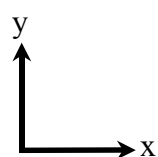


Графическое оформление результатов эксперимента.

Построение диаграмм в прямоугольной системе координат.

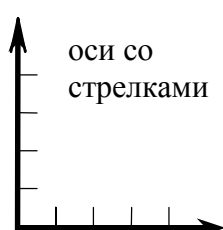
Назначение графиков - наглядное представление результатов, поэтому основное требование к ним – аккуратное и четкое исполнение. Графики должны легко читаться, для этого необходимо соблюдать некоторые общие правила, изложенные ниже.



$y = F(x)$ - функциональная зависимость, x - независимая переменная.

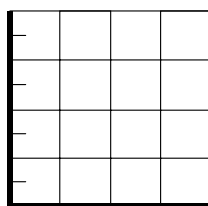
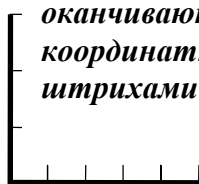
Значения переменных величин можно откладывать в линейном и нелинейном (например, логарифмическом) масштабах.

Координатные оси и сетка используются в следующем виде:



оси со
стрелками

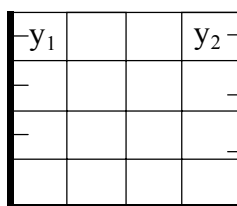
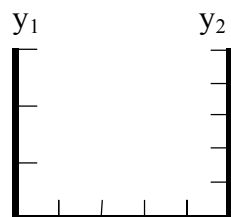
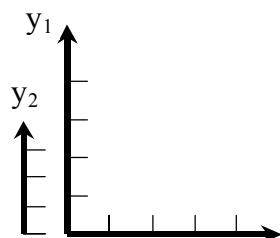
оси без стрелок,
*оканчиваются
координатными
штрихами*



Координатная сетка (*стрелок нет*, можно с дополнительными штрихами). Миллиметровая бумага – готовая координатная сетка.

Удобно использовать для считывания численных значений.

Дополнительные оси для диаграмм, изображающих несколько функций в разных масштабах:

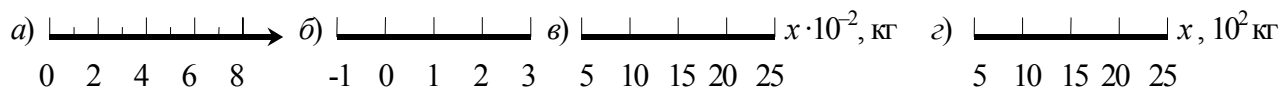


Вариант слева годится для любого числа дополнительных осей, остальные – для одной.

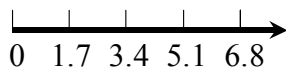
Толщину линий принято отсчитывать от толщины координатной оси – S (0,5 - 1,5 мм), при этом толщина координатной сетки и штрихов

выбирается $S/2 \div S/3$, а самой изображаемой функциональной зависимости – $2S$ (числа приближительные, для обеспечения требуемой точности отсчета допускается выполнять линии большей или меньшей толщины). Когда на одной диаграмме изображаются две или более функциональные зависимости, целесообразно изображать их линиями разных типов сплошными, штриховыми и т.д..

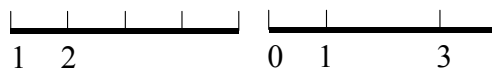
Начинают построение диаграмм с выбора осей и нанесения масштаба. Обычно на осях делают 5 ÷ 10 делений, рядом с делениями наносят их числовые значения, обычно с противоположной стороны оси. **Измеренные значения на шкалы не наносят!** Ось – это рабочая линейка. Масштаб выбирают удобным для считывания, он сохраняется на всей оси (или до точек разрыва оси, если они есть). Обычно выбирают числа не более чем из двух цифр, заканчивающиеся на 1, 2, 5. Чтобы не писать нулей, повторяющихся во всех цифрах и засоряющих график, масштабный множитель 10^n выносят 1) в множитель к символу измеряемой величины – вариант *в*) или 2) в единицу ее измерения – *г*). Разумеется, знак показателя степени масштабного множителя n для данных двух вариантов будет противоположен (в обоих приведенных на рисунке вариантах *в*) и *г*) масштаб одинаков)



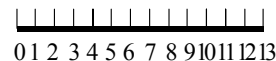
Примеры распространенных ошибок при выборе масштабов:



Масштаб не удобен для экстраполяции

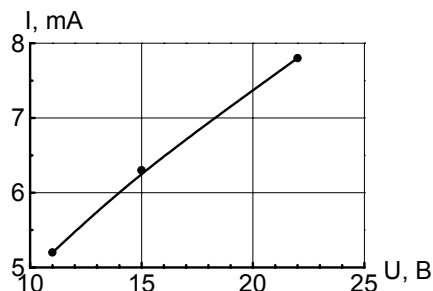


Первое и последнее деления обязательно подписываются, между ними значения наносятся через **равные** промежутки.

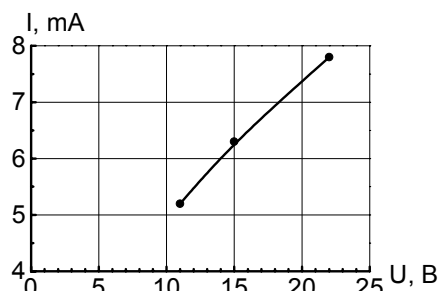


Слишком частые деления или редкие деления затрудняют восприятие.

Оси могут начинаться не с нуля, а с любого удобного значения, чтобы график занимал наибольшее пространство на координатной плоскости и не оставалось пустых мест, но при этом все точки графика должны быть внутри и не попадать на ограничительные оси / линии сетки:



Правильно



Неправильно

Если и горизонтальная и вертикальная оси начинаются с нуля, «0» наносят только один раз (см. рис. 3).

При изображении графика, располагающегося более чем в одном квадранте координатной плоскости, штрихи, по возможности, направляются в сторону графика, а цифры масштаба располагаются с противоположной стороны оси – рис. 1. В тех квадрантах, где линия графика не проходит, масштабную сетку можно не показывать – Рис. 2.

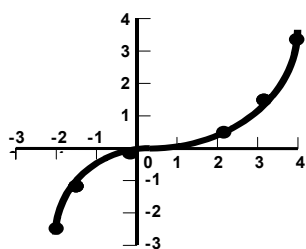


Рис. 1

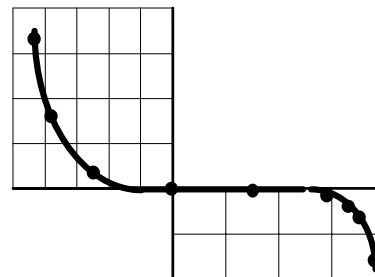


Рис. 2

Бывают ситуации, когда целесообразно использовать разные масштабы для разных частей графика. В таких случаях для отделения областей с разными масштабами применяются так называемые разрывы осей, обозначаемые специальным знаком – ∇ или $\#$. Если изменение масштаба происходит в начале координат, то знак разрыва можно не ставить. Пример применения разных масштабов по одной оси показан на рис.8. Разрывы осей применяют также для исключения из показа части координатной оси, где поведение графика не представляет интереса либо монотонно и легко прогнозируется. Разрывами осей надо пользоваться с осторожностью, поскольку они искажают визуальный ход графика, чем затрудняют его восприятие.

Обозначения изображаемых переменных величин и их единиц измерения.

Переменную величину можно обозначать:

1. Наименованием или наименованием и символом - то есть непосредственно написать словами, что отложено по осям – рис. 5. Располагается такая надпись **вдоль оси**, по ее центру.

2. Символом (R, C, U) – рис. 3, 4.

3. Символьным математическим выражением ($\frac{I}{I_{\max}}, \sin(\omega t)$) – рис. 6.

Символы должны быть общепринятыми или разъяснены в подписи к графику и/или в тексте. Обозначения в виде символов и математических выражений следует располагать **горизонтально вне зависимости от ориентации самой оси**.

Обозначения символом или математическим выражением обычно располагаются в конце соответствующей оси, при этом их единицы измерения, как и для варианта 1, располагаются сразу после обозначения изображаемой переменной через запятую или в скобках (рис. 3-5). Единицы измерения нужно указывать только в унифицированном сокращенном виде по Российскому (кириллицей) или международному (латиницей) стандарту.

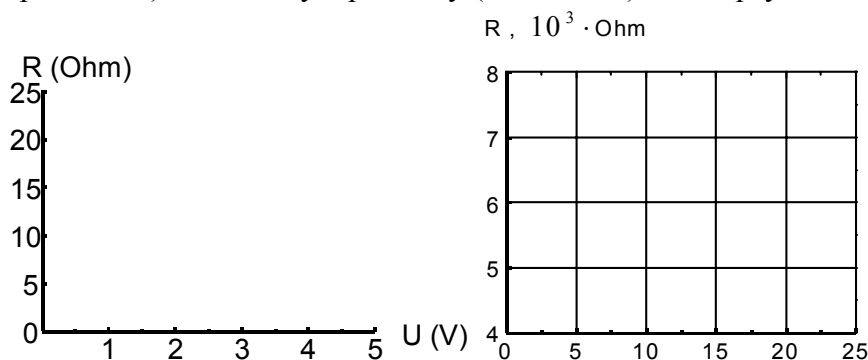


Рис. 3

Рис. 4

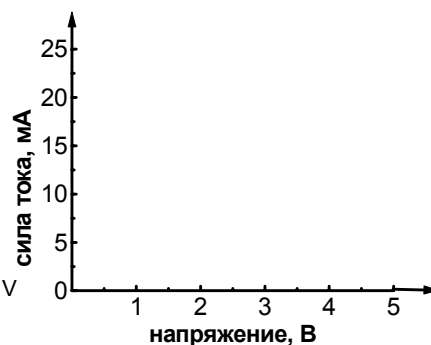


Рис. 5

Другим возможным вариантом для символьного или математического обозначения является его размещение **по центру шкалы перед стрелкой** – рис. 6 (при этом на осях стрелки ставить не надо, т.к. для указания направление роста переменной достаточно одной данной стрелки). Единицы измерения в данном случае (и только в данном!) размещаются между последней и предпоследней цифрой шкалы (если между цифрами мало места, то единица измерения ставится **вместо** предпоследнего значения).

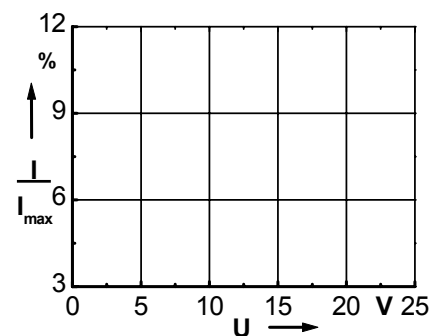


Рис. 6

Нанесение экспериментальных точек. Экспериментальные точки являются главным содержанием графика, поэтому они должны быть показаны максимально четко и крупно. Если на графике показаны несколько наборов точек, соответствующим разным величинам или разным условиям эксперимента, каждый набор нужно показать своими символами (кружки, крестики, квадраты, треугольники и т.д.). Погрешности измерения каждой точки указываются отрезками, длина которых равна величине ошибки. Например, на рис. 7 нанесена точка: $U = 2,51 \pm 0,07$ В, $I = 41 \pm 7$ мА.

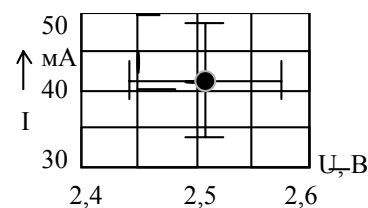


Рис.7

Проведение экспериментальной кривой. Следует помнить, что единственным экспериментальным результатом являются только сами экспериментальные точки. Проведение по ним непрерывной зависимости является лишь интерпретацией, которая может оказаться и неверной, особенно если точек мало. Если заранее известен ожидаемый аналитический вид измеряемой зависимости, то экстраполяционную кривую можно провести методом наименьших квадратов. В настоящее время имеется множество компьютерных программ для обработки экспериментальных графиков, с помощью которых и выполняются все операции обработки.

При ручном построении графика в данной учебной работе следует руководствоваться следующим. Поскольку измерения были проведены с погрешностями, не обязательно соединять кривой сами экспериментальные точки: кривая лишь должна пройти в пределах ошибок измерений. При этом целесообразно придерживаться следующих правил: 1) кривая должна быть как можно более простой (как можно меньше минимумов и максимумов, перегибов). Если можно – провести прямую. 2) Если известна теоретическая зависимость – построить ее на графике и попытаться провести аналогичную кривую через экспериментальные точки.

Возможно, что какая-нибудь точка выпадет из графика. В принципе, такое допустимо: сам смысл погрешности (среднеквадратичной ошибки) – это то, что измеренная величина с вероятностью около 70% попадает в данный интервал, так что на 30% она может туда не попасть. Но если есть возможность, лучше повторить измерения в выпавшей точке и ее окрестностях – возможно, это и не ошибка эксперимента, и данное отклонение графика существенно.

Каждый график должен иметь краткую подпись (обязательно внизу), поясняющую его содержание и обозначение показанных величин. На поле самого графика допускается размещение краткой текстовой или иной существенной информации, облегчающей понимание результатов (см.рис.7).

В выполняемой учебной работе графики выполняются на миллиметровой бумаге, все линии и надписи выполняются карандашом, чертежным шрифтом. При выполнении последующих задач практикума для построения и обработки графиков можно пользоваться стандартными компьютерными программами.

Пример построения графика:

Таблица данных				
N точки	Напряжение U, В	Ошибка измер. δU , В	Ток I, мА	Ошибка измер. δI , мА
1	-10,18	0,75	-12	0,1
2	-10,18	0,75	-10	0,1
3	-10,17	0,75	-8	0,1
4	-10,15	0,75	-6	0,1
5	-10,13	0,75	-4	0,1
6	-10,11	0,75	-2	0,01
7	-10,09	0,75	-1	0,01
8	-10,04	0,75	-0,5	0,01
9	-9,98	0,25	-0,2	0,001
10	-9,89	0,25	-0,1	0,001
11	-9,5	0,25	-0,01	--
12	0	--	0	--
13	0,442	0,025	0,001	--
14	0,583	0,025	0,1	0,01
15	0,628	0,025	0,5	0,1
16	0,645	0,025	1	0,1
17	0,664	0,025	2	0,1
18	0,681	0,025	4	0,1
19	0,692	0,025	6	0,1
20	0,7	0,025	8	0,1
21	0,706	0,025	10	0,1
22	0,711	0,025	12	0,1
23	0,715	0,025	14	0,1

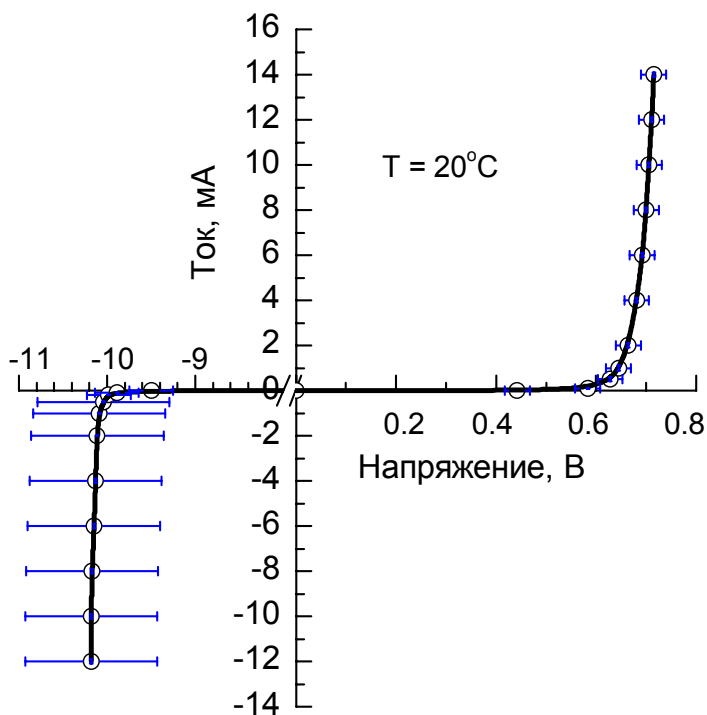


Рис. 8
Вольт-амперная характеристика стабилитрона Д228 при комнатной температуре