

Содержание

Предисловие ко второму изданию	6
Предисловие к первому изданию	7
Часть I. ПРАКТИКУМ И СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ	8
1. Лабораторный практикум.	8
1.1. Экспериментальные измерения	8
Общие сведения	8
Ошибки измерений	9
Измерительные приборы	12
Обработка результатов измерений	15
Контрольные вопросы	21
Задачи	22
1.2. Лабораторные работы	24
Выполнение и оформление лабораторных работ	24
Лабораторная работа № 1. Определение линейных размеров.	28
Лабораторная работа № 2. Определение плотности вещества	36
Лабораторная работа № 3. Измерение концентрации кислорода	41
Лабораторная работа № 4. Измерение концентрации диоксида углерода	47
Лабораторная работа № 5. Измерение концентрации угарного газа	52
Лабораторная работа № 6. Измерение концентрации диоксида серы	56
Лабораторная работа № 7. Измерение концентрации диоксида азота	62
Лабораторная работа № 8. Изучение периодических процессов	66
Лабораторная работа № 9. Измерение уровня шума	79
Лабораторная работа № 10. Изучение гравитационного поля	86
Лабораторная работа № 11. Изучение магнитного поля Земли	93
Лабораторная работа № 12. Измерение электромагнитного фона	104
Лабораторная работа № 13. Измерение освещенности	113
Лабораторная работа № 14. Измерение радиационного фона	120
1.3. Компьютерный практикум	134
2. Семинарские занятия	141
2.1. Знания о природе и современный мир	141
2.2. Развитие цивилизации и пределы роста	153
2.3. Фундаментальные знания о природе	164
2.4. Организация живой материи	177
2.5. Объекты познания экологии	194
2.6. Народонаселение и природные ресурсы	212
2.7. Энергетические ресурсы	233
2.8. Загрязнение окружающей среды	247

2.9. Глобальные проблемы экологии	262
2.10. Гармония природы и человека	274
Часть II. СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ	294
3. Фундаментальные постоянные и физические величины	294
3.1. Универсальные физические постоянные	294
3.2. Международная система единиц (СИ)	295
3.3. Приставки и множители кратных и дольных единиц	296
3.4. Единицы логарифмических единиц	296
3.5. Единицы, применяемые в разных областях	296
3.6. Единицы, применяемые в специальных областях	297
3.7. Соотношения единиц СИ и других единиц.	298
3.8. Неметрические русские единицы	298
3.9. Фундаментальные взаимодействия	301
4. Пространство и время	301
4.1. Производные единицы пространства и времени	301
4.2. Характеристика времени	302
4.3. Единицы измерения времени	302
4.4. Счисление времени	304
4.5. Пространственно-временные характеристики.	305
5. Объекты микро- и макромира	307
5.1. Химические элементы	307
5.2. Неорганические соединения	311
5.3. Кислоты и их соли	312
5.4. Органические соединения	313
5.5. Свойства материальных объектов	315
5.6. Тепловые свойства вещества	317
5.7. Характеристики звука	323
5.8. Электрические свойства	324
5.9. Электромагнитные и оптические свойства	326
5.10. Объекты микромира	328
6. Эволюция и структура Вселенной	331
6.1. Основные космологические характеристики	331
6.2. Млечный Путь	332
7. Солнечная система	333
7.1. Основные характеристики Солнца	333
7.2. Зодиакальные созвездия	334
7.3. Атмосфера Солнца	335
7.4. Солнечный ветер	335

8. Планета Земля	336
8.1. Основные характеристики Земли.	336
8.2. Земная кора	336
8.3. Минералы	337
8.4. Части света, материки и океаны	340
8.5. Рельеф, пустыни и пещеры	341
8.6. Архипелаги, острова и полуострова	345
8.7. Важнейшие моря	350
8.8. Реки, озера и водопады	353
8.9. Атмосфера.	358
8.10. Природные катастрофы.	364
9. Живая природа	368
9.1. Общая характеристика	368
9.2. Растения и грибы	371
9.3. Животные	378
9.4. Хордовые	381
9.5. Млекопитающие	385
9.6. Приматы	389
9.7. Хромосомы и дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)	393
9.8. Особенности растительного мира	395
9.9. Грибы	401
9.10. Характеристика животных	403
9.11. Домашние животные	416
9.12. Некоторые животные Красной книги	417
9.13. Вымершие животные	419
9.14. Охраняемые территории мира.	419
9.15. Животные и растения в государственных символах	425
9.16. Национальные птицы.	426
9.17. Организм человека	427
Рабочая программа курса «Экология»	432
Литература	441

Знания, не рожденные опытом, матерью всякой достоверности, бесплодны и полны ошибок.

Леонардо да Винчи

Предисловие ко второму изданию

Учебники и учебные пособия автора удостоены высокой правительственной награды — премии Правительства Российской Федерации в области образования.

Прошедшие годы после первого издания практикума по экологии показали, что он широко востребован студентами разных вузов, будущими специалистами с высшим образованием.

Во второе издание практикума внесены исправления и незначительные дополнения.

Содержание и структура практикума соответствуют базовым книгам автора: «Экология» (в 2-х кн. 2-е изд. М.: Директ-Медиа, 2017), «Концепции современного естествознания. Учебник» (13-е изд. М.: Директ-Медиа, 2018), «Концепции современного естествознания. Справочник» (Высшая школа, 2004).

Книга предназначена для студентов высших учебных заведений дневной, вечерней и заочной форм обучения разных направлений и специальностей для изучения экологии в бакалавриате и магистратуре. Она интересна и полезна и широкому кругу читателей.

Москва, 2022 г.

Автор

Предисловие к первому изданию

В последнее время экология, как наука о взаимодействии объектов живой и неживой материи и его последствиях, все больше и больше отражает практически значимые проблемы, решение которых основывается на многочисленных опытах, включающих измерения концентраций вредных веществ, предельно допустимых уровней шума, электромагнитного излучения и радиационного фона. В этой связи практические знания экологии особенно важны: они позволяют количественно оценить состояние окружающей среды и ее воздействие на живую природу. В основе такой оценки лежат экспериментальные измерения.

Процесс изучения многих учебных дисциплин, формирующих профессиональные знания, обычно включает две формы аудиторных занятий: лекции и практические занятия. Лекции, как устное систематическое изложение учебного материала, помогают студентам самостоятельно изучить предмет по учебникам и учебным пособиям. Однако такое изучение дает в основном теоретические знания. Знания изучаемого предмета существенно дополняются и углубляются на практических занятиях.

Опыт показывает, что любой по сложности теоретический материал гораздо легче воспринимается и усваивается на практических занятиях, включающих лабораторный практикум и семинары.

Предлагаемое учебное пособие содержит описания лабораторных работ, при выполнении которых предоставляется возможность с помощью приборов измерить концентрации некоторых газов, входящих в состав атмосферы, определить уровни шума, электромагнитного и радиационного фона и сравнить их с предельно допустимыми нормами. Практикум включает, кроме того, вопросы и темы для обсуждения на семинарских занятиях, развернутые тесты с разными вариантами ответов и важнейшие справочные сведения по всем разделам изучаемой дисциплины, которым посвящена значительная часть книги.

ПРАКТИКУМ И СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

1.1. Экспериментальные измерения

Общие сведения

Любому материальному объекту присущи вполне определенные свойства, большинство из которых характеризуется численными величинами. Например, для куска медного провода можно определить следующие величины: диаметр, длину, массу, электропроводность, температурный коэффициент расширения, электрическое сопротивление и др. Некоторые свойства объектов и явления природы труднее поддаются количественному описанию.

Для определения численного значения какого-либо параметра необходимо знать, во сколько раз оно больше или меньше эталонной величины. Операцию сравнения определяемой величины для исследуемого объекта с соответствующей величиной эталона называют *измерением*.

Например, за единицу длины принят эталонный метр — определенное расстояние между штрихами, нанесенными на стержне из особо стойкого сплава. При измерении массы некоторого тела устанавливается, во сколько раз она больше или меньше массы эталонного образца в один килограмм. Разумеется, очень редко пользуются сравнением измеряемых величин с величинами эталонов, хранящихся в государственных метрологических учреждениях. В основном используют различного рода измерительные устройства и приборы, сверенные с эталонами. Это относится в одинаковой мере как к устройствам и приборам для измерения длины (различные линейки, микрометры, измерительные микроскопы и т.п.), так и к измерителям времени, массы, а также к электроизмерительным, оптическим и многим другим приборам.

Принято различать два вида экспериментальных измерений — прямые и косвенные. При прямом измерении определяемая величина сравнивается с единицей измерения непосредственно при помощи прибора. Измерения длины рулеткой либо штангенциркулем, промежутков времени секундомером, силы тока амперметром и т. п. — все это прямые измерения.

При *косвенном* измерении определяемая величина вычисляется по формуле, включающей результаты прямых измерений. К косвенным измерениям относятся, например, определение площади прямоугольника по измеренным двум его сторонам, определение сопротивления участка цепи по силе тока и напряжению, определение концентрации примесей и др.

Независимо от способа измерения определение той или иной физической величины сопровождается ошибкой, показывающей, насколько искомая величина отличается от ее истинного значения.

Ошибки измерений

Никакое измерение нельзя выполнить абсолютно точно. Другими словами, при измерении какой-либо величины любым способом абсолютное значение ее недостижимо, а это означает, что результат измерения содержит некоторую погрешность — ошибку измерений. Такой вывод следует из одного из положений теории естественно-научного познания окружающего мира — любое научное знание относительно. Ограниченные возможности измерительных приборов, несовершенство органов чувств, неоднородность

исследуемых объектов, внешние и внутренние факторы, влияющие на объекты — вот основные причины относительности измеряемой величины.

Точность измерений возрастает по мере увеличения чувствительности и разрешающей способности измерительных приборов. Однако нельзя получить ошибку измерений меньше ошибки измерительного прибора даже при многократных измерениях. Например, если линейка позволяет измерить длину с относительной ошибкой 0,1 %, что соответствует 1 мм линейки длиной 1 м, то, применяя ее для измерения длины

любых объектов, нельзя определить длину с ошибкой, меньшей 0,1 %. Абсолютное значение какой-либо физической величины является идеальным, недостижимым на практике. Чем точнее поставлен эксперимент, чем совершеннее измерительная техника, тем ближе измеряемая величина к абсолютной. Одна из важных задач экспериментатора — приблизить полученные экспериментальные данные к их абсолютным величинам.

В зависимости от причин, обуславливающих ошибки, различают систематические, случайные и приборные ошибки. К ним не относятся грубые ошибки, вызванные невниманием при снятии показаний приборов, неправильной записью измеряемых данных, ошибками при вычислениях и т.п. Такие ошибки не подчиняются какому-либо закону и устраняются при промежуточной оценке результатов измерений.

Систематические ошибки возникают при многократных измерениях и обуславливаются неисправностью приборов, неточностью методов измерений и использованием для расчетов неточных данных. Если, например, стрелка амперметра изогнута или смещен «нуль» прибора, то результаты измерений всегда будут ошибочными. Сколько бы раз ни проводились измерения, как бы тщательно ни записывались показания прибора, в измерениях будет одна и та же ошибка. Для устранения систематической ошибки, вызванной неисправностью прибора, необходимо ввести соответствующие поправки, полученные при сравнении показаний неисправного и исправного приборов. Систематическая ошибка увеличивает или уменьшает результат измерений на одну и ту же величину. Следовательно, даже полное совпадение ряда измеренных величин не является признаком отсутствия систематической ошибки — ее нельзя выявить при повторных измерениях.

Специфику систематических ошибок, обусловленных методом измерений, можно пояснить на примере определения электрического сопротивления, при котором возникает ошибка, вызванная электрическим сопротивлением соединительных проводов в цепи измерительной схемы. Чтобы ее устранить, нужно ввести поправки на неучтенное сопротивление.

Для устранения систематических ошибок требуется тщательная проверка всех измерительных приборов и кропотливый анализ методов измерений.

Случайные ошибки возникают случайно при совокупном действии многих факторов и остаются при устранении грубых и систематических ошибок. Можно назвать многочисленные объективные и субъективные причины случайных ошибок: изменение напряжения в сети при электрических измерениях, неоднородность вещества при определении плотности, изменение условий окружающей среды (температуры, давления) и др. Подобные причины приводят к тому, что несколько измерений одной и той же величины дают различные результаты. К случайным ошибкам относятся и те, причины которых неизвестны или неясны.

Вследствие непредсказуемых обстоятельств случайные ошибки могут как увеличивать, так и уменьшать значения измеряемой величины. Обычно случайные ошибки не устраняются — их нельзя избежать в каждом из результатов измерений.

Случайные ошибки описываются теорией вероятностей, с помощью которой можно уменьшить влияние случайных ошибок на результат эксперимента. Широко известен нормальный закон распределения случайных ошибок (закон Гаусса). Из него следуют важные выводы:

- малые по модулю ошибки появляются чаще;
- равные по модулю случайные ошибки разных знаков встречаются одинаково часто;
- с увеличением точности (уменьшением интервала разброса измеренных значений) плотность случайных ошибок возрастает.

Теория случайных ошибок позволяет определить наиболее вероятные значения измеряемых величин и возможные отклонения от них. Однако выводы теории вероятностей справедливы только для достаточно большого числа случайных событий. Поэтому, строго говоря, применение теории случайных ошибок целесообразно только к сравнительно большому числу измерений. На практике же часто ограничиваются

5–10 измерениями, хотя следует помнить, что увеличение числа измерений уменьшает влияние случайных ошибок. В каждом конкретном случае для получения заданной точности устанавливается необходимое число измерений.

Приборные ошибки обуславливаются конструктивными особенностями измерительных приборов. Приборную ошибку называют точностью измерительного прибора. По величине ошибок, которые могут вносить при измерении электроизмерительные приборы, различают семь классов точности приборов, которые обозначаются цифрами: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. *Цифра класса точности показывает величину относительной ошибки в процентах при отклонении стрелки прибора до последнего деления шкалы.* Абсолютная ошибка прибора при любом отклонении стрелки одинакова. Поэтому при меньших отклонениях стрелки относительная ошибка больше. Например, если у прибора класса точности 0,5 вся шкала содержит 150 делений, то относительная ошибка при отклонении на все 150 делений составляет 0,5 %, а абсолютная ошибка равна 0,75 деления. При отклонении стрелки на 25 делений абсолютная ошибка та же — 0,75 деления, а относительная ошибка — 3 %. Для получения возможно меньших относительных ошибок при пользовании измерительными приборами необходимо добиваться большего отклонения стрелки. Для этого нужно выбирать прибор высокой чувствительности или переходить к меньшим пределам измерений многопредельного прибора.

Измерительные приборы

Большинство приборов для измерения разных физических величин содержит линейные, угловые или круговые шкалы. Показание того или иного прибора соответствует длине отрезков прямой или дуги. Чем точнее прибор, тем больше число делений, на которые разбита шкала. Для одной и той же шкалы с увеличением числа делений расстояние между штрихами уменьшается.

В некоторых приборах для повышения точности измерений применяют различные приспособления, позволяющие

отсчитывать доли деления шкалы. Наиболее широко распространены нониусы и микрометрические винты. Их обычно применяют в приборах для измерения длины или угла, в которых части прибора перемещаются относительно друг друга. На одной из частей наносится основная шкала, а на другой — нониус, представляющий собой небольшую дополнительную шкалу, передвигающуюся при измерении вдоль основной шкалы. Удобство отсчета с применением нониуса заключается в том, что легче различить, является ли один штрих продолжением другого или они сдвинуты друг относительно друга.

Иногда для отсчета долей деления применяется специальный циферблат, указатель которого связан с механической передачей. В современных оптических приборах наносятся микроскопические цифры около каждого штриха шкалы, и показания отсчетов снимаются при помощи отсчетного микроскопа, в поле зрения которого видна только одна цифра и дополнительная шкала для отсчета долей деления.

Для измерения небольших линейных размеров наиболее часто применяются штангенциркуль и микрометр. Размеры от 3 до 5 мм удобно определять измерительным микроскопом.

Современные технические средства позволяют определить минимальное расстояние, примерно равное 10^{-18} м. Максимальное расстояние, доступное современным измерениям, составляет около 10^{26} м (такому расстоянию соответствует радиус космологического горизонта).

В экспериментальной работе для измерения малых промежутков времени (до 30 мин) часто применяется секундомер. Цена самого мелкого деления секундной шкалы, например, секундомера СМ-60 равна 0,2 с. В настоящее время широко применяются электронные измерители времени с цифровой индикацией.

В повседневной жизни легко воспринимаются привычные интервалы времени: минута, час, сутки и т. п. В то же время в современном естествознании оперируют и совершенно другими интервалами времени — миллиардами лет при определении возраста Вселенной и ничтожно малыми

долями секунды — 10^{-18} с — для характеристики продолжительности ядерных процессов.

Для измерения электрических величин используются электроизмерительные приборы. Принцип их действия основан на превращении электрической энергии в другие ее виды, например, механическую, тепловую, магнитную и т. д. Каждый электрический прибор состоит из двух основных частей: электрического и отсчетного механизмов. Отсчетный механизм большинства приборов содержит шкалу и указатель, который определяет точку шкалы, соответствующую отсчету измеренной величины. Обычно указатель представляет собой тонкую стрелку или световое пятно. В современных электроизмерительных приборах отсчетным устройством служит электронное табло с цифровой индикацией, очень удобной для снятия показаний прибора.

Электроизмерительные приборы широко применяются и для измерения неэлектрических величин: температуры, давления, скорости движения, освещенности. Принцип действия их основан на регистрации термотоков, фототоков, электромагнитной индукции и т. п.

На практике часто производятся косвенные измерения, основанные на законах или закономерностях, устанавливающих зависимость между различными физическими величинами. Например, электрическое сопротивление проводника можно определить, измерив на нем падение напряжения и силу тока.

Электрические измерения производят двумя способами:

1) сравнением измеряемой величины с ее соответствующими эталонами ЭДС, сопротивления, емкости, индуктивности и др.;

2) с помощью приборов, показывающих численные значения измеряемой величины.

По своему назначению основные электроизмерительные приборы можно классифицировать следующим образом:

- амперметры и миллиамперметры — измерители силы тока;
- вольтметры и милливольтметры — измерители напряжения;

- ваттметры — приборы для измерения электрической мощности;
- счетчики электрической энергии — приборы для измерения электрической энергии;
- омметры — приборы для измерения электрического сопротивления;
- частотометры — приборы для измерения частоты переменного тока;
- приборы для измерения емкости.

По принципу действия электроизмерительные приборы подразделяются на магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, тепловые, индукционные, электронные и др.

Одна из основных характеристик электроизмерительного прибора — *чувствительность*, определяемая отношением линейного или углового перемещения указателя к изменению измеряемой величины. Величина, обратная чувствительности, называется ценой деления прибора. Она определяет значение измеряемой величины при отклонении на одно деление.

Обработка результатов измерений

После измерительной операции наступает следующая стадия экспериментальной работы — математическая обработка результатов измерений. Все числа, полученные при измерениях, являются приближенными. Точность измерений нельзя повысить математическими действиями над результатами измерений. Учет большого числа значащих цифр без оценки их достоверности затрудняет вычисления и оказывается бесполезным.

В качестве истинного, наиболее вероятного значения измеряемой величины обычно принимают среднее арифметическое измеренных значений:

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1.1)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n — значения измеренной величины; n — число измерений.

После расчета среднего арифметического значения измеряемой величины приступают к определению абсолютной и относительной ошибок измерений.

Абсолютное значение разности между средним арифметическим $\langle x \rangle$ и каждым отдельным результатом измерений называют *абсолютной ошибкой отдельного измерения* и обозначают

$$\Delta x_i = | \langle x \rangle - x_i |.$$

Часто *среднюю абсолютную ошибку* определяют как среднее арифметическое абсолютных ошибок отдельных измерений, т. е.

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \dots + |\Delta x_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n}.$$

Абсолютная ошибка указывает два значения измеряемой величины, между которыми заключено ее истинное значение. Например, в результате измерений и последующих вычислений диаметра проволоки получим:

$$\langle d \rangle = 2,4 \text{ мм и } \langle \Delta d \rangle = \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Это означает, что истинное значение диаметра проволоки находится в интервале между 2,3 и 2,5 мм.

Можно уменьшить абсолютную ошибку и, следовательно, уменьшить интервал, в котором находится истинное значение измеряемой величины, но абсолютная ошибка не может быть равной нулю.

Для полной характеристики точности измерений рассчитывают относительную ошибку, равную отношению средней абсолютной ошибки к среднему результату измерений:

$$E = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle}.$$

Если выполнено достаточно большое число измерений и результаты подчиняются закону статистического распределения, то вместо средней абсолютной ошибки определяют *квадратичную ошибку*

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2 / n(n-1)} .$$

Относительная ошибка в данном случае

$$E_s = \frac{S}{\langle x \rangle} .$$

Относительная ошибка — безразмерная величина. Ее часто выражают в процентах, для чего безразмерную величину надо умножить на 100 %.

Если необходимо учитывать как приборную (δ), так и случайную (S_x) ошибки, то *полная абсолютная ошибка* среднего значения измеренной величины

$$\Delta x = \sqrt{\delta^2 + S_x^2} .$$

Если одна из данных ошибок меньше другой в 4 и более раза, то ее в окончательном результате можно не учитывать.

Для косвенных измерений, когда определяемая величина получается путем вычислений по известной формуле, ошибки в простейших случаях находят следующим образом.

Если определяемая величина A связана с непосредственно измеряемыми величинами B и C выражением

$$A = BC,$$

то относительная ошибка величины A равна сумме относительных ошибок величин B и C , т.е.

$$E = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C} ,$$

а абсолютная ошибка

$$\Delta A = EA.$$

Относительные ошибки складываются и при делении двух измеряемых величин.

Если же определяемая величина A равна сумме или разности измеряемых величин B и C , т.е. если

$$A = B \pm C,$$

то абсолютная ошибка A равна сумме абсолютных ошибок B и C :

$$\Delta A = \Delta B + \Delta C.$$

Относительная ошибка в данном случае

$$E = \Delta A / A.$$

Окончательный результат измерений обычно записывают в стандартной форме, удобной для анализа:

- сначала записывают название определяемой физической величины;

- затем записывают буквенный символ определяемой величины, знак равенства и в скобках ее среднее значение плюс-минус средняя абсолютная ошибка, а за скобкой указывают единицу измерения;

- отдельно записывают значение относительной ошибки в процентах;

- окончательные результаты заключают в общую рамку.

Среднее значение, полную абсолютную ошибку и относительную ошибку округляют по следующим правилам:

- сначала округляют до одной или двух значащих цифр среднюю абсолютную ошибку (если старшая цифра больше 4, оставляют одну значащую цифру, в остальных случаях — две);

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru