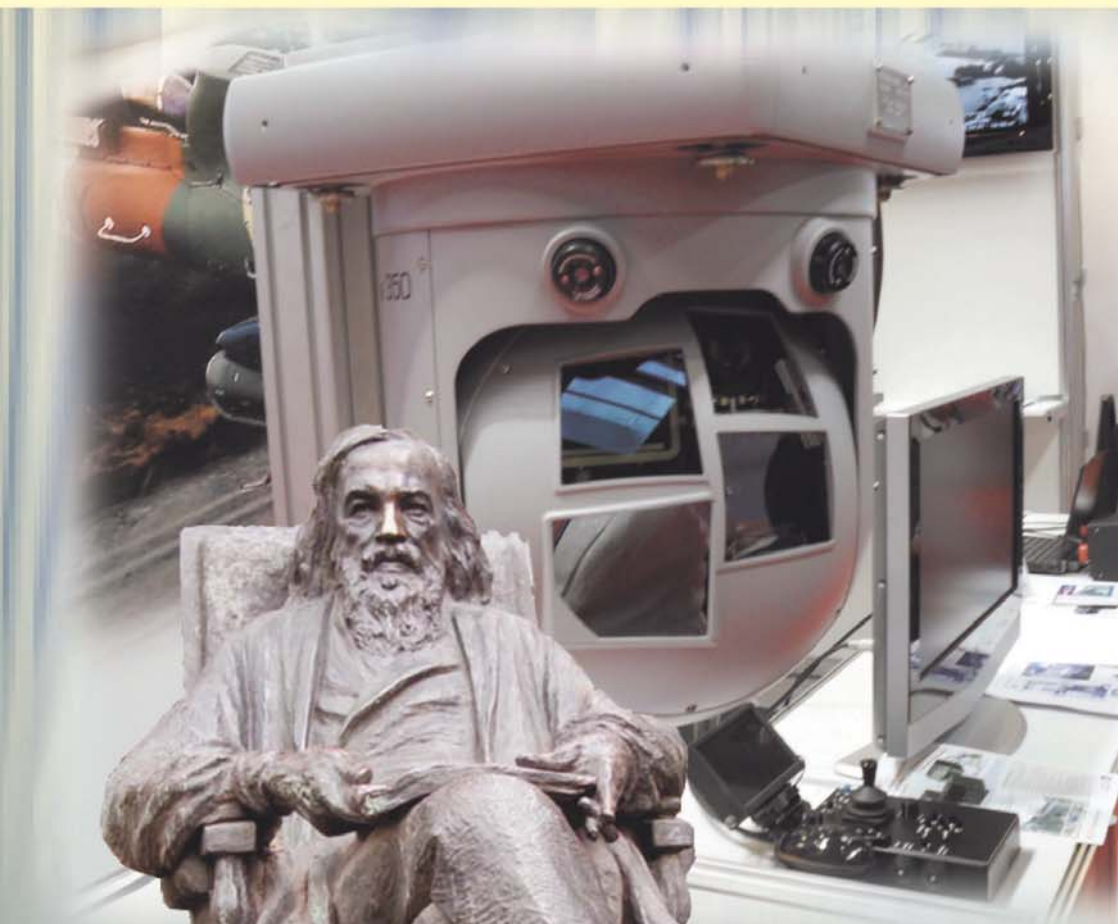




Т. И. Мурашкина

# ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА И МЕТРОЛОГИЯ



Электронный аналог печатного издания: Мурашкина, Т. И. Техника физического эксперимента и метрология: учеб. пособие / Т. И. Мурашкина. — СПб.: Политехника, 2015. — 138 с.: ил.

УДК 681.142.4: 621.391  
ББК 30.10  
М91



**ПОЛИТЕХНИКА**  
**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  
Санкт-Петербург 2015

[www.polytechnics.ru](http://www.polytechnics.ru)

**Рецензенты:** кафедра «Техническое управление качеством»  
Пензенского государственного технологического университета;  
заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук,  
профессор *В. Д. Шаргородский*

**Мурашкина, Т. И.**

**М91** Техника физического эксперимента и метрология: учеб.  
пособие / Т. И. Мурашкина. — СПб.: Политехника, 2015. —  
138 с.: ил.

ISBN 978-5-7325-1051-5

Рассматриваются основные разделы теоретической метрологии: теории измерительных процедур и физического эксперимента, теории обработки экспериментальных данных при проведении измерительного эксперимента, теории планирования физического измерительного эксперимента, с которой тесно связаны такие вопросы, как разработка методик выполнения измерительного эксперимента и метрологическое обеспечение физического эксперимента.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Приборостроение» и предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Лазерная техника и лазерные технологии», «Приборостроение», может быть полезно инженерам и научным работникам, занимающимся организацией и проведением измерительного физического эксперимента.

УДК 681.142.4:621.391  
ББК 30.10

© Мурашкина Т. И., 2015

ISBN 978-5-7325-1051-5 © Издательство «Политехника», 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	5
<b>Г л а в а 1</b>	
<b>ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ . . . . .</b>	<b>6</b>
1.1. Основные термины, понятия и определения теоретической метрологии . . . . .	6
1.2. Отличительные и ограничительные признаки измерительно-го эксперимента . . . . .	12
1.3. Вопросы теоретической метрологии . . . . .	13
1.4. Основные этапы физического эксперимента . . . . .	15
1.5. Структурная модель процесса физического измерительного эксперимента . . . . .	17
Контрольные вопросы . . . . .	25
<b>Г л а в а 2</b>	
<b>СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА</b>	<b>26</b>
2.1. Объект исследований и его модель. Объект измерения . . .	26
2.2. Априорная и апостериорная информация . . . . .	31
2.3. Цель измерения и постановка измерительной задачи . . . .	33
2.4. Средства измерений . . . . .	34
2.4.1. Виды средств измерений . . . . .	34
2.4.2. Погрешности средств измерения . . . . .	43
2.4.3. Нормируемые метрологические характеристики средств измерения . . . . .	50
2.5. Методы измерения . . . . .	60
Контрольные вопросы . . . . .	61
<b>Г л а в а 3</b>	
<b>РЕЗУЛЬТАТ И КАЧЕСТВО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА . . .</b>	<b>62</b>
3.1. Условия измерений . . . . .	62
3.2. Результат физического эксперимента . . . . .	64
3.3. Погрешности измерений . . . . .	70
3.4. Методы повышения точности физического эксперимента . . .	74
Контрольные вопросы . . . . .	81
<b>Г л а в а 4</b>	
<b>ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ . . . . .</b>	<b>82</b>
4.1. Формализованное (общее) описание процесса измерений . . .	82
4.2. Техника физического измерительного эксперимента по определению функциональной зависимости . . . . .	85
4.2.1. Особенности однофакторного эксперимента . . . . .	86
4.2.2. Особенности многофакторного эксперимента . . . . .	87

4.3. Техника физического измерительного эксперимента по определению функции влияния . . . . .	91
Контрольные вопросы. . . . .	93
<b>Г л а в а 5</b>	
<b>ОБРАБОТКА И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА . . . . .</b>	<b>95</b>
5.1. Установление вида математической модели функциональной зависимости . . . . .	95
5.2. Подбор аппроксимирующих функций . . . . .	98
5.3. Расчет параметров аппроксимирующей функции . . . . .	102
5.4. Методика расчета коэффициентов интерполирующей функции по методу средних. . . . .	105
5.5. Регрессионный анализ. Методика расчета коэффициентов интерполирующей функции методом наименьших квадратов. . . . .	107
5.6. Выбор вида математической модели многофакторных зависимостей . . . . .	110
Контрольные вопросы. . . . .	114
<b>Г л а в а 6</b>	
<b>ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ . . . . .</b>	<b>115</b>
6.1. Виды и математические модели сигналов . . . . .	115
6.2. Преобразование сигналов в измерительных системах . . . . .	119
6.3. Восстановление непрерывного сигнала из дискретизированного. . . . .	129
Контрольные вопросы. . . . .	136
Список литературы . . . . .	137

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ

### 1.1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕТРОЛОГИИ

В философском плане процесс познания осуществляется на теоретическом и экспериментальном уровнях. Одним из способов познания материального мира является измерение. На роль измерений указывали великие ученые мира:

Г. Галилей: «Измеряй все доступное измерению и делай доступным все недоступное ему»;

Т. Кельвин: «Каждая вещь известна лишь в той степени, в какой ее можно измерить».

Б. С. Якоби: «Искусство измерения является могущественным оружием, созданным человеческим разумом для проникновения в законы природы и подчинения ее сил нашему господству».

Д. И. Менделеев: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять...».

Измерения обязательно связаны с экспериментом, обеспечивают связь теоретического и экспериментального знаний, теоретических расчетов с практикой.

**Эксперимент** (от лат. *experimentum* — проба, опыт) — метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности, процессы, объекты.

**Физический эксперимент** обязательно связан с измерениями.

**Измерение** — действие, выполнение которого позволяет установить существование определенной связи между величинами  $X$  и  $Y$ . Такая область измерений обычно именуется экспериментом [18].

Еще в 1883 г. Гельмгольц выразил сущность измерений следующим образом: «Объекты и атрибуты объектов, которые при сравнении с им подобными допускают различие большего, равного или меньшего, мы называем величинами. Если мы можем их выразить именованным числом, то называем это число численным значением величины; прием, посредством которого находится именованное число, называется измерением величины» [3].

Стандартное определение: измерение — совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения

(в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины [20].

Измерение — совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины [23].

Измерения не имеют смысла без модели объекта измерения. Построение или выбор модели производится на основании априорных данных. Когда модель выбрана, определяются числовые значения ее параметров путем проведения измерительного эксперимента, сопровождающегося измерением некоторого множества физических величин, связанных некоторой системой.

**Измерительный эксперимент** — физический эксперимент, при проведении которого выявляется количественная определенность какого-либо свойства объекта или явления.

Измерение может составлять основное содержание и цель эксперимента, а может быть основной или составной частью других видов экспериментальных работ. В производстве к таким видам экспериментальных работ относят контроль и испытания.

**Технический контроль** — проверка соответствия продукции в процессе ее создания и применения установленным техническим требованиям. В зависимости от стадий жизни продукции различают производственный и эксплуатационный контроль.

Производственный контроль включает:

- контроль технологических процессов (сред, режимов, параметров);
- операционный контроль продукции во время или после завершения операции технологического цикла;
- приемочный контроль готовой продукции.

**Эксплуатационный контроль** осуществляется на этапе применения изделия.

Всякий контроль предполагает:

- получение информации о фактическом состоянии объекта;
- сопоставление полученной информации с установленными требованиями, нормами, критериями.

Результатом контроля является качественная характеристика параметра, его соответствие или несоответствие норме (например, «годен» — «не годен»).

Если информация, получаемая при контроле, представляет собой четко выраженное числовое значение, имеет место **измерительный контроль**, т. е. измерение с последующим сравнением результата с нормой.

Более сложный вид эксперимента в производственном процессе — **испытания** — экспериментальное определение количе-

ственных или качественных характеристик свойств продукции как результат воздействия на нее внешних факторов.

Испытания продукции также имеют целью получение информации о ее свойствах, при этом обязательным условием является воздействие на изделие механических, климатических, радиационных или других факторов.

Итак, несмотря на некоторые различия, целью и основной сутью физических экспериментов является получение информации о свойствах и параметрах объекта. Однако различия между разными видами экспериментальных работ (измерения, контроль, испытания) носят принципиальный характер, при этом измерения являются преобладающим видом экспериментальных работ.

**Способ** — совокупность действий, которые нужно выполнить в процессе измерений.

**Процедура измерения** — формализованное описание (словесное или математическое) действий, которые необходимо выполнить в процессе измерения.

**Метрология** — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

**Единство измерений** — состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные пределы [23].

#### **Принципы метрологии:**

*принцип измеримости* — не существует таких материальных процессов и объектов, которые не могли бы стать объектом измерений;

*принцип относительности результатов измерений* проявляется в двух аспектах: 1) необходимо учитывать возмущающее воздействие средства измерений на объект; 2) главенствующая роль априорной информации в процессе измерений;

*принцип единства объективного и субъективного в измерении* проявляется в структуре измерения, включающей звенья системы «объект — средство измерений — условия — экспериментатор»;

*принцип неопределенности измерительной информации* — история измерений не знает результатов, которые можно было бы принять за абсолютную истину и которые не могли бы в последующем быть уточнены.

На основе этих принципов сформулированы два постулата метрологии:

- истинное значение измеряемой величины существует.

- истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно.

**Измеряемая величина** — одно из центральных понятий метрологии, поскольку измеряются только физические величины (ФВ). При этом понятия физической величины и измерения неразрывно связаны: измерить можно только физическую величину, а физическую величину можно только измерить.

Первый аспект этой связи (измерить можно только ФВ) ограничивает измерение нахождением значения величины. Предполагается, естественно, что величина может быть выражена количественно с помощью определенного числа принятых единиц. Следовательно, имеется единица, а значит, и возможность ее воспроизведения. Второй аспект (ФВ можно только измерить) требует уточнения в том смысле, что речь идет о реализованной (овеществленной) величине.

В связи с этим физическая величина является объектом измерений.

**Физическая величина** трактуется РМГ 29-99 как свойство физического объекта (физической системы, явления или процесса), в качественном отношении общее для многих физических объектов, но индивидуальное в количественном отношении.

ФВ, которая отражает интересующее исследователя свойство объекта, и измеряемая величина — в общем случае не тождественные понятия. Если свойство объекта распространено во времени и (или) в пространстве, то соответствующая ФВ представляет собой функцию времени, длины или пространственных координат. При этом измеряемой может быть действующая величина, мгновенная величина, соответствующая определенному значению аргумента, средняя величина и т. д.

Нередко вместо измеряемой ФВ используется понятие *естественная входная величина* (ЕВВ). Эти понятия не являются синонимами. Группам разных измеряемых ФВ может соответствовать одна и та же ЕВВ. Например, в датчиках силы, момента силы, деформации, давления, чаще всего ЕВВ является сила, которая в датчике первоначально преобразуется в деформацию, перемещение и т. д.

Измеряемая величина вводится как параметр модели конкретного объекта. Значение параметра, которое можно было бы получить в результате абсолютно точного измерения, принимают за *истинное значение* измеряемой величины. Истинное значение ФВ может быть достигнуто в результате бесконечного процесса измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств измерений. Истинное значение справедливо в рамках принятой



модели объекта. Уточнение модели влечет за собой переопределение измеряемой величины и ее истинного значения.

В результате измерений получают значение ФВ, близкое к истинному, которое называют *действительным значением* физической величины, его определяют как значение ФВ, найденное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что для поставленной измерительной задачи оно может быть использовано вместо него. При поверке средств измерений действительным значением величины нередко является показание образцового прибора.

Термин «физическая величина» не следует применять для выражения только количественной стороны рассматриваемого свойства [11]. Например, неправильно употреблять выражения «величина тока», «величина силы», «величина массы» и т. п., потому что электрический ток, сила, масса сами являются величинами. В этих случаях речь идет о размерах ФВ, и поэтому следует говорить о «размере тока», «размере силы» и т. д.

*Размер* физической величины — количественная определенность ФВ, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу. Поэтому задачей любого измерительного эксперимента является нахождение размера данной ФВ, но на практике слово «размер» перед наименованием ФВ опускают, за исключением тех случаев, когда важно подчеркнуть, что измеряется именно размер величины.

Результат любого измерения представляет собой именованное число, т. е. определенное число некоторых единиц данной ФВ. Поэтому говорят о *значении* физической величины — выражении размера ФВ в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Для простоты слово «значение» опускают и говорят: давление 10 кПа, хотя 10 кПа — числовое значение давления.

Значение одной и той же ФВ изменяется в зависимости от выбранной единицы, тогда как размер остается одним и тем же. Так, измерение перемещения средствами измерений, проградуированными соответственно в метрах, сантиметрах и миллиметрах, даст разные значения величины (например, 1,1 м, 110 см, 1100 мм), которые будут характеризовать одно и то же перемещение. Отвлеченное число, входящее в значение величины, называется *числовым значением* физической величины.

Качественная определенность ФВ называется *родом* физической величины.

Физические величины принято делить на *однородные*, например диаметр и длина одной детали, и *разнородные* — длина и масса

детали. Для более детального изучения метрологических особенностей величин их систематизируют.

Первый классификационный признак — принадлежность величины к одной из трех групп — вещественной, энергетической или информационной. Целесообразность такого разделения определяется различием методов измерения ФВ, относящихся к каждой группе.

Физические величины *вещественной группы* определяют физические и физико-химические свойства веществ и их состав (электрическое сопротивление, плотность, диэлектрическая проницаемость, температурный коэффициент сопротивления и т. д.).

Физические величины *энергетической группы* определяют свойства, отражающие энергетические характеристики процессов (электрический ток, мощность, энергия и т. д.).

Физические величины *информационной группы* определяют свойства, отражающие динамические или статические характеристики процессов (амплитуда сигнала, частота, фаза, спектральные характеристики и т. д.).

По принадлежности к различным группам физических процессов и явлений ФВ делят на семь групп, что связано с разными правилами проведения измерений внутри данных групп. По типам физических процессов ФВ разделяют на пространственно-временные, механические, электрические и магнитные, тепловые, акустические, световые и величины, характеризующие ионизирующие излучения.

Формулирование понятия измеряемой величины опирается на разделение ФВ на активные и пассивные. Активная физическая величина способна создавать воздействие на средство измерения, вызывая на его входе измерительный сигнал.

Измеряемые ФВ могут характеризоваться временными (статические, динамические, непрерывные, дискретные), пространственными (сосредоточенные, распределенные), корреляционными (независимые, зависимые) свойствами.

При организации измерительного эксперимента очень важным является вопрос об изменении ФВ во времени. Если во время измерения ФВ остается неизменной, то она считается *статической*. Если ФВ изменяется во время измерения, ее рассматривают как *динамическую*.

В зависимости от характера изменения во времени различают детерминированные и случайные ФВ. *Детерминированные* физические величины изменяются во времени закономерно, т. е. по определенным функциональным зависимостям. *Случайные* физические величины меняются случайным образом, т. е. являются случайной величиной или случайной функцией.

## 1.2. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ И ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Для отличия измерений от других способов получения информации при проведении физического эксперимента необходимо выделить характерные отличительные и ограничивающие признаки и особенности самого процесса, познаваемых свойств и получаемой информации, которые позволили бы объединить этим термином разные технические операции от простого прикладывания линейки до измерений скорости движения элементарной частицы или параметров орбиты искусственного спутника Земли.

Первый общий ограничительный признак измерений связан с их общей функцией — получением количественной информации, т. е. отражением реального свойства определенным числом. Отсюда вытекают два необходимых условия, соблюдение которых обязательно, чтобы сделать возможными измерения.

1. Измерение возможно только при качественной определенности свойства объекта, позволяющей отличить его от других свойств, т. е. при выделении измеряемой величины. Измеряемая величина — свойство явления или тела, которое может быть различимо качественно и определено количественно.

Нельзя измерить просто кусок проволоки. Необходимо выделить измеряемую величину: длину, диаметр, массу, электрическое сопротивление.

2. Измерение возможно при условии установления единицы, необходимой для количественной градации величины.

Еще 200 лет назад известный математик Эйлер заметил: «Невозможно определить (измерить) одну величину иначе, как приняв в качестве известной другую величину того же рода и указав соотношение, в котором они находятся».

Приведенные два условия выражаются основным уравнением измерений:

$$\text{размер измеряемой величины} = \text{число} \times \text{единица величины},$$
$$\text{или } Q = N [Q].$$

Второй общий отличительный признак измерений — информация об измеряемой величине возникает в результате непосредственного взаимодействия (контактного, бесконтактного) специального технического средства, хранящего единицу измерений с объектом измерений. Отсюда следует, что измерение возможно при условии материализации (воспроизведения или хранения) единицы величины техническим средством.

Третий отличительный признак измерений — общность структуры и основных этапов измерений. Этих этапов четыре (см. п. 3.1).

Этапы измерений тесно взаимосвязаны, особо следует отметить единство планирования и обработки данных. Методы обработки закладываются на этапе планирования.

Четвертый отличительный признак измерений — необходимость оценки степени достижения цели.

Оценить степень достижения цели измерения — значит найти интервал неопределенности полученного результата измерений, оценить погрешность результата измерений. Отсутствие сведений или неверные сведения о степени соответствия полученного результата измерений истинным свойствам объекта полностью или значительно обесценивают результаты, а решения, принимаемые на их основе, могут оказаться ошибочными.

### 1.3. ВОПРОСЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕТРОЛОГИИ

При проведении физического измерительного эксперимента экспериментатор должен ответить на следующие вопросы [11]:

1	Для чего измерять?	Цель измерений
2	Что измерить?	Объект измерений
3	Как измерить?	Метод измерений
4	Чем измерить?	Средства измерений
5	Кто измерит?	Квалификация оператора
6	С какой точностью измерить?	Достоверность измерений
7	Как обработать результаты измерений?	Алгоритмы и средства обработки результатов измерений
8	Какой ценой измерять?	Имеющиеся ресурсы

1. Для чего измерять? *Целью измерения* при проведении физического эксперимента является получение количественной информации об исследуемом объекте.

2. Что измерить? Отвечая на этот вопрос, экспериментатор создает модель, т. е. отображение реального объекта или свойства, представляющего интерес для количественного определения. По интуиции или используя имеющиеся сведения, он конкретизирует *объект измерений* до определенной физической величины (ФВ), ограничивая возможный диапазон реальных значений ФВ и уточняя условия измерений.

3. Как измерить? Сформулировав задачу, экспериментатор выбирает *метод измерений* — совокупность приемов использования принципов и средств измерений, где под принципом измерений понимается использование определенных физических явлений, на которых основаны измерения. Экспериментатор выбирает параметры измерительной процедуры: число, моменты времени и пространственные точки выполнения измерений.

Выбранные по каким-то критериям метод и алгоритм измерений накладывают определенные требования к его аппаратурной реализации, поэтому следующим является ответ на вопрос 4.

4. Чем измерить? Экспериментатор выбирает *средство измерений* с определенными характеристиками и осуществляет его правильное размещение, обеспечивающее необходимую связь с объектом. Под средством измерений понимают техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Если результаты наблюдений воспринимаются человеком (экспериментатором, оператором), то следует решить вопрос 5.

5. Кто измерит? Необходимо оговорить *квалификацию оператора*.

6. С какой точностью измерить? До измерения значение измеряемой величины неизвестно. В то же время, формируя модель измеряемого свойства, экспериментатор с большей или меньшей точностью предполагает, что измеряемая величина принадлежит некоторому интервалу. Устанавливая интервал возможных значений измеряемой величины, т. е. переходя от бесконечных пределов ее изменений к ограниченным, экспериментатор задается неопределенностью знаний о размере измеряемой величины.

7. Как обработать результаты измерений? На этапе планирования измерений экспериментатор закладывает метод обработки полученных данных, (разрабатывает *алгоритмы* и *средства обработки результатов измерений*), т. е. дает ответ на поставленный вопрос.

8. Какой ценой измерять? В распоряжении экспериментатора могут находиться средства измерений различной точности, различные методики измерений и обработки результатов измерений. Солидные предприятия имеют более совершенную аппаратуру, чем экспериментаторы-одиночки. Поэтому для достижения цели измерений в каждом конкретном случае исходят из *имеющихся ресурсов*. Не имеет смысла использовать сложную аппаратуру для решения простых задач. Или, наоборот, если для решения сложных задач используют простые средства измерений (если не имеется соответствующей аппаратуры), то усложняются методики проведения и обработки результатов физического эксперимента.

## 1.4. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Основные этапы физического эксперимента следующие (рис. 1.1).

I этап. *Организация и планирование измерительного эксперимента.* Включает два подэтапа:

1) постановку измерительной задачи, осуществляемую в последовательности:

- формирование модели объекта и определение измеряемой физической величины (ФВ);
- уточнение данных об условиях измерений и измеряемой ФВ;
- постановка измерительной задачи на основе принятой модели объекта;
- выбор конкретных величин, на основе которых будет найдено значение измеряемой ФВ (например, при косвенных измерениях — выбор измеряемых прямым образом аргументов);
- формирование уравнения измерения;

2) планирование измерительного эксперимента, осуществляемое в последовательности:

- выбор методов измерений;
- априорная оценка погрешности измерения;
- формулирование требований к метрологическим характеристикам средств измерений (СИ) и условиям измерений;

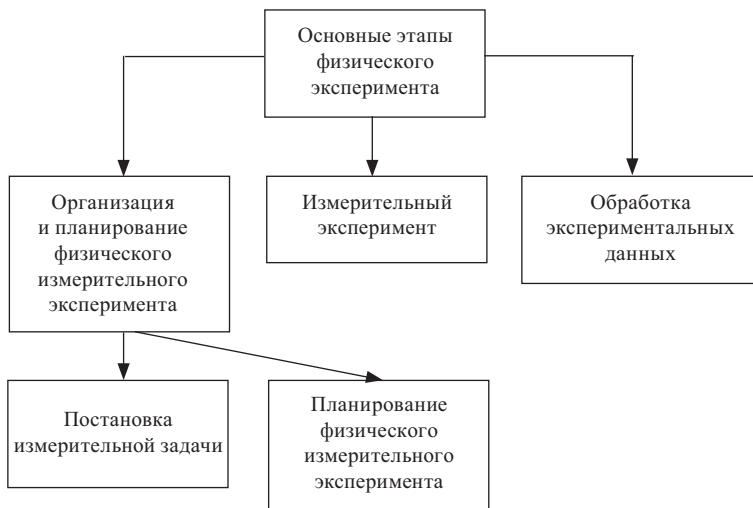


Рис. 1.1. Основные этапы физического эксперимента

- выбор СИ в соответствии с указанными требованиями;
- выбор параметров измерительной процедуры: числа наблюдений для каждого аргумента, моментов времени и точек выполнения наблюдений;
- подготовка СИ к выполнению эксперимента;
- обеспечение требуемых условий проведения эксперимента или создание возможности их контроля.

На этом этапе для многих видов массовых измерений заранее разрабатываются в виде специального документа методики выполнения измерений (МВИ), которые должны включать:

- цель измерительного эксперимента;
- исходные данные (указываются в техническом задании);
- объем и последовательность проведения измерений;
- выбор СИ, оборудования;
- алгоритмы проведения измерительного эксперимента;
- алгоритмы обработки результатов измерений.

Планирование физического эксперимента составляет существенную часть разработки такой методики. Теория планирования является разделом теоретической метрологии. Ошибки, допущенные на этапе планирования, трудно исправимы и обнаруживаются лишь при использовании результатов измерений.

Содержание первого этапа — это, по сути, поиск ответов на вопросы: «Что измерить?», «Как измерить?», «Чем измерить?», «Кто измерит?»

II этап. *Измерительный эксперимент*. Необходимо выделить основные измерительные операции, свойственные процессу измерений:

- измерительные преобразования (первичные, промежуточные);
- воспроизведение ФВ заданного размера;
- сравнение величин.

В соответствии с этим можно определить метод измерения как алгоритм использования основных операций в целях нахождения значения измеряемой ФВ.

III этап. *Обработка экспериментальных данных*. Алгоритм этапа: преобразование априорных данных и данных наблюдений в совокупность результата измерения и оценка его погрешности. Данное преобразование осуществляется путем обработки данных с помощью математических методов (при необходимости с помощью средств вычислительной техники).

Алгоритм обработки данных во многих случаях бывает задан. Но при измерениях высшей точности часто необходимо построение нового алгоритма.