

Критерии оценивания

Заполнена таблица с экспериментальными данными (ток от массы)	4
Найдена формула, связывающая величины ρ , U , I , d и L	2
Измерен диаметр проволоки	1
Определено расстояние между электродами	1
Построен график зависимости $I(m)$	2
Построен график зависимости $\rho(m)$	3
Определена неизвестная масса	1
Найдено удельное сопротивление при неизвестной массе	1

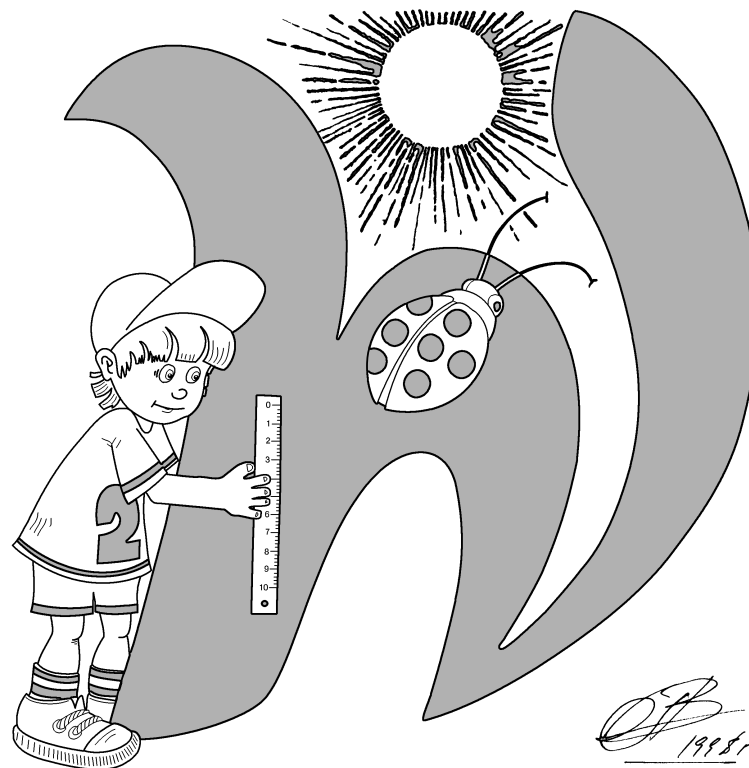
Методическая комиссия по физике
при центральном оргкомитете
Всероссийских олимпиад школьников

XLV Всероссийская олимпиада школьников по физике

Региональный этап

Экспериментальный тур

Методическое пособие



МФТИ, 2010/2011 уч.г.

Комплект задач подготовлен методической комиссией по физике при центральном оргкомитете Всероссийских олимпиад школьников
Телефоны: (495) 408-80-77, 408-86-95.
E-mail: physolymp@gmail.com

Авторы задач

9 класс

1. Горностаев Д.
2. Дорошенко А.

10 класс

1. Горностаев Д.
2. Тузенко Л.,
Тузенко Н.

11 класс

1. Тузенко Л.,
Тузенко Н.
2. Антоненко Д.,
Хмелёв А.,
Логинс А.

Общая редакция — Слободянин В.

Оформление и вёрстка — Старков Г.

При подготовке оригинал-макета использовалась издательская система \LaTeX 2 ϵ .
© Авторский коллектив
Подписано в печать 29 ноября 2010 г. в 17:34.

141700, Московская область, г. Долгопрудный
Московский физико-технический институт

Критерии оценивания

Выведена формула (1), связывающая величины l_2 и l_1	2
Заполнена таблица экспериментальных данных для воды:	
не меньше пяти измерений	2
сделано от двух до пяти измерений	1
Построен график зависимости l_2 от l_1 для воды	2
Вычислен коэффициент a_0	1
Заполнена таблица экспериментальных данных для масла:	
не меньше пяти измерений	2
сделано от двух до пяти измерений	1
Построен график зависимости l_2 от l_1 для масла	2
Вычислен коэффициент a_M	1
Определена плотность масла	
в пределах 10% от истинного значения	2
в пределах 20% от истинного значения	1
Разумная оценка погрешности измерения плотности подсолнечного масла ..	1

Задача 2. Удельное сопротивление раствора питьевой соды

При выполнении эксперимента сосуд должен быть заполнен полностью.

1. Измеряем геометрические размеры трубки: длину L и диаметр d . Изготавливаем экспериментальную установку, изображённую на (рис. 6).

2. Заполняем сосуд водой и размешиваем первый образец соли известной массы. Измеряем показания амперметра. Повторяем опыт, добавляя к раствору новые порции соли известной массы.

3. Зная напряжение U батарейки, мы можем рассчитать сопротивление раствора в трубке:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Его значение определяется геометрическими размерами трубки, поэтому удельное сопротивление можно рассчитать по формуле:

$$\rho = \frac{\pi d^2 R}{4L} = \frac{\pi d^2 U}{4L I}.$$

Строим необходимые нам графики.

4. Для определения неизвестной массы m_1 и $\rho(m_1)$ растворяем образец со смесью в чистой воде и считываем показания тока. По графикам определяем искомые величины.

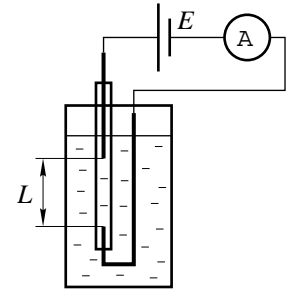


Рис. 6

11 класс

Задача 1. Плотность подсолнечного масла

Рассмотрим пробирку с налитой в неё жидкостью плотности ρ , плавающую в сосуде с водой. Пусть внутренняя и внешняя площади поперечного сечения равны соответственно S_1 и S_2 . Обозначим за V_1 и V_2 внутренний и внешний объёмы части пробирки, расплывшей ниже точки A , выбранной в качестве начала отсчёта. Запишем условие равновесия пробирки:

$$Mg + \rho(S_1 l_1 + V_1)g = \rho_0(V_2 + S_2 l_2)g,$$

где M — масса пустой пробирки.

Отсюда получим:

$$l_2 = \frac{\rho S_1}{\rho_0 S_2} \cdot l_1 + \frac{M + \rho V_1 - \rho_0 V_2}{\rho_0 S_2} = a \cdot l_1 + b, \quad (6)$$

где a и b — некоторые константы, не зависящие от l_1 и l_2 .

Нальём в пробирку воду и снимем зависимость l_2 от l_1 . Построим на миллиметровой бумаге соответствующий график. Как видно из формулы (6), эта зависимость линейна. По угловому коэффициенту определяем отношение S_1/S_2 :

$$a_0 = \frac{\rho_0 S_1}{\rho_0 S_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Повторим эксперимент, заполняя пробирку подсолнечным маслом. Построим график полученной зависимости. По угловому коэффициенту графику вычислим плотность ρ_M масла:

$$a_M = \frac{\rho_M S_1}{\rho_0 S_2} = a_0 \cdot \frac{\rho_M}{\rho_0}.$$

Окончательно получаем:

$$\rho_M = \frac{a_M}{a_0} \cdot \rho_0.$$

Оценим погрешность найденного значения:

$$\Delta \rho_M = \rho_M \cdot \left(\frac{\Delta a_M}{a_M} + \frac{\Delta a_0}{a_0} \right).$$

Погрешности Δa_1 и Δa_2 оценим из графиков.

9 класс

Задача 1. Скатывание теннисного шарика I

В данной задаче вам предстоит изучить скатывание теннисного шарика с наклонного уголка. Известно, что время скатывания теннисного шарика с вершины наклонного уголка (рис. 1) определяется формулой:

$$t = A \cdot (\sin \alpha)^{n/2},$$

где A — постоянная установки, а $n \in \{-2, -1, 0, 1, 2\}$.

Определите значения величин A и n . Для этого соберите установку из бруска, положенного на стол, и опирающегося на него уголка.

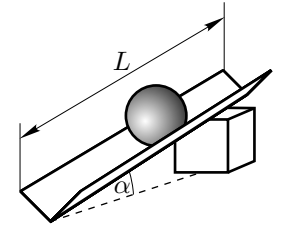


Рис. 1

1. Измерьте время скатывания шарика с вершины жёлоба для каждого значения $\sin \alpha$ несколько раз (не меньше 7). Данные занесите в таблицу 1.

Таблица 1

$\sin \alpha$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$t_4, \text{с}$	$t_5, \text{с}$	$t_6, \text{с}$	$t_7, \text{с}$	$t_{\text{средн}}, \text{с}$
0,1								
0,2								
0,3								
0,4								
0,5								

- Усредните результат. Данные занесите в таблицу 1.
- Подберите такое n , чтобы зависимость $t_{\text{средн}}$ от $(\sin \alpha)^{n/2}$ была наиболее близка к линейной.
- Постройте график этой зависимости на миллиметровой бумаге.
- Определите из графика значение постоянной A .
- Для каждой серии опытов с соответствующим $\sin \alpha$ вычислите ускорение a шарика.
- Постройте график зависимости ускорения a от α в таких координатах, в которых эта зависимость линейна.

Оборудование. Уголок длиной $L = 50$ см, теннисный шарик, секундомер, линейка, брусок $5 \text{ см} \times 10 \text{ см} \times 20 \text{ см}$, 2 листа миллиметровой бумаги.

Рекомендации организаторам.

Уголки (деревянные) для эксперимента можно купить на строительном рынке. Их необходимо обрезать до заданной длины $L = 50$ см.

9 класс

Задача 2. Сопротивление графита

Используя предложенное вам оборудование, определите удельное сопротивление ρ графита (грифеля карандаша).

Оборудование. Грифель от карандаша, вольтметр, резистор с известным сопротивлением $R \approx 10$ Ом (точное значение указано на установке), батарейка AA, соединительные провода, миллиметровая бумага, двусторонний скотч (выдаётся по требованию).

Рекомендации организаторам.

Сопротивление резистора укажите на установке. Концы соединительных проводов следует зачистить так, чтобы оголённая часть провода составляла в длину 2–3 см. Вольтметр должен иметь предел измерения 1,5–2,0 В. К полюсам батарейки следует припаять провода, или купить специальные крепления для батареек.

сделано от двух до пяти измерений 1
 Построен график зависимости l_2 от l_1 для воды 2
 Вычислен коэффициент a_0 1
 Заполнена таблица экспериментальных данных для масла:
 не меньше пяти измерений 2
 сделано от двух до пяти измерений 1
 Построен график зависимости l_2 от l_1 для масла 2
 Вычислен коэффициент a_M 1
 Определена плотность масла
 в пределах 10% от истинного значения 2
 в пределах 20% от истинного значения 1
 Разумная оценка погрешности измерения плотности подсолнечного масла .. 1

Задача 2. Плотность подсолнечного масла

Рассмотрим пробирку с налитой в неё жидкостью плотности ρ , плавающую в сосуде с водой. Пусть внутренняя и внешняя площади поперечного сечения равны соответственно S_1 и S_2 . Обозначим за V_1 и V_2 внутренний и внешний объёмы части пробирки, расплывенной ниже точки A , выбранной в качестве начала отсчёта. Запишем условие равновесия пробирки:

$$Mg + \rho(S_1 l_1 + V_1)g = \rho_0(V_2 + S_2 l_2)g,$$

где M — масса пустой пробирки.

Отсюда получим:

$$l_2 = \frac{\rho S_1}{\rho_0 S_2} \cdot l_1 + \frac{M + \rho V_1 - \rho_0 V_2}{\rho_0 S_2} = a \cdot l_1 + b, \tag{5}$$

где a и b — некоторые константы, не зависящие от l_1 и l_2 .

Нальём в пробирку воду и снимем зависимость l_2 от l_1 . Построим на миллиметровой бумаге соответствующий график. Как видно из формулы (5), эта зависимость линейна. По угловому коэффициенту определяем отношение S_1/S_2 :

$$a_0 = \frac{\rho_0 S_1}{\rho_0 S_2} = \frac{S_1}{S_2}.$$

Повторим эксперимент, заполняя пробирку подсолнечным маслом. Построим график полученной зависимости. По угловому коэффициенту графику вычислим плотность ρ_M масла:

$$a_M = \frac{\rho_M S_1}{\rho_0 S_2} = a_0 \cdot \frac{\rho_M}{\rho_0}.$$

Окончательно получаем:

$$\rho_M = \frac{a_M}{a_0} \cdot \rho_0.$$

Оценим погрешность найденного значения:

$$\Delta \rho_M = \rho_M \cdot \left(\frac{\Delta a_M}{a_M} + \frac{\Delta a_0}{a_0} \right).$$

Погрешности Δa_1 и Δa_2 оценим из графиков.

Критерии оценивания

Выведена формула (1), связывающая величины l_2 и l_1 2

Заполнена таблица экспериментальных данных для воды:
не меньше пяти измерений 2

10 класс

Задача 1. Скатывание теннисного шарика II

В данной задаче вам предстоит изучить скатывание теннисного шарика с наклонного уголка. Известно, что время скатывания теннисного шарика с вершины наклонного уголка (рис. 2) определяется формулой:

$$t = A \cdot (\sin \alpha)^{n/2},$$

где $n \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$, а A — постоянная установки.

Определите значения величин A и n . Для этого соберите установку из бруска, положенного на стол, и опирающегося на него уголка.

1. Измерьте время скатывания шарика с вершины жёлоба для каждого значения $\sin \alpha$ несколько раз (не меньше 7). Данные занесите в таблицу 1.

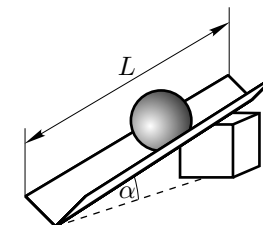


Рис. 2

Таблица 2

$\sin \alpha$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$t_4, \text{с}$	$t_5, \text{с}$	$t_6, \text{с}$	$t_7, \text{с}$	$t_{\text{средн}}, \text{с}$
0,1								
0,2								
0,3								
0,4								
0,5								

2. Усредните результат. Данные занесите в таблицу 2.
3. Подберите такое n , чтобы зависимость $t_{\text{средн}}$ от $(\sin \alpha)^{n/2}$ была наиболее близка к линейной.
4. Постройте график этой зависимости на миллиметровой бумаге.
5. Определите из графика значение постоянной A .
6. Для каждой серии опытов с соответствующим $\sin \alpha$ вычислите ускорение a шарика.
7. Постройте график зависимости ускорения a от α в таких координатах, в которых эта зависимость линейна.

Оборудование. Уголок длиной $L = 50$ см, теннисный шарик, секундомер, линейка, брусок $5 \text{ см} \times 10 \text{ см} \times 20 \text{ см}$, 2 листа миллиметровой бумаги.

Рекомендации организаторам.

Уголки (деревянные) для эксперимента можно купить на строительном рынке. Их необходимо обрезать до заданной длины $L = 50$ см.

Задача 2. Плотность подсолнечного масла

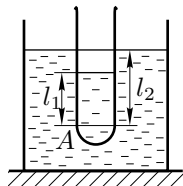


Рис. 3

В данном эксперименте вам предстоит измерить плотность ρ_m подсолнечного масла. Для этого отметьте на пробирке уровень A , выше которого площадь поперечного сечения пробирки остаётся постоянной. Примем точку A за начало отсчёта.

Налейте в пробирку немного воды и поместите её в сосуд с водой (рис. 3). Воды в пробирке должно быть столько, чтобы она плавала вертикально.

Пусть уровень жидкости внутри пробирки, отсчитываемый от точки A вверх, равен l_1 , а уровень воды в сосуде, отсчитываемый от той же точки A — l_2 .

1. Постепенно наливая в пробирку воду, снимите зависимость l_2 от l_1 .
2. Постройте на миллиметровой бумаге график данной зависимости.
3. Вылейте из пробирки воду и проведите аналогичные действия для подсолнечного масла.
4. Выведите аналитически зависимость l_2 от l_1 для произвольной жидкости плотностью ρ в пробирке.
5. Используя экспериментальные данные, вычислите плотность ρ_m подсолнечного масла.
6. Оцените погрешность полученного вами результата.

Примечание. Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Плотность подсолнечного масла ρ_m находится в пределах 850–980 кг/м³.

Оборудование. Пробирка с наклеенной на внешнюю поверхность миллиметровой бумагой, ёмкость для жидкости, вода, подсолнечное масло, миллиметровая бумага для построения графиков.

Рекомендации организаторам.

Для проведения эксперимента необходимо обязательно наклеить на каждую пробирку миллиметровую бумагу с помощью скотча так, чтобы вода не подтекала под бумагу. Ёмкость для жидкости нужно подобрать такого размера, чтобы пробирка могла свободно плавать в ней, не приликая к стенкам. Плотность масла предварительно определите стандартным методом (взвесив масло заданного объёма).

Задача 1. Скатывание теннисного шарика II

Дадим краткие пояснения, вытекающие из теоретического решения задачи о скатывании шарика с наклонной плоскости. От участников олимпиады они не требуются.

Из уравнения моментов следует, что ускорение шарика равно:

$$a = B \cdot \sin \alpha, \tag{3}$$

где B — постоянный коэффициент, зависящий от угла между плоскостями, образующими уголок.

Пусть длина уголка равна L . Тогда время скатывания найдём из уравнения:

$$L = \frac{at^2}{2}. \tag{4}$$

Из (3) и (4) получим:

$$t = \sqrt{\frac{2L}{B}} \cdot (\sin \alpha)^{-1/2}.$$

Таким образом, график $t_{\text{средн}} = f(\sin \alpha)$ следует строить в координатах $t_{\text{средн}}$ от $(\sin \alpha)^{-1/2}$.

Коэффициент $n = -1$.

Значение постоянной A зависит от особенностей установки.

Критерии оценивания

Заполнена таблица 1	4
Для каждого угла произведено усреднение времени скатывания	2
Определён коэффициент n	2
Построен график $t_{\text{средн}} \sim (\sin \alpha)^{-1/2}$	3
Определено значение постоянной A	2
Построен график $a(\alpha)$	2

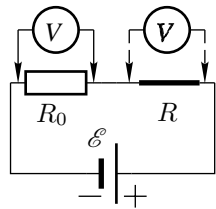


Рис. 5

С помощью вольтметра определяем падение напряжения U_0 на резисторе с известным сопротивлением и напряжение U на стержне. Сопротивление образца рассчитываем по формуле:

$$R = R_0 \frac{U}{U_0}.$$

С помощью миллиметровой бумаги измеряем длину графитового образца l . Приклеив на стол двусторонний скотч, кладем на него образец и прокатываем его по липкой ленте. Скотч нужен для того, чтобы грифель не проскальзывал. Сосчитав количество полных оборотов N , сделанных образцом, и измерив пройденный им путь L , определяем диаметр стержня:

$$r = \frac{L}{\pi N}.$$

Поскольку сопротивление графитового стержня связано с размерами стержня и с удельным сопротивлением графита формулой:

$$R = \frac{4 \rho l}{\pi D^2} = 4\pi \rho l \left(\frac{N}{L} \right)^2,$$

удельное сопротивление графита рассчитываем по формуле:

$$\rho = \frac{R_0 U}{4\pi l U_0} \left(\frac{L}{N} \right)^2.$$

Критерии оценивания

Идея использования графита в качестве резистора	1
Схема проведения измерений	2
Формула, связывающая величины сопротивлений резисторов	2
Найдено сопротивление графитового стержня R	2
Измерена длина образца L	1
Описан способ определения диаметра D сечения грифеля	1
Измерен диаметр D	1
Приведена формула для вычисления ρ	2
Верное численное значение ρ (отклонение не более 10%)	3
численное значение ρ (отклонение не более 25%)	2
численное значение ρ (отклонение не более 50%)	1

11 класс

Задача 1. Плотность подсолнечного масла

В данном эксперименте вам предстоит измерить плотность ρ_m подсолнечного масла. Для этого отметьте на пробирке уровень A , выше которого площадь поперечного сечения пробирки остаётся постоянной. Примем точку A за начало отсчёта.

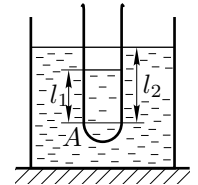


Рис. 4

Налейте в пробирку немного воды и поместите её в сосуд с водой (рис. 4). Воды в пробирке должно быть столько, чтобы она плавала вертикально.

Пусть уровень жидкости внутри пробирки, отсчитываемый от точки A вверх, равен l_1 , а уровень воды в сосуде, отсчитываемый от той же точки $A - l_2$.

1. Постепенно наливая в пробирку воду, снимите зависимость l_2 от l_1 .
2. Постройте на миллиметровой бумаге график данной зависимости.
3. Вылейте из пробирки воду и проведите аналогичные действия для подсолнечного масла.
4. Выведите аналитическую зависимость l_2 от l_1 для произвольной жидкости плотностью ρ в пробирке.
5. Используя экспериментальные данные, вычислите плотность ρ_m подсолнечного масла.
6. Оцените погрешность полученного вами результата.

Примечание. Плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$. Плотность подсолнечного масла ρ_m находится в пределах $850-980 \text{ кг/м}^3$.

Оборудование. Пробирка с наклеенной на внешнюю поверхность миллиметровой бумагой, ёмкость для жидкости, вода, подсолнечное масло, миллиметровая бумага для построения графиков.

Рекомендации организаторам.

Для проведения эксперимента необходимо обязательно наклеить на каждую пробирку миллиметровую бумагу с помощью скотча так, чтобы вода не подтекала под бумагу. Ёмкость для жидкости нужно подобрать такого размера, чтобы пробирка могла свободно плавать в ней, не приликая к стенкам. Плотность масла предварительно определите стандартным методом (взвесив масло заданного объёма).

11 класс

Задача 2. Удельное сопротивление раствора питьевой соды

Чистая вода слабо проводит электрический ток. Однако вода хорошо растворяет многие вещества, поэтому в неочищенной воде практически всегда присутствуют примеси, которые распадаются на ионы и увеличивают удельную проводимость раствора. Вам необходимо изучить зависимость удельного сопротивления ρ раствора от массы растворённой соды.

1. Придумайте схему установки, с помощью которой можно определять ρ .
2. Измерьте зависимость силы тока в цепи от массы растворённой соды. Результаты занесите в таблицу. Следует измерить не менее восьми точек.
3. Постройте график зависимости $I(m)$.
4. Для каждого значения m определите удельное сопротивление ρ раствора соды.
5. Постройте график зависимости $\rho(m)$.
6. Вам дан образец смеси соды и неизвестного непроводящего вещества. С помощью полученных данных определите массу соды в данном образце и удельное сопротивление раствора для данной массы.

Оборудование. Посуда для приготовления раствора, 10 навесков соды известной массы, образец со смесью соды неизвестной массы и непроводящего вещества, трубочка для коктейля, 2 медных провода, батарейка, амперметр, линейка.

Рекомендации организаторам.

Рекомендуемые параметры установки: сосуд на 1,5–1,7 л (например, пластмассовый горшок для цветов), по возможности чистая вода, батарейка пальчиковая, массы навесков соды от 1 до 2 грамм (необязательно одинаковые).

Возможные решения
9 класс

Задача 1. Скатывание теннисного шарика I

Дадим краткие пояснения, вытекающие из теоретического решения задачи о скатывании шарика с наклонной плоскости. От участников олимпиады они не требуются.

Из уравнения моментов следует, что ускорение шарика равно:

$$a = B \cdot \sin \alpha, \tag{1}$$

где B — постоянный коэффициент, зависящий от угла между плоскостями, образующими уголок.

Пусть длина уголка равна L . Тогда время скатывания найдём из уравнения:

$$L = \frac{at^2}{2}. \tag{2}$$

Из (1) и (2) получим:

$$t = \sqrt{\frac{2L}{B}} \cdot (\sin \alpha)^{-1/2}.$$

Таким образом, график $t_{\text{средн}} = f(\sin \alpha)$ следует строить в координатах $t_{\text{средн}}$ от $(\sin \alpha)^{-1/2}$.

Коэффициент $n = -1$.

Значение постоянной A зависит от особенностей установки.

Критерии оценивания

Заполнена таблица 1	4
Для каждого угла произведено усреднение времени скатывания	2
Определён коэффициент n	2
Построен график $t_{\text{средн}} \sim (\sin \alpha)^{-1/2}$	3
Определено значение постоянной A	2
Построен график $a(\alpha)$	2

Задача 2. Сопротивление графита

Соединим последовательно резистор R_0 , графитовый стержень и батарейку, как показано на рисунке 5. Для включения в цепь стержня намотаем оголённые части проводов на его концы. Пусть сопротивление графитового стержня равно R .