

Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
2014/2015уч.г.
9 класс



Вариант №1.

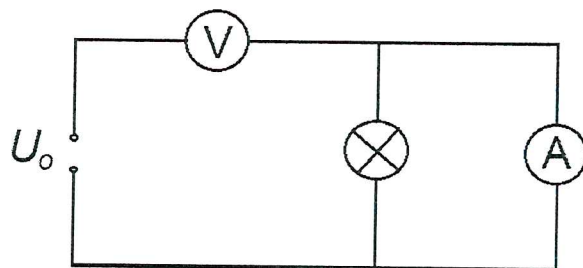
Задание 1 (15 баллов): Материальная точка, масса которой 2 кг , имела начальную скорость $v_0 = 3 \text{ м/с}$. Она остановилась в результате равноускоренного торможения. Найдите её кинетическую энергию на половине пути.

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. Ускорение свободного падения на поверхности Земли $g = 10 \text{ м/с}^2$, радиус Земли $r = 6400 \text{ км}$, длительность суток 24 часа .

Задание 3 (20 баллов): Плоская льдина плавает в воде, выступая над уровнем воды на $H = 6 \text{ см}$. Человек массой $m = 70 \text{ кг}$ зашёл на льдину. В результате высота выступающей над водой части льдины уменьшилась в $n = 3 \text{ раза}$. Найдите площадь льдины. Плотность воды $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$.

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

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 – $0,2 \text{ А}$. Найдите сопротивление лампочки, если сопротивление вольтметра 50 Ом , а напряжение источника равно $U_0 = 12 \text{ В}$.

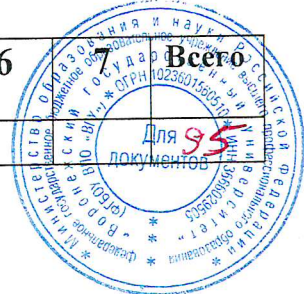




Олимпиада школьников
Звезда - таланты
на службе обороны
и безопасности

Шифр 36-09-05

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Баллы	15	20	20	25	15			95



Чистовик.
№1.

Решение:

Дано:

$m = 2 \text{ кг}$

$v_0 = 3 \text{ м/с}$

Найти: E_k

s - весь путь, v - скорость в конце пути ($v = 0 \text{ м/с}$)

$s' = \frac{1}{2} s$, v' - скорость на половине пути

Для равнозамедленного движения:

$$s = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2a}$$

$$s' = \frac{v_0^2 - v'^2}{2a}$$

$$s' = \frac{1}{2} s$$

$$\frac{v_0^2 - v'^2}{2a} = \frac{v_0^2}{4a}$$

$$2v_0^2 - 2v'^2 = v_0^2$$

$$v'^2 = \frac{1}{2} v_0^2$$

$$E_k = \frac{mv'^2}{2} = \frac{mv_0^2}{4}$$

$$E_k = \frac{2 \text{ кг} \cdot (3 \text{ м/с})^2}{4} = 4.5 \text{ Дж}$$

Ответ: 4.5 Дж

№3.

Решение:

Дано:

$H = 6 \text{ см}$

$m = 40 \text{ кг}$

$n = 3$

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

Найти: S

СИ:

0.06 м

$\rho_{\text{л}}$ - плотность льда, h - общая высота льдины

$$V_{\text{погр}1} = S(h - H)$$

$$V_{\text{погр}2} = S(h - \frac{H}{n})$$

$$m_{\text{л}} = \rho_{\text{л}} V = \rho_{\text{л}} S h$$

$$F_{\text{тяж}} = F_A$$

$m_{\text{л}} g = \rho_{\text{л}} V_{\text{погр}1} g$ - I случай (без человека)



Черновик.

$$\rho_w S h g = \rho_w S (h-H) g$$

$$\rho_w h = \rho_w (h-H)$$

$$(m_w + m_c) g = \rho_w V_{\text{воздух}} g - \text{II уравн (с черновиком)}$$

$$\rho_w S h + m_c = \rho_w S (h - \frac{H}{n})$$

$$\rho_w S (h-H) + m_c = \rho_w S (h - \frac{H}{n})$$

$$\rho_w S H (1 - \frac{1}{n}) = m_c$$

$$S = \frac{m_c}{\rho_w H (1 - \frac{1}{n})}$$

$$S = \frac{70 \text{ кг}}{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 0.06 \text{ м} \cdot (1 - \frac{1}{3})} = 7.75 \text{ м}^2$$

Ответ: 7.75 м^2

√4.

Дано:

$$m_1 = 75 \text{ кг}$$

$$T_1 = 293 \text{ К}$$

$$T_{\text{пл}} = 600 \text{ К}$$

$$m_2 = 70 \text{ кг}$$

$$\Delta m_1 = 0.08 \text{ кг}$$

$$T_k = 373 \text{ К}$$

$$c_1 = 4790 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_2 = \frac{730 \text{ Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\nu = 2.25 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$R = 30 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Найти: T

Решение:

Температура $T \leq T_k$, иначе вся вода в сосуд бы испарилась. Это значит, что весь свинец кристаллизовался, т.к. $T_k < T_{\text{пл}}$. Вода, масса $m_1 - \Delta m_1$, оставшаяся в сосуде, нагрелась от T_1 до получив Q_1 теплоты, а ~~испарилась~~ вода масса Δm_1 (непосредственно соприкасающаяся со свинцом) была нагрета до T_k и испарилась, получив $Q_{\text{исп}}$ теплоты. Свинец кристаллизовался и остыл от $T_{\text{пл}}$ до T отдав Q_2 теплоты.

$$Q_1 + Q_{\text{исп}} = Q_2$$

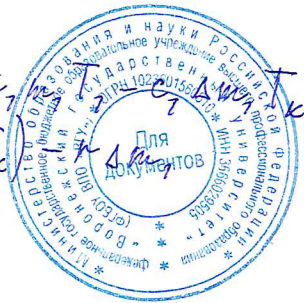
$$c_1 (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) + c_1 \Delta m_1 (T_k - T_1) + \nu \Delta m_1 = R \Delta m_2 + c_2 m_2 (T - T_{\text{пл}})$$

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

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

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

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



Чистовик.

$$T = \frac{4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot (15 \text{ кг} \cdot 293 \text{ К} + 0,08 \text{ кг} \cdot 343 \text{ К}) + 70 \text{ кг} \cdot (30 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 600 \text{ К}) - 2,25 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}}{4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot (15 \text{ кг} + 0,08 \text{ кг}) + 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 70 \text{ кг}}$$

$$\approx 300,71 \text{ К} = 27,56^\circ \text{С}$$

Ответ: 300,71 К (27,56°C) +



№ 5.

Дано:

$$U_0 = 12 \text{ В}$$

$$U_B = 11 \text{ В}$$

$$I_A = 0,2 \text{ А}$$

$$R_B = 50 \text{ Ом}$$

Найти: R_A

Решение:

I - общий ток в цепи (через вольтметр)

$$I = \frac{U_B}{R_B}$$

$$I_A = I - I_A = \frac{U_B}{R_B} - I_A$$

$$U_A = U_0 - U_B$$

$$R_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{U_0 - U_B}{\frac{U_B}{R_B} - I_A}$$

$$R_A = \frac{12 \text{ В} - 11 \text{ В}}{\frac{11 \text{ В}}{50 \text{ Ом}} - 0,2 \text{ А}} = \frac{1 \text{ В}}{0,02 \text{ А}} = 50 \text{ Ом}$$

Ответ: 50 Ом

№ 2.

Дано:

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$r_z = 6400 \text{ км}$$

$$T_z = 1 \text{ сут.}$$

$$T = 2 \text{ сут.}$$

Найти: $\frac{r}{r_z}$

СИ:

$$6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$24 \cdot 3600 \text{ с}$$

$$2 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}$$

Решение:

v - скорость спутника

r - радиус орбиты

$\nu_{сп}$ - частота обращения спутника

ν_z - частота обращения Земли

ν - частота обращения спутника относительно Земли (раз в две суток).

$$\nu = \nu_{сп} - \nu_z \quad (\text{т.к. направления вращения совпадают})$$

$$\nu_{сп} = \nu + \nu_z$$

$$g = G \frac{m_z}{r^2}$$

$$m_z = \frac{g r^2}{G}$$



Чистовик.

Для спутника, движущегося по круговой орбите, центростремительное ускорение равно гравитационному:

$$\frac{v^2}{r} = G \frac{m_z}{r^2} = \frac{g r_z^2}{r^2}$$

~~g r_z^2~~ Скорость спутника равна частоте, умноженной на длину орбиты:

$$\frac{g r_z^2}{r^2} = \frac{(2\pi r v_{\text{от}})^2}{r}$$

$$g r_z^2 = (2\pi v_{\text{от}})^2 r^3$$

$$\frac{r^3}{r_z^3} = \frac{g}{(2\pi v_{\text{от}})^2 r_z} = \frac{g}{(2\pi(v + v_z))^2 r_z} = \frac{g}{(2\pi(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_z}))^2 r_z}$$

$$\frac{r}{r_z} = \sqrt[3]{\frac{g}{(2\pi(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_z}))^2 r_z}}$$

$$\frac{r}{r_z} = \sqrt[3]{\frac{10 \text{ м/с}^2}{(2\pi(\frac{1}{2 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}} + \frac{1}{24 \cdot 3600 \text{ с}}))^2 \cdot 6.4 \cdot 10^6 \text{ м}}} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{(\frac{\pi}{8 \cdot 3600})^2 \cdot 640000}} = \sqrt[3]{\left(\frac{36}{\pi}\right)^2} \approx 5.7$$

Ответ: 5.7 раз.



Чертовик.



$$v = v_0 - at$$

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$v_0 - at = 0$$

$$t = \frac{v_0}{a}$$

$$s = \frac{v_0^2}{2a}$$

$$s' = \frac{1}{2} s = \frac{v_0^2}{4a} = v_0 t' - \frac{at'^2}{2}$$

№1.

$$\frac{64}{576}$$

27.5643 °C

300.7743

63874.8

21979 0020.4

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = -\frac{v_0^2}{2a}$$

$$s' = -\frac{v_0^2}{4a} = \frac{v'^2 - v_0^2}{2a}$$

$$\frac{(16.36)^2}{64} = \frac{(64.9)^2}{64} = 64.81$$

$$-v_0^2 = 2v'^2 - 2v_0^2$$

$$2v'^2 = v_0^2$$

$$v'^2 = \frac{1}{2} v_0^2$$

$$E = \frac{mv'^2}{2} = \frac{mv_0^2}{4}$$

$$\frac{(8.36)^2}{\pi^2 \cdot 64} =$$

4365.76

1829 0020.4

1937 0020.4

$$V_{orb} = \frac{1}{T} = \frac{1}{T}$$

$$V_{ch} = \frac{v}{2\pi R_{orb}}$$

№2.

$$G \frac{m_2}{r^2} = \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{m_2}{r_{orb}}} = \sqrt{\frac{g r^2}{r_{orb}}}$$

$$G \frac{m_2}{r^2} = g$$

$$m_2 = \frac{g r^2}{G}$$

$$\frac{1}{48} + \frac{1}{96} = \frac{1}{48} \cdot \frac{3}{2} = \frac{1}{32} = \frac{1}{32 \cdot 3600}$$

$$\frac{1}{24} + \frac{1}{48} = \frac{24.81}{24 \cdot 2} = \frac{1}{16}$$

$$\frac{g r^3}{r_{orb}^3} = (2\pi(v + v_z))^2 r_z$$

$$\frac{r_{orb}}{r_z} = \sqrt[3]{\frac{g}{(2\pi(v + v_z))^2 r_z}} = \sqrt[3]{\frac{g}{(2\pi \cdot \frac{1}{832})^2 \cdot 6400000}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{(76.3600)^2}{\pi^2 \cdot 640000}} = \sqrt[3]{525.2499} \approx 8.06842$$

5.08278

$$V_{\text{ногр}_1} = S(h-H)$$

$$V_{\text{ногр}_2} = S\left(h - \frac{H}{n}\right)$$

$$m_u = \rho_u S h$$

$$m_u = V_{\text{ногр}_1} \rho_{\text{л}}$$

$$\rho_u \beta h = \rho_{\text{л}} (h-H)$$

$$\rho_u \beta h + \frac{m_u}{S} = \rho_{\text{л}} \left(h - \frac{H}{n}\right)$$

$$(h-H) \rho_{\text{л}} + \frac{m_u}{S} = \left(h - \frac{H}{n}\right) \rho_{\text{л}}$$

$$\frac{m_u}{\rho_{\text{л}} S} = h - \frac{H}{n} - h + H = H \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

$$S = \frac{m_u}{\rho_{\text{л}} H \left(1 - \frac{1}{n}\right)}$$

$$\frac{70}{1000 \cdot 0.06 \cdot \frac{2}{3}} = \frac{70}{60 \cdot \frac{2}{3}} = \frac{7}{4} = 1.75$$

№ 4.

$$Q_{\text{об}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{учн.в}}$$

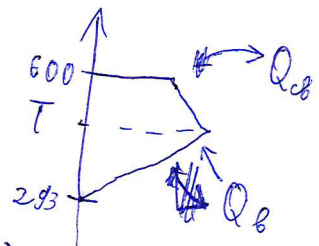
$$\lambda m_2 + c_2 m_2 (T_{\text{учн.в}} - T) = c_{\text{л}} (m_1 - \Delta m_1) (T - T_1) + c_1 \Delta m_1 (T_{\text{к}} - T_1) + \kappa \Delta m_1$$

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 T_{\text{учн.в}} - c_2 m_2 T = c_{\text{л}} (m_1 - \Delta m_1) T - c_{\text{л}} (m_1 - \Delta m_1) T_1 + c_1 \Delta m_1 (T_{\text{к}} - T_1) + \kappa \Delta m_1$$

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 T_{\text{учн.в}} + c_1 (m_1 - \Delta m_1) T_1 - c_1 \Delta m_1 (T_{\text{к}} - T_1) - \kappa \Delta m_1 = c_2 m_2 T + c_{\text{л}} (m_1 - \Delta m_1) T$$

$$m_2 (\lambda + c_2 T_{\text{учн.в}}) + c_1 (m_1 T_1 - \Delta m_1 T_1 - \Delta m_1 T_{\text{к}} + \Delta m_1 T_1) - \kappa \Delta m_1 = T (c_2 m_2 + c_{\text{л}} (m_1 - \Delta m_1))$$

$$T = \frac{m_2 (\lambda + c_2 T_{\text{учн.в}}) + c_1 (m_1 T_1 - \Delta m_1 T_1 - \Delta m_1 T_{\text{к}}) - \kappa \Delta m_1}{c_2 m_2 + c_{\text{л}} (m_1 - \Delta m_1)}$$



Черновик.
№5.

$$I_u + I_A = I = \frac{U_B}{R_B}$$

$$U_u = U_0 - U_B$$

$$I_u = \frac{U_B}{R_B} - I_A$$

$$R_u = \frac{U_0 - U_B}{\frac{U_B}{R_B} - I_A}$$

