

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 Δl 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 Δl 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 Δv 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 Δt и получим $Fv - \lambda v g 2R = mva$. Сократив все на v , получим итоговый ответ $a = 3,5$ м/с².

Ответы второго варианта

- 1) 0.8 кг/м
- 2) 8 Н
- 3) 3 м/с²

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° . 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° 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°
- 2) F
- 3) 30° .
- 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 |