

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

14 января 2015 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, числа, 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.

Сопротивление графита (15 баллов)

Приборы и оборудование: графитовый стержень, мультиметр, источник тока (батарейка 4,5 В), постоянные резисторы 1,0 Ом и 10 Ом, переменный резистор (для его регулировки используйте острый край пластиковой линейки), соединительные провода, секундомер, сосуд со снегом.

Внимание! Будьте аккуратны, так как графитовый стержень очень хрупкий и легко ломается. Подключайте его к цепи с помощью зажимов типа «крокодил».

Электрическое сопротивление графита R_g зависит от его температуры. Приближенно можно считать, что эта зависимость линейна

$$R_g = R_0(1 + \alpha\Delta T),$$

где ΔT – разность между температурой стержня и комнатной температурой, R_0 – сопротивление графитового стержня при комнатной температуре, α – температурный коэффициент сопротивления графита.

Комнатная температура будет указана во время проведения тура.

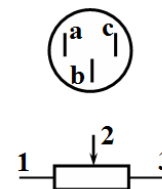
Так же можно считать, что мощность теплоты, уходящей от стержня в воздух пропорциональна разности температур стержня и воздуха

$$P = \beta\Delta T,$$

где β – коэффициент теплоотдачи.

Часть 1. Вольтамперная характеристика графитового стержня

1.1 С помощью мультиметра (в данном пункте используйте его в режиме измерения сопротивлений) определите, какой из выводов переменного резистора a, b или c является скользящим (на схеме обозначен 2).



1.2 Измерьте зависимость силы тока через графитовый стержень, находящийся в воздухе, от напряжения на нем $I(U)$.

Используйте мультиметр в режиме измерения напряжений, так как в режиме измерения силы тока мультиметр работает очень нестабильно. Для измерения силы тока используйте постоянный резистор 1,0 Ом. Для варьирования силы тока в цепи используйте переменный резистор. Так как при изменении силы тока через стержень требуется некоторое время для установления его температуры, то после изменения значения переменного резистора путем вращения его ручки следует выждать не менее 30-40 секунд, а после снимать показания.

1.2.1 Приведите электрическую схему, использованную вами для измерений.

1.2.2 Постройте график полученной зависимости $I(U)$. Получите теоретическую формулу, описывающую данную зависимость.

1.2.3 Рассчитайте удельное электрическое сопротивление графита ρ_0 при комнатной температуре. Оцените погрешность полученного значения $\Delta\rho_0$. Считайте, что относительные погрешности сопротивлений постоянных резисторов равны 5%. Диаметр стержня $d = 1,0 \pm 0,05$ мм. Для измерения длины можете использовать миллиметровую бумагу.

1.2.4 Покажите теоретически, что в стационарном режиме электрическое сопротивление графита линейно зависит от мощности P , выделяющейся на нем при протекании тока

$$R_g = R_0(1 + \gamma P). \quad (1)$$

1.2.5 Используя полученные экспериментальные данные, рассчитайте зависимость сопротивления графитового стержня от мощности $R_g(P)$. Постройте график этой зависимости.

1.2.6 Укажите диапазон мощностей, в котором выполняется соотношение (1). Рассчитайте значение коэффициента γ в этом диапазоне. Оценка погрешности в данном пункте не требуется.

1.3 Измерьте зависимость силы тока через графитовый стержень от напряжения на нем $I(U)$, когда стержень погружен в тающий снег.

1.3.1 Постройте график полученной зависимости.

1.3.2 Рассчитайте температурный коэффициент электрического сопротивления графита α . Оцените погрешность измерения этого коэффициента $\Delta\alpha$.

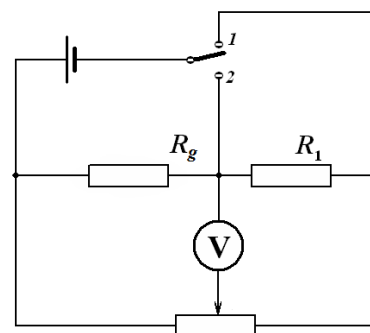
Часть 2. Остывание графитового стержня

Для измерения малых изменений сопротивления предпочтительнее использовать мостовую схему (см. Рис.). Один из проводов, подключенных к батарейке, может находиться в двух положениях:

1 - режим измерений;

2 – режим разогрева.

Вращая ручку переменного резистора, можно добиться того, чтобы напряжение на вольтметре было равно нулю (или близко к нему), в этом случае мост называется сбалансированным. В качестве резистора R_1 возьмите резистор с сопротивлением 10 Ом.



При изменении сопротивления графитового стержня R_g напряжение на вольтметре становится отличным от нуля. Можно показать (вам этого делать не требуется), что напряжение на вольтметре в этом случае пропорционально изменению сопротивления графитового стержня.

2.1 Не разогревая стержень, подключите батарейку в режим измерений (положение 1). С помощью ручки переменного резистора добейтесь, чтобы показания мультиметра были близки к нулю (как можно точнее).

Переключите контакт батарейки в положение 2, разогрейте стержень, выждав не менее 1 минуты. После этого быстро переключите батарейку в положение 1 и проведите измерения зависимости показаний вольтметра от времени.

2.2 Постройте график полученной зависимости.

2.3 Если стержень подключен к источнику постоянного напряжения, но температура стержня отличается от стационарной \bar{T} , то изменение его температуры T со временем t приближенно описывается уравнением

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau} (T - \bar{T}).$$

Используя полученные экспериментальные данные, проверьте выполнимость этого уравнения. Рассчитайте значение характерного времени установления теплового равновесия τ . Оценка погрешности в данном пункте не требуется.