

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В. П. АСТАФЬЕВА»
(КГПУ им. В. П. Астафьева)

Факультет биологии, географии и химии
Выпускающая кафедра биологии, химии и методики обучения

Рицберг Надежда Алексеевна
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**ВНЕУРОЧНОЕ МЕЖПРЕДМЕТНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ ПО ТЕМЕ
"БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ" ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Направление подготовки: 44.03.05.
(код направления подготовки/код специальности)
Направленность (профиль) образовательной программы: Педагогическое
образование с двумя профилями подготовки (биология и химия)

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой: проф., д.б.н., Антипова Е. М.
(ученая степень, ученое звание, фамилия, инициалы)

(дата, подпись)

Руководитель: доц., к.б.н., Городилова С. Н.
(ученая степень, ученое звание, фамилия, инициалы)

(дата, подпись)

Дата защиты: _____
Обучающийся Рицберг Н. А.
(фамилия, инициалы)

(дата, подпись)

Оценка _____
(прописью)

Красноярск 2026

Содержание

Введение

Глава 1. Теоретические основы организации внеурочной межпредметной деятельности для формирования естественно-научной грамотности обучающихся.....6

1.1 Сущность и особенности внеурочной деятельности в современном образовательном процессе;

1.2 Межпредметные связи как средство формирования естественно-научной грамотности обучающихся;

Глава 2. Методические аспекты разработки внеурочных заданий по теме «Биолюминесценция»

2.1. Люминесценция как феномен в природе и ее значение в современной науке;

2.2. Анализ учебной программы и методик представления явления биолюминесценции в образовательном процессе;

2.3. Методические рекомендации по организации и проведению внеурочного мероприятия, критерии и методы оценки его эффективности.

Глава 3. Межпредметное мероприятие по теме: «Биолюминесценция»

3.1. Разработка квест-игры «Тайны светящегося мира»;

3.2. Организация и проведение внеурочного мероприятия;

3.3. Анализ результатов проведения квест-игры.

Заключение

Библиографический список

Приложение

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях модернизации образования особую актуальность приобретает проблема развития естественно-научной грамотности обучающихся. Внеурочная деятельность, основанная на межпредметных связях, становится эффективным инструментом формирования целостного мировоззрения и исследовательских компетенций учащихся. Изучение феномена люминесценции животных представляет собой перспективное направление в естественно-научном образовании, позволяющее интегрировать знания из биологии, физики, химии и экологии.

Теоретико-нормативная база мероприятия опирается на Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ, Федеральные государственные образовательные стандарты общего образования, Стратегию развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года, Приказ Министерства просвещения РФ от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования».

Научная новизна исследования заключается в разработке комплексной методики организации внеурочной деятельности на основе межпредметных связей по теме биолюминесценции, создании системы заданий для формирования естественно-научной грамотности и выявления эффективных педагогических условий реализации межпредметного подхода.

Практическая значимость работы состоит в разработке методических материалов для организации внеурочной межпредметной деятельности, которые могут быть использованы учителями естественно-научного цикла. Результаты исследования способствуют совершенствованию образовательного процесса и повышению качества естественно-научного образования.

Цель - формирование естественно-научной грамотности обучающихся через внеурочное межпредметное мероприятие по теме «Биолюминесценция».

Задачи:

1. Изучить теоретические аспекты внеурочной деятельности и межпредметных связей как основу для формирования естественно-научной грамотности обучающихся.
2. Изучить методологический аппарат для проведения межпредметного мероприятия по биолюминесценции.
3. Проведение межпредметной квест-игры «Тайны светящегося мира»

Объект исследования - процесс развития научно-познавательного интереса обучающихся.

Предмет исследования - межпредметное внеурочное мероприятия по теме «Люминесценция животных» как средство развития научно-познавательного интереса обучающихся.

Гипотеза - Межпредметное внеурочное мероприятие по теме «Биолюминесценция» будет способствовать формированию естественно-научной грамотности обучающихся 9 класса, если:

1. В основу мероприятия положена квест-игра, интегрирующая знания биологии, химии и физики;
2. Задания включают работу с реальными научными данными (таблицы, описания опытов, кейсы) и требуют их интерпретации;
3. Реализуются разные виды деятельности: анализ, моделирование реакций, решение проблемных ситуаций и творческое проектирование.

Методы исследования (по классификации Б. Г. Ананьева, 1977 год)

1. Теоретические (анализ педагогической литературы, моделирование, обобщение);
2. Эмпирические (наблюдение, тестирование, педагогический эксперимент);
3. Статистические (обработка и анализ результатов исследования).

Апробация: ученики 9 класса МАОУ СШ «Комплекс Покровский».

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1.1 Сущность и особенности внеурочной деятельности в современном образовательном процессе

В современной педагогической теории и практике внеурочная деятельность рассматривается как обязательная составляющая образовательного процесса, реализуемая в рамках основной образовательной программы, но за пределами урочной системы. Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту, внеурочная деятельность направлена на достижение личностных, метапредметных и предметных результатов освоения основной образовательной программы [ФГОС, 2021].

Внеурочная деятельность - это образовательная активность, которая выходит за рамки урока (учебного занятия) и может проходить вне класса, но обращена на содержание материала, заложенного в основной образовательной программе. В организации современной внеурочной деятельности принято значительное количество программ, которые позволяют педагогу избрать адекватный вариант проектирования внеурочной деятельности в образовательном учреждении.

Целью внеурочной деятельности является создание условий для всестороннего развития и социализации каждого ребенка в его свободное от учебы время. Внеурочная деятельность призвана создать воспитывающую среду для активизации социальных, интеллектуальных интересов учащихся, развития здоровой, творчески растущей личности, отличающейся гражданской ответственностью и правовым самосознанием, готовой к жизнедеятельности в изменяющихся социокультурных условиях, социально значимой практической деятельности, претворению в жизнь добровольческих инициатив. Для достижения этой цели необходимо решение групп задач.

Воспитательные задачи:

1. Формирование целостного представления о ценностях материальной и духовной культуры, различных сферах искусства, политической, экономической, коммуникативной культуры, а также культуры быта и семейных отношений;

2. Обучение учащихся умелому сочетанию трудовой деятельности с заботливым, бережным отношением к земле, окружающей природе, технике, обществу как основе жизнедеятельности человека, формирование экологического сознания как внутреннего регулятора поведения учащихся в окружающей природной среде;

3. Развитие компетентностей, обеспечивающих включение выпускников школ в общественную жизнь на основе принципов гуманизма и демократии;

4. Формирование потребности в получении профессионального образования и самосовершенствовании.

Решение выше приведенных задач раскрывает последовательное и качественное достижение обучающимся следующих результатов:

1. Получение полноценного образования;
2. Формирование социальной ответственности;
3. Развитие конкурентоспособности;
4. Создание мотивированной потребности в здоровом образе жизни;
5. Становление готовности ребенка к организации собственного дела [Астаханова и др., 2019].

Внеурочная деятельность учащихся объединяет все виды деятельности школьников (кроме учебной деятельности и на уроке), в которых возможно и целесообразно решение задач их воспитания и социализации. Время, отводимое на внеурочную деятельность, используется по желанию учащихся и в формах, отличных от урочной системы обучения. Виды и направления внеурочной деятельности. Для реализации в школе доступны следующие виды внеурочной деятельности:

1. Игровая деятельность;

2. Познавательная деятельность;
3. Проблемно-ценностное общение;
4. Досугово-развлекательная деятельность (досуговое общение);
5. Художественное творчество;
6. Социальное творчество;
7. Трудовая (производственная) деятельность;
8. Спортивно-оздоровительная деятельность;
9. Туристско-краеведческая деятельность.

В базисном учебном плане выделены основные направления внеурочной деятельности: спортивно-оздоровительное, художественно-эстетическое, научно-познавательное, военно-патриотическое, общественно полезная и проектная деятельность. Виды и направления внеурочной деятельности школьников тесно связаны между собой. Например, ряд направлений совпадает с видами деятельности (спортивно-оздоровительная, познавательная деятельность, художественное творчество) [Григорьев, Степанов, 2011].

Игровая деятельность - это особая сфера человеческой активности, в которой личность не преследует никаких других целей, кроме получения удовольствия, удовольствия от проявления физических и духовных сил по О.С. Газману [Газман, 1991]. Как отмечается в педагогической литературе, детские игры - явление неоднородное что позволяло ученым предпринимать неоднократные попытки изучить и описать каждый вид игры с учетом его функций, дать классификацию игр.

Познавательная деятельность - это активное изучение окружающей действительности, в ходе которого индивид приобретает знания, познает законы существования окружающего мира и учится не только взаимодействовать с ним, но и целенаправленно воздействовать на него. Основу познавательной деятельности составляет познание - высшая форма отражения объективной действительности; социально-опосредованная, исторически развивающаяся деятельность отражения. Данная деятельность

включает в себя все психические познавательные процессы: восприятие, внимание, память, воображение и т.д.

Проблемно-ценностное общение затрагивает не только эмоциональный мир ребёнка, но и его восприятие жизни, её смысла. Внутриличностный диалог, межличностный диалог, духовность и ценности - важные компоненты для адекватного понимания проблемно-ценностного общения. Оно может быть организовано в форме бесед, дебатов, тематических диспутов, проблемноценностных дискуссий, переговорных площадок [Байбородова, 2025].

Досугово - развлекательная деятельность (досуговое общение). Досуг - это часть свободного времени, совокупность занятий, выполняющих функцию восстановления физических и психических сил человека. Это деятельность ради собственного удовольствия, развлечения, самосовершенствования или достижения иных целей по собственному выбору, а не по причине материальной необходимости [Беспалько, 1995]. Досугово-развлекательная - это осознанная активная деятельность человека, направленная на удовлетворение потребностей в познании собственной личности и окружающего мира.

Эта деятельность осуществляется как дома, так и в специальных учреждениях, задача которых создавать необходимые условия для досуга. В число учреждений сферы досуга входят библиотеки, музеи, клубы, учреждения искусств, физкультуры и спорта, туристскоэкскурсионные и другие различные общественные организации, способствующие развитию творчества, помогающие людям развлекаться и отдыхать.

Художественное творчество обучающихся - это выражение индивидуальных особенностей, отношения к окружающему у миру и к себе в художественной форме. Это составная часть системы эстетического и художественного воспитания, средство развития личности. Проявлением творчества могут быть отдельные работы – выполненные самостоятельно или под руководством взрослого: рисунки, лепка, устное и письменное

художественное слово, мелодии, драматизации, танцы, театральные постановки, декоративно-прикладные вышивка, резьба и т.п. Существует собственное и исполнительное художественное творчество.

Последнее включает, например, игру на музыкальных инструментах, выразительное чтение, традиционные виды народного художественного творчества, т.е. воспроизведение детьми готовых образцов или произведений других авторов. В узком смысле к художественному творчеству относят продукты самостоятельного творческого проявления обучающегося, выполненные по личному впечатлению или замыслу и собственными силами на основе умений, приобретённых самостоятельно или под руководством взрослых [Беспалько, 1995].

Социальное творчество - высшая форма социальной деятельности; созидательный процесс, направленный на преобразование и создание качественно новых форм социальных отношений и общественного бытия. Социальное творчество детей - это добровольное активное участие детей в улучшении, совершенствовании общественных отношений, преобразовании ситуации, складывающейся в окружающем их социуме. Такая деятельность всегда сопряжена с личной инициативой ребенка, поиском им нестандартных решений, риском выбора, персональной ответственностью перед группой сверстников, педагогом, общественностью.

Трудовая (производственная) деятельность - это один из видов человеческой деятельности, с помощью которого люди создают материальные и духовные ценности, необходимые им самим или обществу в целом. Особенности, которые отличают структуру трудовой деятельности от других видов:

1. Разделение труда - процесс, при котором конкретные обязанности закрепляют за разными людьми;
2. Профессионализм - мастерство, высокое качество и эффективность трудящегося;

3. Квалификацию - особые навыки тех субъектов трудовой деятельности, чья работа того требует.

Спортивно-оздоровительная деятельность ориентирована на укрепление и сохранение здоровья человека, улучшение его спортивной формы, отработку техники, необходимой для успешного участия в соревнованиях [Бравая, 2008]. Основным принцип спортивно-оздоровительных упражнений - развитие соответствующих физических качеств и совершенствование техники физических упражнений.

Школьный туризм и краеведение - деятельность, культивируемая в различных социальных институтах: системе дополнительного образования, массовом физкультурно-оздоровительном движении, сфере досуга, учреждениях профессиональной подготовки, коммерческой сфере.

Краеведческая деятельность сознательно сформирована и направлена на совершенствование ребенка она дает возможность предупреждать антиобщественные поступки детей т.е. является средством снижения криминогенной обстановки и профилактики возможных преступлений. Данная деятельность выступает как способ снятия информационного стресса, а также средством снять усталость от воздействия шумного современного общества [Орлова, 2023].

При организации внеурочной деятельности необходимо опираться на сущность, виды и структуру деятельности. Согласно общей теории деятельности ее сущность - в преобразовании реальной действительности, в активном воздействии человека на предметный мир

Установлены следующие особенности человеческой деятельности: предметность, сознательность, социальность, субъектность.

Предметность означает, что объекты внешнего мира не воздействуют на субъект непосредственно, а только если они преобразованы в ходе его деятельности. При этом объекты окружающего мира понимаются как часть внешнего материального мира: реальные люди, обстоятельства жизни, предметы труда, природа и т. п. Сознательность проявляется в целеполагании,

в прогнозировании деятельности и перспективных устремлениях человека [Вертелецкая, 2022]. Социальность предполагает обмен продуктами деятельности, информацией, согласование индивидуальных целей и планов. Субъектность деятельности выражается в таких аспектах активности субъекта, как обусловленность психического образа прошлым опытом, потребностям, установками, эмоциями, целями и мотивами, определяющими избирательность и направленность деятельности [Астаханова и др., 2019].

1.2 Межпредметные связи как средство формирования естественно-научной грамотности обучающихся

Естественнонаучная грамотность рассматривается как способность учащегося понимать базовые идеи и методы естественных наук, применять их для решения практических задач, оценивать последствия научно-технологических процессов и занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с природой и наукой. Одновременно она интегрируется с понятием функциональной грамотности, где одним из её компонентов является именно естественнонаучная составляющая [Дмитриева и др., 2023].

Межпредметные связи (МПС) представляют собой одну из конкретных форм общего методологического принципа системности, который определяет особый тип мыслительной деятельности - системное мышление. Учебное познание многосторонних реальных связей объектов, рассматриваемых в разных учебных дисциплинах, достигается с помощью межнаучных (содержательных) связей, взаимопроникновения различных наук. Они являются не только средством, улучшающим изучение общих для различных учебных дисциплин объектов, но и способствуют развитию школьников. [Минченков, 2020].

Межпредметные связи рассматриваются как дидактическое условие, отражающее объективные взаимосвязи между областями знаний, представленными в разных учебных предметах. Например, знания из физики, химии и биологии пересекаются и дополняют друг друга при

изучении природных процессов [Галкина, 2023]. Кроме того, межпредметные связи позволяют выявить общие методологические основания разных дисциплин, объединяя их содержание, методы и формы деятельности.

В практическом педагогическом контексте межпредметные связи можно понимать как организованный процесс, при котором учебные предметы интегрируются или координируются таким образом, что учащиеся видят «переход» от одной дисциплины к другой, осознают родственные закономерности и получают возможность применять знания в междисциплинарной среде [Игнатова, 2021].

Большинство методистов межпредметные связи рассматривают как взаимосвязи учебных дисциплин. Они считают, что если учебный предмет химия связан с математикой, то и математика связана с химией, т. е. они взаимосвязаны, если биология связана с физикой, то и физика связана с биологией, и т. д. Однако, определяя возможность связей между учебными дисциплинами, необходимо учитывать иерархию форм движения материи, изучением которых учащиеся занимаются на уроках того или иного учебного предмета.

Учебные дисциплины, на уроках которых изучаются явления, относящиеся к разным формам организации материи, невозможно признать связанными взаимно. Так, например, изучение биологических явлений невозможно провести без опоры на физику и химию, но изучение физики не предполагает знания биологии. Изучение физики и химии невозможно провести, если учащимся неизвестны важные разделы математики, однако изучение математики возможно и без опоры на физические и химические законы и теории. Можно сказать, что математика и физика являются своего рода опорой для химии, а последняя служит опорой для биологии.

С позиции учителя реализация межпредметных знаний представляет собой особый вид аргументации, доказательства, обоснования вводимых

научных положений. Поэтому этот процесс может быть налажен только на основе знаний, уже полученных учащимися на уроках других дисциплин.

С позиции ученика реализация межпредметных связей сводится к умению осуществлять перенос знаний, полученных на уроках одних дисциплин, на уроки других дисциплин с целью лучшего понимания изучаемого материала. Такой перенос школьники могут осуществить при условии, что знание сформировано на таком уровне, что может уже быть реализовано в новой методической ситуации [Минченков, 2020].

Во-первых, межпредметные связи обеспечивают системность в обучении: учащиеся не воспринимают знания фрагментарно, а видят их как часть целостной картины мира. Это способствует развитию научного мышления, способности к обобщению и переносу знаний из одной области в другую.

Во-вторых, через межпредметные задания и проекты создаётся среда, где учащиеся применяют знания из разных предметов для решения комплексных задач - именно такая деятельность способствует формированию естественнонаучной грамотности, поскольку требует не только запоминания фактов, но и аналитической работы, аргументации, оценки результатов. В-третьих, межпредметные связи усиливают мотивацию учащихся: когда они видят, что один и тот же природный феномен исследуется с разных сторон (например, физика + химия + биология), они становятся активнее в познавательном процессе и лучше понимают значимость знаний.

Современные педагогические исследования подтверждают, что межпредметные связи являются не только методическим приёмом, но и педагогической технологией, обеспечивающей системность обучения и формирование ключевых компетенций обучающихся. Они выступают фундаментом для реализации компетентностного и деятельностного подходов, заложенных в Федеральных государственных образовательных стандартах [ФГОС, 2021].

С позиции системно-деятельностного подхода межпредметные связи создают условия для перехода от репродуктивного усвоения знаний к продуктивной, исследовательской деятельности, где учащиеся самостоятельно устанавливают связи между явлениями и понятиями разных дисциплин. Через интеграцию содержания формируется научное мышление - способность видеть закономерности, переносить знания и оперировать ими в новых ситуациях.

Исследователи отмечают, что межпредметные связи обеспечивают когнитивную интеграцию - объединение информации в целостные смысловые структуры, что способствует осознанному усвоению материала и развитию естественнонаучной грамотности [Сергеева и др., 2018]. Учащиеся, которые систематически участвуют в межпредметных проектах, демонстрируют более высокий уровень понимания природы явлений и лучше выполняют задания, требующие анализа и синтеза информации.

Особую роль в формировании естественнонаучной грамотности играет интеграция содержания естественнонаучного цикла (физика, химия, биология, география). Интегративное обучение способствует развитию представлений о всеобщей взаимосвязи природных процессов, а также формирует ценностное отношение к природе и научному познанию.

Применение межпредметных связей в естественнонаучных предметах даёт возможность показать учащимся, что все явления подчиняются единым законам природы, а их изучение требует комплексного подхода [Смирнова, 2006].

Ключевыми формами реализации межпредметных связей являются интегрированные уроки, мини-проекты или исследовательские задания, междисциплинарные конкурсы и олимпиады. Например, деятельность, связанная с темой «энергия в живой природе», может включать физические аспекты (энергия), химические (химические реакции) и биологические

(энергетический обмен) - таким образом, создаётся межпредметный маршрут обучения.

Методы, поддерживающие межпредметные связи:

1. Проектная и исследовательская деятельность, ориентированная на реальные природные явления;
2. Проблемно-диалогические задания, требующие обращения к знаниям из разных дисциплин;
3. Схемы, таблицы и визуальные модели, где отражены связи между темами разных предметов;
4. Кооперативная деятельность учащихся, где каждый работает с материалом из своей дисциплины, а затем интегрирует результаты совместно [Муштавинская, 2015].

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ВНЕУРОЧНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ТЕМЕ «БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ»

2.1. Люминесценция как феномен в природе и ее значение в современной науке

Люминесценция представляет собой сложное физико-химическое явление, заключающееся в испускании электромагнитного излучения веществом в результате переходов электронов из возбужденного состояния в основное, не обусловленных повышением температуры тела. Данный тип излучения принципиально отличается от теплового, поскольку определяется квантово-механическими характеристиками вещества, в частности структурой его энергетических уровней и вероятностями переходов между ними. Это обуславливает высокую информативность люминесценции как метода исследования микроскопических процессов в различных средах.

Возникновение люминесценции связано с воздействием внешнего источника энергии, приводящего систему в возбужденное состояние. В качестве таких источников могут выступать фотоны, электроны, электрические поля или энергия химических реакций. После возбуждения система проходит стадию релаксации, в ходе которой часть энергии

рассеивается без излучения, а оставшаяся энергия реализуется в виде фотонного излучения. Характер излучения определяется как природой вещества, так и условиями возбуждения, включая температуру, агрегатное состояние и наличие примесей [Левшин, 1951].

Существенным параметром, характеризующим люминесценцию, является время жизни возбужденного состояния. В зависимости от этого параметра различают флуоресценцию и фосфоресценцию. Флуоресценция реализуется при разрешённых электронных переходах и отличается кратковременностью свечения [Никишов, 2007]. Фосфоресценция связана с запрещёнными переходами, что обуславливает более длительное послесвечение. Данные различия отражают особенности спинового состояния электронов и вероятностный характер квантовых переходов, что имеет важное значение для интерпретации экспериментальных данных.

Классификация люминесценции базируется на типе возбуждающего воздействия. В рамках современной науки выделяют фотолюминесценцию, электролюминесценцию, катодолюминесценцию и хемилюминесценцию. Каждая из указанных форм характеризуется специфическими механизмами возбуждения и областями применения. В частности, фотолюминесценция широко используется в спектроскопических методах анализа, тогда как электролюминесценция лежит в основе функционирования полупроводниковых источников света [Савельев, 2021].

Особое место в системе люминесцентных явлений занимает биолюминесценция как форма хемилюминесценции, реализующаяся в живых организмах. Теоретическое описание данного процесса основано на представлениях биохимии и молекулярной биофизики. Биолюминесценция возникает в результате ферментативного окисления органических молекул — люциферинов — при участии специфических ферментов люцифераз. В ходе реакции формируется возбужденное промежуточное соединение, энергия которого высвобождается в виде кванта света при переходе в основное состояние [Кулыгин, 2016].

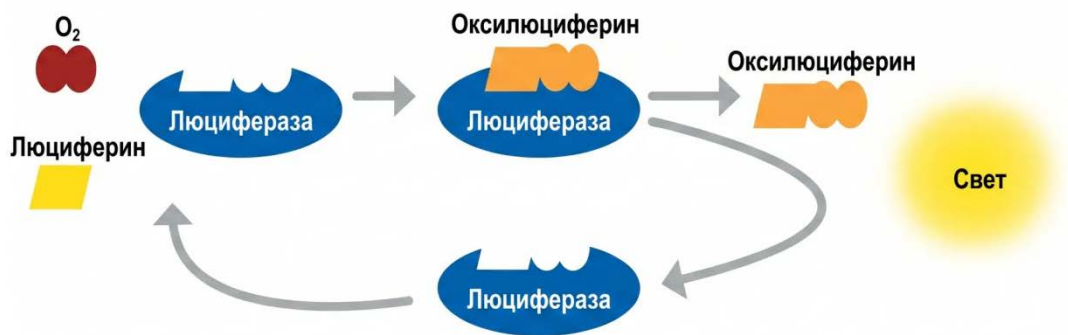


Рис 1. Схема процесса билюминесценции

С точки зрения теории, билюминесценция представляет собой пример высокоэффективного преобразования химической энергии в электромагнитное излучение. В отличие от большинства искусственных источников света, где значительная часть энергии рассеивается в виде тепла, в билюминесцентных системах доля светового выхода значительно выше [Рубин, 2004]. Это объясняется высокой степенью согласованности ферментативных процессов и оптимизацией энергетических переходов в ходе эволюции. Билюминесценция иллюстрирует фундаментальные принципы биоэнергетики и молекулярной организации живых систем.

Распространённость билюминесценции в природе свидетельствует о её значительной адаптивной ценности. Она обнаруживается у различных таксономических групп, включая прокариотические и эукариотические организмы. Особенно широко данное явление представлено в морских экосистемах, где отсутствие солнечного света на больших глубинах обусловило формирование разнообразных стратегий использования собственного излучения [Погонышев, 2022]. Билюминесценция выполняет функции коммуникации, привлечения добычи, защиты и маскировки, что делает её важным элементом экологических взаимодействий.

Научное значение люминесценции определяется её универсальностью и высокой чувствительностью к изменениям свойств вещества. Люминесцентные методы анализа позволяют исследовать энергетические уровни, структуру молекул и динамику химических процессов. В физике твёрдого тела они используются для изучения дефектов кристаллической

решётки и свойств полупроводников. В химии — для количественного и качественного анализа веществ, включая обнаружение примесей в малых концентрациях. В биологии и медицине люминесценция применяется для визуализации клеточных структур и процессов, а также в диагностических технологиях [Котлобай, 2023].

2.2. Анализ учебной программы и методик представления явления биолюминесценции в образовательном процессе

Рассмотрение явления биолюминесценции в образовательном процессе носит междисциплинарный характер и осуществляется в рамках изучения физики, химии и биологии. Анализ содержания действующих учебных программ основного общего и среднего общего образования показывает, что непосредственно понятие «биолюминесценция» представлено фрагментарно, однако его теоретические основы раскрываются через ряд взаимосвязанных тем, формирующих целостное представление о данном явлении [ФГОС, 2021].

В курсе физики люминесценция изучается в разделе «Оптика», где рассматриваются виды излучения, механизмы возникновения свечения и его отличие от теплового излучения. Учащиеся знакомятся с понятиями флуоресценции и фосфоресценции, изучают спектры излучения и энергетические переходы. Несмотря на отсутствие акцента на биологических аспектах, именно в рамках физики закладывается фундаментальное понимание природы люминесценции как квантового явления [Перышкин, 2021].

В курсе химии элементы, связанные с биолюминесценцией, раскрываются при изучении окислительно-восстановительных реакций, кинетики химических процессов и роли катализаторов. Особое значение имеют темы, посвящённые ферментативным реакциям и энергетическим превращениям, которые позволяют объяснить механизм хемилюминесценции. Однако связь данных знаний с биолюминесценцией,

как правило, не акцентируется, что ограничивает формирование целостного представления у обучающихся [Габриелян, 2025].

Наиболее полно предпосылки для понимания биolumинесценции формируются в курсе биологии. В рамках изучения клеточного метаболизма, ферментативной активности и адаптаций организмов рассматриваются процессы преобразования энергии в живых системах. В разделе, посвящённом разнообразию организмов, могут упоминаться примеры светящихся организмов, однако их рассмотрение носит описательный характер и не сопровождается глубоким объяснением механизма явления [Пасечник, 2025].

Современные методики обучения ориентированы на формирование естественно-научной грамотности, предполагающей способность обучающихся применять знания для объяснения явлений окружающего мира. В этом контексте изучение биolumинесценции представляет значительный дидактический потенциал, поскольку требует привлечения понятий из физики (энергетические уровни, излучение), химии (реакции окисления, катализ) и биологии (ферментативные процессы, адаптации организмов).

Одним из эффективных подходов к представлению биolumинесценции является междисциплинарное обучение, основанное на интеграции содержания различных учебных дисциплин. В рамках данного подхода возможно создание образовательных ситуаций, в которых учащиеся анализируют явление с разных научных позиций, устанавливают причинно-следственные связи и формируют целостное представление о природе изучаемого процесса. Это способствует развитию системного мышления и повышает уровень усвоения материала.

Значительную роль играют также практико-ориентированные методы обучения, включая демонстрационные эксперименты, моделирование и исследовательскую деятельность. Например, рассмотрение хемилюминесцентных реакций в школьной лаборатории позволяет наглядно продемонстрировать механизмы свечения, аналогичные биolumинесценции.

Использование визуальных материалов, таких как видеозаписи и цифровые симуляции, расширяет возможности восприятия и способствует лучшему пониманию сложных процессов [Бережная, 2022].

Отдельного внимания заслуживают внеурочные формы работы, которые позволяют выйти за рамки стандартной учебной программы. Организация тематических мероприятий, посвящённых биолюминесценции, создаёт условия для углублённого изучения темы, развития познавательного интереса и формирования исследовательских навыков. Внеурочная деятельность обеспечивает гибкость в выборе методов и средств обучения, что особенно важно при реализации междисциплинарного подхода.

Явление биолюминесценции обладает значительным образовательным потенциалом, однако его реализация требует целенаправленной интеграции знаний и использования современных педагогических технологий. Включение данной темы в систему внеурочной деятельности способствует формированию у обучающихся целостного научного мировоззрения и развитию естественно-научной грамотности.

2.3 Методические рекомендации по организации и проведению внеурочного мероприятия, критерии и методы оценки его эффективности

Методологическую основу разработки внеурочного межпредметного мероприятия по теме «Биолюминесценция» составляет совокупность дидактических принципов и подходов, обеспечивающих формирование естественно-научной грамотности обучающихся в соответствии с требованиями ФГОС.

Принцип межпредметной интеграции выступает системообразующим фактором, поскольку само явление биолюминесценции по своей природе является комплексным и требует для своего адекватного понимания привлечения знаний из области биологии, химии и физики. Интеграция содержания учебных предметов создает условия для формирования у обучающихся целостной научной картины мира, что рассматривается

современными исследователями как необходимое условие развития естественно-научной грамотности [Зверев, 1981].

Деятельностный подход, разработанный в психолого-педагогической школе Д. Б. Эльконина и В. В. Давыдова, требует организации такого учебного взаимодействия, при котором обучающиеся не получают знания в готовом виде, а конструируют их в процессе активной познавательной деятельности. Именно в процессе решения учебных проблем происходит наиболее интенсивное развитие мыслительных операций, формируется способность переносить усвоенные знания в новые контексты, что и составляет сущность функциональной грамотности.

Проблемно-ситуативный подход, положенный в основу международных исследований качества образования, ориентирует педагога на создание учебных ситуаций, максимально приближенных к реальным жизненным обстоятельствам. Естественно-научная грамотность проявляется именно в способности использовать научные знания для распознавания проблем, приобретения новых знаний, объяснения явлений и формулирования доказательных выводов в контексте реальных жизненных ситуаций.

Процесс организации и проведения внеурочного мероприятия целесообразно рассматривать как последовательность взаимосвязанных этапов, каждый из которых решает специфические задачи. Подготовительный этап включает определение целей и планируемых результатов, отбор и структурирование содержания, разработку сценария и системы заданий. Особое внимание на данном этапе следует уделить разработке заданий, направленных на формирование каждого из трех компонентов естественно-научной грамотности: научного объяснения явлений, понимания особенностей естественно-научного исследования и интерпретации данных. Сбалансированность заданий, проверяющих разные группы умений, обеспечивает комплексность диагностики, как утверждают многие авторы [Ковалева, 2020].

Основной этап проведения мероприятия строится на чередовании различных организационных форм и видов учебной деятельности. Вводная часть направлена на создание проблемной ситуации и формирование познавательной мотивации. Основная часть предполагает организацию групповой работы с комплектами учебных материалов. Важно, чтобы задания носили проблемный характер и требовали коллективного обсуждения, аргументации и совместного поиска решений.

Рефлексивно-оценочный этап имеет принципиальное значение для формирования у обучающихся способности к самоанализу и самооценке собственной познавательной деятельности, что рассматривается современными исследователями как важнейший метапредметный результат образования.

Оценка эффективности разработанного мероприятия требует применения системы критериев, адекватно отражающих специфику формируемого качества. Поскольку целевым ориентиром выступает естественно-научная грамотность, критерии оценки должны соответствовать ее структурным компонентам.

Для диагностики выделенных критериев целесообразно использовать комплекс методов педагогического исследования. Включенное педагогическое наблюдение позволяет фиксировать степень познавательной активности обучающихся. Наблюдение является незаменимым методом при изучении реального педагогического процесса, поскольку позволяет фиксировать явления в их естественном протекании [Астаханова, 2019]. Анализ продуктов деятельности обучающихся, включая письменные ответы на задания, заполненные таблицы и схемы, позволяет оценить качество усвоения содержания и уровень сформированности мыслительных операций.

Анкетирование и рефлексивное интервью направлены на получение информации о субъективном восприятии мероприятия обучающимися. Сравнительный анализ результатов выполнения контекстных заданий до и после мероприятия позволяет получить количественную оценку динамики

сформированности компонентов естественно-научной грамотности. При разработке таких заданий необходимо опираться на таксономию когнитивных целей, предусматривающую последовательное усложнение познавательных действий от простого воспроизведения знаний до их применения в новых ситуациях, анализа и оценки [Блум, 1956]. Применение данной таксономии обеспечивает валидность диагностического инструментария и позволяет дифференцированно оценивать уровень достижения планируемых результатов.

ГЛАВА 3. МЕЖПРЕДМЕТНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ ПО ТЕМЕ: «БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ»

Для реализации поставленных в исследовании задач нами было разработано и внедрено внеурочное мероприятие в формате квест-игры «Тайны светящегося мира». Выбор данной формы организации внеурочной деятельности обусловлен необходимостью поиска эффективных педагогических средств, способствующих повышению познавательной активности обучающихся, повторению и закреплению изученного материала, а также развитию устойчивого интереса к изучению природных явлений.

Цель разработки — создание и апробация модели внеурочного мероприятия в формате квест-игры, направленной на повторение, обобщение и систематизацию знаний о биолюминесценции, а также развитие познавательной активности обучающихся.

Задачи разработки:

1. Систематизировать и обобщить знания обучающихся о биолюминесценции как уникальном природном явлении, охватывающем биологические, химические и физические аспекты.
2. Создать условия для применения теоретических знаний при решении практических и проблемных задач в игровой форме.
3. Развить у обучающихся навыки работы в команде, коммуникативные способности и умение аргументированно представлять результаты своей деятельности.

4. Сформировать устойчивый познавательный интерес к изучению природы через использование интерактивных и исследовательских методов обучения.

5. Обеспечить возможность самооценки и рефлексии результатов своей деятельности.

Педагогическая целесообразность разработки определяется рядом факторов. Во-первых, феномен биолюминесценции представляет собой уникальный объект для изучения во внеурочной деятельности, обладающий высокой степенью наглядности, связью с современными научными достижениями (Нобелевская премия по химии 2008 года за открытие и развитие использования зеленого флуоресцентного белка) и экологической значимостью. Во-вторых, выбор игровой формы (квест-игры) позволяет интегрировать различные виды деятельности: теоретическую, практическую, исследовательскую и творческую, что способствует всестороннему развитию обучающихся. В-третьих, разработанное мероприятие ориентировано на возрастные особенности обучающихся 9-10 классов, для которых характерны повышенный интерес к необычным явлениям, стремление к самостоятельности и потребность в самоутверждении.

Педагогический потенциал игры как средства обучения и развития является предметом изучения отечественной и зарубежной педагогики и психологии на протяжении многих десятилетий. В трудах классиков отечественной психологии игра рассматривается как ведущая деятельность, оказывающая определяющее влияние на развитие личности ребенка.

Л.С. Выготский рассматривал игру как ведущую деятельность, в которой создается «зона ближайшего развития» ребенка. По его утверждению, «в игре ребенок всегда выше своего среднего возраста, выше своего обычного повседневного поведения; в игре он как бы на голову выше самого себя» [Выготский, 2004]. Именно в игре формируются механизмы произвольного поведения, развиваются познавательные процессы и складываются предпосылки учебной деятельности.

В современной педагогической науке игровые технологии рассматриваются как один из наиболее эффективных методов обучения. Автор фундаментального труда «Энциклопедия образовательных технологий», характеризует игровые технологии как «обширную группу методов и приемов организации педагогического процесса в форме различных педагогических игр», отмечая, что «игровая форма занятий создается при помощи игровых приемов и ситуаций, которые выступают как средство побуждения, стимулирования учащихся к учебной деятельности» [Селевко, 2005].

Классики также в своих работах подчеркивают, что игра — это сознательная деятельность, направленная на достижение определенной цели, которая ставится перед собой играющим [Рубинштейн, 2002]. Важной характеристикой игры, по мнению ученых, является то, что в процессе игровой деятельности формируются и развиваются все психические процессы: восприятие, внимание, память, мышление, воображение.

Значение игровых технологий для повышения качества образования раскрывается через ряд функций:

1. Мотивационно-стимулирующая функция. Игра позволяет создать положительный эмоциональный фон, снизить уровень тревожности, преодолеть формальное отношение к учебной деятельности [Сластенин, 1997]. Она содержит в себе сложный комплекс возможностей: она одновременно является и игровым методом обучения, и формой обучения, и самостоятельной игровой деятельностью, и средством всестороннего воспитания личности.

2. Обучающая функция. Игровые технологии обеспечивают многократное повторение учебного материала в вариативных контекстах. В отличие от традиционных форм контроля знаний (опрос, проверочная работа), где повторение часто носит монотонный характер, игра позволяет актуализировать знания в различных ситуациях, что способствует их

осмысленному усвоению и переводу в долговременную память [Селевко, 2005].

3. Развивающая функция. В процессе игры развиваются когнитивные процессы: внимание (способность сосредоточиваться на задании), память (запоминание и воспроизведение информации), мышление (анализ, синтез, сравнение, обобщение, установление причинно-следственных связей), воображение (способность создавать новые образы и идеи). Игра также способствует развитию метакогнитивных навыков — способности планировать свою деятельность, контролировать и оценивать ее результаты.

4. Коммуникативная функция. Командные игры создают условия для развития коммуникативных универсальных учебных действий: умения слушать и слышать других, аргументированно выражать свою позицию, договариваться, распределять роли, оказывать взаимопомощь. Эти навыки, формируемые в игровой деятельности, являются важными социальными компетенциями, необходимыми для успешной социализации обучающихся.

5. Рефлексивная функция. Игровая деятельность формирует условия для осознания обучающимися собственных затруднений, способов их преодоления и оценки результативности своей деятельности. Рефлексия позволяет зафиксировать не только результат деятельности, но и способы его достижения, выявить затруднения и определить пути их преодоления в будущем» [Хуторской, 2019].

6. Воспитывающая функция. Игра формирует ценностные ориентации: в процессе изучения природных явлений у обучающихся развивается бережное отношение к природе, понимание ценности научного знания, уважение к труду ученых-исследователей.

Квест-технология (от англ. quest — поиск) представляет собой современную образовательную технологию, основанную на последовательном выполнении заданий различной сложности для достижения общей цели [Солянкина, 2011]. В педагогической литературе выделяют следующие сущностные характеристики квест-технологии:

проблемность, последовательность, интерактивность, командный характер деятельности и наличие игровой фабулы.

Анализ педагогической литературы позволяет выделить несколько типов образовательных квестов:

- Линейный квест, в котором команды последовательно проходят станции в заданном порядке;
- Кольцевой квест, представляющий собой замкнутый маршрут с возвращением к исходной точке;
- Квест с выбором маршрута, где команды самостоятельно определяют последовательность прохождения этапов.

Разработанное нами мероприятие представляет собой линейный квест с элементами выбора (команды получают маршрутные листы с индивидуальным порядком прохождения станций для избежания пересечения).

Структура образовательного квеста включает следующие компоненты: проблемное задание, систему поэтапных задач, ресурсное обеспечение, критерии оценивания, рефлексивный этап [Титов, 2010]. Данные структурные элементы реализованы в разработанном нами мероприятии.

Преимущества квест-технологии по сравнению с традиционными формами организации внеурочной деятельности заключаются в следующем:

- Обеспечивает активную познавательную деятельность каждого участника;
- Позволяет интегрировать различные виды деятельности (теоретическую, практическую, исследовательскую, творческую);
- Создает условия для формирования универсальных учебных действий (познавательных, коммуникативных, регулятивных);
- Способствует развитию критического мышления и способности решать нестандартные задачи;
- Повышает мотивацию и вовлеченность обучающихся [Игумнова, 2016].

Выбор темы биолюминесценции для внеурочного мероприятия обусловлен рядом факторов, имеющих педагогическое значение.

Высокая степень наглядности и эстетическая привлекательность явления свечения живых организмов обладают уникальной способностью вызывать у обучающихся неподдельный интерес и эмоциональный отклик. Эмоциональная составляющая обучения играет важнейшую роль в формировании познавательного интереса, особенно при изучении сложных естественно-научных явлений. Как отмечается в исследованиях, биолюминесценция привлекает внимание благодаря визуальной привлекательности, а человек воспринимает более 80% информации через зрение, что делает это явление эффективным образовательным инструментом.

Связь с современными научными достижениями. Изучение биолюминесценции тесно связано с передовыми направлениями науки и технологий. Открытие и разработка зеленого флуоресцентного белка (GFP), за которое в 2008 году была присуждена Нобелевская премия по химии Осаму Симомуре, Мартину Чалфи и Роджеру Тсьену, демонстрирует обучающимся, что фундаментальные исследования природных явлений могут иметь огромное практическое значение в медицине, биотехнологии и других областях. GFP позволяет наблюдать ранее невидимые биологические процессы, например распространение раковых клеток или рост нервных клеток [Медведев, 2008].

Возможность организации различных видов деятельности. Изучение биолюминесценции позволяет сочетать теоретическое изучение материала (история открытия, механизмы свечения, экологические функции), экспериментальную работу (наблюдение хемилюминесценции, исследование факторов, влияющих на интенсивность свечения), исследовательскую деятельность (изучение распространенности светящихся организмов, анализ адаптаций) и творческое проектирование (разработка идей применения биолюминесценции). Биолюминесценция объединяет знания из химии, физики и биологии для объяснения явления свечения, что способствует формированию целостного междисциплинарного мышления [Андреева, 2024].

Экологическая значимость. Многие светящиеся организмы обитают в уязвимых экосистемах (глубоководные сообщества, тропические леса). Это позволяет в ходе изучения биолюминесценции формировать у обучающихся экологическое сознание, понимание важности сохранения биоразнообразия и устойчивого развития. Изучение биолюминесценции захватывает любопытство учащихся, связывая ключевые идеи биологии, химии и экологии в запоминающейся и визуально яркой форме [Белов, 2020].

Соответствие возрастным особенностям обучающихся. Подростковый возраст характеризуется повышенным интересом к необычным, загадочным явлениям природы. Практические курсы по биолюминесценции могут быть разработаны для разных уровней образования, подходят для детей разных возрастных групп. Эксперименты с живым светом оказывают на обучающихся глубокое эмоциональное воздействие, что позволяет направлять естественное любопытство подростков в русло систематического научного познания.

3.1. Разработка межпредметной квест-игры «Тайны светящегося мира»

Продолжительность: 40 минут.

Участники: 2–4 команды по 4–6 человек.

Возрастной диапазон участников: 9-10 класс.

Оборудование: маршрутные листы, карточки с заданиями, изображения организмов, химические формулы, «секретный конверт», бланки для ответов, секундомер, призы.

Этапы мероприятия:

1. Вводная часть – Входной блиц
2. Станция 1 – «Биологический детектив»
3. Станция 2 – «Химическая лаборатория: Секретные ингредиенты»
4. Станция 3 – «Экологический детектив: Нарисуй расследование»
5. Станция 4 – «Прикладная: Изобретатели будущего»
6. Заключительная часть – Рефлексия и подведение итогов

Сценарий квест-игры «Тайны светящегося мира».

Легенда (вступление)

«Вы – команда молодых исследователей, прибывших на научную станцию «Биогелиос», которая изучает феномен живого свечения. Вам предстоит пройти четыре испытания, чтобы доказать, что именно ваша команда лучше всех разбирается в тайнах биолюминесценции. Победители получают звание «Эксперты по живому свету» и ценный приз. Вперёд!»

Учитель делит класс на 3–4 команды (по 4–6 человек) и ребята дают названия командам. У каждой команды – маршрутный лист, куда ведущие станций будут ставить баллы. Все команды стартуют одновременно, но с разных станций (чтобы не толпиться). Через 8 минут – смена станции по сигналу.

БЛОК 0: Входной блиц – разминка (5 минут)

Перед началом основного маршрута – быстрая разминка для всех команд (можно сидя на местах). Учитель задаёт вопросы, команды поднимают руки. За каждый правильный ответ – 1 балл в общую копилку команды.

Вопросы:

1. Что означает слово «биолюминесценция»? (живой свет)
2. Какие два вещества – главные участники реакции свечения? (люциферин и люцифераза)
3. Какой газ обязательно нужен для свечения? (кислород)
4. Что служит источником энергии для реакции (вспомните АТФ)? (молекулы АТФ)
5. Назовите одно светящееся животное. (удильщик, светлячок, гребневик, кальмар и т.д.)
6. Почему свечение называют «холодным»? (почти нет потерь энергии на тепло)
7. После разминки учитель объявляет: «Теперь – по станциям. У вас 8 минут на каждую. Максимальная внимательность и сплочённость!»

Станция 1 «Биологический детектив» (8 минут)

Легенда станции: «На мониторы станции поступили изображения с глубоководных аппаратов, но файлы перепутались. Помогите биологам – определите, кто есть кто и зачем светится».

Раздаточный материал (на команду – лист А4 с рисунками или фотографиями пяти организмов и отдельные карточки с описаниями функций) (Приложение 2).

Организмы на листе:

1. Глубоководный удильщик (самка с «удочкой»)
2. Жук-светлячок
3. Гребневик (желеобразное животное)
4. Светящийся кальмар
5. Светящийся гриб (например, опёнок)

Карточки с функциями (названия организмов не указаны, описания):

1. «Использую свет как удочку – приманиваю мелкую рыбу и других жертв».
2. «Свечусь зелёным в брачный период, чтобы привлечь партнёра».
3. «При опасности выпускаю светящееся облако, чтобы ослепить и запутать хищника».
4. «Свечу нижней стороной тела, чтобы мой силуэт не был замечен на фоне светлой водной поверхности – так меня не видят хищники снизу».
5. «Мои споры разносятся ночными насекомыми, которых привлекает мой свет – так я размножаюсь».

Задание:

Соединить линиями каждый организм с его функцией. Одна функция лишняя – она не подходит ни одному из изображённых организмов. Надо найти её и кратко объяснить, для какого (не изображённого) живого существа она могла бы подойти (например, «свечу снизу» – для акулы или рыбы-топорики).

Система баллов:

5 баллов – все пять пар «организм–функция» верны.

+1 балл (бонус) – найдена лишняя функция и предложен правдоподобный кандидат (название организма или хотя бы «какая-то рыба/кальмар»).

Итого максимум: 6 баллов.

Станция 2 «Химическая лаборатория: Секретные ингредиенты» (8 минут)

Легенда станции:

«В лаборатории перепутали пробирки с веществами, участвующими в реакции свечения. Помогите лаборантам: соедините каждый компонент с его “паспортом” – описанием роли. А затем разгадайте секретную формулу цвета свечения».

Раздаточный материал (на команду): Лист с таблицей (или отдельные карточки для соединения линиями):

Компонент	Паспорт (описание роли)
Люциферин	А) Белок-ускоритель, который не расходуется в реакции
Люцифераза	Б) Молекула – топливо, без неё свечения нет (источник энергии)
АТФ	В) Органическое вещество, которое окисляется и даёт свет
Кислород (O ₂)	Г) Газ, обязательный участник окисления

Таблица 1 – Раздаточный материал станция №2

Карточки перемешаны, названия компонентов – в левом столбце, паспорта – в правом (буквы).

Дополнительное бонусное задание (на обороте листа):

«Учёные заметили: одни светящиеся организмы дают зелёный свет, другие – красный или синий. Оказывается, цвет зависит от строения люциферина и условий среды.

Вопрос: Почему свечение называют «холодным»? Выберите правильный ответ и объясните:

А) Потому что происходит при низкой температуре тела животного.

Б) Потому что почти вся энергия тратится на свет, а не на тепло.

В) Потому что реакция идёт только в холодной воде.

Правильный ответ: Б (КПД почти 100%, в отличие от лампочки).»

Задание для команды:

Соедините каждый компонент с его паспортом (проведите линии или напишите букву рядом с названием).

Ответьте на бонусный вопрос о «холодном» свечении.

Система баллов:

1. За каждое верное соответствие (4 пары) – по 1 баллу (максимум 4 балла).
2. За правильный выбор ответа на бонусный вопрос – 1 балл.
3. За верное объяснение (почему почти нет тепла) – ещё 1 балл.

Итого максимум: 6 баллов (4 + 2).

Станция 3. «Экологический детектив: Нарисуй расследование» (7 минут)

Легенда станции:

«Фермер в панике: его светлячки перестали светиться после обработки поля пестицидом. Вы – команда криминалистов-экологов. Ваша задача – восстановить картину преступления и создать постер-вердикт для фермера, чтобы он понял, что произошло и как спасти светлячков».

Раздаточный материал (на команду):

1. Конверт с «вещдоками» – три полоски бумаги с текстом улик (как в оригинале, но кратко):

Улика А: «Светлячки летают, едят, но не светятся. Люциферин и люцифераза в норме».

Улика Б: «Пестицид убивает фермент, который делает АТФ. АТФ стало в 100 раз меньше».

Улика В (картинка-схема): нарисована пробирка: «Люциферин + люцифераза + кислород = нет света. Добавили АТФ – яркая вспышка. Через минуту погасло».

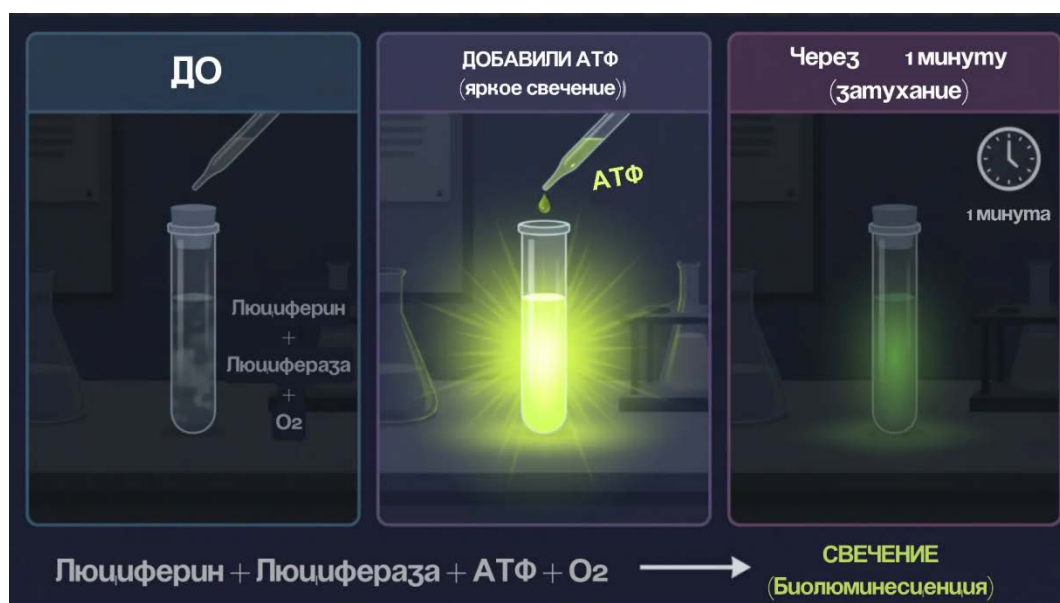


Рис 2. Схема к улике №3

2. Лист А3 (или большой лист) для постера – на нём уже напечатана рамка и заголовок: «Дело № 777: Светлячки против пестицида. Вердикт команды _____».

3. Фломастеры или цветные карандаши (3–4 цвета на команду).

Карточка-задание (на листе, который остаётся у команды):

1. Выберите преступника (подчеркните или обведите верную гипотезу):
 - А) Пестицид уничтожил люциферин
 - Б) Пестицид сломал фабрику АТФ
 - В) Пестицид отравил светлячков насмерть
2. Нарисуйте доказательство (схему из улики В) – покажите на рисунке, почему АТФ так важен.
3. Дайте фермеру совет – нарисуйте или напишите одно реалистичное решение (как спасти светлячков, не отказываясь от пестицида).

Итого максимум: 5 баллов (как и было).

Примеры отличного выполнения (для ведущего):

1. Гипотеза Б обведена.
2. Рисунок: две пробирки – слева «без АТФ»: тускло, написано «нет света», справа «с АТФ»: звёздочки, вспышка, стрелка от АТФ.

3. Совет: рисунок поля, половина не обработана, на ней светлячки; или текст: «используйте пестицид без действия на митохондрии».

Станция 4 «Прикладная: Изобретатели будущего» (8 минут)

Легенда станции: «Учёные станции поняли, что биолюминесценция может изменить мир. Но им не хватает фантазии. Ваша задача – придумать два оригинальных способа применения живого света: один для экологии или охраны природы, другой для медицины или повседневной жизни».

Подсказки на карточке (чтобы направить мысль):

Как с помощью светящихся бактерий обнаружить яды в воде?

Может ли светящийся пластырь показать, что рана инфицирована?

Что если деревья будут светиться ночью вместо уличных фонарей?

Как использовать биолюминесценцию в космических кораблях?

Задание:

Команда письменно описывает две идеи (по 2–4 предложения каждую). Важно не просто придумать, но и кратко объяснить, почему это может работать (используя знания о механизме свечения).

Система баллов:

За каждую идею:

1 балл – идея есть, понятна.

+1 балл – есть обоснование (например: «бактерии перестают светиться при наличии токсина – значит, можно сделать индикатор»).

Максимум за станцию: 4 балла (2 идеи × 2 балла).

Финал и подведение итогов (3 минуты)

После того как все команды прошли станции, капитан сдаёт маршрутный лист жюри (учитель или назначенные помощники). Быстро подсчитываются баллы.

Награждение:

Команда, набравшая максимум баллов, получает дипломы «Эксперты по живому свету» и небольшой приз (например, светящиеся наклейки или блокноты).

Остальные команды – сертификаты участников с тёплыми словами.

Учитель завершает:

«Вы отлично справились! Теперь вы знаете, что светлячки и глубоководные рыбы светятся не просто так, а благодаря сложным химическим реакциям. И главное – вы поняли, как научные знания помогают решать реальные проблемы».

Рефлексия (2–3 минуты)

Учитель обращается к участникам:

«Вы прошли все станции, как настоящие исследователи живого света. А теперь давайте посмотрим, каким «светом» загорелось ваше понимание сегодня. У каждого из вас на столе лежит «светлячок» – бумажная фигурка. Ваша задача – выпустить его на наше общее «светящееся поле» (большой плакат или доска, разделённый на три зоны), в зависимости от того, какое чувство у вас осталось после игры».

Три зоны рефлексии (оформлены на плакате или доске):

1. Зелёная зона – «Яркое свечение» (полное понимание)

«Мой внутренний светлячок светит ярко: я всё понял(а), мне было интересно, я узнал(а) много нового о биолюминесценции и хочу продолжать изучать эту тему. Научная станция «Биогелиос» может на меня рассчитывать!»

2. Жёлтая зона – «Мерцание» (частичное понимание)

«Мой светлячок мерцает: тема интересная, но кое-что осталось неясным. Некоторые задания были сложными. Я уйду с вопросом, который хочу прояснить (можно записать свой вопрос на обратной стороне светлячка)».

3. Красная зона – «Тьма» (непонимание или отсутствие интереса)

«Мой светлячок не зажёгся: было скучно или слишком сложно, я ничего не запомнил(а) и не понял(а), зачем это нужно. Надеюсь, в следующий раз будет интереснее» [Арбузова, 20012].

Процедура проведения:

Каждый участник получает бумажную фигурку светлячка (можно вырезать заранее или просто цветной стикер в форме кружка).

Учитель зачитывает описание зон.

Ученики подходят к плакату и приклеивают (или прикалывают) своего «светлячка» в соответствующую зону.

Дополнительный шаг для жёлтой зоны: участники могут написать на светлячке один вопрос, который у них остался (например: «Почему кровяная соль вызвала свечение?», «Все ли светлячки светятся одинаково?», «Можно ли сделать светящееся растение дома?»). Эти вопросы учитель собирает и разбирает на следующем занятии.

3.2. Организация и проведение внеурочного мероприятия

Апробация разработанного внеурочного мероприятия – межпредметной квест-игры «Тайны светящегося мира» – проводилась на базе МАОУ СШ «Комплекс Покровский» г. Красноярск. В исследовании приняли участие обучающиеся 9 «А» класса в количестве 24 человек (возраст 15–16 лет, 14 девочек, 10 юношей).

Выбор параллели обусловлен соответствием содержания мероприятия требованиям ФГОС основного общего образования по биологии, химии и физике для 9 класса, а также наличием у учащихся необходимых предметных знаний: строение и функции ферментов, роль АТФ в клетке, окислительно-восстановительные реакции, природа электромагнитного излучения [ФГОС, 2021].

Мероприятие проводилось во второй половине учебного дня в рамках недели естественных наук.

Общая продолжительность составила 40 минут, что соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям к организации внеурочной деятельности.

В ходе подготовки к апробации автором работы были разработаны следующие учебно-методические материалы: маршрутные листы для четырёх команд (с бланками фиксации баллов), комплекты раздаточных

материалов для каждой станции (фотографии светящихся организмов, карточки с функциями, набор карточек для восстановления последовательности реакции, бланки для описания изобретательских идей), рефлексивные карточки в виде стилизованных фигурок светлячков, а также дипломы и сертификаты участников.

Учащимся было предложено самостоятельно разделиться на 4 команды по 5–6 человек. В результате сформировались группы, которые затем выбрали названия: «Светлячки» (6 чел.), «Люциферины» (6 чел.), «Кванты света» (5 чел.), «Биохаеры» (7 чел.). Самостоятельное формирование команд способствовало созданию психологически комфортной среды, поскольку учащиеся объединялись на основе дружеских связей и общих интересов.

Мероприятие проводили два ведущих: автор выпускной квалификационной работы (Рицберг Н.А.) и учитель биологии данного класса (выступавший в роли соведущего и эксперта). Функции были распределены следующим образом:

1. Автор ВКР осуществляла общую координацию, проводила вводную и заключительную части, а также вела станции 2 и 3;
2. Учитель биологии вёл станции 1 и 4, а также оказывал консультативную помощь при затруднениях участников.

Такое распределение обеспечило методическую грамотность оценивания на каждой станции (учитель-предметник – на биологических заданиях, автор – на химических и междисциплинарных).

Поскольку квест-игра проводилась в одном учебном кабинете (лаборатория биологии), требовалось организовать пространство так, чтобы четыре команды могли одновременно работать на разных станциях, не мешая друг другу. Для этого в кабинете были выделены четыре игровые станции, каждая из которых представляла собой группу из двух-трёх сдвинутых парт с необходимым раздаточным материалом. Станции были расположены с достаточными интервалами для свободного перемещения команд. На каждой

станции размещалась табличка с названием и пиктограммой, а также бланк для фиксации результатов ведущим.

Центральная часть кабинета (доска и первый ряд парт) использовалась для вводной и заключительной частей, а также для размещения рефлексивного плаката «Светящее поле» с тремя цветовыми зонами (зелёная – полное понимание, жёлтая – частичное, красная – непонимание).

Мероприятие включало три структурных блока: вводную часть, основную (работа по станциям) и заключительную (подведение итогов, рефлексия).

После завершения работы всех станций команды сдали маршрутные листы ведущему. Баллы были подсчитаны, объявлены результаты. Команда, набравшая максимальное количество баллов (26,5 из 27 возможных – команда «Люциферины»), получила дипломы «Эксперты по живому свету» и светящиеся наклейки. Остальные команды – сертификаты участников. Затем проведена рефлексия «Светящее поле». Учащиеся из жёлтой зоны письменно фиксировали свои вопросы на обратной стороне светлячка.

3.3. Анализ результатов проведения квест-игры.

Для оценки эффективности разработанной квест-игры «Тайны светящегося мира» как средства формирования естественно-научной грамотности обучающихся 9 класса был проведён комплексный анализ, включающий:

1. Количественный анализ – подсчёт баллов, набранных командами на каждой станции и в целом, вычисление процента выполнения заданий;
2. Качественный анализ – выявление типичных ошибок и успешных стратегий при выполнении заданий, анализ ответов на открытые вопросы (станции 3 и 4);
3. Анализ рефлексивной деятельности – интерпретация результатов рефлексии «Светящее поле» и письменных вопросов участников;
4. Сравнение с гипотетически ожидаемыми результатами – оценка достижения планируемых уровней сформированности компонентов естественно-научной грамотности [Конасова, 2014].

В апробации приняли участие 24 обучающихся 9 класса, объединённых в 4 команды («Светлячки», «Люциферины», «Кванты света», «Биохакеры»). Максимально возможный суммарный балл за выполнение всех заданий (включая входной блиц) составлял 27. Фактические результаты представлены в таблице 2.

Команда	Входной блиц (макс . 7)	Станция 1 (макс . 6)	Станция 2 (макс . 6)	Станция 3 (макс . 5)	Станция 4 (макс . 4)	Итоговый балл	% выполнения
Светлячки	6	5,5	5	4,5	4	25,0	92,6
Люциферины	6,5	6	5	5	4	26,5	98,1
Кванты света	5,5	5	4	4	3,5	22,0	81,5
Биохакеры	6	5,5	5	4,5	3,5	24,5	90,7
Средний балл	6,0	5,5	4,75	4,5	3,75	24,5	90,7

Таблица 2 – Результаты выполнения заданий квест-игры командами

Общий средний процент выполнения заданий составил 90,7%, что свидетельствует о высоком уровне усвоения материала и успешности формирования естественно-научной грамотности в ходе мероприятия. Разброс результатов между командами невелик (от 81,5% до 98,1%), что говорит о равномерном вовлечении участников и доступности заданий для всех групп.

После завершения квест-игры 24 участника прикрепили бумажных «светлячков» на плакат с тремя зонами. Результаты распределения представлены в таблице 3.

Зона	Значение	Количество участников	%
------	----------	-----------------------	---

Зона	Значение	Количество участников	%
Зелёная	«Яркое свечение» (полное понимание, интерес)	17	70,8
Жёлтая	«Мерцание» (частичное понимание, остались вопросы)	6	25,0
Красная	«Тьма» (непонимание, отсутствие интереса)	1	4,2

Таблица 3 – Распределение участников по зонам рефлексии

Участники зелёной зоны (17 чел.) отметили, что мероприятие было интересным, задания понятными, а тема биолюминесценции – захватывающей. В устных комментариях они выражали желание участвовать в подобных квестах по другим темам («Фотосинтез», «Нейробиология», «Генетика»).

Участники жёлтой зоны (6 чел.) письменно зафиксировали следующие вопросы (приведены дословно):

«Почему в опыте с АТФ свечение гаснет через минуту? Ведь АТФ добавили, но люциферин же не закончился?» (показывает непонимание того, что АТФ расходуется и не регенерируется в пробирке).

«Все ли светлячки светятся одинаково или разные виды – разным цветом?» (интерес к биоразнообразию).

«Можно ли получить биолюминесценцию без люциферазы, только химически?» (вопрос о различии хемилюминесценции и биолюминесценции).

«Как глубоководные рыбы не ослепляют себя собственным светом?» (вопрос о физиологических адаптациях).

Эти вопросы носят содержательный характер и демонстрируют познавательную активность и выход за рамки предложенного материала. Участник красной зоны (1 чел.) пояснил, что «было скучно и непонятно». При анализе его работы выявлено, что он пассивен в обычной учебной деятельности (успеваемость ниже среднего). В данном случае квест-игра не

смогла преодолеть устойчивое негативное отношение к учению, что требует индивидуального педагогического подхода.

В соответствии с целевым ориентиром мероприятия были проанализированы три структурных компонента естественно-научной грамотности [Кунаш, 2015]. Результаты представлены в таблице 4.

Компонент	Описание	Успешность выполнения (средний %)	Вывод
Научное объяснение явлений	Умение описать механизм биoluminesценции, выделить ключевые участники реакции (люциферин, люцифераза, АТФ, O ₂)	92%	Сформирован на высоком уровне
Понимание особенностей естественно-научного исследования	Умение интерпретировать данные видеоопыта, делать выводы о роли АТФ, выявлять причинно-следственные связи	85%	Сформирован на достаточном уровне (требуется закрепление на более сложных кейсах)
Интерпретация данных и использование научных доказательств	Умение анализировать «улики», выбирать гипотезу, аргументировать и предлагать практические решения	90%	Сформирован на высоком уровне

Таблица 4 – Уровень сформированности компонентов естественно-научной грамотности

Наиболее слабым звеном оказался компонент понимания особенностей естественно-научного исследования, что проявилось в трудностях при восстановлении последовательности реакции (станция 2). Это объясняется недостаточной практикой работы с алгоритмами биохимических процессов в рамках основного курса химии и биологии. Рекомендуется включать

аналогичные задания (восстановление последовательности, заполнение пропусков в схемах) в урочную деятельность.

Заключение

Выпускная квалификационная работа была посвящена проблеме формирования естественно-научной грамотности обучающихся основной школы посредством внеурочной межпредметной деятельности.

В соответствии с гипотезой исследования предполагалось, что межпредметное внеурочное мероприятие по теме «Биолюминесценция» будет способствовать формированию естественно-научной грамотности обучающихся 9 класса, если: в основу мероприятия положена квест-игра, интегрирующая знания биологии, химии и физики; задания включают работу с реальными научными данными (таблицы, описания опытов, кейсы) и требуют их интерпретации; реализуются разные виды деятельности (анализ, моделирование реакций, решение проблемных ситуаций, творческое проектирование).

Проанализировано состояние проблемы внеурочной деятельности и межпредметных связей в современной педагогической литературе и нормативных документах. Выявлены психолого-педагогические и методические основы организации внеурочных занятий, формирующих естественно-научную грамотность.

Проведен комплексный анализ явления люминесценции как природного феномена, рассмотрены механизмы биолюминесценции с позиций физики, химии и биологии. Разработана и апробирована квест-игра «Тайны светящегося мира» с системой заданий, направленных на формирование трёх компонентов естественно-научной грамотности: научное объяснение явлений, понимание особенностей естественно-научного исследования, интерпретация данных и использование научных доказательств.

Анализ учебных программ по биологии, химии и физике показал, что тема биолюминесценции в рамках урочной системы изучается фрагментарно, её

междисциплинарная природа раскрывается недостаточно. Это обосновало необходимость создания специального внеурочного мероприятия.

Разработанная квест-игра «Тайны светящегося мира» включала четыре станции: «Биологический детектив» (соотнесение организмов и функций свечения), «Химическая лаборатория» (восстановление последовательности реакции биolumинесценции), «Экологический трибунал» (анализ кейса о влиянии пестицида), «Изобретатели будущего» (генерация идей применения). Мероприятие проведено на базе МАОУ СШ «Комплекс Покровский» г. Красноярск с участием 24 обучающихся 9 класса.

Вывод 1 (по задаче 1 – изучение теоретических аспектов). Внеурочная деятельность, организованная на основе межпредметных связей, является эффективным педагогическим средством формирования естественно-научной грамотности. Квест-технология, интегрирующая разные виды деятельности (познавательную, игровую, проблемно-ценностную, творческую), соответствует возрастным особенностям обучающихся 9–10 классов и обеспечивает высокую мотивацию к изучению природных явлений. Межпредметные связи при этом выступают не просто дидактическим приёмом, а системообразующим фактором, позволяющим учащимся видеть целостную картину мира.

Вывод 2 (по задаче 2 – изучение методологического аппарата). Методологическая основа мероприятия (принципы межпредметной интеграции, деятельностного и проблемно-ситуативного подходов) позволяет разрабатывать задания, направленные на формирование всех трёх компонентов естественно-научной грамотности: научное объяснение явлений (станция 1), понимание особенностей исследования (станция 2), интерпретация данных и использование доказательств (станции 3 и 4). Критерии оценки эффективности (количественный анализ, педагогическое наблюдение, рефлексия) обеспечивают комплексную диагностику планируемых результатов.

Вывод 3 (по задаче 3 – проведение мероприятия и анализ результатов). Разработанная квест-игра «Тайны светящегося мира» доказала свою эффективность: средний процент выполнения заданий (90,7%) значительно превышает пороговое значение сформированности функциональной грамотности. Выявлена положительная корреляция между использованием заданий с реальными научными данными (кейсы, таблицы, описания опытов) и уровнем усвоения материала. Наибольший прирост естественно-научной грамотности зафиксирован в компонентах «научное объяснение явлений» и «интерпретация данных».

Полученные результаты позволяют обозначить перспективные направления дальнейшей разработки проблемы:

1. Создание серии межпредметных квест-игр по другим темам естественно-научного цикла («Фотосинтез», «Эволюция глаза», «Клеточное дыхание», «Генетически модифицированные организмы»);
2. Разработка цифровой версии квеста на платформах Genially, Quizizz или LearningApps для использования в дистанционном и смешанном форматах;
3. Исследование влияния квест-технологии на формирование не только естественно-научной, но и читательской и математической грамотности;
4. Изучение эффективности применения квест-игр на разных ступенях образования (8–11 классы) с соответствующей адаптацией сложности заданий.

Приложение 1

Маршрутный лист команды «_____»

Квест-игра «Тайны светящегося мира»



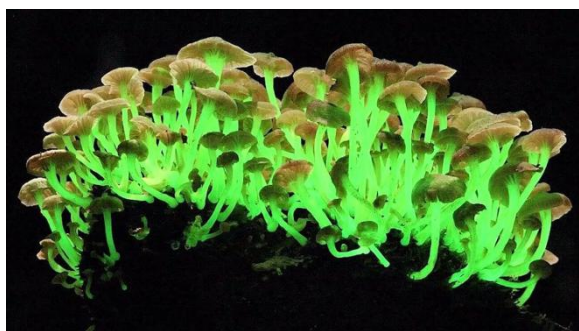
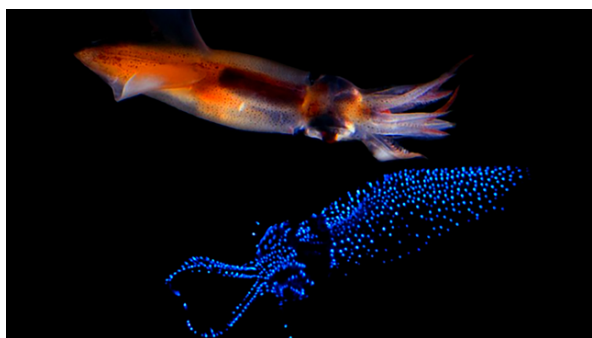
Легенда: вы – молодые исследователи научной станции «Биогелиос». Ваша задача – пройти все испытания и набрать максимальное количество баллов.

Время работы – 8 минут на каждую станцию (включая блиц). Ведущий выставляет баллы после выполнения задания.

Общая таблица баллов:

№	Станция	Максимум баллов	Набрано баллов	Подпись ведущего
1	Входной блиц-разменка	6		
2	Станция 1. Биологический детектив	6		
3	Станция 2. Химическая лаборатория	6		
4	Станция 3. Экологический трибунал	5		
5	Станция 4. Изобретатели будущего	4		
Итого: баллов				

Приложение 2



Библиографический список

1. Андреева Н. Д., Азизова И. Ю., Левченко А. Л. и др. Методика и технологии обучения биологии / под ред. Н. Д. Андреевой. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2024. 242 с.
2. Арбузова Е. Н. Общая методика обучения биологии: курс лекций. Омск: ОМГПУ, 2012. 332 с.
3. Астаханова Н. И., Гиенко Л. Н., Куликова Л. Г. и др. // Технологии внеурочной деятельности обучающихся: учебное пособие. Барнаул: АлтГПУ, 2019. 181 с. [Электронный ресурс] URL: <https://library.altspu.ru/dc/pdf/shatalova4.pdf> (дата обращения: 11.11.2025).
4. Байбородова Л.В., Кириченко Е.Б., Паладьев С.Л. и др. Педагогические технологии. Организация деятельности: учебник и практикум для вузов / под ред. Л. В. Байбородовой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2025. 234 с.
5. Белов Д. В. Очерк химии и биологии света в природе. По материалам отечественных и зарубежных исследователей : монография. Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. 564 с.
6. Бережная О. В., Галкина Е. А., Горленко Н. М. Внеурочная деятельность учащихся по биологии в условиях современной образовательной практики: учебное пособие / КГПУ им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2022. 164 с.
7. Беспалько В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. М.: Издательство Педагогика, 1995. 342 с.
8. Блум Б.С. Таксономия образовательных целей: сфера познания. Нью-Йорк: Издательство David McKay Company, 1956. 207 с.
9. Бравая Н. А. Классная биология в вашей школе: 5-8 классы. СПб.: Издательство Феникс, 2008. 320 с.
10. Вертелецкая О. В., Истомина Е. А., Чуйкова И. А. Методические рекомендации по формированию естественнонаучной грамотности обучающихся. Белгород: Издательство ОГАОУ ДПО БелИРО, 2022. 36 с.

11. Выготский Л. С. Психология развития ребенка. М.: Издательство Эксмо, 2004. 512 с.
12. Габриелян О. С., Остроумов И. Г., Сладков С. А. Химия. 9 класс: учебник М. : Издательство Просвещение, 2025. 319 с.
13. Газман О.С., Харитонов Н.Е. В школу - с игрой. М.: Издательство Просвещение, 1991. 96 с.
14. Галкина Е. А., Голикова Т. В., Горленко Н. М. и др. Методика обучения биологии: учебное пособие / КГПУ им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2023. 288 с.
15. Григорьев Д. В., Степанов П. В. Внеурочная деятельность школьников. Методический конструктор: пособие для учителя. М.: Издательство Просвещение, 2011. 223 с.
16. Дмитриева А. С., Зинатуллина Г. Ф. Межпредметные связи как средство формирования естественнонаучной грамотности обучающихся (на примере химии и биологии) / Гуманитарные научные исследования. 2023. № 8. 237 с. [Электронный ресурс] URL: <https://human.snauka.ru/2023/08/55485> (дата обращения: 11.11.2025).
17. Зверев И. Д, Максимова В. Н. Межпредметные связи в современной школе: монография М.: Издательство Педагогика, 1981. 160 с.
18. Игумнова Е. А., Радецкая И. В. Квест-технология в образовании : учебное пособие / Забайкальский государственный университет. Чита : Издательство ЗабГУ, 2016. 164 с.
19. Игнатова О. Г. Развитие естественно-научной грамотности на уроках алгебры основной школы с применением межпредметных связей / Профильная школа. 2021. № 4. С. 25-30.
20. Ковалёва Г. С., Петина А. Ю. Естественно-научная грамотность. Сборник эталонных заданий / М.: Издательство Просвещение, 2020. 95 с.
21. Конасова Н. Ю. Технология оценивания образовательных результатов / Волгоград: Издательство Учитель, 2014. 141 с.

22. Котлобай А. А. Биолюминесценция // Большая российская энциклопедия. 2023 [Электронный ресурс] URL: <https://bigenc.ru/c/bioliuminestsentsiia-869038> (дата обращения: 16.11.2025).
23. Кулыгин Д. А. Разновидности люминесценции // Инновационная наука. 2016. № 12. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raznovidnosti-lyuminestsentsii> (дата обращения: 13.11.2025).
24. Кунаш М. А. Формирование и развитие познавательной компетентности учащихся. Волгоград: Издательство Учитель, 2015. 156 с.
25. Медведев Ю. М. Американские ученые получили Нобелевскую премию за "зеленый белок" // Российская газета. 2008. [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2008/10/09/nobel-himia.html> (дата обращения: 04.05.2026).
26. Минченков Е. Е. Практическая дидактика в преподавании естественнонаучных дисциплин: учебное пособие / 3-е изд., стер. СПб: Издательство Лань, 2020. 492 с.
27. Левшин В. Л. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1951. 456 с.
28. Муштавинская И. В., Лукичева Е. Ю. Современная оценка образовательных достижений учащихся. СПб: Издательство КАРО, 2015. 304 с.
29. Никишов А. И. Теория и методика обучения биологии: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Издательство Колос, 2007. 304 с.
30. Орлова И. О. Методика организации внеурочной деятельности: учебно-методическое пособие. Владимир: Издательство ВлГУ, 2023. 219 с. [Электронный ресурс] URL: <https://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/10769/1/02521.pdf> (дата обращения: 11.11.2025).

31. Пасечник В. В., Каменский А. А., Швецов Г. Г. Биология. 8 класс: учебник / 14-е изд., стер. М.: Издательство Просвещение, 2025. 256 с.
32. Перышкин А. В. Физика. 9 класс : учебник М. : Издательство Дрофа, 2021. 336 с.
33. Погонишев В. А. Биологическая физика / 2-е изд., стер. СПб.: Издательство Лань, 2022. 300 с.
34. Рубин А. Б. Биофизика. В 2 т. Т. 1. Теоретическая биофизика. М.: МГУ имени М. В. Ломоносова, 2004. 448 с.
35. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. СПб.: Издательство Питер, 2002. 720 с.
36. Савельев И. В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 2. Электричество и магнетизм: учебное пособие / 5-е изд., СПб.: Издательство Лань, 2021.
37. Селевко Г. К. Энциклопедия образовательных технологий. В 2 т. Т. 1. М.: Издательство Народное образование, 2005.
38. Сергеева М. Г., Соколова Н. Л., Суходимцева А. П. Межпредметность в школьном образовании: исторический аспект и стратегии реализации в настоящем // Научный диалог. 2018. № 2. С. 336.
39. Сластенин В. А., Подымова Л. С. Педагогика: Инновационная деятельность. М.: Издательство Магистр, 1997. 254 с.
40. Смирнова М. А. Теоретические основы межпредметных связей. СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2006. 148 с.
41. Солянкина Л. Е. Модель развития профессиональной компетентности в практико-ориентированной образовательной среде. Воронеж: Издательство ВГПУ, 2011. № 1. С. 36-48.
42. Титов Е. В. Методика применения информационных технологий в обучении биологии: учеб. пособие для студ. учрежд. высш. проф. Образования. М.: Издательство Академия-Центр, 2010. 265 с.
43. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования: утв. приказом Минпросвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 287. М.: Издательство Минпросвещения

РФ, 2021. [Электронный ресурс] URL: <https://fgos.ru> (дата обращения: 11.11.2025).

44. Хуторской А.В. Педагогическая инноватика: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2019. 256 с.