

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

18 января 2012 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.

## Объемные токи [15 баллов]

**Приборы и оборудование:** мензурка объемом 250 мл, две стальные спицы, мультиметр, источник питания батарейка 4,5 В, резистор с сопротивлением несколько кОм, ключ двухполюсной, трубка пластиковая для коктейля, соединительные провода, чистая вода, одноразовый стаканчик, кусочек наждачной бумаги, салфетки, линейка, скотч.

Вам должна быть хорошо знакома формула для расчета сопротивления тонкого цилиндрического проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление материала проводника,  $l$  - его длина,  $S$  - площадь поперечного сечения.

Однако при протекании электрического тока в объемных средах траектории движения заряженных частиц могут быть различными, поэтому сопротивление среды зависит от характера растекания электрических токов.

Вам предстоит измерять электрическое сопротивление слоя воды при протекании тока между спицами, погруженными в воду.

*Время от времени зачищайте спицы наждачной бумагой.*

*После каждой серии экспериментов меняйте воду в мензурке.*

*Не пропускайте большой ток через воду – это приводит к появлению в воде большого числа ионов, которые могут «испортить» результаты ваших экспериментов.*

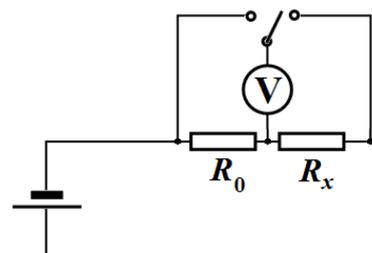
*Самостоятельно выпрямляйте спицы, во всех экспериментах старайтесь располагать спицы параллельно друг другу.*

*Оценивать погрешности в данной работе не требуется.*

### Часть 1. [0.5 балла]

**1.1** Измерьте сопротивление  $R_0$  выданного Вам резистора с помощью мультиметра. Запишите результат вашего измерения.

Для измерения сопротивления воды между спицами используйте электрическую схему, показанную на рисунке. Здесь  $R_0$  - резистор с известным сопротивлением,  $R_x$  - измеряемое сопротивление воды между спицами.



**1.2** Запишите формулу, по которой вы будете рассчитывать сопротивление воды  $R_x$  между спицами в приведенной схеме.

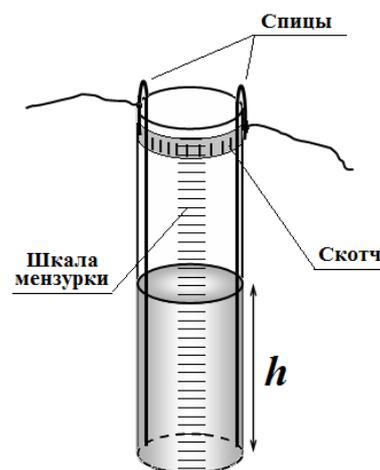
*В дальнейшем для получения значений сопротивления  $R_x$  используйте только приведенную схему! Ни в коем случае не проводите измерений сопротивления воды напрямую. Мультиметр используйте только в качестве вольтметра.*

Прямое измерение сопротивления с помощью мультиметра приводит к быстрой разрядки его батарейки, и кроме того, напряжение этой батарейки велико (9 В), что приводит к изменению электрических свойств воды.

## Часть 2. [5 баллов]

Опустите спицы до дна мензурки на максимальном расстоянии друг от друга и параллельно друг другу. Верхние концы спиц загните и закрепите их на верхнем краю мензурки. Дополнительно закрепите их с помощью полоски скотча.

Для измерения высоты уровня воды используйте шкалу мензурки. Самостоятельно определите цену деления этой шкалы в миллиметрах.



**2.1** Измерьте зависимость сопротивления между спицами от высоты налитой в мензурку воды. Постройте график полученной зависимости.

**2.2** Нарисуйте схематически линии электрического тока в данном случае (сделайте два рисунка – в плоскости спиц и в плоскости перпендикулярной спицам).

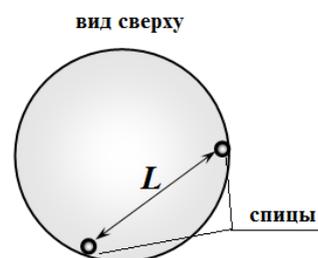
*Линиями тока называются траектории движения заряженных частиц.*

**2.3** Исходя из физических соображений о характере протекания тока, сделайте предположение о виде полученной экспериментальной зависимости  $R(h)$ , запишите ее в виде формулы.

**2.4** Используя метод линеаризации, проверьте справедливость своего предположения, построив график в таких координатах, чтобы он имел вид прямой линии  $y = ax + b$ . Определите численные значения параметров  $a, b$  линеаризованной зависимости, а также неизвестные значения параметров функции  $R(h)$ .

## Часть 3. [3.5 балла]

Одну спицу оставьте закрепленной возле стенки мензурки. Залейте в мензурку 200 мл воды. Вторую спицу перемещайте вдоль стенки, изменяя расстояния между спицами. Глубина погружения второй спицы должна быть максимальной. Спицы располагайте вертикально и параллельно друг другу.



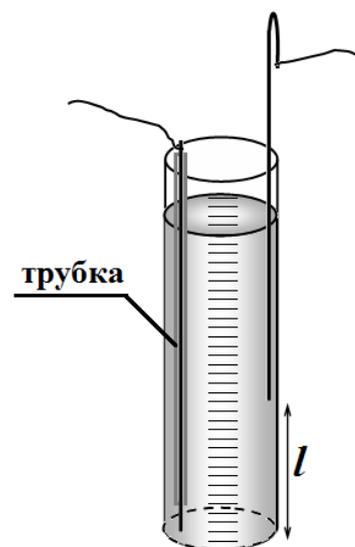
**3.1** Измерьте зависимость сопротивления воды между спицами от расстояния  $L$  между ними. Постройте график полученной зависимости.

3.2 Исходя из физических соображений о характере протекания тока, сделайте предположение о виде полученной экспериментальной зависимости  $R(L)$ , запишите ее в виде формулы.

3.3 Используя метод линеаризации, проверьте справедливость своего предположения, построив график в таких координатах, чтобы он имел вид прямой линии  $y = ax + b$ . Определите численные значения параметров  $a, b$  линеаризованной зависимости, а также неизвестные значения параметров функции  $R(L)$ .

#### Часть 4. [4 балла]

Одну спицу поместите внутрь пластиковой трубки, так чтобы открытым оставался только нижний конец спицы длиной около 1 см. Мензурку полностью заполните водой. Верхний край трубки должен располагаться выше уровня воды и закрепляться скотчем к спице. Вторую спицу без трубки погружайте в воду на разную глубину. Спицы располагайте на максимальном расстоянии друг от друга и параллельно друг другу.



4.1 Измерьте зависимость сопротивления между спицами от высоты  $l$ , на которой находится конец второй спицы. Постройте график полученной зависимости.

4.2 Нарисуйте схематически линии тока в данном случае (в плоскости спиц).

4.3 Исходя из физических соображений о характере протекания тока, сделайте предположение о виде полученной экспериментальной зависимости  $R(l)$ , запишите ее в виде формулы.

4.4 Укажите на графике интервал значений расстояний  $l$ , в котором ваша формула зависимости  $R(l)$  подтверждается экспериментально.

4.5 Определите численные значения параметров вашей предполагаемой зависимости  $R(l)$ .

#### Часть 5. [2 балла]

5.1 На основании ранее полученных экспериментальных данных (каких именно, определите самостоятельно) оцените удельное электрическое сопротивление воды  $\rho$ .