Правила построения графиков

- Графики строятся на миллиметровой бумаге, на которую прежде всего наносятся координатные оси. На концах осей указываются откладываемые физические величины и их размерности.
- Затем на оси наносят масштабные деления так, чтобы расстояние между делениями составляло 1, 2, 5 единиц (или 0.1, 0.2, 0.5, или 10, 20, 50 и т.д.). Обычно порядок масштаба, т.е. $10^{\pm n}$ выносится на конец оси. Например, для пути, пройденного телом, вместо 1000, 1100, 1200 и т.д. метров около масштабных делений пишут 1.0, 1.1, 1.2, а в конце оси физическую величину обозначают как S, 10^3 м или $S \cdot 10^{-3}$, м.
- Точка пересечения осей не обязательно должна соответствовать нулю по каждой из осей. Начало отсчета по осям и масштабы следует выбирать так, чтобы график занял всю координатную плоскость.
- После построения осей на миллиметровку наносят экспериментальные точки. Их обозначают маленькими кружками, квадратиками и т.д. Если на одной координатной плоскости строится несколько графиков, то для точек выбираются разные обозначения.
- Затем от каждой точки вверх, вниз и вправо, влево откладывают отрезки, соответствующие погрешностям точек в масштабах осей. Если погрешность по одной из осей (или по обеим осям) оказывается слишком малой, то предполагается, что она отображается на графике размером самой точки.
- Экспериментальные точки, как правило, не соединяются между собой ни отрезками прямой, ни произвольной кривой. Вместо этого строится теоретический график той функции (линейной, квадратичной, экспоненциальной, тригонометрической и т.д.), которая отражает проявляющуюся в данном опыте известную или предполагаемую физическую закономерность, выраженную в виде соответствующей формулы.

В лабораторном практикуме встречаются два случая: проведение теоретического графика преследует цель извлечения из эксперимента неизвестных параметров функции (тангенса угла наклона прямой, показателя экспоненты и т.д.) либо делается сравнение предсказаний теории с результатами эксперимента.

В первом случае график соответствующей функции проводится "на глаз" так, чтобы он проходил по всем областям погрешности возможно ближе к экспериментальным точкам. Существуют математические методы, позволяющие провести теоретическую кривую через экспериментальные точки в определенном смысле наилучшим образом (например: метод наименьших квадратов).

При проведении графика "на глаз" рекомендуется пользоваться зрительным ощущением равенства нулю суммы положительных и отрицательных отклонений точек от проводимой кривой.

Во втором случае график строится по результатам расчетов, причем расчетные значения находятся не только для тех точек, которые были получены в опыте, а с некоторым шагом по всей области измерений для получения плавной кривой.

Нанесение на миллиметровку результатов расчетов в виде точек является рабочим моментом - после проведения теоретической кривой эти точки с графика убираются.

Если в расчетную формулу входит уже определенный (или заранее известный) экспериментальный параметр, то расчеты проводятся как со средним значением параметра, так и с его максимальным и минимальным (в пределах погрешности) значениями. На графике в этом случае изображается кривая, полученная со средним значением параметра, и полоса, ограниченная двумя расчетными кривыми для максимального и минимального значений параметра.

Правила построения графиков рассмотрим на следующем примере.

Предположим, что в опыте исследовался закон движения некоторого тела. Тело двигалось прямолинейно, и задачей опыта было измерение расстояния, которое тело проходит за различные промежутки времени. После проведения некоторого числа опытов и обработки результатов измерений были найдены средние значения измеряемых величин и их погрешности. Требуется изобразить результаты опыта, представленные в табл. 2, в виде графика и найти из графика скорость тела, предполагая, что движение равномерное.

Таблица 2.

Зависимость пути, пройденного телом, от времени				
Номер опыта	t, с	Δt, с	S, см	ΔS, см
1	35.5	1.0	97	6

2	40.0	1.0	99	9
3	45.0	1.0	108	9
4	50.0	1.0	139	11
5	55.0	1.0	146	12

Последовательность операций:

Строим оси координат и устанавливаем на них шкалы, исходя из интервалов изменения измеренных величин. Начало оси абсцисс (время) берем при t=30 с, а начало оси ординат (расстояние) - при S=80 см. Размечаем ось абсцисс с шагом 10 с, а ось ординат с шагом 20 см.

Наносим на координатную плоскость точки, представленные в таблице. Для каждой точки откладываем влево и вправо погрешность Δt в масштабе оси абсцисс, а вверх и вниз - погрешность ΔS в масштабе оси ординат.

Исходя из предположения о равномерном движении, т.е. о линейной зависимости $S(t)=v_0t$, проводим прямую с таким расчетом, чтобы она наилучшим образом проходила через все измеренные точки. При проведении прямой учитываем, что в данном опыте при t=0 путь S=0 независимо от скорости, т.е. согласно теоретической формуле продолжение прямой должно проходить через точку (0,0), которая находится за пределами рабочего участка координатной плоскости. Так как скорость $v=dS/dt$, а производная геометрически представляется тангенсом угла наклона касательной к графику функции, то для равномерного движения тангенс угла наклона прямой дает скорость v_0. Находить из графика следует именно тангенс, т.е. отношение противолежащего катета к прилежащему, взятых в масштабных единицах соответствующих осей. Очевидно, что угол наклона прямой зависит от выбора масштаба на осях. Поэтому измерение угла с последующим определением его тангенса смысла не имеет.

Для оценки погрешности проводим через экспериментальные точки еще две прямые - с максимальным и минимальным наклоном в пределах погрешностей большинства точек и с учетом того, что продолжения этих прямых должны пересекать точку (0,0).

Определяем тангенс угла наклона этих прямых и устанавливаем интервал, в пределах которого находится искомая величина (скорость). Окончательный результат построений показан на рис.1.

Следует заметить, что графическая обработка опытных данных не столь строга, как аналитическая, зато она проста и наглядна.

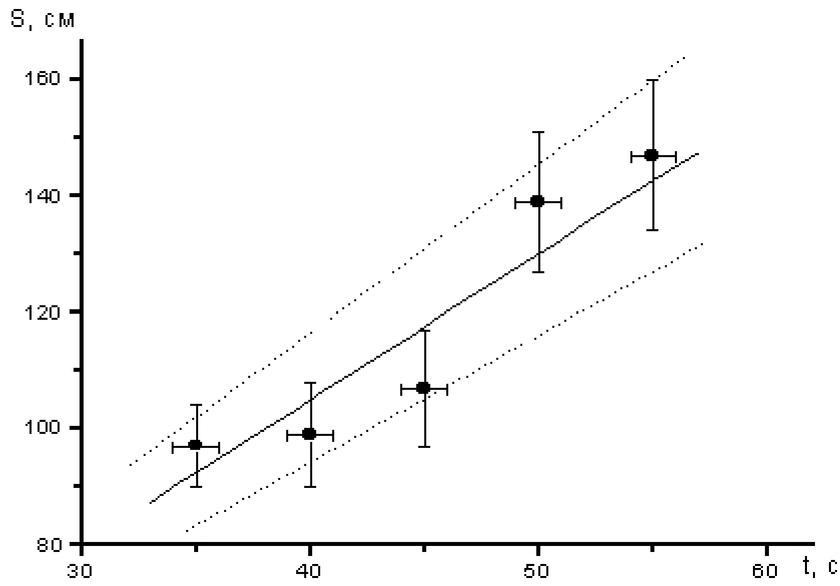

Рис. 1

В тех случаях, когда диапазон изменений измеряемой величины превышает порядок, при построении графика обычно применяют логарифмический масштаб. Для построения логарифмической шкалы по оси от начальной точки в некотором масштабе откладываются отрезки, равные десятичным логарифмам ряда чисел. Если отложен lgа, то около соответствующей точки ставится пометка а. Около начальной точки должна стоять пометка 1 (lg1=0). Таким образом, на логарифмической шкале расстояние от пометки 1 до пометки α равно в выбранном масштабе lgα. Так как lg(10α)=1+ lgα, то пометки на логарифмической шкале на участке от 10 до 100 будут в точности соответствовать пометкам на участке от 1 до 10. Это же рассуждение может быть проведено и для других участков шкалы. Поэтому, для изображения чисел от 1 до 100 на логарифмической оси требуется увеличить длину оси всего в два раза по сравнению с осью, размеченной от 1 до 10. Пусть, например, на оси длиной 10 см требуется отобразить числа от 1 до 100. Тогда на одну декаду будет приходиться 5 см. Соответственно пометка 2 должна стоять на расстоянии lg2•5=1.5 см от начала оси, пометка 3 - на расстоянии lg3•5=2.4 см, а пометка 30 - на расстоянии lg30•5=7.4 см. На рис.2 приведен пример участка оси с логарифмической шкалой.

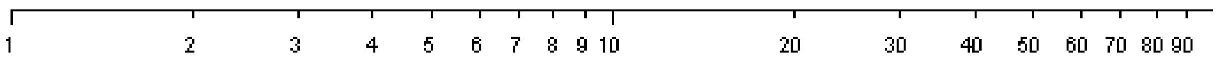

Рис. 2