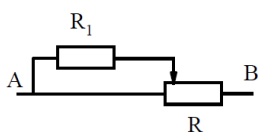


Решения заданий
II этапа республиканской олимпиады по физике в 2023/2024 учебном году
10 класс

Задача 1. Резистор сопротивлением R_1 подключен к реостату с сопротивлением R и длиной L



(см. рисунок). Найдите сопротивление R_{AB} цепи между точками A и B , если движок реостата находится на расстоянии x от левого края реостата.

Возможное решение и разбалловка.

Условие	Баллы
Изображена эквивалентная схема цепи: 	5
Записаны условия: $R_2 = \frac{R \cdot x}{L}$ (1), $R_3 = \frac{R \cdot (L - x)}{L}$ (2).	3
Записано уравнение для нахождения полного сопротивления цепи: $R_{AB} = R_{\text{пар}} + R_3$, где $R_{\text{пар}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ (3).	7
С учетом (1)-(3) получен ответ: $R_{AB} = R \cdot \left(\frac{R_1 \cdot x}{R_1 \cdot L + R \cdot x} + \frac{L - x}{L} \right)$.	15
Всего 15	

Задача 2. В сосуде с теплоизолированными стенками привели в соприкосновение два малых сосуда с теплопроводящими стенками с разными жидкостями, имеющими удельные теплоемкости c_1 и c_2 . Во сколько раз масса первой жидкости больше массы второй жидкости, если после установления теплового равновесия, температура первой жидкости поднялась на $2/5$ от начальной разности температур жидкостей? Теплоемкостью сосудов пренебречь.

Возможное решение и разбалловка.

Условие	Баллы
Записаны уравнения для расчета количеств теплоты: $Q_1 = c_1 m_1 (T - T_1)$ (1), полученного в результате теплообмена жидкостью, массой m_1 и $Q_2 = c_2 m_2 (T_2 - T)$ (2), отданного в результате теплообмена жидкостью, массой m_2 , где T – температура, установившаяся в процессе теплообмена.	5
Записано уравнение теплового баланса: $c_1 m_1 (T - T_1) = c_2 m_2 (T_2 - T)$ (3).	2
С учетом условия задачи: $T - T_1 = \frac{2}{5} (T_2 - T_1)$ (4), решена система, содержащая уравнения (3) и (4) относительно искомой величины. Получен ответ: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{3c_2}{2c_1}$.	8
Всего 15	

Задача 3. Три сопротивления $R_1 = R_2 = R_3 = 10$ Ом соединены параллельно и подключены к источнику постоянного тока с ЭДС $\varepsilon = 8$ В и внутренним сопротивлением $r = 3$ Ом. Какой заряд q будет на конденсаторе, емкость которого $C = 10^{-6}$ Ф, если его подключить последовательно с одним из сопротивлений?

Возможное решение и разбалловка.

Предположим, что конденсатор подключен последовательно сопротивлению R_1 .

Условие	Баллы
Записано выражение для определения величины силы тока, протекающего в замкнутой цепи с учетом того, что ток через конденсатор и через сопротивление R_1 не течет: $I = \frac{\varepsilon}{R + r} = 1(\text{Ом})$, где $R = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 5(\text{Ом})$ - общее сопротивление соединенных параллельно сопротивлений R_2 и R_3 .	10
Записано выражение для определения величины напряжения на конденсаторе с учетом того, что одинаковый ток $\frac{I}{2}$ течет через сопротивления R_2 и R_3 , а конденсатор соединен параллельно с данными сопротивлениями $U_{R_2} = U_{R_3} = U_C = \frac{I}{2} R_2 = 0.5 \cdot 10 = 5(\text{В})$.	3
Определен ответ задачи $q = CU_C = 5 \cdot 10^{-6}(\text{Кл})$.	2
	Всего 15

Задача 4. На поверхности стола лежит книга размером $a \times a$. Определите вес книги, если наименьшая работа, необходимая для того, чтобы раскрыть книгу на ее середине, равна A .

Возможное решение и разбалловка.

Условие	Баллы
Записано выражение для определения минимальной работы, необходимой для раскрытия книги посередине. $A = \frac{m}{2} \cdot g \cdot \frac{a}{2} (1)$.	3
Из выражения (1) найден ответ задачи: $m = \frac{4A}{g \cdot a}$.	2
	Всего 5

Задача 5. Пуля массой m , летящая горизонтально со скоростью V_0 , попадает в центр грани пенопластового куба массой M , покоящегося на гладкой горизонтальной поверхности и пробивает его насквозь, вылетая со скоростью V_1 . Определите среднюю силу, действующую на пулю в процессе ее движения в пенопласте. Длина ребра куба равна a .

Возможное решение и разбалловка.

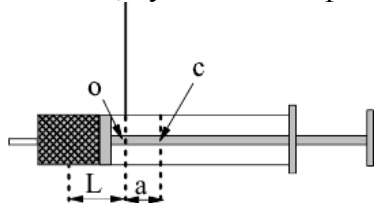
Условие	Баллы
Записаны уравнения законов сохранения импульса и энергии для процесса взаимодействия пули и куба: $m \cdot V_0 = m \cdot V_1 + M \cdot u$ (1), $\frac{m \cdot V_0^2}{2} = \frac{m V_1^2}{2} + \frac{M u^2}{2} + Q$ (2), где u – скорость куба, Q – количество теплоты, выделившееся при прохождении пули в кубе.	10
Количество теплоты Q связано с работой силы трения: $Q = F_{\text{тр}} \cdot a$ (3).	3
Решена система уравнений (1) – (3), и найден ответ задачи $F_{\text{тр}} = \frac{m}{2a} \left[(V_0^2 - V_1^2) - \frac{m}{M} (V_0 - V_1)^2 \right]$.	7
	Всего 20

Задача 6. Взвешивание шприца.

Задание: 1). Определите массу шприца. 2). Определите массу штока с поршнем (двигающаяся часть шприца).

Примечание: плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Оборудование: одноразовый шприц 5 мл (без иглы), стаканчик с водой, нитка длиной до 1 м, ножницы, бумажная салфетка для удаления случайно пролитой воды).



Возможное решение и разбалловка

Условие	Баллы
Предложен метод экспериментального определения искомых величин. (Не обязательно, совпадающий с предложенным в качестве возможного решения).	5
Записано правило моментов, для определения массы шприца, и определена масса шприца.	5
Выполнены измерения, и определена масса штока.	7
Оценены абсолютная и относительная погрешности измерений, и записан ответ. Полученные значения могут несколько отличаться от предложенных в решении, в зависимости от завода-изготовителя шприца. Желательно (но не обязательно) предварительно на весах определить массы шприца и штока.	3
	Всего 20

Используем шприц в качестве рычага. Набираем в шприц воду объемом примерно $V_b = 3,2 \text{ мл}$. Привязываем к шприцу нить. Изменяя положение нити (передвигая точку подвеса вдоль шприца), находим положение равновесия (при котором ось штока будет горизонтальна (см. рис), для которого будет выполняться правило моментов:

$$\rho \cdot V_b \cdot g \cdot L = m_{\text{ш}} \cdot g \cdot a, \quad m_{\text{ш}} \approx \frac{L}{a} \cdot 3(\text{г}), \quad (1)$$

где L - расстояние от точки (линии) подвеса до середины водного столба, измеренное по делениям шкалы шприца, $m_{\text{ш}}$ – масса шприца, a - расстояние от точки пересечения линии подвеса и оси штока (точка o) до центра тяжести шприца. Для определения положения центра тяжести шприца (точка c) выливаем воду из шприца, устанавливаем поршень штока в то же положение (3,2 мл), и, перемещая точку подвеса, находим положение равновесия, при котором ось штока будет горизонтальна. Примерное значение $L = 9 \pm 0.5 \text{ дел.}$, $a = 7 \pm 0.5 \text{ дел.}$. Тогда

масса шприца $m_{\text{ш}} \approx \frac{9}{7} \cdot 3 = 4.1(\text{г})$. Оценим ошибку измерения

$$\Delta m_{\text{ш}} = 4.1 \left(\frac{0.5}{7} + \frac{0.5}{9} + \frac{0.2}{3} \right) \approx 0.8(\text{г}). \quad \text{Окончательный результат} \quad \Delta m_{\text{ш}} = 4.1 \pm 0.8(\text{г}),$$

$$\varepsilon_m = \frac{0.8}{4.1} \cdot 100\% = 20\%.$$

Для ответа на второй пункт задания, решим предварительно задачу: Два тела массами m_1 и m_2 образуют замкнутую систему. На сколько сместится центр тяжести системы, при смещении тела массой m_2 на малое расстояние x относительно тела массой m_1 вдоль линии, соединяющей данные тела? Пусть L_1 и L_2 – расстояния от центра тяжести системы до центра тяжести каждого из тел, тогда правило моментов относительно центра тяжести системы $m_1 \cdot g \cdot L_1 = m_2 \cdot g \cdot L_2$ (1). Пусть Δx - смещение центра тяжести системы, тогда $m_1 \cdot g \cdot (L_1 + \Delta x) = m_2 \cdot g \cdot (L_2 + x - \Delta x)$ (2).

Раскрывая скобки в выражении (2) и используя выражение (1), получаем: $(m_1 + m_2) \cdot \Delta x = m_2 x$. Выдвигаем шток на максимальное значение и находим положение центра тяжести, которое, как оказалось, выходит за пределы шкалы, т.е. данное положение недоступно для измерений. Вдвигаем шток в шприц до тех пор, пока положение центра тяжести шприца не окажется у максимального значения объема, т.е. у деления $V_0 = 5$ мл. При этом под поршнем окажется объем V_1 . Продолжаем перемещать шток шприца до тех пор, пока под поршнем не останется свободного места, т.е. когда поршень, окажется на нулевой отметке шкалы. При этом новая точка положения центра тяжести будет соответствовать значению объема V_2 . Так как шкала, нанесенная на шприц – линейная с равномерным расположением делений, то отношение объемов будет равно отношению величин смещений поршня, тогда $m_{\text{штока}} = \frac{V_0 - V_2}{V_1} \cdot m_{\text{ш}} \cdot$

Результаты измерений $V_1 = 3.2 \pm 0.1 \text{ мл}$, $V_2 = 3.4 \pm 0.1 \text{ мл}$. Масса штока

$$m_{\text{штока}} = \frac{5 - 3.4}{3.2} \cdot 4.1 = 2.1 (\text{г}). \quad \text{Оценим ошибку измерения}$$

$$\Delta m_{\text{штока}} = 2.1 \left(\frac{0.1}{3.2} + \frac{0.1 + 0.1}{5 - 3.4} + \frac{0.8}{4.1} \right) \approx 0.7 (\text{г}). \text{ Окончательный результат } \Delta m_{\text{штока}} = 2.1 \pm 0.7 (\text{г}),$$

$$\varepsilon_m = \frac{0.7}{2.1} \cdot 100\% = 34\%.$$

**Критерии оценки выполнения заданий
II этапа республиканской олимпиады
по физике в 2023/2024 учебном году**

Примечания:

1. Указанные в таблице баллы носят скорее рекомендательный, а не обязательный характер для членов жюри.
2. За оригинальное решение задачи (менее трудоемкое, чем предложенное составителем и при этом корректное) могут быть добавлены баллы. Также баллы не снижаются за корректное решение задачи способом, отличным от предложенного составителем.
3. Порядок решения задач – произвольный.
4. Максимальное количество баллов за все задачи – **90** баллов, включая **70** баллов за задачи теоретического тура и **20** баллов за решение экспериментального задания.