***Погрешности измерений физических величин***



СОДЕРЖАНИЕ

1.      Введение  (измерения и погрешности измерений)

2.      Случайные и систематические погрешности

3.      Абсолютные и относительные погрешности

4.      Погрешности средств измерений

5.      Класс точности электроизмерительных приборов

6.      Погрешность отсчета

7.      Полная абсолютная погрешность прямых измерений

8.       Запись окончательного результата прямого измерения

9.       Погрешности косвенных измерений

10.      Пример

**1. Введение (измерения и погрешности измерений)**

 Физика как наука родилась более 300 лет назад, когда Галилей, по сути, создал научный изучения физических явлений: физические законы устанавливаются и проверяются экспериментально путем накопления и сопоставления опытных данных, представляемых набором чисел, формулируются законы языком математики, т.е. с помощью формул, связывающих функциональной зависимостью числовые значения физических величин. Поэтому физика- наука экспериментальная, физика- наука количественная.

 Познакомимся с некоторыми характерными особенностями любых измерений.

 Измерение - это нахождение числового значения физической величины опытным путем с помощью средств измерений (линейки, вольтметра, часы и т.д.).

 Измерения могут быть прямыми и косвенными.

 Прямое измерение - это нахождение числового значения физической величины непосредственно средствами измерений. Например, длину - линейкой, атмосферное давление - барометром.

 Косвенное измерение- это нахождение числового значения физической величины по формуле, связывающей искомую величину с другими величинами, определяемыми прямыми измерениями. Например сопротивление проводника определяют по формуле R=U/I, где U и I измеряются электроизмерительными приборами.

 Рассмотрим пример измерения.

 Измерим длину бруска линейкой (цена деления 1 мм). Можно лишь утверждать, что длина бруска составляет величину

между 22 и 23 мм. Ширина интервала “неизвестности составляет 1мм, те есть равна цене деления. Замена линейки более чувствительным прибором, например штангенциркулем, снизит этот интервал, что приведет к повышению точности измерения. В нашем примере точность измерения не превышает 1мм.

 Поэтому измерения никогда не могут быть выполнены абсолютно точно. Результат любого измерения приближенный. Неопределенность в измерении характеризуется погрешностью - отклонением измеренного значения физической величины от ее истинного значения.

*Перечислим некоторые из причин, приводящих к появлению погрешностей*.

 1. Ограниченная точность изготовления средств измерения.

 2. Влияние на измерение внешних условий (изменение температуры, колебание напряжения ...).

 3. Действия экспериментатора (запаздывание с включением секундомера, различное положение глаза...).

 4. Приближенный характер законов, используемых для нахождения измеряемых величин.

 Перечисленные причины появления погрешностей неустранимы, хотя и могут быть сведены к минимуму. Для установления достоверности выводов, полученных в результате научных исследований, существуют методы оценки данных погрешностей.

 **2. Случайные и систематические погрешности**

           Погрешности, возникающие при измерениях делятся на систематические и случайные.

         Систематические погрешности- это погрешности, соответствующие отклонению измеренного значения от истинного значения физической величины всегда в одну сторону (повышения или занижения). При повторных измерениях погрешность остается прежней.

         Причины возникновения систематических погрешностей:

         1) несоответствие средств измерения эталону;

         2) неправильная установка измерительных приборов (наклон, неуравновешенность);

         3) несовпадение начальных показателей приборов с нулем и игнорирование поправок, которые в связи с этим возникают;

         4) несоответствие измеряемого объекта с предположением о его свойствах (наличие пустот и т.д).

         Случайные погрешности- это погрешности, которые непредсказуемым образом меняют свое численное значение. Такие погрешности вызываются большим числом неконтролируемых причин, влияющих на процесс измерения (неровности на поверхности объекта, дуновение ветра, скачки напряжения и т.д.). Влияние случайных погрешностей может быть уменьшено при многократном повторении опыта.

**3. Абсолютные и относительные погрешности**

             Для количественной оценки качества измерений вводят понятия абсолютной и относительной погрешностей измерений.

         Как уже говорилось, любое измерение дает лишь приближенное значение физической величины, однако можно указать интервал, который содержит ее истинное значение:

  Апр- DА < Аист < Апр+ DА

            Величина DА называется абсолютной погрешностью измерения величины А. Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины. Абсолютная погрешность равна модулю максимально возможного отклонения значения физической величины от измеренного значения. Апр- значение физической величины, полученное экспериментально, если измерение проводилось многократно, то среднее арифметическое этих измерений.

         Но для оценки качества измерения необходимо определить относительную погрешность e. e= DА/Апр или e= (DА/Апр)\*100%.

         Если при измерении получена относительная погрешность более 10%, то говорят, что произведена лишь оценка измеряемой величины. В лабораториях физического практикума рекомендуется проводить измерения с относительной погрешностью до 10%. В научных лабораториях некоторые точные измерения (например: определение длины световой волны), выполняются с точностью миллионных долей процента.

**4. Погрешности средств измерений**

          Эти погрешности называют еще инструментальными или приборными. Они обусловлены конструкцией измерительного прибора, точностью его изготовления и градуировки. Обычно довольствуются о допустимых инструментальных погрешностях, сообщаемых заводом изготовителем в паспорте к данному прибору. Эти допустимые погрешности регламентируются ГОСТами. Это относится и к эталонам. Обычно абсолютную инструментальную погрешность обозначают иА.

         Если сведений о допустимой погрешности не имеется (например у линейки), то в качестве этой погрешности можно принять половину цены деления.

         При взвешивании абсолютная инструментальная погрешность складывается из инструментальных погрешностей весов и гирь. В таблице приведены допустимые погрешности наиболее часто встречающихся в школьном эксперименте средств измерения.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Средства измерения | Предел измерения | Цена деления | Допустимая погрешность |
| линейка ученическая | до 50 см | 1 мм | 1 мм |
| линейка демонстрационная | 100 см | 1 см | 0.5 см |
| лента измерительная | 150 см | 0.5 см | 0.5 см |
| мензурка | до 250 мл | 1 мл | 1 мл |
| гири 10,20, 50 мг |   |   | 1 мг |
| гири 100,200 мг |   |   | 2 мг |
| гири 500 мг |   |   | 3 мг |
| гири 1 г |   |   | 4 мг |
| гири 2 г |   |   | 6 мг |
| гири 5 г |   |   | 8 мг |
| гири 10 г |   |   | 12 мг |
| гири 20 г |   |   | 20 мг |
| гири 50 г |   |   | 30 мг |
| гири 100 г |   |   | 40 мг |
| штангенциркуль | 150 мм | 0.1 мм | 0.05 мм |
| микрометр | 25 мм | 0.01 мм | 0.005 мм |
| динамометр | 4 Н | 0.1 Н | 0.05 Н |
| весы учебные | 200 г |   | 0.1 г |
| Секундомер | 0-30 мин | 0.2 с | 1с за 30 мин |
| барометр-анероид | 720-780 мм рт.ст. | 1 мм рт.ст | 3 мм рт.ст |
| термометр лабораторный | 0-100 градусов С | 1 градус | 1 градус |
| амперметр школьный | 2 А | 0.1 А | 0.08 А |
| вольтметр школьный | 6 В | 0.2 В | 0.16 В |
|  |  |  |  |

**5. Класс точности электроизмерительных приборов**

         Стрелочные электроизмерительные приборы по допустимым значениям погрешностям делятся на классы точности, которые обозначены на шкалах приборов числами 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Класс точности пр прибора показывает, сколько процентов составляет абсолютная погрешность от всей шкалы прибора.

         пр= (иА/Амакс)\*100% .

Например абсолютная инструментальная погрешность прибора класса 2,5 составляет 2,5% от его шкалы.

         Если известен класс точности прибора и его шкала, то можно определить абсолютную инструментальную погрешность измерения         иА=(пр\* Амакс)/100.

         Для повышения точности измерения стрелочным электроизмерительным прибором надо выбирать прибор с такой шкалой, чтобы в процессе измерения располагались во второй половине шкалы прибора.

**6. Погрешность отсчета**

         Погрешность отсчета получается от недостаточно точного отсчитывания показаний средств измерений.

         В большинстве случаев абсолютную погрешность отсчета принимают равной половине цены деления. Исключения составляют измерения стрелочными часами (стрелки передвигаются рывками).

         Абсолютную погрешность отсчета принято обозначать оА

**7. Полная абсолютная погрешность прямых измерений**

          При выполнении прямых измерений физической величины А нужно оценивать следующие погрешности: иА, оА и сА (случайную). Конечно, иные источники ошибок, связанные с неправильной установкой приборов, не совмещение начального положения стрелки прибора с 0 и пр. должны быть исключены.

         Полная абсолютная погрешность прямого измерения должна включать в себя все три вида погрешностей.

         Если случайная погрешность мала по сравнению с наименьшим значением, которое может быть измерено данным средством измерения (по сравнению с ценой деления), то ее можно пренебречь и тогда для определения значения физической величины достаточно одного измерения. В противном случае теория вероятностей рекомендует находить результат измерения как среднее арифметическое значение результатов всей серии многократных измерений, погрешность результата вычислять методом математической статистики. Знание этих методов выходит за пределы школьной программы.

**8. Запись окончательного результата прямого измерения**

   Окончательный результат измерения физической величины А следует записывать в такой форме;

          А=Апр+ А,  А/Апр)\*100%.

 Апр - значение физической величины, полученное экспериментально, если измерение проводилось многократно, то среднее арифметическое этих измерений.

 А - полная абсолютная погрешность прямого измерения.

         Абсолютную погрешность обычно выражают одной значащей цифрой.

         Пример: L=(7,9 + 0,1) мм, 

 **9. Погрешности косвенных измерений**

         При обработке результатов косвенных измерений физической величины, связанной функционально с физическими величинами А, В и С, которые измеряются прямым способом, сначала определяют относительную погрешность косвенного измерения  Х/Хпр, пользуясь формулами, приведенными в таблице (без доказательств).

         Абсолютную погрешность определяется по формуле Х=Хпргде выражается десятичной дробью, а не в процентах.

         Окончательный результат записывается так же, как и в случае прямых измерений.

|  |  |
| --- | --- |
| Вид функции | Формула |
|  Х=А+В+С  | http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.files/image005.gif |
|  Х=А-В | http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.files/image007.gif  |
| Х=А\*В\*С  |  http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.files/image009.gif  |
|  Х=Аn | http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.files/image011.gif |
|  Х=А/В  |  http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.files/image013.gif |
| Х= http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.files/image015.gif    |  http://schools.keldysh.ru/sch764/files/pogr.files/image017.gif    |

 **Пример:**   Вычислим погрешность измерения коэффициента трения с помощью динамометра. Опыт заключается в том, что брусок равномерно тянут по горизонтальной поверхности и измеряют прикладываемую силу: она равна силе трения скольжения.

 

С помощью динамометра взвесим брусок с грузами: 1,8 Н. Fтр=0,6 Н

μ=0,33.  Инструментальная погрешность динамометра (находим по таблице) составляет Δ и =0,05Н, Погрешность отсчета (половина цены деления)

Δ о=0,05Н  .  Абсолютная погрешность измерения веса и силы трения 0,1 Н.

Относительная погрешность измерения (в таблице 5-я строчка)

 , следовательно абсолютная погрешность косвенного измерения μ составляет   0,22\*0,33=0,074

***Ответ:***  