

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 ω_c может быть и больше, и меньше угловой скорости Земли ω_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 ω_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/м³.

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

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

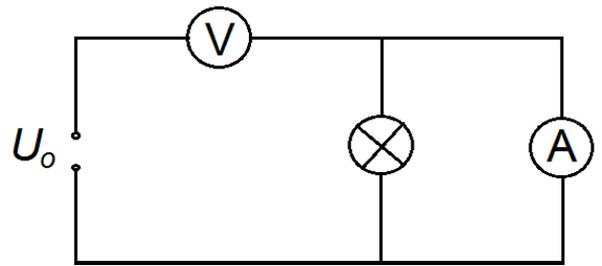
Решим это уравнение относительно T и получим

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

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 ω_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

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

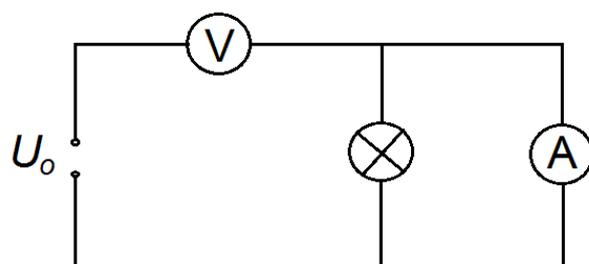
Решим это уравнение относительно T и получим

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

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:

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

Ток, текущий через вольтметр:

$$I_{\text{в}} = \frac{U_{\text{в}}}{R_{\text{в}}} = \frac{11}{50} = 0,22 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Следовательно, ток, текущий через лампу:

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

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:

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

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.