Тема 2. Исследовательские методы в физике

Салима Адер

salima.ader@gmail.com

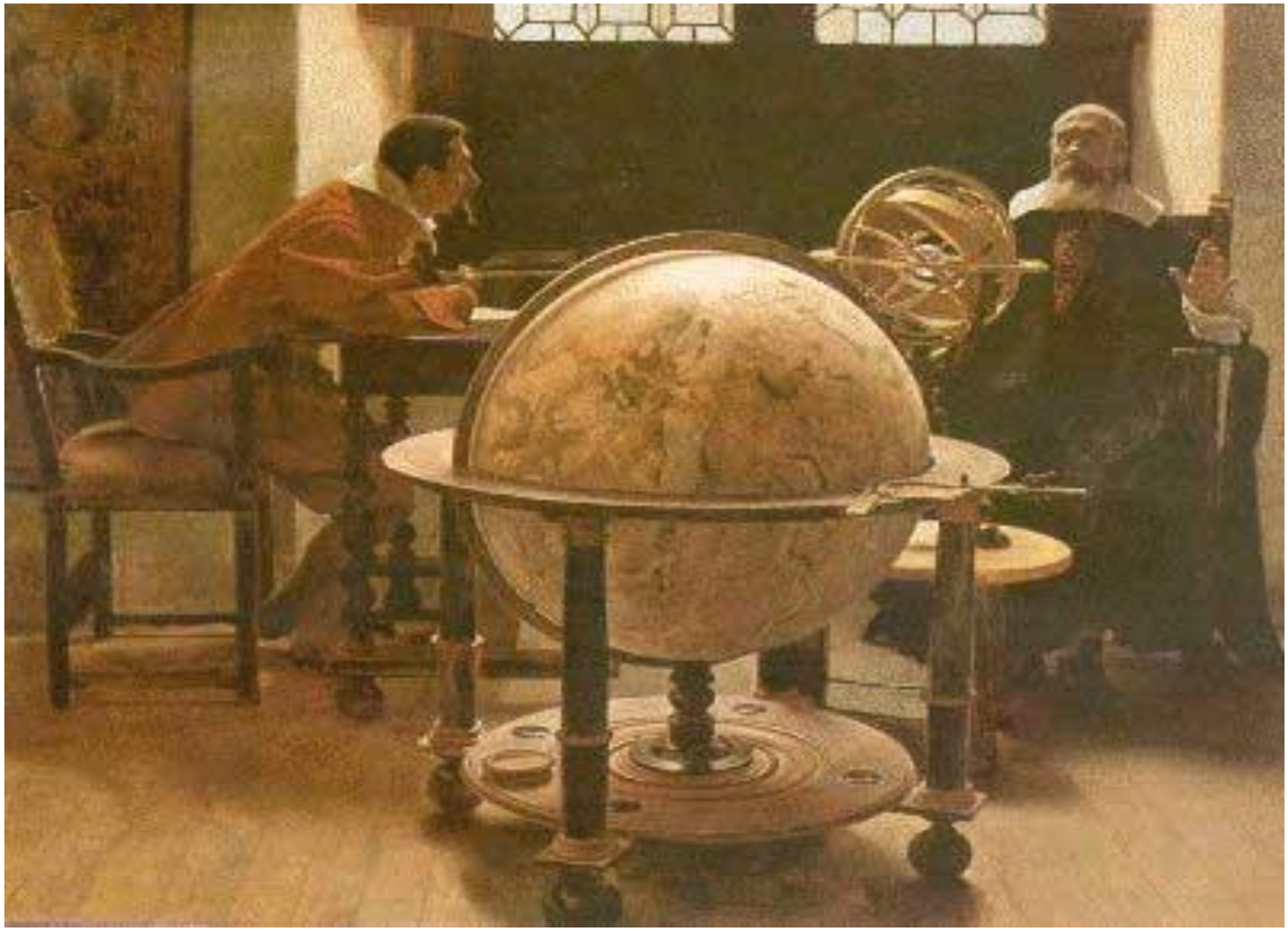
2.1. Естественнонаучный метод и участие физики как науки в его разработке. Общее и целенаправленное наблюдение, эксперимент. Потребность в моделях. Проверка выводов модели и развитие модели

- Мы рассмотрим, в чём заключается сущность естественнонаучного метода (наблюдение-гипотеза-эксперимент-обработка данных-вывод). Вы узнаете, что при обобщении экспериментальных результатов переходят к модели и что модель описывает реальность в определённых фиксированных условиях, при их отсутствии модель не обязана давать результаты, находящие экспериментальное подтверждение. Рассмотрим также, почему выводы модели следует всегда проверять и что отличие выводов модели от экспериментальных результатов обуславливает необходимость для новых экспериментов и вследствие этого применения новых моделей.

Цель естественнонаучного метода заключается в получении научного знания о природных объектах и явлениях.

На рисунке представлена обобщённая схема научного метода познания:

Одним из основоположников научного метода познания в естествознании был гениальный итальянский физик Галилео Галилей (1564 – 1642 г.г.)



Физический закон — это выраженная словесно или математически в виде формулы необходимая связь между свойствами материальных объектов и/или обстоятельствами происходящих с ними событий, проявляющихся при определённых условиях в эксперименте.

- Особая **ценность** получаемого из опыта закона состоит в том, что с его помощью часто можно описать не только изучаемое явление, но и ряд других явлений и экспериментов. Сравнительно небольшое число основных, фундаментальных физических законов достаточно для описания многих природных явлений. Между явлениями природы существуют устойчивые, повторяющиеся связи — проявления законов природы.
- Качественная формулировка законов может быть иногда дана без привлечения математического аппарата. Законы, записанные на языке формул, позволяют перейти к более высокой ступени познания. Эту ступень называют **теорией**.

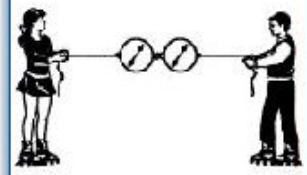
Результаты теории постоянно проверяются экспериментом, являющимся критерием правильности теории. **Опыт, эксперимент — это единственный судья научной истины.**

- Физический эксперимент представляет собой интереснейшее изобретение человечества. Скатывание деревянного брусочка по наклонной плоскости в кабинете физики и первый запуск атомного реактора — физические эксперименты. В понятие эксперимент, опыт будем вкладывать смысл наблюдения за явлением при **контролируемых условиях**, т.е. наблюдения с возможностью контролировать, воспроизводить и изменять желаемым образом внешние условия.
- **Физический эксперимент** — воспроизведение природных или создание новых физических явлений и процессов в определённых условиях с целью исследования, испытания.

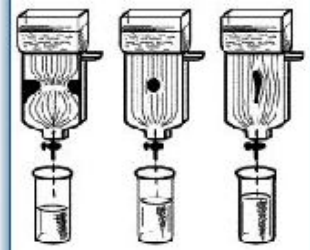
Виды научного эксперимента

Эксперимент

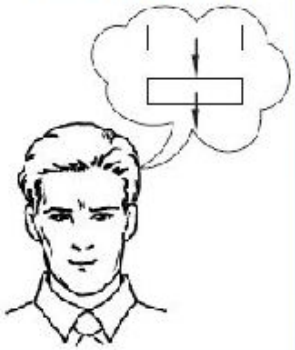
натурный



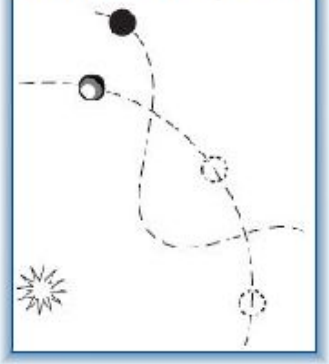
модельный



мысленный



компьютерный



2.1.2. Потребность в моделях. Проверка выводов модели и развитие модели

- Проводя наблюдения каких-либо природных явлений, невозможно охватить все процессы, с этими явлениями связанные. Поэтому нужно отбросить все второстепенные факты и выделить основные, т.е. суть явления. Этот процесс называется **построением модели** явления. В размышлениях создаётся основа наблюдаемого явления, его модель. **Моделью** может быть абстрактный или физический объект, исследование которого позволяет познавать существенные черты другого объекта — оригинала. Что является существенным для данного явления, а что несущественным, вопрос неоднозначный и сложный.
- **Границы применимости физической теории определяются пределами применимости используемой модели.**

2.2. Измерение и результат измерения. Измерительная величина и значение измеряемой величины. Единицы измерения и развитие соответствующих соглашений. Международная система единиц измерения (СИ). Измерительные инструменты и измерительные средства. Закон об измерениях

- Для получения общего акцептируемого результата измерения необходимо проводить измерения согласно закону об измерениях. Выясним разницу между величиной измерения и значением измеряемой величины, а также объясним понятия измерительный инструмент и поверка. Существуют основные величины международной системы единиц измерений (СИ) и их единицы измерения, а единицы других физических величин выражаются через единицы основных величин.
- Любое **измерение** заключается в сравнении измеряемой величины с другой, однородной с ней величиной, принятой за единицу.

Эталоном называется средство измерений, обеспечивающее воспроизведение и хранение выбранной единицы физической величины, а также передачу размера единицы другим средствам измерений (т. е. вторичным эталонам и измерительным приборам).

- При построении определённой системы единиц для нескольких произвольно выбираемых физических величин единицы устанавливают независимо друг от друга и называют **основными**. Единицы для остальных величин выражают через основные и называют **производными**. Число основных единиц и сам их выбор в разных системах единиц могут быть различными. В Международной системе единиц СИ (SI — System International) в качестве основных выбраны семь единиц: длины (*l*), массы (*m*), времени (*t*), температуры (*T*), количества вещества (*n*), силы электрического тока (*A*) и силы света (*J*).

Принятый в настоящее время **эталон времени** основывается на периоде колебаний, происходящих в атоме изотопа цезия-133 при его переходе между двумя определёнными энергетическими подуровнями основного состояния.

- По определению единица времени — **секунда** — содержит 9 192 631 770 периодов таких колебаний.
- Для установления основной **единицы длины** в настоящее время используется тот же самый эталон: по определению **метр** — это длина пути, проходимого светом в вакууме за 1/299 792 458 секунды.
- В качестве **эталона массы** служит определённое макроскопическое тело — платино-иридиевая гиря (**килограмм**), хранящаяся в Международном бюро мер и весов в Севре под Парижем, где хранится и первый эталон метра в виде металлического стержня.

Экспериментальные данные — это в основном численные значения физических величин, полученные в результате измерений.

- Измерить какую-либо физическую величину — значит сравнить её с другой, однородной ей величиной, принятой условно за единицу.
- **Измерение** — это определение значения физической величины опытным путём при помощи технических средств и измерительных приборов. Так, измеряя массу любого тела, мы должны сравнивать её с массой гири, хранящейся в Париже и которая по международному соглашению считается эталоном массы 1 кг.
- **Физическая величина** — характеристика материального объекта (или явления), одинаковая в качественном отношении для многих объектов, но в количественном отношении индивидуальная для каждого объекта.

В качественном отношении физическая величина показывает, что все объекты какой-либо группы обладают определённым **свойством**. В количественном отношении она показывает, насколько интенсивно конкретный объект проявляет это свойство.

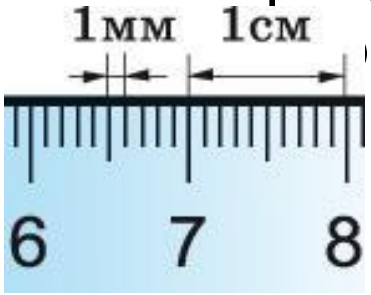
- Каждая физическая величина имеет название и обозначение, например: длина — , масса — , количество теплоты — Q, удельная теплота плавления — λ. Так как физическая величина характеризует конкретный объект или явление, то в обозначении величины указывается этот объект (или явление) в виде индекса, например: масса первого тела — , масса второго тела — , масса раствора — , масса серебра — и т. п.
- **Род величины** — качественная сторона этой величины, показывающая, какую особенность объекта данная величина характеризует.

Размер величины — количественная сторона этой величины, показывающая, насколько интенсивно данная особенность проявляется объектом.

- **Однородные величины** — это величины, одинаковые в качественном отношении (характеризующие одну и ту же особенность объектов).
- Следовательно, длина, ширина, высота, расстояние — однородные величины.
- В результате измерения мы получаем значение величины. Таким образом, значение физической величины возникает только в результате её измерения.
- **Значение физической величины** включает в себя числовое значение величины и единицу измерения.
- **Числовое значение** величины — отвлечённое число, входящее в значение величины.
- Числовое значение величины показывает, во сколько раз размер измеряемой величины больше размера единицы измерения.
- **Единица измерения** физической величины — физическая величина фиксированного размера, однородная измеряемой, которой условно присвоено числовое значение, равное **единице**.

2.2.2. Измерительные инструменты и измерительные средства. Закон об измерениях

- Большинство измерительных приборов имеет шкалу, на которую при помощи штрихов нанесены деления. Рядом с делениями расположены числа, а на самом приборе указаны единицы физической величины, например на линейке это сантиметры (*см*). Деления и числа образуют **шкалу пр** ис.)



- Для того чтобы точно определять по прибору значения физических величин, надо знать цену деления измерительного прибора. **Цена деления** — это значение наименьшего деления шкалы прибора.

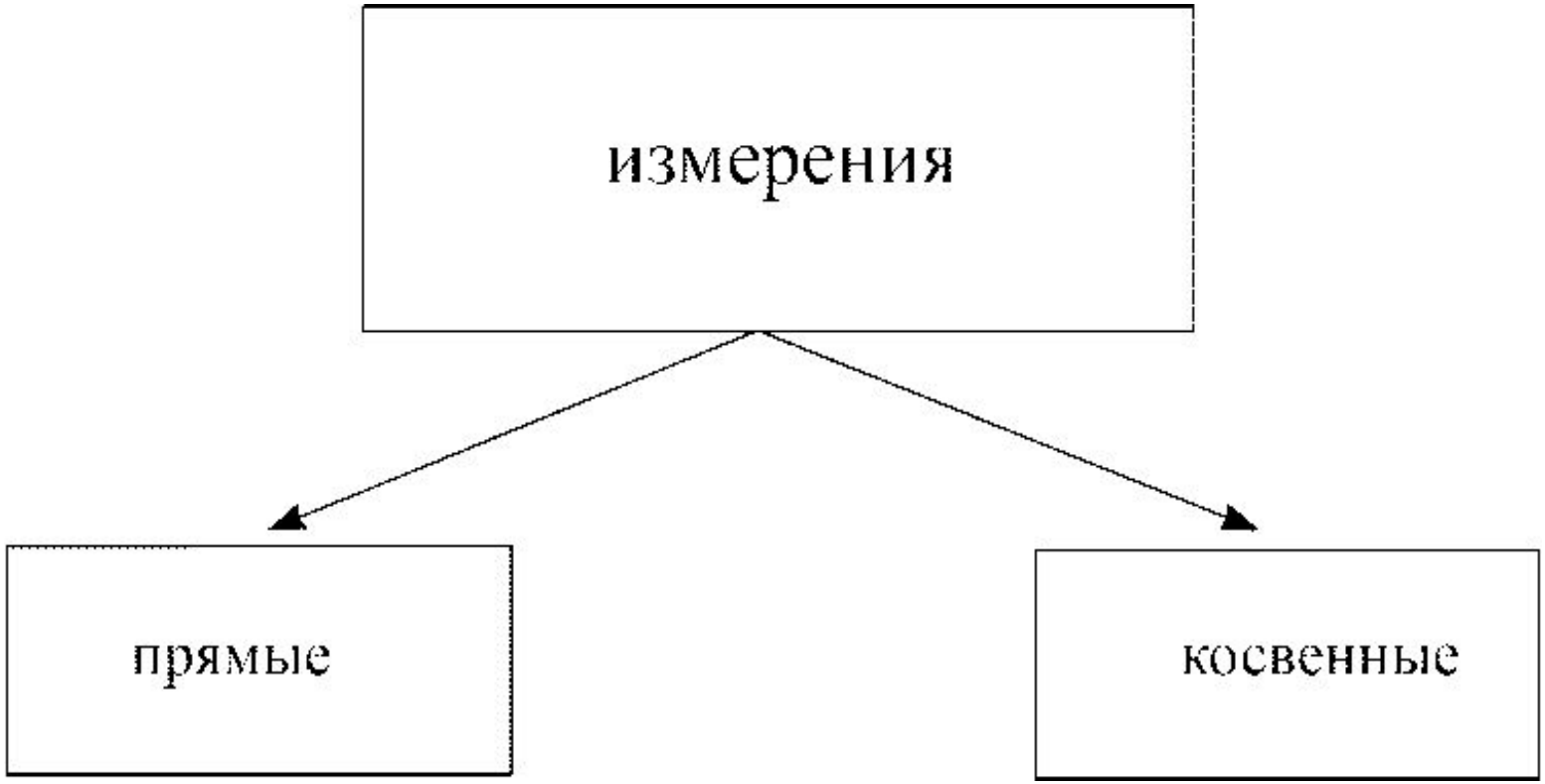
В Эстонии, как и в большинстве стран мира, принят ЗАКОН ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ.

- В международном масштабе и в каждой стране должно быть обеспечено **единство измерений.** Главными техническими средствами, служащими этой цели, являются вторичные эталоны, предназначенные для **поверки** образцовых мер и измерительных приборов, используемых, в свою очередь, для поверки рабочих средств измерений.
- **Точность** измерений характеризуется близостью их результатов к истинному значению измеряемой величины.
- Важнейшей характеристикой качества измерений является их **достоверность**; измерения достоверны, если известны вероятностные характеристики их отклонений от истинных значений соответствующих величин.

2.3. Неопределённость измерения и её оценивание. Представление экспериментальных данных в виде таблицы и графика

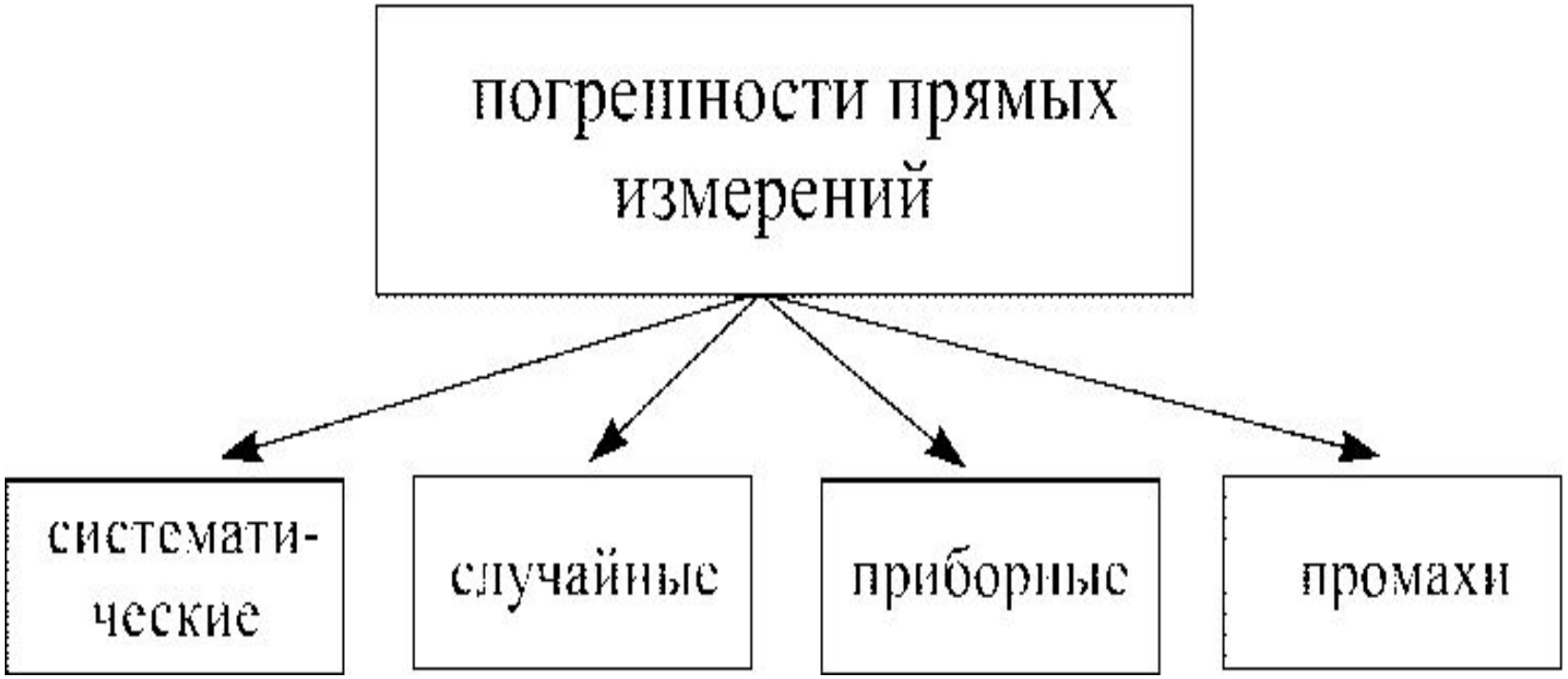
- Знакомство с понятиями **абсолютной и относительной погрешности** прямого измерения, с понятиями инструментальной погрешности, погрешности отсчёта и погрешности метода измерения необходимо для сознательного выбора метода измерений и измерительных приборов, для понимания смысла результатов эксперимента и грамотного их представления.
- Узнаете, как возникают случайные погрешности и научитесь применять понятие **стандартное отклонение** (это понятие изображается графически) и научитесь его использовать при оценке неопределённости измерения, которая сопутствует измерению случайных величин.
- При использовании измерительной величины необходимо корректно представлять значение измеряемой величины как произведение численного значения и единицы измерения. Выполнение практических работ связано с измерением различных физических величин и последующей обработкой их результатов.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путём с помощью средств измерений.
Измерить физическую величину *X* — значит узнать, сколько раз в (значении физической величины) содержится единица измерения. Измерения могут быть прямыми и косвенными.



2.3.1. Погрешности прямых измерений

Самыми распространенными являются **систематические погрешности**, которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по определённому закону. При этом результаты измерении оказываются во всех опытах либо завышенными, либо заниженными. Систематические погрешности должны быть выявлены и устранены.



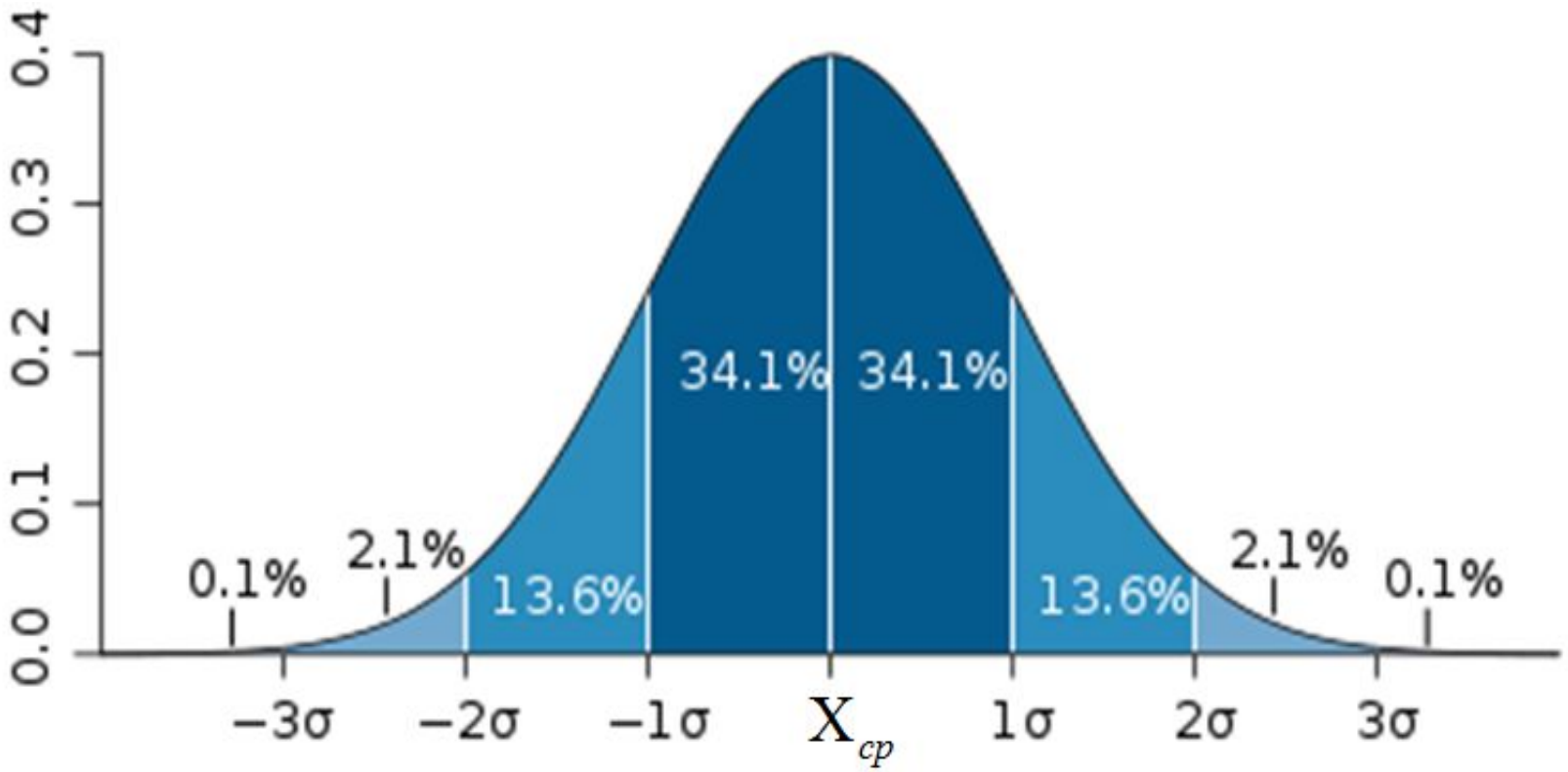
Приборные погрешности связаны с ограниченной точностью приборов (нельзя, например, абсолютно точно изготовить одинаковые деления приборной шкалы).

- Для простейших приборов погрешность совпадает с ценой деления их шкалы, но не всегда ей равна.
- **Промахи** — результаты, которые очень сильно отклоняются от всех остальных полученных результатов (чаще всего из-за небрежности экспериментатора во время проведения опыта). Промахи **отбрасываются**.
- После устранения систематических причин появления погрешностей и отбрасывания промахов основными погрешностями являются случайные и приборные.

2.3.2. Случайные погрешности

- **Случайные погрешности** возникают из-за действия на измерения большого количества случайных факторов: колебания температуры, электромагнитный фон, неоднородность измеряемого образца и т. д. Это погрешности, принимающие при повторных измерениях одной и той же величины в одних и тех же условиях различные значения.
- Мерой **случайной** погрешности может служить **стандартное отклонение** (греческая буква «сигма») единичного результата при измерениях, которое определяется формулой (5.7)

Практически все значения случайной величины лежат в интервале ($X_{ср}$ – 3б ; $X_{ср}$ + 3б). Более строго — не менее чем с 99,7 % достоверностью значение случайной величины лежит в указанном интервале. В этом и состоит **смысл стандартного отклонения.**



2.4. Обработка результатов измерения. Создание модели

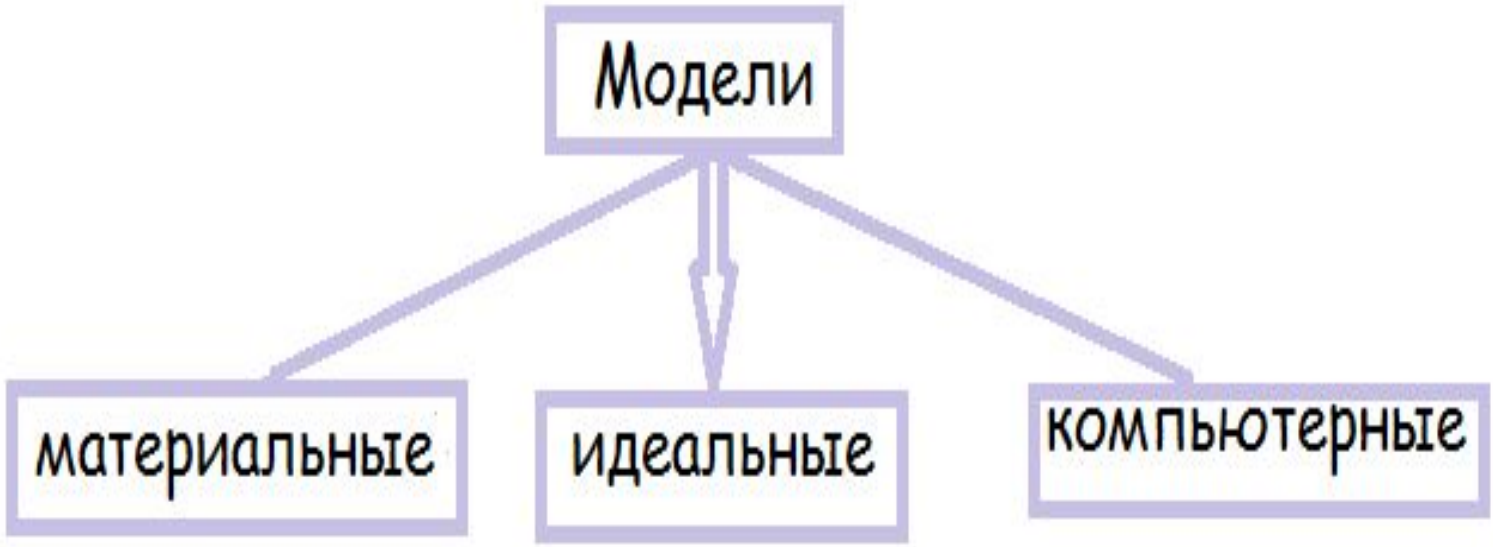
- При использовании измерительной величины, то есть единицы измерения физической величины, необходимо корректно представлять значение измеряемой величины как произведение численного значения и единицы измерения. Выполнение практических работ связано с измерением различных физических величин и последующей обработкой их результатов; представлением экспериментальных данных в виде таблицы и графика; созданием модели как результата обработки результатов измерения, которая описывает происходящее в эксперименте.

2.4.1. Обработка результатов измерения

- Напомним, что результаты измерений никогда не могут быть точными. Их всегда получают с некоторой погрешностью, т. е. приближённо. Существуют различные способы оценки погрешностей измерений, но мы будем пользоваться методом подсчёта цифр, который можно использовать и при решении задач. Для этого необходимо учесть определённые условия.
- При прямых измерениях физической величины прибором максимально возможная абсолютная погрешность равна цене деления прибора, если значение физической величины не совпадает со штрихом шкалы или колеблется; равна половине цены деления, если указатель совпадает со штрихом шкалы.

2.4.2. Создание модели

- Физическая модель понимается как идеальный образ в нашем сознании объекта, явления или процесса окружающего мира, созданный для их изучения.
- Виды моделей:



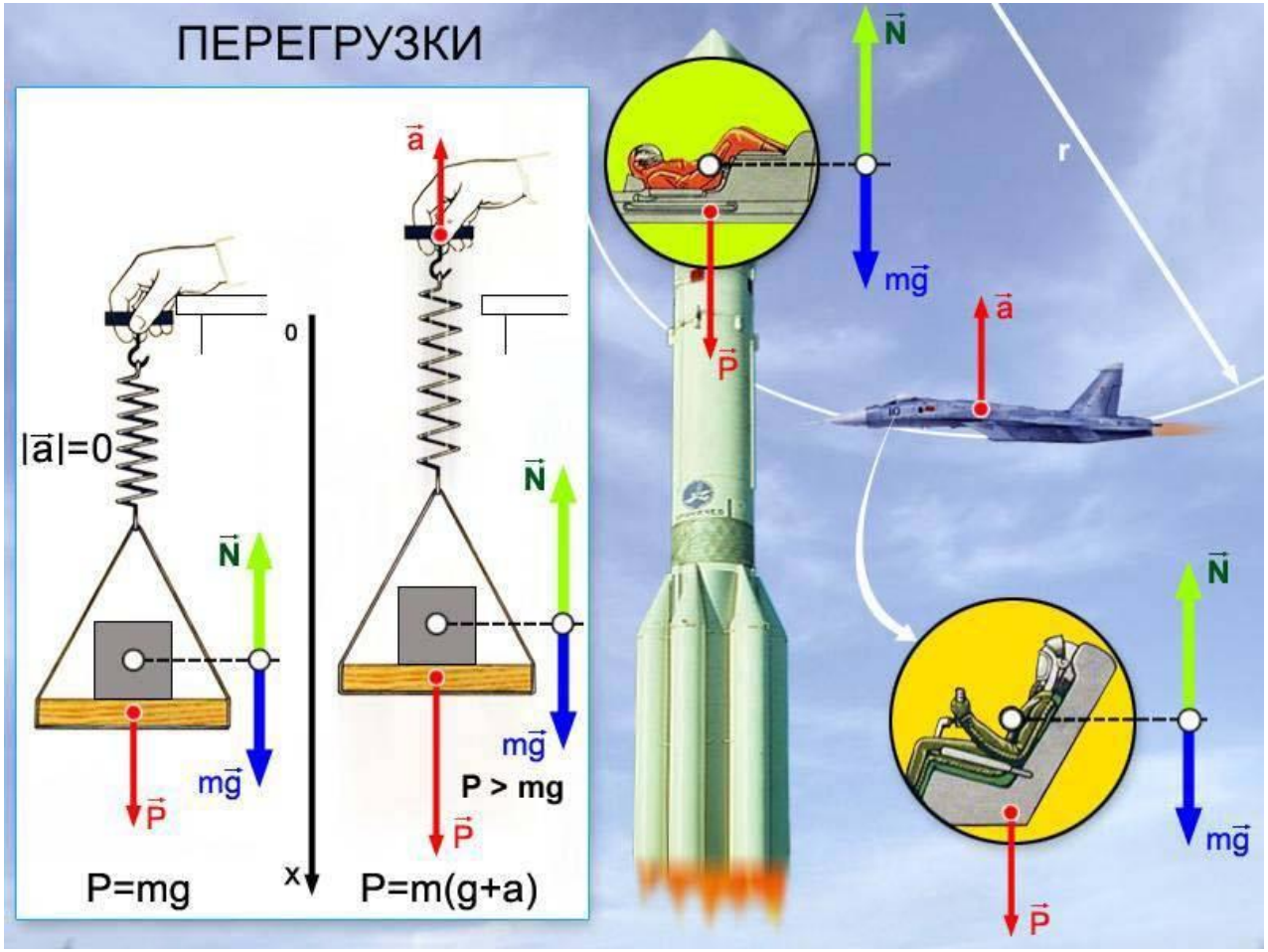
Материальная модель — это предмет, подобный оригиналу и способный заменить его в процессе эксперимента (или познания). Их назначение — воспроизведение структуры, характера протекания, сущности изучаемого процесса. Примеры таких моделей: авто- и авиамодели, лабораторные работы, аналогии.

Идеальная модель — это модель, которую конструируют мысленно. Она может фиксироваться при помощи рисунков, определённых символов (знаков). Примеры таких моделей: описание того или иного процесса, **графики, таблицы, формулы**.

Компьютерные модели вбирают в себя большое число аспектов моделируемой физической реальности.

- Физические модели заменяют нам реальные объекты и процессы, позволяют рассматривать разнообразные предельные ситуации — высокие температуры, давления, скорости, ускорения. Однако в моделях обязательно присутствуют такие элементы, которые позволяют опознать исходный объект.

2.5.1. Практические работы и применение ИКТ

- Каждая практическая работа начинается с постановки целей и задач. При этом надо понимать, что главная цель практической работы — освоить метод научного познания природы.
- В разделе «Теоретическая основа работы» очень лаконично описывается модель того явления, которое исследуем, выполняя эксперимент. Где-то это почти повтор текста учебника, а где-то — материал, отсутствующий в школьном курсе. Поэтому необходимо внимательно ознакомиться с этим разделом.
- Ключевым этапом деятельности является построение физической модели (выделение существенных и несущественных параметров, определение необходимых для описания явления физических величин и установление зависимости между ними).
- Последний этап исследования — это написание вывода. **Вывод** — важная часть работы. В выводе отмечается, удалось выполнить задание или нет.

Спасибо за внимание!