

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2025 – 2026 учебный год

9 класс

Возможные решения и критерии

1. В сосуд налита ртуть плотности $\rho_{\text{рт}}$. Поверх ртути налито масло плотности $\rho_{\text{м}}$. Жидкости не перемешиваются. Определить плотность материала шара $\rho_{\text{ш}}$, плавающего так, что n -я часть его объема находится в ртути, а остальная часть шара полностью находится в слое масла.

Возможное решение и критерии.

Запишем условие плавания (равновесия) тела на границе двух не перемешивающихся жидкостей (сила тяжести шара уравнивается силой Архимеда): $\rho_{\text{ш}} V g = \rho_{\text{рт}} n V g + \rho_{\text{м}} (1 - n) V g$.

Сокращая $V g$, получим искомым ответ.

Ответ: $\rho_{\text{ш}} = \rho_{\text{рт}} n + \rho_{\text{м}} (1 - n)$.

Критерии

№	Критерий	Баллы
1	Записано условие плавания тела	5
2	Правильное решение и получение правильного ответа.	5
Всего		10

2. В лаборатории есть два куска медной проволоки одинакового поперечного сечения. Если два этих куска соединить параллельно и подключить к идеальному источнику постоянного напряжения, то выделяющаяся в цепи мощность будет в 4,9 раза больше, чем если те же куска проволоки соединить последовательно и подсоединить к тому же источнику. Найдите отношение длин этих кусков проволоки.

Возможное решение и критерии.

Пусть сопротивление первого куска равно R , а второго — xR . Сопротивление последовательно соединённых кусков равно $R + xR = (1 + x)R$, а сопротивление при параллельном соединении равно

$$\frac{R \cdot xR}{R + xR} = \frac{x}{1 + x} R.$$

При постоянном напряжении источника, выделяющаяся мощность обратно пропорциональна сопротивлению нагрузки:

$$(1 + x)R = 4,9 \frac{x}{1 + x} R \Leftrightarrow x^2 - 2,9x + 1 = 0.$$

Решая получившееся квадратное уравнение, находим $x_1 = \frac{5}{2}$ и $x_2 = \frac{2}{5}$. То есть сопротивление одного куска в 2,5 раза больше сопротивления второго. У кусков проволоки из одного и того же материала одинакового сечения отношение сопротивлений равно отношению длин, поэтому длина одного куска в 2,5 раза больше длины другого.

Ответ: длина одного куска в 2,5 раза больше длины другого.

Критерии

№	Критерий	Баллы
1	Правильно записано общее сопротивление при последовательном соединении кусков проволоки	2
2	Правильно записано общее сопротивление при параллельном соединении кусков проволоки	2

3	Правильно записано условие задачи для мощности, выделяющейся в цепи	2
4	Правильно решено полученное уравнение	2
5	Сделан правильный вывод и записан ответ	2
Всего		10

3. От вокзала отходит поезд. Нумерация вагонов – от «головы» поезда. В момент начала движения дежурная по вокзалу находилась на перроне у начала первого вагона. Время, за которое мимо дежурной прошли вагоны, начиная от номера k до номера n (включительно) равно t_0 . Определить за сколько времени t мимо дежурной пройдет весь поезд, в котором N вагонов. Движение поезда считать равноускоренным. Решить задачу при $k = 4$, $n = 9$ и $N = 36$, $t_0 = 15$ с.

Возможное решение и критерии

Пусть длина вагона ℓ , ускорение поезда a .

Так как равноускоренное движение без начальной скорости, то время движения k , n и N вагонов может быть найдено:

$$t_k = \sqrt{\frac{2k\ell}{a}}; t_n = \sqrt{\frac{2n\ell}{a}}; t_N = \sqrt{\frac{2N\ell}{a}}.$$

По условию задачи: $t_0 = t_n - t_k = \sqrt{\frac{2\ell}{a}}(\sqrt{n} - \sqrt{k})$, значит искомое время: $t = \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{n} - \sqrt{k}} \cdot t_0$

Подставляя численные значения: $t = 90$ с.

Ответ: $t = \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{n} - \sqrt{k}} \cdot t_0$; 90 с.

Критерии

№	Критерий	Баллы
1	Обосновано получено выражение для t_k	1
2	Обосновано получено выражение для t_n	1
3	Обосновано получено выражение для t_N	1
4	Обосновано получено выражение для t_0	3
5	получено выражение для t	2
6	Подставлены числовые значения и получен правильный численный ответ.	2
Всего		10

Если задача правильно решена сразу с численными значениями (без рассуждений в общем виде) – 6 баллов

4. В трёх одинаковых калориметрах находятся одинаковые порции масла, которые имеют одинаковую температуру. Подвешенный на нити нагретый металлический цилиндр опускают в первый калориметр и после установления теплового равновесия температура масла в нём увеличилась на 20°C . Затем этот цилиндр перемещают из первого калориметра во второй, и после установления теплового равновесия температура масла в нём увеличивается на 5°C . После этого указанный цилиндр переносят из второго калориметра в третий. Потерями теплоты в окружающую среду, теплоёмкостью калориметров, а также прилипанием масла к цилиндру можно пренебречь.

- 1) На сколько градусов Цельсия повысится температура в третьем калориметре после установления теплового равновесия?
- 2) На сколько градусов Цельсия повысится установившаяся температура цилиндра, если после всех проделанных процедур перелить масло из первых двух калориметров в третий, в котором уже находится цилиндр?

Возможные решения и критерии

- 1) Пусть m_k - масса масла в калориметрах, m_c - масса цилиндра. t_{0m} - начальная температура масла в калориметрах, t_{0c} - начальная температура цилиндра
Уравнение теплового баланса для первого калориметра после погружения в него цилиндра:

$c_c m_c (t_1 - t_{0c}) + c_m m_k (t_1 - t_{0m}) = 0$, где t_1 - температура масла и цилиндра в первом калориметре после установления теплового равновесия, c_c и c_m - удельные теплоёмкости цилиндра и масла соответственно. По условию: $(t_1 - t_{0m}) = 20^\circ\text{C}$

Уравнение теплового баланса для второго калориметра после погружения в него цилиндра:

$c_c m_c (t_2 - t_1) + c_m m_k (t_2 - t_{0m}) = 0$, где t_2 - температура масла и цилиндра во втором калориметре после установления теплового равновесия. По условию: $(t_2 - t_{0m}) = 5^\circ\text{C}$.

Уравнение теплового баланса для третьего калориметра после погружения в него цилиндра:

$c_c m_c (t_3 - t_2) + c_m m_k (t_3 - t_{0m}) = 0$, где t_3 - температура масла и цилиндра во втором калориметре после установления теплового равновесия. По условию задачи требуется вычислить $(t_3 - t_{0m}) = X$.

Пусть теплоёмкость масла и цилиндра: $C_m = c_m m_k$ и $C_c = c_c m_c$. Тогда учитывая условия задачи, имеем:

$$C_c (t_1 - t_{0c}) + C_m 20 = 0$$

$$C_c (t_2 - t_1) + C_m 5 = 0, \quad C_c (t_2 - t_1) = -C_m 5$$

$$C_c (t_3 - t_2) + C_m X = 0, \quad C_c (t_3 - t_2) = -C_m X$$

$$t_2 - t_1 = t_2 - t_{0m} + t_{0m} - t_1 = 5 - 20 = -15$$

$$t_3 - t_2 = t_3 - t_{0m} + t_{0m} - t_2 = X - 5$$

$$C_c (-15) = -C_m 5, \quad 3C_c = C_m,$$

$$C_c (X - 5) = -C_m X$$

Разделив одно уравнение на другое, получим:

$$\frac{-15}{X - 5} = \frac{5}{X}$$

$$X = 1,25^{\circ}\text{C}.$$

2)

$$C_c(t_1 - t_{0c}) = -C_m 20$$

$$C_c(t_2 - t_1) = -C_m 5$$

$$C_c(t_3 - t_2) = -C_m \cdot 1,25$$

Если сложить эти три равенства, то:

$$C_c(t_3 - t_{0c}) = -C_m 26,25$$

$$(t_3 - t_{0c}) = -78,75$$

Запишем уравнение теплового баланса для ситуации 2):

Пусть t_4 – конечная температура, тогда

$$C_c(t_4 - t_{0c}) + 3C_m(t_4 - t_{0m}) = 0$$

$$t_4 - t_{0c} = t_4 - t_3 + t_3 - t_{0c} = Y - 78,75$$

Где $Y = t_4 - t_3$ – искомое значение

$$t_4 - t_{0m} = t_4 - t_3 + t_3 - t_{0m} = Y + X$$

$$Y - 78,75 = -9(Y + 1,25)$$

$$10Y = 67,5$$

$$Y = 6,75^{\circ}\text{C}$$

Ответ: 1) $1,25^{\circ}\text{C}$; 2) $6,75^{\circ}\text{C}$.

Критерии

№	Критерий	Баллы
1	1) Записано уравнение теплового баланса для первого калориметра.	1
2	1) Записано уравнение теплового баланса для второго калориметра.	1
3	1) Записано уравнение теплового баланса для третьего калориметра.	1
4	Правильное решение и получение правильного ответа в п. 1)	2
5	Записано уравнение теплового баланса в п. 2)	2
6	Правильное решение и получение верного ответа в п. 2)	3
Всего		10

5. Оценить давление, которое вы оказываете ручкой на бумагу. Считать силу давления ручки на бумагу равной 1 Н.

Возможное решение и критерии.

В соответствии с определением $P = \frac{F}{S}$.

Оценить площадь опоры можно оценить по ширине линии проводимой шариковой ручкой. Клеточка на листке имеет стандартные значения – 5 мм. Ручкой в ней возможно провести ≈ 10 линий. Таким образом площадь опоры может быть оценена как $\approx (5 \cdot 10^{-4} \text{ м})^2 = 25 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$.

Таким образом искомое давление может быть оценено как $\approx 10^6 - 10^7$ Па.

Критерии

<i>№</i>	<i>Критерий</i>	<i>Баллы</i>
<i>1</i>	<i>Знание формулы давления</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>Проведена практическая оценка площади опоры с использованием метода рядов.</i>	<i>5</i>
<i>3</i>	<i>Вычисление давления. (отличие в десять раз не считать существенным).</i>	<i>4</i>
<i>Всего</i>		<i>10</i>