



ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет»

**Буков Николай Николаевич**

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭТАЛОНЫ

Факультет - химии и высоких технологий

Направление - 27.03.01 "Стандартизация и метрология" (ОДО)

1 курс

## **Распределение учебного времени**

Лекции - 36 часов

Лабораторные занятия - 36 часов

Практические занятия - нет

**Всего аудиторных занятий - 72 часа**

Форма контроля – **Экзамен в 1 семестре**

Зачет - **нет**

## • ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- **Измерения, классификация измерений.** Введение. Основные понятия и определения. Измерение как процесс познания окружающего мира. Сущность измерений. Классификация измерений.
- **Физические величины и единицы измерений.** Физическая величина. Размерность физических величин и их классификация. Системы единиц измерения.
- **Элементы теории подобия и анализа размерностей.** Анализ размерностей физических величин. Подобные системы. Критерии подобия.
- **Классические измерительные системы.** Принципы построения измерительных систем. Основные функции измерительной системы. Идеализированная блок-схема измерительной системы. Важнейшие функциональные блоки измерительной системы. Измерительные преобразователи. Преобразование неэлектрических сигналов в электрические. Классификация измерительных преобразователей. Методы измерений, область их применения, их достоинства и недостатки.
- **Элементы современной физической картины мира.** Физическая картина мира. Механическая и электромагнитная картины мира. Кризис физики и "новейшая революция в естествознании". Постоянные необратимые изменения Вселенной и стабильность фундаментальных физических постоянных: Принципы организации современного научного знания. Пространство и время, поле и вещество, взаимодействие, взаимопревращения частиц, физический вакуум, вероятность в современной картине мира.
- **Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений.** Элементы квантовой теории. Дискретность (квантование). Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределенности и принцип дополнительности как причины невозможности полного устранения неопределенности результатов измерений. Взаимовлияние объектов микро- и макромира. Шумы: влияние броуновского движения, тепловой шум, дробовой эффект, фликкер-эффект, генерационно-рекомбинационный шум, квантовый шум. Самодвижение материи как фундаментальный источник погрешностей измерений.

- **Фундаментальные пределы точности измерений.** Современные представления о микро- и макромире. Неразрывная связь микромира и макромира. Виды взаимодействий. Элементарные частицы. Потенциальные ресурсы стабильности параметров физических объектов микромира. Физико-техническое обеспечение инженерных решений, проблемы передачи стабильности объектов микромира микроскопическим объектам измерительных приборов и систем.
- **Эталоны физических величин и поверочные схемы.** Классификация эталонов. Эталон единицы длины. Эталон единицы времени и частоты. Эталон единицы массы. Эталон единицы силы тока. Эталон единицы температуры. Эталон единицы силы света. Эталон телесного угла. Поверочные схемы. Методы передачи размера единицы физической величины. Межповерочные интервалы.
- **Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений.** Термоэлектрические явления: Зеебека эффект, явления Пельтье, Томсона. Термопреобразователь сопротивления. Гальваномагнитные эффекты: эффект Холла, Эттинсгаузена, Нернста, магниторезистивный. Квантованное сопротивление Холла и фундаментальные постоянные. Создание эталонов с помощью квантованного эффекта Холла. Явление сверхпроводимости. Эффекты Джозефсона. Применение эффектов Джозефсона для создания эталонов. Эффект Ааронова-Бома. Единая теория поля Вейля. Связь эффектов Комптона, Мейснера, Зеемана, Вавилова-Черенкова, Мессбауэра фотоэффекта, с положениями Единой теории поля и эффектом Ааронова-Бома на квантовом уровне. Применение квантовых эффектов для создания эталонов.

## Лекционный минимум в соответствии с ГОС ВПО

- Введение. Основные понятия и определения. Измерение как процесс познания окружающего мира. Сущность измерений. Классификация измерений. Физическая величина. Размерность физических величин и их классификация. Системы единиц измерения.
- Методы теории подобия и размерностей. Классические измерительные системы. Адиабатические инварианты. Стабильность – необходимое условие достижения достоверности и точности результатов измерений. Элементы современной физической картины мира. Постоянные необратимые изменения Вселенной и стабильность фундаментальных физических постоянных. Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений.
- Фундаментальный источник погрешностей измерений – самодвижение материи и его конкретные проявления – необратимость, инерция, тепловые и квантовые флуктуации, шумы нетеплового происхождения. Соотношения неопределенностей. Принцип дополнительности. Фундаментальные пределы точности измерений. Несоответствие уровня стабильности параметров, объектов макро- и мегамира требованиям современной метрологии. Потенциальные ресурсы стабильности параметров физических объектов микромира. Физико-техническое обеспечение инженерных решений проблемы передачи стабильности объектов микромира микроскопическим объектам измерительных приборов и систем.
- Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием явления сверхпроводимости, эффектов Аронова-Бома, Зеемана, Джозефсона, Мессбауэра, Холла и других эффектов квантовой физики.

## Основная литература

- 1) [Раннев Г.Г.](#) Информационно-измерительная техника и технологии - М.: Высшая школа. 2001. 454 с.
- 2) Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике – М.: "Постмаркет". 2000. 352 с.
- 3) [Савельев И.В.](#) Курс общей физики. Т.2. М.: [Астрель](#). 2001. 496 с.
- 4) [Рябинин Г.А.](#) 4) [Рябинин Г.А.](#), [Бологов А.В. и др.](#) Справочник физических величин – М.: [Союз](#). 2001. 348 с.
- 5) Капра. Ф. Дао физики.- М.: Мир. 1983. 304 с.

## Дополнительная литература

- Д. Камке Физические основы единиц измерения.- М.: Мир. 1983. 208 с.
- Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений. М.: Мир, 1990. 536 с.
- Боднер В. А., Алферов А. В. Измерительные приборы: Учебник для вузов: в 2-х т. - М.: Изд-во стандартов, 1986.
- Власов А.Д., Мурин Б.П. Единицы физических величин в науке и технике: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1990. 176 с.
- Елизаров А. С. Электрорадиоизмерения: Учебник для вузов. Минск: Высш. шк., 1986. 296 с.
- Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. Пособие / Н.Н. Евтихийев и др. М.: Энергоатомиздат, 1990. 352 с.
- Кунце Х.-И.: Методы физических измерений. - М.: Мир. 1989. 216 с.
- Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 320с.
- Основы метрологии и электрические измерения: Учебник для вузов / Под ред. Е. М. Душина. Л.: Энергоатомиздат, 1987. 480 с.

**Физические основы измерений (ФОИ)** – это предмет, в котором изучают общие принципы и методы измерений *физических величин*, основанные на конкретных физических явлениях и законах, а также изучают источники погрешностей СИ и методы повышения точности измерений.

**ФОИ** отличается от метрологии.

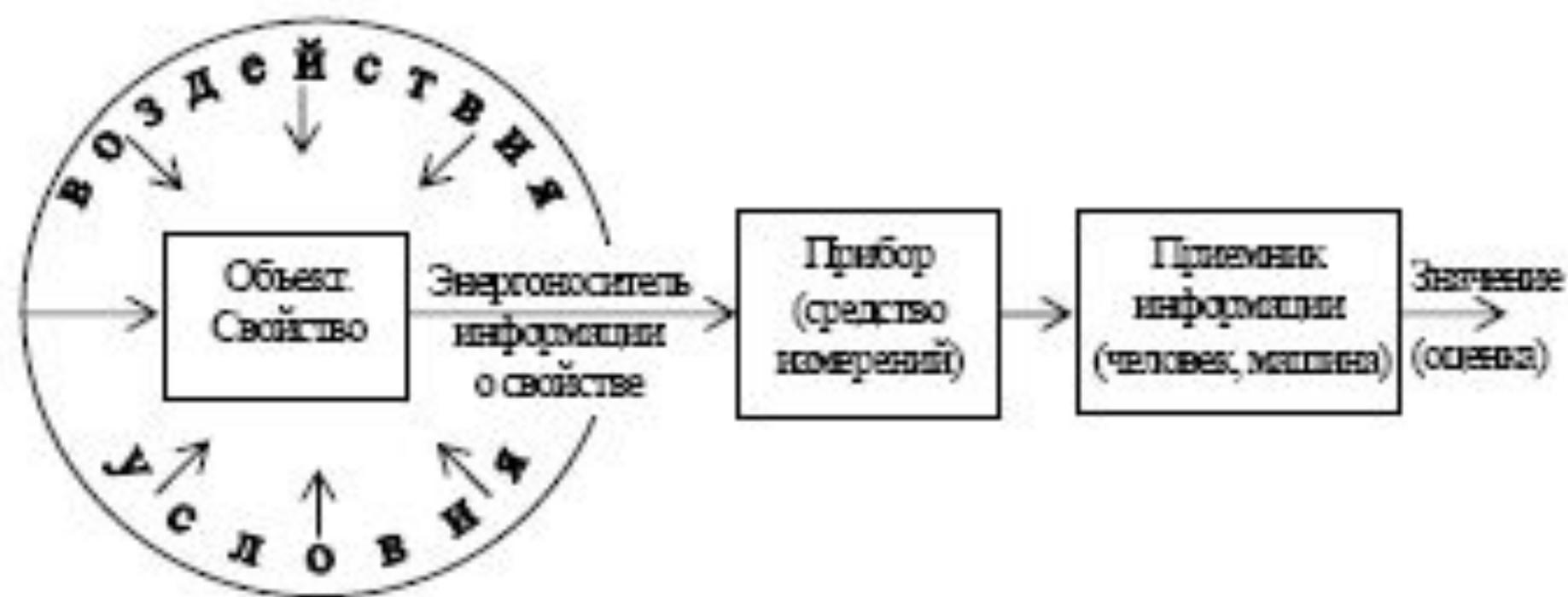
**Метрология** – учение о мерах, методах и средствах обеспечения единства измерений в рамках требуемой точности.

**Метрология** делится на законодательную и научную.

**Законодательная метрология** – это своеобразный “уголовный кодекс” в области измерений. Законодательная метрология следит за строгим соблюдением методов, методик и правил, обеспечивающих единство измерений в рамках требуемой точности.

**Научная метрология** занимается разработкой мер, методов и средств обеспечения единства измерений в рамках требуемой точности. Образно можно сказать, что научная метрология – это философия измерений.

**Измерение** – отражение объективной реальности, т.е. процесс познания действительности



Три звена в измерительном эксперименте

Познание – процесс отражения и воспроизведения человеческим мышлением (или машиной) действительности, т.е. процесс перехода от действительности к абстракции.

Итак, в философии измерение есть инструмент познания.

Теория познания занимается формами поиска и получения информации об окружающей действительности. Можно выделить две формы познания: чувственное и логическое.

Чувственное познание – субъект (человек) получает чувственное впечатление, представляющее образ действительности, т.е. переход от действительности к абстракции. Ощущения, восприятия, представления – первая чувственная ступень. Впечатления могут быть выражены в форме определенных суждений – вторая ступень чувственного познания.

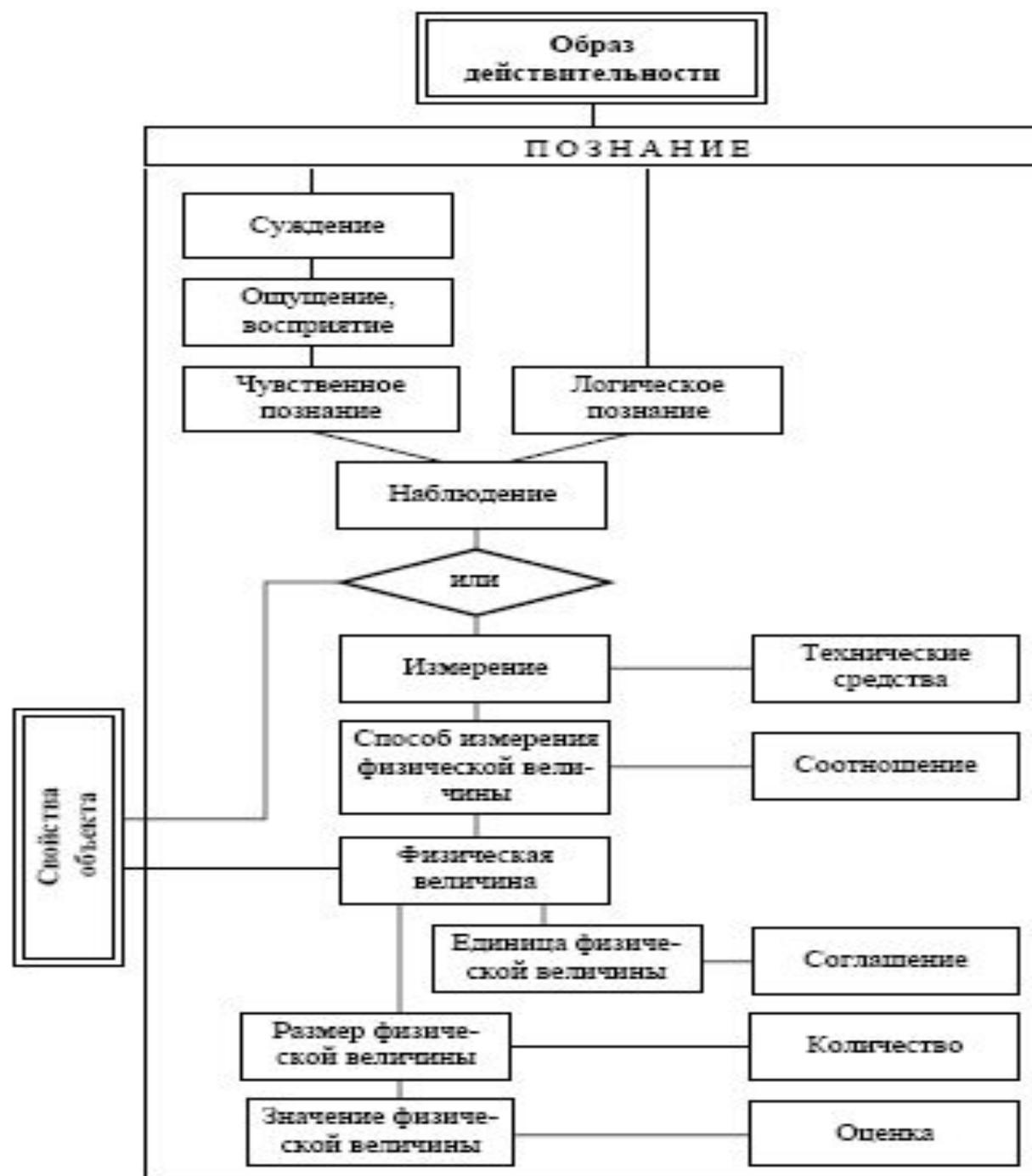
Логическое познание включает анализ, синтез, умозаключение, построенные на образах действительности, т.е. оно совершается в области абстракции.

В результате формируются вопросы, гипотезы, вскрывающие отношения между явлениями и объектами.

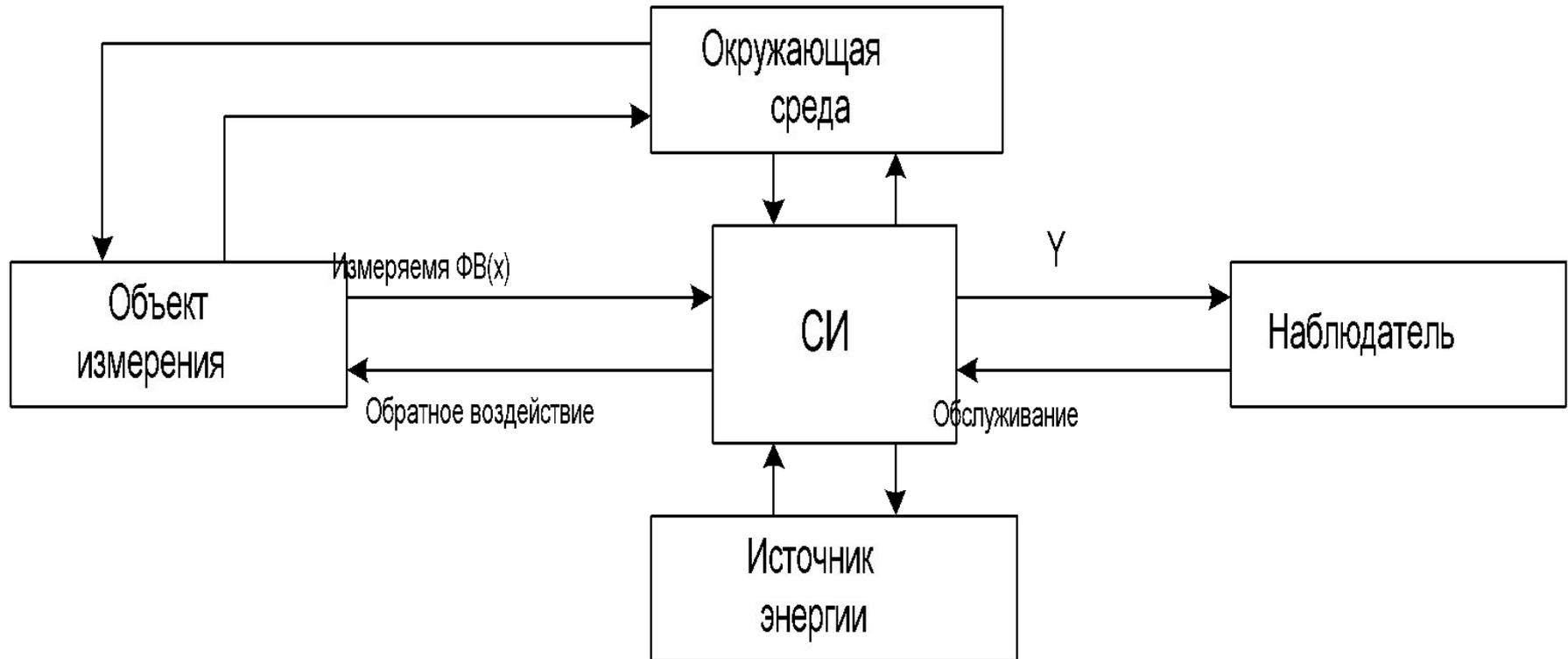
Основа чувственного и логического познания – наблюдения и эксперимент.

Если восприятие отражает количественные отношения, то наблюдение есть измерение.

Взаимосвязь рассмотренных понятий схематично представлена на рисунке



Реализация перехода от философского понятия "*познание*" к техническому понятию "*измерение*" отображается следующей схемой:



Таким образом, сущность измерения это переход от мира физических реальностей (действительности) к системе знаков, отражающих эту реальность, т.е. к сфере абстракции.

# ФОРМАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ



Процесс измерения – определение связи множеств действительности и абстракции эмпирическим путем

Тождества  $\{M^\square\} \equiv \{M\}$  и  $\{Q^\square\} \equiv \{Q\}$  обычно устанавливаются по соглашению, а переход  $\{a\} \rightarrow \{a^\square\}$  и есть отображение процесса измерения, которое обозначается как:  $a^\square = \varphi(a)$  и называется эмпирической шкалой величины  $Q^\square$ .

**Физическая величина** – свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

Измерение - познавательный процесс, имеющий целью определение характеристик материальных объектов с помощью соответствующих измерительных приборов. Осуществляется процесс на эмпирическом уровне.

Так трактуют понятие "измерение" философы.

В соответствии с нормативным терминологическим документом по метрологии:

**измерение физической величины** - совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с её единицей и получение значения этой величины.

Значение физической величины - оценка размера физической величины в виде некоторого числа принятых для неё единиц.

Оценка – это некоторое приближение к истинному значению.

Принятых – означает соглашение, договоренность.

Единица физической величины – физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице.

Размер физической величины – количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию "физическая величина".

Таким образом, раз измерение – это сравнение физической величины с её единицей измерения, то

физическая величина равна произведению её численного значения и единицы измерения и основное уравнение измерений будет иметь вид:

$$E = \{E\} [E]$$

а

**ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИЗМЕРЕНИЙ**, это:

**Этап 1.** Постановка измерительной задачи

**Этап 2.** Планирование измерений.

**Этап 3.** Измерительный эксперимент (реализация метода измерения)

**Этап 4.** Обработка результатов измерений

- Основное уравнение измерений. Измерительное преобразование.
- **Шкалы измерений. Физические шкалы и неоднозначность образов действительности.**  
Измерительные шкалы. Шкала физической величины. Шкала наименований. (шкала классификации). Шкала порядков (шкала рангов). Шкала интервалов (шкала разностей). Шкала отношений. Абсолютная и условная шкала.

**Измерение** – научно обоснованный опыт для получения количественной информации с требуемой или возможной точностью о параметрах объекта измерения.

*Измерение включает в себя следующие элементы:*

- **объект измерения;**
- **цель измерения;**
- **условия измерения** (совокупность влияющих величин, описывающих состояние окружающей среды и объектов);
- **метод измерения** — совокупность приёмов использования принципов и средств измерений (принцип измерения – совокупность физических явлений положенных в основу измерения);
- **методика измерения** – установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение необходимых результатов *в соответствии с данным методом.*
- **средства измерения:** меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы, измерительно-информационные системы;
- **результаты измерений;**
- **погрешность измерений;**
- **качество измерений:** сходимость, воспроизводимость, единство, достоверность (характеристика случайной погрешности), правильность (близость к нулю систематической погрешности).