

**Дополнительный отборочный (заочный) этап Всесибирской открытой  
олимпиады школьников по физике**

**25.12.2021-15.01.2022**

**Задачи 9 класса**

*Возможные решения.* Максимальный балл за задачу – 10.

Задача оценивается в 10 баллов при полном решении и правильном ответе в указанных в условии единицах. Если требуется найти несколько величин, то их значения приводятся в ответе через точку с запятой. Числовой ответ, если иное не оговорено в условии, округляется до трёх значащих цифр. Например, полученное расчетом число 328,51 округляется до 329; 2,003 – до 2,00; 5,0081 – до 5,01; 0,60135 – до 0,601, 0,0012345 – до 0,00123 и т.д. Желательно указать наименование единиц, в которых измерена соответствующая физическая величина. Если в условии задачи нет специальных указаний, ответ приводится в единицах системы СИ. Ответ (округлённый) нужно внести в таблицу. При невыполнении любого из требований за задачу ставится 0 баллов. Без представления таблицы работа не проверяется.

1. Для заполнения пустого пруда водой сток воды из пруда уменьшили в три раза. В результате за 18 суток пруд наполнился на  $\frac{3}{4}$  части своего объема. Чтобы ускорить заполнение, сток воды перекрыли полностью. Через сколько суток после этого пруд будет полным?

*Возможное решение*

В нормальном режиме пруд не наполняется. Объём воды, поступающей в единицу времени в пруд ( $Q$ ), равен объёму, вытекающему за единицу времени из него:  $Q=Q_c$ . (2 б)

При наполнении объём, вытекающий из пруда в единицу времени ( $Q_2$ ) равен трети от вытекающего в обычном режиме ( $Q_c$ ):

$$Q_2 = \frac{Q_c}{3} = \frac{Q}{3}$$

За время  $t_1=18$  суток водой заполняется  $3V/4$  ( $V$  — объём пруда). Этот объём равен разности объёмов втекающей и вытекающей за это время воды:

$$Q \cdot t_1 - Q_2 \cdot t_1 = (Q - Q/3) t_1 = 3V/4$$

После перекрытия стока  $Q \cdot t_2 = V/4$

Разделив первое выражение на второе, получаем:

$$\frac{2}{3} \frac{Q \cdot t_1}{Q \cdot t_2} = 3$$

Находим  $t_2 = 2t_1/9 = 4$  суток.

**Ответ: 4 суток или 4**

2. На космической станции грабители загрузились в ракету и полетели. Полицейский обнаружил, что ракету угнали, понял, что ему грабителей не догнать, и выстрелил по ним из пушки, когда между ним и грабителями была дистанция  $L = 2$  км. С какой скоростью снаряд вылетел из ствола пушки, если он достиг цели через 40 с после выстрела? Двигатель ракеты сообщает ей ускорение  $a = 10$  м/с<sup>2</sup>. Двигатель ракеты не выключали, и она двигалась прямолинейно.

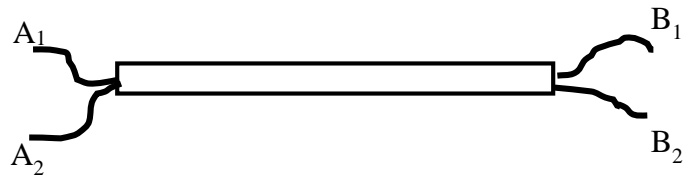
### Возможное решение

В момент вылета полицейского скорость ракеты грабителей была  $v_0 = \sqrt{2aL}$ . Ракета грабителей за время выстрела пройдет путь  $x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ , путь снаряда  $ut = L + x$ . Исключив

$$x, \text{ получим } u = \frac{L + t\sqrt{2aL} + at^2 / 2}{t} = 450 \text{ м/с.}$$

**Ответ: 450 м/с или 450**

3. Внутри кабеля длины  $L = 90$  м, содержащего два провода, произошло короткое замыкание сразу в двух местах. Для того, чтобы определить место замыкания, измерили сопротивление между выводами



$A_1$  и  $A_2$  с левого конца кабеля – оно оказалось  $R_1 = 0,1$  Ом, сопротивление между выводами  $B_1$  и  $B_2$  с правого конца кабеля оказалось  $R_2 = 0,2$  Ом, а сопротивление между выводами  $A_1$  и  $B_1$  оказалось  $R_3 = 0,3$  Ом. Определите, на каком расстоянии от левого конца кабеля находится место первого и второго короткого замыкания между проводами.

### Возможное решение

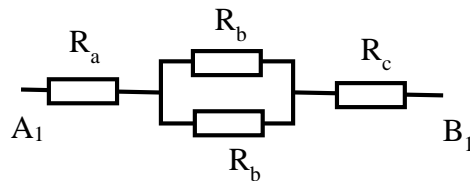
Предположим, что искомые расстояния  $x_1, x_2$ .

Сопротивление провода  $R = \rho x$ .

В первом случае

$$R_1 = 2\rho x_1 \quad (1),$$

во втором  $R_2 = 2\rho(L - x_2)$  (2).



Эквивалентная схема в третьем случае:  $R_a = \rho x_1; R_b = \rho(x_2 - x_1); R_c = \rho(L - x_2)$ ,

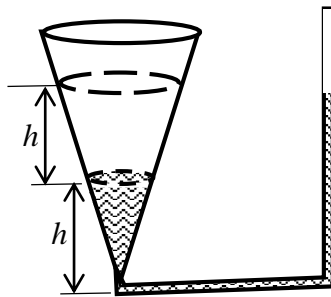
$$R_3 = \rho \left( L + \frac{x_1}{2} - \frac{x_2}{2} \right) \quad (3).$$

Найдем из уравнения (1) значение  $\rho$  и подставим его в (2) и (3):

$$x_1 \frac{R_2}{R_1} + x_2 = L, \quad x_1 \left( \frac{4R_3}{R_1} - 1 \right) + x_2 = 2L$$

Решаем уравнения и находим  $x_1 = \frac{LR_1}{4R_3 - R_1 - R_2} = 10 \text{ м}$ ,  $x_2 = \frac{L(4R_3 - R_1 - 2R_2)}{4R_3 - R_1 - R_2} = 70 \text{ м}$ .

**Ответ: 10 м; 70 м или 10; 70**

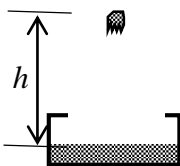


4. В сосуд конической формы вблизи вершины конуса вварена тонкая трубка (см. рисунок). До высоты  $h = 5 \text{ см}$  в сосуд налили четыреххлористого углерода ( $CCl_4$ ), а затем медленно долили до высоты  $2h$  воды. В результате в трубке образовался столбик  $CCl_4$  некоторой высоты. Насколько изменится высота столбика, если жидкости в сосуде взбить до состояния однородной эмульсии? Эмульсия не содержит воздуха. Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность  $CCl_4$   $\rho = 1593 \text{ кг/м}^3$ . Растворимость  $CCl_4$  в воде и воды в  $CCl_4$  пренебречь, в трубку вода не попадает. Изменение объема жидкости в конусе при изменении высоты жидкости в трубке считать несущественным. Ответ приведите с точностью 3 значащих цифр.

### **Возможное решение**

Давление на дне сосуда равно давлению столба жидкости высотой  $h_1$  в трубке  $\rho gh + \rho_0 gh = \rho gh_1$ . Объем конуса, заполненного  $CCl_4$  составляет  $1/8$  полного объема жидкости. После ее смешивания плотность эмульсии  $\rho_1 = (7\rho_0 + \rho)/8$ , а объем жидкости не изменится. Давление столба жидкости высотой  $h_2$  в трубке будет уравниваться давлением эмульсии  $\rho gh_2 = 2\rho_1 gh = (7\rho_0 + \rho)gh/4$ . Уровень в трубке понизится на  $h_1 - h_2 = h \frac{3(\rho - \rho_0)}{4\rho} \approx 1,40 \text{ см}$ .

**Ответ: 1,40 см или 1,40**



5. В бункер с песком с высоты  $h = 1 \text{ м}$  падает некоторая порция песка. После этого температура бункера повышается на  $\Delta T_1 = 0,005 \text{ К}$ . После падения второй такой же порции с высоты  $2h$  повышение температуры составляет  $\Delta T_2 = 0,009 \text{ К}$ . Насколько повысится температура после падения третьей такой же порции с высоты  $3h$ ? Каждый раз температура измеряется относительно начальной. Сопротивлением воздуха, потерями тепла и изменением уровня песка в бункере пренебречь. Ответ приведите с точностью 3 значащих цифр.

### Возможное решение

Обозначим теплоемкость бункера с песком  $C$ , теплоемкость одной порции  $c'$  и запишем закон сохранения энергии после падения каждой порции. Каждый раз полное выделившееся тепло равно потенциальной энергии, которая была запасена в системе. Потенциальная энергия первой порции  $E_1=mgh$ , второй  $E_2=2mgh$ , третьей  $E_3=3mgh$ .

$$\begin{cases} (C + c')\Delta T_1 = mgh \\ (C + 2c')\Delta T_2 = mgh + 2mgh = 3mgh \\ (C + 3c')\Delta T_3 = mgh + 2mgh + 3mgh = 6mgh \end{cases}$$

Или, преобразуя:

$$\begin{cases} \frac{(C + c')}{mgh} = \frac{1}{\Delta T_1} \\ \frac{(C + 2c')}{mgh} = \frac{3}{\Delta T_2} \\ \frac{(C + 3c')}{mgh} = \frac{6}{\Delta T_3} \end{cases}$$

Вычитая из каждого следующего уравнения предыдущее, исключаем  $\frac{C}{mgh}$ .

Получаем:

$$\frac{c'}{mgh} = \frac{3}{\Delta T_2} - \frac{1}{\Delta T_1} = \frac{6}{\Delta T_3} - \frac{3}{\Delta T_2}, \text{ откуда выражаем неизвестное повышение температуры}$$
$$\frac{6}{\Delta T_3} = \frac{6}{\Delta T_2} - \frac{1}{\Delta T_1} \text{ или } \Delta T_3 = \frac{6\Delta T_1\Delta T_2}{6\Delta T_1 - \Delta T_2} \approx 0,0129 \text{ К}$$

**Ответ: 0,0129 К или 0,0129**

№ задачи	Ответ
1	4 суток или 4
2	450 м/с или 450
3	10 м; 70 м или 10; 70
4	1,40 см или 1,40
5	0,0129 К или 0,0129