



## Решения задач для 9 класса

**9.1. (6 баллов)** На одном из практических занятий по физике школьники проводят опыты в лаборатории. У них есть калориметр, в котором лежит кусок льда массой  $m = 150$  г при температуре  $t_0 = 0^\circ \text{C}$ , а так же установка, которая подает пар при температуре  $t_1 = 100^\circ \text{C}$  в калориметр.

[1] Какую минимальную массу пара необходимо впустить в калориметр, чтобы получить воду при температуре  $t = 20^\circ \text{C}$ ?

[2] Какая будет масса полученной воды?

**Замечание.** Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0.33$  МДж/кг, удельная теплота парообразования воды  $l = 2.26$  МДж/кг, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/кг\*К. Теплоемкостью калориметра пренебречь. (А.А. Черенков)

**Ответ:** 0,024.

**Ответ:** 0,174.

**Решение.** 1) Лед должен расплавиться и нагреться, а пар конденсироваться и охладиться. Составим уравнение теплового баланса и найдем сколько пара  $m_0$  при этом нужно впустить:

$$\lambda m + cm(t - t_0) = lm_0 + cm_0(t_1 - t)$$

Откуда

$$m_0 = \frac{\lambda + c(t - t_0)}{l + c(t_1 - t)} m \approx 24 \text{ г} \quad (1)$$

2) Тогда количество воды, оказавшейся в калориметре:

$$M = m_0 + m \approx 174 \text{ г}$$

Так как наименьшее количество значащих цифр равно двум, то проводим округление в формуле (1). В дальнейшем мы складываем 2 целых числа и дальнейшее округление не требуется. Ответ записывается в единицах системы СИ - килограммах.

**9.2. (5 баллов)** В школьной лаборатории проводят эксперименты, демонстрирующие теплообмен между телами. Имеется алюминиевый куб, разогретый до некоторой температуры. Этот куб кладут на кусок льда при температуре  $t_2 = -20^\circ \text{C}$  и ждут, пока он полностью не погрузится в лед.

[3] Какая при этом должна быть минимальная температура куба?

**Замечание.** Удельная теплоемкость алюминия  $c_1 = 836$  Дж/кг\*К, плотность  $\rho_1 = 2700$  кг/м<sup>3</sup>. Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0.33$  МДж/кг, удельная теплоемкость  $c_2 = 2.1$  кДж/кг\*К, плотность  $\rho_2 = 920$  кг/м<sup>3</sup> (А.А. Черенков)

**Ответ:** 150.

**Решение.** 1) Куб полностью погрузится в лед, если его теплоты хватит для того, чтобы нагреть и расплавить количество льда, заключенного в объеме, равном объему куба. При этом сам куб охладится до нуля градусов. Тогда уравнение теплового баланса примет вид:

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 (0 - t_2) = c_1 t m_1$$
$$m_2 = V \rho_2 = a^3 \rho_2 \quad m_1 = V \rho_1 = a^3 \rho_1$$

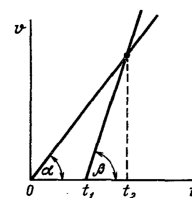
$$t = \frac{\lambda - c_2 t_2}{c_1} \frac{m_2}{m_1} = \frac{\lambda - c_2 t_2}{c_1} \frac{\rho_2}{\rho_1} \approx 152^\circ \text{C}$$

Так как наименьшее количество значащих цифр равно двум, то проводим округление.

**9.3. (5 баллов)** Два игрушечных паровозика движутся вдоль одних прямолинейных путей, из одного и того же начального положения. На рисунке представлены графики скоростей паровозиков. Известно, что  $t_1 = 5$  с,  $t_2 = 10$  с.

[4] В какой момент времени  $t_3$  паровозики встретятся?

(А.А. Черенков)



**Ответ:** 17.

**Решение.** Из графиков скорости понятно, что паровозики движутся равноускоренно, причем

$$a_1 = \operatorname{tg} \alpha = v_0/t_2, a_2 = \operatorname{tg} \beta = \frac{v_0}{t_2 - t_1},$$

где  $v_0$  - скорость паровозиков в момент времени  $t_2$ . Запишем уравнения движения паровозиков вдоль оси  $ox$ , введенной по направлению их движения:

$$\begin{cases} x_1(t) = \frac{a_1 t^2}{2} \\ x_2(t) = \frac{a_2 (t-t_1)^2}{2} \end{cases}$$

Паровозики встретятся в момент времени  $t_3$ , следовательно  $x_1(t_3) = x_2(t_3)$ . Таким образом, получаем:

$$\frac{a_1 t_3^2}{2} = \frac{a_2 (t_3 - t_1)^2}{2}$$

$$\frac{a_1}{a_2} t_3^2 = (t_3 - t_1)^2$$

$$\frac{t_2 - t_1}{t_2} t_3^2 = (t_3 - t_1)^2$$

Решая квадратное уравнение относительно  $t_3$ , получим, что

$$t_3 = t_2 \pm \sqrt{t_2(t_2 - t_1)}$$

Учитывая, что  $t_3 > t_2$ , получаем окончательный ответ:

$$t_3 = t_2 + \sqrt{t_2(t_2 - t_1)} \approx 17 \text{ с}$$

Так как наименьшее количество значащих цифр равно единице, то проводим округление в формуле при извлечении корня. В дальнейшем мы складываем 2 целых числа и дальнейшее округление не требуется.

**9.4. (6 баллов)** Пете подарили радиоуправляемую машинку, которая может ускоряться или замедляться с одинаковым по величине и постоянным ускорением  $a = 10$  м/с<sup>2</sup>, после чего продолжает двигаться равномерно.

[5] Петя хочет выяснить, какую максимальную скорость  $V$  должна развить машинка, чтобы она доехала из одного конца комнаты в другой в кратчайшее время, при условии остановки в конце пути.

**Замечание.** Длина комнаты  $L = 5$  м.

(А.А. Черенков)

**Ответ:** 7.

**Решение.** Время движения машинки  $\tau$  будет наименьшим, если средняя скорость перемещения машинки будет наибольшей, что очевидно. Последнее, при условиях данной задачи (начало и конец движения происходят с постоянным по модулю ускорением), может быть лишь в случае, если вагонетка будет первую половину пути двигаться с ускорением  $+a$ , а вторую - с ускорением  $-a$ .

Таким образом, можно записать следующие соотношения:

$$\frac{V\tau}{2*2} = \frac{L}{2}, \frac{\tau}{2} = \frac{V}{a}$$

откуда

$$V = \sqrt{La} \approx 7 \text{ м/с}$$

Так как наименьшее количество значащих цифр равно единице, то проводим округление до целых.

**9.5. (8 баллов)** Воздушный шар опускается на Землю с постоянной скоростью  $u = 2$  м/с. В некоторый момент с этого шара вертикально вверх подбрасывают камень с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с относительно Земли.

**[6]** Какое будет расстояние  $L$  между воздушным шаром и камнем, в тот момент, когда камень достигнет наивысшей точки относительно Земли?

**[7]** На какое наибольшее расстояние  $L_{max}$  камень удалится от шара?

**[8]** Спустя какое время  $T$  после броска камень поравняется с шаром?

**Замечание.** Ускорение свободного падения принять равным  $9.8 \text{ м/с}^2$  (А.А. Черенков)

**Ответ:** 7.

**Ответ:** 7.

**Ответ:** 2.

**Решение.** 0) Введем неподвижную систему координат связанную с Землей и подвижную, жестко связанную с воздушным шаром. Тогда в подвижной системе координат начальная скорость камня

$$w_0 = v_0 + u$$

а законы движения и изменения скорости имеют следующий вид:

$$\begin{cases} y(t) = w_0 t - \frac{gt^2}{2} \\ w(t) = w_0 - gt \end{cases}$$

Относительно же Земли, скорость камня меняется по закону:

$$v(t) = v_0 - gt$$

1) Когда камень достигнет наивысшей точки относительно Земли, его абсолютная скорость будет равняться нулю:  $v(t_1) = 0$ . Таким образом, найдем  $t_1$ :

$$0 = v_0 - gt_1$$

то есть

$$t_1 = \frac{v_0}{g}$$

Подставим это время в уравнение движения камня относительно воздушного шара и найдем  $L$ , учитывая, что  $w_0 = v_0 + u$ :

$$L = y(t_1) = v_0/2g(v_0 + 2u) \approx 7.1 \text{ м}$$

2) Наибольшее расстояние между камнем и воздушным шаром будет в тот момент  $t_2$ , когда относительная скорость камня будет равна нулю, то есть  $w(t_2) = 0$ , таким образом, находим:

$$0 = w_0 - gt_2$$

то есть

$$t_2 = w_0/g$$

Подставим это время в уравнение движения камня относительно воздушного шара и найдем  $L$ , учитывая, что  $w_0 = v_0 + u$  :

$$L_{max} = y(t_2) = (v_0 + u)^2/2g \approx 7.35\text{м}$$

3) Условие, что камень поровняется с воздушным шаром:  $y(T) = 0$ . Таким образом:

$$0 = y(T) = w_0T - \frac{gT^2}{2}$$

Тогда

$$T = \frac{2(v_0 + u)}{g} \approx 2.45\text{с}$$

Так как наименьшее количество значащих цифр равно единице, то проводим округление до целых.

**9.6. (5 баллов)** На практическом занятии по физике Ваня изучает параллельное и последовательное соединение проводников. К несчастью, ему попался набор, в котором на двух резисторах стерся номинал. Однако Ваня не растерялся и подключил их сначала параллельно, а затем последовательно к батарее с напряжением 70 В. В первом случае получилось, что суммарная сила протекающего тока  $I_1 = 49$  А, а во втором –  $I_2 = 10$  А.

**[9]** Чему равны сопротивления резисторов?

**Замечание.** Ответы дать через точку с запятой, начиная с наименьшего. (А.А. Черенков)

**Ответ:** 2,0;5,0 (допускается ответ 2;5).

**Решение.** 1) При параллельном соединении проводников, их общее сопротивление:

$$R_{01} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Тогда закон Ома для участка цепи имеет вид:

$$U = I_1 R_{01}$$

2) При последовательном соединении проводников их общее сопротивление:

$$R_{02} = R_1 + R_2$$

Тогда закон Ома для участка цепи имеет вид:

$$U = I_2 R_{02}$$

3) Получаем систему для определения  $R_1, R_2$ :

$$\begin{cases} \frac{U}{I_1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ \frac{U}{I_2} = R_1 + R_2 \end{cases}$$

Откуда, учитывая что наименьшее количество значащих цифр равно двум, то верный ответ:

$$R_1 = 2,0\text{Ом}, R_2 = 5,0\text{Ом}$$

**9.7. (6 баллов)** Полый алюминиевый шар (внешний радиус  $R = 10$  см, внутренний -  $r = 9$  см) плавает на поверхности воды.

**[10]** Веществом какой максимальной плотности можно заполнить внутренность шара, чтобы он все еще плавал в жидкости?

**Замечание.** Плотность алюминия  $\rho_1 = 2700 \text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .  
(А.А. Черенков)

**Ответ:** 400.

**Решение.** 1) Пусть в шар залито вещество максимальной плотности  $\rho_2$ . Тогда шар будет целиком погружен в воду, причем архимедова сила уравнивает силу тяжести:

$$\begin{aligned}\rho g V &= m_1 g + m_2 g \\ \rho g V &= \rho_1 g (V - V_0) + \rho_2 g V_0\end{aligned}$$

где  $V_0$  и  $V$  - внутренний и внешний объемы соответственно.  
Тогда получаем:

$$\rho_2 = \frac{V\rho - (V - V_0)\rho_1}{V_0} = \frac{V}{V_0}(\rho - \rho_1) + \rho_1 = \frac{R^3}{r^3}(\rho - \rho_1) + \rho_1 \approx 368 \text{ кг/м}^3$$

Так как наименьшее количество значащих цифр равно единице и ответ необходимо дать в системе СИ, то ответ  $400 \text{ кг/м}^3$ .

**9.8. (6 баллов)** На занятиях в школьном кружке по физике изучают электрические цепи. К источнику с внутренним сопротивлением  $r = 2 \text{ Ом}$  и ЭДС  $10 \text{ В}$  подключили сопротивление  $R = 2r$ , а затем второе такое же сопротивление. Причем сначала его поставили параллельно, а потом последовательно.

**[11]** Найти отношение мощностей, выделяемых на первом резисторе, в первом и втором случае.

(А.А. Черенков)

**Ответ:** 1,6.

**Решение.** 1) Рассмотрим параллельное соединение второго проводника. Тогда общее внешнее сопротивление:

$$R_0 = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2} = r$$

По закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_0 + r} = \frac{\varepsilon}{2r}$$

2) Рассмотрим последовательное соединение второго проводника. Тогда общее внешнее сопротивление:

$$R_1 = R + R = 2R = 4r$$

По закону Ома для полной цепи:

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} = \frac{\varepsilon}{5r}$$

3) Учтем, что так как сопротивления равны и соединены параллельно, то ток, текущий через сопротивление  $R$ , будет равен половине общего тока в цепи:  $I_1 = \frac{I}{2} = \frac{\varepsilon}{4r}$

4) Отношение мощностей примет вид:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2 R}{I_2^2 R} = \frac{25}{16} = 1,6$$

**9.9. (7 баллов)** Прямолинейный кусок проволоки длиной  $30 \text{ см}$  (отрезок  $AB$ ) с удельным сопротивлением  $3 \cdot 10^{-8} \text{ Ом/м}$  разбит точками  $C, D, E, F$  так, что  $CD=DE=EF=FB$ ,  $AC=2CD$ . Точки  $C, D, E, F, B$  соединены с точкой  $A$  отрезками проводов с другими удельными сопротивлениями так, что их сопротивления равны сопротивлению участка  $AC$ .

**[12]** Найти полное сопротивление цепи между точками А и В.

**Замечание.** Ответ дать в микроОмах.

(А.Б.Яковлев)

**Ответ:** 0,0015 (допустим ответ 0.002).

**Решение.** 1) Сопротивление рассчитывается как

$$R = \rho L,$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление,  $L$  - длина проводника. Тогда ясно, что сопротивления участков CD, DE, EF, FB равны, а сопротивление участка AC в два раза больше. Обозначим:

$$R_{CD} = R_{DE} = R_{EF} = R_{FB} = R, R_{AC} = 2R$$

По условию сопротивления проводов равны:

$$r_{AC} = r_{AD} = r_{AE} = r_{AF} = r_{AB} = R_{AC} = 2R$$

2) Чтобы вычислить полное сопротивление проволоки с проводами заметим, что тип их соединения чередуется:  $R_{AC}$  и  $r_{AC}$  соединены параллельно, они последовательно соединены с  $R_{CD}$ , затем все вместе параллельно к  $r_{AD}$ , последовательно с  $R_{DE}$  и так далее.

Таким образом начнем вычислять общее сопротивление. Для параллельно соединенных  $R_{AC}$  и  $r_{AC}$  получим, что их общее сопротивление:

$$R_1 = \frac{R_{AC} r_{AC}}{R_{AC} + r_{AC}} = R$$

Этот участок соединен последовательно с  $R_{CD}$ , значит общее сопротивление:

$$R_2 = R_1 + R_{CD} = 2R$$

Далее для параллельно подключенного сопротивления  $r_{AD}$ , общее сопротивление будет:

$$R_3 = \frac{R_2 r_{AD}}{R_2 + r_{AD}} = R$$

Ясно, что дальнейшие вычисления будут повторять вышеизложенные, таким образом в конце получим, что общее сопротивление проволоки с проводами равняется  $R$

3) Длина участка провода FB равняется 1/6 всей длины провода. Таким образом, получаем:

$$R = \rho \frac{l}{6} = 0,0015 \text{ мкОм}$$

Замечание. Так как наименьшее количество значащих цифр равно единице, то допустим и ответ 0,002 мкОм.