

Развитие критического мышления: сравнение трех дисциплинарных подходов

Мария Солодихина, Анна Солодихина

Статья поступила
в редакцию
в январе 2023 г.

Солодихина Мария Владиславовна — кандидат педагогических наук, доцент Учебно-научного института гравитации и космологии, Российский университет дружбы народов; доцент кафедры физики космоса — базовой кафедры ИНАСАН — Института физики, технологии и информационных систем, Московский педагогический университет. Адрес: 119435, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1/1. E-mail: solodikhina-mv@rudn.ru, mv.solodikhina@mpgu.su. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0725-601X> (контактное лицо для переписки)

Солодихина Анна Александровна — преподаватель Школы инноватики и предпринимательства, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». E-mail: asolodikhina@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6406-6832>

Аннотация

Критическое мышление считается важнейшим результатом университетского образования. Однако вопрос, как следует его развивать, является дискуссионным: имеются весьма противоречивые эмпирические данные об эффективности разных подходов к развитию критического мышления. Сравнение подходов затруднено тем, что в разных исследованиях различаются наборы диагностируемых навыков критического мышления, условия обучения и дисциплины, в процессе преподавания которых реализуются эти подходы. Поэтому для осуществления сравнительного исследования эффективности инфузионного, иммерсионного и смешанного подходов к развитию критического мышления была выбрана единая дисциплина — «Концепции современного естествознания», сформулированы различия между подходами, определившие общие и отличающиеся условия их реализации, создано локальное определение критического мышления для естествознания, на основании которого выделен единый набор диагностируемых навыков и разработан инструмент их оценивания. В исследовании, охватывающем 2019–2022 г., участвовали 619 студентов филологического факультета РУДН. Оптимальным оказался смешанный подход, при котором статистически значительно улучшились все группы навыков критического мышления. Инфузионный подход менее эффективен при формировании навыков принятия решений и формулирования умозаключений, а в остальном не уступает смешанному подходу. Иммерсионный подход наименее эффективен и затрагивает преимущественно группу навыков осмысления информации. Существенное влияние на результаты оказывает продолжительность формирования навыков критического мышления: воздействие, растянутое на два семестра, эффективнее, чем сжатое в один семестр. Разница в результатах между студентами 1-го и 2-го курса, возможно, объясняется кумулятивным характером когнитивного роста: обучение имеет отложенный эффект и существуют эпистемологические кризисы восприятия знаний.

Ключевые слова

высшее образование, концепции современного естествознания, математика, подходы к развитию критического мышления

Для цитирования Солодихина М.В., Солодихина А.А. (2023) Развитие критического мышления: сравнение трех дисциплинарных подходов. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*, № 4, сс. 207–240. <https://doi.org/10.17323/vo-2023-16706>

Developing Critical Thinking: A Comparison of Three Disciplinary Approaches

Maria Solodikhina, Anna Solodikhina

Maria V. Solodikhina — Candidate of Sciences in Pedagogy, Associate Professor of the Educational and Scientific Institute of Gravity and Cosmology of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University); Associate Professor of the Department of Space Physics (the Basic Department of the INASAN), Institute of Physics, Technology and Information Systems, Moscow State Pedagogical University. Address: 1/1 Malaya Pirogovskaya St., 119435 Moscow, Russian Federation. E-mail: mv.solodikhina@mpgu.su, solodikhina-mv@rudn.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0725-601X> (corresponding author)

Anna A. Solodikhina — Lecturer at the School of Innovation and Entrepreneurship, National Research University Higher School of Economics. E-mail: asolodikhina@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6406-6832>

Abstract Critical thinking is considered one of the most important results of university education. However, approaches to its development are controversial: there is very conflicting empirical data on the effectiveness of different approaches to the development of critical thinking.

Comparing approaches is difficult because different studies differ in the sets of critical thinking skills diagnosed, the learning conditions and the disciplines in which these approaches are implemented. Therefore, to carry out a comparative study of the effectiveness of infusion, immersion and mixed approaches to the development of critical thinking, a single discipline was chosen — “Concepts of modern natural science”, the differences between the approaches were formulated, which determined the general and different conditions for their implementation, a local definition of critical thinking for natural science was created, based on which identified a single set of diagnosable skills and developed a tool for their assessment. The study, covering 2019–2022, involved 619 students of the Faculty of Philology of RUDN University. The mixed approach turned out to be optimal; it statistically significantly improved all groups of critical thinking skills. The infusion approach is less effective in developing decision-making skills and formulating inferences, but in other respects is not inferior to the mixed approach. The immersion approach is the least effective and primarily affects the group of information comprehension skills. The duration of the formation of critical thinking skills has a significant impact on the results: an impact spread over two semesters is more effective than one compressed into one semester. The difference in results between first and second year students may be explained by the cumulative nature of cognitive growth: learning has a delayed effect and there are epistemological crises in the perception of knowledge.

Keywords higher education, concepts of modern natural science, mathematics, approaches to the development of critical thinking

For citing Razvitiye kriticheskogo myshleniya: sravnenie tryokh distsiplinarynykh podkhodov [Developing Critical Thinking: A Comparison of Three Disciplinary Approaches]. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no 4, pp. 207–240. <https://doi.org/10.17323/vo-2023-16706>

Критическое мышление (КМ) в XXI в. стало «самым желанным и ценным результатом получения университетского образования» [Tew, 2015. P. 5]. Однако, несмотря на десятилетия педагогических усилий, существенного улучшения КМ студентов не наблюдается [Bellaera et al., 2021; Leighton, Cui, Cutumisu, 2021; Bourn, 2018]. Возможно, невысокая в среднем успешность педагогического воздействия связана с тем, что из четырех выделенных Р. Эннисом подходов к развитию КМ (универсальный и три дисциплинарных — инфузионный, иммерсионный и смешанный) [Ennis, 1989] в мировой практике применяются преимущественно два: универсальный и иммерсионный, которые в метаанализе 117 эмпирических исследований определены соответственно как среднеэффективный и малоэффективный [Abrami et al., 2015].

Исследование семи метаанализов [Al-Ghadouni, 2022] привело к выводу о необходимости изменения организации дальнейших исследований. Дело в том, что в первичных сравнительных исследованиях, во-первых, сами подходы «крайне редко определяются четко» [Tiruneh, Cock, Elen, 2018], во-вторых, не учитываются различия условий реализации подходов и влияние специфики этих условий на результаты [Behar-Horenstein, Niu, 2011]. Например, в исследовании [Orhan, Çeviker Ay, 2023] навыки КМ старшеклассников при универсальном подходе формировались в рамках спецкурса (подход определен как наиболее эффективный), а при иммерсионном и смешанном подходах — в процессе изучения экологии (определены соответственно как среднеэффективный и малоэффективный подходы). А в исследовании [Tiruneh, Cock, Elen, 2018] навыки КМ у первокурсников университета при универсальном подходе развивались менее успешно, чем при инфузионном и иммерсионном подходах в процессе изучения физики и химии соответственно, причем эти подходы оказались примерно равноэффективными. Сравнить результаты подобных исследований сложно, поскольку они имели разную длительность, проводились на разных ступенях образования при изучении разных дисциплин, а в разных областях знаний одни и те же навыки КМ формируются по-разному [Niu, Behar-Horenstein, Garvan, 2013].

Корректное сравнение универсального и дисциплинарных подходов осложняется тем, что при универсальном подходе в отдельном спецкурсе у студентов формируются общие навыки КМ, а при остальных подходах — навыки КМ, присущие определенной области знаний. Поэтому имеет смысл сосредоточиться на сравнении трех дисциплинарных подходов. Такое сравнение актуально, поскольку в последние годы фокус интереса практиков сместился от универсального подхода в формировании КМ к дисциплинарным [Tiruneh, Cock, Elen, 2018] и растет число эмпирических данных о более высокой результативности дисциплинарных подходов по сравнению с универсальным [Daniel, Auriac, 2011].

При сравнении дисциплинарных подходов также возникают сложности: они обусловлены, в частности, использованием в разных исследованиях разных определений КМ. Сами определения, даже такие известные, как сформулированные Р. Эннисом («КМ — это рефлексивное и разумное мышление, которое сосредоточено на решении, во что верить или что делать» [Ennis, 2011. P. 10]) или Р. Полом («КМ — это искусство размышлять о мышлении интеллектуально организованным способом» [Paul, 2005. P. 28]) настолько «расплывчаты» [Ennis, 2011. P. 10] и «двусмысленны» [McPeck, 1981. P. 8], что любой учебный курс можно назвать курсом по развитию КМ [Scriven, Paul, 2008]. Из тех преподавателей, которые в ходе опроса утверждали, что на своих занятиях целенаправленно развивают КМ учащихся, лишь 19% смогли сформулировать, чему конкретно они учат, и лишь 9% действительно учили своих студентов критически мыслить [Palavan, 2020]. Поэтому авторы концепций КМ дополнили свои определения перечнями навыков, диспозиций, стратегий или умственных привычек.

Почти все авторы концепций КМ разработали свои тесты КМ. Например, концепции Д. Халперн соответствует *The Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA), концепции Р. Энниса — *The Ennis — Weir Critical Thinking Essay Test* (EWCTET) (совместная разработка с Э. Виером) и *The Cornell Critical Thinking Test* (CCTT), уровни X и Z (совместная разработка с Дж. Миллманом), Р. Пол с соавторами создал *The International Critical Thinking Essay Test* (ICTET), П. Фасионе — «калифорнийские» тесты: *The California Critical Thin*, *The California Critical Thinking*, *California Critical Thinking Skills Test* (CCTST), *California Critical Thinking Disposition Inventory* (в соавторстве с Н. Фасионе) и *The Test of Everyday Reasoning*.

Перечисленные тесты построены на основе универсальных определений и мало подходят для оценки дисциплинарных подходов. Применения же специфических многоаспектных тестов (для естественных наук можно выделить *CAAP Science*, *The Critical Thinking Assessment Test* (CAT), *Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning* (CTSR), *Biological CT exam*, *Critical Thinking in Electricity and Magnetism test in the domain of physics* (CTEM)) в обзорах сотен исследований [Al-Ghadouni, 2021; Abrami et al., 2015] не выявлено.

Каждый из преподавателей осуществляет педагогическое воздействие и диагностику в соответствии с какой-либо концепцией КМ [Bellaera et al., 2021; Bezanilla et al., 2019]. Например, преподаватели, считающие важнейшим навыком КМ способность работать с информацией, сосредоточены на развитии и оценивании навыков поиска, интерпретации, систематизации и классификации информации; преподаватели, акцентирующие внимание на способности вести дискуссию, преимущественно оценивают навыки конструирования, идентификации и оценивания аргумен-

тов, формулирования вопросов и поиска ответов на вопросы. При этом они фиксируют улучшение КМ в целом, хотя нельзя отрицать, что результативность разных подходов в формировании разных групп навыков КМ может различаться.

Таким образом, для разрешения непрекращающихся дискуссий о подходах к развитию КМ [Bellaera et al., 2021; Leighton, Cui, Cutumisu, 2021] и разработки эффективной обучающей среды следует собрать базу результатов эмпирических исследований, в которых для каждой ступени и уровня образования, для каждой предметной области проведено сравнение подходов в одинаковых условиях. Для осуществления таких первичных исследований важно сформулировать организационные, процессуальные и содержательные различия подходов, определение КМ и перечень навыков КМ для каждой области знания, изучить влияние на результаты длительности направленного воздействия и возраста обучающихся.

Цель данной работы состоит в сравнительном эмпирическом исследовании эффективности иммерсионного, инфузионного и смешанного подходов к развитию КМ в конкретных условиях обучения интегрированному естествознанию в университете. Для достижения этой цели необходимо ответить на следующие исследовательские вопросы:

- 1) каковы различия между подходами к развитию КМ в целеполагании, организации учебного процесса, содержании и средствах обучения;
- 2) какие условия характерны для каждого из подходов и должны различаться в эксперименте, а какие условия должны быть одинаковыми;
- 3) какой набор навыков КМ следует развивать в процессе обучения выбранной дисциплине;
- 4) с помощью какого инструмента и как эти навыки КМ следует оценивать;
- 5) каково влияние длительности обучающего воздействия и возраста студентов на результаты.

1. Сравнение подходов к развитию КМ

Чтобы процесс преподавания КМ не превратился в «метание стрел в цель, которой не видно» [Mulnix, 2012. Р. 464], важно понимать, каким конкретно навыкам КМ следует обучать студентов. Уже около полувека идет дискуссия о том, являются ли навыки КМ универсальными или зависят от области их применения.

Представление об универсальности навыков КМ проистекает из предположения, что в своей образцовой форме КМ основано на универсальных интеллектуальных ценностях, выходящих за рамки предметных различий [Scriven, Paul, 2008]. То есть КМ

должно «работать» одинаковым образом в науке, бизнесе, промышленности, сфере обслуживания и способствовать успешному решению бытовых, учебных и профессиональных задач [Davies, 2015]. Однако выделить для такого широкого спектра областей применения КМ единый набор навыков КМ и сформулировать единое универсальное определение КМ пока не удалось. Существует более сотни существенно различающихся определений КМ (например, на сайте *IGI Global*¹) и соответствующих им перечней навыков КМ (например, перечни Д. Хэлперн, Р. Энниса, Р. Пола, ассоциации *APA Delphi*) [Солодихина, 2022; Davies, 2015].

Представление о контекстуальной зависимости навыков КМ опирается на постулат о неразрывной связи процессов мышления с содержанием мышления и, соответственно, фундаментальной взаимосвязи КМ с владением тем контекстом, в котором оно применяется [McPeck, 1981]. Поскольку КМ в разных контекстах применяется уникальным образом, навыки КМ специфичны для каждой предметной области [Moore, 2013]. Причем навыки КМ с одним и тем же названием в разных контекстах могут различаться (например, владение навыком доказательства умозаключений в естествознании предполагает преимущественно проведение экспериментов, а в истории — поиск первоисточников) и не транслируются из одной области знания в другую (например, навык лингвистической интерпретации текстов мало применим для интерпретации схемы радиоактивного распада). Весьма ограниченные возможности переноса навыков КМ подтверждены эмпирически: лишь 19% студентов смогли транслировать свои навыки КМ из одной области знаний в другую [Willingham, 2007. P. 11]. Получается, что КМ в физике будет отличаться от КМ в лингвистике настолько же сильно, насколько различаются сами эти области знания. Поэтому для каждой области знания следует конструировать свое зависимое от контекста определение КМ и свой набор навыков КМ, которые могут иметь одинаковые названия, но будут отличаться функционалом.

Существует и консенсусная идея, согласно которой «навыки КМ существенно выходят за рамки конкретных предметов или дисциплин, но изучение и применение этих навыков в определенных контекстах требует знаний этого конкретного контекста» [Facione, 1990. P. 62]. В этом случае определение и набор навыков КМ тоже будут контекстно-зависимыми, однако дисциплинарная специфика подчеркивается существенно меньше.

На универсальном определении строится универсальный подход, на контекстно-зависимом — инфузионный и иммерсионный, на консенсусном — смешанный.

Подходы различаются по способу реализации. Универсальный подход к развитию КМ осуществляется в рамках специальной

¹ <https://www.igi-global.com/dictionary/critical-thinking/6233>

дисциплины «Критическое мышление» (или дисциплины с подобным названием). Введение специальной дисциплины, в которой только КМ и изучается, позволяет при формировании общих навыков КМ сосредоточиться на самих этих навыках [Gann, 2013]. Студенты учатся применять КМ вне специфики какой-либо определенной области знания [Moseley et al., 2005], поэтому используются задания с известным студентам контекстом из разных сфер возможного применения КМ: здравоохранения, образования, политики, социальных отношений.

Поскольку навыки КМ контекстуально чувствительны и применение КМ в разных областях знаний имеет свою специфику, обучение навыкам КМ эффективно только тогда, когда оно интегрировано в обучение конкретным предметным навыкам [Behar-Horenstein, Niu, 2011]. Поэтому при дисциплинарных подходах к развитию КМ студенты одновременно осваивают учебный материал какой-либо дисциплины и обучаются применению КМ в контексте задач этой дисциплины [Orhan, Çeviker Ay, 2023], например, решая проблемные ситуации с опорой на знания и навыки, относящиеся к этой дисциплине [Tiruneh, De Cock, Elen, 2018].

Соответственно, при универсальном подходе развитие КМ в процессе изучения спецкурса «Критическое мышление» является основной целью обучения. При смешанном и инфузионном подходах цели развития КМ и освоения предмета равнозначны: целенаправленное применение навыков КМ помогает глубже постигать соответствующую область знаний, а предметное содержание курса служит тренажером для совершенствования навыков КМ. В универсальном, смешанном и инфузионном подходах цель развития КМ обозначена явно, ей отвечают содержание, методы и средства обучения, студентам сообщают, что их учат мыслить критически. Зная цель обучения, студенты осознанно относятся к формированию навыков КМ и легче их транслируют на другие области знания [Davies, 2015; Halpern, 2014].

В основе иммерсионного подхода лежит предположение, что навыки КМ развиваются автоматически при обучении предметной области посредством таких приемов, как обсуждение, работа в парах, групповая работа и решение проблем [Gann, 2013]. Студенты обычно не осознают, что их учат мыслить критически, а формирование навыков КМ происходит естественно по мере приобретения студентами предметных знаний как «побочный» продукт осознанного погружения в предметную область, поскольку «хорошее владение умственным процессом в области изучаемой дисциплины гарантирует наличие навыков КМ» [Garavito, Rodríguez, 2019. P. 181]. Иммерсионный подход является самым распространенным [Al-Ghadouni, 2021].

Однако далеко не всякое обучение какой-либо дисциплине без объявленной цели развития КМ можно считать реализацией

иммерсионного подхода. Например, отрицательно влияет на развитие КМ обучение на основе запоминания [Hamouda, Tarlochan, 2014; Paul, Elder, Bartell, 1997]. При отсутствии специально организованного воздействия обучение предметным знаниям практически не влияет на уровень КМ [Reed, 1998], и корреляция между образовательным уровнем и уровнем развития КМ не обнаруживается [Соснина, Старостина, 2019].

Цели обучения определяют содержание обучения. При универсальном подходе содержанием спецкурса становятся сами навыки КМ [Orhan, Çeviker, 2023] и теории, помогающие осознанному их формированию: история философской мысли, риторика, логика, методология науки, теория принятия решений, элементы теории вероятности и математической статистики, теория аргументации и т.п. Универсальный подход в ряде стран введен в состав требований стандарта высшего образования [McClure, 2007] и поэтому является самым проработанным из четырех подходов [Sedaghat, Rahmani, 2011]. В рамках этого подхода созданы прошедшие неоднократную апробацию учебники, учебные и методические пособия, наборы заданий, тесты. Универсальный подход реализуется в некоторых российских университетах [Корешникова, Фрумин, Пащенко, 2021], хотя его внедрение затруднено из-за насыщенности учебных программ: выделить контактные часы на дополнительный курс можно только за счет изъятия часов у других дисциплин, поскольку общий объем учебной нагрузки студента не может превышать 54 академических часов в неделю².

При инфузионном и смешанном подходах целенаправленное развитие КМ осуществляется в процессе глубокого, вдумчивого, осознанного предметного обучения, в котором студентам предлагается критически размышлять над вопросами предметного содержания [Ennis, 1989]. КМ рассматривается как неотъемлемая часть предметного обучения. Перед преподавателем стоят две задачи: развить у студентов предметные компетенции и навыки КМ. Студентам показывают, когда и как следует применять каждый из навыков в контексте данной области знания. Например, навык оценки силы аргумента и его приемлемости в естествознании в первую очередь связан с пониманием разницы между качественными и количественными экспериментами, умозрительными и реальными опытами, оценочными суждениями и математически строгими расчетами, причем цитирование научных авторитетов в позициях, не подкрепленных строго построенной теорией и экспериментальными данными, сильным аргументом не является. Однако только некоторые умозаключения в гуманитарных науках и творческих областях деятельности возможно аргументировать путем проведения экспериментов и математических расчетов.

² Постановление Правительства России № 71 от 14.02.2008.

Инфузионный подход отличается от смешанного тем, что в учебную программу дисциплины не включаются теории КМ [Vailin et al., 1999]. То есть при смешанном подходе практическая линия дисциплины такая же, как при инфузионном, а теоретическая линия дополняется теориями, изучаемыми при универсальном подходе (рис. 1). На практике расширение теоретической линии осуществляется либо введением дополнительных часов в дисциплину, либо переносом части теорий, важных для развития КМ, в смежную дисциплину. Например, для естествознания смежной дисциплиной может служить математика, в которой с позиций КМ рассматриваются логика, теория принятия решений, элементы теории вероятности и математической статистики, теория аргументации. В обеих дисциплинах подробно анализировалась методология науки и заострялось внимание студентов на риторических приемах и уловках, особенностях некоторых периодов развития философской мысли. Смешанный подход применяется реже остальных. Публикаций о результатах внедрения смешанного подхода к развитию КМ в российских условиях нам найти не удалось.

Рис. 1. Подходы к развитию критического мышления и авторская трактовка способов их реализации в зависимости от типа определения критического мышления

Тип определения	Подход	Способ реализации подхода	Теоретическая линия дисциплины	Практическая линия дисциплины
Универсальное	Универсальный	Отдельный спецкурс	Теории, важные для развития КМ	Задания-тренажеры навыков КМ с общеизвестным содержанием
	Смешанный	Изменение дисциплины или блока дисциплин	Контент дисциплины + элементы контента спецкурса + информация о КМ в дисциплине	Задания-тренажеры навыков КМ с дисциплинарным содержанием
Контекстно-зависимое	Инфузионный	Изменение дисциплины	Контент дисциплины + информация о КМ в дисциплине	Задания-тренажеры навыков КМ с дисциплинарным содержанием
	Иммерсионный	Изменения в содержание дисциплины не вносятся	Дисциплинарный контент	Задания с дисциплинарным содержанием с акцентом на понимание, а не на запоминание

При иммерсионном подходе в содержание курса не вводится никаких изменений, направленных на развитие КМ. Решающее значение для успеха формирования у студентов КМ при таком подходе имеет личность преподавателя: выявлена зависимость уровня КМ обучающихся от уровня КМ преподавателя [Palavan, 2020], а также от наличия у него предметно-логической и организационной компетенций [Корешникова, Фрумин, 2020]. Такие преподаватели, как правило, стремятся добиться осознанного освоения студентами материала курса и подбирают эффективные методи-

ческие приемы и средства обучения, информацией о которых делаются с коллегами на конференциях типа «Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам»³.

На рис. 1 представлены способы развития КМ, характерные для разных подходов к определению КМ. Видно, какие условия специфичны для того или иного подхода, а какие одинаковы для разных подходов. В частности, для дисциплинарных подходов одинаковыми должны быть контент дисциплины и набор навыков КМ.

2. Материалы и методы

2.1. Учебная дисциплина

Для проведения сравнительного исследования эффективности развития КМ с помощью разных подходов выбрана дисциплина «Концепции современного естествознания» (КСЕ). Выбирая именно интегрированное естествознание, мы исходили из того, что «вся наука — это усовершенствование повседневного мышления» [Einstein, 2003. P. 23] и преподавать ее следует как способ мышления [Reed, 1998]. Центром интеграции содержания курса КСЕ является научный метод, который одновременно выступает «формализацией КМ» [Adams, 2000]. При этом в интегрированной дисциплине изучение природных явлений предполагает комплексное применение знаний из нескольких научных областей — а значит, формирование многоаспектного взгляда на объект изучения и применения КМ. Наконец, объявление КМ в качестве цели обучения усиливает мотивацию студентов-гуманитариев к изучению непрофильного естествознания.

В качестве дополнительной дисциплины, в курсе которой на рассмотрение были вынесены некоторые важные для развития КМ теории, выбрана математика.

Для интегрированного естествознания сконструировано контекстно-зависимое определение КМ и выбран набор навыков КМ. Алгоритм конструирования определения включал следующие этапы:

- 1) проведен анализ существующих определений КМ и соответствующих им наборов навыков КМ, разработанных Р. Поллом и Л. Элдер [Paul, Elder, 2008], Дж. Курфисом [Kurfiss, 1988], М. Липманом [Lipman, 2003], Р. Джонсоном [Johnson, 1992], М. Дэвисом [Davies, 2015], Р. Эннисом [Ennis, 2011], Д. Халперн [Halpern, 2014], П. Фасионе [Facione, 1990] и др.;
- 2) выделены виды мышления, через которые эти исследователи определяли КМ, составлен объединенный набор навыков КМ;

³ <http://elar.uspu.ru/bitstream/uspu/10734/1/konf000313.pdf>

- 3) на основе анализа работ практиков, развивающих КМ в процессе преподавания естественных наук, и представления об естествознании не только как о системе знаний, но и как о средстве познания Вселенной и инструменте исследований, в качестве критерия отбора элементов контекстно-зависимого определения выбран научный метод;
- 4) каждый из выделенных видов мышления и каждый из навыков КМ проанализирован с точки зрения его необходимости для осуществления научного метода.

Результатом стало следующее определение: в естественных науках КМ представляет собой «симбиоз логического, рефлексивного, рационального, метакогнитивного и творческого видов мышления, позволяющий находить, анализировать, интерпретировать, систематизировать, объяснять, оценивать научную информацию, полученную из наблюдений, опыта и размышлений, выдвигать и проверять гипотезы, создавать логически стройную систему суждений для объяснения известных фактов и предсказания новых, проявляющийся в способности использовать научный метод для достижения желаемых результатов» [Солодихина, 2022. Р. 89].

Выделенный в этом контекстно-зависимом определении набор необходимых для реализации естественнонаучного метода навыков КМ, которые следует формировать в процессе обучения естествознанию, представлен на рис. 2 разделенным на три уровня: нижний — навыки осмысления информации, средний — навыки аргументации, верхний — навыки принятия решений. На каждом уровне находится по две-три группы навыков КМ, итого восемь групп. В процессе изучения курса КСЕ студенты учатся применять навыки КМ к естественнонаучным проблемным ситуациям, таким, например, как выяснение, от чего зависит частота колебаний люстры в соборе Пизы, за которой в свое время наблюдал Г. Галилей. Для поиска ответа на этот вопрос студенту требуется выдвинуть гипотезы, построить модель маятника, организовать экспериментальную проверку гипотез на качественном и количественном уровнях, сформулировать выводы и изучить следствия, которые оказались чрезвычайно важными для становления современного естествознания.

Для развития выделенных навыков КМ разработаны задания практической линии курса (кейс-практикум, эксперименты, исследовательский проект), которые имеют естественнонаучное содержание и включены в состав курса КСЕ, трансформированного под цели развития КМ [Солодихина, 2023]. Из трех возможных стратегий — последовательного (сначала давать знания в предметной области, а потом учить применять КМ к решению проблем данной области), параллельного (теоретические основы КМ и

Рис. 2. Таксономия навыков критического мышления, формируемых при изучении естественнонаучных (ЕН) дисциплин

3. Решение проблемы	Принятие решений	Принятие решения по ЕН ситуации с учетом последствий
		Ревизия своих решений, знаний, умозаключений
		Применение законов вероятности и статистики к исследованию ЕН ситуаций
	Формулирование суждений/умозаключений	Формулирование выводов и суждений
		Признание ошибок, пересмотр суждений и стереотипов
		Выявление альтернативных объяснений, многополярный взгляд
	Выдвижение и проверка гипотез	Планирование и проведение ЕН экспериментов
		Генерирование гипотез и идей
		Моделирование ЕН ситуаций
2. Аргументация	Оценка	Оценка силы аргумента и его приемлемости
		Оценка достоверности ЕН информации и ее источника
	Анализ и синтез	Идентификация и анализ аргументов
		Различение мнений, обоснованных суждений, фактов о ЕН ситуации
		Установление причинно-следственных связей
	Объяснение	Аргументированное изложение информации
		Конструирование аргументов для объяснения ЕН ситуации
		Использование/применение ЕН информации
	1. Осмысление	Интерпретация
Интерпретация ЕН информации		
Выявление смысла формул, графиков, схем и т.п.		
Постановка вопросов о ЕН ситуации		
Поиск информации		Сбор научных данных
		Поиск источников и информации о ЕН ситуации

предметной области давать по отдельности, а на практике использовать задания — тренажеры КМ с предметным содержанием) и взаимосвязанного обучения (сразу при формировании системы предметных знаний учить думать о них критически, а потом закреплять навыки КМ в практической линии) — выбрана последняя стратегия.

Стратегия взаимосвязанного обучения соответствует вызовам информационной эпохи и модели свободного образования [Куренной, 2020]: стремительная смена, колоссальный объем и легкая доступность информации требуют навыков ее критической обработки (анализа, систематизации, оценки на достоверность, наличие фейков и манипуляций) и усвоения с помощью самообучения, а замена когнитивно рутинного труда техническими устройствами и искусственным интеллектом снижает востребованность людей, не способных быстро творчески перерабатывать информацию и на ее основе решать проблемы, создавать новые

знания, новые или усовершенствованные продукты, услуги, технику и технологии [Beer de, Mathee, 2021; Dwyer, Hogan, Steward, 2014; Rossi et al., 2021; Sousa, Vieira, 2021; Fung, Liang, 2019].

2.2. Участники В исследовании приняли участие 619 студентов филологического факультета РУДН трех направлений подготовки: «филология» (Ф), «телевидение» (Т), «реклама и связи с общественностью» (Р). В зависимости от года поступления они были разделены на девять учебных потоков. При обучении потоков Ф1, Т1, Р1 применялся иммерсионный подход, при обучении потоков Ф2, Т2, Р2 — инфузионный подход, Ф3, Т3, Р3 — смешанный (табл. 1). Возраст студентов — от 17 до 43 лет (лица старше 24 лет представляют единичные случаи), в среднем — 18,8 года на начало обучения.

Таблица 1. **Распределение и наименование экспериментальных потоков**

Направление	Иммерсионный	Инфузионный	Смешанный
Филология	Ф1 , 31 студент 2-го курса, 2019/2020 учебный год	Ф2 , 83 студента 2-го курса, 2020/2021 учебный год	Ф3 , 84 студента 2-го курса, 2021/2022 учебный год
Телевидение	Т1 , 34 студента 1-го курса, осень 2020 г.	Т2 , 36 студентов 1-го курса, осень 2021 г.	Т3 , 62 студента 1-го курса, осень 2022 г.
Реклама и связи с общественностью	Р1 , 66 студентов 1-го курса, 2019/2020 учебный год	Р2 , 68 студентов 1-го курса, 2020/2021 учебный год	Р3 , 155 студентов 1-го курса, 2021/2022 учебный год

Студенты направлений «филология» и «реклама и связи с общественностью» изучали математику и курс КСЕ последовательно (в осеннем семестре математику, в весеннем семестре — КСЕ), студенты направления «телевидение» изучали данные дисциплины параллельно в одном семестре. В исследовании учитывались результаты только тех студентов, которые успешно завершили изучение полного курса обеих дисциплин (не учитывались отчисленные в процессе обучения, ушедшие в академический отпуск или вышедшие из академического отпуска, переведенные в процессе обучения из других вузов и т.п.) и написали оба теста КМ (начальный и контрольный, а поток Т3 — и отложенный).

Наличие девяти потоков позволило не только эмпирически сравнить эффективность трех подходов к развитию КМ для студентов трех направлений подготовки, но и проверить две гипотезы: о влиянии длительности эксперимента на КМ при прочих равных условиях, включая одинаковое число учебных часов (сравнение потоков Т, в которых измерялось изменение КМ за семестр, с потоками Р, в которых измерялось изменение КМ за два семестра), и о значимости возраста студентов (сравнение потоков Ф,

в которых респонденты обучались на 2-м курсе, с потоками Р, студенты которых были первокурсниками).

2.3. Организация В каждом потоке начальное тестирование студенты проходили после первого занятия по математике, а контрольное — после последнего занятия по курсу КСЕ.

Одинаковые условия эксперимента для всех потоков обеспечивались выполнением следующих условий:

- единые рабочие программы по естественнонаучным и математическим дисциплинам, включая 51 час аудиторных занятий по математике и 34 часа аудиторных занятий по КСЕ;
- единая теоретическая линия (учебник, дополнительные материалы, презентации всех лекций, кроме вводной, теоретические тесты, опросы) электронного курса КСЕ, который поддерживал очные занятия;
- одинаковые задания практической линии курса «математика», включая задания разделов «логика», «теория вероятностей», «математическая статистика», «математическое моделирование» и дополнительного раздела «элементы теории принятия решений»; часть заданий каждого раздела имела естественнонаучное содержание, подготавливающее к освоению КСЕ;
- единый подход к изложению материала, построенный на стремлении научить студентов думать об учебной информации не как об абсолютных знаниях, а как об историческом процессе получения этих знаний в следовании научному методу с ошибками и заблуждениями, который не прерывается и в котором «старые знания» входят в состав новых более общих теорий, для чего обсуждаются различные гипотезы и точки зрения, отмечаются ограничения теорий и законов, рассматривается смена научных парадигм;
- акцент на научный метод и методологию научного познания (как получают знания и как работает научное сообщество);
- одни и те же инструменты диагностики КМ;
- один и тот же оценщик тестов.

В целях сравнения эффективности разных подходов к формированию КМ в прохождении студентами курсов математики и КСЕ введены следующие различающиеся условия:

- при иммерсионном подходе содержание курсов математики и КСЕ было только дисциплинарным, теоретические основы КМ не рассматривались, термин «критическое мышление» не упоминался, целенаправленное развитие навыков КМ не велось; на семинарах КСЕ обсуждались научные публикации и доклады студентов, соответствующие тематике лекций;

- при инфузионном подходе содержание курса математики было таким же, как при иммерсионном подходе. Теоретическая линия курса КСЕ отличалась содержанием вводной лекции, в которой студентам объявлялась цель — развитие КМ, обосновывалась значимость КМ для изучения естествознания и формирования мировоззрения, научный метод демонстрировался как формализация КМ, приводились примеры влияния предварительных знаний и стереотипных представлений на то, что люди запоминают. Практическая линия курса разработана специально для проведения исследования и состояла из естественнонаучного кейс-практикума и проекта, который в форме видеоролика студенты презентовали на конференции. Важную для развития КМ теоретическую информацию преподаватель доносил до студентов при изучении практической линии на конкретных примерах заданий кейсов, эта информация включала элементы теории аргументации, теории вероятности, риторики, теории принятия решения, методологии науки, примеры иллюзий мышления (внимания, памяти, восприятия, искажения источника информации);
- при смешанном подходе важная для развития КМ теоретическая информация не только сообщалась студентам при рассмотрении заданий кейсов, но и была внесена в теоретическую линию курса математики, а именно: более глубоко и с упоминанием их значимости для развития КМ рассматривались теория вероятности и математической статистики, при изучении логики сделан акцент на способы правильных рассуждений, доказательства по индукции, дедуктивный вывод умозаключений, установление причинно-следственных связей, выявление следствий, идентификацию и анализ аргументов (разделы «логика», «теория вероятности», «статистика» рассматривались при всех трех подходах); курс был дополнен элементами теории принятия решений, включая алгоритм принятия решений, виды ошибок, оценку последствий, поиск альтернатив, методы прогнозирования. Студенты дополнительно реализовывали творческий видеопроjekt по математике. При выполнении заданий кейсов внимание студентов акцентировалось на применимости конкретных навыков КМ не только при решении естественнонаучных задач, но и при обсуждении проблем гуманитарных наук (с примерами).

2.4. Инструмент оценивания

Поскольку тестов, соответствующих дисциплинарному подходу к развитию КМ при преподавании естествознания в университете, очень мало, они не русифицированы и в большинстве своем платные, а русскоязычные тесты отсутствуют [Тарасова, Орел, 2022], для оценивания восьми групп выделенных навыков КМ (рис. 2)

специально создан тест с естественнонаучным и математическим содержанием. Он имеет варианты для начального, контрольного и отложенного тестирований. Начальный вариант встроен во вводную тему курса математики, контрольный — в завершающий раздел курса КСЕ. Отложенное тестирование осуществлялось только для потока ТЗ в конце второго семестра обучения.

При конструировании теста использовались рекомендации Ассоциации американских колледжей и университетов, созданные по инициативе *Valid Assessment of Learning in Undergraduate Education*⁴ для преподавателей, заинтересованных в конструировании собственных инструментов оценивания КМ на дисциплинарном контенте с учетом местных потребностей. По структуре тест подобен *The Ennis — Weir Critical Thinking Essay Test (EWCTET)*⁵, он включает текст и вопросы к нему. Но результатом выполнения является не написание эссе, в котором нужно оценить имеющиеся аргументы, а, как в первой части теста *Collegiate Learning Assessment (CLA+)*, решение проблемы с опорой на информацию из прилагающихся источников. Каждый тест содержит общие инструкции, 24 задания (72–78 вопросов) для оценки всех выделенных на рис. 2 навыков КМ и справочные материалы. На выполнение теста отводится три часа.

Пример начального теста: требуется выбрать метод подъема крейсера «Дмитрий Донской» со дна Японского моря. Предлагаются два варианта: метод барботажа (патент № 2219094) и криогенный метод (патент № 2210519). В обоих случаях вокруг сильно поврежденного корпуса крейсера создается ледяная капсула, но способы замораживания различаются. Кейс содержит фотографии и характеристики крейсера до Цусимского сражения, описание его повреждений во время сражения, фотографии южнокорейских поисковиков-подводников, информацию о возможностях водолазов и подводных роботов (крейсер находится на глубине 434 м) и характеристиках воды (соленость, плотность, температура) в разных точках и на разных глубинах Японского моря; тексты патентов, различные физические схемы, таблицы, графики (данные о плотностях стали и древесины при разных температурах; график зависимости температуры замерзания воды от солёности, схемы замораживания соленой, солоноватой и пресной воды и т.п.), а также материалы для экспериментов по замораживанию воды указанными методами.

Пример контрольного теста: написать рецензию на фильм «Ангелы и демоны», в которой должны быть освещены вопросы создания, переноса и аннигиляции четверти грамма антивещества (соответствующие фрагменты фильма прилагаются). Спра-

⁴ <https://www.aacu.org/initiatives/value-initiative/assignment-design-and-diagnostic-tool>

⁵ <http://evolkov.net/critic.think/tests/Ennis-Weir.Critic.Think.Essay.Test.pdf>

вочные материалы содержат информацию о характеристиках частиц и античастиц, уравнения аннигиляции, формулы расчета энергии, данные для определения времени и стоимости создания и хранения антиматерии в лабораториях Ферми и ЦЕРНа, таблицы, фотографии, симулятор NUKEMAP, ссылку на игровой сайт oscteam.com/index.php, где можно «создать» коллайдер и «провести столкновения частиц», а также созданный в ЦЕРН фильм-отклик на «Ангелы и демоны». Второй вариант контрольного теста (для отложенной оценки навыков КМ) аналогичен: требуется написать рецензию на фильм «Гравитация» с обсуждением продемонстрированных физических эффектов.

Вопросы для оценки одних и тех же навыков КМ в начальном и контрольном тестах подобны. Например, для оценки способности оценивать достоверность высказываний в начальном тесте предлагается прокомментировать корректность выражения «Вода намораживается на корпус корабля только со стороны подачи сжатого воздуха и только тогда, когда температура сжатого воздуха ниже температуры кристаллизации воды», а в контрольном — выражения «Героиня книги Виттория Ветро говорит: “Антиматерия полностью идентично нашему, за исключением того, что все частицы в нем имеют противоположный заряд”». Предполагается, что студенты сделают выводы, проведя эксперимент с замораживанием воды сжатым воздухом из баллончика и изучив таблицы из справочных материалов (табл. 2).

Таблица 2. Характеристики частиц и античастиц. Рисунок из кейса «Антиматерия», который используется для контрольного тестирования студентов

Характеристика	Электрон, e^-	Позитрон, e^+	Протон, p	Антипротон, \bar{p}	Фотон, γ	Антифотон, $\bar{\gamma}$	Нейтрон, n	Антинейтрон, \bar{n}	Нейтрино, ν	Антинейтрино, $\bar{\nu}$
Масса m_0 , кг	$9,109 \cdot 10^{-31}$		$1,673 \cdot 10^{-27}$		Зависит от частоты		$1,675 \cdot 10^{-27}$		Ненулевая	
Масса (энергия покоя) m_0c^2 , МэВ	0,511		938,27		0		939,565		< 0,28	
Спин, \hbar	$1/2$		$1/2$		1		$1/2$		$1/2$	
Электрический заряд	$-e$	$+e$	$+e$	$-e$	0	0	0	0	0	0
Барионное число	0	0	+1	-1	0	0	+1	-1	0	0
Лептонное число	+1	-1	0	0	0	0	0	0	+1	-1
Изоспин	0		$1/2$		0		$1/2$		$1/2$	
Проекция изоспина			$+1/2$	$-1/2$			$-1/2$	$+1/2$	$+1/2$	$-1/2$
Магнитный момент, μ_N	-1	+1	+2,79	-2,79	0	0	-1,91	+1,91	< 10^{-10}	
Время жизни, с	∞		∞		Стабилен		885,7±0,8		Стабилен	

Навык конструирования аргументов для объяснения естественных явлений оценивался с помощью заданий типа «Вы скажите аргументированные предположения, какие трудности могут возникнуть при подъеме крейсера “Дмитрий Донской”» или «Какие основные проблемы необходимо решить, чтобы создать портативный контейнер для переноса четверти грамма позитронов».

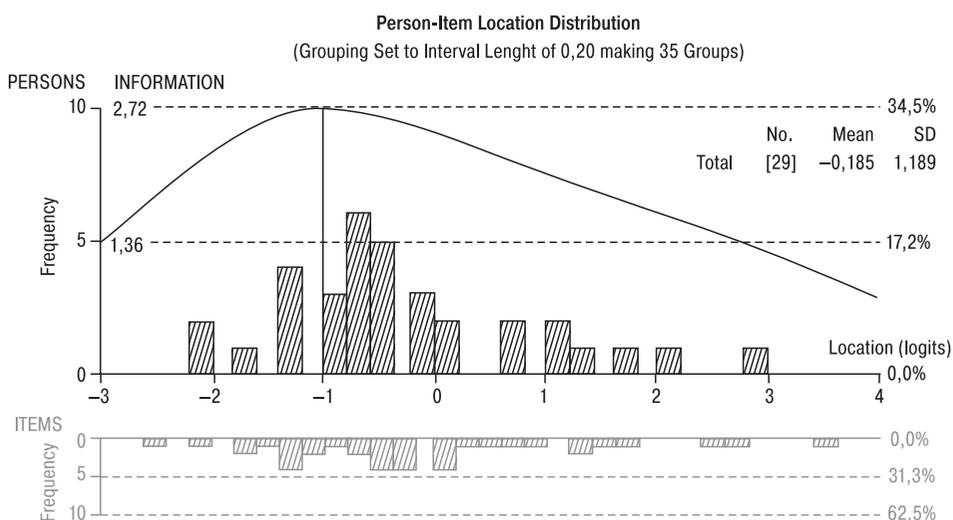
Навык реверсии своих знаний оценивался с помощью заданий типа «Оцените, какие знания у вас есть, а какие нужно приобрести, чтобы разобраться в технологии подъема корабля криометодом (используя патент № 2210519)» или «Оцените, какие знания у вас есть, а какие нужно приобрести, чтобы разобраться в технологии получения позитронов в коллайдере».

Для разных вариантов теста якорными были вопросы, связанные со способностью 1) найти на графиках определенные данные; 2) спланировать и провести опыт по проверке гипотезы (опыты фиксируются на видео, оборудованием студенты обеспечиваются); 3) рассчитать энергию при наличии в справочных материалах формул и всех необходимых данных о параметрах, входящих в эти формулы. Сложность якорных заданий подбиралась с помощью программы RUMM-2020 (построенной на модели Раша) таким образом, чтобы первое и второе задания располагались на концах, а третье задание — примерно в центре метрической шкалы трудности теста.

Валидность и надежность созданного инструмента оценивались в 2017–2019 гг. в магистратуре «Современное естествознание» МПГУ: студенты каждого нового набора в первом семестре выполняли почти одновременно (*parallel-form reliability*) русифицированный EWCTET и варианты созданного теста. Проводилась экспертная оценка навыков КМ каждого студента. Механизм изучения характеристик тестов и кейсов описан в нескольких работах авторов (например, [Solodikhina, Solodikhina, 2021]).

По результатам оценивания новые тесты корректировались: 1) исключались задания со слишком высокой, слишком низкой и обратной дифференцирующей способностью (характеристические кривые каждого задания строились с помощью программы RUMM-2020); 2) подбирался уровень трудности заданий на оценку каждой группы навыков КМ таким образом, чтобы они в совокупности более-менее равномерно покрывали диапазон от -3 до $+3$ логит-уровней подготовленности испытуемых (рис. 3); 3) корректировались отдельные задания на аргументацию, результаты которых отличались от результатов аналогичных заданий EWCTET. В итоге после коррекции индивидуальные суммарные результаты выполнения вариантов созданного теста студентами магистратур

Рис. 3. Пример анализа заданий теста на оценку группы навыков аргументации с помощью программы RUMM-2020



«Современное естествознание» и «Астрокосмическое образование» МПГУ показали среднюю и высокую корреляцию с их же суммарными баллами ЕВСТЕТ (0,63 и 0,75).

В качестве образца для разработки критериев оценивания использовалась инструкция для экспертов теста ЕВСТЕТ. Для каждого вопроса сформулирован правильный ответ и указано, сколько первичных баллов в каком случае следует ставить. Например, при оценивании достоверности высказывания В. Ветро следовало отметить две ошибки: 1) антивещество не полностью идентично веществу, поскольку у частицы и античастицы могут различаться знаки барионного или лептонного чисел, магнитного момента, проекции изоспина; 2) не все частицы и античастицы имеют противоположный заряд, так как существуют незаряженные пары «частица — античастица» (например, нейтрон и антинейтрон). Эти выводы полностью следуют из сведений, приведенных в справочных материалах (табл. 2). Полный ответ с аргументацией оценивался в 4 первичных балла, каждый правильный ответ без аргументации — в 1 балл, с аргументацией — в 2 балла. Полученные первичные баллы вносились в таблицу *Excel* с заданными весовыми коэффициентами всех заданий. Балл за каждый навык КМ высчитывался отдельно по всей совокупности заданий на оценку этого навыка (от двух до пяти заданий). Результат делился на максимально возможный балл, т.е. каждый студент получал за каждый навык КМ от 0 до 1 балла. Потом рассчитывался средний балл по всему потоку студентов по каждому навыку КМ (табл. 3).

Таблица 3. Средние тестовые баллы студентов по каждой группе навыков КМ

Группы навыков КМ	Средние баллы начального, контрольного и отложенного (только для Т3) тестирований																		
	Иммерсионный подход						Инфузионный подход						Смешанный						
	Ф1		Т1		Р1		Ф2		Т2		Р2		Ф3		Т3		Р3		
	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	отл.	нач.	кон.
Поиск информации	0,63	0,74	0,6	0,72	0,61	0,72	0,57	0,75	0,53	0,75	0,5	0,52	0,72	0,78	0,57	0,59	0,68	0,51	0,73
Интерпретация информации	0,74	0,83	0,63	0,62	0,57	0,69	0,69	0,8	0,69	0,71	0,63	0,58	0,67	0,63	0,63	0,56	0,62	0,64	0,79
Объяснение	0,48	0,61	0,38	0,56	0,36	0,44	0,48	0,48	0,4	0,61	0,39	0,68	0,49	0,8	0,41	0,38	0,4	0,38	0,6
Оценка	0,47	0,59	0,41	0,56	0,39	0,48	0,41	0,66	0,41	0,37	0,41	0,79	0,45	0,58	0,37	0,78	0,7	0,41	0,58
Анализ и синтез	0,44	0,59	0,41	0,54	0,4	0,49	0,49	0,64	0,41	0,57	0,41	0,56	0,46	0,62	0,41	0,57	0,53	0,40	0,56
Выдвижение и проверка гипотез	0,35	0,39	0,27	0,35	0,29	0,35	0,43	0,59	0,3	0,5	0,23	0,43	0,41	0,54	0,22	0,51	0,53	0,31	0,47
Формулирование умозаключений	0,39	0,52	0,36	0,45	0,35	0,44	0,47	0,4	0,45	0,61	0,31	0,54	0,44	0,59	0,28	0,44	0,46	0,37	0,61
Принятие решений	0,31	0,33	0,3	0,43	0,26	0,3	0,36	0,58	0,4	0,45	0,3	0,34	0,3	0,47	0,35	0,42	0,43	0,26	0,5
Среднее	0,48	0,58	0,42	0,52	0,4	0,49	0,49	0,61	0,45	0,57	0,4	0,56	0,49	0,63	0,41	0,53	0,54	0,41	0,61
$t_{эмп}$	1,4		1,7		1,5		2,4		2		2,7		2,5		2; 2,2		3,3		

2.5. Ограничения исследования

Исследование носит квазиэкспериментальный характер. В эксперименте отсутствует контрольная группа, поскольку с момента создания в РУДН курса КСЕ процесс обучения ориентировался на развитие естественнонаучного мышления студентов, т.е. осуществлялся иммерсионный подход. Не проводилась предварительная процедура уравнивания групп. К участию в экспериментах привлекался весь контингент учащихся каждого года поступления на данное направление, но учитывались результаты только тех студентов, кто выполнил начальный и контрольный тесты КМ и полностью освоил курсы математики и КСЕ, поэтому численность студентов на разных потоках существенно различалась.

С группами работали четыре преподавателя. В некоторых случаях и математику, и КСЕ в потоке вел один и тот же преподаватель, в некоторых случаях разные. Все преподаватели имели степень кандидата наук и опыт преподавания КСЕ в вузе. Преподавателей объединяли схожие взгляды на КМ, применение одних и тех же методов и средств обучения и контроля. Тестирования проводили разные преподаватели, но результаты начального, контрольного и отложенного тестирований передавались одному и тому же оценщику.

В эксперименте не контролировались факторы, выходящие за рамки курсов математики и КСЕ: обучение другим дисциплинам, внеучебный опыт, взросление, адаптация к другому уровню образования при переходе от школьного обучения к вузовскому. Не исключено, что эти факторы могли повлиять на изменения КМ студентов.

Ограничением всех дисциплинарных подходов к развитию КМ является влияние на результаты оценивания КМ уровня подготовки испытуемых по дисциплине.

3. Результаты

Результаты измерения восьми групп навыков КМ приведены в табл. 3. Для каждого столбца проверена гипотеза о нормальном распределении по критерию согласия Пирсона: выявлено, что во всех случаях нет оснований отвергать гипотезу о нормальном законе распределения, средние значения везде примерно равны моде и медиане, т.е. можно говорить о нормальном распределении всех выборок⁶. Далее использовался двухвыборочный t -критерий для независимых выборок.

Попарное сравнение результатов начального тестирования групп навыков КМ в потоках Ф1, Ф2, Ф3, Т1, Т2, Т3, Р1, Р2, Р3 показало, что все эти потоки изначально относились к одной генеральной совокупности, т.е. начальный уровень развития навыков КМ у студентов всех потоков в среднем был статистически одинаков (рис. 4, где все $t_{\text{эмп}} \leq 2,14$ для доверительной вероятности $p \leq 0,05$), хотя баллы филологов выше (среднее около 0,49 против 0,42 у остальных потоков), вероятно, потому, что потоки Ф1, Ф2, Ф3 составляют студенты 2-го курса, а остальные потоки — студенты 1-го курса.

Рис. 4. Величины эмпирического значения t -критерия Стьюдента при сравнении результатов начального тестирования всех потоков

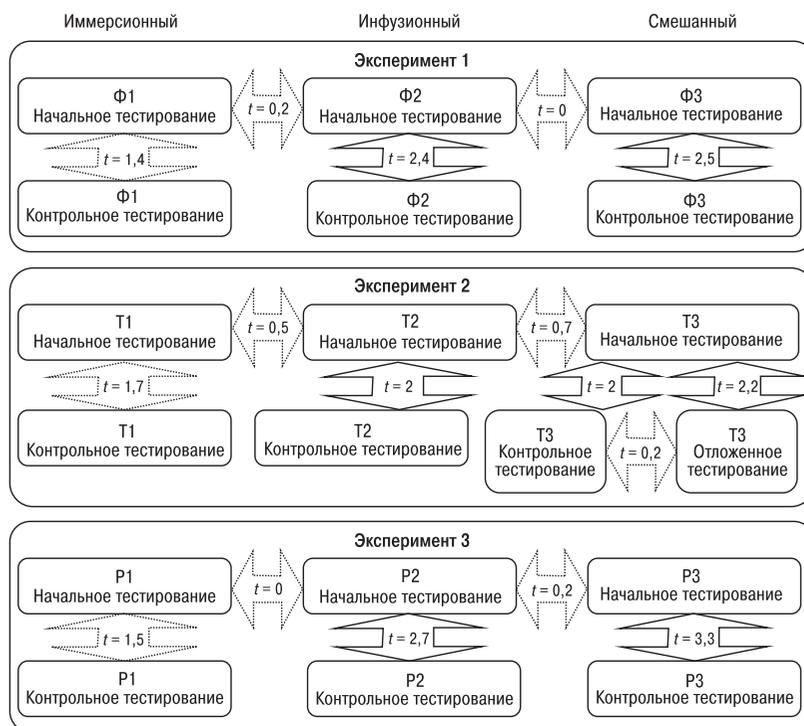
	Ф1	Т1	Р1	Ф2	Т2	Р2	Ф3	Т3	Р3
Ф1	///	1,0	1,3	0,2	0,5	1,3	0,0	1,0	1,2
Т1	1,0	///	0,3	1,4	0,5	0,3	1,2	0,7	0,2
Р1	1,3	0,3	///	1,8	0,8	0,0	1,5	0,2	0,2
Ф2	0,2	1,4	1,8	///	0,8	1,8	0,0	1,3	1,6
Т2	0,5	0,5	0,8	0,8	///	0,8	0,7	0,7	0,8
Р2	1,3	0,3	0,0	1,8	0,8	///	1,5	0,2	0,2
Ф3	0,0	1,2	1,5	0,0	0,7	1,5	///	1,3	1,3
Т3	1,0	0,7	0,2	1,3	0,7	0,2	1,3	///	0,0
Р3	1,2	0,2	0,2	1,6	0,8	0,2	1,3	0,0	///

Применение иммерсионного подхода не привело к статистически значимому изменению уровня развития навыков КМ у студентов

⁶ Расчет проводился на сайте <https://math.semestr.ru/group/group.php>

(рис. 5, все $t_{эмп} < 2,14$), хотя в абсолютных значениях все средние баллы навыков КМ улучшились. После применения инфузионного и смешанного подходов средний уровень развития навыков КМ статистически значительно изменился у студентов, которые занимались два семестра. Изменения произошли, но не достигли уровня статистической значимости для доверительной вероятности 0,95 (статистически значимо для доверительной вероятности 0,9) у студентов, у которых воздействие было более интенсивным и сжатым до одного семестра.

Рис. 5. Сравнение выборок, распределенных по нормальному закону, по t -критерию Стьюдента, где критические значения $t_{кр} = 1,76$ ($p \leq 0,1$); $t_{кр} = 2,14$ ($p \leq 0,05$); $t_{кр} = 2,98$ ($p \leq 0,01$)



Отдельно для потока Т3 во втором эксперименте проведено отложенное тестирование в конце весеннего семестра 2023 г. Таким образом, интервал между начальным и отложенным тестированиями для потока Т3 оказался таким же, как интервал между начальным и конечным тестированиями для потоков Ф3 и Р3, — два семестра. Сравнение результатов контрольного и отложенного тестирования групп навыков КМ в потоке Т3 показало, что произошедшие изменения статистически незначимы ($t_{эмп} = 0,2$ для доверительной вероятности $p \leq 0,05$), но они перевели различия между начальным и отложенным тестированием на границу зоны значимости ($t_{эмп} = 2,2$).

Графически изменение каждой группы навыков КМ представлено на рис. 6. Рисунок построен на основе суммирования по каждой группе навыков КМ средних результатов начального тестирования потоков Ф1, Т1, Р1, Ф2, Т2, Р2, Ф3, Т2, Р3 («все начальные»), конечного тестирования потоков Ф1, Т1, Р1 («иммерсия»), конечного тестирования потоков Ф2, Т2, Р2 («инфузия») и конечного тестирования потоков Ф3, Т3, Р3 («смешанный»). Видно, что применение иммерсионного подхода повышает уровень развития всех выделенных групп навыков КМ, но не делает их более сбалансированными: как преобладали навыки, относящиеся к первому уровню таксономии навыков КМ (навыки осмысления информации на рис. 2), так и продолжают преобладать. При иммерсионном подходе уровень развития навыков выдвижения и проверки гипотез, а также принятия решений вырос примерно на 6%, что не выходит за рамки статистической погрешности. Применение инфузионного и смешанного подходов существенно повлияло на развитие навыков более высокого уровня — навыков аргументации и решения проблем. Например, показатели навыка выдвижения и проверки гипотез улучшились в среднем на 19%, а навыков принятия решений и формулирования умозаключений — соответственно на 10 и 16%. В целом применение смешанного подхода больше повлияло на навыки высшего уровня — на группу навыков решения проблем.

Рис. 6. Изменение средних оценок групп навыков КМ по всем экспериментам для трех подходов относительно средних начальных баллов



В контрольном эксперименте в абсолютных значениях улучшение навыков КМ наблюдалось у 83–88% студентов во всех потоках, но статистически значительно улучшили свои средние результаты 31, 52

и 57% студентов соответственно при применении иммерсионного, инфузионного и смешанного подходов.

Отсутствие изменений или изменения к худшему зафиксированы у 12–17% студентов в зависимости от потока (табл. 4), и это число примерно одинаково для всех подходов. Однако из пяти отчисленных студентов потока Т3 двое относились к числу тех, у кого навыки КМ за период обучения ухудшились, а двое — к числу тех, чьи навыки не изменились.

Таблица 4. Доля студентов, у которых средние результаты по всем навыкам КМ от начального к конечному и отложенному тестированиям не улучшились

Подход и поток	Иммерсионный			Инфузионный			Смешанный			
	Ф1	Т1	Р1	Ф2	Т2	Р2	Ф3	Т3		Р3
								кон.	отл.	
Доля в потоке	0,129	0,147	0,167	0,145	0,139	0,162	0,131	0,161	0,14	0,155
Доля в выборке, на которой применялся подход	0,1527			0,1497			0,1495 (для конечного теста) 0,1453 (для отложенного теста)			

Наибольший прирост абсолютных баллов получили студенты, изначально имевшие показатели чуть выше средних.

Поскольку в абсолютных величинах начальный уровень у студентов 2-го курса был выше, чем у студентов 1-го курса, представляется важным выяснить, обусловлены ли эти различия разницей в возрасте студентов, в длительности обучения или они связаны с выявленным М. Бакстер Магольда эпистемологическим кризисом первого года обучения в университете [Baxter Magolda, 1992]. Чтобы ответить на этот вопрос, проведены три уточняющих исследования.

В первом исследовании из числа респондентов потоков Р3 и Т2 (первокурсники в 2021/2022 учебном году) исключены те, кто был отчислен в 2022/2023 учебном году, и произведен перерасчет всех баллов начального и контрольного тестирований. Результат: средние баллы потока Р3 вместо 0,41 и 0,61 составили 0,44 и 0,63, а средние баллы потока Т2 вместо 0,45 и 0,57 — 0,47 и 0,61, что ближе к баллам второкурсников потоков Ф3 (0,49 и 0,63) и Ф2 (0,49 и 0,61). Причина повышения баллов: свыше 80% отчисленных пришлось на подмножество «20% самых низких результатов контрольного тестирования».

Во втором исследовании из числа респондентов потока Т3 выделены два подмножества: студенты, чей возраст на момент начального тестирования был меньше 18 полных лет, и те, чей возраст превышал 19 полных лет. Для этих выборок вычислены баллы начального и конечного тестирований. Первое подмножество составили 18 человек, второе — 20 (остальным 24 студентам потока

ТЗ было от 18 до 19 лет). Средние баллы начального и конечного тестирований соответственно составили 0,44 и 0,53 для первого подмножества и 0,4 и 0,52 для второго подмножества (0,41 и 0,53 в среднем по всему потоку). Определено, что обе выборки относятся к одной генеральной совокупности.

В третьем исследовании проанализированы данные начального и конечного тестирований студентов направления «лингвистика», которые изучают КСЕ в седьмом семестре (4-й курс), а математику — во втором семестре (1-й курс). Средний балл контрольного теста у студентов, обучавшихся при иммерсионном подходе, составил 0,63 (83 студента). Средний балл контрольного теста у студентов, обучавшихся при инфузионном подходе, составил 0,66 (77 студентов). Результаты контрольного теста при смешанном подходе будут получены к январю 2024 г. Различия результатов студентов 4-го курса и студентов 2-го курса статистически незначимы (по обоим потокам $t_{эмп} \leq 1$). При этом в период со второго по седьмой семестр были отчислены обучающиеся преимущественно из числа тех 20% студентов, которые показали самые низкие баллы при начальном тестировании.

Для ответа на вопрос, можно ли распространять полученные данные об эффективности трех подходов к развитию навыков КМ на другие естественнонаучные дисциплины, аналогичное исследование для курса «Естественнонаучная картина мира» проведено на выборке студентов бакалавриата Института физики, технологии и информационных систем МПГУ, для курса «Актуальные вопросы современного естествознания» — на выборке студентов Института математики и информатики МПГУ. Практические линии этих курсов составляли кейсы, которые использованы в данном исследовании, а теоретические линии отличались несущественно. Качественная оценка полученных результатов также свидетельствует о преимуществах инфузионного и смешанного подходов перед иммерсионным. То есть имеются основания для экстраполяции данных, полученных в процессе обучения студентов КСЕ, на другие интегрированные естественнонаучные дисциплины.

4. Выводы Сравнение эффективности иммерсионного, инфузионного и смешанного подходов к развитию навыков КМ осуществлялось в трех независимых экспериментах, которые проведены 1) на протяжении одного семестра в трех последовательных потоках первокурсников направления «телевидение»; 2) на протяжении двух семестров в трех последовательных потоках первокурсников направления «реклама и связи с общественностью»; 3) на протяжении двух семестров в трех последовательных потоках второкурсников направления «филология». Дополнительно у студен-

тов — участников первого эксперимента выполнено отложенное тестирование, которое отстояло на такой же временной интервал (два семестра) от начального тестирования, как и в других экспериментах. Отдельно оценивались результаты студентов 4-го курса.

При всех трех подходах к формированию навыков КМ средние результаты студентов улучшились. Тем самым подтвержден тезис о возможности развития навыков КМ у большинства обучающихся при специально организованном воздействии. Наиболее эффективным оказался смешанный подход: по всем потокам средние баллы всех групп навыков КМ изменились статистически значимо ($2,2 \leq t_{\text{эмп}} \leq 3,3$), причем наибольшие изменения произошли в группах навыков, относящихся к высшим уровням предложенной таксономии навыков КМ. Среднюю эффективность показал инфузионный подход: среднее изменение баллов навыков КМ находится на границе зоны значимости ($2 \leq t_{\text{эмп}} \leq 2,7$) вследствие менее существенного изменения групп навыков формулирования умозаключений и принятия решений. Наименее эффективен иммерсионный подход, при котором в среднем навыки КМ изменились статистически незначимо ($1,4 \leq t_{\text{эмп}} \leq 1,7$), несмотря на то что группы навыков поиска и интерпретации информации изменились больше, чем при других подходах.

Выявлено наличие в экспериментальной выборке 12–17% студентов, у которых навыки КМ не улучшились, причем при всех подходах к развитию КМ их число примерно одинаково, что свидетельствует в пользу высказанного Д. Хэтчером [Hatcher, 2015. P. 8] мнения, что не все студенты способны усвоить навыки КМ.

Поскольку смешанный подход отличался от инфузионного более глубоким изучением теорий, связанных с КМ, — они преподавались студентам не только как пояснения при решении заданий кейсов, но и более подробно в курсе математики, — можно сделать вывод о полезности для развития КМ ознакомления студентов с элементами теории аргументации, теории принятия решения, способов доказательства по индукции, дедуктивного вывода умозаключений.

Существенное различие в результатах между иммерсионным и двумя другими подходами свидетельствует о положительном влиянии на формирование у студентов навыков КМ их осведомленности о том, что приоритетной целью курсов математики и КСЕ является развитие КМ и осознанная работа с заданиями — тренажерами навыков КМ.

Длительность воздействия также влияет на результаты: более значимые положительные изменения навыков КМ получены при воздействии, длившемся два семестра, чем при таком же по объему воздействии, сжатом в один семестр. Причем значимыми оказались не длительности интервалов между начальным и контрольным тестированием, а именно длительность самого воздействия.

Разница в возрасте студентов, обучающихся на одном и том же курсе, на результаты влияния не оказывает. Эти данные согласуются с теорией, согласно которой после 15 лет — примерно-го срока достижения когнитивной зрелости — возраст перестает значимо влиять на способность мыслить критически [Reed, 1998].

Студенты 2-го курса показали более высокие результаты в баллах, чем студенты 1-го курса, а студенты 4-го курса — более высокие, чем студенты 2-го. По большей части разница результатов объясняется преимущественным отсевом ко 2-му и к 4-му курсу именно тех студентов, которые за период обучения ухудшили свои показатели навыков КМ или улучшили их незначительно. Эти данные можно расценивать как подтверждение отсутствия существенного влияния на КМ студентов самого по себе высшего образования, а также взаимосвязи развития навыков КМ и успешного обучения.

Однако после удаления из общих результатов студентов 1-го курса данных тех учащихся, кто позднее был отчислен, средний прирост баллов за период целенаправленного развития КМ у первокурсников оказался немного больше, чем у второкурсников. Предположительно это связано с преодолением первокурсниками эпистемологического кризиса перехода с одной ступени образования на другую, когда студент перестает воспринимать учебную информацию как абсолютно истинные знания и тем самым устраняет одно из препятствий к развитию КМ.

Таким образом, в проведенном исследовании конкретизированы три дисциплинарных подхода к развитию навыков КМ и описаны пример организации обучения, учебное содержание и средства обучения при реализации этих подходов в процессе обучения интегрированному естествознанию. Показано, что для корректного сравнения эффективности подходов следует проводить педагогическое воздействие одинаковой длительности в процессе преподавания одной и той же дисциплины, а возраст учащихся одной ступени обучения не оказывает существенного влияния на результаты педагогического воздействия. Предложен инструмент диагностики навыков КМ с естественнонаучным содержанием, построенный на основе контекстно-зависимого определения КМ. Установлено, что для развития КМ в процессе обучения естественнонаучным дисциплинам в вузе наиболее эффективен смешанный подход, а наименее эффективен иммерсионный.

В продолжение исследования собраны первичные материалы на выборке студентов 4-х курсов направлений «лингвистика» и «журналистика», а также студентов негуманитарных направлений подготовки: экономистов 1-го и 2-го курсов и студентов 2-го курса естественнонаучных и математических факультетов. Предварительная оценка этих данных дает основания утверждать, что

закономерности, выявленные в основном исследовании, проявляются и на этой выборке, но более глубокий анализ, возможно, выявит какие-либо дополнительные факторы.

Благодарности Авторы благодарны студентам, принявшим участие в исследовании, а также рецензентам журнала «Вопросы образования / Educational Studies Moscow» за ряд полезных замечаний и предложений, несомненно способствовавших улучшению статьи.

Публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Литература

1. Корешникова Ю.Н., Фрумин И.Д., Пашенко Т.В. (2021) Организационные и педагогические условия формирования навыка критического мышления у студентов российских вузов. *Университетское управление: практика и анализ*, т. 25, № 1, сс. 5–17. <https://doi.org/10.15826/umpa.2021.01.001>
2. Корешникова Ю.Н., Фрумин И.Д. (2020) Профессиональные компетенции педагога как фактор сформированности критического мышления студентов. *Психологическая наука и образование*, т. 25, № 6, сс. 88–103. <https://doi.org/10.17759/pse.2020250608>
3. Куренной В.А. (2020) Философия либерального образования: принципы. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*, № 1, сс. 8–39. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-1-8-39>
4. Солодихина М.В. (2023) Трансформация дисциплины «Концепции современного естествознания» под цели развития критического мышления. *Образование и наука*, т. 25, № 6, сс. 38–68. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2023-6-38-68>
5. Солодихина М.В. (2022) *Критическое мышление в высшем естественнонаучном образовании: определение и содержание понятия*. М.: МПГУ. <https://doi.org/10.31862/9785426310650>
6. Соснина Е.П., Старостина Н.Н. (2019) О влиянии критического мышления на качество освоения иностранного языка для специальных целей. *Известия Самарского научного центра РАН. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки*, № 21 (67), сс. 29–37.
7. Тарасова К.В., Орел Е.А. (2022) Измерение критического мышления студентов в открытой онлайн-среде: методология, концептуальная рамка и типология заданий. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*, № 3, сс. 187–212. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2022-3-187-212>
8. Abrami P.C., Bernard R.M., Borokhovski E., Waddington D.I., Wade C.A., Persson T. (2015) Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, vol. 85, no 2, pp. 275–314. <https://doi.org/10.3102/0034654314551063>
9. Adams D. (2000) *Critical Thinking, the Scientific Method, and Page 25 of Gilbert*. Available at: https://www.sdbonline.org/sites/archive/sdbeduca/dany_adams/critical_thinking.html (accessed 8 November 2023).
10. Al-Ghadouni A.M. (2021) Instructional Approaches to Critical Thinking: An Overview of Reviews. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, vol. 30, no 1, pp. 240–246. <https://doi.org/10.24205/03276716.2020.2020>
11. Bailin S., Case R., Coombs J.R., Daniels L.B. (1999) Daniels Common Misconceptions of Critical Thinking. *Journal of Curriculum Studies*, vol. 31, no 3, pp. 269–283. <https://doi.org/10.1080/002202799183124>

12. Baxter Magolda M.B. (1992) *Knowing and Reasoning in College Students: Gender-Related Patterns in Students' Intellectual Development*. San Francisco: Jossey-Bass.
13. Beer de D., Matthee M. (2021) Approaches to Identify Fake News: A Systematic Literature Review. *Integrated Science in Digital Age 2020* (ed. T. Antipova), Cham: Springer, pp. 13–22. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49264-9_2
14. Behar-Horenstein L.S., Niu L. (2011) Teaching Critical Thinking Skills in Higher Education: A Review of the Literature. *Journal of College Teaching & Learning*, vol. 8, no 2, pp. 25–42. <https://doi.org/10.19030/tlc.v8i2.3554>
15. Bellaera L., Weinstein-Jones Y., Ilie S., Baker S.T. (2021) Critical Thinking in Practice: The Priorities and Practices of Instructors Teaching in Higher Education. *Thinking Skills and Creativity*, vol. 41, September, Article no 100856. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100856>
16. Bezanilla M.J., Fernandez-Nogueiram D., Poblete M., Galindo-Dominguez H. (2019) Methodologies for Teaching-Learning Critical Thinking in Higher Education: The Teacher's View. *Thinking Skills and Creativity*, vol. 33, no 9, Article no 100584. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100584>
17. Bourn D. (2018) *Understanding Global Skills for 21st Century Professions*. Cham: Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97655-6>
18. Daniel M., Auriac E. (2011) Philosophy, Critical Thinking and Philosophy for Children. *Educational Philosophy and Theory*, vol. 43, no 5, pp. 415–435. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2008.00483.x>
19. Davies M. (2015) A Model of Critical Thinking in Higher Education. *Higher Education: Handbook of Theory and Research* (ed. M. Paulsen), Cham: Springer, pp. 41–92. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12835-1_2
20. Dwyer C.R., Hogan M.J., Steward I. (2014) An Integrated Critical Thinking Framework for the 21st Century. *Thinking Skills and Creativity*, vol. 12, June, pp. 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.12.004>
21. Ennis R.H. (2011) Critical Thinking: Reflection and Perspective Part I. *Critical Thinking across the Disciplines*, vol. 26, no 1, pp. 4–18. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews20112613>
22. Ennis R.H. (1989) Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and Needed Research. *Educational Researcher*, vol. 18, no 3, pp. 4–10. <https://doi.org/10.3102/0013189X018003004>
23. Facione P.A. (1990) The Disposition toward Critical Thinking: Its Character, Measurement, and Relationship to Critical Thinking Skill, *Informal Logic*, vol. 20, no 1, pp. 61–84. <https://doi.org/10.22329/il.v20i1.2254>
24. Einstein A. (2003) Physics & Reality. *Daedalus*, vol. 132, no 4, pp. 22–25. Available at: <http://www.jstor.org/stable/20027877> (accessed 8 November 2023).
25. Fung D., Liang T.W. (2019) *Fostering Critical Thinking Through Collaborative Group Work. Insights from Hong Kong*. Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2411-6>
26. Gann D. (2013) *A Few Considerations on Critical Thinking Instruction*. Available at: https://www.academia.edu/4212254/A_Few_Considerations_on_Critical_Thinking_Instruction (accessed 30 October 2023).
27. Garavito J.V., Rodríguez M.S. (2019) Critical Thinking and Its Importance in Doctoral Education. *Revista Lasallista de Investigacion*, vol. 16, no 2, pp. 179–186. <https://doi.org/10.22507/rli.v16n2a15>
28. Halpern D.F. (2014) *Thought and Knowledge. An Introduction to Critical Thinking*. New York, NY: Psychology Press.
29. Hamouda A.M.S., Tarlochan F. (2014) A Learning Factory: Enhancing Societal Needs Awareness and Innovation through Manufacturing Class. *Engineering Education Letters*, vol. 2015, iss. 1, pp. 1–5. <https://doi.org/10.5339/eel.2015.7.pp1-5>

30. Hatcher D. (2015) Critical Thinking Instruction: A Realistic Evaluation. *Inquiry: Critical Thinking across the Disciplines*, vol. 30, no 3, pp. 4–19. <https://doi.org/10.5840/inquiryct201530313>
31. Johnson R.H. (1992) The Problem of Defining Critical Thinking. *The Generalizability of Critical Thinking* (ed. S.P. Norris), New York, NY: Teachers College, pp. 38–53.
32. Kurfiss J.G. (1988) *Critical Thinking: Theory, Research, Practice, and Possibilities*. ASHE-ERIC Higher Education Report no 2. Washington, DC: George Washington University.
33. Leighton J.P., Cui Y., Cutumisu M. (2021) Key Information Processes for Thinking Critically in Data-Rich Environments. *Frontiers in Education*, vol. 6, Article no 561847. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.561847>
34. Lipman M. (2003) *Thinking in Education*. Cambridge, UK: Cambridge University.
35. McClure C. (2007) A Test of Leadership: Charting the Future of U.S. Higher Education. Final Report of the Secretary's Commission on the Future of Higher Education. *The Library Quarterly*, vol. 77, no 1, pp. 89–92. <https://doi.org/10.1086/512957>
36. McPeck J. (1981) *Critical Thinking and Education*. New York, NY: St. Martin's Press.
37. Moore T. (2013) Critical Thinking: Seven Definitions in Search of a Concept. *Studies in Higher Education*, vol. 38, no 4, pp. 506–522. <https://doi.org/10.1080/03075079.2011.586995>
38. Moseley D., Baumfield V., Elliott J., Gregson M., Higgins S., Miller J., Newton D. (2005) *Frameworks for Thinking. A Handbook for Teaching and Learning*. Cambridge: Cambridge University. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511489914>
39. Mulnix J.W. (2012) Thinking Critically about Critical Thinking Educational, *Philosophy and Theory*, vol. 44, no 5, pp. 464–479. <https://doi.org/10.1111/epat.2012.44.issue-5>
40. Niu L., Behar-Horenstein L.S., Garvan C.W. (2013) Do Instructional Interventions Influence College Students' Critical Thinking Skills? A Meta-Analysis. *Educational Research Review*, vol. 9, June, pp. 114–128. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.12.002>
41. Orhan A., Çeviker Ay Ş. (2023) How to Teach Critical Thinking: An Experimental Study with Three Different Approaches. *Learning Environ Research*, vol. 26, pp. 199–217. <https://doi.org/10.1007/s10984-022-09413-1>
42. Palavan O. (2020) The Effect of Critical Thinking Education on the Critical Thinking Skills and the Critical Thinking Dispositions of Preservice Teachers. *Educational Research and Reviews*, vol. 15, no 10, pp. 606–627. <https://doi.org/10.5897/ERR2020.4035>
43. Paul R.W. (2005) The State of Critical Thinking Today. *New Directions for Community Colleges*, no 130, pp. 27–38. <http://dx.doi.org/10.1002/cc.193>
44. Paul R., Elder L. (2008) *The Thinkers' Guide to Nature and Functions of Critical and Creative Thinking*. Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking.
45. Paul R.W., Elder L., Bartell T. (1997) *California Teacher Preparation for Instruction in Critical Thinking: Research Findings and Policy Recommendations*. Sacramento, CA: California Commission of Teacher Credentialing.
46. Reed J.H. (1998) *Effect of a Model for Critical Thinking on Student Achievement in Primary Source Document Analysis and Interpretation, Argumentative Reasoning, Critical Thinking Dispositions, and History Content in a Community College History Course* (PhD Thesis). Tampa, FL: University of South Florida. Available at: <https://www.criticalthinking.org/resources/JReed-Dissertation.pdf> (accessed 30 October 2023).
47. Rossi I.V., de Lima J.D., Sabatke B., Nunes M.A.F., Ramirez G.E., Ramirez M.I. (2021) Active Learning Tools Improve the Learning Outcomes, Scientific Attitude,

- and Critical Thinking in Higher Education: Experiences in an Online Course during the COVID-19 Pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, vol. 49, no 6, pp. 888–903. <https://doi.org/10.1002/bmb.21574>
48. Scriven M., Paul R. (2008) *Defining Critical Thinking*. Available at: <https://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/766> (accessed 30 October 2023).
49. Sedaghat M., Rahmani S. (2011) A Review of Approaches to Teaching Thinking: Appropriate Approach for Iran Education System. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 30, pp. 1037–1042. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.10.202>
50. Solodikhina M.V., Solodikhina A.A. (2021) Natural-Scientific Cases as a Tool for the Development of Critical Thinking. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS*, vol. 116, pp. 1532–1545. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.09.02.171>
51. Sousa A.S., Vieira R.M. (2021) Promoting Critical and Creative Thinking in Science Education: A Proposal for an Inservice Teacher Education Programme. *Perspectives on Critical Thinking* (ed. J.C. Sanders), Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, pp. 51–87.
52. Tew E.W.K. (2015) Critical Thinking in the Context of Group Learning: A Qualitative Study of Postgraduate Accounting and Finance Students' Perceptions (Thesis). *University of the West of England Research Repository*. Available at: <https://uwe-repository.worktribe.com/output/835777> (accessed 30 October 2023).
53. Tiruneh D.T., Cock M.D., Elen J. (2018) Designing Learning Environments for Critical Thinking: Examining Effective Instructional Approaches. *Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 16, pp. 1065–1089. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9829-z>
54. Willingham D.T. (2007) Critical Thinking: Why Is It So Hard to Teach? *American Educator*, vol. 31, pp. 8–19. Available at: http://www.aft.org/sites/default/files/periodicals/Crit_Thinking.pdf (accessed 30 October 2023).

References

- Abrami P.C., Bernard R.M., Borokhovski E., Waddington D.I., Wade C.A., Persson T. (2015) Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, vol. 85, no 2, pp. 275–314. <https://doi.org/10.3102/0034654314551063>
- Adams D. (2000) *Critical Thinking, the Scientific Method, and Page 25 of Gilbert*. Available at: https://www.sdbonline.org/sites/archive/sdbeduca/dany_adams/critical_thinking.html (accessed 8 November 2023).
- Al-Ghadouni A.M. (2021) Instructional Approaches to Critical Thinking: An Overview of Reviews. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, vol. 30, no 1, pp. 240–246. <https://doi.org/10.24205/03276716.2020.2020>
- Bailin S., Case R., Coombs J.R., Daniels L.B. (1999) Daniels Common Misconceptions of Critical Thinking. *Journal of Curriculum Studies*, vol. 31, no 3, pp. 269–283. <https://doi.org/10.1080/002202799183124>
- Baxter Magolda M.B. (1992) *Knowing and Reasoning in College Students: Gender-Related Patterns in Students' Intellectual Development*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Beer de D., Matthee M. (2021) Approaches to Identify Fake News: A Systematic Literature Review. *Integrated Science in Digital Age 2020* (ed. T. Antipova), Cham: Springer, pp. 13–22. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49264-9_2
- Behar-Horenstein L.S., Niu L. (2011) Teaching Critical Thinking Skills in Higher Education: A Review of the Literature. *Journal of College Teaching & Learning*, vol. 8, no 2, pp. 25–42. <https://doi.org/10.19030/tlc.v8i2.3554>
- Bellaera L., Weinstein-Jones Y., Ilie S., Baker S.T. (2021) Critical Thinking in Practice: The Priorities and Practices of Instructors Teaching in Higher Education.

- Thinking Skills and Creativity*, vol. 41, September, Article no 100856. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100856>
- Bezaniilla M.J., Fernandez-Nogueiram D., Poblete M., Galindo-Dominguez H. (2019) Methodologies for Teaching-Learning Critical Thinking in Higher Education: The Teacher's View. *Thinking Skills and Creativity*, vol. 33, no 9, Article no 100584. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100584>
- Bourn D. (2018) *Understanding Global Skills for 21st Century Professions*. Cham: Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97655-6>
- Daniel M., Auriac E. (2011) Philosophy, Critical Thinking and Philosophy for Children. *Educational Philosophy and Theory*, vol. 43, no 5, pp. 415–435. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2008.00483.x>
- Davies M. (2015) A Model of Critical Thinking in Higher Education. *Higher Education: Handbook of Theory and Research* (ed. M. Paulsen), Cham: Springer, pp. 41–92. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12835-1_2
- Dwyer C.R., Hogan M.J., Steward I. (2014) An Integrated Critical Thinking Framework for the 21st Century. *Thinking Skills and Creativity*, vol. 12, June, pp. 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.12.004>
- Ennis R.H. (2011) Critical Thinking: Reflection and Perspective Part I. *Critical Thinking across the Disciplines*, vol. 26, no 1, pp. 4–18. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews20112613>
- Ennis R.H. (1989) Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and Needed Research. *Educational Researcher*, vol. 18, no 3, pp. 4–10. <https://doi.org/10.3102/0013189X018003004>
- Facione P.A. (1990) The Disposition toward Critical Thinking: Its Character, Measurement, and Relationship to Critical Thinking Skill, *Informal Logic*, vol. 20, no 1, pp. 61–84. <https://doi.org/10.22329/il.v20i1.2254>
- Einstein A. (2003) Physics & Reality. *Daedalus*, vol. 132, no 4, pp. 22–25. Available at: <http://www.jstor.org/stable/20027877> (accessed 30 October 2023).
- Fung D., Liang T.W. (2019) *Fostering Critical Thinking Through Collaborative Group Work. Insights from Hong Kong*. Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2411-6>
- Gann D. (2013) *A Few Considerations on Critical Thinking Instruction*. Available at: https://www.academia.edu/4212254/A_Few_Considerations_on_Critical_Thinking_Instruction (accessed 30 October 2023).
- Garavito J.V., Rodríguez M.S. (2019) Critical Thinking and Its Importance in Doctoral Education. *Revista Lasallista de Investigacion*, vol. 16, no 2, pp. 179–186. <https://doi.org/10.22507/rli.v16n2a15>
- Halpern D.F. (2014) *Thought and Knowledge. An Introduction to Critical Thinking*. New York, NY: Psychology Press.
- Hamouda A.M.S., Tarlochan F. (2014) A Learning Factory: Enhancing Societal Needs Awareness and Innovation through Manufacturing Class. *Engineering Education Letters*, vol. 2015, iss. 1, pp. 1–5. <https://doi.org/10.5339/eel.2015.7.pp1-5>
- Hatcher D. (2015) Critical Thinking Instruction: A Realistic Evaluation. *Inquiry: Critical Thinking across the Disciplines*, vol. 30, no 3, pp. 4–19. <https://doi.org/10.5840/inquiryct201530313>
- Johnson R.H. (1992) The Problem of Defining Critical Thinking. *The Generalizability of Critical Thinking* (ed. S.P. Norris), New York, NY: Teachers College, pp. 38–53.
- Koreshnikova Yu.N., Froumin I.D., Pashchenko T.V. (2021) Organizatsionnye i pedagogicheskie usloviya formirovaniya navyka kriticheskogo myshleniya u studentov rossijskikh vuzov [Organizational and Pedagogical Conditions for the Development of Critical Thinking Skills among Russian University Students]. *University Management: Practice and Analysis*, vol. 25, no 1, pp. 5–17. <https://doi.org/10.15826/umpa.2021.01.001>
- Koreshnikova Yu.N., Froumin I.D. (2020) Professional'nye kompetentsii pedagoga kak faktor sformirovannosti kriticheskogo myshleniya studentov [Teachers' Professional Skills as a Factor in the Development of Students' Critical Think-

- ing]. *Psychological Science and Education*, vol. 25, no 6, pp. 88–103. <https://doi.org/10.17759/pse.2020250608>
- Kurfiss J.G. (1988) *Critical Thinking: Theory, Research, Practice, and Possibilities. ASHE-ERIC Higher Education Report no 2*. Washington, DC: George Washington University.
- Kurennoy V. (2020) Filosofiya liberal'nogo obrazovaniya: printsipy [Philosophy of Liberal Education: The Principles]. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no 1, pp. 8–39. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-1-8-39>
- Leighton J.P., Cui Y., Cutumisu M. (2021) Key Information Processes for Thinking Critically in Data-Rich Environments. *Frontiers in Education*, vol. 6, Article no 561847. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.561847>
- Lipman M. (2003) *Thinking in Education*. Cambridge, UK: Cambridge University.
- McClure C. (2007) A Test of Leadership: Charting the Future of U.S. Higher Education. Final Report of the Secretary's Commission on the Future of Higher Education. *The Library Quarterly*, vol. 77, no 1, pp. 89–92. <https://doi.org/10.1086/512957>
- McPeck J. (1981) *Critical Thinking and Education*. New York, NY: St. Martin's Press.
- Moore T. (2013) Critical Thinking: Seven Definitions in Search of a Concept. *Studies in Higher Education*, vol. 38, no 4, pp. 506–522. <https://doi.org/10.1080/03075079.2011.586995>
- Moseley D., Baumfield V., Elliott J., Gregson M., Higgins S., Miller J., Newton D. (2005) *Frameworks for Thinking. A Handbook for Teaching and Learning*. Cambridge: Cambridge University. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511489914>
- Mulnix J.W. (2012) Thinking Critically about Critical Thinking Educational, *Philosophy and Theory*, vol. 44, no 5, pp. 464–479. <https://doi.org/10.1111/epat.2012.44.issue-5>
- Niu L., Behar-Horenstein L.S., Garvan C.W. (2013) Do Instructional Interventions Influence College Students' Critical Thinking Skills? A Meta-Analysis. *Educational Research Review*, vol. 9, June, pp. 114–128. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.12.002>
- Orhan A., Çeviker Ay Ş. (2022) How to Teach Critical Thinking: An Experimental Study with Three Different Approaches. *Learning Environ Research*, vol. 26, pp. 199–217. <https://doi.org/10.1007/s10984-022-09413-1>
- Palavan Ö. (2020) The Effect of Critical Thinking Education on the Critical Thinking Skills and the Critical Thinking Dispositions of Preservice Teachers. *Educational Research and Reviews*, vol. 15, no 10, pp. 606–627. <https://doi.org/10.5897/ERR2020.4035>
- Paul R.W. (2005) The State of Critical Thinking Today. *New Directions for Community Colleges*, no 130, pp. 27–38. <http://dx.doi.org/10.1002/cc.193>
- Paul R., Elder L. (2008) *The Thinkers' Guide to Nature and Functions of Critical and Creative Thinking*. Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking.
- Paul R.W., Elder L., Bartell T. (1997) *California Teacher Preparation for Instruction in Critical Thinking: Research Findings and Policy Recommendations*. Sacramento, CA: California Commission of Teacher Credentialing.
- Reed J.H. (1998) *Effect of a Model for Critical Thinking on Student Achievement in Primary Source Document Analysis and Interpretation, Argumentative Reasoning, Critical Thinking Dispositions, and History Content in a Community College History Course* (PhD Thesis). Tampa, FL: University of South Florida. Available at: <https://www.criticalthinking.org/resources/JReed-Dissertation.pdf> (accessed 30 October 2023).
- Rossi I.V., de Lima J.D., Sabatke B., Nunes M.A.F., Ramirez G.E., Ramirez M.I. (2021) Active Learning Tools Improve the Learning Outcomes, Scientific Attitude, and Critical Thinking in Higher Education: Experiences in an Online Course during the COVID-19 Pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, vol. 49, no 6, pp. 888–903. <https://doi.org/10.1002/bmb.21574>
- Scriven M., Paul R. (2008) *Defining Critical Thinking*. Available at: <https://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/766> (accessed 30 October 2023).

- Sedaghat M., Rahmani S. (2011) A Review of Approaches to Teaching Thinking: Appropriate Approach for Iran Education System. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 30, pp. 1037–1042. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.10.202>
- Solodikhina M.V. (2023) Transformatsiya distsipliny “Kontseptsii sovremennoego estestvoznaniya” pod tseli razvitiya kriticheskogo myshleniya [Transformation of the Discipline “Concepts of Modern Natural Science” for the Development of Critical Thinking]. *The Education and Science Journal*, vol. 25, no 6, pp. 38–68. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2023-6-38-68>
- Solodikhina M.V. (2022) *Kriticheskoe myshlenie v vysshem estestvennonauchnom obrazovanii: opredelenie i sodержanie ponyatiya* [Critical Thinking in Higher Natural Science Education: Definition and Content of the Concept]. Moscow: MPGU. <https://doi.org/10.31862/9785426310650>
- Solodikhina M.V., Solodikhina A.A. (2021) Natural-Scientific Cases as a Tool for the Development of Critical Thinking. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS*, vol. 116, pp. 1532–1545. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.09.02.171>
- Sosnina E.P., Starostina N.N. (2019) O vliyaniy kriticheskogo myshleniya na kachestvo osvoeniya inostrannogo yazyka dlya spetsial’nykh tseley [Effects of Critical Thinking on Quality of Studying Foreign Language for Special Purposes] *The Proceedings of the Samara Academy of Sciences*, no 21 (67), pp. 29–37.
- Sousa A.S., Vieira R.M. (2021) Promoting Critical and Creative Thinking in Science Education: A Proposal for an Inservice Teacher Education Programme. *Perspectives on Critical Thinking* (ed. J.C. Sanders), Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, pp. 51–87.
- Tarasova K.V., Orel E.A. (2022) Izmerenie kriticheskogo myshleniya studentov v otкрыtoy onlain-srede. Metodologiya, kontseptual’naya ramka i tipologiya zadaniy [Measuring Students’ Critical Thinking in Online Environment: Methodology, Conceptual Framework and Tasks Typology]. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no 3, pp. 187–212. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2022-3-187-212>
- Tew E.W.K. (2015) Critical Thinking in the Context of Group Learning: A Qualitative Study of Postgraduate Accounting and Finance Students’ Perceptions (Thesis). *University of the West of England Research Repository*. Available at: <https://uwe-repository.worktribe.com/output/835777> (accessed 30 October 2023).
- Tiruneh D.T., Cock M.D., Elen J. (2018) Designing Learning Environments for Critical Thinking: Examining Effective Instructional Approaches. *Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 16, pp. 1065–1089. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9829-z>
- Willingham D.T. (2007) Critical Thinking: Why Is It So Hard to Teach? *American Educator*, vol. 31, pp. 8–19. Available at: http://www.aft.org/sites/default/files/periodicals/Crit_Thinking.pdf (accessed 30 October 2023).