

Практические задачи по астрономии как форма учебного исследования.

I. Концептуальная рамка



Астрономическое
образование

2026, № 1

И. А. Утешев^{*1,2}, И. И. Булыгин^{3,4}, В. С. Федоров^{3,1,2}, М. М. Аркушин^{1,5}

¹Московский физико-технический институт

²Центр педагогического мастерства г. Москвы

³Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН

⁴Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга

⁵Лицей «Вторая школа» им. В. Ф. Овчинникова, г. Москва

Аннотация

Статья посвящена методологическому и психолого-педагогическому осмыслению практических задач в олимпиадной астрономии. Мы исходим из того, что практическая задача должна рассматриваться не как дополнение к теоретическому содержанию дисциплины и не как сумма технических операций, а как особая форма учебной деятельности. Цель статьи — предложить концептуальную рамку анализа и проектирования практических задач. В теоретико-методологическом ракурсе рассматриваются понятие практической задачи и её место среди учебных форматов, роль неопределённости как ключевой характеристики её содержания, методологический принцип приоритета гипотезы над алгоритмом, а также психолого-педагогические основания обучения через исследовательскую деятельность. Предлагаемый подход ориентирован на выделение инвариантных элементов исследовательского мышления, которые сохраняют значение при изменении содержания задач и техники решения.

Учебно- исследовательская деятельность

Ключевые слова:

практическая задача, учебное исследование, олимпиадные задачи, неопределённость, исследовательская деятельность, исследовательское мышление, деятельностный подход

Сокращения:

ВсОШ — Всероссийская олимпиада школьников

*uteshev@astroedu.ru

1. Введение

Школьные олимпиады выполняют множество образовательных функций: от выявления и поддержки талантливой молодёжи до профориентации и формирования устойчивого интереса к научному творчеству. Погружение в олимпиадную среду позволяет наиболее мотивированным учащимся проверить свои знания и увидеть живую логику учебной дисциплины. Соревновательный аспект при этом выступает не самоцелью, а катализатором развития.

Всероссийская олимпиада школьников по различным предметам проводится в единой организационной рамке, однако содержательно предметные олимпиады в значительной мере автономны, развиваются в собственной логике, соответствующей традициям и «внутренним» целям профессиональных сообществ. На этом фоне заметно важное сходство, не вытекающее из формальных требований, а возникшее как ответ на образовательную необходимость. Чтобы соревнование действительно выявляло и одновременно развивало целевые навыки и умения, участнику необходимо сталкиваться с разными типами деятельности, а значит — и с разными типами задач.

Такая практика существует, в частности, на региональных и заключительных этапах ВсОШ по естественнонаучным предметам. Так, на ВсОШ по физике и химии есть теоретический и экспериментальный туры, а на ВсОШ по астрономии наряду с теоретическими задачами представлены практические задачи, выделяемые в самостоятельный тур на заключительном этапе олимпиады [1; 2].

Поступило в редакцию	22.02.2026
После доработки	16.03.2026
В печать	18.03.2026
Опубликовано	20.03.2026

ISSN 3033-7917
journal.astroedu.ru

Многие школьники воспринимают практический (экспериментальный) тур как более сложный по сравнению с теоретическим. Это нетрудно объяснить тем, что для успешного выполнения практической работы недостаточно привычной модели подготовки — прорешать набор задач прошлых лет и освоить систему типовых приёмов.

Хотя предметным контекстом статьи служат астрономические олимпиады, предлагаемый подход может быть адаптирован и к другим дисциплинам, где учащемуся необходимо действовать в условиях неопределённости. В этом смысле астрономия выступает для нас продуктивным предметным полем.

Статья носит теоретико-методологический характер. Наша цель на этом этапе состоит в выявлении концептуальной рамки, позволяющей описывать, сопоставлять и проектировать практические задачи как формы учебного исследования. Эмпирическая апробация рамки и анализ конкретных задач составляют предмет дальнейшей работы.

Под концептуальной рамкой мы будем понимать систему, позволяющую отграничить практическую задачу от смежных учебных форматов, описать её структуру через виды неопределённости, представить решение практической задачи как микро-исследование и определить ориентиры для подготовки учащихся и педагогического сопровождения. Для дальнейшего обсуждения необходимо прежде всего различить теоретические и практические задачи и тем самым зафиксировать, что именно мы понимаем под практической задачей.

1.1. Что такое практическая задача?

Термин «практическая задача» в олимпиадной и учебной среде употребляется неоднозначно: им нередко называют всё, что не похоже на классическую теоретическую задачу.

Под теоретической задачей на естественнонаучной олимпиаде обычно понимается задача, в условии которой представлены в явном виде качественные и количественные характеристики некоторой системы. От участника же требуется получить некоторый набор неизвестных характеристик этой системы. Сложность решения такой задачи обусловлена отсутствием формализованного описания применимой модели системы: учащийся должен самостоятельно понять, какие модели применимы в рамках поставленной задачи, и выстроить цепочку вычислений для получения требуемых ответов. Как правило, подразумевается, что данные приведены

с достаточной точностью для использования в любых применимых законах и соотношениях. Иногда также требуется применение эмпирических знаний, известных участнику характерных значений величин (плотность железа, температура поверхности звезды спектрального класса А0 и т.п.). После выбора правильных моделей решение теоретической задачи сводится к применению соответствующего математического аппарата и выполнению рассуждений о связи предметных понятий. Кроме того, для теоретических задач характерна дедуктивная природа: данные в условии задачи необходимы и достаточны для её решения.

Наиболее заметное внешнее отличие практических задач от теоретических заключается в формате представленных данных. В противоположность точным значениям «необходимых и достаточных» физических величин в условиях теоретических задач, данные в практических задачах воспроизводят результаты измерений, полученных в рамках исследования, и могут быть представлены в различных формах: участнику могут быть предложены фотографии, графики, таблицы показаний приборов и т.п.

Впрочем, такое определение от противного слишком широкое и затрудняет методическое обсуждение, поэтому необходимо выделить нечто присущее всем практическим задачам. Наиболее продуктивным признаком практических задач является та деятельность, элементы которой участники олимпиады действительно отрабатывают. Таким образом, мы предлагаем рассматривать практическую задачу как частный случай учебного исследования.

Признаки практической задачи. Итак, практическая задача — это *управляемая форма учебного исследования*, реализованная в формате задачи. Чтобы отграничить практическую задачу от исследовательского проекта, лабораторной работы, учебного реферата (обзора), выделим её видовые признаки:

- *самостоятельность решения* учащимся в рамках заданных условий;
- *неполное задание процедуры* выполнения;
- *ограниченность во времени и ресурсах* (инструментах, материалах, вычислительных средствах);
- *наличие входных данных и (или) предоставленных ресурсов* для их получения и обработки;
- *решаемость* — принципиальное наличие посильного решения на заявленном уровне подготовки с учётом наложенных ограничений;

- *проверяемость* — возможность объективного критерияльного оценивания представленного решения;
- *индивидуальная воспроизводимость* — возможность повторить решение задачи и получить согласующиеся результаты при тех же входных данных, ресурсах и ограничениях.

Особо подчеркнём отличие практической задачи от лабораторной работы. Лабораторная работа, как правило, предусматривает достаточно подробное описание процедуры получения и обработки данных (инструкцию по выполнению), а ожидаемый результат и его интерпретация в значительной мере предопределены учебной целью (освоение конкретного приёма, демонстрация известной закономерности). Практическая задача, напротив, предполагает неполноту описания: учащемуся необходимо самостоятельно спроектировать и обосновать последовательность исследовательских действий.

Теоретическая задача, безусловно, тоже содержит исследовательский компонент, но обычно он исчерпывается исследованием пути решения в рамках заданной (или подразумеваемой) модели и «чистых» входных данных. Эти данные, как правило, уже приведены к пригодной для вычислений форме, не требуют отдельного обсуждения качества, отбора или обработки. Неопределённость в теоретической задаче чаще всего сосредоточена в выборе ключевой идеи, построении цепочки рассуждений. Практическая задача, напротив, приближает учащегося к полному циклу исследования; принципиально важно, что при её решении необходимо работать с различными видами неопределённости.

1.2. Неопределённость и её источники

Неопределённость — это множество допустимых характеристик объекта, согласованных:

- *внутренне* — с принятыми допущениями, моделью и ограничениями;
- *внешне* — со входными данными и условиями задачи.

Объект в данном определении понимается в широком смысле (результат, параметр, вывод и т.п.). Иными словами, неопределённость описывает не ошибку относительно неизвестной истины, а то, какие варианты допустимы с учётом имеющейся информации.

В теоретической задаче это множество чаще всего сужается до однозначного ответа уже на уровне условия задачи и подразумеваемой модели. При решении практической задачи существенная часть работы заключается в том, чтобы сузить это множество и корректно

описать его структуру (погрешности измерений, устойчивость к выбору метода, ограничения используемой модели и т.п.).

Виды неопределённости. Мы предлагаем следующую классификацию видов неопределённости по источникам её возникновения:

- *Концептуальная неопределённость* — модельно-смысловой слой
 - *неопределённость постановки задачи (цели)* — что именно считать искомой величиной или критерием успеха, какие допущения приемлемы;
 - *неопределённость модели (структурная)* — какая физическая модель адекватна данным; конкуренция моделей; область применимости;
 - *неопределённость интерпретации* — что именно следует из полученной информации, какие возможны альтернативы.
- *Эмпирическая неопределённость* — слой данных
 - *случайная (стохастическая) неопределённость* данных — разброс измерений, шум, конечная точность;
 - *систематическая неопределённость* данных — смещения, дрейф, нулевая поправка, эффекты методики;
 - *селективная неопределённость* (неполноты и отбора) — пропуски, пороги обнаружения, неравномерность выборки, зависимость ошибок от измеряемой величины.
- *Процедурная неопределённость* — слой обработки
 - *методическая неопределённость* — какой метод выбрать;
 - *вычислительная неопределённость* — искажения, возникающие из-за численных и алгоритмических эффектов выбранного метода.

Приведённая классификация подсказывает и возможную типологию практических задач по ведущему источнику неопределённости: в одних задачах ключевыми становятся калибровка и учёт систематических отклонений, в других — выбор модели и обсуждение области её применимости, в третьих — устойчивость вывода к выбору процедуры обработки.

Неопределённость в науке. Предложенная рамка согласуется с широко распространёнными представлениями о неопределённости в различных областях научной дискуссии.

Так, в метрологической традиции подчёркивается двойственность термина *uncertainty*: в широком смысле как «сомнение в валидности результата» и в узком смысле как количественная характеристика результата измерения; при этом неопределённость измерения определяется как параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий возможный разброс значений, которые можно разумно приписать измеряемой величине [3; 4].

В свою очередь, в инженерном и компьютерном моделировании выделяют [5; 6]:

- *алеаторные (случайные) неопределённости*, связанные с естественной изменчивостью и шумом данных;
- *эпистемические неопределённости*, связанные с неполнотой знаний о модели, параметрах и приемлемых допущениях и потенциально сокращаемые при накоплении данных или уточнении модели;
- ошибки наблюдений и вычислительные эффекты.

Наконец, в исследованиях по научному образованию подчёркивается, что неопределённость является ключевым элементом науки, однако в образовательной практике учащиеся часто делают выводы, опираясь на точечные характеристики данных, затрудняясь в анализе неопределённости и не различая источники последней. Это служит для нас методическим мотивом: практическая задача как управляемое учебное исследование формирует язык и навыки работы с неопределённостью — от постановки исследовательского вопроса до коммуникации результатов работы [7–9].

* * *

Работа с неопределённостью требует метакомпетений управления исследованием. По нашему мнению, именно дефицит таких компетенций делает практический тур и подготовку к нему субъективно «сложнее» для учащихся. Решение практических задач нельзя полностью освоить путём усвоения типовых приёмов: значимая часть работы состоит в выборе исследовательских действий в условиях неопределённости. Логика и аргументация такого выбора редко в явном виде фиксируются в авторских решениях задач, поэтому её освоение требует целенаправленного методического сопровождения.

Отсюда вытекает и рекомендация авторам решений практических задач по возможности более полно отражать ход рассуждений и обоснование конкретных исследовательских действий: именно такие пояснения обладают наибольшей образовательной ценностью (см., например, [10]).

1.3. Генезис практических задач по астрономии

Развитие практических задач по астрономии в школьной среде в значительной степени происходило (и продолжает происходить) в контексте олимпиадных форматов, что вполне объяснимо с учётом колебаний места астрономии в семье школьных дисциплин.

При хронологическом анализе комплектов заданий заключительного этапа ВсОШ по астрономии можно выделить несколько крупных поколений практических задач:

1. *Творческо-практические, в т. ч. изобретательские и оценочные* (1994 — начало 2000-х).

В таких задачах доминирует концептуальная неопределённость: для решения нужно предложить разумную физическую картину явления, выбрать допущения, произвести необходимые оценки, обосновать порядок величин и границы применимости. В таких задачах данные вторичны по отношению к модели.

2. *Экстрактивно-синтетические* (с конца 2000-х).

Участнику олимпиады предлагают исходные материалы — «сырьё»: изображение, график, таблицу, карту, схему. Требуется извлечь необходимые данные, часто — небольшого объёма, но при этом принципиально важно понять, что и как измерять; затем построить модель и получить вывод. В таких задачах заметно усиливается эмпирическая неопределённость (шум, точность измерения, селективность данных), возможно влияние методической неопределённости.

3. *Вычислительно-аналитические* (с конца 2010-х).

Задачи становятся ближе к анализу наборов данных: появляется необходимость в процедурах очистки, агрегации, оценке погрешностей и устойчивости результатов. Резко возрастает процедурная неопределённость: выбор метода обработки, критерии отбора точек, способы оценки параметров и погрешностей — а также влияние вычислительных приёмов.

Указанные поколения не взаимоисключающие; речь идёт скорее о доминирующих акцентах в разные периоды.

Содержание заданий как ориентир развития. Содержание олимпиады выступает одним из факторов, формирующих ориентиры развития мотивированных школьников: оно задаёт образ значимых результатов, на которые направлена подготовка. Эти ориентиры отражают представления составителей заданий о должной подготовке, хотя должны соотноситься и с более широкими целями системы образования.

Дальнейшее развитие практических задач на астрономических олимпиадах неочевидно, и оценки направлений возможных изменений могут различаться.

Так, в 2022 году в практике учебно-тренировочных сборов для кандидатов в сборную России по астрономии и астрофизике, а затем и на Открытой международной астрономической олимпиаде были представлены *вычислительно-инструментальные* задачи. Данные для таких задач изначально задаются в объёмах и форматах, естественных для компьютерной обработки (выборки из каталогов, временные ряды и т. д.), а ключевым инструментом решения становится вычислительная среда: табличные процессоры, среды программирования. Участнику разрешено пользоваться не только самими инструментами, но и документацией к ним. Продуктом решения такой практической задачи является отчёт, содержащий описание совершённых исследовательских действий и полученных результатов [11].

В то же время в 2025 году на заключительном этапе ВсОШ по астрономии было запрещено использовать инженерные калькуляторы с функциями численного решения алгебраических уравнений. Запрет мотивирован стремлением проверять, в числе прочих, прикладной навык работы со сложными алгебраическими выражениями и умение выбирать подходящую модель, пригодную для решения задачи. Однако такой запрет имеет и побочный эффект: запрещённые модели калькуляторов обычно оснащены встроенными табличными процессорами и инструментами для работы с данными. Между тем некоторые практические задачи того же года требовали массивных вычислений — пересчёта таблиц, вычисления коэффициентов линейной регрессии и иных процедур, которые становятся чрезмерно трудоёмкими без соответствующих средств, притом сами по себе не обладают выраженной обучающей ценностью.

С методологической точки зрения отсюда следует не столько противопоставление различных поколений практических задач и олимпиадных форматов, сколько требование согласования между содержанием заданий, разрешённым инструментарием и образовательными целями. Кажущаяся несовместимость описанных векторов не противоречит предложенной концептуальной рамке, но показывает границы её институциональной реализации: если практический тур ориентирован на проверку и развитие исследовательских компетенций, то его содержание, регламент и инструментарий должны быть согласованы с этой целью.

* * *

Таким образом, генезис практических задач по астрономии можно интерпретировать как постепенное усложнение структуры неопределённости, с которой необходимо работать при их решении. По мере перехода к вычислительно-аналитическим и вычислительно-инструментальным форматам усиливается необходимость метакомпетенций управления исследованием.

Вместе с тем эволюция формата практических задач ограничена институциональными условиями: инерцией сложившихся практик, образовательным неравенством, неравномерным распределением компетенций между участниками этого процесса. Следовательно, методический акцент необходимо переносить с конкретных инструментов на инвариантные элементы исследовательского цикла. Этому посвящён следующий раздел.

2. Методологический принцип

2.1. Гипотеза над алгоритмом

В современной образовательной практике заметна тенденция к усилению процедурности: учащиеся осваивают наборы типовых шагов и рецептов решения, хорошо работающих в стандартных ситуациях (например, в формате тренинга для подготовки к решению конкретных экзаменационных заданий). Эта стратегия эффективна для отработки базовых навыков, но имеет естественное ограничение: она плохо переносится на ситуации, где требуется обоснованный выбор действий в условиях неопределённости, а не воспроизведение типового расчётного решения. В таких ситуациях первична не процедура, а содержательная гипотеза, которая задаёт смысл дальнейших действий и определяет, каким образом достигать заданного результата.

В рамках практической задачи алгоритмы, статистические процедуры, программные инструменты не заменяют содержательного решения, а обслуживают его — в первую очередь как средства проверки гипотезы и применения модели. Существо практической задачи состоит не в выполнении процедуры, а в её осмысленном конструировании с учётом того, какая гипотеза проверяется, какие допущения приемлемы и какие наблюдения позволят, например, различить конкурирующие объяснения. В этом состоит методологическая ценность практических задач: они предъявляют учащемуся не только предметное содержание, но и необходимость управлять исследовательским процессом — формулировать гипотезу, выбирать или строить модель, проектировать метод, оценивать качество данных, делать выводы. Тем самым они позволяют демонстрировать системный

подход к решению комплексных исследовательских задач и служат средством формирования исследовательского мышления.

Ключевая трудность учащихся связана с переходом от использования готовых результатов к самостоятельному формулированию проблем, выдвижению и проверке гипотез. Здесь невозможно дать общий шаблон, и потому особенно важны опыт, исследовательская интуиция и репертуар осмысленных концепций, которые возможно целенаправленно развивать.

Практические задачи делают видимой «скрытую» часть научного мышления, подсвечивают необходимость понимания генезиса используемых идей и методов. По этой причине необходимо сопровождать содержание основных законов логикой их появления: мотивацией, контекстом, опытом и системой представлений. Если практическая задача возникает в процессе обучения, то через неё можно показать учащимся, что во многих случаях тот или иной закон в своё время был естественным обобщением накопленного опыта, а не результатом единственного озарения [12].

Чтобы избежать ложного противопоставления практических задач и школьного эксперимента, важно различать форматы лабораторной работы. Традиционная лабораторная работа «закрыта»: учащийся следует инструкции, а ожидаемый результат и его интерпретация заранее привязаны к учебной цели. Существуют и более открытые, проблемно-ориентированные форматы, где учащиеся в той или иной степени сами определяют, какие данные собирать, как контролировать качество измерений и как обосновывать выводы. Эта линия сближает лабораторные занятия с исследовательской логикой и, по сути, родственна олимпиадному формату практических задач [13–20].

Различие между закрытыми и открытыми форматами — это различие не в наличии исследовательской компоненты как таковой, а в степени погружения учащегося в методологию. При этом в профориентационном аспекте следует признать, что массовая подготовка исключительно к открытым форматам избыточна: в любой сложной деятельности есть и линейные профессиональные роли, для которых достаточно уверенного владения задачами закрытого типа по уже спроектированным алгоритмам действий. Поэтому речь идёт о более точном разграничении образовательных целей.

Если методология не проработана, учащиеся легко приходят к иллюзии результата: «алгоритм выполнен — значит, ответ верен», хотя на деле могли быть неосознанно приняты неверные допущения, проигнорированы

ограничения модели, подменены критерии проверки гипотезы, а качество результата становится трудно оценить самому исполнителю [21]. Поэтому следующий шаг — явное описание каркаса исследования, с которым приходится работать при решении практической задачи.

2.2. Цикл микро-исследования

- Скажите, пожалуйста, куда мне отсюда идти?
- А куда ты хочешь попасть? — ответил Кот.
- Мне всё равно... — сказала Алиса.
- Тогда всё равно, куда и идти, — заметил Кот.
- ...только бы попасть куда-нибудь, — пояснила Алиса.
- Куда-нибудь ты обязательно попадёшь, — сказал Кот. — Нужно только достаточно долго идти.

Л. Кэррол. Алиса в Стране чудес

Ранее было принято определение практической задачи как управляемой формы учебного исследования. Понятно, что полноценным научным исследованием такая задача не является хотя бы потому, что участник не получает новое для академической науки знание, исследовательская задача исходно поставлена, предоставлен исходный набор данных, а на деятельность накладываются строгие временные и ресурсные ограничения. Назовём такую форму исследования микро-исследованием.

Под микро-исследованием мы понимаем не уменьшенную копию «большого» исследования, а его дидактически организованную форму. Её специфика определяется не только масштабом, но и тем, что исследовательская проблема задаётся извне, пространство допустимых действий и ресурсов частично заранее ограничено, ожидается воспроизводимый результат на заявленном уровне подготовки, а само решение должно быть представлено в форме, пригодной для критериального оценивания. Иначе говоря, микро-исследование сохраняет базовую логику исследования, но переводит её в учебный формат, для которого существенен каждый из ранее названных видовых признаков практической задачи.

В ходе решения практической задачи учащийся должен за ограниченное время выполнить полный цикл исследовательских действий — от постановки вопроса до осмысленного вывода [22; 23]. В отличие от «закрытого» алгоритмического упражнения, этот путь по своей природе итеративен: промежуточные результаты нередко требуют уточнить действия, выполненные на предыдущих шагах, вплоть до возвращения к самому началу. Отметим, что в решениях практических задач астрономических олимпиад прошлых лет такая итеративность обычно не отражена: при изучении материалов

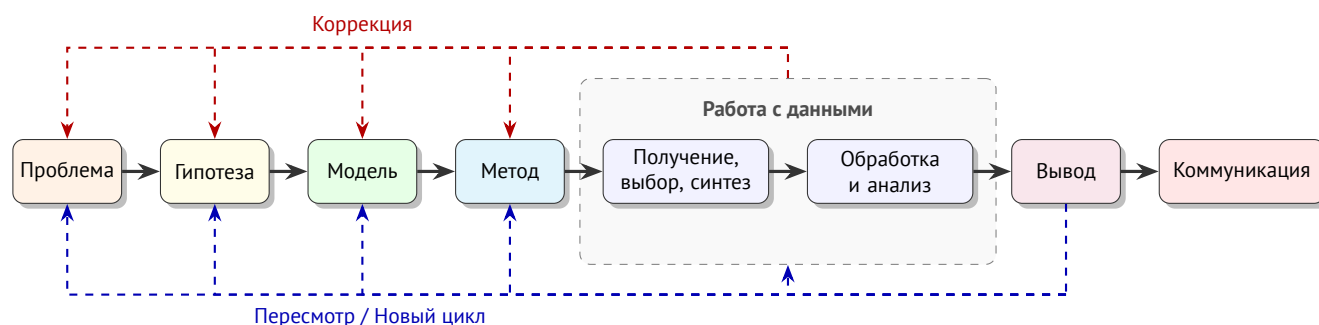


Рис. 1. Схема цикла исследования

учащиеся и педагоги сталкиваются с декларируемыми последовательностями заведомо результативных действий. Считаем необходимым показывать ход мыслей при решении таких задач с нуля, как если бы конечные и промежуточные результаты не были известны.

Содержание исследовательского цикла. Речь идёт не о том, что для практической задачи существует особый, отличный от научного, исследовательский цикл. Существенно для нас иное: общий цикл исследования в данном случае реализуется в специально организованной учебной форме.

Ниже предлагается схема такого цикла в его минимально необходимом виде (рис. 1). Она не задаёт жёсткого алгоритма решения: отдельные шаги могут частично перекрываться, уточняться по ходу работы и повторно воспроизводиться в новой итерации. Тем не менее их явное выделение необходимо как для методического анализа практических задач, так и для обучения учащихся целостной исследовательской логике, поскольку делает видимыми точки возникновения трудностей.

Шаг 1. Постановка проблемы. Исследование начинается с постановки проблемы, то есть с формулировки вопроса, на который необходимо и возможно ответить в рамках поставленной задачи, например:

- согласуются ли данные с моделью;
- есть ли эффект и какова его величина;
- какова оценка параметра по имеющимся данным.

Исследовательский вопрос, как правило, уже задан условием задачи, однако его необходимо осмыслить, уточнить и превратить в достижимый результат, для которого в принципе возможно составить план действий: зафиксировать предмет исследования, его границы, критерии успеха, ограничения и требуемые допущения. Исследовательский вопрос должен быть конкретным, а критерии успеха — измеримыми.

Шаг 2. Выдвижение гипотезы. Гипотеза — качественная идея о том, что происходит; проверяемое объяснение или ожидаемая закономерность. Она может опираться на контекст задачи, результаты предварительной разведки данных [24], физические соображения. Гипотеза должна быть сформулирована так, чтобы её можно было опровергнуть или принять условно.

Шаг 3. Выбор модели и системы допущений. Под моделью понимается формализация гипотезы, задающая связь величин на входе и предсказаний на выходе, включая область применимости этой связи. В широком смысле моделью является закономерность, которой подчиняются данные, вместе с областью определения этой закономерности.

В согласии с моделью фиксируется система допущений. Это важная свобода исследователя: допущения снижают требования к ресурсам, необходимым для успешного решения, но одновременно ограничивают применимость вывода. Ответственный выбор допущений позволяет регулировать сложность модели. Слишком сложная модель не соответствует ресурсам, возможностям учащегося, а порой и доступным данным. Слишком грубое упрощение разрушает связь с гипотезой и делает вывод бессодержательным.

Модель и часть допущений могут быть навязаны условием задачи, что не освобождает от необходимости выявить такие условия и осознать их последствия.

Шаг 4. Метод — это план проверки гипотезы и получения ответа на исследовательский вопрос, состоящий из последовательности конкретных исследовательских действий. При выборе метода определяется:

- какие данные необходимы (какие уже имеются, какие требуется получить), как их получить (извлечь, представить, синтезировать);
- какие процедуры обработки данных применить;
- как будет оцениваться согласие с моделью и неопределённость результата.

Под данными мы понимаем результаты измерений или наблюдений, а также результаты их представления или синтеза.

Шаг 5. Работа с данными. Имеющиеся данные в практических задачах редко приводятся в пригодном для непосредственного использования виде: их необходимо сначала привести к форме, пригодной для последующей обработки. В числе возможных процедур:

- получение и извлечение данных (измерить величину на изображении, снять точки с графика и т. п.);
- выбор данных (определить опорные точки);
- представление (нормировать данные, визуализировать распределение);
- синтез (объединение из различных источников).

В то же время учащийся производит первичный контроль качества данных и их пригодности к дальнейшей обработке: выявляются пропуски, подозрительные точки, возможные систематические смещения. При этом важно явно зафиксировать причины отбора или исключения той или иной части данных, иначе возникает риск подгона результата под ожидаемый вывод.

Затем выполняются обработка и анализ данных. Обработка данных заключается в получении производных численных характеристик, связывающих данные с моделью. В зависимости от задачи к процедурам обработки возможно отнести, в том числе, аппроксимацию, интер- и экстраполяцию, оценивание параметров, оценку погрешностей, расчёт статистических критериев. Анализ данных состоит в их интерпретации и формировании логических результатов, которые служат основанием для дальнейших выводов либо корректировки исследовательских действий.

Шаг 6. Вывод. Результатом микро-исследования является ответ на исследовательский вопрос и статус гипотезы. Гипотеза может быть принята, отвергнута или принята условно — при явном указании условий применимости. Вывод требует определения:

- что именно установлено;
- с какой неопределённостью, при каких допущениях;
- каковы пределы применимости результатов.

Принципиально, что исходная гипотеза является ключом к интерпретации конечных результатов. Если гипотеза «подгоняется» уже после обработки данных, возрастает риск потерять связь с исходной постановкой вопроса.

Шаг 7. Коммуникация результата. Результат исследования должен быть предъявлен так, чтобы было возможно восстановить ход рассуждений, оценить сделанный учащимся выбор исследовательских действий, воспроизвести полученные результаты. Коммуникация является заключительным исследовательским действием: она делает результат доступным для понимания, проверки и воспроизведения другими. На олимпиаде такой формой предъявления результата служат чистовая версия работы и прилагающиеся к ней материалы.

В условиях ограниченного времени коммуникация неизбежно упрощается и сжимается, однако она должна сохранять структуру аргументации. В противном случае оценить качество исследовательского решения принципиально невозможно.

Цикличность микро-исследования. Отрицательный результат при проверке гипотезы возможен и методологически допустим. Если проверка гипотезы не позволяет разрешить исследовательскую проблему в полной мере, выдвигается новая или уточняется исходная гипотеза, и цикл повторяется. Кроме того, итеративный подход позволяет до выполнения наиболее ресурсоёмких действий провести несколько быстрых проверок простых гипотез («разведывательных» итераций), чтобы уточнить дальнейший план и снизить риск «дорогих» ошибок.

Для успешного решения практических задач от учащегося требуется усвоить каркас исследования, отточить реализацию исследовательских действий и научиться поддерживать целостность исследовательского цикла.

Успешность определяется не только владением отдельными шагами цикла. Не менее важно удерживать в поле внимания целостный контекст задачи. Именно это позволяет своевременно возвращаться к предыдущим шагам, пересматривать модель, корректировать метод и сохранять связь между выполняемыми операциями и сутью работы.

Далее покажем, как данное требование связано с психолого-педагогическими представлениями о формировании мышления в деятельности.

3. Психолого-педагогические основания

Психолого-педагогический смысл предложенной рамки состоит в том, чтобы объяснить, каким образом решение практической задачи как микро-исследования становится средством развития мышления. Иными словами, далее нас интересует, как отдельные шаги исследовательского цикла приобретают развивающее значение в деятельности учащегося.

3.1. Единство сознания и деятельности

Раскроем психолого-педагогический смысл практических задач через принцип единства сознания и деятельности, сформулированный в 1930-е годы С.Л. Рубинштейном: «Формируясь в деятельности, психика, сознание в деятельности, в поведении и проявляется. Деятельность и сознание — не два в разные стороны обращённых аспекта. Они образуют органическое целое — не тождество, но единство» [25]. Мышление не прикладывается к действию извне, а формируется в самой структуре действия и одновременно проявляется в нём. Можно усвоить знание о научном методе и даже успешно воспроизвести его при тестировании — но так и не научиться проводить исследования.

Здесь уместна простая аналогия. Человек, изучивший устройство яхты по презентациям, может усвоить терминологию и общие принципы управления, но на воде быстро потеряет контроль. Навык формируется в реальной среде, когда нужно самому удерживать курс, чувствовать натяжение снастей и соотносить действие с откликом судна. Точно так же для формирования исследовательского мышления необходимо не только знание о методе, но и столкновение с проблемой, требующей собственного действия.

Приведённый выше каркас исследования задаёт ориентиры при проектировании учебной деятельности: он фиксирует последовательность шагов и контрольные точки, в которых необходимо осмыслять имеющуюся неопределённость и возможные направления движения. Тем самым деятельность приобретает управляемый характер. Эту логику можно уточнить в терминах теории деятельности А.Н. Леонтьева, который выделил, в частности, следующие уровни [26]:

- на уровне деятельности определяется мотив и общий смысл практической работы;
- на уровне действий формируются цели: исследовательский вопрос (что требуется установить) и критерии успеха — а гипотеза задаёт вектор исследования;
- на уровне операций выбираются и реализуются конкретные способы решения — происходит продвижение к поставленной цели.

В этом смысле описанный выше цикл микроисследования можно рассматривать как педагогически организованную форму деятельности:

- постановка проблемы и уточнение критериев успеха задают цель действия;
- гипотеза фиксирует его смысловой вектор;

- выбор модели и метода связывает цель с доступными средствами её достижения;
- работа с данными переводит исследовательский замысел в систему конкретных операций;
- вывод и коммуникация результата выполняют функцию рефлексии, проверки и предъявления полученного знания.

Поэтому шаги цикла представляют собой не внешнюю схему оформления решения, а структуру той деятельности, в которой формируется исследовательское мышление учащегося.

В таком разрезе гипотеза по-прежнему стоит над алгоритмом: алгоритм принадлежит уровню операций и имеет смысл лишь как средство достижения цели. Учащийся действует не наугад: он соотносит выбранные операции с целями и с тем, с какой именно неопределённостью он работает. Так ученик проживает процесс получения практического знания и формирует для себя путь исследования, отвечая на собственные реперные вопросы.

Будучи основанной на анализе объектов и установлении взаимосвязей между ними, исследовательская деятельность требовательна к уровню развития абстрактно-логического мышления. Поэтому развитие исследовательских компетенций в полной мере возможно в старшей школе. Однако база такого развития должна закладываться заранее, с опорой на экспериментальный опыт и постепенное усложнение структуры неопределённости. Индивидуальное освоение практических задач повторяет их историческую эволюцию: сначала учащийся действует в более закрытых форматах, затем получает всё больше пространства для самостоятельного выбора. Важно, что при таком движении на каждом шаге расширяется пространство самостоятельного выбора учащегося — практические задачи выступают растущей средой деятельности, в которой формируются способы исследования.

3.2. Инструмент как средство развития

Следующий вопрос — за счёт чего учащийся может справляться с исследовательскими задачами. В контексте настоящей статьи под инструментом понимается не только техническое средство (калькулятор, таблица, программная среда, прибор), но и освоенный способ исследовательского действия: приём постановки вопроса, способ контроля качества данных, процедура проверки гипотезы, форма представления результата. Иными словами, инструментом становится всё то, что позволяет

перевести неопределённую ситуацию в управляемую исследовательскую деятельность.

Инструмент следует понимать через его исследовательскую функцию. Один и тот же технический или интеллектуальный инструмент может обслуживать разные шаги микро-исследования. Поэтому освоение инструмента в обучении означает не просто овладение приёмом, а понимание того, на каком шаге исследования и для решения какой именно задачи он применяется.

Всякое развитие опирается на те знания и навыки, которые к этому возрасту уже сформированы или находятся в стадии формирования. В этой связи обратимся к основам абстрактного мышления и формальной логики, которые развиваются в рамках курсов геометрии, алгебры и информатики, к различным системам организации знаний, знакомство с которыми происходит в рамках естественнонаучных дисциплин, и к приёмам обработки неструктурированной информации, установлению неявных причинно-следственных связей в курсах литературы, языков, истории. Эти абстракции привязываются к реальному миру через лабораторные работы и практическую деятельность. Говоря языком Л. С. Выготского, указанный набор образует зону актуального развития: к старшей школе учащийся способен самостоятельно воспринимать, анализировать и даже синтезировать информацию, то есть владеет на необходимом уровне абстрактным мышлением [27; 28].

Это определяет и зону ближайшего развития — навыки работы с неопределённостью. Развитие учащегося невозможно без его самостоятельной работы. От педагога в первую очередь требуется предоставить инструменты для работы с неопределённостью: методы и подходы исследовательской деятельности, после чего совместно с учащимся применять их к практическим задачам. С появлением практического опыта учащийся сможет самостоятельно решать предлагаемые задачи.

Подчёркнём важность своевременной, регулярной рефлексии и взаимодействия с наставником [29]. Он может отслеживать ошибки и искажения восприятия учащимся неопределённости. С помощью подсказок можно избежать неверных представлений о структуре и сути исследовательской работы. Такие искажения, укоренившиеся в сознании ученика, не только приводят к большим ошибкам в будущем, но и с трудом поддаются коррекции. Роль учителя здесь сходна с ролью научного руководителя: организация и контроль исследований, проводимых учащимся самостоятельно.

Таким образом, инструмент в обучении практическим задачам понимается не как техническое средство само

по себе, а как элемент исследовательской культуры. Освоение инструмента означает освоение соответствующей исследовательской функции. Поэтому методическая задача педагога состоит в поэтапной организации самостоятельной исследовательской деятельности учащегося. Инструменты исследователя, осваиваемые учащимся, становятся двигателем его развития.

3.3. Практические советы

Главный практический вопрос, который закономерно возникает после предыдущих рассуждений, — как именно работать учителю. Из предложенной рамки вытекают по меньшей мере пять методических следствий:

1. *Учить работе с источниками неопределённости.* Конструировать задания, где доминирует тот или иной вид неопределённости.

2. *Приучать к неполноте задания процедуры.* На ранних этапах можно фиксировать проблему и часть модели, оставляя учащемуся выбор метода; затем постепенно расширять пространство самостоятельности.

3. *Формировать структуру мышления.* Учащийся должен привыкнуть отвечать не только на вопрос «какой ответ получился?», но и на вопросы «какая гипотеза проверялась?», «почему выбран именно этот метод?», «какие данные были отброшены и почему?», «где границы применимости вывода?».

4. *Показывать образцы исследовательской культуры.* Полезны не только эталонные решения, но и разборы, где видны пробные гипотезы, возвраты на предыдущие шаги, причины отказа от неудачных ходов.

5. *Разводить тренировку операций и обучение методологии.* Отдельные занятия могут быть посвящены технике извлечения данных, оценке параметров регрессии, погрешностей, работе с таблицами; однако эти навыки обязательно должны затем собираться в целостные микро-исследования.

Предложенная рамка не подменяет предметную методику, а задаёт способ её организации. Учитель получает не готовый алгоритм, а карту того, что именно должно стать предметом внимания при проектировании заданий, разборе решений и поэтапном усложнении подготовки.

4. Заключение

В статье практическая задача была рассмотрена как управляемая форма учебного исследования, а её решение — как микро-исследование, в котором учащийся за ограниченное время проходит полный цикл

исследовательских действий. Такой подход позволяет точнее описать специфику практических задач и объяснить, почему их освоение затруднено при подготовке, построенной вокруг алгоритмизации типовых решений.

Ключевым результатом работы является методическая интерпретация практических задач через призму неопределённости. Предложенная классификация видов неопределённости по её источникам показывает, что сложность практической задачи определяется не только уровнем предметного содержания, но и тем, с какими видами неопределённости необходимо работать участнику. Это, в свою очередь, даёт основание для анализа заданий, их типологии и проектирования образовательных траекторий подготовки.

Принцип «гипотеза над алгоритмом» позволяет зафиксировать методологический приоритет в обучении: вычислительные процедуры и технические инструменты имеют образовательную ценность лишь тогда, когда они встроены в осмысленную исследовательскую логику. Практическая задача тем самым выступает средством формирования исследовательского мышления.

Психолого-педагогическое обоснование предложенной концептуальной рамки опирается на деятельностный подход и позволяет рассматривать практические задачи как развивающую среду, в которой мышление формируется в действии. В этом контексте особую роль приобретает педагогическое сопровождение: задача наставника заключается не только в передаче предметных знаний, но и в поддержании целостности исследовательского цикла, а также в помощи учащемуся при освоении инструментов работы с неопределённостью.

Практическое следствие предложенного подхода — необходимость смещения методического акцента от набора частных приёмов и инструментов к инвариантным элементам исследовательского цикла, которые сохраняются при изменении формата задач и технических средств, доступных для их выполнения, что особенно важно в условиях стремительной эволюции цифровых инструментов, включая системы искусственного интеллекта. Если реализация стандартных процедур всё легче делегируется внешним средствам, то образовательная ценность всё заметнее смещается к тому, что не может быть подменено инструментарием: к постановке вопроса, выбору модели, контролю качества данных, интерпретации результата и аргументации вывода.

Статья тем самым ориентирована не на эмпирическую верификацию конкретной методики обучения, а на выделение концептуальной рамки, которая может

служить основанием для дальнейшего анализа задач и разработки соответствующих педагогических решений. В этом качестве предложенная рамка задаёт язык описания практических задач, позволяющий соотносить их предметное содержание, структуру неопределённости, исследовательские действия учащегося и условия оценивания. Это, в свою очередь, открывает возможности для дальнейшей эмпирической и методической разработки поставленных вопросов.

В дальнейшей работе планируется затронуть несколько актуальных направлений:

- исследование профориентационной функции олимпиады, определение разрыва между образованием и современными требованиями в индустриях, где необходимы специалисты-исследователи;
- анализ сложившейся традиции практических задач в разрезе астрономических олимпиад; классификация практических задач по доминирующим в них типам неопределённости позволит точнее описать требования, которые предъявляются к учащимся;
- разработка методики поэтапной подготовки к решению практических задач с учётом усложнения структуры неопределённости, анализ инструментария современного исследователя;
- создание рекомендаций по разработке авторских решений практических задач, в которых явно представлена логика исследовательского выбора, а также разработка критериев оценивания исследовательских решений участников олимпиад.

Продолжение следует.

Список литературы

- [1] Требования к проведению заключительного этапа ВсОШ / Всероссийская олимпиада школьников ; Институт содержания и методов обучения им. В.С. Леднёва. URL: https://vserosolimp.edsoo.ru/zakluchit_way.
- [2] Архив заданий ВсОШ по астрономии / Астрономическое образование. URL: <https://vos.astroedu.ru/problems>.
- [3] *Joint Committee for Guides in Metrology*. Evaluation of Measurement Data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. 2008. URL: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf.
- [4] *National Institute of Standards and Technology*. Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results : NIST Technical Note. № 1297. URL: <https://www.nist.gov/pml/nist-technical-note-1297>.
- [5] *Der Kiureghian A., Ditlevsen O.* Aleatory or Epistemic? Does It Matter? // *Structural Safety*. 2009. Т. 31, № 2. С. 105—112. DOI: 10.1016/j.strusafe.2008.06.020.

- [6] Kennedy M. C., O'Hagan A. Bayesian Calibration of Computer Models // *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*. 2001. Т. 63, № 3. С. 425–464. DOI: 10.1111/1467-9868.00294.
- [7] Blauza S., Kremer K., Heuckmann B. An Integrative Framework for Navigating Uncertainty in Science Education // *Journal of Research in Science Teaching*. 2025. Т. 62, № 10. С. 2216–2237. DOI: 10.1002/tea.70025.
- [8] Wan T., Mickelsen J. M. Investigating Student Ability to Draw Conclusions from Measurement Data // *Physics Education Research Conference 2021*. 2021. С. 432–437. DOI: 10.1119/perc.2021.pr.wan.
- [9] Chen Y.-C., Park J., Jordan M. E. Student Uncertainty as a Pedagogical Resource (SUPeR): an Approach for Phenomena-Based Science Teaching // *Science Activities*. 2024. 25 окт. DOI: 10.1080/00368121.2024.2419086.
- [10] Слободянюк А. И. Физическая олимпиада: экспериментальный тип. 384 с. URL: <https://belpho.org/books/Experiments.pdf>.
- [11] Regulations / Open World Astronomy Olympiad. 2025. URL: <https://owao.siriusolymp.ru/2025en/regulations>.
- [12] Арнольд В. И. Экспериментальная математика. Москва : Фазис, 2005. 63 с. ISBN 5-7036-0105-3.
- [13] Banchi H., Bell R. The Many Levels of Inquiry // *Science and Children*. 2008. Окт. Т. 46, № 2. С. 26–29.
- [14] Buck L. B., Bretz S. L., Towns M. H. Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory // *Journal of College Science Teaching*. 2008. Т. 38, № 1. С. 52–58.
- [15] Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle / M. Pedaste [и др.] // *Educational Research Review*. 2015. Т. 14. С. 47–61. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003.
- [16] Beck C., Butler A., Burke da Silva K. Promoting Inquiry-Based Teaching in Laboratory Courses: Are We Meeting the Grade? // *CBE—Life Sciences Education*. 2014. Т. 13, № 3. С. 444–452. DOI: 10.1187/cbe.13-12-0245.
- [17] Expanding the Universe: Teacher Guide — Standards / Vera C. Rubin Observatory. URL: <https://rubinobservatory.org/education/educators/investigations/expanding-universe/teacher-guide/standards>.
- [18] Лабораторный практикум по физике. 10–11 классы : рабочая программа / МГПУ. 2023. URL: <https://www.mgpu.ru/wp-content/uploads/2023/10/Laboratornyj-parktikum-po-fizike-10-11.pdf>.
- [19] Обухов А. С. Развитие исследовательской деятельности учащихся. М. : Прометей МПГУ, 2006. ISBN 5-7042-1642-0. URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/371968831.pdf>.
- [20] Исследовательская деятельность учащихся: научно-методический сборник в двух томах. Том 2: Практика организации / под ред. А. С. Обухов. М. : Общероссийское общественное движение творческих педагогов «Исследователь», 2007. ISBN 5-98849-052-2. URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/319230824.pdf>.
- [21] Lazonder A. W., Harmsen R. Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance // *Review of Educational Research*. 2016. Т. 86, № 3. С. 681–718. DOI: 10.3102/0034654315627366.
- [22] Налимов В. В. Теория эксперимента. Москва : Наука, 1971.
- [23] Wild C. J., Pfannkuch M. Statistical Thinking in Empirical Enquiry // *International Statistical Review*. 1999. Т. 67, № 3. С. 223–265. DOI: 10.1111/j.1751-5823.1999.tb00442.x.
- [24] National Institute of Standards and Technology. NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods: Exploratory Data Analysis. URL: <https://itl.nist.gov/div898/handbook/>.
- [25] Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. СПб : Питер, 2002. 720 с. ISBN 5-314-00016-4.
- [26] Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М. : Политиздат, 1975.
- [27] Выготский Л. С. Мышление и речь. 1934.
- [28] Formal Operational Stage / *Encyclopaedia Britannica*. URL: <https://www.britannica.com/science/formal-operational-stage>.
- [29] Hmelo-Silver C. E., Duncan R. G., Chinn C. A. Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006) // *Educational Psychologist*. 2007. Т. 42, № 2. С. 99–107. DOI: 10.1080/00461520701263368.

Астрономическое образование, 2026. Материал предоставлен на условиях лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (С указанием авторства — С сохранением условий). Разрешено свободно делиться (обмениваться) — копировать и распространять материал на любом носителе и в любом формате в любых целях, включая коммерческие; адаптировать (создавать производные материалы) — делать ремиксы, видоизменять и создавать новое, опираясь на этот материал в любых целях, включая коммерческие; при условии обеспечения соответствующего указания авторства, предоставления ссылки на лицензию и обозначения изменений, если таковые были сделаны. Производные материалы должны распространяться на таких же условиях.