



А.Ф. Еремина



Г.П. Селиверстова

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ В ШКОЛЕ

А.Ф. Еремина\*, Г.П. Селиверстова\*\*

**Аннотация.** В статье даны рекомендации учителям физики по методике подготовки учащихся к проведению лабораторных и практических работ по физике. **Ключевые слова:** физический эксперимент, прямые измерения, косвенные измерения, погрешность.

Физический эксперимент в курсе физики мы используем для создания наглядных представлений о физических явлениях, анализа физических закономерностей и осмысления их. Демонстрации, лабораторные работы помогают развитию наблюдательности и воображения учащихся, когда создается такая ситуация, выход из которой ученики сами ищут, используют свои знания в новой ситуации, что также повышает их самооценку и стимулирует к дальнейшему процессу познания.

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) среднего образования указывает как одну из основных целей «приобретение опыта применения научных методов познания, наблюдения физических явлений, проведения опытов, простых экспериментальных исследований, прямых и косвенных измерений с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов; понимание неизбежности погрешностей любых измерений» [1].

Возможности физического демонстрационного и лабораторного эксперимента расширились с появлением информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Продемонстрировать достижения современной физики и техники, возбудить интерес и расширить кругозор можно только с помощью современных технических средств.

Виртуальные лабораторные работы имеют ряд преимуществ, особенно для школ, не укомплектованных оборудованием: можно осуществить эксперимент, который в обычных условиях невозможен (например, если процесс одновременный или требующий специальных установок), можно попробовать проводить космические эксперименты. Ученик свободен в выборе значений физических величин. Результаты измерений получаются «идеальными», и их под-

становка в теоретические законы позволяет получать точные закономерности.

Существенный недостаток виртуальных работ: они не дают возможности развивать практические навыки учащихся по измерению физических величин, использованию измерительных инструментов, не обучают методике проведения физических опытов и экспериментов. И каким способом оценить и рассчитать погрешность компьютерного эксперимента?

Вполне вероятно, считает В.С. Ким [2], что недостатки виртуальных экспериментов будут преодолены в недалеком будущем. По мере развития физической науки появляться все более сложные и точные модели физических процессов, объектов, явлений и натурный эксперимент будет практически полностью вытеснен из образовательного процесса.

Думается, что это заблуждение! При вытеснении натурального эксперимента из образования произойдет вытеснение самой «натуры», т. е. природы – физического мира, и научный метод будет приводить к новому знанию не о «натуре», а о его «двойнике» – виртуальном образе.

И тем не менее виртуальный эксперимент и лабораторная работа нужны, но они не заменяют реальных экспериментов, а лишь дополняют и обогащают его.

Техническая культура и грамотность учителя выступает на первый план: правильно научить проведению физического и лабораторного эксперимента, расчету исследуемых величин и погрешностей измерений [3].

Работа с первокурсниками физико-технического факультета Северо-Осетинского государственного университета сразу показала недостатки в подготовке школьников. Недостатком исследовательских работ по физике, отмечают члены жюри на разных районных и республиканских конкурсах «Шаг в будущее» (Респу-

\* Еремина Антонина Федоровна – к. ф.-м. н., доцент кафедры физики конденсированного состояния Северо-Осетинского государственного университета имени К.Л. Хетагурова (ateia@yandex.ru).

\*\* Селиверстова Горислава Павловна – зав. редакцией, ВЦ РАН, учитель физики высшей категории (gorislavas@rambler.ru).

бликанский центр технического творчества, г. Владикавказ), «Колмогоровские чтения» (Владикавказский научный центр РАН), «Ступени в науку» (Дворец творчества детей и юношества РДДТЮ, г. Владикавказ), является пренебрежение расчетами погрешности измерений или некорректный ее расчет или просто неумение.

Опыт работы позволил скорректировать некоторые моменты этой стороны обучения. В данной статье даны рекомендации учителям физики о том, что является важным при проведении лабораторных работ в школе. Речь пойдет об измерениях, оценке погрешностей измерений, ибо лабораторная работа – это малое исследование, позволяющее научиться оценивать реальность полученного результата.

В учебнике 7 класса (автор А.В. Перышкин, П 5 [4] даются первые оценки погрешности. Довольно несложно, но за 8, 9 классы эта тема как-то не развивается, а в лабораторных работах ОГЭ ее расчет вообще не предусмотрен. У школьников складывается впечатление, что это не очень важно.

А в учебнике 10 класса (авторы Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский [5]. В основном этот учебник используется в Северной Осетии) раздел «Лабораторные работы» начинается с оценки погрешности, но язык сложен, расчет трудоемкий. Нужно адаптировать предлагаемый материал.

Что же нужно донести до ученика, прежде чем приступать к измерениям?

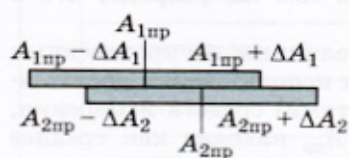
1. Ученики должны хорошо знать, что различаются два вида измерений: **прямые и косвенные**. Если мы измеряем непосредственно с помощью эталона (линейкой, секундомером, термометром), то это прямые измерения.

При прямых измерениях искомая величина находится непосредственно с помощью измерительного прибора, например измерение времени – секундомером, измерение тока – амперметром и т. д. При косвенных измерениях искомая величина определяется в результате математических действий над результатами прямых измерений. Например, вычисление плотности тела производится путем деления массы на объем тела, измеренных непосредственно.

2. Эксперимент – важная составляющая знания. Но в любом эксперименте оценивается достоверность результата, так как результат каждого измерения носит случайный характер. Почему случайный? Потому что 1) **имеет место человеческий фактор** (острота зрения, навыки измерения, опытность, настроение и т. д.); 2) **имеет место «фактор» измерительного прибора** (его класс точности). Окончательный результат должен оцениваться с учетом этих факторов.

Как же получить достоверный результат? **Многократной воспроизводимостью**. А сколько раз? 10, 100, 1000? Ну, возьмем минимум. Это 5–7 измерений, пользуясь статистикой t-критерия Стьюдента [6]. Что считать за достоверный результат? Конечно, среднее арифметическое, хотя это тоже случайная величина. А отклонение от среднего арифметического – это **абсолютная погрешность**:  $\Delta X = |X - X_{cp}|$ . Она всегда положительна. В абсолютную погрешность входит и человеческий фактор (случайная ошибка), и фактор измерительного прибора (систематическая ошибка). Случайные ошибки мы минимизируем за счет увеличения числа измерений и статистической обработки, т. е. мы получаем средний результат. Механические приборы (линейка, штангенциркуль, микрометр и т. д.) имеют инструментальную погрешность  $\Delta X_{пр}$ , равную половине цены деления шкалы или цене деления:  $\Delta X_{пр} = c/2$ ,  $\Delta X_{пр} = c$ , где  $c$  – цена деления. Погрешность прибора вычисляется максимальной ценой деления шкалы одного из приборов, с наименьшим классом точности, тогда погрешность других приборов можно уже не учитывать. Обычно на шкале прибора пишут класс точности. Это и есть максимальная ошибка прибора. Если нет, то берется цена деления или 0,5 цены деления. Полученный результат не может быть точнее класса точности прибора. Усредняя результаты измерений, это обязательно надо учитывать. Как? Надо сравнить порядок среднего результата, свою собственную ошибку с приборной погрешностью. Они должны быть **сравнимы**, т. е. быть одного порядка. Например, вы измерили длину бруска линейкой и получили результаты: 10,3 см; 10,4 см; 10,5 см; 10,3 см; 10,4 см. Среднее значение 10,38 см. А цена деления

### 3. Как сравнивать результаты измерений



Л.1

1. Записать результаты измерений в виде двойных неравенств:

$$A_{1пр} - \Delta A_1 < A_{1пр} < A_{1пр} + \Delta A_1,$$

$$A_{2пр} - \Delta A_2 < A_{2пр} < A_{2пр} + \Delta A_2.$$

2. Сравнить полученные интервалы значений (рис. Л.1): если интервалы не перекрываются, то результаты неодинаковы; если перекрываются, одинаковы при данной относительной погрешности измерений.

линейки 0,1 см. Такой же берем абсолютную погрешность прибора. Соответствия нет. Необходимо округлить средний результат до десятых, т. е. 10,4 см. Тогда относительная погрешность  $\varepsilon = 0,1 \times 100 \% / 10,4 = 9,6 \%$ .

Качество оценки эксперимента определяется именно относительной погрешностью  $\varepsilon$ , которая показывает процент отклонения результата от среднего значения измеряемой величины.

$\varepsilon = \Delta X_{\text{ср}} / X_{\text{ср}}$  (выраженное в процентах).

Как же оценить качество наших экспериментов? Это можно сделать несколькими способами:

– путем сравнения полученных результатов с табличными данными;

– путем сравнения с эталонным результатом, который учитель получил заранее, проведя эксперимент сам и с лучшими приборами;

– путем сравнения результатов, полученных разными группами учащихся. Возможен элемент соревнования: кто точнее.

Работа с таблицей 2 в учебнике 10 класса «Формулы для нахождения относительной погрешности косвенных измерений» [5] часто вы-

зывает затруднения и времени у учащихся, ей следующих, занимает много.

Раздел 3 «Как сравнивать результаты измерений» [5] возможно предложить только желающим, а всем остальным достаточно оценки  $\Delta X_{\text{ср}}$  и  $\varepsilon$ .

Таблица же любых измерений должна содержать в конце разделы:

... X	$X_{\text{ср}}$	$ X - X_{\text{ср}} $	$\Delta X_{\text{ср}}$	$\varepsilon = \Delta X_{\text{ср}} / X_{\text{ср}}$

А как оценить и рассчитать погрешность компьютерного эксперимента? Тем, кто проводит виртуальные лабораторные работы рекомендуем за погрешность компьютерного эксперимента взять либо половину цены деления шкалы, представленной на модели, либо половину от последней значащей цифры в переменной величине. Дальнейший расчет ведется по всем вышеизложенным правилам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Федеральный** государственный образовательный стандарт основного общего образования. <http://xn--80abucijibhv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/938>
2. **Ким В.С.** Виртуальные эксперименты в обучении физике. Монография. – Уссурийск: Изд. Филиала ДВФУ в г. Уссурийске, 2012. 184 с.
3. **Киселева О.М.** Особенности формирования технической культуры у учителей различных педагогических специальностей / О.М. Киселева, Н.М. Тимофеева, А.А. Быков // На-

- учно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. № 8 (24). С. 11–15.
4. **Перышкин А.В.** Физика 7 кл. – М.: Дрофа, 2013, 192 с.
5. **Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н.** Физика 10 кл. – М.: Просвещение, 2014. 416 с.
6. **Автоматический расчет t-критерия Стьюдента.** <http://www.psychol-ok.ru/statistics/student/>
7. **Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы.** / Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурешевова. – М.: «Академия», 2000.

## HOW TO START A LABORATORY EXPERIMENT ON PHYSICS AT SCHOOL

A.F. Eremina\*, G.P. Seliverstova\*\*

\*PhD, Associate Professor. North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov.

\*\* Vladikavkaz Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, the teacher of physics of the highest category.

**Abstract.** The article gives recommendations to teachers of physics in the methodology for preparing students for laboratory and practical work on physics.

**Keywords:** Physical experiment, direct measurements, indirect measurements, error.

## REFERENCES

1. Federal'nyy gosudarstvennyy obrazovatel'nyy standart osnovnogo obshchego obrazovaniya. <http://xn--80abucijibhv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/938>
2. **Kim V.S.** Virtual'nye eksperimenty v obuchenii fizike. Monografiya. – Ussuriysk: Izd. Filiala DVFU v g. Ussuriyske, 2012. 184 s.
3. **Kiseleva O.M.** Osobennosti formirovaniya tekhnicheskoy kul'tury u uchiteley razlichnykh pedagogicheskikh spetsial'nostey / O.M. Kiseleva, N.M. Timofeeva, A.A. Bykov // Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Konsept». 2013. № 8 (24). S. 11–15.
4. **Peryshekin A.V.** Fizika 7 kl. – M.: Drofa, 2013, 192 s.
5. **Myakishev G.Ya., Bukhovtsev B.B., Sotskiy N.N.** Fizika 10 kl. – M.: Prosveshchenie, 2014. 416 s.
6. **Avtomaticheskij raschet t-kriteriya St'yudenta.** <http://www.psychol-ok.ru/statistics/student/>
7. **Teoriya i metodika obucheniya fizike v shkole. Obshchie voprosy.** / Pod red. S.E. Kamenetskogo, N.S. Puryshchevov. – M.: «Akademiya», 2000.