

## **Применение межпредметной интеграции для формирования целостного представления о структуре и организации материи у обучающихся по естественно-научным специальностям в вузах**

Елена Анатольевна Карулина

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена  
191186 Россия, Санкт-Петербург, наб. Реки Мойки, д. 48; e-mail: karulina@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы межпредметной интеграции для формирования у обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) «Физика, Дополнительное образование в области организации Кванториумов и Технопарков» института физики РГПУ им. А.И. Герцена целостных естественно-научных представлений об окружающем мире. Осуществлен разбор методического подхода к реализации достойного уровня фундаментальной подготовки кадров педагогического образования через интеграцию учебных курсов, который обучающиеся могут успешно использовать в своей дальнейшей педагогической практике при вовлечении учеников общеобразовательных учреждений в проектную деятельность, являющуюся крайне актуальной на сегодняшний день и подразумевающую их самостоятельную деятельность по решению поставленной преподавателем проблемы, а также предусматривающую использование интеграции знаний различных областей науки и овладении учащимися школ важными для них умениями и компетенциями.

*Ключевые слова:* межпредметные интеграция, проектная деятельность, исследовательская работа, обучающиеся, компетенции.

**DOI:** 10.54965/16093143\_2025\_31\_4\_155

Современный этап развития образования в Российской Федерации происходит на фоне быстро изменяющихся социально-экономических условий и бурном развитии технологии исследований и производства в стране и мире в целом. Поэтому акцент на повышение качества физического образования обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) «Физика, Дополнительное образование в области организации Кванториумов и Технопарков» института физики РГПУ им. А.И. Герцена, имеет первостепенное значение для удовлетворения познавательных потребностей и обеспечения высокого уровня развития личности и обеспечения фундаментальной естественно-научной подготовке обучающихся.

Необходимо отметить, что изучение в курсе физики элементов пограничных наук, в том числе химии и биологии, развивает целостность естественно-научного мышления, играет значительную роль в межпредметной интеграции и позволяет раскрыть полноценно

методологию познания, выступая как совокупность конкретных образовательных результатов с развитием целостного взгляда на природу мироздания.

Выполняя исследовательские работы, обучающиеся не только осваивают курс физики, но и учатся интегрировать знания из разных предметных областей, что будет востребовано ими в дальнейшей педагогической деятельности, развивая критическое мышление и рефлексию.

Обучающихся необходимо с ориентировать на правильное направление обсуждения результатов исследований, так как именно на этом этапе они сталкиваются с максимальными трудностями. К тому же совместное разрешение трудностей способствует формированию умения работать в группе. Данный подход к проведению занятия-исследования позволяет использовать фундаментальные знания смежных дисциплин, подтвердить теоретические знания о данном физическом явлении и обнаружить новые особенности поведения данной физической системы [1–3].

В качестве примера мы хотим привести пример работы, направленной на решение реальной проблемы, с получением социально значимых для обучающихся проекта результатов, с выводами и рекомендациями. Разберем данный методический подход к обеспечению высокого уровня фундаментальной подготовки кадров педагогического образования через интеграцию учебных курсов, изучаемых смежных дисциплин для организации исследовательской, проектной и групповой развивающей учебной деятельности на примере проведения исследовательской работы «Влияния воды на свойства водосодержащих систем на основе полимерных матриц исходных и с различными наполнителями» для обучающихся института физики РГПУ им. А.И. Герцена при освоения учебно-содержательной практики модуля «Предметно методический».

Обучающимся предлагается в данной работе провести исследование влияние воды на электрофизические свойства наиболее хорошо изученных полимерных материалов с различными наполнителями, например, полиэтилена низкой плотности, полилактида и т.д.), в структуре которых присутствуют молекулы воды. При глубоком исследовании роли воды в механизмах межмолекулярных процессов необходимы целенаправленные и последовательные исследования содержащих воду систем различной природы и степени сложности. Работы выполняются в группах по 2–4 человека. Выполнение исследования требует предварительной теоретической подготовки обучающихся. В ходе исследовательской работы обучающиеся применяют дополнительно проблемно-интегративное обучение химии и биологии для решения различных учебных проблем.

Актуальностью данной исследовательской работы является определение структуры различной сложности водосодержащих систем на основе полимерных матриц, включающих воду в свой состав, а также ее состояния и влияния на протекание процессов переноса зарядов.

Современные молекулярные и структурно-химические представления позволяют дать объяснение факту образования водородных связей между молекулами воды и многими химическими соединениями и, кроме того, указывают на важность участия связанной воды в формировании гидратированных ионов, их межмолекулярные взаимодействия и физико-химические свойства. Однако, не исследованы до конца различные аспекты особенностей структуры и свойств воды при различных условиях, а также изменение структуры воды при её взаимодействии с полимерными матрицами, которые характеризуются большим количеством видов межмолекулярных взаимодействий.

Целью данного исследования является изучение влияния на электрофизические свойства полимеров наличия воды в полимерной матрице.

Для достижения поставленной цели обучающиеся должны решить следующие задачи:

1. Проанализировать научную литературу о структуре и свойствах воды и предлагаемых к изучению полимеров с различными наполнителями. Обучающиеся должны представить доклад по проведенному анализу литературных источников и сделать выводы, что вода состоит из молекул, включающих в себя один атом кислорода и два атома водорода. Разнообразие химических и электрофизических свойств воды будет определяться физической природой атомов водорода и кислорода, а также способом их объединения в молекулярную водную структуру [4].

Современные представления о свойствах и структуре воды в достаточной степени хорошо освещены [5–9], поэтому в подготовленных материалах обучающиеся должны рассмотреть этапы формирования теоретических представлений о структуре воды.

2. Изучить методику проведения инфракрасной Фурье-спектроскопии [10–12].

Метод инфракрасной спектроскопии представляет собой уникальное в своем роде, инфракрасный спектр можно назвать «отпечатком пальцев» молекулы, который легко отличим от спектров других молекул, так как не существует двух соединений с различными структурами, но одинаковыми спектрами.

Обучающиеся должны овладеть методикой количественного анализа инфракрасных спектров, в основе которой лежит закон Бугера–Ламберта–Бера:

$$J = J_0 \cdot e^{-\alpha z},$$

где  $J_0$  – интенсивность падающего света,  $J$  – интенсивность света, прошедшего через исследуемый образец, определяются оптические плотности по формуле

$$D = \ln \frac{J_0}{J} = \ln e^{-\alpha z} = -\alpha \cdot z,$$

где  $D$  – оптическая плотность,  $\alpha$  – коэффициент поглощения, а  $z$  – толщина измеряемой пленки.

Если закон Бугера–Ламберта–Бера выполняется, то при фиксированной толщине слоя оптическая плотность линейно зависит от концентрации вещества, что и позволяет легко проводить количественный анализ.

Далее предлагается освоить принципы работы на Фурье-спектрометре, изучив оптический блок и систему обработки данных.

3. С помощью метода оптической спектроскопии исследовать состояния молекул воды в полимерных композитах различного состава.

Обучающиеся проводят исследование полимерных систем на ИК-Фурье спектрометре, строят спектры пропускания. Отмечая характерные полосы полимерной матрицы, связанной и свободной воды и их изменения при внесении наполнителей, сопоставляя полученные данные с трансформацией электрофизических свойств.

При сопоставлении экспериментально полученных инфракрасных спектров поглощения исходных и композитных полимерных матриц обучающиеся должны показать, что в композитных пленках количество воды (перекиси водорода) существенно меньше, чем в исходных пленках и указать, что изменение состояния молекул воды (структуры и связей), приводит к изменению характерных частот в спектрах поглощения.

Сравнение инфракрасных спектров в различных композитах указывает на чувствительность состояния молекул воды к влиянию окружения.

Так, например, благодаря адсорбции воды (перекиси водорода) в пленке полиэтилена низкой плотности на наноразмерных включениях диоксида кремния, объемная проводимость пленок уменьшается, за счет чего увеличивается стабильность электрретного состояния [13–15].

Причиной снижения электропроводности и, как следствие, повышения стабильности электрретного состояния в композитных пленках является уменьшение содержания «катализаторов» электропроводности: молекул воды.

Использование в учебном процессе таких исследовательских работ обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) «Физика, Дополнительное образование в области организации Кванториумов и Технопарков» в институте физики РГПУ им. А.И. Герцена, способствует интегрированию и повышению мотивации на обобщение учебного материала, увеличивает возможность индивидуального и дифференцированного подхода к обучению, повышает творческую активность обучающихся, расширяет их кругозор, формирует рекогносцировочный подход к выполнению исследовательского задания, помогает овладеть доступными научными методами исследования, формирует и развивает творческое мышление.

Данная исследовательская работа связана с изучением не только качественных, но и количественных характеристик водородсодержащих систем, которым отводится ведущая

роль в построении структурно-энергетического каркаса белков, осуществлении функции энерго-информационного обмена с окружающей средой, участии во многих химических реакциях, например, реакции гидролиза, окислительно-восстановительные реакции и пр.

Очень важно исследовательским работам придавать практическую направленность, тем самым создавая условия для выработки у обучающихся умения применять полученные знания в повседневной жизни. Самостоятельное выполнение исследовательских экспериментальных заданий, овладение новыми методами исследования приводят к качественно иному восприятию изучаемых физических явлений.

Опыт, полученный при выполнении исследовательского задания, включающего интеграцию смежных дисциплин, позволяет сделать вывод о высокой эффективности использования методов оптической спектроскопии для исследования физических и физико-химических свойств водосодержащих объектов и результаты данного исследования могут быть использованы в медико-биологических исследованиях различных биополимерных структур, решении экологических проблем, особо остро стоящих перед современным обществом.

Будущие педагоги осваивают навыки планирования и реализации проектов своих потенциальных учеников, учатся их мотивировать через лично значимую проблематику, осуществлять координацию участников.

Реализация компетентностного подхода в образовании осуществляется через, интеграцию теоретического обучения с выполнением практических задач, формирующих условия для индивидуализации образовательного процесса.

Таким образом, исследовательская деятельность обучающихся выступает важнейшим звеном подготовки современного учителя, способного результативно применять инновационные образовательные технологии и формировать комплекс компетенций в образовательной практике, включая все этапы проектной деятельности, а именно: компликацию, определение приоритетов, планирование исследований и рефлексию.

## Литература

1. *Алиханова Ф.Н.* Проектно-исследовательская деятельность студентов и ее роль в педагогическом образовании // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 6(49). – С. 5-7.
2. *Байбородова Л.В.* Проектная деятельность школьников в разновозрастных группах // Пособие для учителей общеобр. организаций. – Москва: Просвещение, 2020. – 175 с.
3. *Глухарева О.Г.* Влияние проектного обучения на формирование ключевых компетенций у учащихся старшей школы // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2014. – № 1. – С. 17-24.
4. *Травень В.Ф.* Органическая химия: учебное пособие для вузов (в 2 томах) / В.Ф. Травень. – М.: Академкнига; Т. 1 – 2006, 727с.; Т. 2 – 582 с.

5. *Абросимов В.К.* Достижения и проблемы сольватации: структурно-термодинамические аспекты / В.К. Абросимов, Крестов, А.Г. и др. – М.: Наука, 1998. – 247 с.
6. *Кутенов А.М.* Вода: структура, состояние, сольватация / А.М. Кутенов. – М.: Наука, 2003. – 403 с.
7. *Stanley H.E., Buldyrev S.V. et al.* Static and dynamic heterogeneities in water / H.E. Stanley // *Phil. Trans. R. Soc. A.* – 2005. – Vol. 363. – P. 509-523.
8. *Stanley H.E., Buldyrev S.V. et al.* The puzzling statistical physics of liquid water water / H.E. Stanley // *Physica.* – 1998. – Vol. A 257. – P. 213-232.
9. *Маленков, Г.Г.* Структурные модели воды // *Журн. структур. химии.* – 2006. – Т. 47, № 6. – С. 5-35.
10. *Тарасевич, Б.Н.* Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии: пособие к спецпрактикуму по физико-химическим методам для студентов-дипломников кафедры органической химии / Б.Н. Тарасевич. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012.
11. *Отто М.* Современные методы аналитической химии 2-е исправленное издание / М. Отто. – М.: Техносфера, 2008. – 416 с.
12. *Купцов А.Х.* Фурье-спектры комбинационного рассеяния и инфракрасного поглощения полимеров. Справочник / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. – М.: Физматлит, 2001. – 656 с.
13. *Гороховатский Ю.А.* Способы получения, методы исследования и электрофизические свойства композитных полимерных пленок / М.Ф. Галиханов, Ю.А. Гороховатский, Темнов Д.Э., Карулина Е.А. и др.; под редакцией Ю.А. Гороховатского. – СПб.: Издательство «Фора-принт», 2014. – 264 с.
14. *Гороховатский Ю.А.* О природе электретного состояния в композитных пленках полиэтилена высокого давления с нанодисперсными наполнителями SiO<sub>2</sub> / Ю.А. Гороховатский, Анискина Л.Б., Бурда В.В. и др. // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена.* – 2009. – № 95. – С. 63.
15. *Zagidullina I.A.* The effect of PLA-based composite material history on its electret properties / Zagidullina I.A., Guzhova A.A., Karulina E.A., Kulemina S.M. // *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics.* – 2025. – Volume 18, No. 2. – P. 82-92.

## **The Use of Interdisciplinary Integration to Develop a Holistic Understanding of the Structure and Organization of Matter in Students Majoring in Natural Sciences at Universities**

Elena Anatolyevna Karulina

*Herzen State Pedagogical University of Russia,  
191186 Russia, St. Petersburg, Moika emb., 48;  
e-mail: karulina@mail.ru*

Received December 21, 2025

PACS 01.50.Pa

This article examines interdisciplinary integration to develop a holistic understanding of the natural sciences in students majoring in 44.03.05 Pedagogical Education (with two training profiles), specializing in «Physics, Supplementary Education in the Organization of Quantoriums and Technoparks», at the Institute of Physics of the A.I. Herzen State Pedagogical University of the Russian Federation.

This article examines a methodological approach to achieving a high level of fundamental teacher training through the integration of curricula. This approach can be successfully used by students in their future teaching practice by engaging students in project-based learning. This project-based learning is highly relevant today and involves independent action to solve problems posed by the teacher, integrating knowledge from various fields of science, and developing important skills and competencies.

*Keywords:* interdisciplinary integration, project-based learning, research, students, competencies.

### **References**

1. *Alipkhanova F.N.* Project-based research activities of students and their role in pedagogical education // The world of science, culture, education. – 2014. – No. 6 (49). – P. 5-7.
2. *Baiborodova L.V.* Project activities of schoolchildren in mixed-age groups // Manual for teachers of general education organizations. – Moscow: Prosveshchenie, 2020. – 175 p.
3. *Glukhareva O.G.* The influence of project-based learning on the formation of key competencies in high school students // Standards and monitoring in education. – 2014. – No. 1. – P. 17-24.
4. *Traven V.F.* Organic chemistry: a textbook for universities (in 2 volumes) / V.F. Traven. – M.: Akademkniga; Vol. 1 – 2006, 727 p., Vol. 2 – 582 p.

5. *Abrosimov V.K.* Achievements and Problems of Solvation: Structural and Thermodynamic Aspects / V.K. Abrosimov, A.G. Krestov et al. – Moscow: Nauka, 1998. – 247 p.
6. *Kutepov A.M.* Water: Structure, State, Solvation / A.M. Kutepov. – Moscow: Nauka, 2003. – 403 p.
7. *Stanley H.E., Buldyrev S.V. et al.* Static and Dynamic Heterogeneities in Water / H.E. Stanley // Phil. Trans. R. Soc. A. – 2005. – Vol. 363. – P. 509-523.
8. *Stanley H.E., Buldyrev S.V. et al.* The puzzling statistical physics of liquid water / H.E. Stanley // Physica. – 1998. – Vol. A 257. – P. 213-232.
9. *Malenkov, G.G.* Structural models of water // Zhurn. strukt. chemistry. – 2006. – Vol. 47, No. 6. – Pp. 5-35.
10. *Tarasevich, B.N.* Fundamentals of Fourier-transform IR spectroscopy. Sample preparation in IR spectroscopy: a manual for specialized practical training in physicochemical methods for graduate students of the Department of Organic Chemistry / B.N. Tarasevich. – Moscow: Moscow State University im. M.V. Lomonosov, 2012.
11. *Otto M.* Modern Methods of Analytical Chemistry, 2nd revised edition / M. Otto. – Moscow: Tekhnosfera, 2008. – 416 p.
12. *Kuptsov A.Kh.* Fourier Spectra of Raman Scattering and Infrared Absorption of Polymers. Handbook / A.Kh. Kuptsov, G.N. Zhizhin. – Moscow: Fizmatlit, 2001. – 656 p.
13. *Gorokhovatsky Yu.A.* Methods of Production, Research Methods, and Electrophysical Properties of Composite Polymer Films / M.F. Galikhanov, Yu.A. Gorokhovatsky, D.E. Temnov, E.A. Karulina, et al.; edited by Yu.A. Gorokhovatsky. – St. Petersburg: Fora-Print Publishing House, 2014. – 264 p.
14. *Gorokhovatsky Yu. A.* On the nature of the electret state in composite films of high-density polyethylene with nanodispersed SiO<sub>2</sub> fillers / Yu.A. Gorokhovatsky, L.B. Aniskina, V.V. Burda et al. // Bulletin of the A.I. Herzen State Pedagogical University of Russia. – 2009. – No. 95. – P. 63.
15. *Zagidullina I.A.* The effect of PLA-based composite material history on its electret properties / Zagidullina I.A., Guzhova A.A., Karulina E.A., Kulemina S.M. // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics and Mathematics. – 2025. – Volume 18, No. 2. – P. 82-92.