

**Олимпиада школьников**  
**«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике**  
**Заключительный тур (2014/2015 уч.г.)**

**Задания, ключи и критерии оценивания**

**9 класс**

**Вариант № 1.**

**Задание 1 (15 баллов):** Материальная точка, масса которой 2 кг, имела начальную скорость  $v_0 = 3$  м/с. Она остановилась в результате равноускоренного торможения. Найдите её кинетическую энергию на половине пути.

**Решение:**

*Путь зависит от начальной скорости:*

$$S = \frac{v_0^2}{2a} \quad (2 \text{ балла})$$

*На половине пути:*

$$\frac{S}{2} = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} \quad (3 \text{ балла})$$

*Получаем, что:*

$$\frac{v_0^2}{2 \cdot 2a} = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} \quad (5 \text{ баллов})$$

$$\text{В результате: } v^2 = \frac{v_0^2}{2} = \frac{3^2}{2} = 4,5$$

*Следовательно, кинетическая энергия:*

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{2 \cdot 4,5}{2} = 4,5 \text{ Дж} \quad (5 \text{ баллов})$$

**Задание 2 (25 баллов):** Искусственный спутник Земли вращается по круговой орбите над экватором. Направление его вращения совпадает с направлением вращения Земли. Найдите отношение радиуса орбиты спутника к радиусу Земли, при котором спутник периодически проходит над точкой запуска ровно через двое суток.

**Решение:**

*Так как угловая скорость спутника  $\omega_c$  может быть и больше, и меньше угловой скорости Земли  $\omega_3$ , возможны два решения задачи.*

1) Пусть  $\omega_c > \omega_3$ , тогда

$$(\omega_c - \omega_3) = \frac{2\pi}{2T_3} \quad (3 \text{ балла})$$

где  $T_3$  – период обращения Земли вокруг своей оси (одни сутки).

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

В результате:

$$\omega_c = \frac{3\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

Согласно второму закону Ньютона:

$$G \frac{m_c M_3}{r^2} = m_c \omega_c^2 r \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляя сюда выражение для  $\omega_c$  и зная, что:

$$g = G \frac{M_3}{r_3^2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\left(\frac{r}{r_3}\right)^3 = \frac{g T_3^2}{9\pi^2 r_3} \approx 130 \quad (3 \text{ балла})$$

$$\frac{r}{r_3} \approx 5 \quad (2 \text{ балла})$$

2) Пусть  $\omega_c < \omega_3$ , тогда

$$(\omega_3 - \omega_c) = \frac{2\pi}{2T_3} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\omega_c = \frac{\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

И в результате:

$$\left(\frac{r}{r_3}\right)^3 = \frac{g T_3^2}{\pi^2 r_3} \approx 1170 \quad (1 \text{ балл})$$

$$\frac{r}{r_3} \approx 10,5 \quad (1 \text{ балл})$$

**Задание 3 (20 баллов):** Плоская льдина плавает в воде, выступая над уровнем воды на  $H = 6$  см.

Человек массой  $m = 70$  кг зашёл на льдину. В результате высота, выступающей над водой части льдины, уменьшилась в  $n = 3$  раза. Найдите площадь льдины. Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

**Решение:**

Второй закон Ньютона для первоначальной ситуации:

$$F_a = Mg$$

$$\rho_{\text{в}} g V_{\text{п}} = Mg \quad (5 \text{ баллов})$$

где  $V_{\text{п}} = S(x - H)$  – объем погруженной в воду части льдины,  $x$  – высота всей льдины.

Второй закон Ньютона для ситуации, когда на льдине стоит человек:

$$F_a = Mg + mg$$

$$\rho_{\text{в}} g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = Mg + mg \quad (5 \text{ баллов})$$

В результате, выражая в одном уравнении силу тяжести льдины, и подставляя в другое, получаем:

$$\rho_B g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = \rho_B g S (x - H) + mg$$

$$\rho_B S H - \rho_B S \frac{H}{n} = m \quad (5 \text{ баллов})$$

Окончательный результат:

$$S = \frac{m}{\rho_B \left(H - \frac{H}{n}\right)} = \frac{70}{1000(0,06 - 0,02)} = 1,75 \text{ м}^2 \quad (5 \text{ баллов})$$

**Задание 4 (25 баллов):** В сосуд, содержащий  $m_1 = 15$  кг воды при температуре  $T_1 = 293$  К, вливают  $m_2 = 10$  кг расплавленного свинца, взятого при температуре плавления  $T_{\text{пл}} = 600$  К. При этом образовалось  $\Delta m_1 = 0,08$  кг пара. Какая установится температура  $T$  в сосуде? Температура кипения воды  $T_{\text{к}} = 373$  К, удельная теплоемкость воды  $c_1 = 4190$  Дж/(кг · К), удельная теплоемкость свинца  $c_2 = 130$  Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды  $r = 2,25 \cdot 10^6$  Дж/кг, удельная теплота плавления свинца  $\lambda = 30 \cdot 10^3$  Дж/кг. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

**Решение:**

Количество теплоты, отданное свинцом при его отвердевании и охлаждении от температуры отвердевания  $T_{\text{пл}}$  до температуры  $T$ , равно:

$$Q_1 = \lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное испарившейся водой, равно:

$$Q_2 = c_1 \Delta m_1 (T_{\text{к}} - T_1) + r \Delta m_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное неиспарившейся водой, равно:

$$Q_3 = c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

или

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) = c_1 \Delta m_1 (T_{\text{к}} - T_1) + r \Delta m_1 + c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

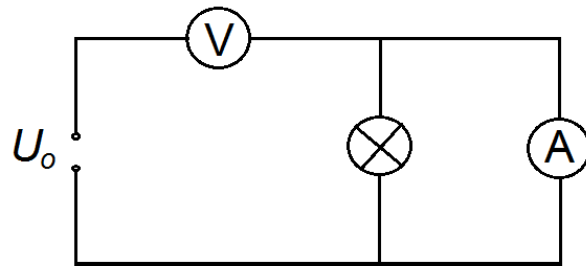
Решим это уравнение относительно  $T$  и получим

$$T = \frac{m_2 (\lambda + c_2 T_{\text{пл}}) + c_1 m_1 T_1 - \Delta m_1 (c_1 T_{\text{к}} + r)}{c_1 (m_1 - \Delta m_1) + c_2 m_2}$$

Подставим числовые значения величин и вычислим

$$T = \frac{10(30 \cdot 10^3 + 130 \cdot 600) + 4190 \cdot 15 \cdot 293 - 0,08(4190 \cdot 393 + 2,25 \cdot 10^6)}{4190(15 - 0,08) + 130 \cdot 10} \approx 301 \text{ (К)} \quad (5 \text{ баллов})$$

**Задание 5 (15 баллов):** Школьник, хотел собрать схему для измерения сопротивления лампочки, но при этом перепутал местами вольтметр и амперметр (см. рис.). Тем не менее, приборы выдали следующие показания: вольтметр – 11 В, а амперметр – 0,2 А. Найдите сопротивление лампочки, если сопротивление вольтметра 50 Ом, а напряжение источника равно  $U_0 = 12$  В.



**Решение:**

Напряжение на амперметре и лампе:

$$U_{\text{л}} = U_{\text{а}} = U_0 - U_V = 12 - 11 = 1 \text{ В} \quad (4 \text{ балла})$$

Ток, текущий через вольтметр:

$$I_V = \frac{U_V}{R_V} = \frac{11}{50} = 0,22 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Следовательно, ток, текущий через лампу:

$$I_{\text{л}} = I_V - I_{\text{а}} = 0,22 - 0,2 = 0,02 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Получаем, что сопротивление лампы:

$$R_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{I_{\text{л}}} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Ом} \quad (3 \text{ балла})$$

### Вариант №2.

**Задание 1 (15 баллов):** Материальная точка, масса которой 4 кг, остановилась в результате равноускоренного торможения. Её кинетическая энергия на половине пути равна  $E_{\text{к}} = 8$  Дж. Определите её начальную скорость.

**Решение:**

Кинетическая энергия:

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} \quad (3 \text{ балла})$$

Т.е. квадрат скорости точки на половине пути:

$$v^2 = \frac{2E}{m} = \frac{2 \cdot 8}{4} = 4 \quad (2 \text{ балла})$$

Путь зависит от начальной скорости:

$$S = \frac{v_0^2}{2a} \quad (2 \text{ балла})$$

На половине пути:

$$\frac{s}{2} = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a} \quad (3 \text{ балла})$$

Получаем, что:

$$\frac{v_0^2}{2 \cdot 2a} = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a} \quad (3 \text{ балла})$$

$$\text{В результате: } v_0^2 = 2v^2 = 2 \cdot 4 = 8$$

$$\text{Окончательный ответ: } v_0 \approx 2,8 \text{ м/с} \quad (2 \text{ балла})$$

**Задание 2 (20 баллов):** Искусственный спутник Земли запущен с экватора и вращается по круговой орбите против направления вращения Земли. Найдите отношение радиуса орбиты спутника к радиусу Земли, при котором спутник периодически проходит над точкой запуска два раза в сутки. Ускорение свободного падения на поверхности Земли  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , радиус Земли  $r_3 = 6400 \text{ км}$ , длительность суток 24 часа.

**Решение:**

Если спутник летает против вращения Земли, то:

$$(\omega_c + \omega_3) = \frac{2\pi \cdot 2}{T_3} \quad (3 \text{ балла})$$

где  $T_3$  – период обращения Земли вокруг своей оси (одни сутки).

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

В результате:

$$\omega_c = \frac{2\pi}{T_3} \quad (1 \text{ балл})$$

Согласно второму закону Ньютона:

$$G \frac{m_c M_3}{r^2} = m_c \omega_c^2 r \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляя сюда выражение для  $\omega_c$  и зная, что:

$$g = G \frac{M_3}{r_3^2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Получаем:

$$\left(\frac{r}{r_3}\right)^3 = \frac{g T_3^2}{4\pi^2 r_3} \approx 292,5 \quad (3 \text{ балла})$$

$$\frac{r}{r_3} \approx 6,6 \quad (2 \text{ балла})$$

**Задание 3 (20 баллов):** Плоская льдина плавает в воде, выступая над уровнем воды на  $H = 4 \text{ см}$ . Человек массой  $m = 80 \text{ кг}$  зашёл на льдину. В результате высота выступающей над водой части льдины уменьшилась в  $n = 2$  раза. Найдите площадь льдины. Плотность воды  $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение:**

Второй закон Ньютона для первоначальной ситуации:

$$F_a = Mg$$

$$\rho_B g V_{\Pi} = Mg \quad (5 \text{ баллов})$$

где  $V_{\Pi} = S(x - H)$  – объем погруженной в воду части льдины,  $x$  – высота всей льдины.

Второй закон Ньютона для ситуации, когда на льдине стоит человек:

$$F_a = Mg + mg$$

$$\rho_B g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = Mg + mg \quad (5 \text{ баллов})$$

В результате, выражая в одном уравнении силу тяжести льдины, и подставляя в другое, получаем:

$$\rho_B g S \left(x - \frac{H}{n}\right) = \rho_B g S(x - H) + mg$$

$$\rho_B S H - \rho_B S \frac{H}{n} = m \quad (5 \text{ баллов})$$

Окончательный результат:

$$S = \frac{m}{\rho_B \left(H - \frac{H}{n}\right)} = \frac{80}{1000(0,04 - 0,02)} = 4 \text{ м}^2 \quad (5 \text{ баллов})$$

**Задание 4 (25 баллов):** В сосуд, содержащий  $m_1 = 20$  кг воды при температуре  $T_1 = 298$  К, вливают  $m_2 = 15$  кг расплавленного свинца, взятого при температуре плавления  $T_{\text{пл}} = 600$  К. При этом образовалось  $\Delta m_1 = 0,1$  кг пара. Какая установится температура  $T$  в сосуде, после того как свинец отвердеет? Температура кипения воды  $T_k = 373$  К, удельная теплоемкость воды  $c_1 = 4190$  Дж/(кг · К), удельная теплоемкость свинца  $c_2 = 130$  Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования воды  $r = 2,25 \cdot 10^6$  Дж/кг, удельная теплота плавления свинца  $\lambda = 30 \cdot 10^3$  Дж/кг. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

**Решение:**

Количество теплоты, отданное свинцом при его отвердевании и охлаждении от температуры отвердевания  $T_{\text{пл}}$  до температуры  $T$ , равно

$$Q_1 = \lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное испарившейся водой, равно

$$Q_2 = c_1 \Delta m_1 (T_k - T_1) + r \Delta m_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество теплоты, полученное неиспарившейся водой, равно

$$Q_3 = c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

или

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{пл}} - T) = c_1 \Delta m_1 (T_k - T_1) + r \Delta m_1 + c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) \quad (5 \text{ баллов})$$

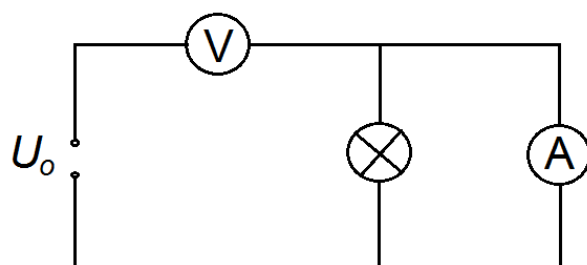
Решим это уравнение относительно  $T$  и получим

$$T = \frac{m_2(\lambda + c_2 T_{\text{пл}}) + c_1 m_1 T_1 - \Delta m_1 (c_1 T_k + r)}{c_1 (m_1 - \Delta m_1) + c_2 m_2}$$

Подставим числовые значения величин и вычислим

$$T = \frac{15(30 \cdot 10^3 + 130 \cdot 600) + 4190 \cdot 20 \cdot 298 - 0,1(4190 \cdot 393 + 2,25 \cdot 10^6)}{4190(20 - 0,1) + 130 \cdot 15} \approx 307 \text{ (К)} \quad (5 \text{ баллов})$$

**Задание 5 (20 баллов):** Школьник, хотел собрать схему для измерения сопротивления лампочки, но при этом перепутал местами вольтметр и амперметр (см. рис.). Тем не менее, приборы выдали следующие показания: вольтметр – 11 В, а амперметр – 0,2 А. Какими станут показания приборов, если их поменять в схеме местами.



Сопротивление вольтметра 50 Ом, а напряжение источника равно  $U_0 = 12 \text{ В}$ .

**Решение:**

Напряжение на амперметре и лампе:

$$U_{\text{л}} = U_{\text{а}} = U_0 - U_V = 12 - 11 = 1 \text{ В} \quad (4 \text{ балла})$$

Ток, текущий через вольтметр:

$$I_V = \frac{U_V}{R_V} = \frac{11}{50} = 0,22 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Следовательно, ток, текущий через лампу:

$$I_{\text{л}} = I_V - I_{\text{а}} = 0,22 - 0,2 = 0,02 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Получаем, что сопротивление лампы:

$$R_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{I_{\text{л}}} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Ом} \quad (3 \text{ балла})$$

Сопротивление амперметра:

$$R_{\text{а}} = \frac{U_{\text{а}}}{I_{\text{а}}} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ Ом} \quad (1 \text{ балл})$$

После того, как приборы поменять местами, общее сопротивление:

$$R_0 = R_{\text{а}} + \frac{R_V R_{\text{л}}}{R_V + R_{\text{л}}} = 5 + \frac{50 \cdot 50}{50 + 50} = 30 \text{ Ом} \quad (1 \text{ балл})$$

Сила тока в цепи, т.е. показание амперметра:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{12}{30} = \mathbf{0,4 \text{ A}}$$

**(1 балл)**

*Напряжение на амперметре:*

$$U_a = I_0 \cdot R_a = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ В}$$

**(1 балл)**

*Следовательно, новое показание вольтметра:*

$$U_V = U_0 - U_a = 12 - 2 = \mathbf{10 \text{ В}}$$

**(1 балл)**



Олимпиада «Звезда - Таланты на службе обороны и безопасности»  
ФИЗИКЕ  
2015

23 марта 2015 года

ПРОТОКОЛ № 1  
заседания жюри  
олимпиады «Звезда - Таланты на службе обороны и безопасности» по физике

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:** Воронцов А.Г., Герасимов В.К., Иголеви́ч И.А.

**СЛУШАЛИ:** о распределении баллов победителей и призеров олимпиады

**ПОСТАНОВИЛИ:**

**11 класс**

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 -95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 50 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 49 – 45 баллов.

**10 класс**

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 85 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 84 – 50 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 49 – 45 баллов.

**9 класс**

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 50 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 49 – 45 баллов.

Председатель жюри



Воронцов А.Г.