

Введение

1. Кому адресован этот сборник

Пособия призваны помочь учителю-энтузиасту, опытному или начинающему, желающему организовать (улучшить, дополнить новыми работами) занятия со школьниками практической физикой.

Добиться того, чтобы учебный физический эксперимент был красивым, наглядным и эффективно обучающим, всегда непросто. А когда не владеешь технологией и опытом — сложнее многократно. Поэтому в предложенных пособиях тщательно описаны неочевидные даже для опытного специалиста важные технические, обучающие и организационные моменты, выстроена логика пошагового выполнения исследований и проверок учителем, подсказаны успешные способы проведения экспериментов. Это поможет с минимальными затратами времени, осмысленно и с удовольствием выполнить маленькие, но интересные и в достаточной мере научные исследования. Предложенные пособия можно использовать на обязательном или факультативном практикуме по физике, а некоторые — для проведения лабораторных работ на уроках в классе.

Пособия будут полезны и учителю, который не имеет возможности организовать практикум, но хочет подготовить и продемонстрировать на уроках ряд важных и «красивых» учебных экспериментов. Предложенные идеи помогут при постановке опытов, их отладке, грамотной обработке и объяснении результатов.

Пособия предназначены для школьников, выполняющих работы практикума, для них они и написаны, многократно «обкатаны», исправлены и нацелены на быстрое и успешное выполнение работ. Многочисленные советы и подсказки основаны на характерных трудностях и ошибках, возникавших у ребят при выполнении исследований. Для удобства учителя и учащихся в каждом пособии выделены ключевые вопросы, проверка которых требуется в ходе работы.

Сборник пособий поможет школьникам, которые собираются участвовать в экспериментальных турах олимпиад по физике, приобрести навыки успешной постановки опытов и грамотной обработки результатов.

Пособия можно использовать в качестве руководства для проектных исследований с последующими выступлениями школьников

на конференциях. (Некоторые интересные исследования, выполненные в своё время моими учениками, были осмыслены, упрощены и представлены в этом сборнике в виде лабораторных работ.)

2. ЗАЧЕМ НАПИСАН ЭТОТ СБОРНИК

Когда двенадцать лет назад мы с девятиклассниками начали практикум по физике с выполнением нетривиальных исследований, я думал, что достаточно кратко описать идею работы и предоставить оборудование, и дети сделают успешные опыты, увидят, как работают на практике физические законы, получают красивые, соответствующие теории результаты. Однако на деле всё оказалось намного сложнее: опыты получались плохо, исследования выполнялись нерационально, долго и с безумным количеством ошибок, порядок в лаборатории оставлял желать лучшего, а учитель был постоянно перегружен. За годы практикума в процессе выполнения школьниками сотен исследований выявились способы эффективной работы.

1. Оказалось, что надо так подобрать и отладить оборудование и описать способы проведения эксперимента, чтобы стабильно получался наглядный и ожидаемый (учителем) результат. А это не выходит умозрительно, необходим трудоёмкий процесс проб и ошибок с каждой работой. И в пособиях появилось описание работающего оборудования и указание правильного пути проведения эксперимента.

2. Оказалось, что есть множество неочевидных (в том числе и для учителя!) моментов, на которые важно обратить внимание при выполнении исследования, чтобы опыт получился так, как нужно, и чтобы не было пропущено обсуждение интересных результатов (в этом и есть исследовательский смысл работы). Это учтено при разработке пособий, а также выделены вопросы, по которым учащийся должен сдать проверку. Это помогает и учителю, и учащемуся обратить внимание на ключевые моменты исследования, обеспечивает правильный порядок действий, даёт возможность вовремя обнаружить и исправить допущенные ошибки.

3. Оказалось, что дети склонны делать множество самых разных ошибок, притом явно не тех, «на которых учатся», а тех, из-за которых работа не получается. В результате они загружают учителя тем, что у них «не работает», и он вынужден тратить время на отыскание и исправление сделанных глупостей. Поэтому в пособиях теперь прописано, как надо или как не надо поступать, на что и по-

чему стоит обратить внимание (опять же на основе систематизации типичных «ляпов», когда-то сделанных десятками различных школьников).

4. Исследовательская задача в целом часто оказывалась слишком сложной для начинающих экспериментаторов и нередко вызывала замешательство. Поэтому в пособиях глобальные задачи делятся на ряд небольших и несложных действий, которые важно выполнять (и обсуждать промежуточные результаты с учителем) в правильной последовательности. Пособия постоянно «обкатывались»: когда у многих ребят появлялись трудности, пособие дорабатывалось, вводились дополнительные пояснения или пункты для выполнения, чтобы материал подавался более «плавно», и наоборот, «лёгкие» места сокращались, чтобы работа не стала нудной. В результате достигнут хороший уровень постепенности в изучении материала.

5. Оказалось, что ребятам требуются объяснения незнакомых им теоретических данных, особенностей изучаемого процесса и неочевидных моментов, связанных со сбором и обработкой результатов. Такие вставки тоже появились в пособиях.

6. Обнаружилось множество вопросов, связанных с универсальными приёмами обработки данных, оценкой погрешностей эксперимента, точностью измерительных приборов. Пришлось написать ряд методичек и для этого.

7. И наконец, систематизированы и описаны требования к оформлению работ, принятые правила поведения в лаборатории и прочие моменты, важные для быстрого продвижения (и тоже на основе реальных событий, происходивших в своё время со многими школьниками).

В результате получился эффективно работающий практикум. Важная часть его — набор отработанных (и постоянно совершенствуемых) методических пособий, представленных в настоящем сборнике. Следует отметить, что пособия рассчитаны не только на выполняющего работу ученика, они также содержат много полезных данных для учителя, проводящего практикум.

ОБЗОР ОПУБЛИКОВАННЫХ ПОСОБИЙ

Существуют старые сборники советского времени, написанные, на мой взгляд, сухоовато, часто без важных подробностей и под старое оборудование тех давних времён. А ведь появились новые кра-

сивые идеи, стало доступным и современное оборудование с удивительными возможностями (в том числе дешёвые и точные мультиметры, чувствительные электронные весы, сильные неодимовые магниты, удобные моторчики с редукторами, датчики цифровых лабораторий). Эти идеи и возможности нового оборудования очень хотелось реализовать на практикуме для школьников.

Книга С. Д. Варламова, А. Р. Зильбермана, В. И. Зинковского «Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах» (М.: МЦНМО, 2017) предлагает множество интересных, «красивых» исследований, но при этом не является детальным пособием для выполнения работ «неолимпиадными» школьниками. Часть разработанных мною методичек появилась в результате желания донести идеи С. Д. Варламова и А. Р. Зильбермана до обычных школьников, написав и отладив пособия для выполнения соответствующих лабораторных работ.

А что с современными сборниками методичек для лабораторных работ? Мало кто реально занимается сейчас в нашей стране «углублённым» практикумом со школьниками, и мало кто творит в этой области.

В 2019 г. вышло пособие: *Лукьянов А. А.* 8 класс. Экспериментальная физика. Учебно-методическое пособие для учащихся общеобразовательных школ. М.: ООО «Азбука-2000», 2019, предлагающее ряд задач и исследований по курсу физики 7—8 класса, использующееся на «Олимпиадной школе» при МФТИ. Пособие интересное, работы простые, нескудные и изящные, с теоретическим материалом и полезными подсказками для школьников. Правда, написано оно в большей степени для кружка, а не для выполнения исследований большой группой ребят в рамках школьного урока.

Имеются современные сборники методичек для цифровых лабораторий, которые зачастую написаны с основной целью — продать дорогое оборудование¹. Писались они инженерами, отработки методичек с реальными школьниками не проводилось, рынок совсем не побуждает компании к отладке и доведению до совершенства своих творений. В описаниях работ для некоторых цифровых лабораторий предложено много исследований, слишком простых и неинтересных для ребят, углублённо изучающих физику (см., на-

¹ В связи с этим все пособия для цифровых лабораторий предлагают выполнение всех возможных исследований именно с цифровой лабораторией, что далеко не всегда оправдано. Подробнее — в разделе «Когда не нужны цифровые лаборатории».

пример, сборник методичек к лабораториям «Vernier»), встречаются и откровенно неработающие методички с серьёзными ошибками, которые приведут ученика в тупик¹. В результате пришлось создать свой сборник. Если бы я знал заранее, какой это огромный труд — в течение многих лет улучшать и отлаживать методички по результатам работы со школьниками, то ни за что не взялся бы это делать. Но уже поздно, сборник получился.

3. ЦЕЛИ ПРАКТИКУМА

Зачем делать лабораторные работы?

Предложу ряд проверенных практикой идей.

1. На практикум обычно приходит школьник, не умеющий делать массу очевидных, простых, но совершенно необходимых вещей. Тех самых, без которых никак не подняться на сколько-нибудь серьёзный уровень изучения физики и даже осмысленного разговора о ней. Ведь вы не сможете разобрать ни одной серьёзной задачи с учеником, который не желает рисовать понятные схемы (а зачем они, я и так умный), писать корректные формулы (да ладно, сразу подставим всё в калькулятор), не ошибаться из-за небрежности (ой, забыл перевести мм² в м², ошибся в миллион раз), делать разумные, а не формальные действия, строить графики так, как это принято среди грамотных людей. На практикуме происходит индивидуальная (с боями) отработка (на практике) всех этих многочисленных подготовительных действий, которые в итоге делают ребёнка вменяемым человеком, и теперь с ним можно разговаривать на одном (научном) языке. Кто успешно и с удовольствием прошёл эту суровую школу, тот выходит на принципиально новый уровень в своём подходе к изуче-

¹ Например, в 2010 году мы пробовали выполнять работы из сборника методичек к лаборатории «Архимед», поставившейся в те времена во многие школы страны, и обнаружили там множество в принципе не работающих описаний, которые, конечно, никто из разработчиков не проверял на «работоспособность». (Про лаборатории «Архимед» подробно рассказано в конце этого сборника.)

В 2017 году методичка к лабораториям «RELAB», представленным в настоящее время на российском рынке, предлагала следующее. Работа «Электрический ток в электролитах». Цитата со с. 136: «Электроды последовательно соединить с лампой накаливания и датчиком тока и затем включить в сеть с переменным напряжением 127 вольт». С какой старой методички это переписано «специалистом», который не задумался ни о сути работы, ни об элементарной безопасности? И прочие рекомендации этого сборника, очевидно, написаны в расчёте на то, что никто не будет выполнять предлагаемые исследования.

нию и пониманию физики. И чем ближе к началу практикума, тем больше титанических усилий преподаватель затрачивает именно на это. Зато потом (у тех, кто хотел) появляются результаты, интерес, желание и быстрота выполнения работ.

2. Здесь можно увидеть и «почувствовать», как «работают» изучаемые физические законы.

3. Здесь ученик попадает в мир техники, эксперимента, инженерной и исследовательской работы. Эксперимент вполне может стать несложным, но действительно научным исследованием, а сам процесс его выполнения — чьей-то первой реальной инженерной работой. Это проверка себя на желание быть инженером, физиком, экспериментатором. Так, многие работавшие на практикуме «математики» поступили на физфак МГУ и на Физтех и успешно там учатся.

4. Ребята, поступившие в серьёзные вузы, будут иметь достаточную подготовку, чтобы выполнять суровые работы физтеховского или университетского практикума с пониманием и удовольствием.

5. Практикум — хорошая подготовка к экспериментальному туру олимпиад, для этого есть множество работ с «нестандартными» подходами к решению задач, побуждающих ученика к поиску оптимальных путей выполнения исследования, обеспечивающих наибольшую точность результатов.

6. Выполнив собственное интересное исследование, можно участвовать в конкурсах и конференциях (призёры получают льготы при поступлении в институт). Конечно, чтобы сделать разумную «творческую» работу, нужен достаточный опыт выполнения простых работ физпрактикума.

7. Значительное внимание на практикуме уделяется оценке точности и достоверности полученных результатов. Это целая большая важная область, о которой часто не хотят задумываться не только дети, но и учителя... А какова ценность эксперимента с непонятной точностью результата?

8. В современном мире, переполненном данными, люди привыкают к быстрой, но весьма поверхностной обработке информации, а это несовместимо со вдумчивой инженерной работой, требующей глубоко вникать в суть дела. Лабораторные работы по физике — не только практика для рук и ума, но и глубокий анализ происходящих процессов, а сегодня это редкий и весьма ценный вид деятельности.

9. Выполнение таких работ дисциплинирует, учит внимательно читать описания, чётко выполнять инструкции, создавать понят-

ные, обоснованные, грамотно оформленные отчёты, обращать внимание на многие неочевидные, но важные аспекты эксперимента, получать ценный конечный результат.

10. Способность людей делать руками что-то, не связанное с нажатием на клавиши, существенно уменьшилась в последние десятилетия, а дети — наши ученики, — как правило, совсем неопытны в таких делах. На практикуме у школьников есть возможность научиться многим полезным вещам, а у нас — передать эти знания.

Я старался сделать работы логичными и интересными. Чтобы исследование проходило ярко и иногда приводило к неожиданным и «красивым» результатам. Чтобы достаточно глубоко изучить явление, применить различные методы исследования, отработать навыки обработки результатов, оценки точности, коллективной работы, добросовестного подхода научного работника к проведению эксперимента. Чтобы ребята активизировали свои знания, полученные на уроках, учились применять здравый смысл и делать работающие вещи.

4. Нужны ли пособия для выполнения работ?

Очень уважаемые коллеги не раз высказывали мнение, что детальные и подробные пособия не полезны для школьников, потому что самостоятельное изготовление оборудования детьми, придумывание ими способов проведения эксперимента является прекрасным творческим занятием, а пособия ограничивают свободу юного исследователя.

Я тоже начинал работать без пособий и пришёл к выводу, что у меня с большинством даже весьма разумных школьников это плохо получается. Обычный ученик не имеет времени, навыков, желания и терпения отлаживать неработающее оборудование. Ещё одна проблема в том, что учитель, не имеющий отлаженных пособий, вынужден непрерывно контролировать действия каждого учащегося и многократно объяснять разным людям примерно то, что и написано в предложенных пособиях. Если мы хотим обучать одновременно не одного-двух детей, а достаточно большую группу, пособия весьма полезны. А когда учителю помогают на практикуме не очень опытные студенты, использование пособий существенно повышает профессионализм их работы.

Пособия позволяют сохранить и обобщить находки и успешные действия, наработанные в процессе практикума со многими школьни-

ками. А это полезно не только для новичка. Даже я спустя годы уже не помню важных нюансов каждого исследования, а в пособиях они все отражены. Таким образом, я считаю возможным описание технологии выполнения учебных исследований и её успешное применение.

Самостоятельное, без методичек, выполнение экспериментов получается у опытных ребят, уже имеющих прочные навыки, и вполне оправдано для отработки новых лабораторных работ, для подготовки участников экспериментальных туров олимпиад, для проектных исследований. При этом учитель, конечно, будет тратить значительное время на постоянную помощь школьникам, работающим без пособий.

5. ПОДХОДЫ К УРОВНЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В практике учителей физики можно обнаружить различные (и обоснованные) подходы к решению этого вопроса.

Одна крайность состоит в том, чтобы поставить школьнику исследовательскую задачу и требовать, чтобы он сам подобрал оборудование и выработал методику проведения и обработки результатов эксперимента. Полагаю, это сработает с уже отлично подготовленными и мотивированными ребятами, иногда им нужно ставить именно такие задачи.

Более простой для школьников и учителя уровень, рассчитанный на массовое выполнение работ практикума и отработку навыков и умений проведения эксперимента, как раз и предложен в данном пособии. Отлажено оборудование, тщательно отработаны и многократно «обкатаны» методички, важные особенности исследований не должны ускользнуть от внимания учителя и учащегося, а ошибки, которые обычно делаются (тем и другим), уже аккуратно описаны, и совершить их почти невозможно, работа при желании и старании выполняется довольно быстро, а результаты получаются «красивыми».

Ещё более «организованный» уровень предлагает, например, компания «Научные развлечения», «зашившая» в свои цифровые лаборатории «сценарии» выполнения каждого исследования, где именно программа ведёт школьника и подсказывает ему, что надо сделать на каждом этапе, а также автоматизирует сбор и обработку данных опыта. Да, экономим время, меньше приходится писать и читать. Это современно и актуально, но ещё дальше от самостоятельного исследования.

Приходилось слышать и об экспериментальной установке, где не только автоматизирован сбор данных, но и сама исследуемая электрическая схема находится внутри установки, а нужные конденсаторы и индуктивности подключаются автоматически с помощью нажатия кнопок. Хотели сэкономить время и силы учащегося, а на деле почти лишили его реального изучаемого объекта.

Продолжая эту шкалу, можно ожидать появления установки, которая при нажатии на кнопку будет сразу распечатывать готовый отчёт об исследовании, а учащемуся даже не придётся вникать в суть дела. Учителю тоже будет легко: все отчёты будут правильными, и проверять их будет не нужно. Это, конечно, грустная шутка, но всегда приходится делать выбор между глубиной участия школьника в исследовании и отведённым на исследование временем (с учётом умений и мотивации учителя и ученика).

6. ВИДЫ РАБОТ НА ПРАКТИКУМЕ

ОБУЧАЮЩИЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Это работы, предлагаемые в данном сборнике, которые предназначены для близкого знакомства с изучаемыми законами физики и различными интересными явлениями, отработкой важных теоретических задач школьного курса на практике, подходами к проведению эксперимента и приёмами обработки данных. Это те работы, которые чаще всего делают наши учащиеся и которые можно предложить (с учётом постепенности и класса) любому школьнику, в том числе и целому классу, в особенности там, где физика изучается углублённо.

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

На практикуме полезно научить детей паять, ремонтировать простые устройства (например, ребята ремонтировали провода у своих наушников, желающие делали себе мощные светодиодные фонарики, питающиеся от аккумулятора USB).

«Продвинутые» школьники изготавливали самостоятельно устройства для демонстрации интересных опытов на уроках физики. Это отдельная большая тема, множество великолепных идей можно найти в работах В. В. Майера и Е. И. Вараксиной в журналах «Потенциал» и «Учебная физика».

Такие работы требуют значительных затрат времени учителя и закупки нужных радиодеталей, и они хороши для заинтересованных и достаточно опытных ребят.

ТВОРЧЕСКИЕ ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

Ещё один важный вид деятельности на практикуме — когда учащиеся проводят собственное интересное и довольно сложное исследование¹, оформляют отчёт и презентацию, посылают заявку и участвуют в научно-практической конференции. Этот несомненно полезный вид работы требует много времени и энергии учителя, постоянных индивидуальных консультаций и помощи юным исследователям. Предлагайте делать такие работы только достаточно опытным ребятам, которые уже продемонстрировали своё постоянство намерений, ориентируйте их на возможно более самостоятельное выполнение работы, просите иногда подключить родителей (пусть сначала они исправляют многочисленные ошибки в презентации и прослушивают доклады), а также занимайтесь конференциями существенно заранее (не попадайте в ситуацию, когда уже пора послать тезисы, а работа не выполнена). Помогите школьникам разделить исследование на простые этапы, а также требуйте своевременного документирования каждого этапа работы, чтобы не утерять ценные результаты.

Предлагаемый сборник описывает ряд исследований, которые могли бы послужить основой для глубокого самостоятельного изучения школьником интересного физического явления.

7. УСПЕШНОЕ И НЕУСПЕШНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТОВ СО ШКОЛЬНИКАМИ

Рассмотрим организацию, ошибки и трудности подготовки проектных исследовательских работ и выступлений школьников на серьёзных конференциях, которые, в частности, дают льготы при поступлении в вузы².

Как обычно, желание подать детскую работу на серьёзный конкурс школьных проектов возникает не первого сентября, а перед

¹ Важно отметить, что чем больше юные исследователи затратили усилий на успешное создание своими руками собственной экспериментальной установки, тем более ценна и значима для них работа.

² Все описанные примеры — обобщение конкретных случаев из практического опыта автора.

«дедлайном» подачи заявок. К этому времени уже определены заинтересованные дети, есть и хорошее начало работы, но она далеко не закончена, а уж о документировании результатов и оформлении презентации еще никто не задумывался. Поскольку для приема заявки от участника требуются только тезисы, начинается срочная работа над ними. Учитель понимает, что дети не способны самостоятельно написать «качественные» тезисы, которые заинтересуют комиссию и обеспечат приглашение на второй — очный тур конференции, поэтому вынужден очень активно помогать. И вот несколько дней аврального труда, результаты спрогнозированы, работа представлена в лучшем виде, на «красивые» результаты намекнули, но на деле ещё их не получили, тезисы отправлены.

Что обычно происходит дальше? Дети расслабляются и перестают работать над своим проектом с должной интенсивностью. Ведь непонятно еще, приняли их работу на конкурс или нет, так зачем же напрягаться?

И вдруг «неожиданно» приходит приглашение. «Вы успешно прошли отборочный тур. Теперь приглашаем вас выступить на конференции, которая состоится через три недели». И вот снова аврал. Исследование катастрофически не доделано, многие данные не получены, к тому же нет еще ни требующегося отчета, ни презентации.

А школьников никто и не обучал писать научные отчеты и делать яркие презентации, выигрышно показывающие сильные стороны работы. И вот, за считанные дни до выступления первая версия презентации, наконец, представлена учителю. Очевидно, в ней он увидит множество грубых ошибок, плохую логику изложения материала, неверно расставленные акценты и игнорирование интересных аспектов проведенного исследования. Конечно, теперь учитель хорошо понимает, что результаты вложенного немалого труда вот-вот пропадут впустую из-за неумелого их представления школьником. И он вынужден активно включиться в работу над отчетом и презентацией.

Учитель тратит массу времени (и это очень много, если одновременно выполняется несколько проектов), редактирует отчеты и презентации дома, консультирует детей вечерами по телефону и постоянно борется с желанием пойти по легкому пути и написать все эти отчеты самостоятельно, вместо того чтобы деликатно объяснять юным исследователям, как, о чем и почему нужно писать в отчете, а чего в нем писать не следует, как сделать отчет связным, соответ-

ствующим требованиям конференции, научному подходу и элементарному здравому смыслу.

Да, а ведь еще надо подготовить доклады, и на это осталось совсем уже мало времени. И ещё совершенно необходимо многократно прослушать и скорректировать детские выступления, а также потренировать ребят отвечать на возможные вопросы. В таких ситуациях события разворачиваются по одному из возможных сценариев:

НЕБЛАГОПРИЯТНОЕ РАЗВИТИЕ СОБЫТИЙ

Дети систематически игнорируют советы учителя, имеют свой взгляд на стиль и способ представления и оформления своей работы (который обычно можно описать словами «и так сойдёт»). Учитель понимает, что «не сойдет», потому что видит явные ошибки разного уровня, но дети-то их не замечают и часто не согласны с учителем.

Когда отчет присылают на очередную правку, а в нем не исправлены ошибки, о которых учитель целый час рассказывал ребятам в прошлый раз, становится ясно, что «детское» видение работы в конфликте с точкой зрения учителя.

Пробное выступление дети предпочитают проигнорировать, потому что нет сил и желания править «уже выученный» доклад несколько раз. Когда доклад все же прослушали и учитель указал на множество ошибок и недостатков (а разве школьники его просили об этом?), дети сильно расстраиваются вместо того, чтобы оперативно заняться исправлением указанных недочетов. Многие ребята действительно не хотят относиться к подготовке презентации и доклада как к ряду последовательных приближений к хорошему уровню качества, они воспринимают свою работу как что-то (разумеется, прекрасное) раз и навсегда ими сделанное и вдруг обесцененное учителем.

В конце концов учитель вынужден согласиться, что это не его, а детская работа (и никто не заставлял его тратить десяток-другой часов своего личного времени на её подготовку), а у детей есть полное право пойти на конференцию и позорно выступить на ней. Что же, это тоже важный опыт. И тут, возможно, учитель понимает, что надо было организовать всё это как-то по-другому. Или совсем не заниматься подготовкой детских работ на такой основе.

БЛАГОПРИЯТНОЕ РАЗВИТИЕ СОБЫТИЙ

Замечания учителя учтены и обработаны, дети торопятся, упорно готовятся и тренируются, вовремя приходят и делают доклады.

Настрой деловой, критические замечания принимаются с благодарностью, как находки, улучшающие качество итогового выступления. Родители ребят активно помогают (не обязательно именно делать работу, хотя это иногда очень полезно, но прослушать доклад, задать адекватные вопросы и исправить в отчете множество ошибок в силах любой человек с высшим образованием). Такие дети едут на конференцию и возвращаются с победой, довольные и награжденные.

А может быть и не с победой. Даже при хорошо подготовленной работе конференция может оказаться «неподходящей» для вашего доклада (или наоборот), и работа школьника может не понравиться жюри. Были случаи, когда самостоятельно выполненная школьником (включая разработку и изготовление экспериментальных установок) исследовательская работа хорошего научного уровня критиковалась как «недостаточно актуальная» и не занимала призовых мест. Не каждый ребенок (и учитель) после этого захочет участвовать в новых конференциях. В таких случаях стоило своевременно подумать о направлении этой же работы и на другие конференции.

Я предлагаю подумать над тем, сколько возможных ошибок учителя, организующего проектную работу со школьниками, перечислено в рассмотренных примерах и что надо сделать, чтобы поставить ситуацию «с головы на ноги».

Конечно, очень важно, чтобы инициатива выполнения интересного проекта исходила от ребят, чтобы они были счастливы принять помощь учителя. Дело должно быть поставлено так, чтобы дети взяли ответственность, т. е. сами были «причиной» выполнения своего проекта. Понятно, на это нелегко решиться: а вдруг дети бросят проект или сделают его плохо? Да, и это их право. А учитель должен найти способ не вкладывать слишком много своих усилий в работы, которые никогда не будут завершены юными исследователями.

Давайте начнем не с долгих серьезных исследований, а с учебных мини-проектов с «защитой» на уровне класса или школы. Тогда и необходимый опыт подготовки к «большим» выступлениям будет постепенно расти.

А серьезные исследования надо начинать заблаговременно, составить с учащимися график работы над проектом и отслеживать его выполнение. Полезно разбить работу на этапы или части исследования, периодически описывать результаты и готовить мини-доклады по ним. И, конечно, учесть немалое время, нужное для подго-

товки отчета и презентации, тренировки выступающих и отработку доклада.

8. АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКУМА В ШКОЛЕ

ВАЖНОЕ УСЛОВИЕ

«Защита» лабораторной работы, подтверждение преподавателем её успешного¹ выполнения — это действие, которое обязательно должно быть сделано. Причём не заочно, а в беседе с юными исследователями. И если обнаружены существенные недочёты (а так обычно и случается) — необходимо их исправление.

Завершение работы очень важно, это как хирургическая операция, которую нельзя немного поделывать и бросить. При нехватке времени можно упрощать задания, выполнить только логически завершённую часть исследований, но работу нельзя просто бросить, а запутавшегося ребёнка отпустить. «Провалившиеся» исследования делают учащихся несчастными.

Если мы берёмся провести детей через самостоятельное выполнение учебного эксперимента, давайте делать это весьма добросовестно.

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ЦЕЛОГО КЛАССА

Один учитель может нормально работать на практикуме одновременно с 5—7 учащимися. Двое (или учитель и опытный помощник) качественно «обслужат» до 12 человек. Эта цифра может быть чуть больше, если все дети делают одинаковые несложные работы, и меньше, когда делается что-то совсем новое, не описанное в пособии. При выполнении любых работ почти каждому ученику потребуется помощь в решении его индивидуальных проблем, даже когда имеется хорошо отлаженное описание работы.

Когда группа из 12—14 человек выполняет одинаковую работу на 6—7 установках и имеются отлаженные пособия, её может кон-

¹ Успех — достижение поставленной цели. Предполагается, что каждый разумный школьник заинтересован в получении «учебно-научного» результата, а если же ему интересна только отметка — вы его потеряли и практикум уже не для него. Кроме того, в большинстве предложенных работ результат не является очевидным, а исследователей ждут приятные сюрпризы. Учащийся должен уйти с победой (т. е. он намеревался сделать что-то и сделал это).

тролировать и один преподаватель, но он будет сильно загружен, а часть ребят так и не получит своевременного внимания и помощи, кто-то запутается, кто-то не успеет, у кого-то что-то не будет правильно работать. Иногда такой подход оправдан, но здесь приходится полагаться на значительную помощь ребят в установке и уборке оборудования, кроме того, обычно не хватает двух уроков на то, чтобы дети завершили работы, а учитель индивидуально проверил и обсудил результаты с каждой группой экспериментаторов.

А вот организация нормально работающего практикума предло-женного уровня в рамках обычного урока в классе с 25 учениками — дело, увы, совершенно безнадёжное.

ДЕЛЕНИЕ КЛАССА НА ГРУППЫ

Хороший вариант — деление класса из 24—28 человек на две группы (как, например, школьникам делят для проведения уроков информатики или иностранного языка) и выполнение несложных работ за одну учебную пару (два академических часа). При этом весьма желательно иметь двух преподавателей или преподавателя и помощника, знакомого с предметом и оборудованием.

Однако даже в таких условиях дети часто не успевают выполнить и «защитить» своё исследование в течение двух уроков, исправить найденные ошибки и обсудить с учителем результаты.

Поэтому весьма желательно иметь дополнительное время — учебную пару после уроков (а лучше — практикум для желающих в рамках допобразования), чтобы «медленные» дети из обеих половинок класса могли прийти, завершить и «защитить» работу в этот же день.

Если такой возможности нет, можно в начале практикума составить график, согласно которому на двухчасовом занятии часть учащихся делает работы, другая — сдаёт. Но дети, в отличие от студентов, любят пропускать уроки по болезни, а работы обычно делают вдвоём, а потом забывают дома, и в результате получается неразбериха, с которой трудно справиться.

Ещё один вариант — объявление с нужной периодичностью дней, посвящённых «сдаче долгов» и выполнению пропущенных работ. Но в этом случае придётся предусмотреть возможность отпустить часть детей с урока или же занять их дополнительными исследованиями.

Если учитель сможет добиться, чтобы школьники до прихода на урок уже понимали идею работы и были готовы к её выполне-

нию (подготовлен лабораторный журнал, записано название работы и оборудование, понята идея исследования, выведены, если требуется, нужные формулы, подготовлена таблица и т. п.), это существенно экономит драгоценное время урока. Отмечу, что при этом совсем не надо и даже вредно читать дома пособие до конца. Но, как показывает опыт, организовать добросовестное выполнение домашних заданий совсем непросто.

ПРАКТИКУМ В ФОРМЕ КУРСА ПО ВЫБОРУ

Если практикум проводится после уроков, то формально он не может считаться обязательным, а отметки не должны ставиться в школьный журнал. Однако, если вы договоритесь с администрацией, родителями и детьми считать лабораторные работы обязательным курсом или же курсом по выбору, где каждый учащийся обязан выполнить, например, три обязательных исследования (и любое количество дополнительных) в течение четверти в удобное время (12 работ за год!), это будет весьма успешным, к тому же равномерно распределит учащихся по разным дням и к вам не придёт сразу слишком много детей.

ПРАКТИКУМ В ФОРМЕ КРУЖКА

Если практикум является просто кружком, большинство детей будет приходить на занятия от случая к случаю, а с наступлением весны многие совершенно перестанут посещать «необязательные» занятия. Учителю придётся приглашать новых и новых детей и тратить существенное время и усилия на то, чтобы новичок обрёл начальные элементарные навыки, и тут он обычно исчезает... Конечно, есть и стабильно с интересом работающие ребята, но, как бы прекрасно ни было всё организовано, совсем необязательный практикум гораздо менее эффективен, чем «немного обязательный».

9. О РАБОТЕ НА ПРАКТИКУМЕ

НАВЫКИ РАБОТЫ С ОБОРУДОВАНИЕМ

Мы — представители последнего советского поколения. Помните, в конце прошлого века приезжающие иностранцы удивлялись: «Как, вы можете сами починить розетку? И телевизор?! И унитаз?! И машину свою сами ремонтируете?!?! А у нас это делают только специалисты узкого профиля...»

Прошли годы, и новое поколение разучилось работать руками. Поэтому придётся потратить немало сил и времени на простые и иногда досадные вещи: один ребёнок не может герметично подключить шланг датчика давления, другой не понимает, что такое «плотно закрыть пробку», третий не может найти принтер, на котором печатают графики... У каждого будут свои трудности, с которыми он может слишком долго и не всегда успешно справляться, а вы, учитель, должны быстро помочь. Долог путь к тому, чтобы разные технические «мелочи» стали подчиняться ученику... Опыт показал, что дети обычно беспомощны в самообеспечении работы необходимыми «мелочами», им необходимо дать хорошо подобранное и заранее отлаженное оборудование, иначе не избежать громадных потерь времени.

Придётся учителю готовить и самому проверять оборудование, а затем положить его в отдельную для каждой работы коробку, предусмотрев оснащение всеми мелкими, но необходимыми предметами.

Иногда полезно организовать помощь новичку со стороны более опытных учащихся, уже выполнивших такую работу.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗНАНИЙ НА ПРАКТИКЕ

Вот, вот она, цель обучения! Вот десятый математический класс решает простую систему из двух уравнений и получает семь различных ответов... Типичная картина? А вот мы даём термометр, чтобы узнать температуру воздуха в закрытой колбе (колба в тепловом равновесии с окружающей средой), и девочка старательно прислоняет его к стеклянному боку сосуда...

Сначала я пробовал давать детям большие исследовательские работы без множества подсказок в описаниях. Сформулировать конечную цель, наметить путь к ней. Ребята справились плохо, почти бесконечно долго. Пришлось разделить сложные исследования на несколько относительно простых. Пришлось также написать, где, как и какие законы применить. Обобщить успешный опыт и дать ценные советы. А ещё подробно описать те ошибки, которые «любят» делать дети в каждом месте работы. Хотя я часто предлагаю школьникам вывести формулы самостоятельно, всё же конечные результаты пришлось написать. И всё равно работы не стали лёгкими, и у каждого школьника будет свой темп, свои трудности и свои победы.

ПОЛУЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Мы стремимся, чтобы школьник получил красивый научный результат. Отчёт о работе — это маленький, но настоящий научный отчёт, который должен быть достаточно аккуратным, достаточно подробным и понятным читателю. В каждой работе что-то исследуется и обязательно должно получиться что-то интересное. Некоторые ребята вместо получения результата будут пытаться много говорить, делать умный вид, делать что-то ещё. Никогда не принимайте халтуру, и они научатся получать ценные и обоснованные результаты. Обязательно отправляйте работы с ошибками на доработку.

В помощь учителю — требования к выполнению работ, пособия по построению графиков, способам оценки погрешностей и другие, приведённые в этом сборнике. Все они были составлены на основе большого опыта работы, чтобы справиться с типичными проблемами, которые имели место на практикуме.

ОТМЕТКИ

Некоторые дети привыкли и хотят работать за отметку, и это может стать для них реальным стимулом. Например, наиболее ленивым иногда уместно разрешить выполнение работы без оценки точности полученного результата, но с максимальной отметкой «хорошо». А если дети приносят сдавать работу, в которой обнаруживается явная халтура, вопиющая небрежность или противоречие здравому смыслу, работа отправляется на доработку, а итоговая отметка снижается. Если так не делать, «слишком доброго» учителя будут использовать как постоянного «проверяльщика» халтуры и небрежных расчётов. Помните — вы получаете то, что вы поощряете.

НАРУШЕНИЕ ПОСТЕПЕННОСТИ

Вместо того чтобы прочитать пункт № 1 пособия, сделать именно то, что там написано, добиться получения нужных результатов, показать их учителю и приступить к следующему пункту, ученик часто пытается начать выполнение работы с пункта № 5 и, разумеется, немедленно запутывается. При создании каждого пособия большое внимание уделялось плавному нарастанию сложности, разбиению большой трудной задачи на несколько лёгких, выполняемых последовательно. Нарушение постепенности приводит учащегося в замешательство. Проходит два часа, а школьник так и не сделал пункт № 1. Большинство детей очень плохо умеют понимать и выполнять

инструкции. Требуйте выполнять работу последовательно, ничего не пропуская. Интересуйтесь каждый раз, какой пункт пособия выполнил учащийся и где записаны ответы на поставленные там вопросы. Не разрешайте делать ничего другого! Не принимайте и не обсуждайте второй пункт работы, если не выполнен первый.

Обычно ответ на вопрос, интересующий ученика, находится прямо в пособии, лежащем перед ним. Помогите ему увидеть это.

СЛИШКОМ ДОЛГОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ

Значительную часть работ практикума непросто выполнить, оформить и обсудить с учителем за два-три часа. Часто приходится разрешать детям доделывать задание дома или на следующем занятии. В таком случае есть опасность растянуть выполнение работы навсегда, потому что дети придут на следующее занятие с несделанной работой, забудут её дома, один из пары исследователей заболит... Требуйте завершения работы в отведённое время. Если кому-то надо уйти, всегда добивайтесь выполнения и подтверждения учителем хотя бы части исследования. В противном случае получатся расстроенные, запутавшиеся и несчастные ученики.

Обязательно сделайте таблицу с участниками практикума и предлагаемыми работами, отмечайте завершённые ребятами задания. Это побуждает делать работы быстро. Иногда полезно завести специальный журнал и каждый раз записывать, кто что делал и с какими результатами, о чём и с кем вы договорились на следующий раз. Это поможет сохранить контроль над процессом и видеть, кто и как работает.

ПРАКТИКУМ — ТОЛЬКО ДЛЯ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛЮДЕЙ

Часто оказывается, что получение интересного результата исследования — это идея учителя, в то время как цель ребёнка — отделаться от работы с минимальной затратой сил. Вы требуете ясно написанного отчёта, а он приносит халтуру. Вы показываете, в чём ошибка, а вам дают следующую халтуру, вы снова показываете, что исправить, а результаты измерений им уже утеряны. Выполнение одной работы растягивается на несколько занятий и впустую расходует ваши силы и энергию. Распознайте вовремя такое поведение и уладьте ситуацию. Если школьник действительно не хочет работать — не допускайте его на практикум. Работайте с теми, кому это нужно.

А если мы организовали обязательный практикум для целого класса? С седьмыми-восьмыми классами это иногда успешно получалось. Но каждый раз, когда мы делали практикум обязательным для старшекласников и жестко требовали от каждого выполнения работ «продвинутого» уровня, получалось плохо. «Невольники» на практикуме (а это всегда была немалая часть класса) почему-то не превращались в заинтересованных учеников. Преподавателям приходилось выполнять напряженную и тяжелую работу, многократно обсуждая в индивидуальной беседе с каждым школьником его ошибки и проблемы. Работа учителя на практикуме похожа на работу репетитора, вот только она не востребованная и оплаченная, а, наоборот, навязанная и бесплатная, и, естественно, многие дети совершенно не рады тому, что с их ошибками детально разбираются. В худшем случае через год-два мы с удивлением обнаружим, что колоссальные усилия были затрачены впустую. Учитель и дети имели разные цели. Постарайтесь не попадать в эту ловушку.

Если вы вынуждены работать с классом, в котором есть незаинтересованные дети, предусмотрите возможность «быстро сдать» самый упрощенный вариант работы для халтурщиков с минимальными затратами вашего и их времени.

Индивидуальный подход

Спрашивайте у ребят, что им интересно. Старайтесь подобрать из множества работ то, что будет понятно, посильно и интересно в данный момент конкретному школьнику. Пусть нарастание трудности будет плавным, пусть новичок получит более динамичную и интересную задачу. Пусть бывалый проверенный человек иногда делает и «нудные» задания, ибо, увы, не все работы развлекательны.

Порядок и беспорядок

Используется много разных приборов, деталей, описаний, и всё это должно быть в идеальном порядке. Каждая мелочь, которую сломали, потеряли, оставили на столе, бросили не в тот ящик, может вызвать серьёзную проблему при выполнении работы следующей группой, а это надолго «загрузит» учителя в самый неподходящий момент. Я часто наблюдаю детей, которые привыкли дома сваливать наведение порядка на родителей, они же не прочь заставить

позаниматься этим и учителя. С первого же занятия жёстко требуйте наведения идеального порядка после завершения работы. Приучайте ребят класть всё на правильное место.

10. Подход к оценке точности

Важно научить школьника серьёзному отношению к достоверности полученных результатов. Это включает постоянную проверку измеряемых и рассчитываемых данных на соответствие здравому смыслу, побуждение ребят к возможно более точному выполнению измерений и обучение простым методам оценки точности экспериментальных и рассчитываемых данных. Вырабатывается понимание того, зачем это нужно, и из безответственного ребёнка, играющего в выполнение опытов, постепенно формируется ответственный и добросовестный научный работник.

Мы ставим задачу научить школьников правильно пользоваться приборами, рассчитывать абсолютные и относительные погрешности исследуемых величин, оценивать относительный вклад каждого измерения в результирующую погрешность. В помощь учащимся написаны разделы «Правила расчёта погрешности при сложении, вычитании, умножении и делении приближённых чисел», «Оценка точности результата с помощью графика», «Учёт случайных погрешностей», «Точность приборов» и предложена работа «Метод учёта значащих цифр (округление результатов приближённых вычислений)».

При этом главное на школьном практикуме — сами эксперименты, а дети — ещё не студенты. Поэтому в некоторых исследованиях просто предлагается оценить точность измерений исходя из здравого смысла и тех знаний, что уже есть у школьников, затем рассчитать погрешность результата, пользуясь простейшими формулами. Мы не пытаемся применять сложные для школьников строгие математические методы расчёта погрешностей, но хотим научить их основным простым приемам оценки точности.

Задача школьного практикума — выработать осмысленный подход к достоверности полученных результатов, остальному ребята научатся в вузе. Первому знакомству со среднеквадратичным отклонением и построением гистограммы посвящены лишь работа «Обработка статистических данных (научные конфеты)» и работа со стрельбой из баллистического пистолета.

11. КОНТАКТЫ

Я, автор этой книги, преподаю физику в школе №179 города Москвы. Мне всегда можно написать, позвонить, задать вопросы. Коллеги могут бесплатно получить обновлённые версии сборника и самостоятельно отредактировать пособие с учётом своей специфики для работы со своими школьниками. Пособия постоянно дорабатываются и улучшаются, появляются новые идеи и новые исследования. Можно прийти к нам и увидеть, как организована работа на практикуме. Можно организовать семинары для заинтересованных учителей. Обращайтесь.

Электронная почта: tarchevskiy@mail.ru.

«ВКонтакте» — Андрей Тарчевский.

12. БЛАГОДАРНОСТИ

Хочу выразить признательность коллегам и учащимся школы №179 г. Москвы, работавшим на практикуме по физике в 2008—2021 гг., и школы №57, где практикум проводился в 2015—2016 гг. Обобщение значительного опыта работы, выявление характерных трудностей и успешных решений помогло найти и обозначить наиболее прямой путь к получению красивых учебных и научных результатов.

Этот сборник стал книгой благодаря поддержке Е. А. Выродова, взявшего на себя труд прочитать и отредактировать значительную часть материалов. Я благодарен Д. Е. Сороковых, который работал над подготовкой книги к печати и внес ряд ценных предложений по её улучшению, И. В. Рандошкину и И. Е. Краузу за поддержку и ценные замечания. Сотрудники издательства МЦНМО провели огромную работу, чтобы написанные в разное время и в разном стиле пособия стали книгой. Особая благодарность — С. Д. Варламову, придумавшему идеи ряда работ, включённых в этот сборник, и давшему множество ценных советов.

В некоторых пособиях использованы идеи и цитаты из книги: С. Д. Варламов, А. Р. Зильберман, В. И. Зинковский «Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах» (М.: МЦНМО, 2017).