

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ПО ФИЗИКЕ. 2021 уч. г.**  
**ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**7 КЛАСС**

**Задача 1**

Почтальон Печкин ехал по краю шоссе на велосипеде со скоростью  $v_1 = 15$  км/ч. Ему навстречу ехали автобусы, которые выезжали с начальной остановки через каждые  $\Delta t = 15$  минут. Сколько автобусов проехало навстречу почтальону за время его велосипедной прогулки, если он преодолел расстояние  $L = 40$  км? Скорость движения автобусов составляла  $V = 65$  км/ч. Если возможных правильных вариантов ответа несколько – укажите один из них (любой).

***Возможное решение***

Определим, через какой интервал времени почтальон встречает автобусы. Расстояние между автобусами равно  $d = V\Delta t$ . Если почтальон встретил очередной автобус, то следующий находится на расстоянии  $d$  впереди. Это расстояние будет сокращаться за счёт встречного движения почтальона и автобуса, так что встреча произойдёт через  $t = \frac{V\Delta t}{V+v}$ . Полное время прогулки составило  $T = \frac{L}{v}$ . Таким образом, в поездку укладывается  $\frac{T}{t} = \frac{L(V+v)}{vV\Delta t} \approx 13,1$  интервалов между встречами автобусов. Время поездки содержит 13 полных интервалов между встречами, поэтому количество встреченных автобусов могло составить 13 или 14.

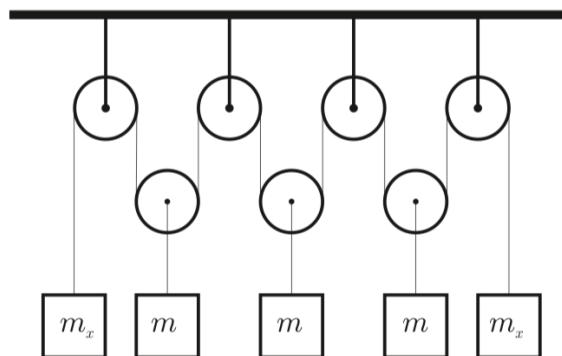
**Ответ:** 13 или 14 (5 баллов).

**Задачи 2-3**

Система состоит из невесомых блоков, трёх грузов массой  $m = 1$  кг каждый, двух грузов массой  $m_x$  каждый и невесомых нитей. Ускорение свободного падения  $10$  Н/кг.

2) Чему равна величина  $m_x$ , если система находится в равновесии? Ответ выразите в кг, округлите до десятых долей. (4 балла)

3) С какой силой действует система на потолок? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. (3 балла)



### Возможное решение

Пусть сила натяжения длинной нити равна  $T_x$ . Тогда условие равновесия крайних грузов выглядит следующим образом:  $m_x g = T_x$ . Если сила натяжения нитей, к которым подвешены грузы массой  $m$ , равна  $T$ , тогда, рассмотрев равновесие подвижного блока, можно записать равенство:  $2T_x = T$ . Запишем условие равновесия грузов массой  $m$ :  $mg = T = 2T_x = 2m_x g$ .

Значит,  $m_x = m/2 = 0,5$  кг. Система действует на потолок с силой

$$F = 8T_x = 4mg = 40 \text{ Н.}$$

Ответы:

2)	3)
0,5	40

Максимум 7 баллов за задачу.

### Задачи 4-7

На рисунке показана анатомическая структура части голени и стопы, которые задействованы в случае, когда человек стоит на цыпочках. Пятка слегка приподнята над полом так, что стопа эффективно касается пола только в точке  $P$ . Предположим, что расстояние  $a = 5$  см, расстояние  $b = 15$  см, а масса человека 90 кг. Ускорение свободного падения  $g = 10$  Н/кг. Считайте, что все силы, действующие на стопу, направлены вертикально. Масса стопы пренебрежимо мала по сравнению с массой всего тела. Человек стоит на двух ногах.



- 4) Каково значение силы, действующей на стопу со стороны икроножной мышцы в точке  $A$ ? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. (5 баллов)
- 5) Куда направлена эта сила? (2 балла)
- а) вверх
  - б) вниз
- 6) Каково значение силы, действующей на стопу со стороны малой берцовой кости в точке  $B$ ? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа. (5 баллов)
- 7) Куда направлена эта сила? (2 балла)
- а) вверх
  - б) вниз

### Возможное решение

На человека действуют три внешние силы: сила тяжести, равная  $mg = 900$  Н, и две одинаковые силы реакции поверхности  $F_P$  (человек стоит на двух ногах). Так как человек находится в равновесии, то  $F_P = \frac{mg}{2} = 450$  Н.

На стопу действуют три силы: сила  $F_A$  со стороны икроножной мышцы, приложенная в точке  $A$ , сила  $F_B$  со стороны малой берцовой кости, приложенная в точке  $B$ , и сила  $F_P$ , приложенная в точке  $P$ . Силой тяжести, действующей на стопу, можно пренебречь, поскольку масса стопы пренебрежимо мала по сравнению с массой всего тела.

Рассмотрим моменты этих сил относительно точки  $B$ . Момент силы  $F_B$  равен нулю, потому что она приложена в точке  $B$ . Сила реакции  $F_P$  направлена вверх, поэтому её момент стремится повернуть стопу против часовой стрелки относительно точки  $B$ . Значит, чтобы скомпенсировать действие этого момента, момент силы  $F_A$  должен стремиться повернуть стопу по часовой стрелке относительно точки  $B$ . Следовательно, сила  $F_A$  направлена вверх.

Поскольку стопа находится в покое, равнодействующая сил  $F_A$ ,  $F_B$  и  $F_P$  равна нулю, а значит, сила  $F_B$  направлена вниз. Запишем правило моментов относительно точки  $B$ :

$$F_A a = F_P b \Rightarrow F_A = \frac{F_P b}{a} = 1350 \text{ Н.}$$

Теперь запишем правило моментов относительно точки  $A$ :

$$F_B a = F_P (b + a) \Rightarrow F_B = \frac{F_P (b + a)}{a} = 1800 \text{ Н.}$$

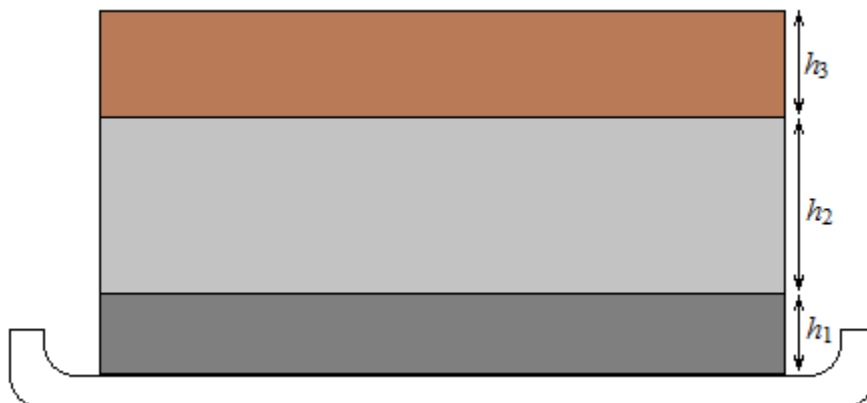
Ответы:

4)	5)	6)	7)
1350	а) вверх	1800	б) вниз

Максимум 14 баллов за задачу.

### Задача 8

На тарелке лежит торт, состоящий из трёх слоёв. Эти слои имеют высоту  $h_1 = 15$  мм,  $h_2 = 25$  мм и  $h_3 = 20$  мм, а их плотности соответственно равны  $\rho_1 = 600$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_2 = 460$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_3 = 400$  кг/м<sup>3</sup>. Чему равна средняя плотность всего торта? Ответ выразите в кг/м<sup>3</sup>, округлите до целого числа.



#### Возможное решение

Пусть площадь сечения торта равна  $S$ . Тогда масса первого слоя равна  $\rho_1 S h_1$ , второго –  $\rho_2 S h_2$ , а третьего –  $\rho_3 S h_3$ . Тогда средняя плотность торта равна

$$\rho = \frac{M_{\text{общ}}}{V_{\text{общ}}} = \frac{\rho_1 S h_1 + \rho_2 S h_2 + \rho_3 S h_3}{S h_1 + S h_2 + S h_3} = \frac{\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = 475 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: 475 (5 баллов).

Продолжительность тура: 90 мин.