

Задачи экспериментальной части

8 класс

Электрическое сопротивление лампы накаливания

Цель работы: измерение электрического сопротивления лампы накаливания.

1) Соберите электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых источника питания (4,5 В), амперметра и лампочки. Подключите параллельно лампочке вольтметр. Запишите показания приборов с указанием погрешностей. Считайте погрешности стрелочных электрических приборов равными половине цены деления шкалы.

2) Рассчитайте величину сопротивления лампочки (отношение напряжения на лампе к текущему через неё току), работающей в таком режиме. Пользуясь «методом границ», оцените погрешность полученной величины.

3) Соберите электрическую цепь, позволяющую установить на лампочке напряжение 2,0 В. Зарисуйте схему цепи в своей работе. Измерьте сопротивление лампы в этом режиме. Оцените абсолютную и относительную погрешности полученной величины.

Оборудование: источник питания 4,5 В (батарея 3R12 или три батарейки АА, соединённые последовательно с закрытыми контактами), соединительные провода, лампа накаливания с номинальным режимом 4,8 В, школьный амперметр, школьный вольтметр, переменный резистор на 10 Ом.

Решение

1) Соберём цепь, описанную в условии. Запишем показания приборов:

$$U = 3,8 \pm 0,1 \text{ В}, \quad I = 0,46 \pm 0,01 \text{ А.}$$

2) Рассчитаем сопротивление лампы в этом режиме: $R = \frac{U}{I} = \frac{3,8}{0,46} \approx 8,26 \text{ Ом.}$

Вычислим максимально возможное и минимально возможное значения сопротивления при подстановке в формулу максимального и минимального значений U и I :

$$R_{\max} = \frac{3,9}{0,45} \approx 8,67 \text{ Ом}, \quad R_{\min} = \frac{3,7}{0,47} \approx 7,87 \text{ Ом.}$$

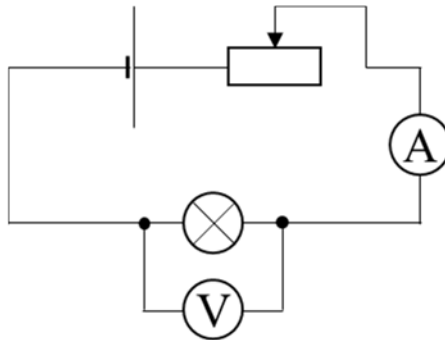
Оценим абсолютную погрешность:

$$\sigma_R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2} \approx 0,4 \text{ Ом.}$$

Тогда окончательно для значения сопротивления с учётом погрешности и правил округления получаем:

$$R = (8,3 \pm 0,4) \text{ Ом.}$$

3) Для подачи на лампу меньшего напряжения соберём цепь, схема которой изображена на рисунке. Поворотом ручки переменного резистора подстроим напряжение на лампе до нужного значения.



Вновь запишем показания приборов:

$$U_1 = 2,00 \pm 0,05 \text{ В}, \quad I_1 = 0,32 \pm 0,01 \text{ А.}$$

Абсолютная погрешность измерения напряжения уменьшилась, так как был выбран другой предел измерения прибора.

Тогда сопротивление лампы в этом режиме составит:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = (6,3 \pm 0,4) \text{ Ом.}$$

Абсолютная погрешность оценивается аналогично п. 2.

Последнее измерение проведено с относительной погрешностью $(0,4/6,3) \cdot 100 \% \approx 6 \%$.

№ вопроса	Указания к оцениванию	Баллы
1	С точностью до цены деления верно найдены значения напряжения на лампе и текущего через неё тока. Результаты записаны в правильном виде с указанием погрешностей	1
2	Вычислено среднее значение сопротивления лампы при её подключении напрямую к батарее	1
	Верно оценено значение абсолютной погрешности сопротивления лампы	1
	Результат записан в правильном виде с округлением погрешности и среднего значения	1
3	Предложен способ понижения подаваемого на лампу напряжения. Нарисована схема цепи, позволяющей реализовать этот метод	1
	С точностью до цены деления верно найдено значение тока, текущего через лампу, при напряжении на ней 2,5 В	1
	Верно рассчитано среднее значение сопротивления лампы в этом режиме	1
	Верно оценена абсолютная погрешность сопротивления в этом режиме. Результат записан в правильном виде с округлением погрешности и среднего значения	1
	Верно оценена относительная погрешность полученного результата	1
	<i>Максимальный балл</i>	<i>9</i>

Калориметрия

Цель работы: измерение теплоёмкости тела.

1) Поставьте калориметр на электронные весы и обнулите их показания. Налейте в калориметр воду. Запишите значение её массы с учётом погрешности измерений. Примите погрешность весов равной 1 % от измеряемой величины.

2) Рассчитайте теплоёмкость воды в калориметре. Пользуясь «методом границ», оцените абсолютную погрешность полученной величины. Удельную теплоёмкость воды примите равной $c_v = (4,20 \pm 0,02) \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$. Запишите результат с учётом погрешности.

3) Измерьте теплоёмкость выданного вам груза. Кратко опишите свои действия или нарисуйте схему проведения опыта с необходимыми обозначениями и пояснениями. Погрешность измерения температуры примите равной половине цены деления термометра. Получите формулу для расчёта теплоёмкости груза. Оцените абсолютную и относительную погрешность полученного результата. При проведении расчётов теплоёмкостью калориметра следует пренебречь. Запишите результат с учётом погрешности.

Оборудование: калориметр, вода в стакане, электронные весы, металлический груз, термометр, горячая вода (выдается по требованию), пустой стакан для горячей воды, салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.

Решение

Для проведения измерений в качестве груза использовался алюминиевый цилиндр из набора ГИА.

1) Измерим массу воды, налитой в калориметр:

$$m_B = (100 \pm 1) \text{ г.}$$

2) Рассчитаем теплоёмкость воды в калориметре:

$$C_B = c_B m_B = 4200 \cdot 0,100 \approx 420,0 \text{ Дж/}^\circ\text{С.}$$

Найдём минимальное и максимальное значения теплоёмкости воды при подстановке в формулу максимального и минимального значений c_B и m_B :

$$C_{B \max} = 4220 \cdot 0,101 = 426,2 \text{ Дж/}^\circ\text{С}, \quad C_{B \min} = 4180 \cdot 0,099 = 413,8 \text{ Дж/}^\circ\text{С.}$$

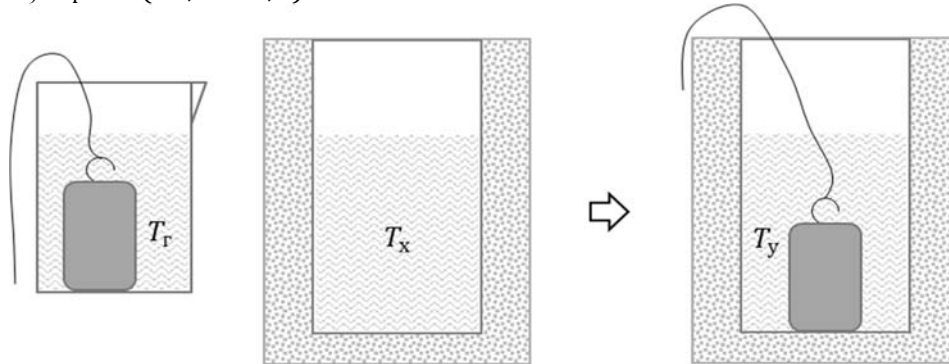
Оценим абсолютную погрешность полученного результата:

$$\sigma_{C_B} = \frac{C_{B \max} - C_{B \min}}{2} = 6,2 \text{ Дж/}^\circ\text{С.}$$

Тогда окончательно для теплоёмкости воды с учётом правил округления экспериментальных величин:

$$C_B = (420 \pm 6) \text{ Дж/}^\circ\text{С.}$$

3) Измерим температуру холодной воды в калориметре: $T_x = (21,0 \pm 0,5) ^\circ\text{С}$. Погрузим термометр и подвешенный на нитке груз в горячую воду, подождём около минуты для установления теплового равновесия. Измерим в этот момент температуру горячей воды (и груза в ней): $T_r = (77,0 \pm 0,5) ^\circ\text{С}$.



Вынем груз из воды и погрузим в калориметр с холодной водой. Также погрузим термометр в воду, находящуюся внутри калориметра. Будем аккуратно помешивать термометром воду в калориметре для её равномерного нагревания. Через некоторое время температура воды перестанет изменяться. Запишем значение установившейся температуры внутри калориметра: $T_y = (28,5 \pm 0,5) ^\circ\text{С}$. Составим уравнение теплового баланса для воды в калориметре и груза.

$$C_B(T_y - T_x) = C(T_r - T_y)$$

Отсюда для теплоёмкости C груза получаем:

$$C = C_B \frac{T_y - T_x}{T_r - T_y} = 420 \cdot \frac{28,5 - 21,0}{77 - 28,5} \approx 65 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{С}}.$$

Найдём минимальное и максимальное значения теплоёмкости груза при подстановке в формулу максимальных и минимальных значений температур и теплоёмкости воды:

$$C_{\max} = 426 \cdot \frac{29,0 - 20,5}{76,5 - 29,0} \approx 76 \text{ Дж/}^\circ\text{С}, \quad C_{\min} = 412 \cdot \frac{28,0 - 21,5}{77,5 - 28,0} \approx 54 \text{ Дж/}^\circ\text{С.}$$

Оценим абсолютную погрешность теплоёмкости груза:

$$\sigma_C = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{2} = 11 \text{ Дж/}^\circ\text{С.}$$

Тогда окончательно для теплоёмкости груза с учётом правил округления экспериментальных величин:

$$C = (65 \pm 11) \text{ Дж/}^\circ\text{С.}$$

Относительная ошибка измерения составляет $\varepsilon = \frac{11}{65} \approx 17 \%$

№ вопроса	Указания к оцениванию	Баллы
1	С точностью до 2 % найдено значение массы воды в стакане. Результат записан в правильном виде с погрешностью	1
2	Вычислено значение теплоёмкости воды	1
	Правильно оценена абсолютная погрешность измерения массы воды	1
	Результат записан в правильном виде с округлением погрешности и среднего значения	1
3	Описан метод измерения теплоёмкости груза (приведено краткое описание опыта) или сделан чертёж с необходимыми обозначениями и пояснениями	1
	Получена расчётная формула для теплоёмкости груза с помощью данного метода	1
	Измерены температура холодной воды в калориметре, температура горячего груза, установившаяся температура в калориметре после погружения нагретого груза. Результаты измерений записаны с указанием погрешности	1
	Найдено среднее значение теплоёмкости груза и полученный результат отличается от авторского не более чем на 20 %	1
	Верно оценены абсолютная и относительная погрешности теплоёмкости груза	1
	<i>Максимальный балл</i>	9

Рычаг

Цель работы: измерение массы тела с помощью рычага.

- 1) Определите координату центра тяжести выданной вам линейки. Запишите значение этой координаты с учётом погрешности измерений, которую в данном эксперименте примите равной цене деления линейки. Подвесьте к одному из концов линейки пустой шприц. Уравновесьте линейку на лапке штатива. Запишите длины плеч силы тяжести шприца и силы тяжести линейки. Погрешности этих измерений примите равными удвоенной цене деления линейки.
- 2) Рассчитайте отношение массы шприца к массе линейки. Пользуясь «методом границ», оцените абсолютную погрешность полученной величины. Запишите результат с учётом погрешности.
- 3) Предложите способ, позволяющий определить массу шприца. Кратко опишите свои действия или нарисуйте схему проведения опыта с необходимыми обозначениями и пояснениями. Получите итоговую формулу для расчёта массы шприца. Проведите измерения, запишите измеренные величины. Оцените абсолютную и относительную погрешность полученного результата. Плотность воды примите равной $\rho = 1 \text{ г/см}^3$. Считайте эту величину точной. Погрешность измерения объёма воды примите равной половине цены деления шприца. Запишите результат с учётом погрешности.

Оборудование: шприц, штатив с лапкой, нитка, линейка, стакан с водой.

Решение

Для проведения измерений использовались шприц объемом 20 мл и деревянная линейка длиной 50 см.

1) Найдём координату центра масс линейки, уравнесяв её на лапке штатива:

$$x_{\text{ц}} = (24,5 \pm 0,1) \text{ см.}$$

Подвесим шприц к одному из концов линейки. Вновь уравнесяв линейку на лапке штатива. Запишем длины плеч силы тяжести груза и силы тяжести линейки:

$$x_{\text{ш}} = (16,3 \pm 0,2) \text{ см,} \quad x_{\text{л}} = (8,2 \pm 0,2) \text{ см.}$$

2) Рассчитаем отношение массы шприца к массе линейки как обратное отношение длин плеч соответствующих сил тяжести:

$$\alpha = \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\text{л}}} = \frac{x_{\text{л}}}{x_{\text{ш}}} = \frac{8,2}{16,3} \approx 0,503.$$

Найдём минимальное и максимальное значения отношения масс при подстановке в формулу максимального и минимального значений $x_{\text{ш}}$ и $x_{\text{л}}$:

$$\alpha_{\text{max}} = \frac{8,4}{16,1} \approx 0,522, \quad \alpha_{\text{min}} = \frac{8,0}{16,5} \approx 0,485.$$

Оценим абсолютную погрешность полученного результата:

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}}{2} \approx 0,019.$$

Тогда окончательно для отношения масс с учётом правил округления экспериментальных величин:

$$\alpha = 0,503 \pm 0,019.$$

3) Наберём в шприц объем воды $V = (20,0 \pm 0,5) \text{ мл}$.

Подвесим шприц с водой к линейке и вновь уравнесяв её на лапке штатива

Измерим длины плеч силы тяжести шприца с водой и силы тяжести линейки:

$$y_{\text{ш}} = (10,0 \pm 0,2) \text{ см,}$$

$$y_{\text{л}} = (14,5 \pm 0,2) \text{ см.}$$

Найдём для отношения массы шприца с водой к массе линейки:

$$\beta = \frac{m_{\text{ш}} + \rho V}{m_{\text{л}}} = \frac{y_{\text{л}}}{y_{\text{ш}}} = 1,45 \pm 0,05.$$

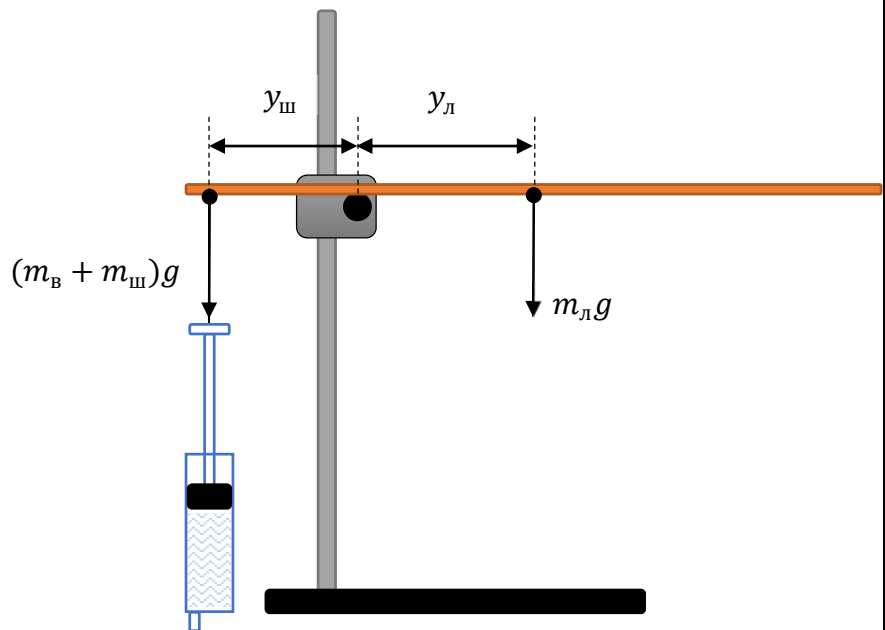
Отношение величин β и α равно отношению массы шприца с водой и массы пустого шприца:

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{m_{\text{ш}} + \rho V}{m_{\text{ш}}} = 1 + \frac{\rho V}{m_{\text{ш}}}.$$

Отсюда для массы шприца получаем (погрешность рассчитана методом границ):

$$m = \frac{\rho V}{\frac{\beta}{\alpha} - 1} = (10,6 \pm 1,5) \text{ г.}$$

Относительная погрешность полученного результата составляет $\varepsilon = \frac{1,5}{10,6} \approx 14 \%$



№ вопроса	Указания к оцениванию	Баллы
1	Найдены координата центра масс линейки, плечо силы тяжести линейки и плечо силы тяжести шприца. Результат записан в правильном виде с погрешностью	1
2	Вычислено среднее значение отношения масс шприца и линейки. Полученное значение не отклоняется от истинного более чем на 10 %	1
	Правильно оценена абсолютная погрешность отношения масс	1
	Результат записан в правильном виде с округлением погрешности и среднего значения	1
3	Описан метод измерения массы шприца (приведено краткое описание опыта) или сделан чертёж с необходимыми обозначениями и пояснениями	1
	Получена верная формула для расчёта массы шприца с помощью данного метода	1
	Измерено отношение массы шприца с водой к массе линейки (или проведены необходимые измерения для нахождения этого или эквивалентного ему отношения)	1
	Найдено среднее значение массы шприца и полученный результат не отличается от верного более чем на 20 %	1
	Верно оценены абсолютная и относительная погрешности массы шприца	1
	<i>Максимальный балл</i>	<i>9</i>