

## Технология наглядно-модельного обучения математике

**Научный руководитель:** Смирнов Евгений Иванович, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой математического анализа, теории и методики обучения математике

[e.smirnov@yspu.org](mailto:e.smirnov@yspu.org)

Краткая характеристика научной школы и ее деятельности:

Выявлена сущность фундирования опыта личности будущего педагога; разработана технология наглядного моделирования математических знаний, процедур и методов; разработана методика ресурсных уроков в развитии познавательной и творческой самостоятельности; разработана дидактическая модель преемственности профессиональной подготовки будущего инженера на основе концепции фундирования; разработан банк спиралей и кластеров фундирования опыта личности; разработаны комплексы профессионально-ориентированных, мотивационно-прикладных и многоэтапных математико-информационных задач; выявлены педагогические условия, критерии и этапы развития творческой активности будущего инженера; выявлены современные проблемы и вызовы в профессиональной подготовке и деятельности педагога; гомологическими методами доказано обращение в нуль первой производной функтора хаусдорфова предела локально-выпуклых пространств; определена и исследована универсально-слабая сходимости в топологической группе, ассоциированной с сигма-алгеброй; выявлены интегративные конструкты в математическом образовании педагога; доказана теорема Харди-Литтльвуда о максимальном операторе для счетно-полуаддитивных функционалов; показано использование гомологических методов и кортежей итерированных спектров в функциональном анализе; выявлены геометрические свойства конусов функций в банаховых пространствах; уточнены сущность, характеристики и структура системогенеза, содержательной и количественной динамики, характеристики периодов, фаз и тенденций современного состояния синергии математического образования в школе и вузе в контексте диалога культур на фоне анализа и исследования мирового и отечественного педагогического опыта.

Выявлено, что синергия образования и происходящие интеграционные процессы сопровождаются описанием и объяснением сути разных сторон педагогических явлений в рамках единства общей теории синергетики, сложности, информации и теории систем, что достижимо при единстве терминов, раскрывающих содержание этого научного феномена и интеграционные процессы, усиливающиеся при смене парадигмы образования в ходе его интеграции в мировую систему. Показано, что фрактальность является таким же фундаментальным структурным свойством материи, как дискретность и непрерывность. Фрактальность можно рассматривать в

качестве третьего элемента, необходимого для решения проблемы противоречия между дискретностью и непрерывностью в математике, как меру их компромисса.

Выделены четыре этапа интеграционных процессов при обучении математике в школе и вузе, критерии и иерархичность обобщенного содержания интегративных курсов, включающего междисциплинарный материал из разных областей знания, в том числе историогенез математических, естественно-научных и профессиональных дисциплин, оценочная часть структуры интегративных курсов содержит итоговые междисциплинарные проекты, описание порядка их выполнения, критерии и рекомендации по коррекции полученного результата. Характеризованы технологические достижения реализации на практике интеграции математики и естественных наук: интегрированные компьютерные программы по математике, естественным и социальным наукам, такие как ArcView — семейство геоинформационных программных продуктов; уточнены сущность и методологии, характеристики и структура системогенеза и перспектив адаптации современных достижений в науке к обучению математике, мотивов и динамики, уровней и этапов, содержания и форм развертывания фундирующих комплексов интеграции и единства математического, информационного, естественно-научного и гуманитарного образования школьника, студента и педагога в контексте диалога культур на основе анализа отечественного и мирового образовательного опыта.

В исследовании разработаны и обоснованы специальные принципы интеграции гуманитарного, информационного, математического и естественно-научного образования, соединяя базовые принципы обучения на основе принципа дополнительности. Именно разработаны и характеризованы триады принципов: принцип фундаментальности — профессиональной направленности — фундирования; принцип дивергентности — системности — конвергентности; принцип энтропийности — целостности — эмерджентности; принцип управления — самообучения — саморазвития; принцип теории — практики — моделирования; принцип дискретности — непрерывности — фрактальности; принцип открытости — замкнутости — трансдисциплинарности; принцип целесообразности — причинности — полимотивации; принцип преемственности — концентризма — системогенетичности.

Исследованы механизмы инерционности в освоении сложных знаний, которые являются одними из закономерностей профессионального становления личности. В исследовании выявлены и характеризованы особенности учебно-профессиональной адаптации студентов университета и профессиональной адаптации начинающих педагогов, показана инерционность профессионального становления. Уточнены механизмы профессиональной и учебно-профессиональной адаптации, которые реализуются как процессы

взаимодействия профессиональной саморегуляции, профессионального научения, диагностической деятельности и профессионального развития. Показано, что готовность к инновационной деятельности на основе проявления синергии математического образования и диалога культур в ходе освоения современных достижений в науке – это интегративное единство личностных качеств и опыта педагога, направленное на успешное и творческое решение педагогических задач с опорой на нововведения в проектировании и самоорганизации учебной, обучающей и диагностической деятельности в ходе совместного с обучающимися и согласованного освоения сложного знания и комплексных способов познавательной деятельности и творческой самостоятельности, ведущих к пороговому эффекту самоорганизации и диалогу культур.

Выявлены и характеризованы компоненты (мотивационно-ценностный, когнитивно-технологический, методологический, индивидуально-творческий, рефлексивно-деятельностный и оценочный), а также этапы и параметры, основные факторы успешности в решении педагогических задач готовности (подготовительный, содержательно-технологический, оценочно-коррекционный и обобщающе-преобразующий) к развитию инновационной деятельности в условиях проявления синергии математического образования.

Выявлены компоненты и особенности исследования сложного математического объекта как педагогической задачи (требования профессии, содержание образования, субъект обучения, педагог или кейсовые технологии, существо инноваций в направлении: когнитивное поле фундирования, аффективное поле фундирования и самоактуализации, интерактивное технологическое поле, социализация в диалоге культур).

На основе математического и компьютерного моделирования получены новые фрактальные характеристики цилиндра Шварца, выявлены закономерности роста многогранных поверхностей с выявлением синергетических эффектов и сценария Ферхюльста, выявлены инварианты трехмерных тел с фрактальными характеристиками. Выявлены и характеризованы содержание, компьютерный дизайн и технология исследования обобщенных конструкторов выявления сущности «проблемных зон» вузовской математики, точки бифуркации, бассейны притяжения, вычислительные процедуры и флуктуации параметров состояния, компьютерный дизайн и побочные результаты исследования «проблемных зон», в том числе, боковой поверхности регулярного и нерегулярного цилиндра Шварца.

Выстроены иерархии форм и средств исследовательской деятельности школьников: ресурсные и лабораторно-расчетные занятия, комплексы многоэтапных математико-информационных заданий, проектные методы и сетевое взаимодействие. Разработаны теоретико-методологические основы организации гибридной интеллектуальной системы поддержки проектно-

исследовательской деятельности обучающихся с эффектом развития креативности и научного стиля мышления (на примере математики). Разработаны инновационная концепция организации оценочной деятельности с поддержкой гибридных нейронных сетей и нелинейной структурой проектирования и инженерии базы данных и знаний, гибридная интеллектуальная система распознавания качества освоения учебных элементов содержания математики.

### **Научная деятельность и достижения за последние 5 лет:**

Грант РФФИ №№19-29-14009 «Организация гибридной интеллектуальной обучающей среды в условиях цифровизации общего образования (на примере математики)», 2020-2022 гг. (исполнитель Е.И. Смирнов - Елец), публикации в ВАК журналах (4), в том числе РАН, Scopus, ZentralblattMath, Web of Science (10), членство редколлегии 9 российских и зарубежных научных журналов (США, Сингапур, Англия, Украина, Владикавказ «Вестник», Москва «Муниципальное образование: инновации и эксперимент» (ВАК), Саратов «Грамота» (ВАК), Елец «Континуум» (ВАК), «Ярославский педагогический вестник» (ВАК), изданы 13 монографий, сборник материалов XV и XVI Международных Колмогоровских чтений, 3 учебных пособия и 18 методических разработок в издательствах Ярославля и Ельца, членство оргкомитетов международных научно-методических конференций в Ельце (апрель), Владикавказе (июль), Ярославле (март), Костроме (декабрь), участие в международных научно-методических конференциях с пленарным докладом – 13.

Е.И. Смирнов - руководитель математического направления госзадания Центра трансфера педагогических технологий (Грант МП РФ), экспертиза статей и проектов в РНФ (15 рецензий), зарубежных журналах и университетах (ежегодно, США, Сингапур, Саудовская Аравия, США, Украина, Англия, Казахстан, Азербайджан), экспертиза заявок РНФ – 15, Е.И. Смирнов - руководитель 3 аспирантов по 5.8.2 и 5.8.7, экспертиза и ведущая организация по защитах кандидатских и докторских диссертаций – 3; доцент В.В. Богун получил свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Исследование обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с применением численных методов». № 2021613754 от 12.03.2021 г.

Научное руководство 16 ВКР студентов и магистерских диссертаций, 13 курсовыми работами и 20 инновационными учебными программами элективных и факультативных курсов, веб-квестов для средней школы; разработаны 2 учебных программы повышения квалификации педагогов по формированию математической грамотности школьников, разработан 1 электронный контент и база повышения квалификации педагогов по математической грамотности (30 заявок), студенты – победители 3

международных конкурсов ВКР, курсовых работ и публикаций научных статей РИНЦ. Организованы и проведены XVI Международные Колмогоровские чтения (Кострома, декабрь); Международная научная конференция «Порядковый анализ и смежные вопросы математического моделирования, XVI. Теория операторов и дифференциальные уравнения» (РСО-А, г. Владикавказ, 20-25 сентября 2021 года); Международная научная конференция «Фундаментальные проблемы обучения математике, информатике и информатизации образования», Елец, октябрь 2021.

**Научные результаты:** все результаты являются новыми и могут быть внедрены в учебный процесс как в классических, так и педагогических и технических университетах, в средней общеобразовательных и профессиональных школах; установлены научные контакты с научными школами Пермского ГПУ, Филиала НГУ (Арзамас), Тюменского нефтегазового университета, Костромского ГУ, Украиной и Казахстаном, профессорами А.Г. Кусраевым (Южный Филиал Института математики РФ - Владикавказ), С.А. Розановым (РУДН), Л. Падитцем (Германия), Г. Томским (Франция), Е.И. Бережным (ЯрГУ), научное руководство 3 соискателем и 3 аспирантами (Попова Т.А., Легкова М.В. (а/о), Галасеева Н.А., Р.Ю. Малов (а/о), А.С. Крылов, Г.С. Бушуев (Пермь).

*Основные выводы:*

- наглядное моделирование является методом, методикой, средством и технологией инновационного обучения математике сложного знания, повышения математической грамотности школьников и проявления синергии математического образования, а также возможность поддержки интеллектуальных сред (нейронных сетей) организации проектно-исследовательской деятельности на фоне познавательной, мотивированной и творческой активности школьников и студентов;
- наглядное моделирование является эффективным механизмом интеграции и синергии, фундаментализации математических знаний в процессе решения прикладных и профессионально-ориентированных задач (информационных, экономических, физических, инженерных и др.) в условиях насыщенной информационно-образовательной среды компьютерного и математического моделирования сложного знания;
- использование информационных технологий (КМС, графический калькулятор, Multimedia, дистанционное обучение, интеллектуальные среды, нейронные сети и гибридные интеллектуальные системы) на основе наглядного моделирования в процессе обучения математике сложного знания повышает мотивацию, математическую грамотность, результативность и эффективность познавательной и творческой деятельности школьников и студентов.

Результаты могут быть использованы в повышении квалификации педагогов, профессиональной подготовке будущих инженеров и учителей, обучающихся в средней школе (не только математического, но и естественнонаучного и гуманитарного циклов). Часть результатов может быть использована в процессе обучения математике и естественнонаучным дисциплинам в средней школе, особенно в формировании исследовательского поведения, рефлексии и мотивации с поддержкой интеллектуальных сред и проявлением синергии математического образования.