**Порядок выполнения лабораторных работ:**

1. Прочесть методичку дома или на занятии.
2. Пройти допуск (беседу с преподавателем по установке).
3. Проделать работу, записывая в протокол результаты измерений и необходимые для отчёта данные.
4. Написать отчёт в Word (или любом другом текстовом редакторе).

Отчет должен включать:

* + Полное название работы (в скобках номер работы), цель работы.
  + Приборы и материалы (с погрешностями измерения приборов).
  + Общая часть (теория) – основные положения методички, формулы для нахождения искомых величин.
  + Описание проведенного эксперимента
  + Таблицы (прямых измерений, косвенных измерений, результатов) с пояснением каждого обозначения (x – расстояние по горизонтали и т.д.).
  + Обработка результатов (вычисление погрешностей, нахождение средних величин, графики).
  + Доверительный интервал: (xср – Δx; xср + Δx).
  + Выводы (3-5 предложений о том, как прошла работа, какие погрешности получились, почему отличаются, если отличаются, от ожидаемых).

Для обработки данных и построения графиков необходимо использовать соответствующие программные пакеты (Excel, Origin, Python, Matlab и др).

**Принципы вычисления погрешностей:**

Различают три вида погрешностей – грубые ошибки (промахи), систематические и случайные погрешности.

Грубые ошибки обусловлены либо ошибками экспериментатора при неправильных отсчетах, либо неисправностями приборов. Результаты измерения с грубыми ошибками отбрасываются, при необходимости производятся новые измерения.

1. Прямые измерения:

Δx­сл = Δx сл (N, α), где N – количество опытов; α – доверительная вероятность (вероятность попадания истинного значения xист. в доверительный интервал [xср– Δx; xср + Δx]).

, , где tст. – коэффициент Стьюдента (искать в Таблице 1).

Здесь запись <x> означает среднее значение.

Результат измерения записывается в следующей форме: x = xср ± Δx, где Δx – полная абсолютная погрешность, определяемая из соотношения , где Δxпр – приборная погрешность. Отношение Δx/xср \*100% называется относительной погрешностью.

При записи числового значения результата необходимо руководствоваться следующими правилами:

а) значение абсолютной погрешности определяется до двух значащих цифр, если первая значащая цифра является единицей; во всех других случаях удерживается одна значащая цифра;

б) при записи среднего значения указываются все цифры до последнего десятичного разряда, который используется при записи абсолютной погрешности.

1. Косвенные измерения:

Метод расчета погрешностей при косвенных измерениях применим только для данных, образующих выборку. Иными словами, истинные значения измеряемых в эксперименте величин должны быть константами.

Функция одной переменной: , то 

Функция двух переменных:  
. Тогда. Но.

, где значения производных вычисляются в точках, соответствующих средним значениям измеряемых величин.

Далее, аналогично прямым измерениям, указывается доверительный интервал.

Таблица 1. Коэффициент Стьюдента

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n/p | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,98 | 0,99 |
| 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 40 60 120  | 3,08 1,89 1,64 1,53 1,48 1,44 1,42 1,40 1,38 1,37 l,363 1,36 1,35 1,35 1,34 1,34 1.33 1,33 1,33 1,38 1,32 1,32 1,32 1,32 1,32 1,32 1,31 1,31 1,31 1,30 1,30 1,29 1,28 | 6,31 2,92 2,35 2,13 2,02 1,94 1,90 1.86 1,83 1,81 1,80 1,78 1,77 1,76 1,75 1,75 1,74 1,73 1,73 1,73 1,72 1,72 1,71 1,71 1,71 1,71 1,70 1,70 1,69 1,68 1,67 1.66 1,65 | 12,71 4,30 3.18 2,77 2,57 2,45 2,36 2,31 2,26 2.23 2,20 2,18 2,16 2,14 2,13 2,12 2,11 2,10 2,09 2,09 2,08 2,07 2,07 2.06 2,06 2,06 2,05 2,05 2,05 2,02 2,00 1,98 1,96 | 31,8 6,96 4,54 3,75 3,36 3.14 3,00 2,90 2,82 2,76 2,72 2,68 2,65 2,62 2,60 2,58 2,57 2,55 2,54 2,53 2,52 2,51 2,50 2,49 2,49 2,48 2,47 2,47 2,46 2,42 2,39 2,36 2,33 | 63,7 9,92 5,84 4,60 4,03 4,71 3,50 3,36 3,25 3,17 3,11 3,06 3,01 2,98 2,95, 2,92 2,90 2,88 2,86 2,85 2,83 2,82 2,81 2,80 2,79 2,78 2,77 2,76 2,76 2,70 2,66 2,62 2,58 |

1. Метод наименьших квадратов

Практически любую функциональную зависимость двух измеряемых величин в представленных лабораторных работах можно свести к линейной зависимости вида . Однако, поскольку в работе возникают неточности измерения, то точной прямой никогда не получается, для проведения прямой по экспериментальным данным существует метод наименьших квадратов, рассматриваемый в курсе теории вероятностей и математической статистики. Приведем здесь только рабочие формулы для нахождения требуемых коэффициентов:

, .

или то же самое

; ;

;.

Для оценки правдоподобности полученной прямой необходимо проверить, проходит ли построенная зависимость в пределах погрешностей около каждой экспериментальной точки (допустимо, что некоторое количество точек не удовлетворяют данному условию). Для количественного анализа сходства снятой зависимости с прямой служит коэффициент корреляции (модуль которого не превосходит единицу):

.

В случае строгой линейной зависимости r = 1 для k>0 или r = -1 для k<0. Оказывается, что экспериментальные данные хорошо ложатся на прямую при 0.98 < | r | < 1.

Далее приведены примеры вычисления коэффициентов в случае степенной, экспоненциальной и логарифмической функциональной зависимости.

,,

,,

,,