

# ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

В разделе публикуются исследовательские работы школьников, выполненные в самых разных областях знаний. В журнале представлены исследования участников различных всероссийских конкурсов и конференций. Работы прокомментированы учёными-специалистами в данных областях науки. Цель комментария — обратить внимание читателя как на сильные, так и на слабые стороны публикуемой работы; на различные методические и содержательные аспекты проведённого исследования.

Физико-математическое направление

## Расчёт погрешностей в физических измерениях

**Автор: Елисеев Юрий,**

ученик 11 «А» класса МОУ СОШ № 269 ЗАТО г. Снежногорска Мурманской области

**Научный руководитель: М.А. Кунаш,**

учитель физики МОУ СОШ № 269 ЗАТО г. Снежногорска Мурманской области

В лабораторных работах по физике не существует абсолютно точных результатов измерений. **Актуальность работы** заключается в том, что лабораторные и исследовательские работы в школе в профильных классах являются стартовыми для получения базовых навыков.

Вопрос вычисления погрешностей изучен исчерпывающе. Но при этом вопрос оценки результата измерений в школе становится вторичным, а стандартные схемы расчёта погрешностей в некоторых лабораторных работах в школе не всегда обоснованы.

**Цель исследования** — определить способы повышения точности лабораторных расчётов в 10–11 классах по физике. При проведении исследования была выдвинута **гипотеза**: если для каждого раздела физики использовать свою технологию определения погрешностей, то погрешности не будут превышать 100% при сохранении прочих равных условий.

Для этого сформулированы **задачи**:

1. Теоретически изучить основы метрологии;

2. Практически исследовать применяемые средства оценки измерений в лабораторных работах в школе и степень их эффективности;

3. Разработать технологию расчёта погрешностей для различных типов школьных измерений и их практически использовать в лабораторных работах для 10–11 классов.

**В работе использовали:** эмпирические методы (физический эксперимент, наблюдение, сравнение, измерение) и теоретические (анализ, моделирование).

Для проверки гипотезы разработали план исследования, состоящий из трёх этапов.

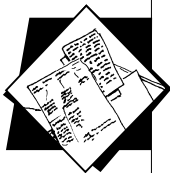
**На первом этапе** были выбраны работы, предлагаемые в тетрадях для профильного уровня, так как из-за их распространённости результатами исследований могут воспользоваться многие.

Для выявления особенностей расчётов погрешностей рассматривались только те работы, которые связаны с числовыми измерениями. В большинстве работ рассчитываются границы абсолютной погрешности. Используются немногочисленные методы: определения коэффициентов прямой пропорциональности, метод сравнения. В ряде работ не указывался факт наличия систематических, случайных погрешностей. В дополнительных заданиях оценка погрешностей отсутствует, а результаты исследований сравниваются. Процесс измерений и расчетов переплетается с анализом погрешностей, что нарушает целостность самой работы: погрешность становится только методом оценки без анализа физических основ.

Поэтому **на втором этапе** провели работы, содержащие расчёт погрешностей.: рассчитали погрешности и проанализировали степень соответствия методики проведения экспериментов и метода расчёта погрешностей. Наиболее высокие значения погрешностей характеризуют работы, содержащие использование электроизмерительных приборов, и эксперименты в области тепловых явлений; наименее значимыми оказались погрешности в большинстве работ по механике. Выделено 5 работ, для которых проводились дополнительные исследования.

Ускорение свободного падения используется во многих работах дальше. Чтобы снизить погрешности, связанные с учётом широты местности, проведено измерение данной величины двумя способами — с помощью математического маятника и вращающегося диска. В результате получено значение  $g_p = 9,83 \pm 0,15 \text{ м/с}^2$ , которое можно использовать далее.

В лабораторной работе по изучению движения тела, брошенного горизонтально, исследована зависимость уровня погрешностей от условий проведения эксперимента — от высоты, с которой падал шарик, и начальной скорости, величину которой изменяли, запуская шарик с различных точек. С увеличением высоты падения уменьшается погрешность. При уменьшении скорости наблюдается обратный процесс — погрешности возрастают, увеличивается случайная



величина в разбросе дальности полёта. Поэтому в данной работе неуместно замечание о «рекомендуемой высоте» — для 19,8 см погрешности высоки.

Для повышения точности расчётов в работе по измерению удельной теплоёмкости твёрдого тела измерено значение коэффициента тепловых потерь, который составил 0,7. Минимальные значения погрешностей соответствуют температуре горячей воды и исследуемого тела, равной 69°C. Зависимость носит нелинейный характер: при температуре 100°C и при её достаточном снижении наблюдается рост величины абсолютной и случайной погрешности, в случае нахождения температуры вблизи значения в 86–89°C коэффициент составляет около 0,9, то есть почти все тепло забирает взаимодействующее тело.

Исследовав скорость остывания горячей воды, выявлена нелинейная зависимость: чем выше температура и чем больше её значение по сравнению с окружающей средой, тем интенсивнее идёт теплообмен, при приближении к температуре теплового равновесия отдача тепла замедляется. Температура минимального значения тепловых потерь находится в диапазоне, которому соответствует практически линейная зависимость температуры от времени.

С учётом коэффициента потерь проведено измерение удельной теплоёмкости твёрдого тела. Без учёта потерь в интервал не входит значение реальной величины удельной теплоёмкости; с учётом потерь интервал, в котором находится удельная теплоёмкость, соответствует табличному значению для данного материала.

В лабораторных работах по электричеству для повышения определялись систематические погрешности. Для вольтметра необходимо учитывать погрешность, связанную с высокой методической ошибкой вследствие большого внутреннего сопротивления. Для амперметра в расчёты должно включаться значение внутреннего сопротивления — оно составило 0,4 Ом почти половину от внешнего сопротивления цепи.

В работе не исследовались пути расчёта динамической погрешности. Необходимо учитывать значительные потери на нагревание всех составляющих электрической цепи: проявление теплового действия электрического тока приводит к изменениям характеристик цепи во времени и рассчитывается с использованием более сложного математического аппарата. При исследовании зависимости данных потерь от величины напряжения точность повышается с ростом напряжения. Если же брать при исследовании сопротивления, значительно отличающиеся от внутреннего сопротивления источника для увеличения всё той же разности показаний, тепловые потери будут оказывать на получаемый результат меньшее действие. В практической работе при измерении внутреннего сопротивления и ЭДС сравнивались результаты, полученные для рекомендуемых значений, и для сопротивления в два раза большего. При этом хотя потери и возрастают, но их рост на порядок меньше.

Таким образом, гипотеза доказана: в каждом разделе физики необходимо использовать свою технологию определения погрешностей, в этом случае погрешности не будут превышать порога в 20% при сохранении прочих равных условий. Экспериментально доказано, что уровень погрешностей зависит от методики организации эксперимента. Выявлена наиболее важная проблема, связанная с противоречием: несовершенными школьными приборами на лабораторной работе предлагается провести измерения малых величин и оценить точность измерений. Поэтому общим правилом при проведении лабораторных работ является уход от использования сравнительно малых величин.

Важным является не сам процесс расчёта погрешности. Эти формулы — мощный инструмент для оценки обоснованности проведения эксперимента.

## Литература

1. *Попова О.Н.* Обучение учащихся выявлению устойчивых связей и отношений между физическими величинами: Методическое пособие для учителей физики. Элиста: Элистинский лицей, 1998. С. 12.
2. *Сергеев А.Г.* Метрология. М.: Логос, 2000. С. 164.
3. Физика. Учебное пособие для 10 класса / Под редакцией А.А. Пинского. М.: Просвещение, 1993. С. 362–367. 