

### Задача 1

- 1) Заметим, что в силу симметрии точки В, С, D эквивалентны. Аналогично эквивалентными являются точки Е, F, G. Если склеить данные узлы, то получим простую схему, где между входом схемы три параллельных резистора  $R_1$ , затем 6 параллельных  $R_2$  и потом 3 параллельных  $R_3$ . Тогда общее сопротивление  $R' = 35/3$  Ом.
- 2) Если учесть, что точки, соединенные перемычками, можно склеить – получим стандартную мостиковую схему. Заметим, что мост является сбалансированным, поэтому ток через FD не идет.
- 3) Посчитаем итоговое сопротивление как три параллельных ветки и получим результат  $R'' = 65/11$  Ом.

### Ответы второго варианта

- 1)  $R' = 11$  Ом,
- 2) Ток не идёт
- 3)  $R'' = \frac{88}{21}$  Ом.

### Разбалловка

Составлена эквивалентная цепь	1 балл
Ответ на первый вопрос	2 балла
Правильный пересчёт к новой конфигурации	1 балл
Ответ на второй вопрос	3 балла
Ответ на третий вопрос	3 балла

### Задача 2

1)  $\lambda = \frac{m}{l} = 0,625$  кг/м

2) Используем метод виртуальных перемещений. При небольшом смещении  $\Delta l$  всего каната вдоль направления силы F, работу совершит только эта сила и сила тяжести. Сумма таких малых работ равна нулю. Работа силы тяжести ответственна за перемещение маленького кусочка каната  $\Delta l$  на высоту  $2R$ . Тогда:  $F_0 \Delta l = \lambda \cdot \Delta l \cdot g \cdot 2R$

Откуда получаем  $F_0 = 12,5$  Н

3) Воспользуемся также энергетическим методом, но с учетом изменения скорости. Заметим, что при малом изменении скорости  $\Delta v$  кинетическая энергия изменяется на  $\Delta E = \frac{m(v+\Delta v)^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = mv\Delta v$ .

Тогда сумма работ силы F и силы тяжести дает именно такое изменение кинетической энергии:  $F\Delta l - \lambda \cdot dl \cdot g \cdot 2R = mv\Delta v$ . Поделим данное уравнение на малое время  $\Delta t$  и получим  $Fv - \lambda v g 2R = mva$ . Сократив все на  $v$ , получим итоговый ответ  $a = 3,5$  м/с<sup>2</sup>.

### Ответы второго варианта

- 1) 0.8 кг/м
- 2) 8 Н
- 3) 3 м/с<sup>2</sup>

### Разбалловка

Найдена погонная плотность	3 балла
Найдена сила натяжения	3 балла
Найдено ускорение	4 балла

### Задача 3

- 1) Относительная скорость – это вектор  $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ . Найдем из теоремы косинусов:  $v_{\text{отн}}^2 = 2v_0^2 - 2v_0^2 \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$ . Отсюда получаем, что  $v_{\text{отн}} = \sqrt{2/5} \cdot v_0 = \sqrt{2/5} \cdot 10$  м/с.
- 2) Заметим, что второй камень уже упадет к нужному моменту времени, а это значит, что в этот момент относительная скорость будет равна скорости первого камня.  $v'_1 = v_0 - gt = -8$  м/с. То есть относительная скорость в этот момент равна 8 м/с.
- 3) Поскольку в процессе пока оба камня летели относительная скорость не изменялась (легко показать с помощью перехода в систему отсчета, связанную с ускорением свободного падения), то ищем максимальную и минимальную скорости в критических точках. Время полета второго камня составляет 1,6 секунды, а значит скорость первого камня в этот момент 4 м/с. Непосредственно перед падением скорость первого камня равна 10 м/с. Выбираем максимум и минимум среди  $\sqrt{2/5} \cdot 10$  м/с; 4 м/с; 10 м/с. Максимальная скорость 10 м/с, минимальная 4 м/с.

### Ответы второго варианта

- 1)  $\sqrt{\frac{4}{5}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .
- 2) 8 м/с.
- 3) Максимальная скорость 20 м/с, минимальная 4 м/с.

### Разбалловка

Найдена относительная скорость в начальный момент	3 балла
Найдена относительная скорость во второй момент	3 балла
Найдена максимальная относительная скорость	2 балла
Найдена минимальная относительная скорость	2 балла

### Задача 4

Пусть первый грузик движется вверх с ускорением  $a_1$ , второй с ускорением  $a_2$  вниз, а блок с ускорением  $A$  вверх. Тогда, выполняется следующая кинематическая связь:  $2A = a_1 - a_2$ . Запишем второй закон Ньютона для каждого из трех тел:

$$\begin{cases} F - 2T - Mg = MA \\ T - m_1g = m_1a_1 \\ m_2g - T = m_2a_2 \end{cases}$$

Решаем данную систему с добавлением кинематической связи и получаем ответ:  $T = 20$  Н.

### Ответы второго варианта

40 Н

## Разбалловка

Составлены уравнения движения	По 2 балла за каждое уравнение
Найдена кинематическая связь	2 балла
Найдена сила натяжения	2 балла

### Задача 5

Заметим, что поскольку источник находится в фокальной плоскости собирающей линзы, то лучи от него после прохождения линзы будут параллельны между собой и параллельны лучу, проходящему от источника через центр линзы без преломления. Лучи впервые начнут попадать на зеркало тогда, когда оно станет параллельно направлению лучей, то есть при угле  $60^\circ$ . С учетом того, что зеркало ниже уровня горизонта, ответ  $\alpha_0 = -60^\circ$

Если все лучи после линзы попадают на зеркало, то после отражения диаметр пучка не изменяется. Найдем диаметр пучка лучей после линзы (просто построим перпендикуляр к направлению). Он оказывается равен  $d = F\sqrt{3}$ .

Наиболее удобно искать положения зеркала с помощью построения окружности радиусом, равным диаметру линзы (и размеру зеркала) с центром в точке крепления зеркала к линзе. Впервые зеркало перекрывает все лучи при угле  $30^\circ$  к горизонту, ниже уровня, т.е.  $\alpha_1 = -30^\circ$ .

При движении зеркала против часовой стрелки оно всегда перекрывает весь поток лучей вплоть до окончания своего движения, то есть пока не совпадет с линзой. Поэтому диапазон углов составляет  $[-30^\circ; 90^\circ]$ .

### Ответы второго варианта

- 1)  $-30^\circ$
- 2)  $F$
- 3)  $30^\circ$ .
- 4)  $[30^\circ; 90^\circ]$

## Разбалловка

Геометрическое построение для первого вопроса	1 балл
Ответ на первый вопрос	1 балл
Ответ на второй вопрос	2 балла
Ответ на третий вопрос	2 балла
Ответ на четвертый вопрос	4 балла