

Олимпиада «Физика управляет миром» 2015-2016 уч. год.

Экспериментальный тур

10 класс (решения)

Задача 1. Карандаш

Оцените механическую работу, которую необходимо совершить для того, чтобы равномерно поднять плавающий в сосуде карандаш до уровня касания нижним его торцом поверхности воды. Считайте положение карандаша вертикальным. Плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Оборудование: круглый карандаш, почти полная бутылка с водой, линейка, динамометр, нить.

Решение. Опускаем карандаш в бутылку - он будет плавать, как поплавок (рис. 1). Пусть L - длина всего карандаша, V - его объем, h - длина погруженной

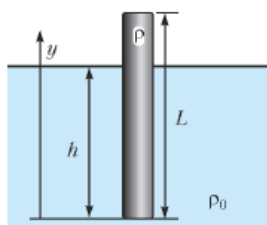


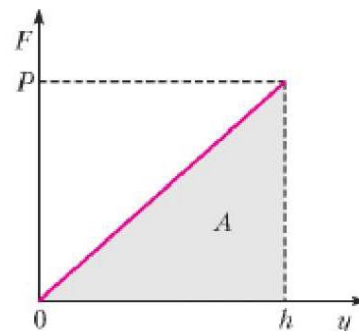
Рис. 1

в воду части карандаша, V_1 - ее объем, S - площадь сечения и d - диаметр карандаша. Найдем среднюю плотность карандаша ρ из условия плавания тела:

$$\rho_0 g S h = \rho g S L, \text{ откуда } \rho = \rho_0 \frac{h}{L}$$

Предположим, что мы с постоянной скоростью вытаскиваем карандаш из воды, используя динамометр. Когда карандаш свободно плавает, динамометр показывает ноль. Если же карандаш полностью вытащить из воды, то динамометр покажет силу, равную весу P карандаша:

$$F = P = mg = \rho g V = \rho_0 \frac{h}{L} g S L = \rho_0 h g \frac{\pi d^2}{4}.$$



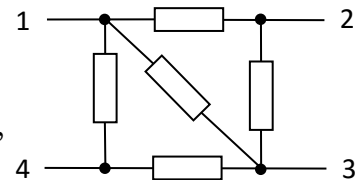
Получается, что показания динамометра при вытаскивании карандаша из воды изменяются от 0 до P по линейному закону (рис. 2). При этом механическая работа A будет равна площади выделенного треугольника:

$$A = \frac{1}{2}Ph = \frac{\rho_0 h^2 g \pi d^2}{8}.$$

например, при $h = 13,4$ см и $d = 7,5$ мм работа составляет около 0,004 Дж.

Задача 2. Чёрный ящик

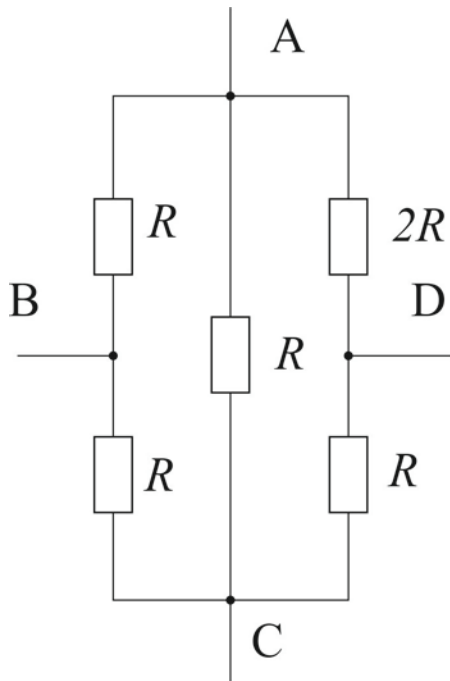
Внутри «чёрного ящика» находится электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке. Сопротивления R четырёх резисторов одинаковы, сопротивление r пятого резистора отлично от R .



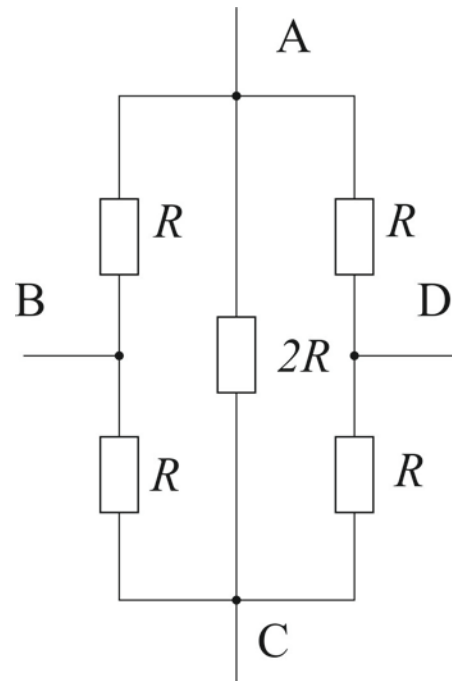
1. Определите, между какими выводами включён резистор сопротивлением r .
2. Определите значения R и r .

Оборудование: «чёрный ящик», мультиметр.

Очевидно, что симметрия цепи позволяет получить только две реализации схемы:



а)

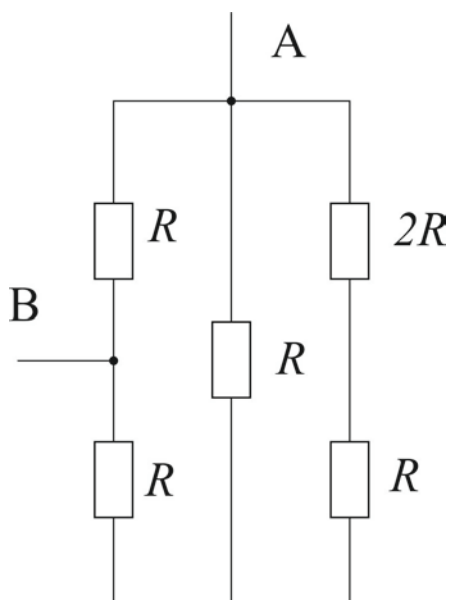


б)

Идентифицировать первый случай очень легко: сопротивления цепи, измеренное относительно клемм AB , BC , AD , BC одинаково. Путем прямых измерений убеждаемся, что это не так. Дальнейшие рассмотрения не проводим.

Очевидно, реализовано вторая схема, причем сопротивление $2R$ находится между клеммами A и D . Рассмотрим ее более подробно. Вначале проведем анализ цепи, а затем перейдем непосредственно к измерениям и определению сопротивления цепи. Из рисунка видно, что всего можно провести 6 измерений между парами клемм. Причем сопротивление между точками AB и BC одинаково. Таким образом, необходимо рассмотреть 5 случаев.

- I. Сопротивление относительно клемм AB и BC . Эквивалентная схема в этом случае имеет следующий вид



Проводя последовательные вычисления

приходим к выводу, что общее сопротивление в этих случаях: $R_I = \frac{7R}{11}$.

- II. Между клеммами DC сопротивление равно $R_{II} = \frac{8R}{11}$.
- III. Между клеммами AD – $R_{III} = \frac{10R}{11}$.
- IV. Между клеммами AC – $R_{IV} = \frac{6R}{11}$.
- V. Последний вариант измерений между клеммам BD – наиболее сложный $R_V = \frac{13R}{11}$. Он не может быть разрешен, с помощью знаний, которыми обладают школьники 9 и 10 классов. (Решение можно провести либо используя законы Кирхгофа, либо проводя перерасчет цепи используя эквивалентные схемы треугольник-звезда). Поэтому его рассмотрение не проводится.

Теперь проведем расчет используя экспериментально полученные данные.

Клеммы	R_o , кОм	R , кОм
AB	6,16	9,68
BC	6,18	9,71
CD	7,11	9,78
AD	8,94	9,83
AC	5,25	9,63
BD	11,16	9,44

Проведем расчет среднего значения без учета последнего случая:
 $\bar{R} = 9,73$ кОм (с учетом последнего случая $\bar{R} = 9,68$ кОм).

Расчет погрешности подобных измерений достаточно сложен, особенно если учесть, что в изготовлении схемы применялись сопротивления с допуском $\pm 5\%$. С учетом использованного ряда сопротивлений мы можем сделать вывод о том, что в нашем случае подходят сопротивления 9,1 кОм и 10 кОм. Очевидно, что значение 10 кОм ближе. Подтвердим выбор нахождением сопротивления $2R$, величина которого составит 19,46 кОм. Такого сопротивления в ряде нет, но ближайшее имеет номинал 20 кОм. Таким образом делаем вывод о том, что в схеме были применены сопротивления 10 кОм и 20 кОм.

В том случае, если для расчета участник выбрал схему в которой сопротивление $2R$ находится в другой позиции определить его реальное местоположение можно следующим образом: Вначале определяем участок цепи, где находятся два одинаковы сопротивления, а затем из двух оставшихся выбираем то, сопротивление относительно клемм которого больше (т.к. при параллельном соединении сопротивление меньше меньшего).

Проведен анализ возможных схем включения	5
Отвергнута схема включения а)	3
Получен аналитический вид для значений сопротивлений при подключении к клеммам	
AB	1
BC	1
CD	2
AD	2
AC	2
BD	10 Следует особо отметить данную работу. На усмотрение проверяющего можно либо добавить баллы, снятые за ошибки, либо добавить дополнительные балы ко второй задаче.
Проведен расчет сопротивлений для каждого из случаев	5 По одному баллу за каждый из случаев I-IV.

Определены номиналы сопротивлений с учетом ряда, а также определено местоположение сопротивления $2R$	4
---	---