

Ковшова Надежда Михайловна,

студентка 5 курса ВГПУ.

Кузнецова Анастасия Сергеевна,

студентка 5 курса ВГПУ.

Сахаров Юрий Евгеньевич,

старший преподаватель,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»,

г. Воронеж, Россия

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ УМЕНИЯ
УЧИТЫВАТЬ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ФИЗИКЕ (7-9 классы)**

В статье поднимается проблема формирования у обучающихся средней школы умений учитывать погрешности измерений. Рассматриваются вопросы методического характера о поэтапном развитии умений оценки погрешностей. Предлагается дополнить методические пособия соответствующими рекомендациями и инструкциями по формированию умений по каждой из «ступеней» – 7-8-9 классы.

Ключевые слова: основное общее образование, методика обучения физике, фронтальные лабораторные работы по физике, экспериментальные умения обучающихся, погрешность измерений, формирование умения оценки погрешностей.

Nadezhda M. Kovshova,

5-year Student;

Anastasia S. Kuznetsova,

5-year Student;

Yuriy E. Sakharov,

Senior lecturer,

MBPEI HE VSPU,

Voronezh, Russia

**METHODICAL QUESTIONS OF FORMATION OF SKILLS TO TAKE
INTO ACCOUNT MEASUREMENT ERRORS IN THE EXPERIMENTS
ON PHYSICS IN GRADES 7-9**

The article raises the problem of the formation of the students in basic school skills to take into account measurement errors. Questions of a methodological nature about the gradual development of skills for estimating errors are considered. It is proposed to supplement the methodological manuals with relevant recommendations and instructions on the formation of skills for each of the 7-8-9 classes.

Keywords: basic general education, methods of teaching physics, frontal laboratory work in physics, experimental skills of students, measurement error, the formation of the ability to estimate errors.

Формирование умений учета и оценки погрешностей является обязательным этапом при изучении физики, а, следовательно, необходимо построение такой системной работы по лабораторному эксперименту, которая обеспечит более качественное формирование экспериментальных умений обучающихся. Рассмотрим, как обстоят дела с учетом погрешности измерений в настоящее время.

Демидова М.Ю. в статье «Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2018 года по физике» говорит о том, что средний процент выполнения задания 22 ЕГЭ оказался ниже, чем в прошлом году, и составил 63 (в 2017 г. – 74,4). Анализ спектра ответов, представленных участниками экзамена к этому заданию, показал, что почти треть из них используют неверную шкалу для снятия показаний, а остальные ошибки связаны с неверной записью самих показаний или погрешности измерений [1].

Ивашкина Д.А. в статье «И снова о погрешностях» обращает внимание на существование проблемы учета и оценки погрешности измерений [2].

Сахаров Ю.Е. в своей статье «Анализ результатов классической олимпиады по физике по проблеме сформированности экспериментальных компетенций обучающихся на уровне общего образования» указывает, что лишь 4% участников олимпиады верно записали результаты измерений с учетом погрешности [3].

Таким образом, на данный момент в системе общего образования существует проблема сформированности умения учитывать погрешность измерения.

Впервые с понятием «погрешность измерения» учащиеся сталкиваются в 7 классе в ходе изучения параграфа «Точность и погрешность измерений». На уроке обучающиеся узнают, что погрешность измерения равна цене деления прибора.

Анализируя содержание учебников 7-9 класса Перышкина А.В. [6; 7; 8] можно отметить, что:

1) учет и оценка погрешностей измерения в лабораторных работах вводятся в 9-м классе, когда позади уже два года экспериментов и демонстраций без всякого рассмотрения точности полученного результата;

2) в некоторых лабораторных работах вычисленные относительные погрешности очень большие – порядка 100%.

В соответствии с требованиями ФГОС ООО [4], к общим предметным результатам обучения физике в основной школе относится умение оценивать границы погрешностей результатов измерений. Что же наблюдается на самом деле? Ни в одной из лабораторных работ физики 7 класса и речи не идет об оценке погрешностей измерения.

В своей статье Кузнецова А.С. [5] предлагает структуру описания лабораторных работ, которая положена в основу создания рабочей тетради для лабораторных работ, учитывающей планируемые результаты обучения и затрагивающая все этапы от подготовки до подведения итогов. Немаловажным этапом лабораторной работы в данной структуре является учет погрешности измерения. Но как же организовать работу обучающихся по оценке погрешностей?

Известно, что если значение величины получено в результате измерения или действия над этими измеренными величинами, то такой результат никогда не может быть точным. Как тогда решать вопрос, например, о равенстве двух значений? Как провести кривую на графике?

Например, результатом лабораторной работы «Сравнение количеств теплоты при смешивании воды разной температуры», встречаемой в учебнике А.В. Пёрышкина «Физика-8» [6], должно служить сравнение двух значений количества теплоты. Трудно представить, какой конкретный вывод должны будут сделать учащиеся, имеющие смутное представление о погрешностях эксперимента. Ведь значения, полученные в результате лабораторной работы, заведомо не могут быть равны. В работе «Измерение силы трения скольжения» снова возникают проблемы: в выводе предлагается выяснить, зависит ли коэффициент трения от веса тела.

В своей статье «И снова о погрешностях» Ивашкина Д.А. [2] предлагает следующий вариант решения обозначенных проблем: если учащиеся уже знают, что при измерениях результаты всегда не очень точные, то в работе о сравнении количеств теплоты можно предложить округлить полученные результаты, предварительно выразив количества теплоты в килоджоулях. Но есть вероятность, что и после этого значения окажутся различными. А вычислить абсолютную погрешность «методом границ» (о нём – дальше) не так уж сложно. Зато эффект от самостоятельно проведённого опыта возрастает многократно!

В учебнике Пёрышкина А.В. в лабораторной работе «Измерение ускорения свободного падения» [7] предлагается определить разность найденного значения ускорения свободного падения со значением $9,8 \text{ м/с}^2$. То есть в «истинное» значение заранее закладывается погрешность около 0,1%. Ясно, что тем самым авторы пытаются показать смысл самого понятия абсолютной погрешности как отклонения от истинного значения. Такой же способ оценки систематической погрешности предлагается в качестве «простейшего способа». Но в результате ученикам вкладывается в голову представление, что погрешность можно определить, зная табличное значение (если не вообще «только зная табличное значение»). Напрашивается вывод, что погрешность нужна лишь затем, чтобы проверить, правильно ли они выполнили лабораторную работу? Такое истолкование играет скорее

отрицательную роль в формировании подхода к эксперименту как инструменту познания природы.

Таким образом, несмотря на то, что в ООП ООО [8] по физике определяется поэтапное формирование умения учета оценки погрешности измерений, на деле же ни о каких погрешностях в лабораторных работах речи не идет. Также хотелось бы отметить, что в методических пособиях, поставляемых производителем вместе с лабораторным оборудованием, отсутствует учет погрешностей измерений.

Для соответствия образовательного процесса по физике ФГОС ООО, направленного на формирование планируемых образовательных результатов в части учета погрешности измерений, развитие соответствующих умений обучающихся должно происходить непрерывно с начала курса физики в школе.

На первом этапе обучения, в 7 классе, вводится понятие о погрешностях прямых измерений. В учебнике А.В. Перышкина [9] есть отдельный параграф «Точность и погрешность измерений». При изучении в 7 классе погрешностей обучающимся необходимо сказать, что такое погрешность. Сам расчет прямых погрешностей учащимся знать не обязательно, расчет таких погрешностей необходим для самого учителя.

Как их рассчитать?

$$\Delta_{\text{прямого измерения}} = \sqrt{\Delta_{\text{прибора}}^2 + \Delta_{\text{отсчета}}^2} \quad (1)$$

Для стрелочных приборов, а также для измерительных инструментов $\Delta_{\text{отсчета}}$ равна цене деления прибора. Погрешность любого прибора обучающиеся могут найти в паспорте прибора. Если такого не имеется, то принято принимать погрешность прямых измерений за цену деления прибора. То есть, если цена деления у динамометра равна 0,1 Н, то, следовательно, погрешность прямых измерений равна 0,1 Н. Как же это правильно записать?

В учебнике А.В. Перышкина записана формула для записи величин с учетом погрешности:

$$A = a \pm \Delta a, \quad (2)$$

где Δa и есть та самая погрешность прибора.

Также приведен пример: $l=(14\pm 0,1)$ см. То есть, для динамометра искомую величину необходимо записать как $F=(5,5\pm 0,1)$ Н. Обучающимся также необходимо сказать, что при указании погрешности измерения недостающие разряды в приближенном значении принято заменять нулями. Например, если погрешность равна значению 0,05, то запись осуществляется следующим образом: $A=5,50\pm 0,05$, с указанием единиц измерения, где A – это какая-либо искомая величина. В заключении можно сказать, что искомая величина A будет находиться на интервале от 5,45 до 5,55. Этот интервал необходимо изобразить на графике:



На следующем этапе формирования умения учета оценки погрешностей следует ввести понятие погрешностей косвенных измерений. Использование погрешностей при косвенных измерениях начинается в курсе физики 8 класса.

В лабораторной работе «Измерение мощности и работы тока в электрической лампе» [6] учащихся просят проверить, совпадает ли полученное значение мощности с мощностью, которая написана на лампе. Также просят объяснить, если значения не совпадают, почему так происходит. В данном случае обучающимся необходимо прибегнуть к погрешностям косвенных измерений. Это единственное место, где упоминается хоть что-то о погрешности. В курсе физики 8 класса нет параграфа, в котором бы объяснялось, что это такое и как ее вычислять. Значит, учащимся необходимо самостоятельно, предварительно рассказать о погрешностях.

В 7 классе обучающиеся научились изображать погрешности на интервале. Благодаря этому, в 8 классе постепенно объясняется метод границ. Чтобы найти погрешности косвенных измерений методом границ необходимо найти два значения физической величины: одно меньше истинного, называемое нижней границей (НГ), а другое большее, называемое верхней границей (ВГ).

Между нижней и верхней границами находится истинное значение искомой величины. Смотря на формулу, необходимо понять, как максимально увеличить результат, подставляя НГ и ВГ измеренных значений. Значения арифметики должны подсказывать, что, чтобы получить большее, в числитель дроби надо поставить ВГ, а в знаменатель НГ, это приведет к увеличению дроби; чтобы получить больше, надо уменьшаемое сделать больше, а вычитаемое меньше.

Даны два числа: $31,4 \pm 0,1$ и $20,3 \pm 0,1$. Необходимо найти НГ и ВГ для каждой математической операции. Рассмотрим метод границ по пособию Фетисова В.А. [10].

1. Сложение приближенных чисел.

Чтобы найти НГ суммы, надо найти сумму НГ слагаемых: $31,3 + 20,2 = 51,5$.

Чтобы найти ВГ суммы, надо найти сумму ВГ слагаемых: $31,5 + 20,4 = 51,9$.

2. Вычитание приближенных чисел.

Чтобы найти НГ разности двух чисел, надо взять НГ уменьшаемого и вычесть ВГ вычитаемого: $31,3 - 20,4 = 9,9$.

Чтобы найти ВГ разности двух чисел, надо взять ВГ уменьшаемого и вычесть НГ вычитаемого: $31,5 - 20,2 = 10,3$.

3. Умножение приближенных чисел

Чтобы найти НГ произведения, надо найти произведение НГ сомножителей: $31,3 * 20,2 = 632,26$

Чтобы найти ВГ произведения, надо найти произведение ВГ сомножителей: $31,5 * 20,4 = 642,6$.

4. Деление приближенных чисел.

Чтобы найти НГ частного двух чисел, надо взять НГ делимого и разделить на ВГ делителя: $\frac{31,3}{20,4} \approx 1,53$.

Чтобы найти ВГ частного двух чисел, надо взять ВГ делимого и разделить на НГ делителя: $\frac{31,5}{20,2} \approx 1,51$.

Например, дано $U = (3,2 \pm 0,1)$ В и $I = (2,0 \pm 0,2)$ А. Необходимо найти сопротивление R.

Сопротивление находится по формуле:

$$R = \frac{U}{I} \quad (3)$$

Вычислим R и получим, что R=1,6 Ом.

Для того, чтобы вычислить погрешность косвенного измерения для R методом границ необходимо сначала найти НГ и ВГ.

НГ будет вычисляться по формуле:

$$R_{\min} = \frac{U_{\min}}{I_{\max}} \quad (4)$$

ВГ вычисляется по формуле:

$$R_{\max} = \frac{U_{\max}}{I_{\min}} \quad (5)$$

Подставим значения и получим:

$$R_{\min} = \frac{3,1 \text{ В}}{2,2 \text{ А}} = 1,41 \text{ Ом};$$

$$R_{\max} = \frac{3,3 \text{ В}}{1,8 \text{ А}} = 1,83 \text{ Ом}.$$

После того, как НГ и ВГ были найдены, необходимо указать эти границы на координатной прямой:



Отсюда видно, что $R=(1,6 \pm 0,2)$ Ом.

Благодаря методу границ, в курсе физики 8 класса обучающиеся учатся оценивать погрешность косвенных измерений.

После того, как обучающиеся научились определять погрешность прямых измерений в 7 классе и косвенных измерений методом границ в 8 классе, в курсе физики 9 класса необходимо постепенно приучать учащихся к формированию умений оценки погрешностей косвенных измерений другим путем – расчётным. Необходимо ввести понятия относительной и абсолютной погрешности.

В учебнике 9 класса о погрешностях речи не идет, поэтому об их расчете необходимо рассказать самостоятельно.

При расчете искомой величины $I = \frac{A}{B}$ или $I = A \cdot B$, расчёт относительной погрешностей выглядит следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}, \quad (6)$$

где ΔA и ΔB – погрешность прямых измерений A и B .

А расчет абсолютной погрешности для I будет записан в виде:

$$\Delta I = I \cdot \varepsilon \quad (7)$$

Например, дано $U = (3,2 \pm 0,1) \text{ В}$ и $I = (2,0 \pm 0,2) \text{ А}$. Необходимо найти сопротивление R .

Найдем сопротивление по формуле (3) и получим, что $R = 1,6 \text{ Ом}$.

Рассчитаем относительную ε по формуле (6). Получим:

$$\varepsilon = \frac{0,1}{3,2} + \frac{0,2}{2} = 0,13.$$

Теперь, зная ε , найдем абсолютную погрешность для сопротивления:

$$\Delta R = 0,13 \cdot 1,6 \text{ Ом} = 0,21.$$

То есть сопротивление, с учетом погрешности, будет равно $R = (1,6 \pm 0,2) \text{ Ом}$.

Таким образом, на первом этапе – в 7 классе – следует ввести понятие погрешностей и рассказать о погрешностях прямых измерений. На втором этапе, в курсе физики 8 класса, стоит вводить понятие косвенных погрешностей и их нахождения с помощью метода границ. И 3 этап – курс физики в 9 классе. Продолжается введение понятия погрешности косвенных измерений, но уже их вычисление не методом границ, а расчетными формулами. В 9 классе вводятся понятия абсолютной и относительной погрешности. Также эти методы необходимо применять в методической литературе. Благодаря таким этапам, а также тому, что о погрешностях будет написано в учебниках, появится возможность эффективного развития умений обучающихся по оценке погрешностей измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2018 года по физике / М.Ю. Демидова // Педагогические измерения. – 2018. – № 4. – С. 121-143.
2. Ивашкина Д.А. И снова о погрешностях: [газ. «Физика»] / Д.А. Ивашкина // Первое сентября. – 2007. – 15 авг. (№15). – С. 7-10.
3. Сахаров Ю.Е. Анализ результатов классической олимпиады по физике по проблеме сформированности экспериментальных компетенций обучающихся на уровне общего образования / Ю.Е. Сахаров, Р.М. Чудинский, О.С. Савельева // Европейский журнал социальных наук. – 2018. – № 1. – С. 273-277.
4. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования [Электронный ресурс]: приказ Минобрнауки России от 17.12.2010г. № 1897 (ред. от 29.12.2014 № 1644) – Режим доступа: http://минобрнауки.рф/документы/938/файл/приказ_Об_утверждении_1897.rtf
5. Кузнецова А.С. Формирование экспериментальных умений обучающихся при подготовке и проведении фронтальных лабораторных работ / А.С. Кузнецова, Ю.Е. Сахаров // Наука и образование: новое время. – 2018. – № 6. – С. 592-603.
6. Перышкин А.В. Физика. 8 кл.: учебник / А.В. Перышкин. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2014. – 237, [3] с.: ил. – ISBN 978-5-358-13208-5.
7. Перышкин А.В. Физика. 9 кл.: учебник / А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. – М.: Дрофа, 2014. – 319, [1] с.: ил. – ISBN 978-5-358-09883-1.
8. Примерная основная образовательная программа основного общего образования: [Электронный ресурс]: одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию 8 апреля 2015 г. No 1/15 . – Режим доступа: http://минобрнауки.рф/проекты/413/файл/4587/ООП_ООО_reestr_2015_01.doc
9. Перышкин А.В. Физика. 7 кл.: учебник / А.В. Перышкин. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2013. – 221, [3] с.: ил. – ISBN 978-5-358-11662-7.
10. Фетисов В.А. Оценка точности измерений в курсе физики средней школы: Кн. для учителя / В.А. Фетисов. – М.: Просвещение, 1974. – 95 с.