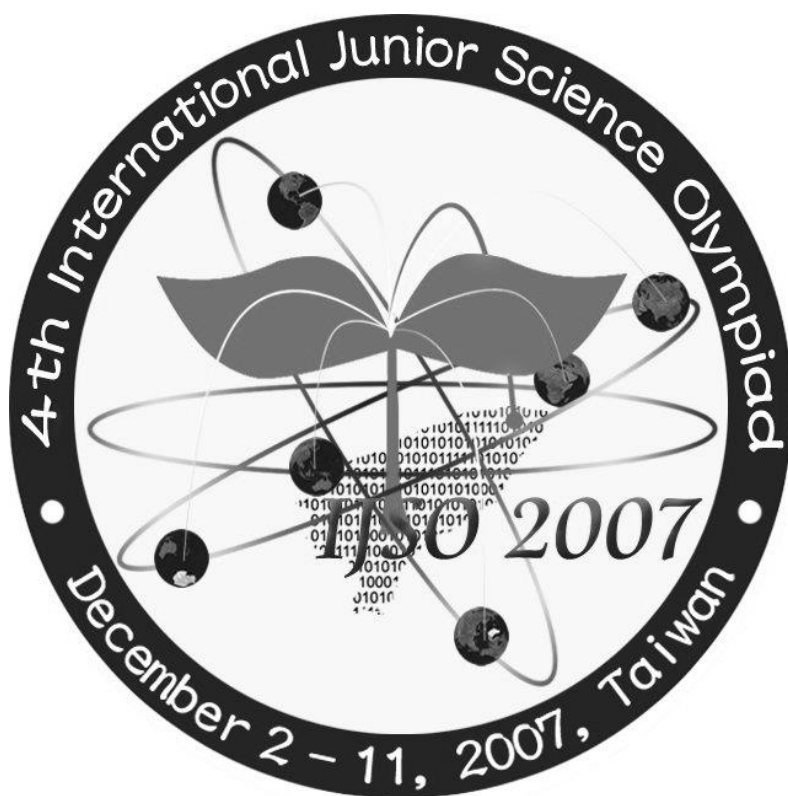


4th International Junior Science Olympiad



Экспериментальный тур

8 декабря 2007 г.

Важные замечания

1. В лаборатории можно находиться только в защитных очках.
2. Категорически запрещается что-либо есть в лаборатории. При необходимости вы можете обратиться к ассистенту с просьбой о коротком перерыве и перекусить за пределами лаборатории.
3. В каждом из туалетов, расположенных по обе стороны сцены, есть душ безопасности.
4. Ожидается, что участники будут работать аккуратно, не мешая окружающим, бережно относиться к оборудованию и соблюдать чистоту и порядок на рабочем месте. Во время обсуждения с товарищами по команде старайтесь говорить тихо.
5. Не покидайте лабораторию без разрешения. Если вам нужно выйти в туалет, обратитесь к ассистенту.
6. **Работа может быть начата только по сигналу.**
7. У вас есть **4,5 часа** (включая дополнительные 30 минут, отведенные для ознакомления с текстом заданий), чтобы выполнить экспериментальную часть и записать результаты в листы ответов. За 30 минут до окончания прозвучит предупредительный сигнал. По истечении отведённого на тур времени по сигналу работа должна быть немедленно прекращена. Задержка хотя бы на 5 минут приведёт к тому, что задание не будет зачтено.
8. Убедитесь, что ваша команда получила полный комплект заданий (3 копии) и листов ответов (4 копии). **Только одна копия листов ответов (на светло-жёлтой бумаге) должна быть предоставлена для оценивания.**
9. **Пользуйтесь только предоставленными вам ручкой и калькулятором.**
10. Код команды и студенческие коды должны быть написаны на каждой странице окончательного листа ответов. **Каждый член команды должен поставить свою подпись на первой странице окончательного листа ответов.**
11. Все результаты должны быть записаны в отведённые для них места на листе ответов. Данные, записанные где-либо ещё, учитываться не будут.
12. После окончания работы поставьте всё оборудование на место и слейте все растворы в стакан с надписью «Waste».
13. **После команды об окончании работы положите ТОЛЬКО окончательный лист ответов (одна копия) поверх конверта на столе. Дождитесь ассистента, который проверит и заберёт его. Все остальные бумаги вы можете взять с собой.**

А. Введение

Энергия необходима в повседневной жизни. Электричество — одна из форм энергии, легко доступная в современном мире. Эффективность производства и преобразования электрической энергии — одна из важнейших задач XXI века.

В этом задании вам предстоит собрать химическую батарею, выяснить, как в электролите возникает электрический ток, и определить, насколько хорошо (или плохо) природные материалы проводят электрический ток.

Электричество может быть использовано для производства света, тепла, химических реакций. Вам предстоит провести электролиз, запустить химические реакции, используя энергию обычных батареек.

Выделение тепла является нежелательным побочным продуктом при превращении электричества в свет. Вам предстоит определить температуру нити лампы накаливания.

В. Цели и задачи (можно выполнять в любой последовательности)

- I. Изучить характеристики фруктовой батареи и определить факторы, влияющие на её работу.
- II. Провести наблюдение гранул крахмала в картофеле и определить, какое влияние оказывают на него химические вещества.
- III. Выяснить взаимосвязь между концентрацией электролита и проводимостью электролитической ячейки. Определить концентрацию электролита исходя из зависимости концентрация-проводимость с помощью кислотно-основного титрования.
- IV. Исследовать свойства вольфрамовой нити лампы накаливания.

С. Приборы и материалы

Часть I: Фруктовая батарея

Оборудование	Количество	Оборудование	Количество
Лайм (фрукт)	6	Чашка Петри	3
Мультиметр (в Common basket)	1	Линейка (в Common basket)	1
Соединительные провода	6	Ножницы	1
Металлические пластины	1 набор (A, B, C, D)	Зажимы	6
Светодиод (LED)	1	Нож (для частей I и II)	1
Бутылочка с водой 500 мл (в Common basket)	1	Бумажные салфетки (в Common basket)	1
Резиновые перчатки (должны быть одеты постоянно для частей I и III)	1 (можно попросить ещё)	Полотенце (в Common basket)	1

Часть II: Гранулы крахмала

Оборудование	Количество	Оборудование	Количество
Картофелина	1	Покровное и предметное стёкла	1 набор
Микроскоп	1	Раствор йода (1%)	1
Нож (в корзине Part I)	1	Реактивы (помечены А, В и С)	3

Часть III: Электропроводность раствора электролита

Реактивы	Количество	Реактивы	Количество
0,5 моль/л NaOH _(aq)	100 мл	0,25 моль/л HCl _(aq)	100 мл
Раствор NaOH _(aq) неизвестной концентрации	100 мл	Индикатор	1 мл

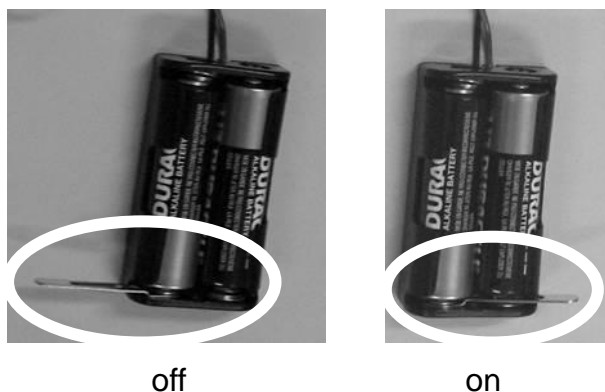
Оборудование	Количество	Оборудование	Количество
Мультиметр (в Common basket)	1	Зажим для бюретки и штатив	1
Соединительные провода	4	Бюретка 50 мл	1
Батарейки (3В, только для этой части)	1	Воронка	1
Платиновые электроды	2	Конические колбы 125 мл	3
Пластиковые кюветы	2	Пробирка	2
Стакан 600 мл	1	Мерные цилиндры 50 мл	1
400 мл	1	10 мл	1
100 мл	4	Пипетки	10
Пинцет	1	Этикетка	1
Резиновые перчатки (в Common basket)	1	Полотенце (в Common basket)	1
Стакан "Waste" 1000 мл (в Common basket)	1	Бутылочка с водой 500 мл (в Common basket)	1

*У ассистентов можно попросить ещё дистиллированной воды.

*Вы должны носить перчатки всё время. Если на вашу кожу попадёт кислота или щёлочь, вы должны немедленно промыть это место водой.

*Вся стеклянная посуда предоставляется чистой и не нуждается в мытье перед экспериментом. Однако, при необходимости вы можете сполоснуть её водой из бутылочки, вылив затем воду в стакан "Waste".

*Держите батарею в положении “off” когда она не используется.



Часть IV: Перенос энергии, связанный с лампой накаливания:

Оборудование	Количество	Фото №
Набор батареек (6В, только для этой части)	1	Фото IV-1
Лампа накаливания	1	Фото IV-2
Резисторы	9	Фото IV-3
Соединительные провода	6	Фото IV-4
Термометр (закраплён на коробке, руками не трогать, только снимать показания)	1	Фото IV-5
Мультиметр (в Common basket)	2	

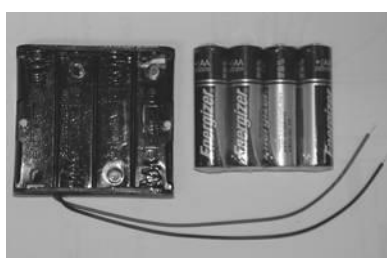



Фото IV-1. Набор батареек суммарным напряжением 6 В. Положительный и отрицательный вывод имеют красный и чёрный цвет соответственно. На схемах батарея обозначена знаком .



Фото IV-2. Лампочка накаливания. Имеет два вывода для подключения, на схемах обозначается знаком .

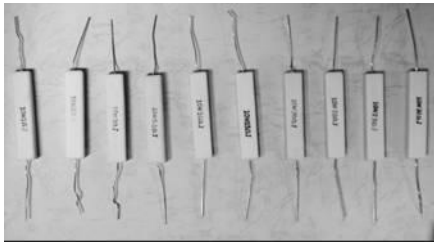
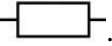


Фото IV-3. Резисторы. На каждом резисторе написана максимальная мощность (10W), сопротивление ($\sim \Omega$) и тип (J). На схемах резистор обозначается знаком .

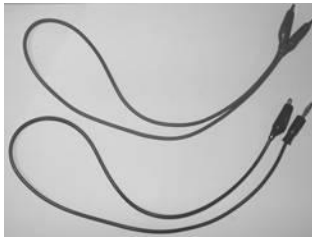


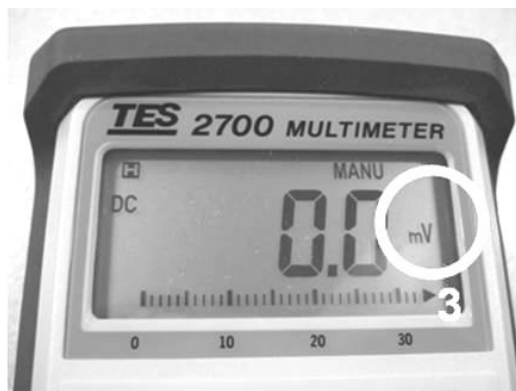
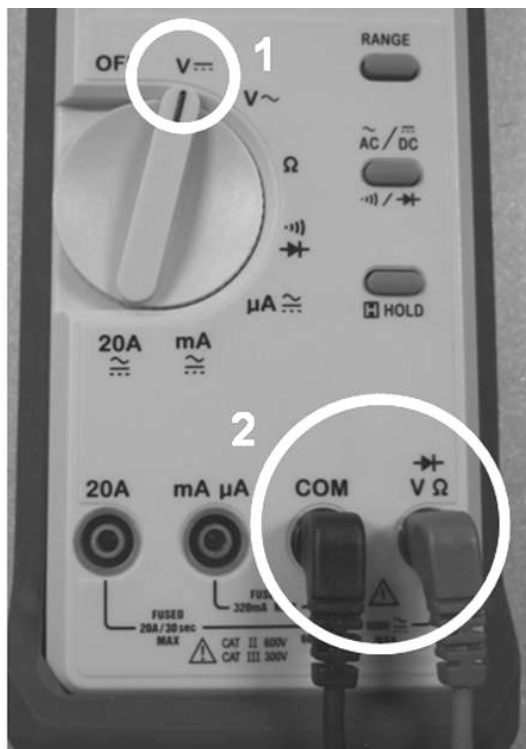
Фото IV-4. Соединительные провода. Предоставляется два типа проводов: крокодильчик-крокодильчик и крокодильчик-штекер.



Фото IV-5. Термометр. Термометр должен показывать температуру в градусах Цельсия. Если температура отображается в градусах Фаренгейта, обратитесь к ассистенту. Термометр не следует трогать руками.

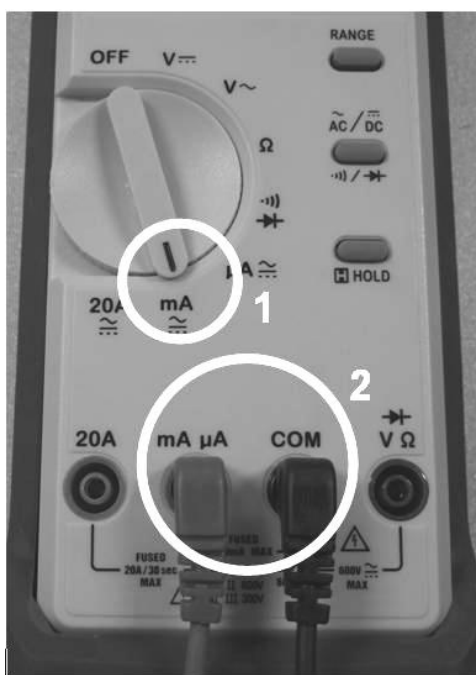
Подсоединение проводов и установка переключателя мультиметра для измерений

Измерение напряжения:



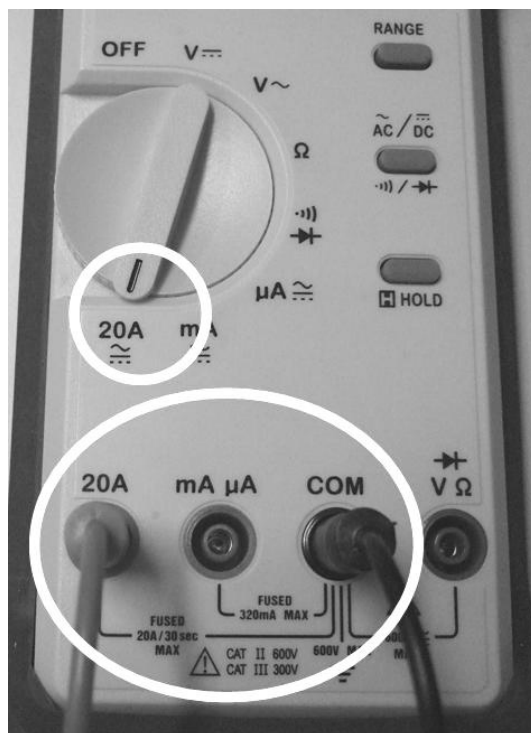
1. Напряжение (постоянный ток)
2. Общий (COM, чёрный провод)
V (красный провод)
3. Единицы измерения
напряжения: В (V) или мВ (mV)

Измерение силы тока: Имеется три диапазона для измерения силы тока. в частях I и III вы будете использовать диапазоны mA (мА) и μA (мкА). Для измерений на обоих диапазонах провода подключаются к одним и тем же клеммам, но переключатель должен находиться в правильном положении.

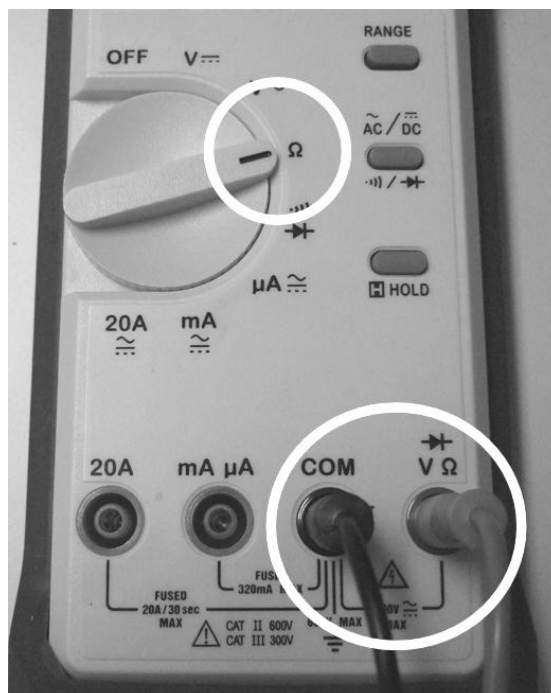


1. Сила тока
2. Общий (COM, чёрный провод)
mA или μA (красный провод)
3. Единицы измерения силы тока: mA (mA)
4. Постоянный ток

В части IV вы должны работать на диапазоне 20 А. Ошибки в выборе диапазона и подсоединении мультиметра могут вывести его из строя. Если это произошло, никаких баллов вам не начисляется.



Измерение сопротивления: Омметр можно использовать для измерений только в разомкнутой цепи.



D. Эксперименты и задания

Часть I: Фруктовая батарейка

Элемент электрической батареи представляет собой систему двух электродов изготовленных, как правило, из различных металлов, пространство между которыми заполнено электролитом. Такой элемент вырабатывает электрическую энергию в результате химической реакции между электродами и электролитом. Используя кусочки фруктов, можно построить модель электрической батареи. Фрукты содержат сок (электролит) который может приводить к появлению заряда на электродах. Знак заряда зависит от вида металла и используемого фрукта.

Задания I-1 — I-3 помогут вам выяснить характеристики «фруктовой батареи».

I-1: Определите зависимость свойств батареи от материала электродов.

1. В эксперименте используйте лайм (вид лимона). Толщина кусочка лайма между двумя электродами не должна превышать одного сантиметра. Конструкция батареи показана на рис. I-1.

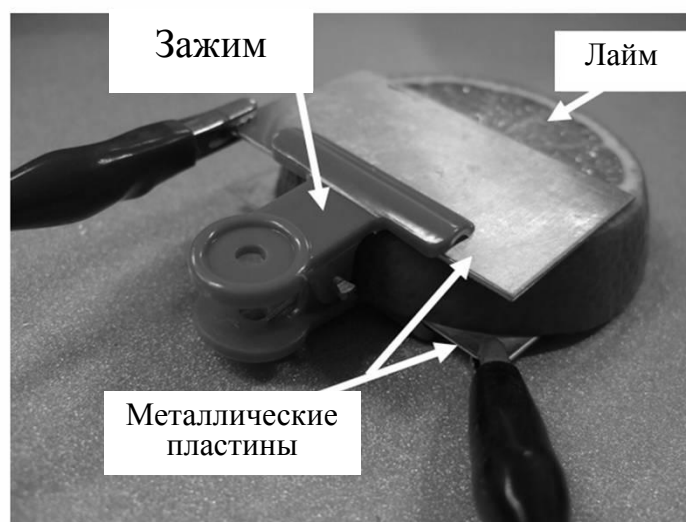


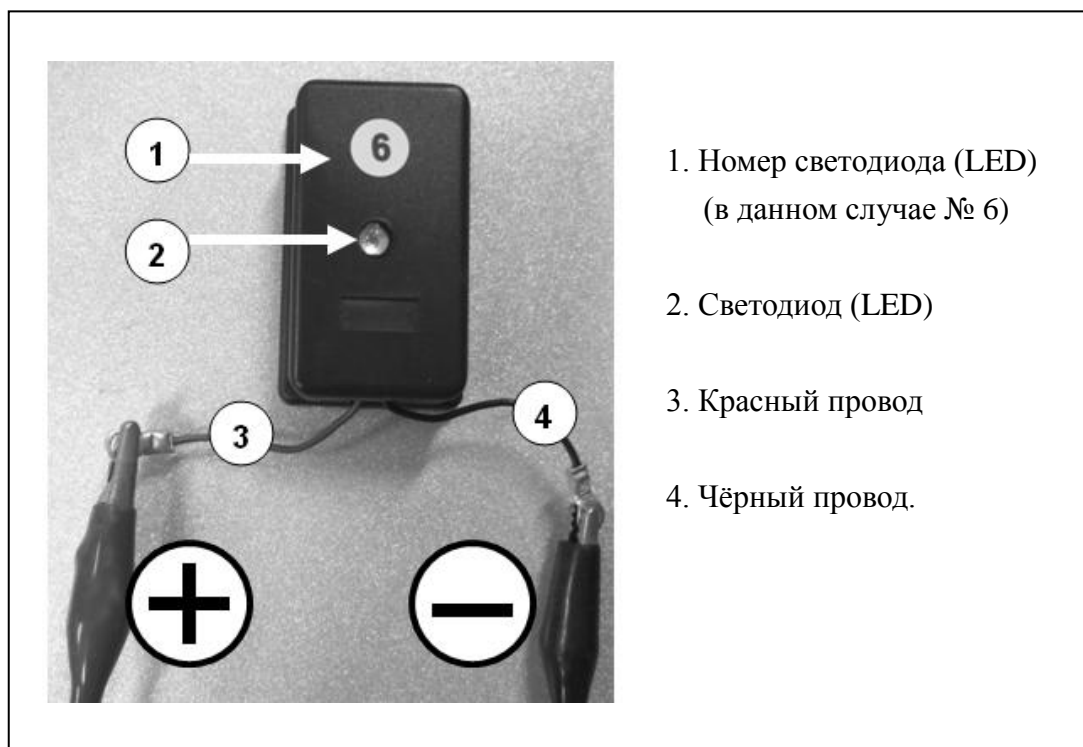
Рис. I-1

2. Используйте металл В в качестве положительного электрода (+), а металлы А, С и D в качестве отрицательных электродов (-). Измерьте напряжение этих батарей. Схема установки для измерения изображена на рис. I-2.
3. Используя полученные результаты, ответьте на вопросы в пунктах **I-1-a** и **I-1-b**.

I-1-a. Если использовать металл В в качестве положительного электрода, в сочетании с каким металлом в качестве отрицательного электрода батарея даст наибольшее напряжение?

I-2-b. Возьмите другой кусочек лайма как минимум в три раза (3 раза) толще предыдущего и соберите батарею по исходной схеме. Замерьте напряжение (V) и силу тока (μA), производимые батареей.

I-3. Основываясь на ваших исследованиях «фруктовой батареи», сконструируйте простейший источник для того, чтобы зажечь светодиод (LED).



Информация к размышлению: Светодиод (LED) – это полупроводниковое устройство, которое, при подключении его в прямом направлении p - n перехода, излучает свет в узком интервале спектра. Этот эффект называется электролюминесценцией. Ток легко течет от p (+) области к n (-) области светодиода, но *не в обратном направлении. В противном случае электролюминесценция не происходит.*

****Запишите номер вашего светодиода (LED) на листе ответов****

Ответьте на следующие вопросы:

I-3-a. Один элемент батареи состоит из кусочка лайма и двух электродов. Какое минимальное количество элементов нужно соединить, чтобы светодиод (LED) загорелся?

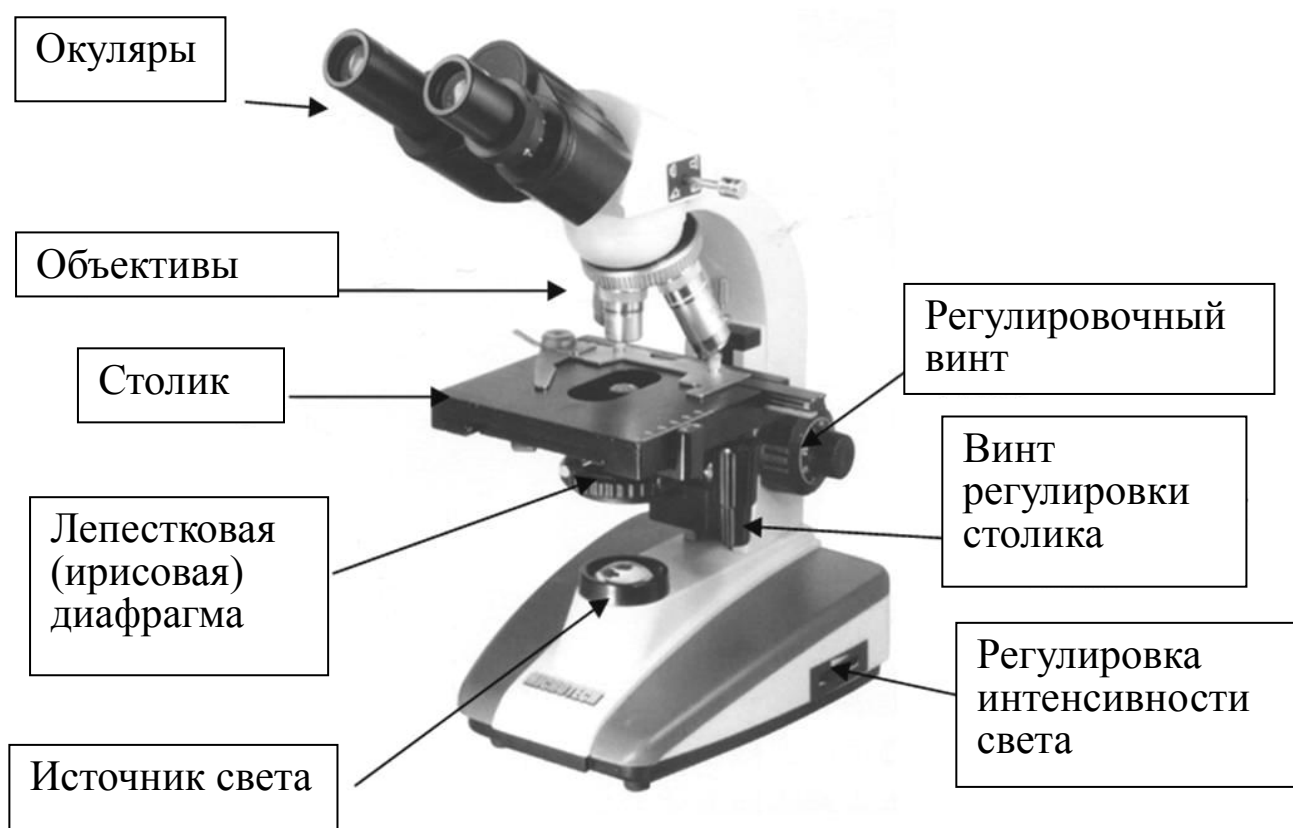
I-3-b. Запишите в лист ответов буквы, которыми обозначены металлы, выбранные вами в качестве электродов.

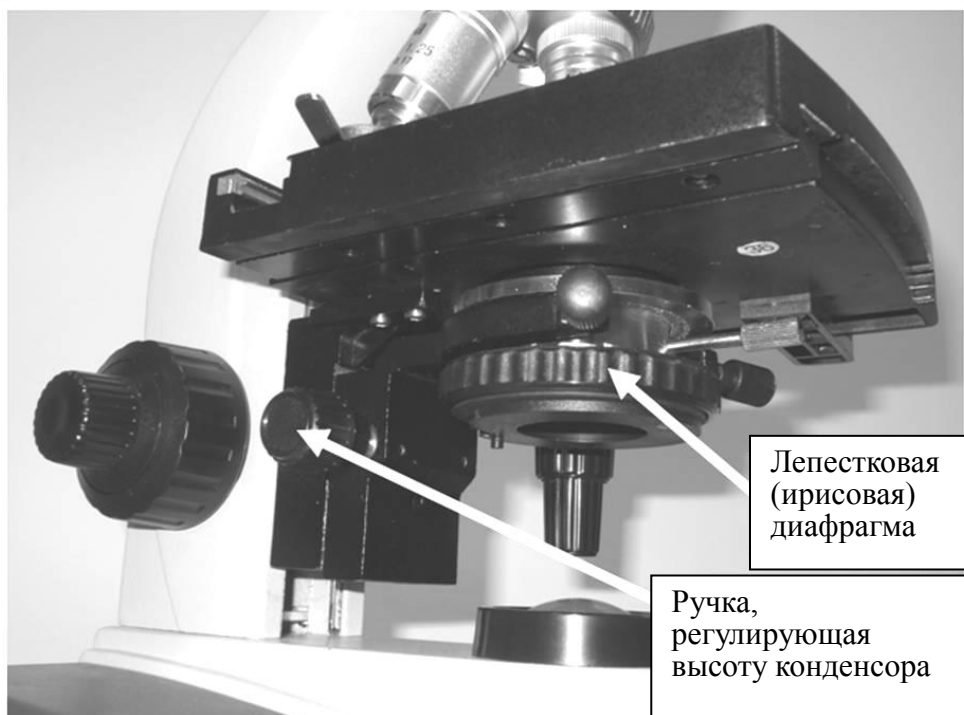
I-3-c. Какого цвета излучение у вашего светодиода (LED)? (Сокращения: красный (R), зеленый (G), синий (B), белый (W))

Когда светодиод (LED) загорится, поднимите руку и позовите лабораторного ассистента, который подтвердит ваш результат и поставит подпись на листе ответов.

Часть II: Гранулы крахмала

Есть структуры, образующиеся в результате метаболизма клетки, такие как гранулы крахмала, жировые капли и кристаллы. Крахмал — полисахарид, являющийся формой хранения продуктов фотосинтеза, он же — главный источник клеточной энергии. В клетках растений крахмал содержится в виде гранул. Форма гранул зависит от вида растения. В живых организмах много амилазы (фермента, расщепляющего крахмал). После действия амилазы, крахмал превращается в мальтозу. В разделах II-1 — II-2 вы будете наблюдать форму гранул крахмала и определять результат действия на них трёх неизвестных реактивов. Вам придётся воспользоваться микроскопом. Вы можете обратиться к ассистенту за дополнительной информацией.





Использование микроскопа

- Установите образец на столике.
- Включите свет и отрегулируйте освещение.
- Выберите участок препарата, который вы будете рассматривать.
- Установите его в центр поля зрения.
- Установите объектив с минимальным увеличением.
- Сфокусируйте изображение при помощи макровинта и настройте одинаковую резкость для обоих глаз с помощью окуляра.
- Выберите необходимый вам объектив.
- Еще раз отрегулируйте освещение и резкость.
- Для получения качественного изображения используйте диафрагму и конденсор.

II-1: Наблюдение формы гранул крахмала в картофеле

1. С помощью ножа разрежьте картофелину и наскоблите из неё немного сока на предметное стекло.

2. Добавьте одну каплю 1% раствора йода к соку картофеля. Затем хорошо перемешайте, чтобы окрасились гранулы крахмала (рис. II-1.)

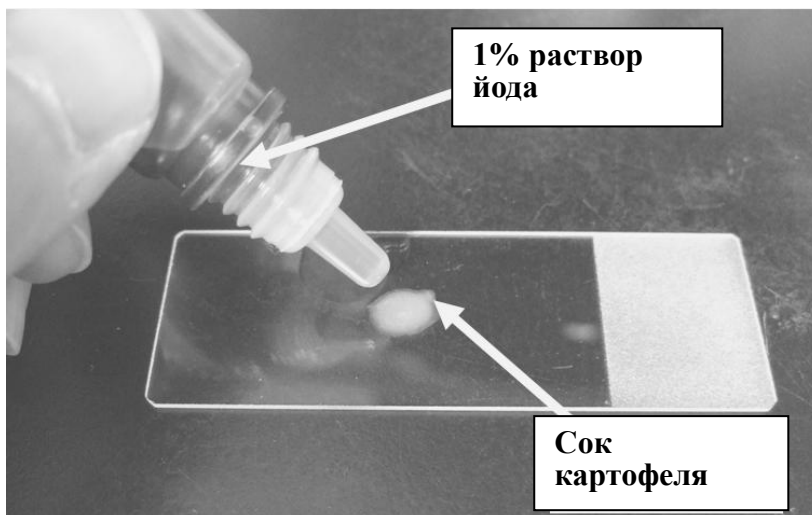


Рисунок II-1

3. Положите покровное стекло на предметное как показано на рис II-2.

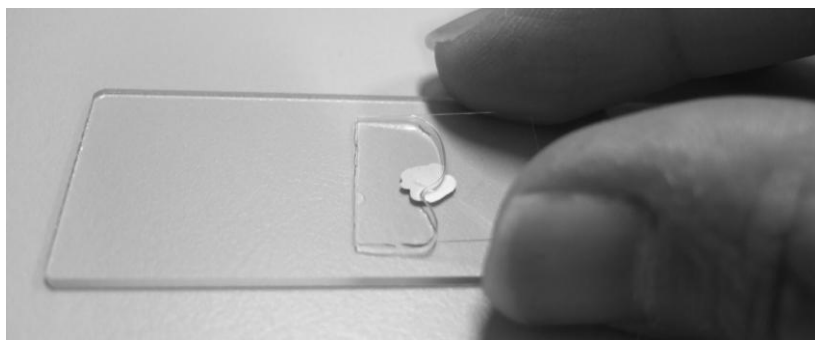


Рисунок II-2

4. Используйте фильтровальную бумагу для удаления излишков раствора йода вокруг покровного стекла
5. Наблюдайте форму гранул крахмала в картофеле.

II-1 Рассмотрите форму гранул крахмала в картофеле при помощи микроскопа. В листе ответов изобразите форму и детальные особенности одной гранулы, наблюдаемые при 400X увеличении микроскопа (объектив 40X).

II-2: Определите действие выданных вам неизвестных реактивов на гранулы крахмала

1. Полностью повторив методику, описанную в разделе II-1, приготовьте еще три препарата с гранулами крахмала.
2. Пометьте препараты как А, В и С.
3. Положите образец на предметный столик. Установите регулировочный винт так, чтобы рассмотреть гранулы картофеля.

4. Добавьте одну каплю реагента А к кромке покровного стекла соответствующего препарата А, как показано на рисунке II-3.

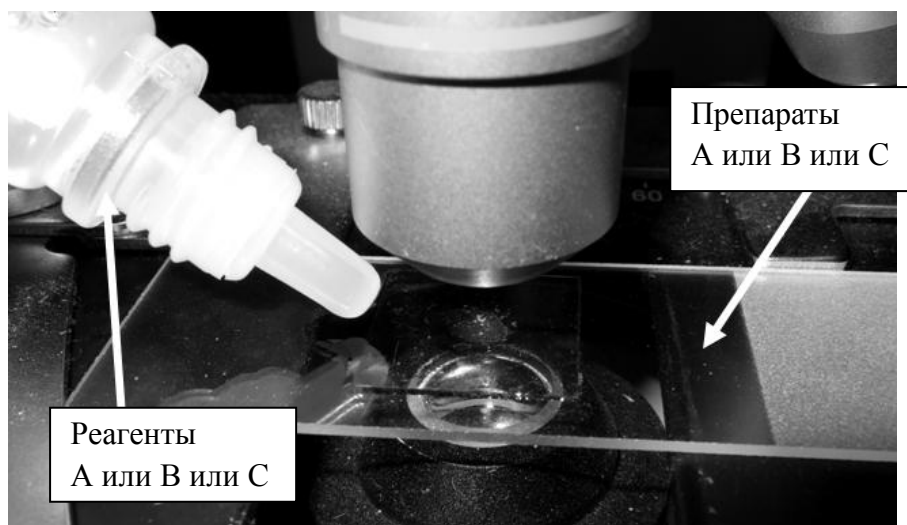


Рисунок II-3

5. Отследите изменение формы гранул крахмала под действием реагента в течение первой минуты.
6. Повторите 4 и 5 шаги, используя реактивы В и С и препараты В и С соответственно.
7. Ответьте на вопросы II-2-а, II-2-б и II-2-с.

II-2-а. После добавления реагента А гранулы крахмала

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| (А) не изменились | (В) только набухли |
| (С) набухли и частично растворились | (D) съежились |

II-2-б. После добавления реагента В гранулы крахмала

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| (А) не изменились | (В) только набухли |
| (С) набухли и частично растворились | (D) съежились |

II-2-с. После добавления реагента С гранулы крахмала

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| (А) не изменились | (В) только набухли |
| (С) набухли и частично растворились | (D) съежились |

Часть III: Электропроводность раствора электролита

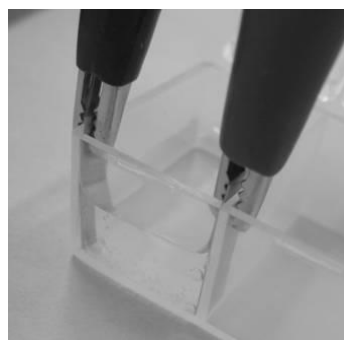
Металлы являются хорошими проводниками. Некоторые соединения, такие как серная кислота, гидроксид натрия, азотная кислота, также являются хорошими проводниками при растворении в воде. Мы называем этот тип веществ электролитами. Водные растворы сахара или спирта не проводят электрический ток, поэтому они не являются электролитами. Очевидно, что физические свойства молекул определяют проводимость растворов. В этом эксперименте мы определим зависимость проводимости данного электролита от его концентрации. При постоянном напряжении проводимость раствора пропорциональна силе тока. В данном эксперименте для определения проводимости мы будем измерять силу тока.

Эксперимент состоит из трех разделов. В III-1 вам предстоит определить зависимость проводимости раствора электролита (гидроксида натрия) от его концентрации. В III-2 будет дан раствор гидроксида натрия неизвестной концентрации. Вам нужно измерить его проводимость и определить концентрацию по графику, полученному в III-1. В части III-3 для определения концентрации этого же раствора гидроксида натрия нужно использовать обычный метод титрования.

III-1: Зависимость проводимости раствора гидроксида натрия от его концентрации.

**** Записывайте все получаемые данные в листах ответа ****

1. Используя выданные вам 0.5M раствор NaOH и мерный цилиндр, приготовьте по 50.0 мл растворов следующих концентраций: 0.35M, 0.25M, 0.12M и 0.06M. Поместите приготовленные растворы в стаканы, объемом 100 мл. Их вы будете использовать позже.
2. Закрепите платиновые электроды на внутренней стенке пластиковой кюветы при помощи зажимов («крокодильчиков») и соедините их с батареей (3В) и амперметром как показано ниже.



3. Отмерьте 5.0 мл 0.06 M раствора NaOH и поместите его в отсек пластиковой кюветы. Раствор не должен контактировать с зажимами («крокодильчиками»). Проверьте правильность соединения всех контактов. Переключите батарею в положение «он» и начните отсчет времени. Запишите показания амперметра через 30 секунд, после включения.

III-1-a: Запишите полученные вами данные в соответствующем месте листа ответов.

4. Повторите измерения, описанные в п.3, с растворами NaOH других концентраций и сделайте записи полученных результатов.

III-1-b: Используя миллиметровую бумагу в листе ответов, постройте графики следующих зависимостей:

а) Квадратного корня из величины силы тока (\sqrt{I} , \sqrt{mA}) от молярной концентрации раствора (C_M , моль/л).

б) Силы тока (I , mA) от квадратного корня из величины молярной концентрации раствора ($\sqrt{C_M}$, $\sqrt{\text{моль/л}}$)

в) Квадрата силы тока (I^2 , mA^2) от квадратного корня из величины молярной концентрации раствора ($\sqrt{C_M}$, $\sqrt{\text{моль/л}}$).

III-1-c: Какой из полученных в **III-1-b** графиков более других похож на прямую линию?

III-2: Определение концентрации раствора NaOH по величине электропроводности.

1. Отмерьте 5.0 мл раствора NaOH неизвестной концентрации и поместите его в отсек пластиковой кюветы.

2. Измерьте силу тока.

III-2-a: Сделайте запись полученного значения силы тока.

III-2-b: Используя график прямой, выбранной вами в **III-1-c**, определите концентрацию раствора NaOH

3. После завершения всех измерений, ополосните платиновые электроды и поместите в полиэтиленовый пакет и уберите его назад, в корзину.

III-3: Определение концентрации раствора NaOH методом кислотно-основного титрования.

1. Возьмите 5 мл 0.25M раствора HCl в пробирку. Добавьте несколько капель индикатора и оставьте раствор для сравнения с конечной точкой титрования.

2. Возьмите 5 мл 0.5M раствора NaOH в пробирку. Добавьте несколько капель индикатора и оставьте раствор для сравнения с конечной точкой титрования.

3. Налейте раствор HCl в бюретку.

4. Поместите 20.0 мл раствора NaOH неизвестной концентрации в коническую колбу на 125 мл и добавьте несколько капель индикатора.

5. Проведите титрование раствором HCl.

III-3-a: Запишите величины объемов растворов, использованных для титрования.

6. Повторите шаги 4 и 5 необходимое число раз и рассчитайте среднее значение объема, использованного для титрования.

III-3-b: По результатам титрования вычислите концентрацию неизвестного раствора NaOH.

Часть IV: Перенос энергии, связанный с лампой накаливания

Проводимость (или сопротивление) материала будет зависеть также и от температуры. Материалы, объём, цвет и сопротивление которых зависят от температуры, могут быть использованы в качестве индикаторов температуры. В различных профессиональных сообществах приняты различные шкалы температур. Чаще всего используются шкалы Цельсия и Кельвина (таблица IV-1).

Таблица IV-1: Три наиболее часто используемые температурные шкалы.

Название	Символ	Единица	Переход от T_C
Цельсий	T_C	°C	$T_C = T_C$
Кельвин	T	К	$T = T_C + 273$

Для записи и анализа научных данных чаще всего используется шкала Кельвина. Например, на рисунке IV-1 приведена температурная зависимость сопротивления вольфрамового куба (проводника длиной 1 см с поперечным сечением 1 см^2). По вертикальной оси отложено сопротивление вольфрама, выраженное в мкОм ($1 \text{ мкОм} = 10^{-6} \text{ Ом}$), а по горизонтальной оси – температура в Кельвинах.

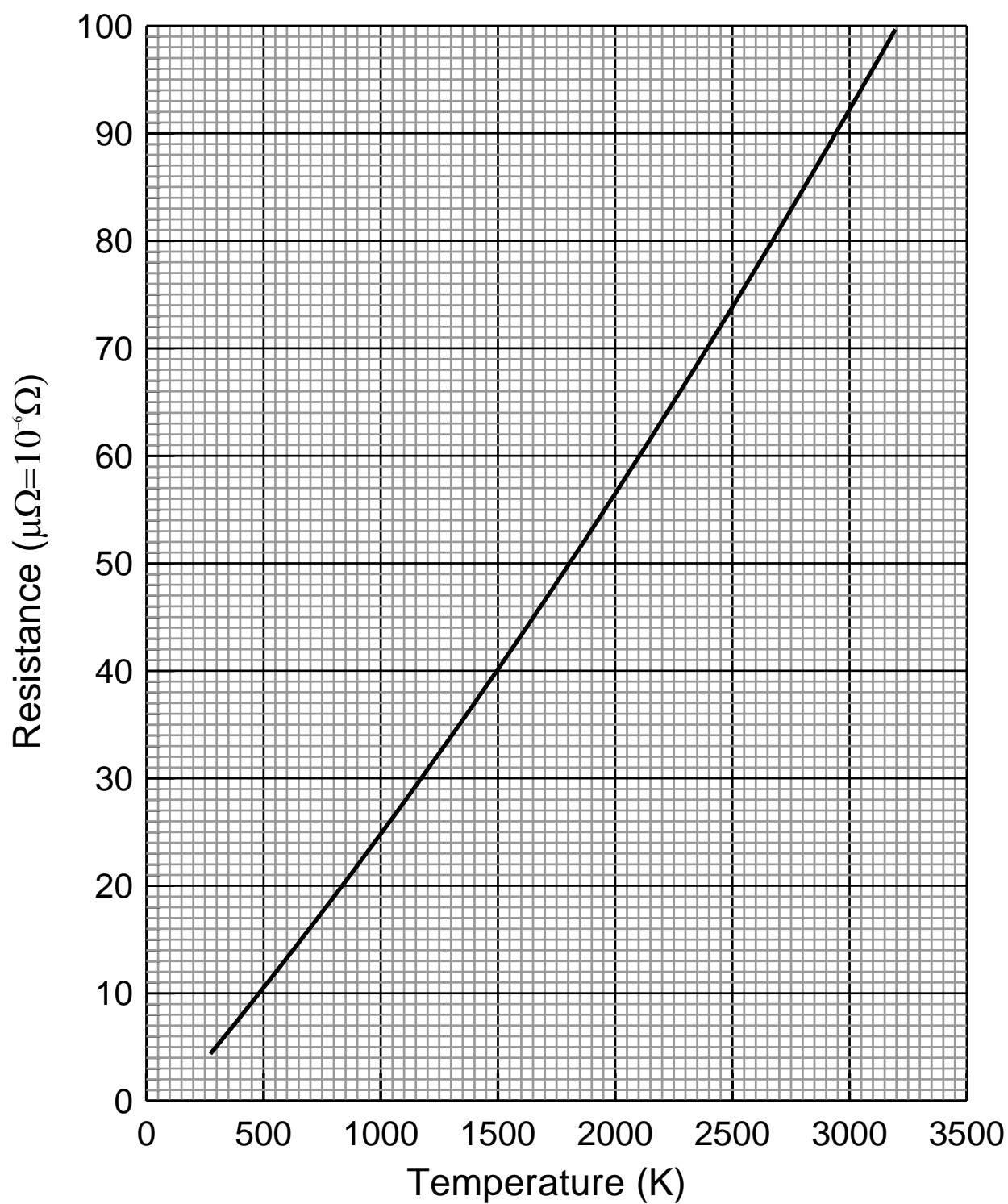


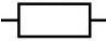

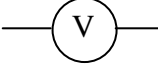


Рисунок IV-1

- IV-1.** С помощью электронного термометра измерьте температуру в комнате и запишите его показание в градусах Цельсия. Выразите эту температуру в Кельвинах.
- IV-2.** С помощью мультиметра измерьте сопротивление вольфрамовой нити лампочки при комнатной температуре. Занесите результат в лист ответов.

В таблице IV-2 приведены символы, используемые в этой части.

Таблица IV-2: Электротехнические символы.

Прибор	Лампа накаливания	Батарейка	Резистор	Амперметр	Вольтметр
Символ					

Соедините блок батареек (6 Вольт), лампочку и резистор с наибольшим сопротивлением, как показано на рис. IV-2. При выборе соответствующего режима работы мультиметра и правильном подключении проводов вы можете измерить силу тока (I) и напряжение (V) нити накала лампочки.

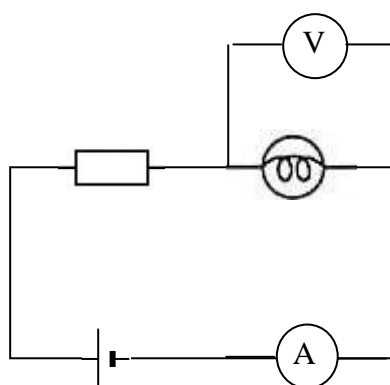


Рис. IV-2.

- IV-3.** Заменяя резисторы, получите различные значения силы тока и напряжения в лампочке. Первая точка должна быть снята без резистора. Сделайте, по меньшей мере, 10 измерений. Запишите полученные данные (I , V) в лист ответов. **Проводите измерения и вычисления с точностью до двух цифр после запятой.**
- IV-4.** Используя измеренные (I , V), вычислите сопротивление R и мощность P лампочки для каждой пары значений напряжения V и силы тока I . Результаты вычислений занесите в таблицу на листе ответов.
- IV-5.** Используя ваши результаты и график на рис. IV-1, вычислите температуру (T) в кельвинах вольфрамовой нити лампочки для каждой пары значений напряжения V и силы тока I . Результаты вычислений занесите в таблицу на листе ответов.

Информация к размышлению: как показано на фотографии, форма вольфрамовой нити лампочки сильно отличается от вольфрамового куба, описанного вначале.



IV-6. Вычислите логарифм мощности $\lg P$ и логарифм температуры $\lg T$. Запишите результаты вычислений в таблицу на листе ответов.

IV-7. Поставьте точки, соответствующие этим значениям в системе координат $\lg P$ от $\lg T$ на листе ответов.

Вольфрамовая нить может передавать свою энергию в окружающую среду тремя способами: с помощью теплопроводности, конвекции и излучения. Обозначим соответствующие мощности через P_{CD} — мощность теплопроводности, P_{CV} — мощность конвекции, и P_{RD} — мощность излучения.

Теплопроводность и конвекция, происходят через вещество, и их общая мощность пропорциональна разности температур $\Delta T = (T - T_e)$, где (T) — это температура вольфрамовой нити, а (T_e) — температура окружающей среды. Передача энергии путем излучения может происходить даже в вакууме. Мощность излучения пропорциональна температуре T^β , где (T) — температура вольфрамовой нити, а коэффициент $\beta > 1$. Таким образом, общая мощность, переносимая от горячей нити в окружающую среду может быть представлена формулой $P_{tot} = \alpha T^\beta + \gamma \Delta T$, где α и γ — положительные постоянные.

IV-8. Проанализируйте ваши результаты и определите коэффициент β . Изобразите необходимую линию на графике. Запишите ответы и использованные формулы в соответствующих местах на листе ответов.