттандырғанына назар аударайық. СС ғасырдағы шешілген, бірінші ең маңызды сұрақ ол, қарулану жүйесін және қорғаныс құралдарын дамыту, жаңа қару-жарақтарды ойлап табу жаратылыстану ғылымының тез өркендеп дамуына әсер етті. Дамыған елдердің фундаменталды зерттеулерінің тең жартысынан көбі, өткен ғасырда, тек қана әскери - өндірістік кешенінің сұранысына арналды. Бірақ, стратегиялық қару жүйесінің пайда болуына байланысты бұл бағыттағы жұмыстар қалыпты жағдайға түсті. Бірнеше мемлекет кез келген жауластарына әр түрлі жолдармен адам айтқысыз шығын келтіретін мүмкіндіктерге ие болды. Оған сәйкес жұмыстар фундаменталдық зерттеулерді қызықтыруын тоқтатып инженерлік, техникалық деңгейге шықты. Математика қолданысының болашақ дамуы туралы Г.Г.Малинецкий: «Жаңа ғасырдың өзінің басты міндеті болады»- дей келе, қолданбалы зерттеулерді одан әрі дамытуға ынта қоятын үш түрлі пәнаралық басты міндеттерді атайды: «...Бірінші басты міндет деп, - күрделі жүйелерді қауіпсіздікпен және тәуекелмен басқаруды атайды. Жарқын болашақта ғылымның басты функциясының бірі апатты, күйреуді және басқа да, табиғат, техногендік әлеуметтік салалар қауіпсіздігін алдын ала болжау мен ескерту болады...». «..Екінші басты міндет деп – қазіргі таңда нейро ғылымды атайды. Көптеген эксперттердің пікіріне сүйенсек, ХХІ ғасырдың болжамындағы ғылымның ең маңызды жаңалағы « психологиялық кодты» анықтау болады. Яғни жүйке жүйесіндегі ақпараттарды өңдеудің алгоритмдерін кодтау, тасымалдау әдістерін анықтау, сана жұмысын биологиялық талдау. Заманауи ақпараттық технологиялар, томографтардың бірнеше түрлерін және көлемдік құрылымдарды қайта құру алгоритмдерін қолдану нақты уақыт аралығында мидың әр түрлі бөліктерінің белсенділігін анықтап, «ойды көруге мүмкіндік береді». « ...Үшінші басты міндетті кейде альтернативті немесе теориялық тарих деп атайды. Бұл мәселені көп жағдайда стратегиялық талдаумен мемлекеттің, региондардың өркениет мүмкіндіктерінің аясын тарылып, күйзеліске немесе күйреуге әкелетін оқиғалар, технологиялар, шешімдермен байланыстырады...» [2].

Өткен жүз жылдықтың сексенінші жылдары глобалдық ядролық апат үрейіне байланысты әлем үлкен қауіптің алдында тұрғаны сезілді. Әр түрлі мамандықтың өкілдері соғысты болдырмау қажеттігі туралы жарқын сөздер айтты. Бұдан ғалымдар да сырт қалған жоқ. А.А.Александров өзінің бір мақаласында мынандай сөздермен бастады: «...Мен, ғылым мен адамгершіліктің бірлігі аксиома болатын буынға жатамын...» [3]

Ғылым адамның әлемде, осы күнге дейін айтылып, жазылып жүргендей табиғат пен қоғамның сұраныс жағдайына үстемдік жасау мүмкіндігіне ұстамсыз сезім оятты. Осыдан кейін апатты жағдай болмайтын сияқты болды. Бірақ, ғылымның өзі үстемдік идеясының ұлғаюы қауіпті жағдай екенін түсінетін деңгейге жетіп, әлем құрылымын орналасу тәртібіне салмақтылықпен қарауды және біздің табиғатты жаулауымызға алаңдаушылықпен, өте байыппен қарауымыз қажет екенін түсінді. Өз уақытында В.И.Вернадский: «...Қоршаған ортаны игеруге ұмтылу адам баласының бүкіл тарихында жалғасып келеді. Қазір де адам баласы осы ұмтылудан тайған жоқ, бірақ бұрынғыдан гөрі аса сақтықпен, даналық көзқараспен жылжуда...» дейді [3].

И.В. Петрянов ескертуі бойынша «... Жасанды көлдер мен өзендер жасау арқылы, құрлықты қайта пішу мен бүкіл бір аймақтың ауа райын өзгерту арқылы адам баласы табиғатқа глобалды түрде әсер етуде. Осыдан адам баласы, алғашқы жаралғаннан бастап бейберекет күйде болған табиғаттың жағдайын қалыпты түрге келтірумен айналысады екен деп ойлау терең қателік болар еді. Табиғатты түрлендірумен әзірге адам баласы оған оданда үлкен тәртіпсіздік әкеледі. Ол табиғатта қалыптасқан теңдікті бұзады, ал ол үдеріс өркениеттің қарсы беті екені даусыз...»

Осындай идеялармен ізгілік, оған сапарлас гуманитарландыру болашақ мұғалімдер дайындайтын оқу орындарға ендірілуі тиіс.

Математика дамуының қозғаушы күшінің объективті түрде өмір сүріп жатқан негізгі екі бастауы бар. Оның бірі математикалық әдістер мен жаратылыстану, экономика т.б.салалардың есептерін шығару қажеттілігімен, екіншісі математикалық деректерді бір

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жүйеге келтіруге, үйлесімді теорияға біріктіру, дамыту, математикалық есептерді шығаруға арналған әдістерді табуға байланысты. Математиканы дамытудың шығу көзінен бастау алатын екі бағыт сәйкес қолданбалы және таза математика деп аталады. Тарихи деректерден көрінгендей математиканың дамуының алғашқы бастауларында бұл екі бағыт айқын көрінеді.

Ежелгі Мысырда және Ежелгі Грекияда математика жер өлшеу есептерімен, ыдыстардың сыйымдылық көлемін есептеу, практикалық санау, уақытты есептеу және басқа да есептерге байланысты туындады. Шын мәнінде ол қолданбалы математика екені даусыз. Таза математика бірінші рет ежелгі Грецияда логикалық тұжырымдарды дәлелдеу өнері – софистика дамыған кезде пайда болды. Сонымен бірге таза математика қолданбалы математикадан бөлінетін болды. Бұл көне дәуірдегі кейбір үстемдікке ие болған философиялық мектептердің көзқарастарының әсерінен пайда болды. Осы көзқарас бойынша ғылымды практикаға қолдану төменгі деңгей деп саналды. Соған қарамастан ежелгі грек ғылымы теория құрылымының дедуктивті әдісін қалыптастырды. Ол бойынша осы немесе басқа да салалардағы тұжырымдар кейбір дәлелденбейтін тұжырымдардан, аксиомалардан формальды логикалық әдістермен шығарылады.

XVI-XVIII ғасырдағы жаратылыстанудың дамуы таза математиканың және қолданбалы математиканың да табысты дамуына ықпал етіп, нақты әлемде оқып үйренуде маңызды табыстарға жетуге әкелді. Г.Галилей (1564-1642жж) материалдың бекемдігі мен оған сәйкес құрылғының салыстырмалы пропорциясына байланысты теңіз кемелерінің және ғимараттарының құрылыстарына ғана емес өсімдік құрылымы мен жануарлардың арасындағы байланысқа да пайдаланды. Мысалы: ол ағаш діңгегінің аздаған ауытқуынан тұрақты иілу жағдайында ағаштың өскен кездегі максималды биіктігін анықтауға әрекет жасады. Сол сияқты хайуанат денесінің өлшемін ұлғайту оның скелетіне және бұлшық еттеріне қалай әсер ететінін, кит сияқты жануарлардың суға сүңгуі кезінде оның денесі ығыстырылған судың салмағымен теңестірілуі кезінде организміндегі болатын әр түрлі физикалық өзгерістерді анықтауға тырысты.

XVII ғасырда Уильям Гарвей механиканың көзқарасымен қан айналымы сияқты физиологиялық құбылыстарды түсіндіруге тырысты, бірақ оның дәл сипаттамасы гидродинамиканың теориясы арқылы XIX ғасырда жасалды. Осы сияқты көптеген сұрақтарды оқып үйрену физика және химияның әдістеріне, сол сияқты қолданбалы математиканың кейбір бөлімдеріне пайдаланылуы мүмкін.

Жаратылыстану ғылымының әртүрлі құбылыстарын математикалық модельдеу есептерінің қойылуынан математикалық жаңа ұғымдардың пайда болуы қалыпты жағдайға айналды. Кейін бұл ұғымдар өз бетінше өмір сүріп, оның дамуы математиканың ішкі заңдарына сай өрби түсті. Теориялық математиканың кейбір нәтижелері қайтадан жаратылыстану есебіне қолданылып, ол арқылы жаңа математикалық ұғымдар мен есептердің пайда болуына әсер етті. Осы кезеңдерде теориялық математика мен қолданбалы математиканы айырудың мағынасы болмады. Оған жоғарыда айтылғандай сол кездегі ғалымдардың көпшілігінің математик ғана емес физик, механик, астраном болуы ықпалын тигізді.

XIX ғасырда математика физиканың және аспан механикасының өрбуімен байланысты дамыды. Математиканың қолданыс тапқан жаңа бөлімдері ашылды: векторлық алгебра, тензорлық алгебра, операциялық есептеулер, жалпыланған функциялар теориясы және басқалар. Осы кезеңде бірнеше көрнекті жаңалықтар ашылды: теориялық астрономия саласында –У.Ж.Лаверье 1846 жылы дифференциалдық теңдеулерді талдау негізінде аспандағы жаңа Нептун планетасының орналасуын анықтады. Оны кейінірек неміс ғалымы Галле дәл сол жерден тапты. 1864-жылы Дж.Максвел электромагниттік толқындар туралы болжам жасады.

Математиканың қолданылуы туралы әр дәуірдің көрнекті математиктерінің сөздерін келтіре кетейін:

Л.Д.Кудрявцев теориялық математика мен қолданбалы математиканың бірлігі туралы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича былай дейді: «...Белгілі бір деңгейде таза математика деп - жалпы жағдайда өз бетімен математикалық модельдерді жасауға негіз болатын нақты құбылыстардан (физикалық, химиялық, биологиялық, экономикалық, әлеуметтік т.б) байланыссыз оқып үйренетін математиканың бір бөлігін айтады. Сонымен бірге таза математикалық зерттеулер сапалық және сандық жеткілікті дәрежеде жалпыланған түрде жүргізіледі. Бөлек бір нақты объект ғана емес, белгілі бір объектілердің класы зерттеліп, жалпы әдістері және кең көлемдегі есептерді шешудің алгоритмі жасалады. Қолданбалы математика әр түрлі нақты құбылыстардың математикалық моделін жасайтын математиканың бір бөлімі.

Қолданбалы және теориялық математиканың байланысы мен қатынастары қандай деген сұраққа 1983 жылғы «Квант» журналының 4-ші санында А.Н.Колмогоров былай деп жауап берді: «...Ең алдымен қолданбалы және таза математиканың арасындағы айырма тым шартты екенін айту керек. Таза математикаға тиесілі,

қолдануға мүмкіндігі жоқ деген сұрақтардың өзі көп жағдайларда күтпеген жерден әр түрлі қолданыстарға ие болатыны жиі байқалуда. Басқа жағынан қарағанда қолданбалы математикамен айналысу барысында, ғалымдар сол әдістермен шешілітін логикалық әсемдігімен өзіне тартатын, бірақ, тікелей қолданысқа ие болмайтын жанама сұрақтарға кездеседі. Математика практикалық жұмыста қажетті кең көлемділікті керек етеді (математикалық мағынада). Математиктердің практикалық маңызды сұрақтарды табанды түрде зерттеп, математикалық моделін жасау бұл олардың басты парызы болып табылады. Егер жанама сұрақтар, тіптен тікелей қолдануға мүмкін болмаса да, ең болмағанда есептің қойылуының әсемдігімен, табиғилығымен тартымды болса, онда олармен де айналысу керек...»

Б.В. Гнеденко мынадай талдау келтіреді: «... Қолданбалы математика ұғымының өзі өзгеріссіз қалмайды, ол дамиды және біртіндеп теориялық математиканың жаңа –жаңа бұтақтарын өзіне жинақтайды. XVII ғасырдың аяғында XVIII ғасырдың басында қолданбалы математиканың арсеналында элементарлық арифметика, геометрияның бастамасы, жазық тригонометрия және сфералық геометрия болды...XVIII ғасырда және XIX ғасырдың басында жаңа математикалық пәндер қалыптаса бастады да аз уақытта олар қолданбалы математикада аса зор мәнге ие болды. Мұнда мен жай және дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер, ықтималдықтар теориясы, вариациялық есептеулер туралы айтып отырмын...» [4].

Сол сияқты А.Н.Колмогоров, Е.Е.Слущкий, А.Я.Хинчин жұмыстарынан бастау алатын кездейсоқ үдерістер теориясы физикада, биологияда, инженерлік істерде кең көлемде қолданыла бастады. ЭЕМ пайда болуы математикалық зерттеулердің жаңа бағытын өмірге алып келді. Ол ЭЕМ – да моделдеу деп аталады және ол өте күрделі техникалық жүйелерді басқару мәселелеріне математикалық логиканы пайдалануға түрткі болды. Сонымен, қолданбалы математика мен теориялық математика үнемі қатар дамып келді, одан әрі де өзінің элементтерімен тығыз байланыста бір бүтін болып дами береді.

Венгер математигі А.Ренье «Математика туралы диалог» кітапшасында

«... математиканы жемісті түрде қолдану үшін оны терең түсіну керек, егер, кімде – кім математиканы жаңа бір объектіге қолданғысы келсе, ол шығармашылықтағы математик болуы тиіс, және керісінше қолдануға қызығушылық таза математикалық зерттеулерге жәрдемі тиеді. Осы кітапта айтылғандай, Архимед Рим теңіз әскерін өртеуге көмек берген параболалық айна құрылымының ұстанымы туралы Геронға айтқанда параболаның белгілі қасиетіне: парабола оське параллель жарық ағыны параболадан шағылысқанда фокуста қиылысатынына сүйенгенін тілге тиек етті. Ол одан әрі жалғастырып: « Мүмкін ол теореманың өте ұшқыр бір дәлелдерін естігенде оны түсінген боларсың, тіптен оның сондай әсемдігі мен нәзіктігіне таң қалғандай боларсың, бірақ, одан әрі бармадың. Кейбір математиктер одан әрі оның салдарын зерттеп немесе жаңа дәлелдеулерін тапқан болар, бірақ олар сол жерде тоқтап қалды. Ал мен әшейін бір қадам алға жылжыдым: мен оның математикалық емес салдарын көрдім». Міне осы математикалық формулалардың арғы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жағындағы математикалық емес салдарын байқай білуді әрбір жас математик-мамандардың бойында дамыту өте қажет. Ол тек қана қолданушы математиктерге ғана емес, теориялық математиктерге, инженерлерге, экономистерге, өндірісті ұйымдастырушыларға қажет. Оны мектеп партасынан бастап тәрбиелеп, педагогикалық оқу орындарында жалғастыру керек. Олар алынған теориялық білімді практикаға жүзеге асыруы тиіс. Өкінішке орай, бұған осы күнге дейін мектепте де, педагогикалық жоғары оқу орында да өз деңгейінде назар аударылмай келеді. Қазіргі таңда математикалық әдістерді нақты құбылыстарды оқып үйренуге пайдалану өнерін игеру өте маңызды. Сол арқылы практикалық мәні бар қорытындылар алу құбылыстардың табиғатына терең бойлауға мүмкіндік береді. Біздің заманымыз білімді математикаландыру дәуірі, сондықтан, ол жоғары оқу орындарының оның ішінде болашақ мұғалімдер дайындайтын оқу орындарына ерекше міндеттер жүктейді: оқушыларға формальды нәтижелердің артында «Математикалық емес салдары» бар екенін, ал практикалық есептердің артында теориялық математиканың орасан зор даму мүмкіндігі бар екенін көруді үйрету. Жоғарыда келтірілген көрнекті математиктердің, математика туралы пікірлері қосымша баяндауды және жалпылауды қажет етпейді.

Әдебиеттер

1. Математизация современной науки: предпосылки, проблемы, перспективы: Сборник трудов / Под редакцией В.И. Купцова. - М.: Центральный совет философских (методологических) семинаров при президиуме АН СССР, 1986.-151 с.
2. Малинецкий Г.Г. Избранные педагогические труды: Дидактика и жизнь. Обучение и развитие. — М., 1990.-424 с.
3. Александров А.Д. Избранные труды. Т.2: Выпуклые многогранники. -Новосибирск: Наука, 2007. - 492 с.
4. Гнеденко Б.В. Математика и жизнь. - М.: КомКнига, 2006. - 125 с.

УДК 53

Б.М. Қосанов^{*}, Ж.М. Нурмухамедова, Д.М. Нурбаева

ҚОСПАЛАР КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ ҚАТЫНАСЫНА БЕРІЛГЕН ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУДІҢ СТАНДАРТТЫ ЕМЕС ӘДІСІ

*Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.,
kossanov89@mail.ru

Аңдатпа

Жалпы білім беретін мектепте математиканы оқыту барысында концентрацияға берілген есептердің атқаратын ролі зор. Қазіргі мектептің математика пәніне арналған жаңартылған мазмұндағы үлгілік оқу бағдарламалары мен оқулықтарында оқушылардың концентрацияға берілген есептерді шешумен байланысты біліктері мен құзыреттіліктерін қалыптастыруға жеткілікті дәрежеде көңіл бөлінген. Мектеп бағдарламасында қарастырылатын концентрацияға берілген есептердің ерекше бір түрі - қоспалар компоненттерінің қатынасына берілген есептер. Математиканы оқыту тәжірибесіне қарағанда, мұндай есептерді өз бетімен шешу мектеп оқушыларының үйреншікті ісіне айнала алмай келеді. Оның себептері әр түрлі. Біздің ойымызша, ең басты себеп - оқушылардың қоспалар компоненттерінің қатынасына берілген есептерді шешудің арнайы

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича әдістерімен таныстырылмауында. Сондықтан оқушылардың көпшілік бөлігі мұндай есептерді мүлде шығара алмайды. Ал, кейбірі бұл есептерді өте ұзақ жолмен шығаруға және оған көп уақыт жұмсауға мәжбүр болады. Бұл қойылып отырған мәселенің теориялық тұрғыдағы зерттелуі мен мектеп тәжірибесінде жүзеге асырылуы арасында қарама-қайшылықтың бар екенін аңғартады. Демек, мақала тақырыбы жалпы мемлекеттік бағдарламалармен байланысты және қазіргі күн талаптары тұрғысынан алып қарағандағы өзекті мәселені қозғауымен маңызды болып табылады. Оның мақсаты – мектеп оқушыларын концентрацияға берілген есептерді шешуге оқытып-үйретудің әдістемесін жетілдіру. Мақалада концентрацияға берілген есептердің ерекше бір түрі - қоспалар компоненттерінің қатынасына берілген есептерді шешудің стандартты емес әдісі ұсынылады.

Кілт сөздер: математика, мәтіндік есеп, концентрацияға берілген есеп, қоспалар компоненттерінің қатынасына берілген есеп.

Жалпы алғанда, қоспалар компоненттерінің ара қатынасына берілген есептің математикалық моделі төмендегідей болады.

$$\begin{array}{ccc} \square & \text{I} & \square \\ + & & = \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \square & \text{II} & \square \\ + & & = \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \square & \text{Жаңа қоспа} & \square \\ + & & = \end{array}$$

$$M_I M_{II} M_{\text{ж}}$$

1-сурет. Есептің математикалық моделі

Мұндағы $m_1: n_1, m_2: n_2$ және $m_{\text{ж}}: n_{\text{ж}}$ қоспалар компоненттері массаларының қатынасы, M_I, M_{II} және $M_{\text{ж}}$ - сәйкесінше әр қоспалардың массалары.

Есептің қысқаша жазылуы мынадай:

Берілгені: $m_1: n_1, m_2: n_2$ және $m_{\text{ж}}: n_{\text{ж}}$ және $M_{\text{ж}}$.

Табу керек: M_I және M_{II} .

Біз мұндай есептерді шешудің мынадай стандартты емес әдісін ұсынамыз. Бұл әдісті анықтауыштар әдісі деп те атауға болады.

Бұл әдісті қолданғанда мынадай ретпен әрекет жасау керек:

1) Жоғарыдан екі жол қалдырып, үшінші жолға $m_1: n_1$ қатынасын жазады:

$$m_1: n_1$$

2) Оның үстіне және астына сәйкесінше, $m_2: n_2$ және $m_{\text{ж}}: n_{\text{ж}}$ қатынастарын жазады:

$$m_{\text{ж}}: n_{\text{ж}}$$

$$m_2: n_2$$

$$m_1: n_1$$

3) $m_1: n_1$ қатынасының астындағы төртінші жолға тағы да $m_{\text{ж}}: n_{\text{ж}}$ қатынасы жазылады:

$$m_{\text{ж}}: n_{\text{ж}}$$

$$m_2: n_2$$

$$m_1: n_1$$

$$m_{\text{ж}}: n_{\text{ж}}$$

4) Алынған қатынастарды бөлшек сызығымен екіге бөліп, олардың әрқайсысын вертикаль сызықтармен қоршайды:

$$\frac{\left| \begin{matrix} m_ж: n_ж \\ m_2: n_2 \\ m_1: n_1 \end{matrix} \right|}{\left| \begin{matrix} m_ж: n_ж \end{matrix} \right|}$$

5) Алымдағы өрнектің алдына $+n_1$), ал бөлімдегі өрнектің алдына $+n_2$) қосындыларын көбейтіліп жазылады:

$$\frac{(m_1 + n_1) \times \left| \begin{matrix} m_ж: n_ж \\ m_2: n_2 \end{matrix} \right|}{(m_2 + n_2) \times \left| \begin{matrix} m_1: n_1 \\ m_ж: n_ж \end{matrix} \right|}$$

6) Төменде көрсетілгендей есептеулерді жүргізіп, бөлшектің мәнін табады да $\frac{A}{B}$ бөлшегіне теңестіріледі:

$$(m_1 + n_1) \times \frac{(m_2 n_ж - m_1 n_ж)}{(m_2 + n_2) \times (m_1 n_ж - m_ж n_1)} = \frac{A}{B}$$

7) Мынадай пропорция құрады:

$$\frac{A}{B} = \frac{M_I}{M_{II}}$$

8) $M_I = AX$, $M_{II} = BX$ белгілеулерін енгізеді, $AX + BX = M_ж$ теңдеуін шешеді де X -ті, сонан кейін M_I мен M_{II} - лерді табады.

Есеп. Алтын мен күмістің екі қорытпасы бар. Бір қорытпадағы бұл металдардың мөлшері 2:3 қатынасындай да, ал екіншісінде 3:7 қатынасындай. Алтын мен күміс 5:11 қатынасында енетіндей 8кг жаңа қорытпа шығарып алу үшін әр қорытпадан қаншадан алу керек?

Шешуі.

1) Екі жол қалдырып, үшінші жолға 2:3 қатынасын жазамыз:

$$2:3$$

2) Оның үстіне ретімен 3:7 және 5:11 қатынастарын жазамыз:

$$\begin{array}{l} 5:11 \\ 3:7 \\ 2:3 \end{array}$$

3) Төртінші жолға тағы да 5:11 қатынасын жазамыз, сонда:

$$\begin{array}{l} 5:11 \\ 3:7 \\ 2:3 \\ 5:11 \end{array}$$

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

4) Қатынастарды бөлшек сызығымен екіге бөліп, вертикаль сызықтармен қоршаймыз:

$$\frac{\left| \begin{array}{l} 5:11 \\ 3:7 \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{l} 2:3 \\ 5:11 \end{array} \right|}$$

5) Алымдағы өрнектің алдына (2+3), ал бөлімдегі өрнектің алдына (3+7) қосындыларын көбейтіп жазамыз:

$$\frac{(2+3) \times \left| \begin{array}{l} 5:11 \\ 3:7 \end{array} \right|}{(3+7) \times \left| \begin{array}{l} 2:3 \\ 5:11 \end{array} \right|}$$

6) Есептеулерді жүргізіп, бөлшектің мәнін табамыз да оны $\frac{M_I}{M_{II}}$ қатынасына теңестіреміз:

$$\frac{(2+3) \times \left| \begin{array}{l} 5:11 \\ 3:7 \end{array} \right|}{(3+7) \times \left| \begin{array}{l} 2:3 \\ 5:11 \end{array} \right|} = \frac{(2+3) \times (5 \times 7 - 3 \times 11)}{(3+7) \times (2 \times 11 - 5 \times 3)} = \frac{2}{2 \times 7} = \frac{1}{7}$$

7) Пропорция құрамыз:

$$\frac{1}{7} = \frac{M_I}{M_{II}}$$

8) $M_I = X$, $M_{II} = 7X$ деп алып, $X + 7X = 8$ теңдеуін шешеміз де X - ті және M_I мен M_{II} - лерді табамыз:

$$X = 1, \text{ демек, } M_I = 1 \text{ және } M_{II} = 7.$$

Жауабы: I қорытпадан 1кг, II қорытпадан 7кг алу керек.

Енді осы ережелерді қолданып, біртіндеп орындаған әрекеттерімізді айналасы бір-екі жолға ғана жазуға болатындығына көз жеткізуге болады. Ол үшін тағы бір есепті шешіп көрсетейік.

Есеп. Бір бөшкеде спирт пен судың қоспасы 2:3 қатынасындай, ал екіншісінде 3:7 қатынасындай. Спирт пен су 3:5 қатынасында енетіндей 12 шелек қоспа алу үшін әр бөшкеден қанша шелектен алу керек?

Шешуі.

$$\frac{\left| \begin{array}{l} 3:5 \\ 3:7 \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{l} 2:3 \\ 3:5 \end{array} \right|} = \frac{(2+3) \times (3 \times 7 - 3 \times 5)}{(3+7) \times \dots}$$

$M_I = 3X$, $M_{II} = X$. Демек, $3X + X = 12$; $X = 3$. Онда, $M_I = 3 \times 3 = 9$ және $M_{II} = 3$.

Жауабы: I бөшкеден 9, II бөшкеден 3 шелек алу керек.

Қорыта айтқанда, бұл әдіс қоспалар компоненттерінің қатынасына берілген есептерді тез, әрі дұрыс шешуге қолайлы жағдай туғызады. Ұсынылып отырған әдіс мұндай есептердің жаңа түрлерін қарастыру барысында одан әрі тиянақтала және шыңдала береді. Мұндағы басты мәселе - есепті шешу алгоритмін дұрыс құра білу, ол қоспалар компоненттерінің қатынасына берілген есептерді шешудің негізгі кілті болып табылады.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Пайдаланылған әдебиет тізімі

1. Әбілқасымова А.Е. Математиканы оқытудың теориясы мен әдістемесі: дидактикалық-әдістемелік негіздері. Оқу құралы. – Алматы, 2014. – 224 б.
2. Рустюмова И.П. Тренажер по математике для подготовки к единому национальному тестированию. – Алматы, 2010. – 85 с.
3. Көксалов К.К. Математика мен физиканың пәнаралық байланысы туралы // Абай атындағы ҚазҰПУ-дың хабаршысы. «Физика-математика ғылымдары» сериясы. – 2012. – №3.
4. Қосанов Б.М. Математика: ҰБТ тестерін тез орындау әдістері. Оқу-әдістемелік құрал. – Алматы, 2013. – 160 б.

УДК 51(07)372.851

А. Біргебаев, А.А. Папышев, А.М. Сахабаева

КЕҢІСТІКТЕРДІҢ ЕНГІЗІЛУ ТЕОРЕМАЛАРЫ МЕН ОПЕРАТОРЛАРДЫҢ БӨЛІКТЕНУ ТЕОРИЯСЫНЫҢ ТАРИХИ АЛҒЫ ШАРТТАРЫН ОҚЫТУДЫҢ МАТЕМАТИКАНЫ ГУМАНИТАРЛАНДЫРУДАҒЫ МАҢЫЗЫ

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.
arai_mishon@mail.ru, ahtai@mail.ru

Аннотация

В работе рассматривается история математики, как часть всеобщей истории. Изучается роль истории математики в развитии человеческого общества в условиях современного образования. Определяется связь методов функционального анализа квантовой механикой. Приводится пример.

Ключевые слова: Дифференциальный оператор, функционал, функциональное пространство, спектр, сепарабельность.

Annotation

To work is considered mathematics history as a part of general history and that without studying of history of mathematics at level corresponding for modern formation at the trained cannot be generated and complete Communication of the self-interfaced operator with quantum mechanics is shown. It is resulted examples.

Keywords: Differential operator, giperbolik and parabolik equation, functional spaces, functional, spektr seperaveliti.

Аңдатпа

Жұмыста математика тарихы жалпы тарихтың бір бөлігі ретінде қарастырылған. Математика тарихының заманауи білім беру жағдайында адамзат қоғамының дамуындағы ролі талданады. Функционалдық анализдің кванттық механика мәселелерін шешудегі орыны және байланысы айқындалады. Талдау ретінде мысал келтірілген.

Түйін сөздер: Дифференциалдық оператор, функционал, функционалдық кеңістік спектр, сепарабельдік.

Математика саласы бойынша мұғалім дайындауда жеке тұлғаны қалыптастыруға физика – математика пәндерін оқыту ғана емес, осы пәндерге қатысты ғылыми теорияларды

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича жасау және дамыту, тарихи алғы шарттарын, оның ғылыми теориялық және ғылым техникалық үдеріске қосқан үлесін білу көп әсерін тигізеді. Функционалдық кеңістіктер мен операторлар теориясының тарихы математиканың гуманитарлық потенциалының біртұтас құрамдас бөлімі болып табылады.

«...Мектептегі ғылымның тарихы деп екі үдерістің бірлігінің білім берудің мазмұнындағы көрінісін айтады, ол нақты ғылымның даму тарихы мен оның идеялары, ұғымдары, көзқарасы, ашылған әртүрлі жаңалықтардың теориясы мен тарихы...» деп жазады Л.Я.Зорин [1]. Г.А.Иванова «...математика мазмұнына математика тарихының элементтерін енгізу проблемалары ғылыми - методикалық көзқарас деңгейінен қарағанда әлі толық зерттеліп біткен жоқ: білім берудегі жаңа әдістер деңгейіндегі көзқарас бойынша тарихи элементтері енгізудің мақсаттары анықталмаған. Оқу материалдарын таңдаудың дидактикалық негізі анықталмаған сонымен қатар, оның салдары ретінде ғылым тарихын математикадан білім беру үдерісіне енгізу арқылы мұғалімге оның гуманитарлық потенциалын толығымен жүзеге асыруға мүмкіндік беретін математика тарихынан әдебиеттер жоқтың қасы. Математика тарихы жалпы тарихтың бөлшегі ретінде қарастырылып, заманауи білім беру деңгейіне сәйкес математика тарихы оқытылмай оқушылардың адамзат қоғамының дамуындағы бүтін көзқарасты қалыптастыру мүмкін емес», «...математика тарихы математиканың және қоғам дамуының екі жақты сипаттық байланысын көрсетеді: бір жағынан қоғам дамуы және оның сұранысы математика ғылымының дамуына әсер етеді, ал екінші жағынан - математика ғылымының даму деңгейі қоғамдық үдерістің алға басуын айқындайды...» [2].

И.М.Смирнова математика тарихы элементтері орындайтын екі дидактикалық функцияны қосады: тарихи мағлұматтар оқушылардың шығармашылық икемділігін дамытуға жәрдемдеседі және адамгершілік тәрбие берудің құралы болады десе, О.В. Шабанова тарих элементтері математиканы оқытудың жалпы мәдениетті қалыптастыру мақсатында гуманитарлық бағытын жүзеге асыру жолдарының бірі деп анықтайды. Функционалдық анализдің қолданбалы бөлімдерін дифференциалдық теңдеулерге пайдаланудың теориясы мен практикасын қоғамдық үдеріске байланысты түсіну студенттерге, болашақ мұғалімдерге аталған курстың ерекшелігін және оның дифференциалдық теңдеуді шешудегі әдістерін толығырақ түсінуге мүмкіндік береді. Функционалдық кеңістіктердің енгізілуі және операторлар теориясының тарихын білу студенттердің математикада гнесологиялық процесстерді тереңірек түйсінуге жол ашады. Нәтижесінде студенттерде адамзат баласының қоршаған орта туралы білім жинақтау жолдары туралы, таным әдістерінің дамуы туралы көзқарас қалыптасады.

XVIII-XX ғасырларда қоршаған ортаның негізгі физикалық заңдылықтарының сапалық және сандық қатынастарын сипаттауға мүмкіндік беретін дифференциалдық теңдеулер теориясы жасалды. Оның бастауында математикалық анализдің жаратылыстану есептеріне оның ішінде ең алдымен аспан механикасына, гидродинамикадағы, жазықтықтағы және кеңістіктегі геометрияға, техникалық практикаға қолдану аясының кеңейуі жатыр. Бұл ғылымның негізі И.Ньютон, Г.В.Лейбниц, Д.Риккати, Я.Герман, Л.Эйлер, Бернулли, А.К.Клеро, Ж.Л.Даламбер, Ж.Л.Лагранж, Г.Монж, П.С.Лаплас, А.М.Лежандр, Ж.Б.Фурье, С.Д.Пуассон, О.Л.Коши, А.Пуанкаре және т.б еңбектерінде қаланды. Олар математиктер ғана емес, механик, физик, астрономдар болды. Олардың нақты қолданбалы есептерді зерттеуге жасаған идеялары мен әдістері дифференциалдық теңдеулердің жалпы кластарын оқып үйрену үшін қолдануға болатыны белгілі болды, соның арқасында XIX ғасырда дифференциалдық теңдеулер жалпы теориясын жасаудың негізі орнықты. Заманауи дифференциалдық теңдеулер теориясын жасауда елеулі үлес қосқан математиктер Ресейде : В.И.Арнольд, Н.Н.Боголюбов, Н.П.Еругин, С.В. Ковалевская , М.В. Келдыш, А.Н. Колмогоров, М.А. Лаврентьев, Н.Н Лузин, А.М.Ляпунов, И.Г.Петровский, Л.С. Понтрягин, А.М.Ляпунов, В.В Степанов, А.Н.Тихонов, және т.б., Қазақстанда К.П.Персидский, О.А.Жаутыков, Е.И.Ким, Қ.А.Қасымов Ж.С. Сүлейменов т.б болды.

Дифференциалдық теңдеулерді функционалдық кеңістіктерде операторлық әдістермен

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича шешудің идеалдары С.Банах, Д.Гильберт, И.М. Гельфанд, Л.В. Канторович, Р. Курант, Р. Рихтмайер, С.Л. Соболев, Л. Хермандер, Н.И.Ахиезер, И.М. Глазман, Б.М Левитан, И.С. Саргсян, С.М. Никольский, А.В. Колмогоров, А.А. Дезин, С.Г.Михлин, Е. Тичмарш, В.С. Владимиров, О.А. Ладыженская, Ж.Лионс т.б әйгілі ғалымдардың фундаментальдық жұмыстарында негізі қаланды.

Қазақстанда бұл бағытта М.Өтелбаев, Т.Ш. Кальменов, Р.Ойнаров, М.Б.Муратбеков, К.А. Касымов, У.М.Султангазин, К.Мынбаев т.б зерттеулері ғылымға айтарлықтай үлес қосты. Дифференциалдық теңдеулерді функционалдық кеңістіктерде операторлар әдісімен шешу жалпы түрде функционалдық анализдің әдістері деп аталады. Жалпы «Енгізулер теоремалары мен операторлардың бөліктену теориясы» функционалдық анализдің бағыттарының бірі ретінде қазіргі таңда фундаменталдық пәнге айналууда. Енді функционалдық анализдің даму тарихына тоқтала кетейік. Функционалдық анализ өткен ғасырдың бас жағында пайда болған ғылым. Математикалық анализдің өз бетінше бір тармағы ретінде соңғы 40-50 жылдардың ішінде орын тапты. Бірақ, бұл оның заманауи математиканың ортасынан ойып орын алуына кедергі келтірмеді. Функционалдық анализ математиканың түбірімен өзгеруінің айқын көрінісі, оны тек қана математикаға айнаымалы шаманың енуі арқылы дифференциалдық және интегралдық есептеулердің пайда болуымен салыстыруға болады. Айтылған өзгеріс ең алдымен математикалық анализге пайда болған әр түрлі проблемаларды зерттеу әдістерін өзгертумен байланысты болды. Жекелеген функциялар мен оларды байланыстыратын қатынастар мен теңдеулер арқылы қарастыру объектілерді тұтастықта зерттеумен ауыстырылды, яғни функционалдық кеңістіктерді және олардың түрлендірулерін оқып үйренумен ауыстырды. Демек, дифференциалдық операторлар немесе интегралдық түрлендірулер жекелеген функцияларға емес, тұтас функциялар класына қолдану қарастырылады. Осы кластағы функциялардың түрлендіруінің нәтижелері, операцияның үзіліссіздігі әр түрлі мағнада зерттеледі.

Функционалдық анализдің тағы бір ерекшелігі анализ проблемасын жалпы абстрактілі формада қарастырылуында. Ол, бір қарағанда бір –бірінен алшақ жатқан сұрақтарды біріктіруге және бір мезгілде зерттеуге қатыстыруға жағдай жасайды. Мысал ретінде $F(x)=y$ функционалдық теңдеуін оқып үйрену (мұндағы x, y кез келген облыстардан алынған объектілер), дифференциалдық теңдеулерді, интегралдық теңдеулерді, шектік есептерді, алгебралық теңдеулердің шексіз жүйесін т.б шешу сияқты көптеген проблемаларды біріктіруге мүмкіндік береді.

Жекелеген функциялардан функционалдық кеңістікке өту, оның кей жағдайда формалды болуына немесе түсінуі қиын болуына қарамастан, кезіндегі алгебралық теңдеулерден функционалдық байланыста болатын айнаымалы шамаларға ауысуымен пара – пар.

Бұл жаңа көзқарас тек қана жай жалпылау мақсатынан пайда болған жоқ. Абстракцияның жаңа деңгейіне ауысу математикалық анализдің даму үдерісіндегі жаңа есептердің пайда болуымен табиғи түрде байланысты болды. Функциялар жүйесінің толықтығы, шектік есептердің белгілі бір функциялар класында шешімдерінің бар болуы, бір мезгілде бүтін бір кластық есептердің қарастыру, мысалы, шектік есептердің теңдеудің оң жағынан тәуелді болуын немесе шекаралық шарттан тәуелді болуын зерттеу есептері осы бағыттағы мысалдарға жатады. Міне, осындай есептердің қойылуы мен зерттеулері үшін функционалдық анализдің әдістері өте жемісті нәтиже береді. Сонымен бірге көптеген жағдайларда мәселені қарастырудың жалпылығы барлығына бірдей және нақтырақ терең заңдылықтар мен байланыстарды анықтауға мүмкіндік береді. Есептерді бұл әдіспен шығару барысында жеке есептерге тән мағынасы жоқ бөлшектері алынып тасталады, әрі жалпылаудың маңыздылығына әсері болмайды. Сондықтан қойылатын есептердің пайда болуы және формасы әр түрлі болғанмен оларға жалпы қойылатын мәселелердің ортақ жақындығы айқын байқалады.

Функционалдық анализдің құрылуы классикалық математикалық анализдің бірқатар облыстарындағы зерттеулер: вариациялық есептеулер, интегралдық теңдеулер,

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича ортогональдық функциялар теориясы, Чебышевтың жуықтау теориясы жаңа әдістерді қолдануды қажет ететін т.б проблемалар арқылы пайда болды. Жекелеген функционалдық анализдің сұрақтары осы бағыттағы зерттеулердің астарында пайда болды. Мысал ретінде, вариациялық есептеулердегі функционал ұғымын айтуға болады. Басқа жағынан, теориялық жиындық пәндердің дамуы: нақты айнымалы функциялар теориясы топология, абстрактылы алгебра абстрактылы формадағы жүйелі түрде жүргізілетін жаңа бағытқа арналған аппарат дайындады. Дербес жағдайда функционалдық анализ үшін абстрактілік кеңістіктер теориясы маңызды роль атқарады.

Функционалдық анализдің өз бетінше пән ретінде оқыла басталуын операторлар теориясын шексіз өлшемді унитарлық кеңістікте жүйелі түрде құру кезеңімен байланыстыруға болады. Оны біріншіден Д.Гильберт жасады. Сонымен бірге сызықтық нормалданған кеңістіктер жалпы теориясының дамуы (1918-1923) туралы венгер математигі Ф.Ристің, әсіресе поляк математигі С. Банахтың жұмыстарынан бастау алады.

Функционалдық анализге деген қызығушылық оның аппараты –Гильберт кеңістігіндегі операторлар теориясының кванттық механикада қолданылуы маңызды екені белгілі болғаннан бастап, одан сайын өрби түсті. Соңғы 30-40 жылда әсіресе бұрынғы кеңес үкіметінің математиктерінің жұмыстарында функционалдық анализдің жаңа бағыттары пайда болды; оның әдістері алынған нәтижелері теориялық физикада, математикалық физикада, қолданбалы анализде және басқа математиканың салаларында пайдаланыла бастады.

Функционалдық анализдің әдістері математика және физика пәндерінің әр түрлі салаларында қуатты құрал ретінде кеңінен таралуда. Бұл ретте сызықтық операторлар теориясы аса мәнді рөл атқарды. Соңғы 40-50 жылдың айналасында функционалдық анализдің қолданбалы әдістері енбеген математиканың саласы жоқтың қасы. Тіптен кей уақыттарда ол пәннің тақырыптарын басқа пәндердің ішінен анықтау қиынға соғуда. Бірақ функционалдық анализдің дәстүрлі бағыты болып саналатын бағыттардың бірі операторлар теориясы. Осы операторлар теориясы арқылы функционалдық анализ кванттық механикамен, дифференциалдық теңдеулермен, ықтималдықтар теориясымен және бірқатар қолданбалы пәндермен сапарлас болды. Дифференциалдық теңдеулердің шешімінің бар болуы, жалғыздығы регулярлығы, бастапқы берілгендерден немесе теңдеудің оң жағынан тәуелді болуы, дифференциалдық теңдеудің шешімдерінің айқын түрі, табиғи түрде операторлар теориясының терминінде дифференциалдық өрнекке сәйкес анықталған дифференциалдық оператордың ыңғайлы болатын функционалдық кеңістіктегі есебі ретінде қарастырылады[3-6]. Дифференциалдық операторлар теориясының классикалық әдістері, мысалы жете үзіліссіз операторлар теориясы, сығып бейнелеу әдісі дифференциалдық теңдеулердің шешімдерінің бар болуы, жалғыздығы туралы теоремаларды дәлелдеуге мүмкіндік ашты.

Дифференциалдық теңдеулер теориясының классикалық есебімен салыстырғанда дифференциалдық операторлар теориясы көптеген жаңа ұстанымдағы есептерді қоюға және оларды шешуге мүмкіндік ашады. Мысалы, сызықтық емес операторлар үшін оның қозғалмайтын нүктелер жиынының құрылымын оқып – үйрену және оның аймағындағы оператордың әсері, сонымен қатар осы ерекше нүктелердің классификациясы, сол сияқты берілген дифференциалдық оператордың ауытқуы кезіндегі **қалыптылығы** туралы мәселелерді қарастыру қатты қызығушылық туғызуда. Ал, сызықтық операторлар үшін жоғарыда сызықтық емес операторлар үшін қарастырған есептерден бөлек дифференциалдық операторлардың **спектрлерін** сипаттау және зерттеу есептері, резольвенталарын құру, меншікті функцияларын және оған қосылатын функциялардың толықтығын, меншікті сандарын берілген оператордың сызықтық немесе сызықтық емес ауытқуларын оқып үйрену есептерін зерттеу тән. Айтылған есептер жай дифференциалдық және симметриялық дифференциалдық өрнектерден туындайтын эллиптикалық дифференциалдық операторлар үшін Гильберт кеңістігіндегі өзіне -өзі түйіндес операторларды зерттеуге байланысты өте маңызды. Дербес жағдайда осы операторлар үшін

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича **спектралдық** теоремалар және симметриялық оператордың кеңейтілуін зерттеумен байланысты мәселелер қарастырылады.

«Функционалдық анализдің қолданбалы бөлімдері» курсы Гильберт және Банах кеңістіктерінде аталған есептерді шешуге арналған. Операторлар теориясының құрамдас бөлімі болып табылатын дифференциалдық операторлар теориясы соңғы жылдары тек қана дифференциалдық тендеулер теориясында ғана емес заманауи анализде кеңінен қолданылуда. Ол өте маңызды шенелмеген оператордың мысалы болып қана қоймай (бұл әсіресе сызықтық дифференциалдық операторға байланысты) әр түрлі табиғаттағы объектілерді оқып үйренудің құралы ретінде әрі аппараты ретінде қарастырылады. Мысалы, кез келген жалпыланған дифференциалдық оператордың үзіліссіз функцияға әсерін функционалдық оператордың бір кеңістікті екіншісіне бейнелеуі ретінде қарастыруға болады. Осы бағыттағы зерттеулерден бір мысал келтірейік:

Штурм-Лиувилл операторының дербес жағдайын қарастырайық. Шеттік нүктесінің біреуінде ерекшелік болсын, әрі $p(x) \equiv 1$ болсын. $q(x)$ - теріс емес нақты айнымалыдан тәуелді және $0 \leq x < \infty$ аралығында анықталған функция болсын. $H = L_2(0, \infty)$ кеңістігінде A операторын анықтайық:

$$D(A) = \{f \in L_2; -f''(x) + q(x)f(x) \in L_2, f(0) = 0\},$$

$$Af = -f'' + qf, f \in D(A) \quad (1)$$

f және Af кез келген ақырлы b үшін $L_2(0, b)$ жататындықтан $q(x)f$ те сол кеңістікте жатады, сондықтан $f'', L_2(a, b)$ кеңістігінде жатады, демек, $f(x)$ және $f'(x), 0 \leq x < \infty$ аралығында үзіліссіз функциялар болады. Яғни, $D(A)$ анықтамасындағы $f(0) = 0$ маңызды рөл атқарады.

(Бұл талдаулардан f', f'' немесе $gf \notin L_2(0, \infty)$ кеңістігінде жататыны шықпайды. Сондықтан оларды дәлелдеу керек)

$f'' \in L_2(0, b)$ болғандықтан бөлшектеп интегралдау арқылы ;

$$(f, -f'' + qf) = \int_0^{\infty} \bar{f}(x) [-f''(x) + q(x)f(x)] dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_0^b \bar{f}(x) [-f''(x) + q(x)f(x)] dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \left\{ -\bar{f}(x)f'(x) \Big|_0^b + \int_0^b \bar{f}'(x)f(x) dx \right\}$$

өрнегін аламыз. Соңғы интегралдың тек қана оң мәнге немесе $+\infty$ ұмтылатыны түсінікті.

Екінші жағдайда $\text{Re} f f' + \infty$ ұмтылуы мүмкін еді, яғни $\frac{d|f|^2}{dx} \rightarrow \infty$ болады деген сөз, ол $f(x)$ функциясының квадраты интегралданатын функция болатынына қайшы : Сондықтан,

$\int_0^{\infty} |f'(x)|^2 dx < \infty$ және $\int_0^{\infty} q(x)|f(x)|^2 dx < \infty$, яғни $f', \sqrt{q}f \in L_2(0, \infty)$. Бұл талдауларда шекаралық шарт $f(0) = 0$, біз пайдаланбадық. (бірақ ол әлі керек болды.) $A = A$ түйіндес операторды табайық және $A = A$ болатынын көрсетейік. Ол үшін

$$(-f'' + qf, g) = (f, h) \quad (2)$$

шартын қанағаттандыратын $L_2(0, \infty)$ кеңістігінде жататын $\{g, h\}$ жұп элементін табайық.

Осындай g элементтерінің жиыны $\{g, h\}$ кез келген жұптары үшін $D(A)$ және A $g = h$ құрайды. Дербес жағдайда $\{g, h\}$ жұбы үшін кез келген

$$\phi \in C_0^{\infty}(0, \infty) \text{ үшін } (-\bar{\phi}u + q\bar{u}, g) = (\bar{\phi}, h), \quad (3)$$

Яғни кез келген ϕ үшін

$$g, -\phi'' + q\phi(h, \phi)$$

Жалпыланған функцияны дифференциалдаудың анықтамасы бойынша $(g, -\phi'') = (-g'', \phi)$ сонымен бірге $(g, q\phi) = (qg, \phi)$. (Бұл жерде $qg \in L_2(0, \infty)$ жататыны айтылмайды) Сондықтан $(-g'' + qg, \phi) = (h, \phi)$ теңдігі барлық **сынамалық** функциясы үшін орындалады.

$$\text{Яғни, } h = -g'' + qg \quad (4)$$

Бұл шарт $\{g, h\}$ жұбының талап қойып отырған жұп болуының қасиетті шарты, бірақ жеткілікті емес, себебі (2) теңдіктен (3) шықпайды. Қосымша шартты айқындау үшін g және h элементтері (4) шартты қанағаттандырсын дейік. g элементі үшін f элементіне жүргізілген амалдарды қолдана отырып, g және g' үзіліссіз екенін және g' пен $\sqrt{q}g \in L_2(0, \infty)$ табамыз.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

Сондықтан $\bar{f}'(b)g(b)$ шегі табылады, сонымен бірге ол нөлге тең, өйткені $\int_0^\infty f'(x)g(x)dx$ ақырлы. Енді тағы бір рет бөлшектеп интегралдау жүргізейік

$$(-f'' + qf, g) = \bar{f}'(0)g(0) + \lim_{b \rightarrow \infty} \left[\bar{f}g' \Big|_0^b + \int_0^b \bar{f}(-g'' + qg)dx \right];$$

Тағы сондай ақырлы шегі бар интегралға әкеледі, яғни $b \rightarrow \infty$ ұмтылғанда $\bar{f}(b)g'(b) \rightarrow 0$ болатыны, тура алдыңғы талдаулардағыдай шығады. $f(0) = 0$ болғандықтан $\bar{f}(0)g'(0) = 0$, демек, $(-f'' + qf, g) = \bar{f}'(0)g + (f, -g'' + qg) = \bar{f}'(0)g(0) + (f, h)$ Сондықтан, барлық $f \in D(A)$ үшін $(Af, g) = (f, h)$ орындалуы үшін (4) теңдігінен бөлек $g(0) = 0$ шарты орындалуы қажетті және жеткілікті. Демек $D(A) = D(A)$ және A өзіне -өзі түйіндес.

Жоғарыдағы мысалда келтірілген өзіне өзі түйіндес оператор мен физикалық шамалардың байланысын сипаттайтын фон Нейман постулаттарын келтірейік:

1 постулат. Квантомеханикалық жүйенің күйі H комплексті сеперабелдік Гильберт кеңістігіндегі нөлге тең емес вектормен сипатталады, сонымен бірге екі вектор сонда тек сонда ғана бір күйді сипаттайды егер олардың айырмашылығы нөлге тең емес көбейткіште болса ғана. Кез келген бақылауға жататын күйге H кеңістігінде бір мәнді өзіне өзі түйіндес сызықтық оператор сәйкес келеді. H кеңістігі квантомеханикалық жүйе күйінің кеңістігі деп, ал оның элементтері күйдің векторлары деп аталады.

2 постулат. Бақылауға жататын квантомеханикалық жүйе күйілері сонда тек сонда ғана өлшемді болады егер оған сәйкес келетін өзіне өзі түйіндес операторлардың орын өз ара ауыстыруға болса.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Зорина Л.Я. Дидактические аспекты естественно-научного образования. 1993. - 163 с.
2. Иванова Т.А. Теоретические основы гуманитаризации общего математического образования: Дис... д-ра пед. наук. - Нижний Новгород, 1998. -338
3. Бойматов К.Х. Теоремы разделимости.-Докл. АН СССР, 1973, т. 213, № 5, с. 1009-1011.
4. Отелбаев М. О разделимости эллиптических операторов.-Докл.; АН СССР, 1977, т. 234, № 3, с. 540-543.
5. Муратбеков М.Б. Теоремы разделимости и спектральные свойства одного класса дифференциальных операторов с нерегулярными коэффициентами. //Автореферат док.дис. физ.-мат. наук Алматы, 1994-30с.
6. Биргебаев А. Элементы теорем вложения и теории разделимости. КазНПУ им.Абая Алматы-2008, 88 стр.уч. пос.

УДК 53

Т. Күзенбай, А. Ершина

ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ.

tolganaykuzenbay@gmail.com

Аңдатпа

Технологиялық қоғамнан ақпараттық қоғамға көшу жеке адамдардан алгоритмді жүзеге асырудың шеңберінен шығып, оларды құруға дейін жаңа талаптарды қалыптастыруды талап етеді. Білім берудің түпкі мақсаты – адамның белгілі бір іс-әрекетін меңгеру ғана емес, сонымен қатар білім алудың құралдары мен әдістемелерін меңгеру, қызметтің жаңа түрлеріне үздіксіз бейімделуге мүмкіндік беру. Осы әдістемелік операциялардың бірі ретінде физикалық құбылыстар мен процестерді модельдеу ерекше

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича

көзге түседі.

Физикалық процестерді модельдеу ғылыми және инженерлік салаларда өте қажет, болжауды жеңілдетеді, күрделі құбылыстарды түсінуге және инновацияны ынталандыруға көмектеседі. Бұл мақала осы маңызды саладағы әдіснамаларға, қиындықтарға және жетістіктерге шолу жасайды. Ол әртүрлі пәндер бойынша дәл модельдеудің маңыздылығын көрсететін кіріспеден басталады. Мақалада физикалық модельдер аналитикалық, сандық және эмпирикалық түрлерге жіктеледі, олардың сәйкес сипаттамалары мен қолданбалары түсіндіріледі. Модельдеуге тән шектеулер мен қателердің ықтимал көздерін мойындай отырып, күрделілік, белгісіздік және есептеу құны сияқты қиындықтар анықталады. Сонымен қатар, соңғы жетістіктер, соның ішінде машиналық оқыту, көп масштабты модельдеу және белгісіздікті сандық анықтау әдістері талқыланады, олардың модельдеу дәлдігі мен тиімділігін арттырудағы рөлін көрсетеді. Қорытынды күрделі физикалық құбылыстар туралы түсінігімізді тереңдету үшін күрделірек үлгілерді іздеудің жалғасуын және есептеу мүмкіндіктеріндегі болашақ жетістіктерге уәде береді. Бұл мақала физикалық процестерді модельдеуге қызығушылық танытатын зерттеушілер, практиктер және студенттер үшін осы саладағы ағымдағы әдістемелер мен болашақ бағыттары туралы түсінік беретін жан-жақты ресурс ретінде қызмет етеді.

Кілттік сөздер: физикалық процесс, модельдеу, технология.

Ғылым мен техника саласында физикалық процестерді түсіну инновациялар мен прогресс үшін өте маңызды. Ауа-райының үлгілерін болжаудан тиімді қозғалтқыштарды жобалауға дейін физикалық құбылыстарды дәл модельдеу мүмкіндігі өте маңызды.

Модельдеу - бұл жүйенің немесе құбылыстың мінез-құлқын түсіну, талдау, болжау немесе бақылау үшін оның жеңілдетілген көрінісін жасау процесі. Физикалық құбылысты түсіндіруде модельдеу зерттелетін құбылыстың маңызды белгілері мен динамикасын қамтитын математикалық немесе тұжырымдамалық құрылымдарды құруды қамтиды. Жалпы алғанда, модельдеу зерттеушілерге физикалық құбылыстарды жүйелі және қатаң түрде тұжырымдамалауға, талдауға және түсіндіруге көмектесу арқылы ғылыми процесте негізгі рөл атқарады. Ол теория мен бақылау арасындағы алшақтықты жояды, ғалымдарға табиғат әлемін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді [1].

Компьютерлік модельдерді сабақта әртүрлі тәсілдермен және оқу процесінің әртүрлі кезеңдерінде қолдануға болады:

- Жаңа тақырыптың немесе тұжырымдаманың басында көрнекі кіріспе беру үшін;
- сынып жағдайында тікелей бақылау қиын күрделі құбылыстарды көрсету үшін;
- интерактивті зерттеу кезінде, яғни студенттер нақты уақытта параметрлерді басқара алады, шарттарды өзгерте алады және әсерлерді бақылай алады;
- виртуалды эксперименттер жүргізгенде;
- негізгі ұғымдарды қайталау және бекіту үшін пайдалануға болады.

Компьютерлік модельдерді физика сабағына біріктіру арқылы мұғалімдер зерттеуге, эксперимент жасауға және физика ұғымдарын тереңірек түсінуге ықпал ететін динамикалық тәжірибелерін және даралап оқытуды ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, компьютерлік модельдеу білім беру мақсаттары үшін көптеген артықшылықтарды ұсынады:

кеңейтілген түсіну,
белсенді оқыту,
қауіпсіздік,
қолжетімділік, пәнаралық оқыту,
тәжірибелік оқыту.

Модельдеулерді оқу процесіне енгізу арқылы педагог қызығушылықты тудыратын, тереңірек түсінуге ықпал ететін және теория мен бақылау арасындағы алшақтықты жоятын, ғалымдарға табиғат әлемін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича

Физикалық процестер классикалық механикадан кванттық динамикаға дейінгі құбылыстардың кең ауқымын қамтиды. Бұл процестер Ньютонның қозғалыс заңдары, электромагнетизмнің Максвелл теңдеулері және термодинамика принциптері сияқты физиканың іргелі заңдарына бағынады. Осы заңдарды және олардың өзара әрекеттесуін түсіну модельдерді жасау үшін өте маңызды.

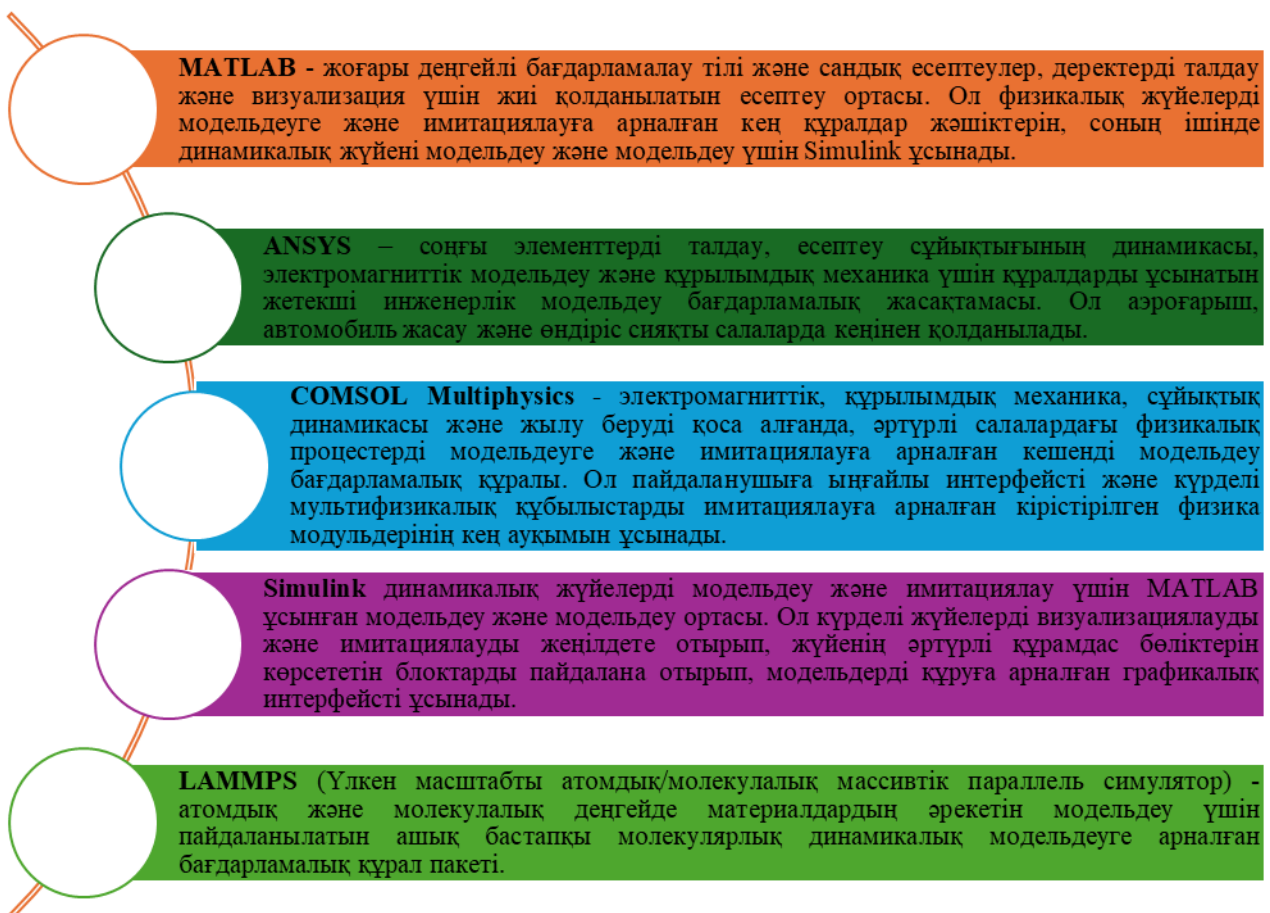
Физикалық модельдерді күрделілігі мен көлеміне қарай әртүрлі түрлерге бөлуге болады. Оларға мыналар жатады:

1. Аналитикалық модельдер: Бұл модельдер бірінші принциптерден алынған математикалық теңдеулерге негізделген. Олар идеалдандырылған сценарийлер үшін нақты шешімдерді қамтамасыз етеді, бірақ олардың нақты әлемдегі жағдайларға қолданылуы шектелуі мүмкін.

2. Сандық модельдер: күрделі физикалық есептерді шешу үшін соңғы элементтерді талдауда қолданылады. Бұл модельдер басқарушы теңдеулерді соңғы теңдеулер жинағына дискретизациялайды, содан кейін олар есептеу алгоритмдері арқылы шешіледі.

3. Эмпирикалық модельдер: эксперименттік деректерге және статистикалық талдауға негізделген.

Әртүрлі физикалық процестерді модельдеуге арналған көптеген бағдарламалар мен бағдарламалық құралдар бар. Физикалық процестерді модельдеуге арналған көптеген бағдарламалар мен бағдарламалық пакеттердің түрлері бар. Бағдарламалық пакеттерді таңдау қолданбаның нақты талаптарына, модельденетін жүйенің күрделілігіне және пайдаланушының қалауына байланысты [2].

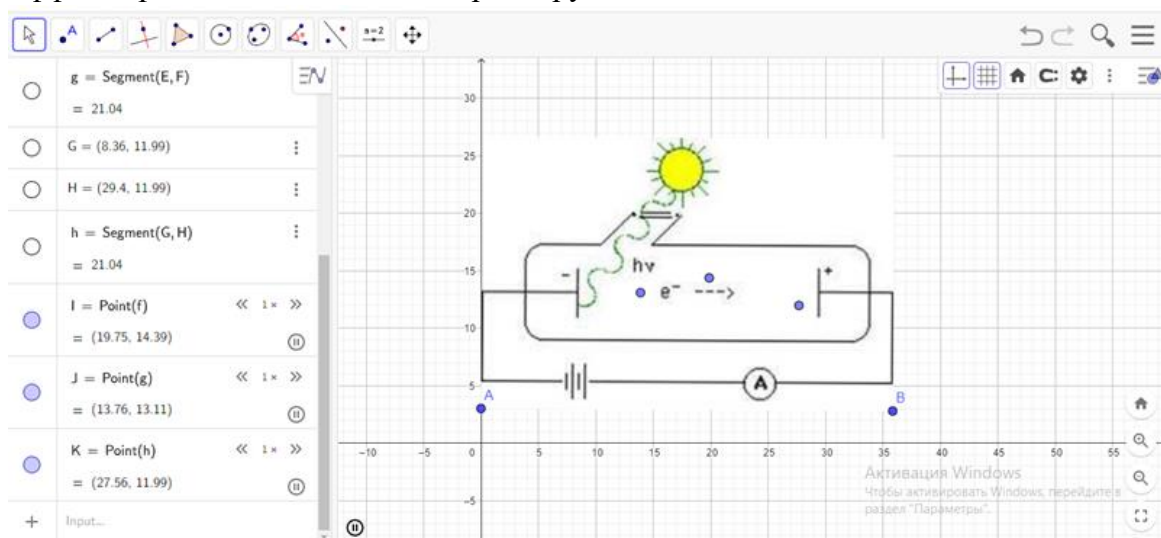


Сурет 1. Физикалық процестерді модельдеуге арналған бағдарламалар

Қандай да бір физикалық құбылысты түсіндіргенде сурет арқылы түсіндіруге болады. Алайда тек суретпен түсіндірген жеткілікті ме? Ал студенттер құбылысты толықтай түсіне

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича алады ма? Ал физикалық құбылысты не тақырыпты меңгеру үшін алдымен түсіну керек, сосын визуалды түрде елестете алу қажет. Физикалық құбылыстардың визуалды бейнелері студенттердің түсінуі мен есте сақтауын жақсартады. Демонстрациялар немесе компьютерлік модельдеу студенттерге дерексіз ұғымдардың нақты мысалдарымен қамтамасыз ету үшін оқытуға біріктірілуі керек [3].

Компьютерлерді пайдалану физикалық құбылыстардың тек статикалық иллюстрацияларды ғана емес, сонымен қатар динамикалық үлгілерін жасауға мүмкіндік береді. Интерактивті компьютерлік модельдер уақыттың өтуін басқаруға, жылдамдықты реттеуге және оларды өзгертуге мүмкіндік береді. Бұл студенттерге процестерді баяулату немесе жылдамдату, шарттарды өзгерту және түсінігін тереңдету үшін тәжірибелерді қайталау арқылы сабаққа белсенді түрде қатысуға мүмкіндік береді. Мысал ретінде GEOGEBRA бағдарламасында фотоэффект құбылысының моделін қарастыруға болады.



Сурет 2. GEOGEBRA бағдарламасында бейнеленген фотоэффект құбылысы

GEOGEBRA модельдеу арқылы пайдаланушылар фотоэффектке қатысты бірнеше негізгі ұғымдарды зерттей алады. Олар электронды эмиссияға қажетті шекті жиілікті зерттей алады, жарық қарқындылығының жоғарылауы электрондардың эмиссия жылдамдығына қалай әсер ететінін бақылайды және фотон энергиясы мен электрон кинетикалық энергиясы арасындағы байланысты талдай алады. Сонымен қатар, пайдаланушылар модельдің дәлдігі мен сенімділігі туралы түсінік бере отырып, эксперименттік деректерді теориялық болжамдармен салыстыра алады.

Фотоэффекттің GEOGEBRA моделі кванттық физиканы және оған қатысты пәндерді оқитын студенттер мен зерттеушілер үшін құнды оқу құралы ретінде қызмет етеді. Қолданбалы теориялар мен эксперименттерге қатыса отырып, пайдаланушылар толқын-бөлшектердің қосарлылығы, энергияны кванттау және жарық пен заттың өзара әрекеттесуі сияқты іргелі түсініктерді тереңдете алады. Модельдеу сонымен қатар пайдаланушыларға гипотезаларды тұжырымдауға, эксперименттер жүргізуге және бақылаулары негізінде қорытынды жасауға мүмкіндік беретін сұрауға негізделген оқыту платформасын ұсынады.

Қорытындылай келе, компьютерлік модельдер физиканы оқытуда дидактикалық мақсатқа арналған құнды құрал болып табылады. Олар интерактивті және иммерсивті оқыту тәжірибесін қамтамасыз етеді, негізгі тұжырымдамаларды нығайтады, эксперименттерді имитациялайды, мәселені шешу тәжірибесін қолдайды және студенттердің белсенділігі мен түсінуін арттырады. Компьютерлік модельдерді физика біліміне кіріктіру арқылы оқытушылар ізденуге, эксперимент жасауға және ашуға ықпал ететін динамикалық және тиімді оқу ортасын жасай алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича
3. Абдыкеримова Э.А. Динамикалық компьютерлік модельдерді практикада қолдану мысалдары //Қазақстан жоғары мектебі, 133-142 б.
 4. Абдыкеримова Э.А. Физикалық құбылыстарды түсіндіруде динамикалық компьютерлік модельдерді пайдаланып оқыту // Информатика-физика-математика, 12-14 б
 5. Ашуров А.Е. Физиканың компьютерлік әдістері, 2007-84 с

УДК 53

Д.Қ. Рахимкулова, Г.З. Халикова

БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКА МҰҒАЛІМДЕРІН ОРТА МЕКТЕПТЕ ОҚУШЫЛАРДЫҢ ЖОБАЛАУ ІС-ӘРЕКЕТІН ҰЙЫМДАСТЫРУҒА ДАЯРЛАУ

*Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы қ.,
Email: dinararahimkulova65@gmail.ru*

Андатпа

Мақалада болашақ информатика мұғалімдерін орта мектептерде жобалау іс-әрекетті ұйымдастыруға дайындаудың өзекті мәселесі қарастырылады. Заманауи білім беруде жобалау іс-әрекетті ұйымдастыруды қолданудың маңыздылығы атап көрсетілген. Сонымен қатар бұл әдістің сыни тұрғыдан ойлауды дамыту, білімді тәжірибеде қолдану, коммуникативті дағдыларды қалыптастыру және болашақ кәсіби іс-әрекетке дайындау сияқты артықшылықтарын талданған. Мақалада болашақ мұғалімдерді даярлаудың әдістемесі, оның ішінде оқу бағдарламасына кіріктіру, тәжірибелік сабақтар, заманауи білім беру технологиялары пайдаланылған. Болашақ информатика мұғалімдерін орта мектепте оқушылардың жобалау іс-әрекетін ұйымдастыруға даярлау қазіргі ақпараттық қоғамға сәтті бейімделе алатын құзыретті және шығармашыл түлектерді қалыптастыру жолындағы маңызды қадам екенін атап көрсетілген.

Түйін сөздер: жобалау іс-әрекеті, орта мектеп, цифрлық сауаттылық, сыни тұрғыдан ойлау, топтық жұмыс, қарым-қатынас дағдылары

Жиырмамыншы ғасырдың ортасында жүйелік-белсенділік тәсілінің дамуы оқу процесінде жобалық әдісті қолдануға деген қызығушылықты жандандырды. Дегенмен, бұл әдіс жаңа білім беру парадигмасына көшумен қатар жаңа мағынаға ие болды. Жаңа ғылыми-әдістемелік базаны қолданудың және ақпараттық технологияның дамуының арқасында жобалық қызмет әдісі ең танымал білім беру әдістерінің біріне айналды. Оны жүйелі түрде қолдану қазіргі білім берудің «балаларды оқуға үйрету» сияқты негізгі қағидаларын жүзеге асыру үшін қажет болды. Оқушыларды ғылыми-зерттеу және жобалық іс-әрекетке баулу – олардың ынтасын арттыру және бастауыш сыныптағы оқу-тәрбие жұмысының тиімділігін арттырудың бір жолы.

Қазіргі кезде мектептің міндеті – оқушыларға жоғары білім беру ғана емес, олардың жан-жақты дамуын, өз бетінше білім алуын қамтамасыз ету. Бұл тұрғыда жобалық іс-шаралар мұғалімдерге де, оқушыларға да айтарлықтай мүмкіндіктер береді. Қазіргі оқыту теориясының негіздері, мысалы, оқытуды жобалау В.В. Рубцова, В.Д. Симоненко, Е.С. Полат, Н.В. Бұл процесте Матяш және басқа да ресейлік ғалымдар маңызды рөл атқарады. Жаратылыстану ғылымдары саласындағы зерттеулер де студенттердің жобалық іс-әрекеті танымдық қызығушылықтың жоғары деңгейіне және теориялық білімнің интеграциясына, сонымен қатар практикалық тәжірибе негізінде білім мен шығармашылықтың дамуына ықпал ететінін көрсетеді.

Жобалық әдіс – оқушылардың жеке немесе топтық әрекеттері арқылы белгілі бір мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін оқу-танымдық әдістер жүйесі. Ол оқушылардың өзін-өзі танытуын, өзін-өзі көрсетуін және шығармашылығын дамытуға ықпал етеді, сонымен

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича қатар топтық және жеке жұмысты біріктіріп, ынтымақтастық принципін жүзеге асырады. Жобалау әдісі оқушылардың жобалық іс-әрекеттер арқылы белгілі бір білім көлемін меңгеруді талап ететін белгілі бір мәселелерге қызығушылықтарын мақсатты түрде оятып, олардың алған білімдерін практикада қолдана білу дағдыларын дамытады. Жобалау әдісі оқушылардың қызығушылықтары мен жеке ерекшеліктерін ескере отырып, танымдық және шығармашылық қабілеттерін белсендіреді, топтық танымдық әрекетке мүмкіндіктер ашады.

Жобалық іс-әрекет, Н.В.Вальконың пікірінше, оқу процесінің ең белсенді және тәуелсіз бөлігі болып табылады. Бұл әдістің басты артықшылығы - бұл балаларға практикалық дағдыларды игеріп, теориялық білімдерін тәжірибеде тексеруге болатын микроәлеуметтік ортада іс-әрекеттерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мектеп оқушыларының жобалық іс-әрекетінің оқу-зерттеу іс-әрекетінен айырмашылығы, біріншісі алған білімдері мен дағдыларын тәжірибеде қолдануға, сондай-ақ белгілі бір құзыреттіліктерді дамытуға бағытталған. Е.С. Полат, гуманитарлық білім беру идеясынан туындайтын жобалық әдіс білім беру жүйесінің құрамдас бөлігіне айналады. Жобалық оқыту оларға студенттердің өзіндік білім алуын ұйымдастырудың технологиясы, әдісі және тәсілі ретінде ұсынылады. Дизайн ұжымдағы мінез-құлық пен қарым-қатынастың жаңа үлгілерін дамытуға, сондай-ақ жаңа жеке қасиеттерді қалыптастыруға мүмкіндік береді. Білім беруде жобалық әдісті қолдану өзін-өзі дамытуға, өзін-өзі дайындауға және берілген міндеттерді шешу үшін ұжымдардың өзін-өзі ұйымдастыруына ықпал ететін білім беру ортасын құруды көздейді. Мұғалім үшін жобалық жұмыс қызығушылық тудырады, өйткені оқушылармен ынтымақтастықтың нәтижесін болжау мүмкін емес. Жоба жоспарын жобаға қатысушыларға байланысты бейімдеуге болатын ашық құрылым ретінде қарастырған жөн. Жобалық оқытуды пайдалана білу мұғалімнің қабілетінің, құзыреттілігі мен ұйымдастырушылық қабілетінің көрсеткіші болып табылады. А.Папандреу атап өткендей, жобаның нәтижесі ғана емес, оны жүзеге асыру процесінің өзі де маңызды. Студент үшін жобалық іс-әрекетке қатысу тәжірибесі мен мотивациясы маңызды және мәселені шешу жолдары оңтайлы болуы керек. Жобаны әзірлеу және жүзеге асыру қажетті білім мен дағдыларды меңгеру, оларды іс жүзінде пайдалану және жетілдіру үшін жағдай жасайды. Мұғалім үшін ең құнды нәрсе – жобамен жұмыс істеу процесі.

Қазіргі әлемде болашақ информатика мұғалімдері жобалық іс-әрекеттің маңыздылығын біледі, бірақ оны практикалық жүзеге асыруда жиі қиындықтарға тап болады. Бұл аспект болашақ информатика мұғалімдерін жобалық жұмысты ұйымдастыруға дайындау процесінде шешуші мәнге ие. Дегенмен, болашақ информатика мұғалімдерінің кәсіби тәжірибесінде әртүрлі мәселелер туындайды. Бұл қиындықтардың бір себебі - дизайн тәжірибесінің болмауы. Студенттердің тәжірибесі жеткіліксіз болса, теориялық білімдерін практикада қолдануда қиындықтар туындауы мүмкін. Сондықтан студенттерге оқуды жобалау процесінде практикалық тәжірибе мен сәйкес дағдыларды беру қажет. Тағы бір себеп – мұғалімдер тарапынан бағыт-бағдар мен қолдаудың жоқтығы, бұл студенттерге жобаларды орындауды қиындатады. Құрылымдық көшбасшылықты қамтамасыз ету бұл қиындықтарды, сондай-ақ команданы басқару тәжірибесінің жетіспеушілігін жеңуге көмектеседі. Жобалық іс-әрекеттер көбінесе командалық жұмысты қажет етеді, ал топты басқару және жобаға қатысушылар арасында тапсырмаларды бөлу тәжірибесінің болмауы қиындықтарға әкелуі мүмкін.

Бұл қиындықтарды жеңу үшін келесі ұсыныстарды қолдануға болады:

Студенттердің жобалармен жұмыс істеу тәжірибесін алуы және ұйымдастырушылық қабілеттерін дамыту үшін оқу бағдарламасына кіріктірілген практикалық жаттығулар мен шеберлік сабақтарын өткізу.

Тәжірибелі мұғалімдер жобалық іс-шаралар барысында студенттерге кеңес беріп, қолдау көрсететін тәлімгерлік жүйесін енгізу, бұл оқытудың тиімділігін айтарлықтай арттырады.

Студенттерге қажетті дағдылар мен тәжірибені кезең-кезеңмен алуға мүмкіндік беретін жобаларды оқу жоспарына бірізділікпен жүзеге асырумен біріктіру.

Тәжірибелік аспектілерді, тәлімгерлік және оқу процесінде жобаларды жүйелі түрде жүзеге

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича асыруды қамтитын жалпы көзқарас студенттердің жобалық іс-әрекеттерді сәтті жүзеге асыруына және олардың болашақ оқу процесінде осы әдісті қолдануға дайын болуына ықпал етеді.

1-кестеде білім беру стандарттарына қатысты информатика кафедрасының жоба тақырыптарының мысалдары көрсетілген. Жобалық іс-әрекеттер әр оқушының өзіндік ойлауын дамытуға ықпал етеді.

Жоба аты	шарты	оқушылардың деңгейіне талаптар	дайындық қойылатын талаптар
Сандық суретші	Сандық өнер туындыларын жасау бағдарламасын әзірлеу. Бұл сурет салуды, әсерлерді және анимацияны қолдануды қамтуы мүмкін.	Графикалық кітапханаларды пайдаланып бағдарламалау тәжірибесі (мысалы, өңдеу). Интерфейс пен функционалдылықты құрудағы шығармашылық.	
Музыкалық генератор	көңіл-күй, қарқын және стиль сияқты әртүрлі параметрлерге негізделген музыканы жасай алатын бағдарлама жасаңыз.	Аудио өңдеуге арналған бағдарламалау тілін білу (мысалы, librosa кітапханасын пайдаланатын Python). Музыкалық ұғымдарды түсіну.	
Интерактивті әңгіме	Көрнекі әңгіме құралдарын немесе мәтіндік квест арқылы интерактивті әңгімені дамыту.	Интерактивті орталарда бағдарламалау тәжірибесін алыңыз (мысалы, Twine немесе Ren'Py). Стандартты емес әңгімелер мен сценарийлерді құру мүмкіндігі.	
Сандық фотоальбом	Веб-технологияларды пайдалана отырып, интерактивті фотоальбомның санасы. Слайд-шоулар, анимациялар және түсініктемелер сияқты мүмкіндіктерді қосыңыз.	HTML, CSS және JavaScript тілдерін білу. Суреттермен және анимациямен жұмыс істеу дағдылары.	
Виртуалды мұражай	Виртуалды шындықты немесе 3D модельдеуді пайдалана отырып, виртуалды мұражайды дамыту.	Виртуалды шындықпен тәжірибе (мысалы, VR қолдауы бар Unity). Дисплейлер мен интерактивті элементтерді жасаудағы шығармашылық.	
Пазл ойыны	Алгоритмдерді және логикалық тапсырмаларды пайдалана отырып зияткерлік жұмбақ ойынын құру.	Бағдарламалау тілін білу (мысалы, Python). Алгоритмдермен және деректер құрылымдарымен жұмыс тәжірибесі.	
Бағдарламаланатын киім үлгілері	Виртуалды фитинг технологияларын пайдалана отырып,	3D модельдеу бағдарламалау тілін білу (мысалы, Blender кітапханасын пайдаланатын	

	виртуалды киімді модельдеу және анимациялау бағдарламасын жасау.	Python). Киім дизайнындағы шығармашылық.
--	--	---

Қорытындылай келе, білім берудегі жобалық іс-әрекеттер студенттерді ақпараттық қоғамның заманауи талаптары мен талаптарына дайындауда шешуші рөл атқарады деп айта аламыз. Оқытудың бұл әдісі оқушылардың оқу процесіне белсенді қатысуына ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар олардың өз бетімен жұмыс істеу, шығармашылық ойлау, қарым-қатынас және практикалық есептерді шешу дағдыларын дамытады. Дегенмен, жобалық іс-шараларды сәтті жүзеге асыру үшін студенттерге тиісті практикалық тәжірибені беру, мұғалімдер тарапынан қолдау және бағыт-бағдар беру қажет. Жобаларды оқу жоспарына кіріктіру, шеберлік сыныптары мен тәлімгерлік жүйелерін ұйымдастыру, сондай-ақ курстық дизайн саласындағы мұғалімдердің дағдыларын дамытуға үнемі көңіл бөлу білім берудегі жобалық іс-әрекеттерді сәтті жүзеге асырудың негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Осы әдісті күшейтіп, болашақ мұғалімдерді сапалы дайындауды қамтамасыз ету арқылы біз тиімдірек оқытуды қамтамасыз етіп, студенттерді заманауи ақпараттық әлем талаптарына дайындай аламыз.

Список литературы / References

1. Полат Е.С. и др. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. М: ИЦ Академия, 2003. 271 с.
2. Сергеев И.С. «Как организовать проектную деятельность учащихся» М.: АРКТИ, 2006. 76 с.
3. Формирование универсальных учебных действий в основной школе: от действия к мысли. Система заданий. Пособие для учителей. М.: Просвещение, 2011. С. 85.
4. Воюшина М.П. Формирование культурного поля школьника в урочной и неурочной образовательной деятельности // Метаметодика как перспективное направление развития предметных методик обучения. Выпуск 7. СПб.: Северная звезда, 2010. С. 24.

**МАЗМУНЫ
СОДЕРЖАНИЕ
CONTENT**

НАПРАВЛЕНИЕ 1.

**ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ФИЗИКА
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА
THEORETICAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS**

1. **Кулбек М., Баймолда Д., Хамраев Ш., Султанова К.** 12
Об инверсионных эффектах при обжиге топливосодержащих керамических материалов
2. **Жанели М., Косов В.Н.** 17
Оценка линейных размеров структурных формирований в конвективных течениях, вызванных неустойчивостью механического равновесия тройных газовых систем средствами визуально-численного анализа
3. **Турмамбеков Т.А., Әжі А.И., Батрбек Д.Б., Саидахметов П.А.** 21
Изучение методами термического анализа фазовых превращений в сплавах магнитных материалов
4. **Жанабаева А., Жумырбаева Б., Тлебаев К.Б.** 33
Инфрақызыл спектроскопия әдісімен температураның әсері және электронды сәулеленудің политетрафтор-этиленнің құрылымына әсерін зерттеу
5. **Қоштыбаев Т.Б., Берден А.Қ.** 37
Идеал газдағы процестердің математикалық негіздемесі
6. **Егембердиева С.Ш., Кушкимбаева Б.Ж., Наметкулова Р.Ж., Кейкиманова М.Т.** 46
Исследование зависимости положения дна подзоны размерного квантования от ширины ямы в двойной гетероструктуре N-типа GaSb – InAs – GaSb
7. **Zhussanbayeva A.K.** 50
Numerical study of convective formations in isothermal three-component vapor-gas systems
8. **Рахымбеков А.Ж.** 53
Кислородноионный ток суперионика
9. **Жаменкеев Е.К.** 57
Іінтіректі поршенді сусорғысының негізгі кинематикалық параметрлерін алу
10. **Лысенко В.С., Раманкулов К.Е., Примкулова Ж.Е.** 61
Анализ механизма с вращающейся эксцентрической массой
11. **Нүрдәулетқызы В., Тоқтасын Қ.Ж., Дүйсекеев Б., Мұратова А.І., Асембаева М.Қ.** 70
0,39He+0,61Ar-N₂ газ жүйесіндегі диффузиялық араласуды эксперименттік

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича зерттеу

12. **Қоштыбаев Т.Б., Берден А.Қ., Жаменкеев Е.К., Примкулова Ж.Е.** 74
Еркін бөлшектің толқындық функциясы
13. **Қоштыбаев Т.Б., Алиева М.Е., Діқамбай Т.Б., Исмаилова Г.А.** 80
Лагранждық механиканың құрылымы
14. **Қоштыбаев Т.Б., Құткелдиева Э.О., Шыныкулова Н.Н., Камал Б.Ә.** 88
Гамильтон механикасының негіздері
15. **Лысенко В.С.** 95
Преобразование энергии гидравлического удара в тепловую энергию
16. **Насирова Д.М., Курмангалиева В.О., Газизова А.** 99
Исследование времени жизни нейтронных резонансов, возникающие в сверхплотной звездной материи
17. **Хайтбаева С.А., Насирова Д.** 102
Мезосфералық күміс бұлттар туралы
18. **Раманкулов К.Е.** 107
О физике гравитона
19. **Жусупова Н.К.** 110
Нейтрондардың айнадан шағылысуы
20. **Бисембаев К., Тезекеев С.М., Сұлтанова К., Байчапанова А.** 115
Жоғары ретті айналу беттерімен шектелген теңселмелі тірегі бар дірілден қорғау құрылғысына орналастырылған, шоғырланған жүктемелер бар серпімді сырықтың мәжбүр тербелісі
21. **Мукамеденқызы В., Ақбердиев Б.Е., Төлепберген А.** 122
Үш компонентті изотермдік газ қоспаларындағы диффузиялық араласудың тығыздық инверсиясы
22. **Сейдаз Т.М., Федоренко О.В.** 126
Құрамында парниктік газдар бар газ қоспаларын конвективті араластыру
23. **Сурашов Н., Асматулаев Р.Б., Толымбек Д.Н.** 128
Рациональная форма отвала бульдозера с учетом грунтового фона республики казахстан
24. **Abishev M., Beissen N., Aimuratov Y., Yernazarov T., Shynggyskhan N.** 135
Nonlinear electromagnetic effects in the quadrupolar magnetic field of a magnetar

**ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ.
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ
METHODOLOGY OF TEACHING PHYSICS**

25. **Алимбекова Г.Б.** 139
Физика курсының оқыту үдерісінде инновациялық технологияларды қолданудың негізгі бағыттары
26. **Сапарбекова Ғ., Алимбекова Г.Б.** 143
Мектеп физика курсындағы «механикалық және электромагниттік тербелістер» бөлімін оқытуда инновациялық технологияларды қолдану
27. **Ақжолова Ә.Ә., Жексенбаева Г.А., Мырзатай М.М., Мейманкулова С.** 146
Асқын өткізгіштік құбылысына есептер шешу
28. **Паисханов С., Досымов Е., Асембаева М.Қ.** 148
«PHYSICS IN ENGLISH» элективті курсының әзірлеуде СІІІ технологиясын пайдалану тиімділігі
29. **Түйебаев М.К.** 153
Білім берудегі құзыреттілік және оны қалыптастыратын дағдылар
30. **Айтбек Г.Е., Алимбекова Г.Б.** 155
Ағылшын тілінде СІІІ әдісі арқылы физика сабағының жоспарын құру
31. **Розиматов Р., Мейрбек А., Шектібаев Н.** 160
Физиканы оқытуда ғылыми ойлауды дамыту үшін оқытудың зерттеу әдістерін қолдану
32. **Шектібаев Н., Төрехан Т.Е., Қойшыман А.С.** 164
Физиканы оқытудың инновациялық әдістері: электронды оқулықтар мен онлайн ресурстарды пайдалану тиімділігі
33. **Болатқызы А., Уразақынов Д.К.** 171
Болашақ медицина мамандары үшін биофизика пәнін оқудағы іргелі физика заңдарының орны
34. **Тукен М.Б., Камзабекова Ш.Б.** 174
Болондық білім беру жүйесі бойынша университетте физика пәнін оқытуды жетілдіру
35. **Шектібаев Н.Ә., Әбсамат П.Қ., Абдугаппаров А.А.** 176
Физиканы оқытуда зертханалық жұмыстарды виртуалды бағдарламаларда орындау
36. **Дәуренқызы А., Қозыбай А.К.** 180
Физика курсының оқыту барысындағы физикалық есептердің алгоритмдері
37. **Ерданақызы С., Алимбекова Г.Б.** 184
Мектеп оқушыларына физика курсының жылу құбылыстары бөлімін

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеновича оқытудың ерекшеліктері

**НАПРАВЛЕНИЕ 2
МАТЕРИАЛТАНУ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
MATERIALS SCIENCE**

38. **Комаров Ф. Ф., Жукова М.Н., Людчик О. Р.** 190
Широкополосное антиотражающее композитное покрытие: влияние импульсной лазерной обработки на оптические свойства
39. **Қырықбаева Ә.А., Сулейменов Б.Т., Баймбетова Г.А.** 195
Разработка нового поколения пропантов – веление времени

**НАПРАВЛЕНИЕ 3
КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
COMPUTER MODELING**

40. **Исмаилов Б.Р., Бабаходжаев Р.П., Айменов Ж.Т., Исмаилов Х.Б., Шамбилова А.С** 198
О математическом и компьютерном моделировании динамики газов и теплообмена в рекуперативных турбулизирующих устройствах
41. **Тулеева Л.Б., Куйкабаева А.А.** 203
Ұлттық сараптама орталығы мысалында көрсетілетін қызметтің сапасын сараптау
42. **Аккушкарров А.Т., Байбакина А.Т.** 206
О возможностях функционального интерфейса для систем родительского контроля
43. **Халықова Г.З.** 209
Электрондық портфолио – болашақ педагог маманның цифрлық құзыреттілігінің көрсеткіші ретінде
44. **Ugulbai G., Yershina A.K.** 213
Gas law training via mathematica
45. **Abdikhanova A.G., Abilkhash Zh.A., Altynbek Zh.D.** 218
Trends in computer modeling
46. **Біргебаев А.Б., Жұмағұл Ғ.О.** 223
Жаратылыстану ғылымдарына математика әдістерін пайдаланудың заманауи қоғамдағы адам білімі мен мәдениеті жүйесіндегі орны
47. **Қосанов Б.М., Нурмухамедова Ж.М., Нурбаева Д.М.** 227
Қоспалар компоненттерінің қатынасына берілген есептерді шешудің стандартты емес әдісі
48. **Біргебаев А., Папышев А.А., Сахабаева А.М.** 231
Кеңістіктердің енгізілу теоремалары мен операторлардың бөліктену

К 60-летию доктора физико-математических наук, профессора, член-корреспондента Казахской Национальной Академии Естественных Наук Тлебаева Кайрата Бейшеневича теориясының тарихи алғы шарттарын оқытудың математиканы гуманитарландырудағы маңызы

49. **Күзенбай Т., Ершина А.** 236
Физикалық процестерді модельдеу
50. **Рахимкулова Д.Қ., Халикова., Г.З.** 240
Болашақ информатика мұғалімдерін орта мектепте оқушылардың жобалау іс-әрекетін ұйымдастыруға даярлау