ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

2026-2027 УЧЕБНЫЙ ГОД

10 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 230 минут.

Условия задач

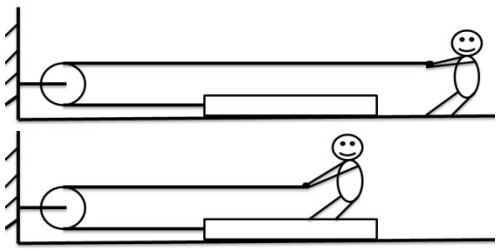
Задача №1. Моноколесо

Сперва школьник на моноколесе едет по прямому горизонтальному участку дороги со скоростью 36 км/ч, при этом на колесо передаётся мощность 3 кВт. Потом школьник на моноколесе, не снижая скорости, въезжает в поворот с радиусом закругления 150 м. При каких значениях коэффициента трения между колесом и дорогой возможно такое движение на прямолинейном участке и при каких значениях коэффициента трения между колесом и дорогой возможно такое движение на криволинейном горизонтальном участке (повороте)? Считаем, что колесо не проскальзывает, общая масса школьника и транспортного средства 80 кг, а ускорение свободного падения принять за 10 м/с^2. **Примечание**: сопротивлением воздуха пренебречь нельзя.

Задача №2. Рыболовная снасть

Рыбак в качестве грузила для оснастки использует алюминиевую проволоку плотностью 2700 кг/м^3. Какой массы ему потребуется кусочек проволоки из алюминия для оснастки, если рыбак хочет, чтобы поплавок из пенопласта, в виде стержня длиной 8 см и площадью сечения 34 мм^2, выступал над поверхностью воды на 2 см? Плотность воды 1000 кг/м^3, плотность пенопласта 50 кг/м^3.

Задача №3. Спортсмен



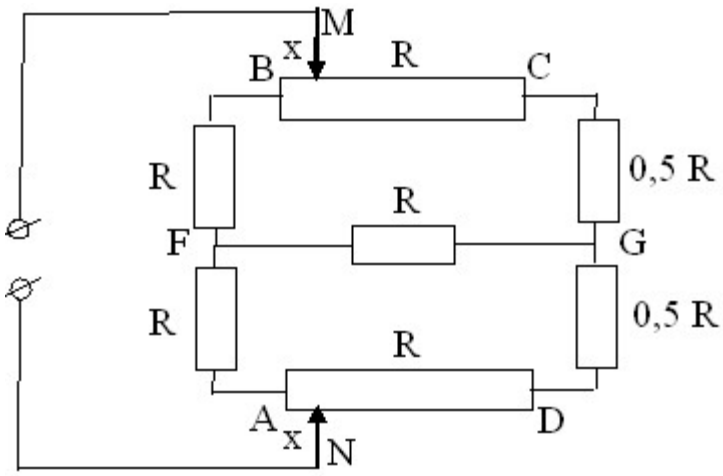
Спортсмен массой m, проходя полосу препятствий, подбежал к очередному испытанию, в котором требуется подтянуть к стене канатом, перекинутым через блок, бетонную плиту массой 4m, лежащую на горизонтальной поверхности пола. Подскажите спортсмену, как будет легче это сделать, стоя на полу или запрыгнув на плиту упереться в неё ногами: найдите минимальную силу, с которой спортсмену придётся тянуть канат в каждом из этих случаев. Коэффициент трения между полом и плитой равен μ, а ускорение свободного падения равно g. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Считаем, что при выполнении задания обоими способами натянутые части каната не соприкасающиеся с блоком горизонтальны.

Задача №4. Горячий камень

Туристу, оказавшемуся на необитаемом острове, удалось найти пятилитровую пластиковую бутылку и разжечь костёр. У него получилось насобирать 2,5 литра дождевой воды температурой 15°C, которую он решил вскипятить, поместив лопатой гранитный камень объёмом 0,0007 м^3, разогретый в костре до 700°C, в обрезанную до трехлитрового объёма пластиковую бутылку. Определите массу камня (в граммах), необходимого для закипания воды, если 5% от первоначального количества воды выкипело (испарилось) при закидывании камня, а тепловыми потерями в окружающую среду можно пренебречь. Считайте, что камень в бутылку поместили мгновенно, а герметичность и форму обрезанной бутылке удалось сохранить (камень её не расплавил). Теплоёмкость гранита 920 Дж/кг·°C, теплоёмкость воды 4200 Дж/кг·°C, плотность воды 1,0 г/см^3, удельная теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг.

Задача №5. Реостаты

Реостаты *AD* и *BC* включены в схему, показанную на рисунке. При одинаковом одновременном перемещении ползунков *M* и *N*, сопротивление цепи между точками *M* и *N* меняется в зависимости от *x* - доли сопротивления реостатов *R*, включенных между точками *BM* или *AN*. Найдите, при каком значении *x* сопротивление цепи максимально?



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

2026-2027 УЧЕБНЫЙ ГОД

ОТВЕТЫ

7 КЛАСС		**8 КЛАСС**		**9 КЛАСС**	
№ задания	Максимальный балл	№ задания	Максимальный балл	№ задания	Максимальный балл
1.	**20**	1.	**20**	1.	**20**
2.	**20**	2.	**20**	2.	**20**
3.	**20**	3.	**20**	3.	**20**
4.	**20**	4.	**20**	4.	**20**
				5.	**20**
Итого:	80 баллов	Итого:	80 баллов	Итого:	100 баллов

10 КЛАСС		**11 КЛАСС**	
1.	**20**	1.	**20**
2.	**20**	2.	**20**
3.	**20**	3.	**20**
4.	**20**	4.	**20**
5.	**20**	5.	**20**
Итого:	100 баллов	Итого:	100 баллов

10 класс

Возможные решения задач

Задача №1. Моноколесо

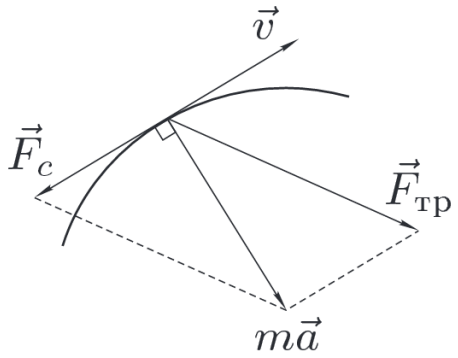
Вся мощность двигателя P идёт на преодоление сопротивления воздуха, значит, сила сопротивления равна:

$F_c = \frac{P}{v}$, где v- скорость движения.

Движет моноколесо действующая со стороны дороги сила трения. При равномерном движении сила трения будет равна силе сопротивления воздуха, откуда для коэффициента трения получаем:

$$\mu \geq \frac{F_{TP}}{mg} = \frac{F_c}{mg} = \frac{P}{mgv} = \frac{3000}{80 \cdot 10 \cdot 10} = 0{,}375$$

В случае вхождения в поворот моноколесо под действием сил трения о дорогу и сопротивления воздуха движется с центростремительным ускорением, направленность сил представлена на рисунке:



С учетом направленности сил по второму закону Ньютона, получаем:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{TP} + \vec{F}_c$$

$$F_{TP} = \sqrt{F_c^2 + (ma)^2} = \sqrt{\left(\frac{P}{v}\right)^2 + \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2}$$

Тогда найдём коэффициент трения необходимого для вхождения в поворот:

$$\mu \geq \frac{F_{TP}}{mg} = \frac{\sqrt{(P/v)^2 + (mv^2/R)^2}}{mg} = \frac{\sqrt{(3000/10)^2 + (80 \cdot 10^2/150)^2}}{80 \cdot 10} = 0{,}381$$

Примерные критерии оценивания:

Записана формула для нахождения силы сопротивления воздуха через мощность……...…….2

Записана формула для нахождения силы трения при равномерном движении по прямому участку…….2

Получено выражение для минимального коэффициента трения при равномерном движении по прямому участку……..2

Правильно вычислен минимальный коэффициент трения при равномерном движении по прямому участку……..2

Указание на наличие центростремительного ускорения при вхождении в поворот……..2

Построен рисунок или подробное описание, поясняющие направленность сил и ускорения при вхождении в поворот……2

Записана формула для нахождения силы трения при движении в повороте…….4

Получено выражение для минимального коэффициента трения при движении в повороте..……..2

Правильно вычислен минимальный коэффициент трения при движении в повороте……..2

Задача №2. Рыболовная снасть

Как на поплавок, так и на груз из алюминиевой проволоки действуют силы тяжести, а также выталкивающие силы. Запишем условие плавание снасти:

$$mg + \rho_1 lSg = \rho_B \left(l - l_1\right) Sg + \rho_B \frac{m}{\rho_2} g$$

,

где m – масса алюминиевой проволоки, g – ускорение свободного падения, ρ_1 – плотность пенопласта, l – длина поплавка, S – площадь сечения поплавка, ρ_B – плотность воды, l_1 – длина выступающей над поверхностью воды части поплавка, ρ_2 – плотность алюминия. Важно учесть, что сила Архимеда действует и на алюминиевый груз, а не только на поплавок!

Из условия плавания снасти находим необходимую массу груза из алюминиевой проволоки:

$$m = \frac{S\rho_2}{\rho_2 - \rho_B}\left(l\left(\rho_B - \rho_1\right) - \rho_B l_1\right)$$

Подставим численные значения и посчитаем массу в граммах:

$$m = \frac{0{,}34 \cdot 2{,}7}{2{,}7 - 1}\left(8\left(1 - 0{,}05\right) - 1 \cdot 2\right) = 3{,}024 \approx 3$$

Правильный ответ: m=3 грамма.

Примерные критерии оценивания:

Указание на то, что на груз из алюминиевой проволоки действует помимо силы тяжести сила Архимеда……...4

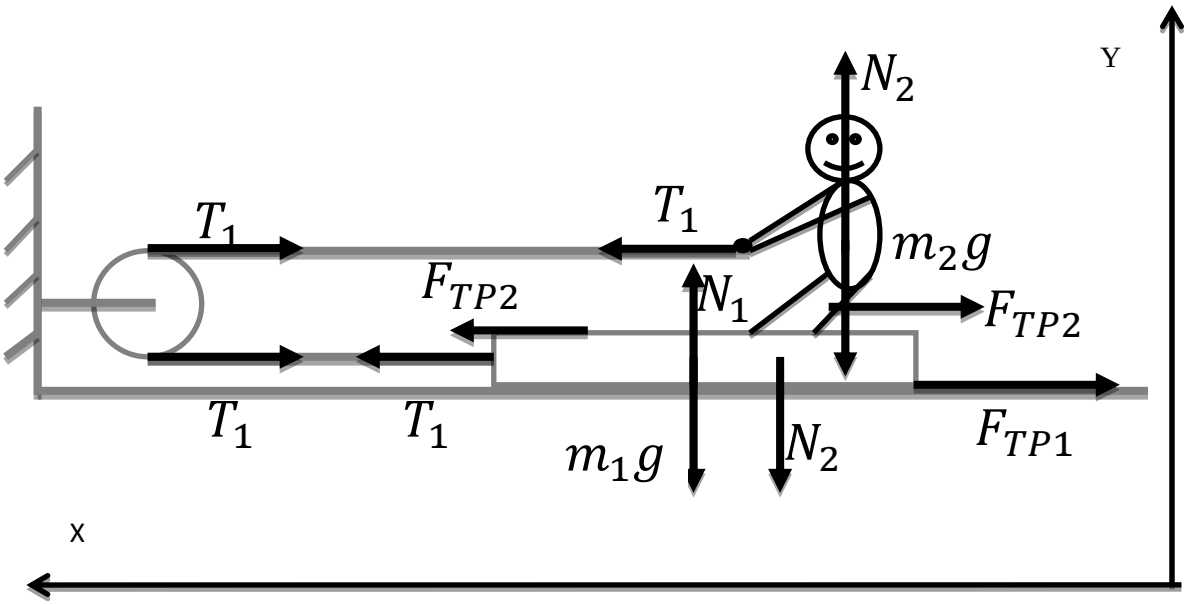
Правильная запись уравнения плавания снасти……8

Получено выражение для нахождения массы груза из алюминия…..……6

Верный численный ответ…….2

Задача №3. Спортсмен

Строим крупный рисунок на котором обозначаем все силы, действующие на тела и вводим оси координат.



Так как по условию массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь, то во всей нити возникает одна и та же по модулю сила натяжения T_1. Спортсмен удерживается на бетонной плите силой трения F_{TP2}, только в таком случае он сможет сдвинуть плиту. Важно не забыть про третий закон Ньютона: на бетонную плиту со стороны спортсмена действует противоположно направленная сила трения F_{TP2} и противоположно направленная сила реакции опоры N_2. По условию необходимо отыскать минимальную силу, значит, движение будет без ускорения с постоянной скоростью.

Запишем уравнения движения каждого из тел в проекциях на выбранные оси координат.

Для бетонной плиты:

$$\text{OX:} \quad 0 = F_{TP2} + T_1 - F_{TP1}$$

$$\text{OY:} \quad 0 = N_1 - m_1 g - N_2$$

Для спортсмена:

$$\text{OX:} \quad 0 = T_1 - F_{TP2}$$

$$\text{OY:} \quad 0 = N_2 - m_2 g$$

Решим полученную систему уравнений. Если сложить левые и правые части уравнений движения относительно оси OX, получим выражение для искомой T_1:

$$0 = F_{TP2} + T_1 - F_{TP1} + T_1 - F_{TP2}$$

$$2T_1 = F_{TP1}$$

$$T_1 = \frac{F_{TP1}}{2}$$

Из уравнений движения относительно оси OY найдем силы реакции опоры, необходимые для нахождения силы трения:

$$N_2 = m_2 g$$

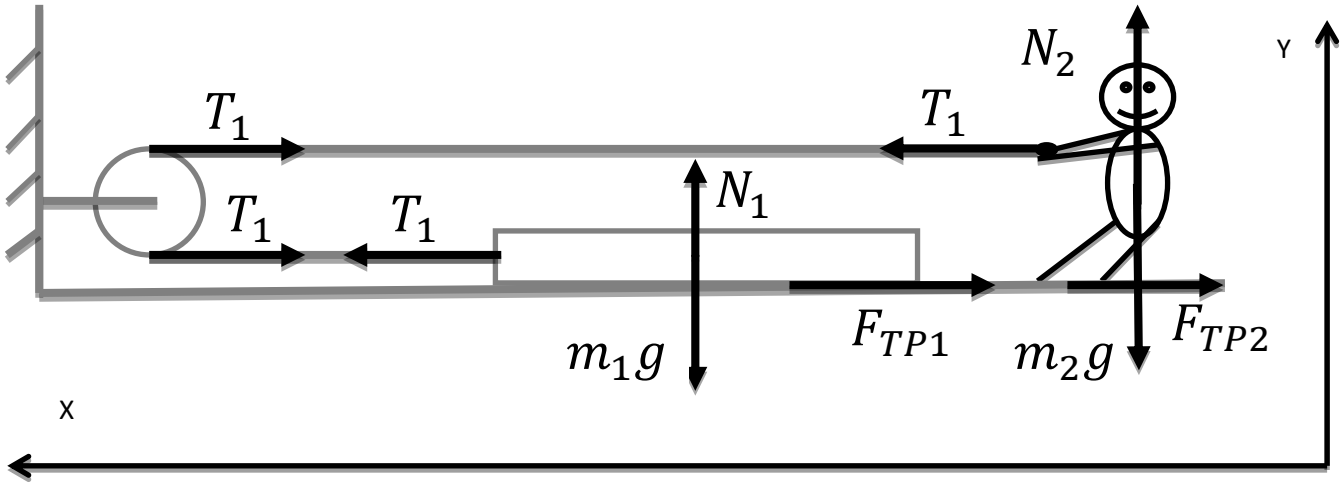
$$N_1 = m_1 g + N_2 = m_1 g + m_2 g$$

Сила трения F_{TP1} имеет максимальное значение – является силой трения скольжения, следовательно:

$$F_{TP1} = \mu N_1 = \mu(m_1 g + m_2 g)$$

А зная силу трения, найдем силу натяжения каната, которая по величине и равна, искомой силе которую нужно приложить спортсмену. Учитывая значения масс из условия получим:

$$T_1 = \frac{\mu(m_1 g + m_2 g)}{2} = \frac{\mu g}{2}(4m + m) = 2{,}5\mu mg$$



Так как по условию массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь, то во всей нити возникает одна и та же по модулю сила натяжения T_1. Спортсмен удерживается на полу силой трения F_{TP2}, только в таком случае он сможет сдвинуть плиту. По условию необходимо отыскать минимальную силу, значит, движение будет без ускорения с постоянной скоростью.

Запишем уравнения движения каждого из тел в проекциях на выбранные оси координат.

Для бетонной плиты:

$$\text{OX:} \quad 0 = T_1 - F_{TP1}$$

$$\text{OY:} \quad 0 = N_1 - m_1 g$$

Для спортсмена:

$$\text{OX:} \quad 0 = T_1 - F_{TP2}$$

$$\text{OY:} \quad 0 = N_2 - m_2 g$$

Из уравнения движения бетонной плиты относительно оси OX, получим выражение для искомой T_1:

$$T_1 = F_{TP1}$$

Из уравнения движения бетонной плиты относительно оси OY найдём силу реакции опоры, необходимую для нахождения силы трения:

$$N_1 = m_1 g$$

Сила трения F_{TP1} имеет максимальное значение – равное силе трения скольжения, следовательно:

$$F_{TP1} = \mu N_1 = \mu m_1 g$$

А зная силу трения, найдём силу натяжения каната, которая по величине и равна, искомой силе которую нужно приложить спортсмену. Учитывая значения масс из условия получим:

$$T_1 = F_{TP1} = \mu m_1 g = 4\mu mg$$

Видим, что, если спортсмен запрыгнет на плиту, то ему необходимо прикладывать гораздо меньшую силу равную *2,5μmg*, в отличии от того, когда он стоит на полу, сила равна *4μmg*. Рекомендация спортсмену запрыгивать на плиту и тянуть её.

Примерные критерии оценивания:

Построение рисунка с правильным указанием сил действующих на тела для первой ситуации..... 2

Использование третьего закон Ньютона для правильного указания сил действующих на бетонную плиту со стороны спортсмена: F_{TP2} и N_2 для первой ситуации ……..…….1

Указание на то, что минимальной сила будет при движении без ускорения - с постоянной скоростью……1

Правильная запись уравнений движения каждого из тел в проекциях на выбранные оси координат для первой ситуации……2

Нахождение сил реакции опоры для первой ситуации..... …..……...1

Запись выражения для нахождения силы трения F_{TP1} для первой ситуации.. ……1

Запись выражения для нахождения искомой силы натяжения каната – силы прикладываемой спортсменом для первой ситуации..... ……..……...2

Построение рисунка с правильным указанием сил действующих на тела для второй ситуации..... 2

Правильная запись уравнений движения каждого из тел в проекциях на выбранные оси координат для второй ситуации……2

Нахождение сил реакции опоры для второй ситуации..... …..……...1

Запись выражения для нахождения силы трения F_{TP1} для второй ситуации.. ……1

Запись выражения для нахождения искомой силы натяжения каната – силы прикладываемой спортсменом для второй ситуации..... ……..……...2

Сравнение сил, прикладываемых спортсменом в двух ситуациях и рекомендация реализации первой ситуации – запрыгивать на плиту и тянуть её……2

Задача №4. Горячий камень

Следует заметить, что при опускании гранитного камня в воду часть воды выльется, а так как в условии есть допущение о мгновенном помещении камня, то считаем, что энергия камня начнёт теряться уже после выливания части воды: пойдёт на нагревание только оставшейся части воды до температуры кипения и испарение какой-то части (доля известна по условию) нагретой воды.

Найдём объём вылившейся воды V_B:

$$V_B = (V_0 + V_K) - V = (2{,}5 + 0{,}7) - 3 = 0{,}2\,\text{л}$$

Найдём объём воды, оставшейся после помещения в ёмкость камня:

$$V_1 = V_0 - V_B = 2{,}5 - 0{,}2 = 2{,}3\ \text{л}$$

Тогда энергия, необходимая на нагревание воды:

$$Q_1 = m_1 c_1 (t_K - t_1) = \rho V_1 c_1 (t_K - t_1)$$

Энергия, выделяющаяся при остывании гранита:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1)$$

Энергия, необходимая на испарение воды (с учётом указанной в условии доли воды):

$$Q_3 = 0{,}05 m_0 L = 0{,}05 \rho V_0 L$$

Запишем уравнение теплового баланса: тепловая энергия от охлаждения гранита Q_2 пойдет на нагревание оставшейся воды Q_1 и испарение указанной доли воды Q_3:

$$Q_2 = Q_1 + Q_3$$

Выразим искомую массу гранитного камня:

$$m_2 = \frac{\rho V_1 c_1 (t_K - t_1) + 0{,}05 \rho V_0 L}{c_2 (t_2 - t_1)}$$

$$m_2 = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 2{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot 4200 (100 - 15) + 0{,}05 \cdot 1000 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}3 \cdot 10^6}{920 (700 - 100)} = 2{,}0083\ \text{кг}$$

Правильный ответ: m_2=2008 грамма.

Примерные критерии оценивания:

Указание на то, что часть воды выльется при погружении камня.....2

Найден объём воды, оставшейся после помещения в ёмкость камня…….2

Правильно записана энергия, необходимая на нагревание воды.....2

Правильно записана энергия, выделяющаяся при остывании гранита.....2

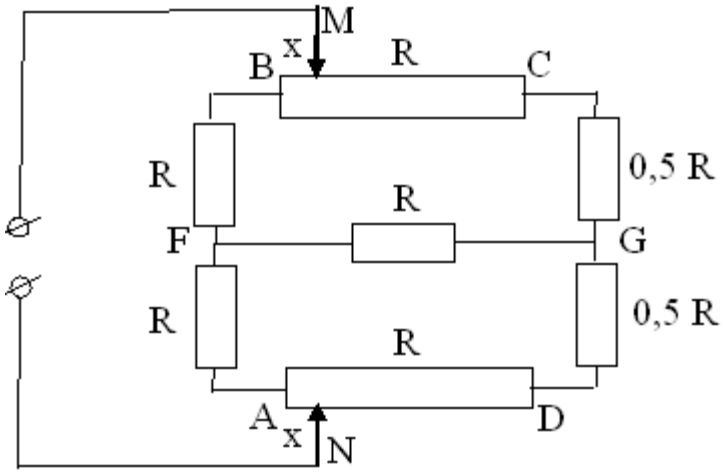
Правильно записана энергия, необходимая на испарение воды.....2

Записано верное уравнение теплового баланса.....4

Получена формула для нахождения массы гранитного камня.....…….4

Вычислена масса гранитного камня..... …….2

Задача №5. Реостаты



Из-за симметрии цепи потенциал точек F и G все время будет одинаков, поэтому через центральное сопротивление ток протекать не будет и его можно исключить из цепи. В таком случае задача сводится к вычислению общего сопротивления R_0 двух параллельно соединенных цепей с сопротивлениями

$R_1 = 2R+2xR$ (левая часть) и

$R_2 = R+2R(1-x)$ (правая часть).

Вычисляя его по известной формуле

$R_0 = R_1R_2 /(R_1+R_2)$

Получим

$R_0 = (2/5)\ R\ (3 +x-2x^2)$.

Для нахождения максимального сопротивления, воспользуемся методом выделения полного квадрата:

$$3 + x – 2x^2 = -2\cdot (x - 1/4)^2 +25/8.$$

Максимальное значение сопротивления получается при $x = ¼$.

Или можно заметить, что $R_0 = (2/5)\ R\ (3 +x-2x^2)$ - это квадратичная зависимость от x (парабола с ветвями направленными вниз):

$$-2x^2 +x+3=0$$

Очевидно, что максимум этой зависимости есть вершина параболы – то есть x равен:

$$x = -\frac{1}{2\cdot(-2)} = \frac{1}{4}$$

.

Примерные критерии оценивания:

Указание на то, что в цепи есть симметрия и потенциал точек F и G все время будет одинаков, а, значит, их можно разъединить (или соединить) ……..…….4

Правильная запись формулы для нахождения сопротивления левой ветви цепи……..……2

Правильная запись формулы для нахождения сопротивления правой ветви цепи……2

Правильная запись формулы для нахождения эквивалентного сопротивления R_0, получившейся эквивалентной схемы……4

Правильное выражение полного квадрата или уравнения параболы…….……4

Верное нахождение доли сопротивления реостатов – x, соответствующего максимуму функциональной зависимости……4