

Обработка результатов вычислений при выполнении практических заданий и лабораторных работ по физике

В. С. Корнеев^{1*}

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: v. s. korneev@sgugit.ru

Аннотация. Рассмотрены типичные ошибки, которые допускают обучающиеся в арифметических вычислениях при использовании калькуляторов. Сформулированы основные правила выполнения вычислений физических величин, которых нужно придерживаться при выполнении практических заданий и лабораторных работ по физике и другим естественно-научным дисциплинам. Навыки арифметических вычислений и обработки полученных результатов могут быть полезны обучающимся при оформлении научно-исследовательских работ, курсовых и дипломных проектов.

Ключевые слова: электронная информационно-образовательная среда, множество вещественных чисел, результаты измерений и вычислений

Processing the Results of Calculations when Performing Practical Tasks and Laboratory Works in Physics

V. S. Korneev^{1*}

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation,

*e-mail: v.s. korneev@sgugit.ru

Abstract. Typical mistakes that students make in calculations when using calculators are considered. The basic rules formulated for performing calculations of physical quantities when performing practical tasks and laboratory works in physics and other natural science disciplines. The skills of arithmetic calculations and processing of the results obtained can be useful to students in the design of research papers, term papers and diploma projects.

Keywords: electronic information and educational environment, the set of real numbers, the results of measurements and calculations

Введение

В последнее время перед преподавателями естественно-научных дисциплин в вузах возникает проблема: как в условиях сокращения в учебных программах общего количества часов, выделяемых на лабораторные и практические занятия, обучить студентов навыкам проведения физических экспериментов и обработки полученных результатов. В условиях дистанционного обучения, когда обучающиеся самостоятельно выполняют компьютерные лабораторные работы и отправляют преподавателям отчеты в виде файлов в портфолио Электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС), обратная связь между преподавателем и обучающимися ограничена форматом файла. Поэтому возникла необходимость сформулировать основные правила выполнения рас-

четов и округления полученных результатов и довести эти правила до сведения обучающихся.

Методы и материалы

Множество вещественных чисел включает в себя множества целых и рациональных чисел, представимых в виде бесконечных десятичных дробей [1]. В разделах физики, в которых описываются механическое движение и взаимодействие материальных тел, используются арифметические действия с вещественными числами: сложение, умножение, взведение в степень, а также сравнение вещественных чисел. Правила арифметических действий с вещественными числами обучающиеся изучают в средней школе, и курс математического анализа в вузе начинается с повторения и закрепления этих правил.

Большинство математических вычислений обучающиеся проводят с использованием калькуляторов, при этом полученные ответы не подвергаются обработке и критическому анализу.

Типичные ошибки, допускаемые обучающимися при выполнении расчетов и округлении полученных результатов – следующие:

- 1) нарушение порядка выполнения арифметических действий с числами;
- 2) неправильное округление и преобразование полученного числа;
- 3) незнание основных и производных единиц при преобразовании степени числа и неумение приводить полученный результат вычислений к стандартным единицам;
- 4) неумение переводить радианы в градусы при вычислении прямых и обратных тригонометрических функций;
- 5) отсутствие практических навыков построения графиков функциональной зависимости одной величины от другой.

Необходимо отметить, что данные ошибки допускают обучающиеся как первого, так и последующих курсов обучения, что свидетельствует о системных проблемах при обучении естественно-научным дисциплинам.

Несмотря на то, что порядок и правила обработки результатов измерений и вычислений приведены в лабораторных практикумах по физике [2–4], часть обучающихся не может их усвоить и применять на практике при написании отчетов по лабораторным работам.

Основные правила выполнения арифметических вычислений следующие:

1. При выполнении действия деления, десятичные дроби необходимо округлять по недостатку или избытку:

$$\frac{1}{3} = 0,33(3) \approx 0,33;$$

$$\frac{2}{3} = 0,66(6) \approx 0,67.$$

2. При действиях с иррациональными числами, округление необходимо проводить до разряда сотых долей:

$$\pi = 3,141592653 \approx 3,14;$$

$$\sqrt{2} = 1,414213563 \approx 1,41;$$

$$e = 2,718281828 \approx 2,72.$$

3. При вычислении среднего арифметического значения $\langle x \rangle$ нескольких чисел по известной формуле:

$$\langle x \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 33,5461.$$

округление проводится только после вычисления и округления средней квадратичной погрешности:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n(n-1)}} = 0,948 \approx 1.$$

Полученное среднее значение следует округлить до разряда полученной среднеквадратичной погрешности, в данном случае – до целого числа:

$$\langle x \rangle = 34.$$

4. При выполнении расчетов в специальных дисциплинах, например, в «Теплотехнике», необходимо использовать единицы, наиболее часто используемые в данных разделах, так теплоемкость воды, при 20°C, $C_p = 4,18$ кДж/ (кг·град), поэтому после проведения вычислений, полученный результат рационально представить в единицах – кДж; кВт; МВт.

5. При выполнении арифметических действий, когда в расчетную формулу входят физические константы, например, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ (Ф/м), или $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (Гн/м), сначала вычисления проводятся с числами, затем со степенями:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \left(4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}\right)^{-1} \approx 0,00899636 \cdot 10^{12} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ (м/Ф)}.$$

6. При выполнении вычислений с несколькими арифметическими действиями, порядок действий строго регламентирован:

- а) сначала проводятся вычисления в круглых скобках;
- б) затем вычисляются значения дробей;
- в) затем проводятся вычисления в квадратных скобках;
- г) затем проводится возведение в степень;
- д) в заключении выполняется умножение и приведение к единицам.

$$B = \mu_0 \left[\frac{I_1^2}{(2\pi b)^2} + \frac{I_2^2}{(2R)^2} \right]^{1/2} = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{1}{(0,628)^2} + \frac{1}{(0,2)^2} \right]^{1/2} =$$

$$= 4\pi \cdot 10^{-7} [27,54]^{1/2} = 65,95 \cdot 10^{-7} (\text{Т}) \approx 6,6 (\text{мкТ}).$$

7. При вычислении значений тригонометрических функций необходимо выбрать соответствующие единицы для задания аргументов:

- а) градусы – «deg»;
- б) радианы – «rad».

$$\varphi_{23} = \arcsin \left(\sin \frac{3\lambda}{d} - \sin \frac{2\lambda}{d} \right) = \arcsin \left(\sin \frac{1,5}{50} - \sin \frac{1}{50} \right) =$$

$$= \arcsin (0,03 - 0,02) = 0,5727859 \text{ deg} \approx 0^{\circ}34'.$$

8. При построении графиков функциональной зависимости одной величины от другой необходимо помнить, что по оси абсцисс откладывается независимая величина (переменная или параметр уравнения), по оси ординат откладывается величина, которая явно, или функционально зависит от первой величины. В качестве масштаба по осям откладываются наименьшие значения разрядов измеренных или теоретически рассчитанных этих физических величин.

Результаты

Конечный результат исследований в физическом эксперименте всегда должен быть эффективен: он должен выражаться числом или формулой, относящимися к наблюдаемым величинам [5]. Экспериментальные или теоретические данные, полученные в ходе исследований, представляются в виде таблиц, графиков, или структурных диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков [6, 7].

При выполнении расчетно-графических заданий по дисциплинам общетехнического профиля, например, Методы математической физики, правила выполнения расчетов остаются теми же, но предполагается самоконтроль обучающимися полученного результата [8, 9].

Обсуждение

Обсуждение общих правил выполнения арифметических вычислений с помощью калькуляторов и обработки полученных результатов выносятся на обсуждение участников секции «Цифровой тренд в математическом и естественно-

научном образовании: опыт и перспективы» ежегодной учебно-методической конференции СГУГиТ.

Заключение

Одним из основных навыков в эпоху цифровизации является умение грамотно и максимально точно сделать необходимые математические вычисления, округления, оценку погрешности измерений, и представить полученные результаты в виде таблиц, графиков, диаграмм. Эти умения столь же необходимы современному инженеру и бакалавру, как знание разговорного английского языка, как умение грамотно записывать и оформлять информацию в текстовом виде. Только при сочетании этих навыков и умений можно обучить и подготовить всесторонне грамотного специалиста или академического бакалавра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. Ч.1. Изд. 4-е переработанное и дополненное. М.: Наука, 1982. – 616 с.
2. Карманов И.Н., Корнеев В.С., Михайлова Д.С., Никулин Д.М., Сырнева А.С., Шергин С.Л. / Физика. Механика. Электричество. Магнетизм: практикум под общ. ред. И.Н. Карманова // Новосибирск: СГУГиТ, 2019. – 67 с.
3. Корнеев В.С., Батомункуев Ю.Ц., Райхерт В.А. / Физика. Волновая оптика: практикум // Новосибирск: СГУГиТ, 2019. – 43 с.
4. Карманов И.Н., Корнеев В.С., Михайлова Д.С., Сырнева А.С., Шергин С.Л. / Физика. Колебания. Волны. Оптика: практикум под общ. ред. И.Н. Карманова // Новосибирск: СГУГиТ, 2020. – 51 с.
5. Зельдович Я.Б., Яглом И.М. Высшая математика для начинающих физиков и техников. М.: Наука, 1982. – 512 с.
6. Корнеев В.С., Райхерт В.А., Шергин С.Л., Никулин Д.М. Компьютерная обработка изображений дифракционных картин в лабораторных работах по физике. // Физическое образование в ВУЗах. – 2019. Т.25, №4. – С.31–38.
7. Корнеев В.С., Райхерт В.А. Цифровые технологии обработки оптических изображений в лабораторном практикуме по физике // Сб. материалов Межд. научно-метод. конф. «Актуальные вопросы образования» Новосибирск: СГУГиТ, 2020. – Т.1. – С.185–190.
8. Корнеев В.С. / Методы математической физики. Основные уравнения и задачи: учеб. пособие // Новосибирск: СГУГиТ, 2020. – 80 с.
9. Корнеев В.С. Расчет амплитуд собственных колебаний для мембран прямоугольной и круглой формы // Вестник СГУГиТ. – 2017. Т. 22, №4 – С.173–185.

© В. С. Корнеев, 2022