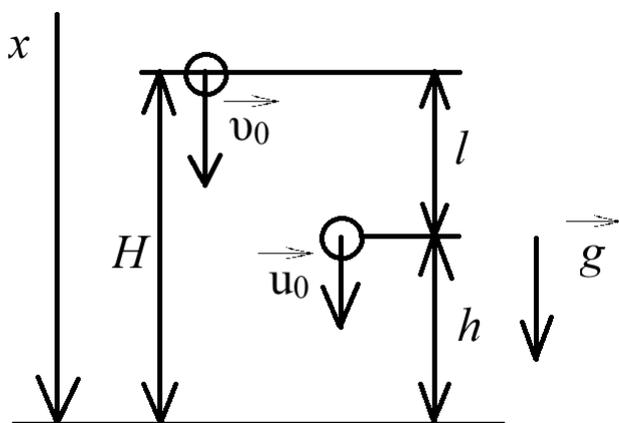


Пермский край
2023-24 учебный год
**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС**

Критерии оценивания

Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. (10 баллов)



Проекция перемещения камня, сброшенного с высоты H : $H = v_0 t_1 + \frac{gt_1^2}{2} = \frac{gt_1^2}{2}$,
т.к. $v_0 = 0$ м/с, где t_1 – время падения первого камня. Тогда время t_1 :
 $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45}{10}} = 3$ с

Пусть h – высота, с которой сбросили второй камень. Тогда проекция перемещения второго камня: $h = u_0 t_2 + \frac{gt_2^2}{2}$, где t_2 – время падения второго камня.

l – расстояние, которое пройдет первый камень за время τ :
 $l = H - h = v_0 \tau + \frac{g\tau^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2}$;

Время $t_2 = t_1 - \tau$;

Система уравнений

$$H = \frac{gt_1^2}{2}; (1)$$

$$h = u_0 t_2 + \frac{gt_2^2}{2}; (2)$$

$$H - h = \frac{g\tau^2}{2}; (3)$$

$$t_2 = t_1 - \tau; (4)$$

$$(1), (2) \rightarrow (3)$$

$$\frac{gt_1^2}{2} - u_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2}; (5)$$

$$(4) \rightarrow (5)$$

$$\frac{gt_1^2}{2} - u_0(t_1 - \tau) - \frac{g(t_1 - \tau)^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2}; (6)$$

Подставив значения в (6):

$$\frac{10 \cdot 3^2}{2} - 15(3 - \tau) - \frac{10(3 - \tau)^2}{2} = \frac{10\tau^2}{2} \Rightarrow 2\tau^2 - 9\tau + 9 = 0$$

Решив квадратное уравнение: $\tau_1 = 1,5$ с и $\tau_2 = 3$ с. τ_2 – не корень, так как время падения первого камня на землю с высоты H : $t_1 = 3$ с.

Ответ: $\tau = 1,5$ с.

Критерии оценивания:

2 балла – правильно найдено время t_1 ;

2 балла – правильно записаны уравнения (1) и (2), по одному баллу за каждое уравнение;

2 балла – получено уравнение (6);

2 балла – произведена подстановка величин в (6) и представлено решение квадратного уравнения;

1 балл – обоснован выбор корня уравнения;

1 балл – получен правильный ответ.

Задание 2. (10 баллов)

Атмосферное давление у подножья горы:
 $p_0 = \rho gh_0 = 13600 * 10 * 0,78 = 106080 \text{ Па}$, где h_0 – высота в мм.рт.ст у подножья горы.

Атмосферное давление на высоте H : $p = \rho gh = 13600 * 10 * 0,66 = 89760 \text{ Па}$, где h – высота в мм.рт.ст на высоте H .

Разница давлений:

$$p - p_0 = 106080 - 89760 = 16320 \text{ Па}$$

Температура кипения воды на высоте H :

$$t_2 = 100^\circ\text{C} - \frac{16320}{300} * 0,35 = 80,96^\circ\text{C}$$

Энергия, выделяемая при сжигании 1 спички:

$$Q_c = \frac{c_s m_0 \Delta t}{14} = \frac{4200 * 0,4 * 1}{14} = 120 \text{ Дж}$$

Энергия, необходимая для кипячения воды в котле группе, находящейся у подножья:

$$Q_1 = c_s m_s (t_1 - t) + c_a m_a (t_1 - t) = (t_1 - t)(c_s \rho_s V + c_a m_a) = (100 - 16)(4200 * 10^3 * 7 * 10^{-3} + 900 * 1,5) = 84 * (29400 + 1350) = 2583000 \text{ Дж}$$

Энергия, необходимая для кипячения воды в котле группе, находящейся на высоте H :

$$Q_2 = c_s m_s (t_2 - t) + c_a m_a (t_2 - t) = (t_2 - t)(c_s \rho_s V + c_a m_a) = (80,96 - 16)(4200 * 10^3 * 7 * 10^{-3} + 900 * 1,5) = 64,96 * (29400 + 1350) = 1997520 \text{ Дж}$$

Количество спичек, необходимых 1 группе:

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_c} = \frac{2583000}{120} = 21525 \text{ штук}$$

Количество спичек, необходимых 2 группе:

$$N_2 = \frac{Q_2}{Q_c} = \frac{1997520}{120} = 16646 \text{ штук}$$

Разница спичек:

$$N_1 - N_2 = 21525 - 16646 = 4879 \text{ штук}$$

Ответ: $N_1 - N_2 = 4879$ штук

Критерии оценивания:

2 балла – найдено давление на высоте H в Па, используя график и формулу:

$$p = \rho gh;$$

2 балла – найдена температура кипения воды на высоте H ;

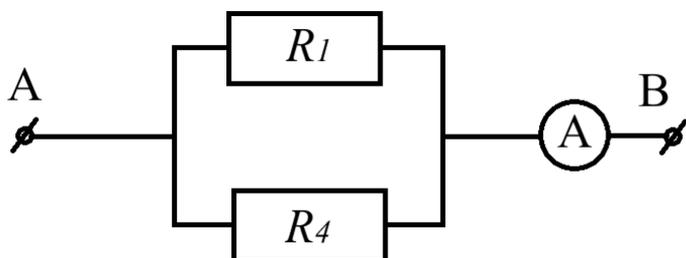
2 балла – найдена энергия, необходимая для кипячения воды в котле 1 группе;

2 балла – найдена энергия, необходимая для кипячения воды в котле 2 группе;

2 балла – получен правильный ответ.

Задание 3. (10 баллов)

Эквивалентная схема электрической цепи при замкнутом ключе K_2 :



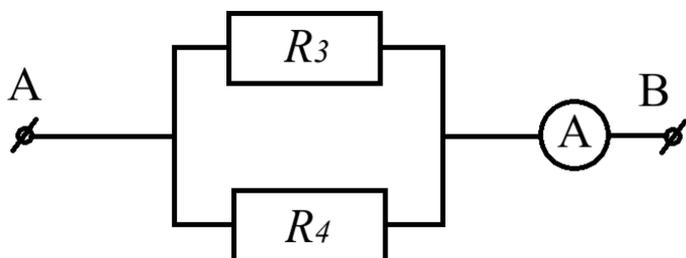
По правилу параллельного соединения проводников напряжение на верхней ветке U_{31} и напряжение на нижней ветке U_{32} равны общему напряжению $U = 12$ В.

По закону Ома для участка цепи для верхней ветки: $I_{31} = \frac{U_{31}}{R_1} = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{1} = 12A$

По правилу параллельного соединения проводников: $I_3 = I_{31} + I_{32}$; $I_{32} = I_3 - I_{31} = 15 - 12 = 3A$.

Сопротивление нижней ветки: $R_4 = \frac{U_{32}}{I_{32}} = \frac{U}{I_{32}} = \frac{12}{3} = 4\text{Ом}$

Эквивалентная схема электрической цепи при замкнутом ключе K_1 :



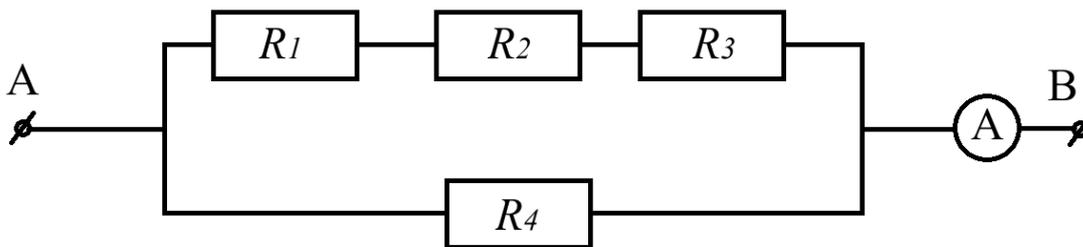
По правилу параллельного соединения проводников напряжение на верхней ветке U_{21} и напряжение на нижней ветке U_{22} равны общему напряжению $U = 12$ В.

По закону Ома для участка цепи для нижней ветки: $I_{22} = \frac{U_{22}}{R_4} = \frac{U}{R_4} = \frac{12}{4} = 3A$

По правилу параллельного соединения проводников: $I_2 = I_{21} + I_{22}$; $I_{21} = I_2 - I_{22} = 7 - 3 = 4A$.

Сопротивление верхней ветки: $R_3 = \frac{U_{21}}{I_{21}} = \frac{U}{I_{21}} = \frac{12}{4} = 3\text{Ом}$

Эквивалентная схема электрической цепи при замкнутых ключах K_1 и K_2 :



По правилу параллельного соединения проводников напряжение на верхней ветке U_{11} и напряжение на нижней ветке U_{12} равны общему напряжению $U = 12$ В.

По закону Ома для участка цепи для нижней ветки: $I_{12} = \frac{U_{12}}{R_4} = \frac{U}{R_4} = \frac{12}{4} = 3A$

По правилу параллельного соединения проводников: $I_1 = I_{11} + I_{12}$; $I_{11} = I_1 - I_{12} = 5 - 3 = 2A$.

По правилу последовательного соединения проводников сопротивление верхней ветки:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Общее сопротивление верхней ветки R : $R = \frac{U_{11}}{I_{11}} = \frac{U}{I_{11}} = \frac{12}{2} = 6 \text{ Ом}$

$$R_2 = R - R_1 - R_3 = 6 - 1 - 3 = 2 \text{ Ом.}$$

Ответ: $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$

Критерии оценивания:

3 балла – по 1 баллу за каждую правильно изображенную эквивалентную схему электрической цепи для каждого случая;

2 балла – правильно найдено сопротивление резистора R_2 ;

2 балла – правильно найдено сопротивление резистора R_3 ;

2 балла – правильно найдено сопротивление резистора R_4 ;

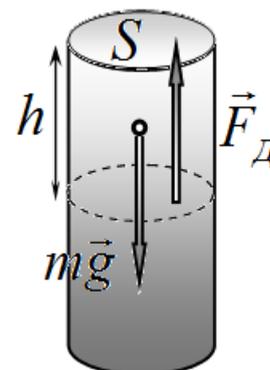
1 балл – записаны правила последовательного и параллельного соединения.

Задание 4. (10 баллов)

1. Рассмотрим цилиндрический столб жидкости высотой h , верхняя грань которого находится на поверхности. Так как этот столб находится в равновесии, то сила тяжести, действующая на этот столб, уравновешивается силой давления со стороны нижележащего слоя жидкости:

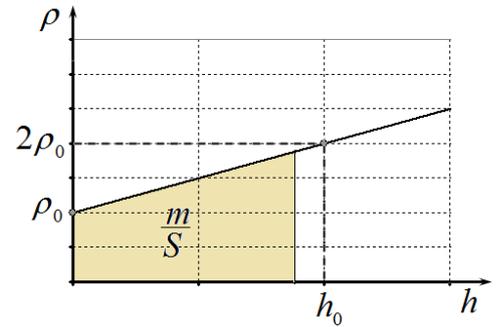
$$mg = PS \Rightarrow P = mg/S. \quad (1)$$

Здесь m – масса выделенного столба жидкости.



2. Следовательно, так как не известна масса данного столба жидкости, плотность которого изменяется с высотой, то можно оценить зависимость $\rho(h)$ и, как следствие, найти m/S как площадь под графиком зависимости $\rho(h)$.

При $h=0$ плотность равна ρ_0 , а при глубине h плотность $\rho = \rho_0 \left(1 + \frac{h}{h_0}\right)$. Значит, по определению площадь под графиком есть произведение полусуммы оснований на высоту, а, следовательно:



$$m/S = \frac{\rho_0 + \rho_0 \left(1 + \frac{h}{h_0}\right)}{2} h. \quad (2)$$

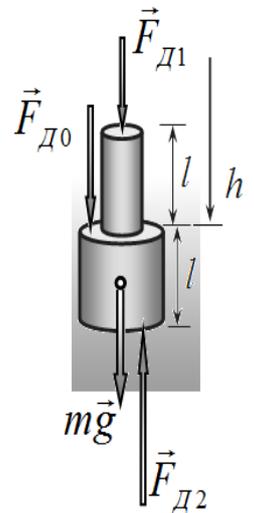
Исходя из графика и учитывая (1) и (2) получим выражение для зависимости давления от глубины:

$$P(h) = \frac{m}{S} g = \frac{\rho_0 + \rho_0 \left(1 + \frac{h}{h_0}\right)}{2} hg = \rho_0 gh \left(1 + \frac{h}{2h_0}\right) \quad (3)$$

3. Для описанного тела условие его равновесия имеет вид (см. рис.):

$$m_1 g = F_{Д2} - F_{Д0} - F_{Д1}. \quad (4)$$

Воспользуемся формулой для давления на разных глубинах, а также формулой для массы тела, в результате получим уравнение:



$$m_1 = \rho_1 (\pi R^2 l + 4\pi R^2 l) \Rightarrow$$

$$\frac{3}{2} \rho_0 g (\pi R^2 l + 4\pi R^2 l) = (4\pi R^2 \cdot P_{Д2} - 3\pi R^2 \cdot P_{Д0} - \pi R^2 \cdot P_{Д1}) \Rightarrow$$

$$\frac{15}{2} \rho_0 gl = 4P_{Д2} - 3P_{Д0} - P_{Д1}$$

С учетом зависимости (3) для разных глубин получаем эквивалентные давления. После подстановки в (5) получим:

$$\begin{aligned} \frac{15}{2} \rho_0 g l &= \rho_0 g \left(4(h+l) \left(1 + \frac{h+l}{2h_0} \right) - 3h \left(1 + \frac{h}{2h_0} \right) - (h-l) \left(1 + \frac{h-l}{2h_0} \right) \right) \Rightarrow \\ \frac{15}{2} l &= 4(h+l) - 3h - (h-l) + \frac{4(h+l)^2 - 3h^2 - (h-l)^2}{2h_0} \Rightarrow \\ \frac{15}{2} l &= 5l + \frac{8hl + 4l^2 + 2hl - l^2}{2h_0} \Rightarrow \\ \frac{5}{2} l &= \frac{10hl + 3l^2}{2h_0} \end{aligned} \quad (5)$$

В итоге получаем следующее уравнение для глубины погружения центра тела:

$$h = \frac{5h_0 - 3l}{10} = \frac{h_0}{2} - \frac{3}{10} l. \quad (6)$$

Критерии оценивания:

- 1 балл – получено выражение для давления (1);
- 1 балл – проанализирована зависимость плотности жидкости от глубины;
- 1 балл – получено значение для m/S (2);
- 2 балла – определена зависимость давления от глубины (3);
- 2 балла – получено условие равновесия (4);
- 2 балла – проведены верные математические расчеты (5);
- 1 балл – получено правильное выражение для h (6).

Задание 5. (10 баллов)

График полученной зависимости показан на рисунке 1.

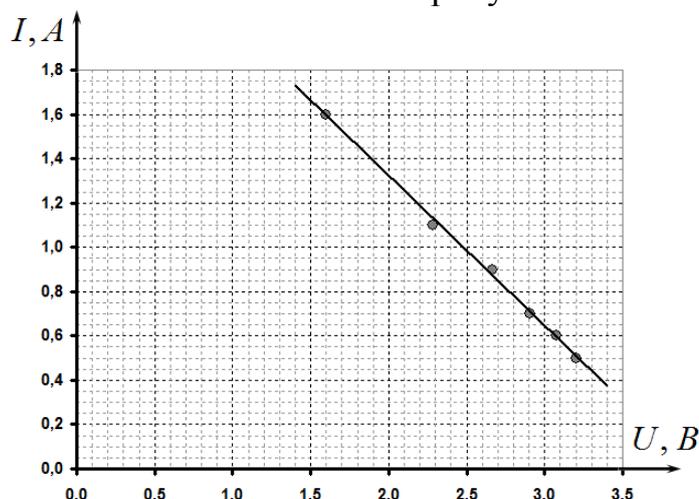


Рис. 1.

Ошибка Степана в том, что сила тока пропорциональна напряжению при постоянном сопротивлении! А в данном случае сопротивление изменяется, и закон Ома не выполняется.

График зависимости I^{-1} от сопротивления показан на рисунке 2.

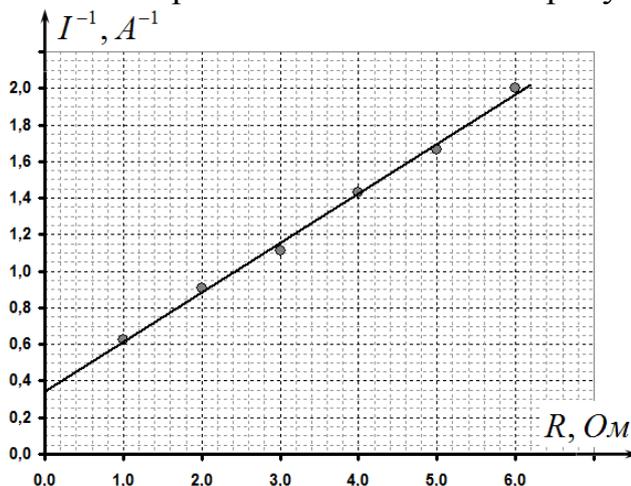


Рис. 2.

Однако этот график не подтверждает закон Ома! Так как по закону Ома данная зависимость должна иметь вид:

$$\frac{1}{I} = \frac{1}{U} R. \quad (1)$$

При $R=0$ Ом величина $\frac{1}{I} = 0$. При постоянном напряжении между данными величинами должна существовать прямо пропорциональная зависимость – прямая должна проходить через начало координат, чего не наблюдается по измерениям Степана.

Полученные результаты однозначно указывают, что не учтена какая-то величина. В данном случае амперметр обладает заметным сопротивлением. Поэтому имеет смысл построить зависимость силы тока через амперметр от напряжения на нем. Напряжение на амперметре равно разности между напряжением источника $U_0 = 4,0$ В и измеренным напряжением на резисторе:

$$U_A = U_0 - U. \quad (2)$$

Расчет этих величин приведен в таблице 2, а соответствующий график показан на рис. 3.

Таблица 2.

$R, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$	$I, \text{ А}$	$U_A, \text{ В}$
1.0	1.600	1.6	2.400
2.0	2.286	1.1	1.714
3.0	2.667	0.9	1.333
4.0	2.909	0.7	1.091
5.0	3.077	0.6	0.923
6.0	3.200	0.5	0.800

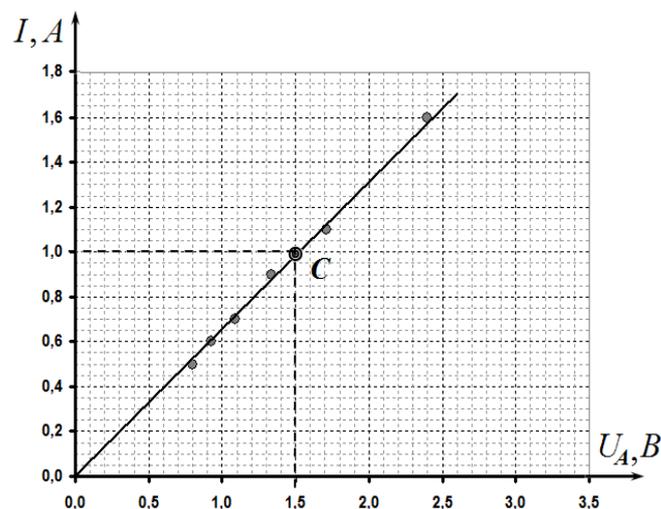


Рис. 3.

Сопротивление амперметра точнее всего можно найти по графику рисунок 3. Следует выбрать некоторую точку на сглаживающей прямой (на рисунке она обозначена, как C) и ее координатам определить:

$$R_A = \frac{U_A}{I} \approx 1.5 \text{ Ом.} \quad (3)$$

Критерии оценивания:

2 балла – корректно (подписаны оси, корректно подобран масштаб, обозначено начало координат) построен график зависимости $I(U)$;

2 балла – корректно (подписаны оси, корректно подобран масштаб, обозначено начало координат) построен график зависимости $\frac{1}{I}(R)$;

2 балла – верно определена причина расхождения экспериментальной зависимости $\frac{1}{I}(R)$ с теорией в виду наличия существенного сопротивления на амперметре;

2 балла – верно определено равенство (2) и произведена оценка значения U_A ;

1 балл – построен график зависимости $I(U_A)$;

1 балл – получено верное значение R_A (с точностью 10%).