

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников  
по физике  
2021-2022 учебный год  
10 класс**

**Задача 1.** В момент, когда опоздавший пассажир вбежал на платформу, мимо него за время  $t_1$  прошел предпоследний вагон поезда. Последний вагон прошел мимо пассажира за время  $t_2$ . На сколько времени пассажир опоздал к отходу поезда? Поезд движется равноускорено, длина вагонов одинаковая.

Решение. Примем за  $x$  – время опоздания пассажира, а  $a$  – ускорение поезда. Тогда при условии, что начальная скорость поезда равна нулю, к моменту, когда начало предпоследнего вагона поравнялось с пассажиром, скорость поезда была равна  $v_1=ax$ , а когда с пассажиром поравнялся конец предпоследнего или начало последнего вагона, скорость поезда  $v_2=a(x+t_1)$ . Когда край последнего вагона проезжает мимо пассажира, то скорость поезда в этот момент  $v_3=a(x+t_1+t_2)$ . Расстояние, равное длине предпоследнего вагона  $l=(v_1+v_2)t_1/2$ , а последнего  $l=(v_2+v_3)t_2/2$ . По условию длины вагонов одинаковые. Приравняем выражения и получим уравнение относительно искомой величины:  $t_1(v_1+v_2)/2=t_2(v_2+v_3)/2$ . Решая полученное уравнение, получим искомым ответ  $x = \frac{t_2^2 + 2t_1t_2 - t_1^2}{2(t_1 - t_2)}$ .

Критерии оценивания:

*Найдены выражения для скоростей поезда в разные моменты времени – 3 балла*

*Получено выражение для длины вагона в 2-х случаях – 3 балла*

*Составлено итоговое уравнение – 3 балла*

*Получен правильный ответ – 1 балл.*

**Задача 2.** На горизонтальной поверхности стоит массивный штатив массы  $M = 1$  кг, на котором укреплен невесомый блок. На концах невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через блок, подвешены грузы массой  $m_1=0,2$  кг и  $m_2=0,8$  кг соответственно. Пренебрегая трением, найдите силу, с которой основание штатива давит на поверхность.

Решение. Сила давления системы на поверхность будет определяться весом штатива и силами, с которыми грузы действуют на блок – силами натяжения нити. Так как блок

невесом, а нить нерастяжима, то силы натяжения нити, действующие со стороны грузов на блок равны по величине и равны  $T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2} g$ , тогда ответ задачи  $P=Mg+2T=13,2$  Н.

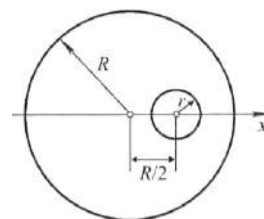
**Критерии оценивания:**

*Найдено выражение для силы натяжения нити – 3 балла*

*Найдено выражение для силы давления – 6 балла*

*Получен правильный численный ответ – 1 балла*

**Задача 3.** В однородном тонком диске радиуса  $R$  вырезано отверстие радиуса  $r < R/2$ , центр которого находится на расстоянии  $R/2$  от центра диска. На каком расстоянии  $x$  от центра диска находится центр масс этой системы.



**Решение.** Будем рассматривать систему, так как если бы в большом диске не было отверстия, но в центре малого диска действовала бы сила  $F$ , направленная вверх и равная силе тяжести вырезанной части. Пусть масса единицы поверхности диска равна  $\rho$ . Тогда масса большого диска без выреза  $M = \pi\rho R^2$ , а малого –  $m = \pi\rho r^2$ . Центр масс определяется равенством моментов сил тяжести большого диска и силы  $F$ . Исходя из физических соображений эта точка должна лежать левее центра большого диска по оси

X. Поскольку система находится в равновесии, то  $Mgx + mg\left(\frac{R}{2} + x\right) = 0$ . Из этого

уравнения после подстановки величин масс получим:  $x = \frac{1}{2} \frac{r^2 R}{R^2 - r^2}$ .

**Критерии оценивания:**

*Выражены массы через величину поверхностной плотности – 3 балла*

*Обосновано равенство моментов сил относительно центра масс – 3 балла*

*Получено уравнения моментов – 3 балла*

*Получен итоговый правильный ответ – 1 балл*

**Задача 4.** Некоторая установка, выделяющая мощность  $N=30$  кВт, охлаждается проточной водой, текущей по спиральной трубке диаметром  $d=15$  мм. При установившемся режиме проточная вода нагревается на  $\Delta T=15$  °С. Определить скорость воды, предполагая, что вся выделяемая мощность идет на нагрев воды.

**Решение.**

Условие установившегося режима, когда вся выделяемая мощность идет на нагревание проточной воды, охлаждающей установку, можно записать в виде:  $N = \frac{cm\Delta T}{\tau}$ , где  $m/\tau$  –

масса воды, протекающей за 1 с. Но  $\frac{m}{\tau} = \rho v S = \frac{\pi \rho v d^2}{4}$ . Подставляя полученное

выражение в предыдущее выражение для мощности, получим  $v = \frac{4N}{\pi \rho c d^2 \Delta T} = 2,7$  м/с.

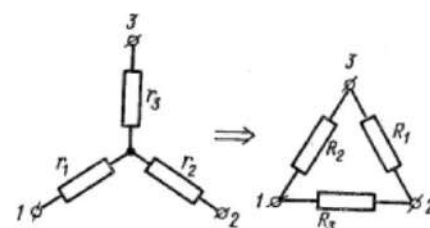
**Критерии оценивания:**

*Записано выражение для мощности – 2 балла*

*Найдено выражение расхода воды через параметры трубки – 6 балла*

*Получен итоговый правильный ответ – 2 балл*

Задача 5. Какими должны быть сопротивления  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_3$  для того, чтобы составляемую из них «звезду» можно было бы включить вместо «треугольника», составленного из сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ ?



Решение: в схеме «звезда» между точками 1 и 2 сопротивление равно  $r_1 + r_2$ , а в схеме «треугольник» –  $\frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$ . Эти сопротивления должны быть равны. Приравнявая

аналогично сопротивления между точками 2 и 3, 1 и 3 получим:  $r_2 + r_3 = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$  и

$r_1 + r_3 = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$ . Решая полученную систему уравнений, найдем:

$$r_1 = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}, \quad r_2 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad \text{и} \quad r_3 = \frac{R_2 R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

**Критерии оценивания:**

*Записано выражение сопротивления между точками по схеме «звезда» для каждой пары – 3 балла*

*Записано выражение сопротивления между точками по схеме «треугольник» для каждой пары – 6 баллов*

*Получен итоговый правильный ответ – 1 балл*