

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

17 января 2008 года

Сначала, пожалуйста, прочитайте следующее:

1. Экспериментальный тур состоит из одной задачи. Продолжительность тура 3 часа.
2. Пользуйтесь только той ручкой, которая Вам предоставлена.
3. Для расчетов Вы можете использовать свой непрограммируемый калькулятор. Если своего у вас нет, тогда Вы можете попросить его у организаторов олимпиады.
4. Вам предоставлены чистые листы бумаги и *Листы для записи (Writing sheets)*. Чистые листы бумаги предназначены для черновых записей, их Вы можете использовать по Вашему усмотрению, они не проверяются. На *Writing sheets* следует записывать решения задач, которые будут оценены при проверке работы. В решениях как можно меньше используйте словесные описания. В основном Вы должны использовать уравнения, цифры, буквенные обозначения, рисунки и графики.
5. Используйте только лицевую сторону *Writing sheets*. При записи не выходите за пределы отмеченной рамки.
6. На каждом использованном *Writing sheets*, в отведенных для этого графах, необходимо указать Вашу страну (*Country*), Ваш код (*Student Code*), текущий номер каждого листа (*Page Number*) и полное количество листов, использованных при решении всех задач (*Total Number of Pages*). Если Вы не хотите, чтобы какие-нибудь использованные *Writing sheets* были включены в ответ, тогда перечеркните их большим крестом на весь лист и не включайте их в Ваш подсчет полного количества листов.
7. Когда Вы закончите тур, разложите все листы в следующем порядке:
 - Пронумерованные по порядку *Writing sheets*;
 - Черновые листы;
 - Неиспользованные листы;
 - Отпечатанные условия задачи

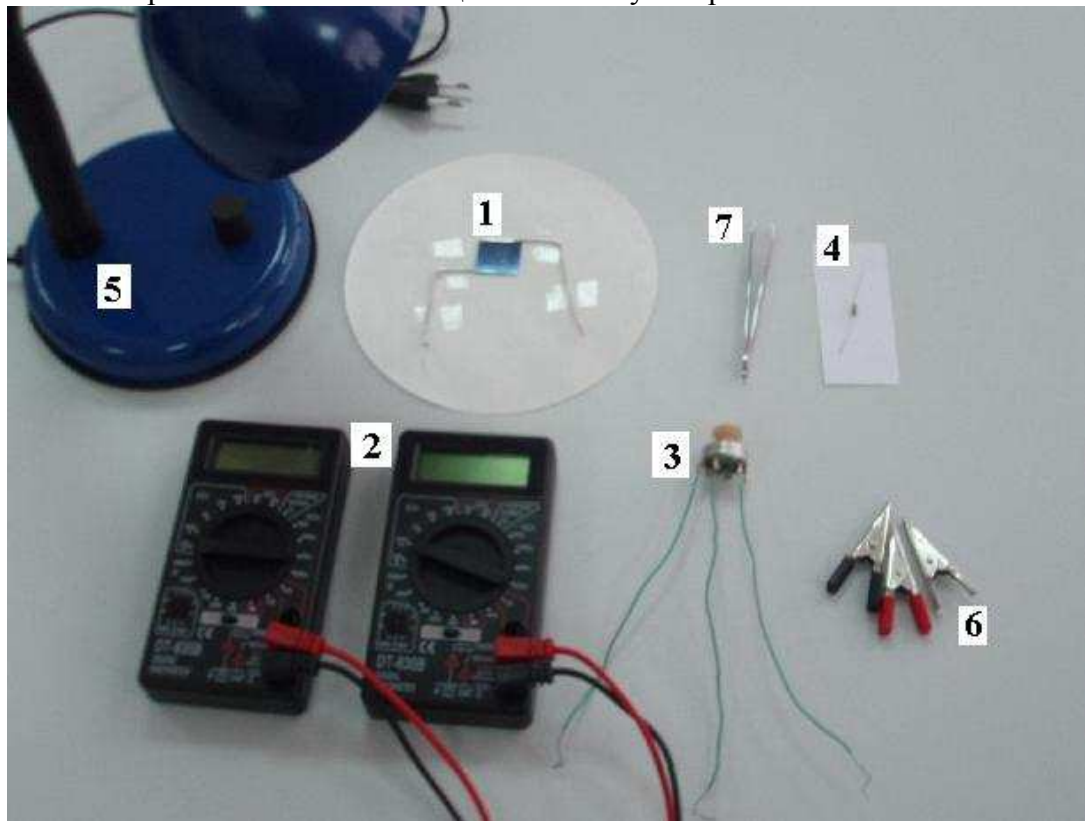
Положите все листы бумаги в конверт и оставьте на столе. Вам не разрешается выносить из аудитории *любые* листы бумаги, приборы, материалы и принадлежности.

Исследование характеристик солнечного элемента

Приборы и материалы: Солнечный элемент (1), цифровые мультиметры, 2 штуки (2), резистор с переменным сопротивлением (3), резистор с известным сопротивлением ($1,00 \pm 0,01$) Ом (4), электрическая лампа (5), «крокодилы» (6), пинцет (7), миллиметровая бумага.

Выработка энергии играет важную роль в человеческой деятельности. В связи с уменьшением минеральных энергетических ресурсов Земли в настоящее время особую актуальность приобретают возобновляемые источники энергии. Одним из ее видов является солнечная энергия. Работа по использованию данного вида энергии проводится и в Казахстане. Солнечные элементы напрямую преобразуют энергию света в электрическую энергию. В данной работе Вы будете исследовать характеристики такого солнечного

элемента. Эти элементы специально изготовлены для данной олимпиады в лаборатории микро- и оптоэлектроники Казахского национального университета.



Внимание: Солнечные элементы очень хрупкие, будьте внимательны при работе с ними. Непосредственно элементы руками трогать нельзя. Из-за загрязнения существенно могут меняться их характеристики. Для соединения их в электрическую схему используйте пинцет и «крокодильчики». Во время измерений положение солнечного элемента относительно лампы не должно меняться. Желательно электрическую лампу включать только во время измерения. Будьте осторожны, электрическая лампа достаточно сильно нагревается.

Задание экспериментального тура (15 баллов):

Вам необходимо измерить вольт-амперную характеристику (ВАХ) солнечного элемента. При этом Вы можете использовать предоставленные Вам мультиметры *только* как вольтметры. Их использование в качестве амперметров приводит к некорректным результатам, так как они в качестве амперметров имеют слишком большое внутреннее сопротивление.

Осветите солнечный элемент данной вам настольной лампой, включив ее на максимальную мощность и расположив ее на расстоянии 10-20 см от солнечного элемента.

- Непосредственно измерьте ЭДС солнечного элемента. Приведите схему измерений. (1 балл)
- Подключите к солнечному элементу внешнюю нагрузку, используя переменный резистор и резистор с известным сопротивлением. Приведите схему, позволяющую измерить зависимость силы тока через солнечный элемент от напряжения на внешней нагрузке. Постройте график полученной зависимости. Используйте оба мультиметра *только* в качестве вольтметров. (5 баллов)
- Считая, что при малых токах ЭДС солнечного элемента и его внутреннее сопротивление постоянны, определите их по данным пункта б). (3 балла)

- d) Определите теоретически сопротивление внешней нагрузки для батарейки с постоянным внутренним сопротивлением, при котором на внешней нагрузке выделяется максимальная мощность. Используя результат пункта с), вычислите теоретически это сопротивление, считая сопротивление солнечного элемента постоянным. (1 балл)
- e) Используя данные, полученные в пункте b), постройте график зависимости мощности, выделяющейся на внешней нагрузке, от ее сопротивления. Укажите значение сопротивления внешней нагрузки, при котором на ней выделяется максимальная мощность. Во сколько раз полученное значение отличается от результата, предсказанного в пункте d)? (3 балла)
- f) Коэффициент заполнения определяется как отношение максимальной мощности, выделяющейся на внешней нагрузке, к произведению ЭДС солнечного элемента (измеренного в пункте а)) на максимальный ток через солнечный элемент. Определите коэффициент заполнения солнечного элемента. (2 балла)

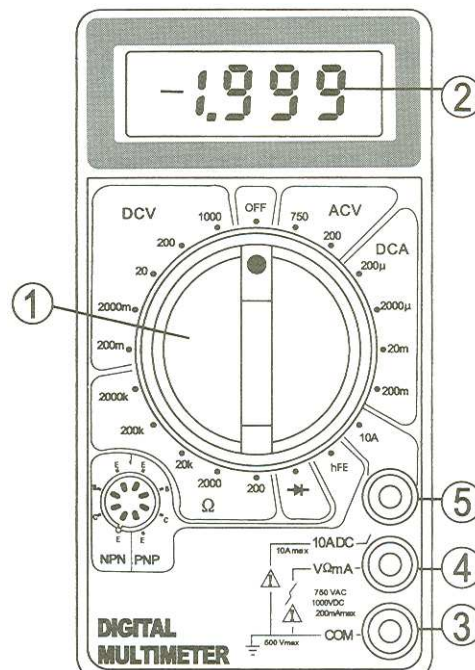
Приложение

ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА

Цифровой мультиметр (**Digital Multimeter**) – прибор для измерения ряда электрических величин, таких как постоянный ток, постоянные и переменные напряжения, сопротивление и т.д. В приборе каждая величина имеет несколько диапазонов изменения. Выбор диапазона позволяет изменять точность измеряемых величин.

ОПИСАНИЕ ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ МУЛЬТИМЕТРА (см.Рис)

1. РУЧКА ВЫБОРА ИЗМЕРЯЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ И ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ. Вращение ручки переключателя выбирает измеряемую величину и диапазон измерения, а также служит для включения прибора. В целях экономии батареек ручка должна быть в положении ("OFF"), когда измерения не проводятся.
2. ДИСПЛЕЙ для изображения результатов измерения.
3. Гнездо "COM" (ОБЩЕЕ). В данное гнездо вставляется черный (отрицательный) шнур щупа.
4. Гнездо "VΩmA". В данное гнездо вставляется красный (положительный) шнур щупа при измерении напряжения, постоянного тока (если измерение производится с диапазоном отличным от 10 А) и сопротивления.
5. Гнездо "10A". В данное гнездо вставляется красный (положительный) шнур щупа при измерении постоянного с диапазоном 10 А.



ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

- a) Черный шнур щупа соединяется с гнездом "COM", а красный шнур - с "VΩmA".

- b) Ручку 1 переключают в положение DCV, если измеряется напряжение постоянного тока или в положение ACV, если измеряется напряжение переменного тока.
- c) Выбирается диапазон измерения. Если значение измеряемой величины превышает верхний предел диапазона, тогда на дисплее высветится цифра 1 _ _ _ . В таком случае следует переключить ручку 1 в следующий диапазон.
- d) Значение измеренной величины изображается на дисплее. Знак значения указывает полярность измеренной величины для постоянного напряжения.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

- a) Черный шнур щупа соединяется с гнездом "COM", а красный шнур с – "VΩmA", если значение измеряемого тока меньше чем 200 мА, с гнездом "10 A", если значение измеряемого тока больше чем 200 мА, но меньше чем 10 А.
- b) Ручку 1 переключают в поле DCA.
- c) Выбирается диапазон измерения. Если значение измеряемой величины превышает верхний предел диапазона, тогда на дисплее высветится цифра 1 _ _ _ . В таком случае следует переключить ручку 1 в следующий диапазон.
- d) Значение измеренной величины изображается на дисплее.

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

- a) Черный шнур щупа соединяется с гнездом "COM", а красный шнур с – "VΩmA".
- b) Ручку 1 переключают в положение "Ω".
- c) Выбирается диапазон измерения. Если значение измеряемой величины превышает верхний предел диапазона, тогда на дисплее высветится цифра 1 _ _ _ . В таком случае следует переключить ручку 1 в следующий диапазон.
- d) Значение измеренной величины изображается на дисплее.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Пусть в результате измерения величин x и y получены соответственно значения: x_1, x_2, \dots, x_n и y_1, y_2, \dots, y_n с погрешностями $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ и $\Delta y_1, \Delta y_2, \dots, \Delta y_n$. Пусть зависимость y от x с некоторой погрешностью можно считать линейной. Тогда коэффициенты этой линейной зависимости $y = a \cdot x + b$, определяются методом наименьших квадратов следующим образом:

$$a = \frac{\sum_i^n x_i \sum_i^n y_i - n \sum_i^n x_i y_i}{\left(\sum_i^n x_i \right)^2 - n \sum_i^n x_i^2} \quad b = \frac{\sum_i^n x_i \sum_i^n x_i y_i - \sum_i^n y_i \sum_i^n x_i^2}{\left(\sum_i^n x_i \right)^2 - n \sum_i^n x_i^2}$$

Соответственно погрешности

$$\Delta a = \sqrt{\frac{n\sigma^2}{n\sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i\right)^2}} \quad \Delta b = \sqrt{\frac{\sigma^2 \sum_i x_i^2}{n\sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i\right)^2}}$$

Здесь $\sigma = \sqrt{\sigma_y^2 + a^2 \sigma_x^2}$, где $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_i \Delta x_i^2}{n}}$ и $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_i \Delta y_i^2}{n}}$