

ОСОБЕННОСТИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО
ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ПРАКТИКУМА ДЛЯ ВУЗОВ

Е.В. Немолочнов

Аннотация. Одной из проблем преподавания интегрированных естественно-научных дисциплин, таких как «Концепции современного естествознания», «Естественно-научная картина мира» и др., является недостаточная методическая разработанность учебных материалов для обеспечения их практической содержательной линии. Эти дисциплины изучаются студентами непрофильных специальностей, поэтому практикум для них должен иметь существенные отличия от вузовских практикумов по физике, химии, биологии, астрономии для студентов профильных специальностей. К таким отличиям относится, во-первых, интеграция содержания, понимаемая не как набор физических, химических, астрономических, биологических и т. д. заданий к разным разделам курса, а как система, содержащая комплексные проблемно-ситуационные задания (кейсов), в которых рассматриваются важнейшие вопросы естествознания (вещество и поле, эволюция Вселенной и ее подсистем, энергия и т. п.) с применением знаний из разных естественных наук. Во-вторых, задания должны быть построены таким образом, чтобы студенты при их выполнении в формате «просто о сложном» оперировали современной научной информацией о происходящих в микро-, макро- и мегамирах процессах, объектах и явлениях. Третьей особенностью практикума является направленность заданий на раскрытие сути научного метода (как и с помощью каких инструментов получены данные знания) и предполагающих проведение студентами некоторого исследования, включая эксперименты. В статье приведены примеры заданий, отражающих вышеперечисленные особенности практикума.

Ключевые слова: интегрированные естественно-научные дисциплины, естественно-научные кейсы, демонстрация научного метода, практическая содержательная линия естествознания

Для цитирования: Немолочнов Е.В. Особенности междисциплинарного естественно-научного практикума для вузов // Преподаватель XXI век. 2026. № 1. Часть 1. С. 136–146. DOI: 10.31862/2073-9613-2026-1-136-146

© Немолочнов Е.В., 2026



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

FEATURES OF THE INTERDISCIPLINARY NATURAL SCIENCE WORKSHOP FOR UNIVERSITIES

E.V. Nemolochnov

Abstract. *One of the problems of teaching such integrated natural science disciplines as “Concepts of Modern Natural Science” and “Natural Science Picture of the World” is the insufficient methodological development of educational materials in their practical content. A workshop on integrated natural sciences, which are studied by students of non-core specialties, should have significant differences from university workshops in physics, chemistry, biology, and astronomy for students majoring in them. Such differences include, firstly, the integration of content, understood not as a set of physical, chemical, astronomical, biological, etc. tasks for different sections of the course, but as a set of complex problem-situational tasks (cases) in which key natural-science issues (matter and field, the evolution of the Universe and its subsystems, energy, etc.) are considered systematically using knowledge from different natural sciences. Secondly, assignments should be structured in such a way that students, when completing them in the «complex-made-easy» format, operate with up-to-date scientific information about processes, objects and phenomena occurring in micro-, macro- and megaworlds. The third feature of the workshop is the focus of the tasks on revealing the essence of the scientific method, and involving students conducting some research, including experiments. The article provides examples of tasks reflecting the above-mentioned features of the workshop.*

Keywords: *integrated natural science disciplines, natural science cases, demonstration of the scientific method, practical content line of natural science*

Cite as: Nemolochnov E.V. Features of Interdisciplinary Natural Science Workshop for Universities. *Prepodavatel XXI vek. Russian Journal of Education*, 2026, No. 1, part 1, pp. 136–146. DOI: 10.31862/2073-9613-2026-1-136-146

Интегрированные естественно-научные дисциплины «Концепции современного естествознания», «Естественно-научная картина мира», «Актуальные вопросы современного естествознания», «Основы современного естествознания» и др. были введены в учебные программы гуманитарных, социальных, экономических и других направлений подготовки как отражение тенденции к интеграции разных областей знания и проникновения терминологии и методов исследования из естественных наук в гуманитарные. В первую очередь это выражается в увеличении числа исследований и открытий «на стыках наук», переносе в гуманитарную область таких естественно-научных понятий как «самоорганизация», «бифуркация», «эволюция», «энтропия», «аттрактор», «нелинейная система», «открытая и закрытая системы» и т. д. [1, с. 4], расширении применения научного метода, который, «рожденный естествознанием, последние 100–150 лет доминирует в духовном мире, проникая всюду, в том числе в науки о человеке и обществе, т. е. в гуманитарную сферу цивилизации» [2, с. 3].

Перенос и внедрение в гуманитарную сферу не только понятий, но и методов естественно-научного исследования определяет необходимость наличия в учебном естественно-научном курсе для гуманитариев не только теоретической, но и практической линии. Теоретическая линия призвана влиять на формирование

мировоззрения студентов, адекватного современному научному миропониманию, расширять их кругозор, демонстрировать современную научную картину мира, которая «по своей интеллектуальной глубине, сложности и гармоничности является наиболее прекрасным и удивительным творением, созданным коллективными усилиями человеческого разума» [3]. Для студентов не естественно-научных специальностей подобная естественно-научная дисциплина обычно единственная, где студентам предлагается задумываться о сути и закономерностях природных явлений как результате эволюции и самоорганизации, а не как о разумном замысле, о едином устройстве и законах нашего мира, а также естественно-научных методах и современных инструментах его познания.

Практическая линия призвана предоставить студентам возможность применения освоенных знаний для решения и обсуждения явлений и ситуаций в микро-, макро- и мегамирах, показать эволюционные представления применительно к разным областям естествознания и разным временным и пространственным масштабам, познакомить с процессом осуществления научного исследования и дать опыт проведения простейших исследований. Повышение интереса студентов к естествознанию и приближение к реальному исследованию обеспечивается включением в состав проблемно-ситуационных заданий (кейсов) естественно-научных экспериментов для проверки гипотез. Осуществление таких экспериментов не предполагает какого-либо специального оборудования, так как на гуманитарных факультетах обычно отсутствуют специализированные естественно-научные лаборатории. Как, собственно, отсутствуют и охватывающие все темы учебного курса описания лабораторных работ — они еще требуют своего создания.

Основой для осуществления теоретической линии интегрированных естественно-научных дисциплин служат многочисленные учебники по дисциплинам «Концепции современного естествознания», «Естественно-научная картина мира» и др. — к настоящему времени их число превысило сотню. Из этого обилия учебников и учебных пособий преподаватели имеют возможность выбрать наиболее подходящие для своего курса. Однако с практикумами ситуация другая. Практикумов по дисциплине «Концепции современного естествознания» и другим интегрированным естественно-научным дисциплинам, предназначенным для студентов непрофильных специальностей, немного, и большинство из них состоит из заданий, подобных заданиям практикумов монодисциплин. Это тесты и задачи по отдельным разделам курсов физики, химии, астрономии, минералогии (например, практикумы М.А. Бабаевой, Н.С. и Л.М. Бухман, М.К. Гусейханова), географии и биологии (практикум М.С. Смирновой с соавторами), физики и моделирования биологических систем (М.И. Болотова и Е.В. Губиной). Некоторые из них включают вопросы для обсуждения философского характера (например, практикумы Г.П. Отюцкого и С.И. Валянского), а также вопросы, связанные с методологией научного исследования (например, практикум Т.Я. Дубнищевой и А.Д. Рожковского). То есть в основу этих практикумов положен не принцип рассмотрения ключевых вопросов естествознания с позиций разных наук, а другой — иллюстрация с помощью задач определенных законов химии, физики, биологии, не делая акцента на их общности и интеграции материала монодисциплин.

Однако **главной особенностью практикума** для интегрированной дисциплины должна быть интеграция его содержания. Интеграция предполагает не наличие отдельных физических, химических, астрономических, биологических и т. д. заданий

в разных параграфах, а наличие практически к каждому параграфу задания, при выполнении которого требуется применить знания из разных естественно-научных дисциплин, чтобы рассмотреть различные взгляды, подходы, этапы исследования некоторого процесса, явления, понятия.

Заметим, что в утвержденных Министерством образования Российской Федерации Примерных программах дисциплин «Концепции современного естествознания» и «Естественно-научная картина мира» лабораторные работы не предусмотрены. Тем не менее они имеются в некоторых практикумах (например, у Н.С. и Л.М. Бухман представлены лабораторные работы по физике, астрономии и минералогии; у С.Х. Карпенкова, а также у Г.В. Яборова и С.Н. Кравченко — по физике; у Ю.В. Чекменевой и А.А. Поповой — по биологии). В диссертационном исследовании Н.В. Четчиной научно обоснована необходимость проведения лабораторных работ, поскольку без них дидактическая система курса «Концепции современного естествознания» не является функционально полной [4]. Лабораторные работы, не содержащие большого количества расчетных данных и сложного специализированного оборудования, вполне могут входить в состав естественно-научных кейсов в качестве экспериментов, выполняемых для проверки поставленных гипотез, и таким образом делать дидактическую систему курса функционально полной.

Рассмотрим, как можно ответить на один и тот же вопрос с позиций монодисциплин и при интегрированном подходе. Например, ответ на вопрос, *как в земные живые организмы попадает железо?*, с позиций астрономии предполагает рассказ про этапы термоядерного синтеза химических элементов вплоть до железа в недрах звезды, взрыв этой звезды с выбросом сформированных элементов в молекулярное облако и формирование из этого облака Солнечной системы с Землей, на которой из этих элементов и образовалась жизнь; с позиций геологии — про гравитационную дифференциацию земного вещества, про возникновение вследствие геохимических процессов в древних океанах железных руд, из которых произошли живые существа; с позиций биологии — про древнейшие организмы, научившиеся использовать железо для выработки энергии и дыхания, впоследствии про цианобактерии с железосодержащими ферментами, которые 2–3 млрд лет назад стали митохондриями эукариотов, далее появились системы усвоения железа у многоклеточных, и возник их круговорот в природе через продукты питания.

В интегрированном же практикуме ответ должен объединить взгляды, присущие разным областям науки. Ответ на вопрос о попадании железа в живые земные организмы должен включать информацию о том: 1) как оно появилось во Вселенной (т. е. процесс от образования элементарных частиц после Большого взрыва до цепочки термоядерного синтеза химических элементов в недрах массивных звезд, наличия железного пика и распространения железа при взрыве сверхновой); 2) как оно попало на Землю (т. е. процесс образования Солнца как звезды третьего поколения и возникновения планет из протопланетного облака; изучение его состава по метеоритам и кометам); 3) что с ними происходило на Земле (разделение элементов в недрах Земли, попадание двухвалентного железа (Fe^{2+}) в Мировой океан и его переработка в трехвалентное железо (Fe^{3+}) железобактериями с образованием залежей железных руд); 4) его химические особенности (легкая смена степени окисления ($\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$), что делает его ключевым элементом ферментов и идеальным элементом для электронного транспорта, анаэробного дыхания и участия в фотосинтезе), значение как макроэлемента и участие в круговороте через продукты питания.

Попутно можно рассмотреть вопросы про железный пик, про формирование ядра Земли, про то, чем отличается железо в руде, железо в орудиях труда и железо в яблоке, как организм усваивает железо и для чего оно необходимо организму, почему железо отнесено к макроэлементам, а не к органогенам или микроэлементам.

В процессе рассмотрения такого проблемного вопроса у студентов формируются представления о происхождении химических элементов, единстве элементного состава Вселенной, включая живую природу, взаимосвязи астрономических, химических, биологических и геологических процессов. Подобные естественно-научные кейсы также способствуют развитию критического мышления студентов [5].

Задание, подобное вышеописанному, весьма объемно, его обсуждение занимает весь семинар и иногда остаются вопросы для домашнего изучения, особенно если рассмотреть со студентами еще какие-либо фейковые новости из Интернета относительно медицинского влияния применения железа или интересные факты типа железной нержавеющей колонны в Индии.

Однако, для того чтобы получить от студента столь обстоятельный ответ, одного поставленного вначале проблемного вопроса недостаточно. Необходима цепочка «наводящих» вопросов, отвечая на которые с помощью справочного материала, имеющегося в кейсе, студенты выстраивают всю ожидаемую последовательность выводов.

Подобные интегрированные задания в изданных практикумах встречаются лишь в сборнике естественно-научных кейсов [6] и сборнике лабораторных работ [7]. Однако в этих сборниках задания не охватывают все основные темы курсов «Концепции современного естествознания», «Естественно-научная картина мира» или каких-либо других интегрированных естественно-научных дисциплин. К тому же эти сборники не связаны с какими-либо учебниками, т. е. не установлена связь между теоретической и практической линиями естествознания.

Таким образом, первая важная особенность естественно-научного практикума – наличие интегрированных заданий, охватывающих все основные темы (понятия, интеграционные центры и т. п.) курса, которые могут быть в форме кейсов, где ставится некоторый проблемный вопрос, позволяющий рассмотреть принципиально важное для понимания естествознания природное явление, процесс, понятие (например, эволюция, самоорганизация, материя и антиматерия, гравитация и т. п.) с позиций разных наук и составить о нем достаточно полное представление, соответствующее современным научным воззрениям с учетом прикладных аспектов.

Второй особенностью интегрированных практикумов является соответствие терминологии и уровня сложности ожидаемого решения уровню подготовленности студентов гуманитарных направлений подготовки, чтобы они могли понять задание, определить способы его решения и осуществить расчеты (если требуется). Студенты-гуманитарии, изучающие интегрированные естественно-научные дисциплины, в большинстве своем не готовы к восприятию заданий, рассчитанных на студентов инженерно-технических и естественно-научных специальностей — для них математика и естествознание не являются профессиональными дисциплинами и изучались ими на предыдущей ступени образования преимущественно на базовом уровне.

Вопросы, рассматриваемые в профильных вузовских заданиях по физике, химии, биологии, астрономии, геологии, в междисциплинарном практикуме не должны упрощаться с точки зрения уровня научности изложения. Они должны соответствовать

современным научным представлениям, поднимать актуальные вопросы современного естествознания, однако их изложение должно быть приближено к формату «просто о сложном», т. е. интересно и максимально доступно, как, например, излагают теоретический материал в своих лекциях и выступлениях такие популяризаторы науки, как В.Г. Сурдин, А.В. Марков, К.Ю. Еськов, К. Сагал, С. Хокинг, С.Б. Попов. Изложение практического материала в задачах и лабораторных работах должно быть подобным и требовать минимума формул и расчетов.

Хороший путь — ставить в кейсах цепочку вопросов так, чтобы путь поиска ответа студентами в какой-то мере повторял путь изучения рассматриваемого вопроса учеными, отмечая, откуда и как ученые получили те или иные выводы и представления.

Отметим, что обсуждение актуальных вопросов современной науки не может обойтись без обсуждения и освоения студентами сути таких понятий, как «самоорганизация», «бифуркация», «эволюция», «энтропия», «аттрактор», «нелинейная система», «открытая и закрытая системы» и др., которые к настоящему времени перешли из естествознания в арсенал других наук, в том числе и гуманитарных.

Условие «соответствия заданий уровню подготовленности студентов» во всех вышеназванных практикумах, конечно, выполняется. Однако не все из них содержат задания, связанные с актуальными исследованиями, например, гравитационных волн, темной материи и энергии, антиматерии, формирования различных структур нашего мира (например, нашей Галактики как последовательности поглощений других галактик или появление эукариот как последовательное поглощение архей и бактерий) и т. п. Конечно, учебные пособия всегда отстают от переднего края научных исследований, но знакомить студентов хотя бы с некоторыми из них весьма важно, особенно в рамках работы с новостями науки из СМИ.

Примером применения актуальных научных знаний является рассмотрение астрономических, физических и химических характеристик экзопланеты на предмет ее потенциальной обитаемости. Например, в задании требуется оценить вероятность существования на некоторой реальной планете сложной землеподобной жизни на основании следующих данных: фотография звезды, ее спектральный состав, размеры планеты, ее примерная отражательная способность, радиус орбиты, плотность и химический состав атмосферы — то, что уже в какой-то степени могут определять современные телескопы. В справочных материалах приводятся таблица спектрального класса звезд, таблица химического состава разных живых организмов, формула расчета равновесной температуры и т. п.

На первый взгляд кажется, что такая задача отнюдь не является простой. Однако для ее решения не требуется никаких специальных знаний, а только логика и способность найти информацию в приложенных справочных материалах. Вкратце ход решения, который направляется с помощью вопросов, можно представить так: выделяются наиболее очевидные необходимые условия для землеподобной (белковой) сложной жизни.

В первую очередь, это химический состав звезды — для построения живого организма нужны различные химические элементы. Необходимые для жизни химические элементы даны в таблице «Состав тела различных живых организмов». Химический состав звезды отражен в ее спектре. Остается сопоставить химический состав звезды (а звезда и планеты рождаются из одного молекулярного облака и имеют схожий химический состав) и разных организмов — он не должен быть одинаковым в процент-

ном отношении, но должен содержать элементы, необходимые для белковой жизни, — как минимум все органогены (водород, углерод, азот, кислород). Здесь сразу можно указать на невозможность землеподобной жизни в планетных системах звезд первого поколения, состоящих из элементов, образованных после Большого взрыва — водорода, гелия и лития (немного).

Второй момент — время существования звезды. На образование сколько-нибудь сложных существ на Земле понадобилось около 3–4 млрд лет. По цвету звезды определяется ее спектральный класс, а каждый класс имеет свой возраст. Более 3–4 млрд лет существуют только желтые и красные звезды. То есть белые и голубые звезды можно исключить.

Третий момент — наличие и состав атмосферы. Без атмосферы жизнь не защищена от космического излучения и излучения «своей» звезды, которые губительны для белковых тел. То есть если атмосфера полностью отсутствует, то планету не стоит рассматривать как потенциально обитаемую. Состав атмосферы также может служить маркером наличия жизни. В первую очередь стоит обратить внимание на пары воды, метан, кислород и различные соединения, содержащие CН_3 , например бромистый метил. Выделение этих газов в качестве биомаркеров связано с тем, что на Земле весь атмосферный кислород создали живые организмы, метан и соединения CН_3 тоже выделяют живые существа, хотя метан мог попасть в атмосферу и при извержении вулканов.

Четвертый момент — для жизни важно наличие воды в жидком состоянии, что предполагает определенный интервал температур на планете. Для расчета равновесной температуры планеты есть формула, в которую входят параметры звезды — их можно найти в таблице «Спектральные классы звезд» (по цвету звезды). А по составу газов, присутствующих в атмосфере, можно оценить, есть ли среди них парниковые газы (метан, углекислый газ, пары воды), благодаря которым реальная температура поверхности будет выше равновесной. Конечно, студент с более глубокими знаниями может заметить, что мы на наличие жизни оценили только планеты «пояса Златовласки», где температура позволяет находиться жидкой воде на поверхности планеты, но потенциально жизнь может существовать еще и в «поясе Снегурочки» в жидком океане под толстым слоем льда. Этот вопрос можно отдельно обсудить со студентами.

При решении подобной задачи студент должен владеть информацией из области астрономии — например, знать, что по цвету звезды можно оценить ее размер, температуру, светимость, время жизни; из области физики — знать, что можно определить температуру планеты по параметрам звезды, а химический состав — по ее спектру; из области химии — знать, что определенные газы работают как парник и повышают среднюю температуру планеты, а также что определенные газы ядовиты для белковой жизни. Знание биологии помогает оценить необходимость учета температурного режима и защиты от радиации, из-за чего может происходить разрушение (денатурация) белка, выделить в составе атмосферы биомаркеры и оценить значение их комбинаций (например, наличие кислорода, метана, аммиака, озона, углекислого газа, бромистого метила говорит о высокой вероятности наличия жизни).

Третьей особенностью междисциплинарного практикума является направленность заданий на раскрытие сути научного метода. Это предполагает проведение студентами некоторого исследования для проверки гипотезы, выдвинутой для решения

проблемного вопроса кейса. Например, при изучении световых волн можно предложить студентам исследовать феномен билюминесценции, оценить ее роль в эволюции, экосистемах и современных биотехнологиях.

При реализации подобного исследования студенты собирают информацию и создают мини-обзор литературы. С биологической точки зрения рассматриваются вопросы: «Какие организмы обладают билюминесценцией?», «Какую биологическую функцию она выполняет?», с учетом того, что у разных видов организмов (светлячки, глубоководные рыбы, бактерии) функции могут различаться (привлечение партнера, защита, охота). С точки зрения химии рассматриваются вопросы: «Как работает реакция билюминесценции (роль люциферина, люциферазы, АТФ)?», «Почему некоторые виды организмов светятся только в присутствии кислорода?». С точки зрения физики рассматриваются вопросы: «Каков КПД билюминесценции по сравнению с искусственными источниками света?», «Как длина волны свечения зависит от среды (например, синий свет в океане)?». С точки зрения экологии рассматриваются вопросы: «Как световое загрязнение влияет на билюминесцентные организмы?», «Может ли билюминесценция быть маркером состояния экосистемы?».

Далее может иметь место групповое обсуждение вопроса: «Как можно билюминесценцию использовать в медицине (например, при изучении раковых клеток) и экологическом мониторинге?» Чтобы получить ответ, студентам предлагается найти определенную информацию (например, что опухолевые клетки потребляют больше глюкозы, чем обычные) и провести эксперименты. Для исследования билюминесцентных бактерий можно использовать культуру *Vibrio fischeri* или BioFix Lumi (REF 945025 Macherey-Nagel) и фотометр/люксметр. Суть такого эксперимента заключается в измерении интенсивности свечения при разных температурах (20, 25, 30 и 36,6 °C и выше), фиксации изменений свечения при: 1) добавлении раствора глюкозы, 2) блокировке доступа кислорода, 3) добавлении в воду различных загрязнителей. Анализ данных будет состоять в построении зависимости свечения от различных факторов. Ожидаемый вывод — люминофоры могут подсвечивать опухолевые клетки, облегчая их обнаружение и лечение, могут помочь определить наличие растворенного кислорода в воде и уровень загрязнения сточных вод.

Компьютерное моделирование с помощью программы PyMOL может помочь визуализировать структуру люциферазы и разобраться с энергетическими переходами в молекуле люциферина.

После окончания эксперимента полезно групповое обсуждение по вопросам: «Как возможно применять светящиеся растения для освещения городских территорий?», «Каковы этические проблемы геной инженерии светящихся организмов?», «Как билюминесценцию можно использовать в медицине и экологическом мониторинге?». При этом можно обсудить новости науки, например статьи о «подсветке» растений (<https://xn--80aa3ak5a.xn--p1ai/news/genetiki-sdelali-biolyuminestsentsiyu-zhivikh-organizmov-bolee-yarkoy/>) или белков в организме, чтобы выявить болезнь (<https://science.mail.ru/news/4718-svetyashchiesya-biosensory/>).

Изучение билюминесценции — пример конвергенции наук: биохимия объясняет механизм, физика — эффективность излучения, экология — ее роль в природе. Технологии на ее основе могут снизить энергозатраты человечества. Это задание демонстрирует студентам прикладную роль междисциплинарных исследований.

Отметим, что если отсутствует техническая возможность исследовать культуру биOLUMИНЕСЦЕНТНЫХ бактерий, то можно провести технически более простое, но при этом также раскрывающее суть научного метода исследование «Энтропия и самоорганизация: от хаоса к порядку в капле молока». В эксперименте демонстрируется суть таких фундаментальных понятий естествознания, как энтропия (в изолированных системах энтропия растет в процессе самопроизвольных процессов, являясь критерием их естественного протекания) и самоорганизация (при определенных условиях в открытых системах, т. е. обменивающихся энергией или веществом с окружающей средой, из хаоса спонтанно возникает сложный, упорядоченный паттерн, что не отменяет второе начало термодинамики, а показывает, как локально может создаваться порядок).

Со студентами обсуждаются вопросы, почему миски с водой и молоком (покрыто дно) можно считать изолированными системами и почему, когда на воду или молоко капнуть 2–3 капли красителя разных цветов, процесс наблюдаемой диффузии можно трактовать как рост энтропии, движение к хаосу. Далее ставится вопрос: как можно сделать эти системы открытыми? Студентам можно помочь найти ответ на этот вопрос с помощью наводящих вопросов типа: «Что особенного имеется в составе молока по сравнению с составом воды?» (жиры, белки, которые являются поверхностно-активными веществами), «Что произойдет, если мы добавим внешний “источник энергии”, т. е. средство, которое реагирует на жиры и белки, стремится окружить их и уничтожить?» (таким средством может быть, например, капля моющего средства, молекулы которого имеют гидрофильную «голову» и гидрофобный «хвост», где гидрофобный «хвост» молекулы «прилипает» к нерастворимым в воде жирам и белкам, обволакивает их, а гидрофильная «головка» молекулы притягивается к воде в составе молока, в результате чего образуется взвесь, а поверхностное натяжение резко изменяется).

Гипотеза исследования: если в жидкость, содержащую поверхностно-активные вещества (молоко) внести внешний источник энергии (каплю моющего средства), то возникнет самоорганизация структур жидкости, которую можно увидеть с помощью нерастворимого красителя. Если же не вносить источник энергии или же жидкость изначально не содержала поверхностно-активных веществ (вода), то будет наблюдаться только диффузия, ведущая к равномерному смешиванию (росту энтропии).

Далее проводится 4 опыта: 1) в воду добавляется 2–3 капли красителя (наблюдается медленная диффузия, т. е. рост энтропии); 2) в молоко добавляется 2–3 капли красителя (наблюдается медленная диффузия, т. е. рост энтропии); 3) в воду добавляется 2–3 капли красителя и капля моющего средства (наблюдается медленная диффузия, т. е. рост энтропии); 4) в молоко добавляется 2–3 капли красителя и капля моющего средства (наблюдается видимая кратковременная самоорганизация в виде динамических цветных узоров, т. е. самоорганизация).

Далее производится анализ результатов опыта и их интерпретация с использованием понятий энтропии и самоорганизации. Обсуждается вопрос: почему при добавлении в воду моющего средства узор не образовался? (Моющее средство просто растворяется, нет сложной структуры поверхностно-активного вещества для создания направленных потоков жидкости, вследствие чего преобладает диффузия.) Для молока образовалась открытая система, когда была внесена энергия (химическую энергию

поверхностно-активного вещества). Краситель сделал видимыми невидимые потоки, вызванные резким снижением поверхностного натяжения в точке, где молекулы белков и жиров были захвачены молекулами моющего средства, что создало «тягу» — жидкость устремилась от области с высоким поверхностным натяжением к области с низким видимыми. Образовались сложные упорядоченные узоры — самоорганизация. Через некоторое время процесс затухает, и в итоге окраска молока становится однородной — энтропия в конечном счете побеждает.

Междисциплинарность этого эксперимента определяется тем, что здесь используются знания из области биологии (аналогия с мембранами клеток — двойной липидный слой, где поверхностно-активные вещества играют ключевую роль), физики (конвекционные потоки как форма передачи энергии, поверхностное натяжение, диффузия).

Описанные в примерах задания являются проблемно-ситуационными. Их можно назвать естественно-научными кейсами. Такие задания включают в себя основной проблемный вопрос с описанием ситуации, необходимые справочные материалы и цепочку вопросов, которая направляет мыследеятельность студентов по определенному маршруту, помогающему рассмотреть основной проблемный вопрос с позиций разных наук и разных точек зрения. Формулирование ответов на подобные вопросы предполагает применение студентами общенаучных методов (проводить анализ, сравнение и т. д.), требует размышления над естественно-научными проблемами и переосмысления фактов, что формирует у студентов «представления о ключевых особенностях стратегий естественно-научного мышления» [2, с. 5]. Междисциплинарность практикума способствует формированию способности студентов к междисциплинарным исследованиям [8, с. 53].

Таким образом, междисциплинарный естественно-научный практикум для вузов может состоять из набора естественно-научных кейсов, тематика которых охватывает все основные разделы изучаемой студентами интегрированной естественно-научной дисциплины, а количество как минимум соответствует числу занятий практической содержательной линии этой дисциплины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепции современного естествознания: практикум / авт.-сост. Б.К. Пахтусов; СибАГС. Новосибирск: Изд-во СибАГС, 2009. 139 с.
2. Савченко В.Н., Смагин В.П. Начала современного естествознания: тезаурус. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 336 с.
3. Сноу Ч.П. Две культуры и научная революция. URL: <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/ECCE/SNOW/TWOCULT.HTM> (дата обращения: 8.07.2025).
4. Четкина Н.В. Совершенствование дидактической системы курса «Концепции современного естествознания» для студентов неинженерных специальностей: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 2004.
5. Solodikhina M.V., Solodikhina A.A. Natural-scientific cases as a tool for the development of critical thinking, *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS*, Krasnoyarsk, 2021, pp. 1532–1545, DOI: 10.15405/epsbs.2021.09.02.171.
6. Солодихина М.В. Сборник кейс-задач по интегрированным естественно-научным курсам М.: Прометей, 2020. 156 с. (Современное естествознание).

7. Петрова Е.Б., Солодихина М.В. Лабораторный практикум по естествознанию. М.: Изд-во МПГУ, 2018. 156 с.
8. Шкерина Л.В., Берсенева О.В., Кейв М.А. Междисциплинарный практикум как условие формирования способности студентов к междисциплинарному профессиональному исследованию // Перспективы науки и образования. 2018. № 5(35). С. 53–64. DOI: 10.32744/rze.2018.5.6.

REFERENCES

1. *Koncepcii sovremennogo estestvoznaniya, praktikum* [Concepts of Modern Natural Science: Practical Training], B.K. Pahtusov (avt.-sost.), SibAGS, Novosibirsk, Izd-vo SibAGS Publ., 2009, 139 p. (in Russ.)
2. Savchenko V.N., Smagin V.P. *Nachala sovremennogo estestvoznaniya: tezaurus* [Beginnings of Modern Natural Science: Thesaurus], Rostov na Donu, Feniks Publ., 2006, 336 p. (in Russ.)
3. Snou Ch.P. Dve kul'tury i nauchnaja revoljucija [Two Cultures and the Scientific Revolution], URL: <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/ECCE/SNOW/TWOCULT.HTM> (accessed: 8.07.2025). (in Russ.)
4. Chechetkina N.V. *Sovershenstvovanie didakticheskoy sistemy kursa "Koncepcii sovremennogo estestvoznaniya" dlja studentov neinzhenernyh special'nostej* [Improving the didactic system of the course "Concepts of Modern Natural Science" for Students of Non-Engineering Specialties], Extended abstract of PhD dissertation (Education), Moscow, 2004. (in Russ.)
5. Solodikhina M.V., Solodikhina A.A. *Natural-scientific cases as a tool for the development of critical thinking. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS*, Krasnoyarsk, 2021, pp. 1532–1545, DOI: 10.15405/epsbs.2021.09.02.171.
6. Solodikhina M.V. *Sbornik kejs-zadach po integrirovannym estestvennonauchnym kursam* (Serija Sovremennoe estestvoznanie) [Collection of Case Studies on Integrated Natural Science Courses (Modern Natural Science Series)], Moscow, Prometej Publ., 2020, 156 p. (in Russ.)
7. Petrova E.B., Solodikhina M.V. *Laboratornyj praktikum po estestvoznaniju* [Laboratory Practical Training in Natural Science], Moscow, MPGU Publ., 2018, 156 p. (in Russ.)
8. Shkerina L.V., Berseneva O.V., Kejv M.A. *Mezhdisciplinarnyj praktikum kak uslovie formirovaniya sposobnosti studentov k mezhdisciplinarnomu professional'nomu issledovaniju* [Interdisciplinary Practical Training as a Condition for Developing Students' Ability to Conduct Interdisciplinary Professional Research], *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, 2018, vol. 5(35), pp. 53–64, DOI: 10.32744/rze.2018.5.6. (in Russ.)

Немолочков Евгений Валентинович, аспирант кафедры физики космоса Института физики, технологии и информационных систем, Московский педагогический государственный университет, owned.to.me@gmail.com

Evgeny V. Nemolochnov, PhD Post-graduate Student, Space Physics Department, Institute of Physics, Technology and Information Systems, Moscow Pedagogical State University, owned.to.me@gmail.com

Статья поступила в редакцию 19.08.2025. Принята к публикации 22.09.2025

The paper was submitted 19.08.2025. Accepted for publication 22.09.2025