

Олимпиады с экспериментальным туром

По правилам проведения школьных олимпиад задания основаны на школьной программе и могут быть решены обычными школьными методами. Но применение нестандартных методов (их ещё называют «олимпиадными») существенно упрощают решение задач. В условиях ограниченности времени на олимпиаде знание олимпиадных методов и приёмов является сильным преимуществом.

Для успешного решения экспериментальных задач требуется более глубокое понимание физики и выход за рамки привычных идеализированных моделей. Кроме того, для проведения эксперимента необходим опыт выполнения измерений. Можно много раз школьнику объяснять, как измерять, но только многократная практика позволит школьнику в условиях олимпиадного тура вспомнить о методе и успешно его применить.

Участие в олимпиадах вообще и в экспериментальных турах в частности, позволяет школьникам войти в сообщество единомышленников: таких же увлечённых физикой школьников и преподавателей.

Мероприятия, посвящённые олимпиадам школьников, проводились на Летней школе учителей в разные годы. Мы проводили лекции и мастер-классы по следующим темам: система олимпиад школьников (в 2010 и 2013 годах), подготовка школьников к олимпиадам (в 2013 и 2016 годах), методы решения задач теоретических туров олимпиад (в 2017, 2019 и 2021 годах), олимпиады школьников в МГУ (2018 год) и экспериментальные туры олимпиад школьников (в 2017 и 2022 годах). С материалами этих школ можно познакомиться на сайте кафедры общей физики в разделе летняя школа <http://genphys.phys.msu.ru/rus/school/>.

Обычно в рамках тура олимпиады школьникам предлагается выполнить две экспериментальные задачи. На выполнение каждой из них отводится 2 часа 20 минут. За это время нужно либо измерить физическую величину, либо снять и объяснить зависимость некоторой физической величины, разгадать «чёрный ящик». Оформить работу нужно в соответствии с правилами оформления, на основании которых разрабатываются критерии проверки работ.

В работах необходимо описать метод измерений и аргументировать его применимость. В работе должна быть приведена схема установки, таблица с результатами прямых и косвенных измерений, проверка воспроизводимости результатов измерений. Итоговый результат выполнения эксперимента подразумевает представление результата с указанием погрешности (если требуется) и ответить на поставленные в условии вопросы.

Рекомендуется при выполнении работы таким образом распределять время. За первые пять минут нужно прочитать условие задачи, разобраться с оборудованием, проверить его наличие и работоспособность. Если в условии не сказано иначе, то стол считается частью оборудования и его можно использовать¹. После этого нужно построить модель описания явления (5–10 минут) и провести пробный эксперимент (5 минут), который позволит увидеть, всё ли предусмотрено в модели и работает так, как ожидается. Как только всё проверено, можно переходить к выводу теоретическо-

¹Например, край стола можно использовать как опору рычага для определения центра масс линейки или к краю стола можно крепить с помощью зажима нить маятника.

го описания метода измерений (20 минут) и подготовить таблицу для записи прямых измерений (2 минуты). На сами измерения и обработку обычно отводится много времени: 45 и 30 минут, соответственно. После этого можно переходить к завершению работы: оформлению описания метода и теории (15 минут) и оценке погрешностей (10 минут). При таком распределении времени на туре в резерве останется от 10 до 20 минут.

Олимпиадные задачи обычно относятся ко всем четырём разделам физики. В задачах по механике из оборудования используется следующее: штатив, секундомер, весы, динамометр, линейки, штангенциркуль, микрометр, набор грузов. В задачах по термодинамике в комплект оборудования обычно входят: термометры, колбы и пробирки, манометр, шприцы и трубки. Задачи по электромагнетизму подразумевает использование мультиметров, набора проводов, батареек и держателей для них, потенциометров, набора электрических компонентов. В задачах, где используется или изучается магнитное поле, может использоваться компас. Основными компонентами для установок в задачах по оптике являются различные источники света (лазерная указка, фонарик), преобразователи светового поля (CD, призма, лупа, кювета, поляризатор), а также фотоэлектрические приборы (например, солнечная батарея).

При выполнении экспериментального тура олимпиад у школьников часто возникают сложности. Прежде всего, эти сложности связаны с реализацией олимпиадных методов измерения. Эта проблема обычно решается многократными тренировками. Обучение олимпиадному методу можно проводить следующим образом. Сначала дать задачу, в которой нужно применить этот метод с пошаговым описанием. Затем показать сравнение этого метода со стандартными и попросить школьника выявить отличия, обсудить, когда применим этот метод и как по выданному оборудованию понять, что именно этот метод нужен в задаче. Выполнение эксперимента также требует навыка работать руками: на собранной установке всё должно хорошо держаться. Поэтому при подготовке школьников нужно уделить внимание работе руками: соединению проводов в схеме, завязывание узлов и другим «очевидным» навыкам. Оформлению работы тоже стоит уделить внимание: построению графиков, подготовке таблиц, рисунку экспериментальной установки и описанию методов измерений. На занятиях стоит применить технику оценивания работ, которая называется «равный – равному» (участники проверяют работы друг друга по выданным критериям). Кроме того, на занятиях можно попросить разработать критерии оценки работы и потом обсудить, насколько она совпадает с предложенной жюри системой.

В завершении наших общих рекомендаций по подготовке школьников к экспериментальным турам олимпиад мы бы хотели поделиться некоторым набором ссылок: <https://teach-in.ru/> — тут Вы можете найти записи лекций и семинаров преподавателей физического факультета; <https://teach-in.ru/course/orfe> — среди лекций наших коллег особое внимание мы рекомендуем обратить на видеозапись лекций по обработке результатов эксперимента Игоря Владимирович Митина; <https://iepho.ru/> — International Experimental Physics Olympiad — официальный сайт олимпиады по экспериментальной физике для 8–11 классов, на котором можно найти задания прошлых лет и их решения;

<https://mosphys.olimpiada.ru/news/170> — официальный сайт московской олимпиады по физике, на котором можно найти задания прошлых лет и их решения;

<https://vserosolimp.edsoo.ru/physics> — официальный сайт всероссийской олимпиады по физике (для 9–11 классов), на котором можно найти задания прошлых лет и их решения (экспериментальный тур проводится на региональном и заключительном этапах);

<https://maxwell.mipt.ru/> — официальный сайт олимпиады им. Дж. К. Максвелла (аналог всероссийской олимпиады по физике для 7–8 классов), на котором можно найти задания прошлых лет и их решения.

Общие критерии проверки

Критерии проверки экспериментальных туров олимпиад обычно формируются применительно к каждой задаче. Тем не менее можно выделить некоторые общие принципы построения критериев оценивания олимпиадных работ.

Олимпиадная работа обычно состоит из пяти частей:

1. описание метода и его обоснование;
2. результаты прямых измерений и их запись;
3. обработка данных прямых измерений;
4. построение графиков (если это необходимо для решения задачи);
5. итоговый результат.

Ниже мы покажем особенности критериев для каждого из этих разделов.

Метод и его обоснование

При оценке работы жюри обращает внимание на полноту теоретических выкладок. В работе необходимо записать основные законы, которые используются при построении модели, и обосновать их применимость. Далее в работе приводится вывод формулы для физической величины, которую в задаче нужно определить экспериментально.

Сложность этой части работы заключается в том, что некоторые измерения можно сделать разными методами и при выполнении эксперимента нужно использовать самый точный. В качестве примера можно привести задачу по измерению диаметра пальчиковой батарейки. Конечно, можно взять линейку и измерить, но метод прокатывания предпочтительнее².

При рассмотрении условий эксперимента нужно всегда помнить, что в школьном практикуме и школьных задачах чаще всего мы имеем дело с идеализированными ситуациями. В олимпиадном практикуме часто нужно принимать во внимание «побочные эффекты». Например, учитывать сопротивление соединительных проводов в электрических схемах.

В работе нужно описать метод достаточно подробно: указать, как выполняются измерения, настраиваются приборы, а также привести схематичное изображение установки. На этом изображении нужно указать, какие величины измеряются напрямую.

Измерения

В самом начале эксперимента, когда школьник уже придумал методику измерений, рекомендуется провести пробный эксперимент. Обычно в этот момент становится понятно, все ли побочные эффекты учтены в модели. После пробного эксперимента можно переходить к расчерчиванию таблиц и проведению основных измерений.

Требования к измерениям соответствуют стандартному практикуму. Если в задаче требуется измерить одну величину и оценить её погрешность (обычно это задачи для

²Метод прокатывания — это, по сути, метод рядов для определения диаметров цилиндрических тел. Например, проволоки или батарейки. Рядом с линейкой прокатывается цилиндрический объект и измеряется длина n оборотов. Экспериментальная тонкость метода заключается в том, чтобы избежать проскальзывания и точно определить число полных оборотов.

младших школьников), то необходимо провести три измерения в одинаковых условиях, усреднить значения и оценить погрешность. Если в задаче требуется исследовать какую-то зависимость от некоего управляющего параметра, то необходимо измерить достаточное количество точек, чтобы зафиксировать все особенности. В связи с этим нужно правильно выбирать шаг и диапазон управляющего параметра. Типичным числом точек для зависимости без особенностей является от 8 до 12 точек. Если количество точек меньше, то балл может быть снят. Также стоит выбирать максимально широкий диапазон измерений.

Обработка данных

После проведения измерений необходимо обработать полученные данные: рассчитать необходимые величины по формулам из описания метода и оценить погрешность измерений (если это требуется). Для оценки погрешности измерений можно пользоваться любым разумным способом, но при этом о нём стоит упомянуть в работе.

График

Часто в экспериментальных задачах олимпиад требуется построить график по экспериментальным данным. При оформлении графика нужно опираться на стандартные правила оформления. У графика должно быть название. Оси должны быть подписаны (название или обозначение физической величины, используемое в обосновании метода с указанием единиц измерения) и оцифрованы (подписаны значения по осям с равномерным шагом). Масштаб графика должен быть таким, чтобы зависимость занимала не меньше $3/4$ поля. Опять же рекомендуется сперва прикинуть область построения, чтобы выбрать правильный масштаб. После нанесения точек на график часто требуется провести линеаризацию зависимости и определить её угловой коэффициент.

На график нужно наносить все измеренные данные. Если какие-то измерения явно отклоняются от предполагаемой зависимости, то скорее всего была допущена ошибка в измерениях и нужно эту точку измерить повторно. При этом в работе стоит указать, почему «выпавшую» точку можно не учитывать. Помимо линеаризации иногда в задачах требуется провести сглаживающую линию.

Результаты

Итоговый результат измерения физической величины должен быть приведён в конце работы. Если в условии указана необходимость оценки погрешностей, то погрешность должна быть приведена и для записи использованы стандартные правила округления (само округление и число значащих цифр).

Отдельным типом задач является задачи типа «чёрный ящик». Такие задачи состоят из двух частей: в результате эксперимента нужно определить состав «ящика» (какие элементы находятся внутри) и взаимное расположение этих элементов. Решение обеих частей таких задач нужно аргументировать.

