ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

2026-2027 УЧЕБНЫЙ ГОД

9 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 230 минут.

Условия задач

Задача №1. Корабль на горизонте

Какую скорость имеет корабль, высота которого от уровня моря до верхушек мачт составляет 40 метров, если человек наблюдает его появление на горизонте за время два часа? Радиус Земли считать равным 6400 км.

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. Горячие камни

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, помещая лопатой гранитные камни, разогретые в костре до 700°C, в обрезанную пластиковую бутылку. Определите минимальную массу камней (в граммах), необходимых для закипания воды, если 5% от первоначального количества воды выкипело (испарилось) при закидывании камней, а тепловыми потерями в окружающую среду можно пренебречь. Считайте, что герметичность и форму обрезанной бутылке удалось сохранить (камни её не расплавили). 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.

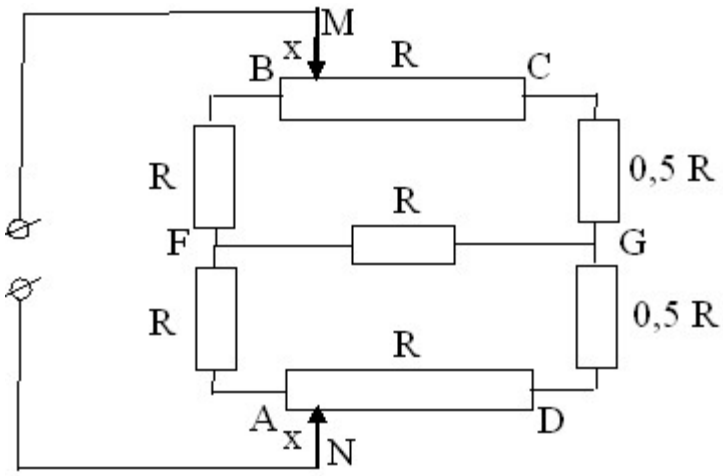
Задача №4. Спортсмен на бетонной плите



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. Найдите минимальную силу, с которой спортсмену придётся тянуть канат, если он запрыгнет на плиту и упрётся в неё ногами. 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 натянутые части каната не соприкасающиеся с блоком горизонтальны.

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

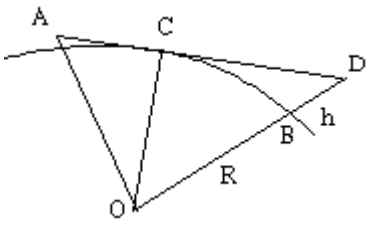
10 КЛАСС		**11 КЛАСС**	
1.	**20**	1.	**20**
2.	**20**	2.	**20**
3.	**20**	3.	**20**
4.	**20**	4.	**20**
5.	**20**	5.	**20**
Итого:	100 баллов	Итого:	100 баллов

9 класс

Возможные решения задач

Задача 1. Корабль на горизонте

Пусть глаза человека расположены в точке *A*, а корабль в момент появления на горизонте его верхушек мачт в точке *B* земной поверхности. Полностью корабль будет виден, когда дойдет до точки *C*.



Так как *R>>h,* расстояние, которое при этом пройдет корабль, будет мало отличаться от длины отрезка *CD*, равного

$$CD = \sqrt{(R+h)^2 - R^2} = \sqrt{2Rh + h^2} = 22{,}6(км).$$

Скорость корабля равна

$$v = \frac{CD}{t} = \frac{22{,}6}{2} = 11{,}3 \text{ км/ч.}$$

Примерные критерии оценивания:

Построен рисунок или подробное описание, поясняющие ситуацию..... 6

Указание на то, что нужно воспользоваться приближением $R>>h$.....2

Получена формула для нахождения пройденного расстояния……6

Получена формула для нахождения скорости корабля……...4

Правильный численный ответ для скорости…….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. Горячие камни

Энергия, необходимая на нагревание воды:

$$Q_1 = m_1 c_1 \left(t_K - t_1\right) = \rho V c_1 \left(t_K - t_1\right)$$

Энергия, выделяющаяся при остывании гранита:

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

Энергия, необходимая на испарение воды:

$$Q_3 = 0{,}05 m_1 L = 0{,}05 \rho V L$$

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

$$Q_2 = Q_1 + Q_3$$

Выразим искомую массу гранитных камней:

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

$$m_2 = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 4200 (100 - 15) + 0{,}05 \cdot 1000 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}3 \cdot 10^6}{920 (700 - 100)} = 2{,}13768 \text{кг}$$

Правильный ответ: m_2=2138 граммов.

Примерные критерии оценивания:

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

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

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

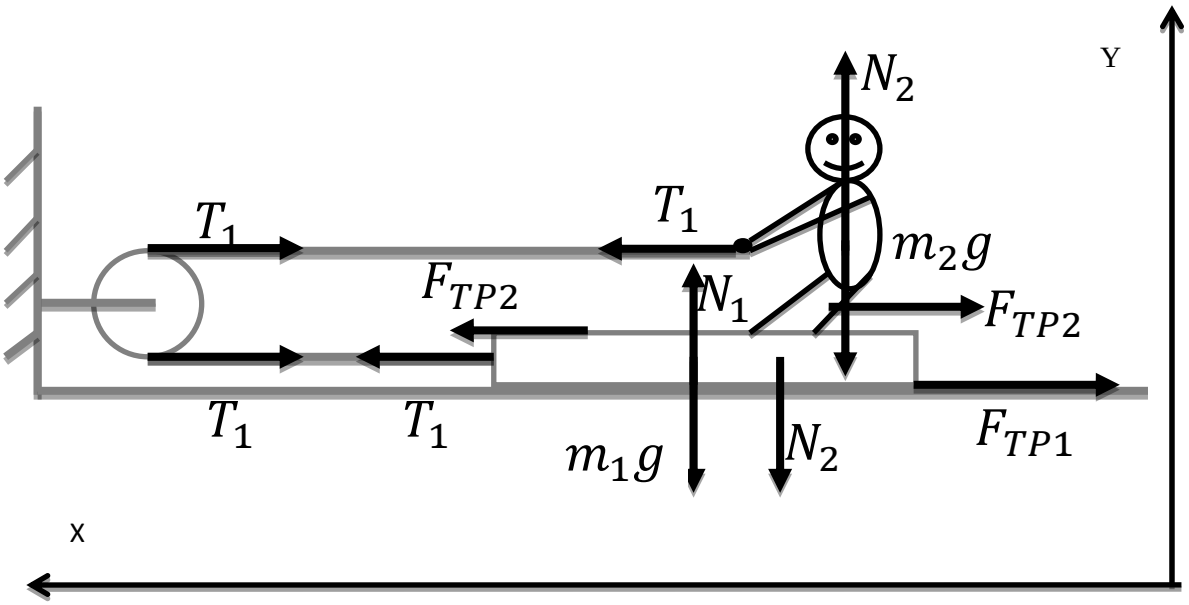
Записано верное уравнение теплового баланса..... 6

Получена формула для нахождения массы гранитных камней.....……4

Вычислена масса гранитных камней..... ……...4

Задача №4. Спортсмен на бетонной плите

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 найдём 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 – равное силе трения скольжения, следовательно:

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

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:

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

Ответ: $T_1 = 2{,}5\mu mg$.

Примерные критерии оценивания:

Построение рисунка с правильным указанием сил действующих на тела..... 2

Использование третьего закон Ньютона для правильного указания сил действующих на бетонную плиту со стороны спортсмена: F_{TP2} и N_2……2

Указание на то, что минимальной сила будет при движении без ускорения - с постоянной скоростью…2

Правильная запись уравнений движения каждого из тел в проекциях на выбранные оси координат…….4

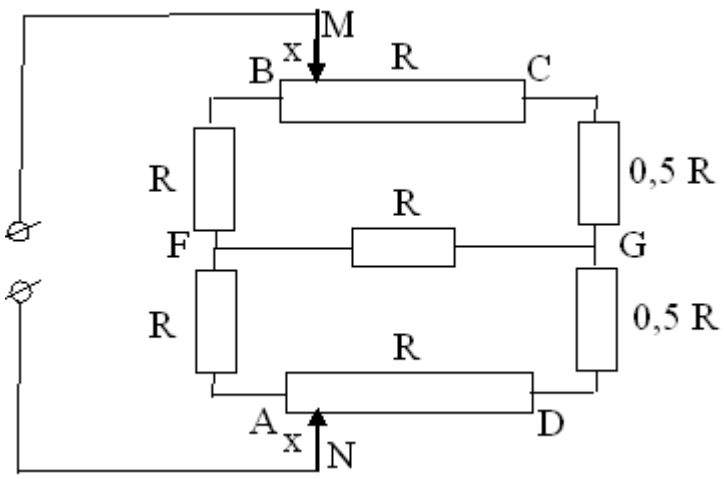
Нахождение сил реакции опоры……..4

Запись выражения для нахождения силы трения F_{TP1}……...2

Запись выражения для нахождения искомой силы натяжения каната – силы прикладываемой спортсменом……...4

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