ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

2026-2027 УЧЕБНЫЙ ГОД

11 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 230 минут.

Условия задач

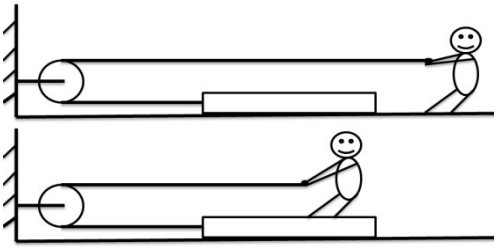
Задача №1. Моноколесо

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. Давление

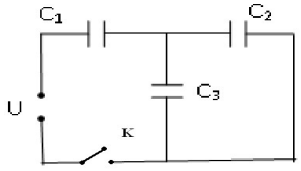
Изначально в закрытом сосуде находился чистый кислород O_2 под давлением p. После облучения ультрафиолетовым излучением в сосуде образовались молекулы озона O_3. При этом число оставшихся молекул кислорода составило 1/3 от первоначального числа молекул. Какое давление будет в сосуде, если температуру считать неизменной?

Задача №3. Спортсмен



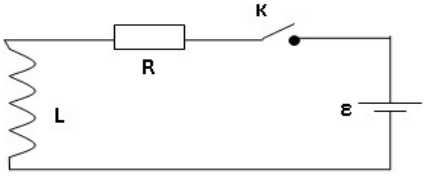
Спортсмен массой m, проходя полосу препятствий, подбежал к очередному испытанию, в котором требуется подтянуть к стене канатом, перекинутым через блок, бетонную плиту массой 4m, лежащую на горизонтальной поверхности пола. Подскажите спортсмену, как будет легче это сделать, стоя на полу или запрыгнув 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. Зарядка конденсаторов



В электрической схеме, приведённой на рисунке, сначала конденсаторы не заряжены. После замыкания ключа происходит их зарядка. Найдите значения зарядов на конденсаторах после их зарядки и тепловые потери в подводящих проводах. Примите C_1=C=10 мкФ, C_2=2C, C_3=5C, U=300 В.

Задача №5. Катушка индуктивности



Катушку индуктивности с индуктивностью *L* подключают к источнику постоянного тока с ЭДС ε через сопротивление *R* смотрите рисунок. При какой величине тока в цепи скорость увеличения энергии, накапливаемой в катушке, будет максимальной?

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

11 класс

Возможные решения задач

Задача №1. Моноколесо

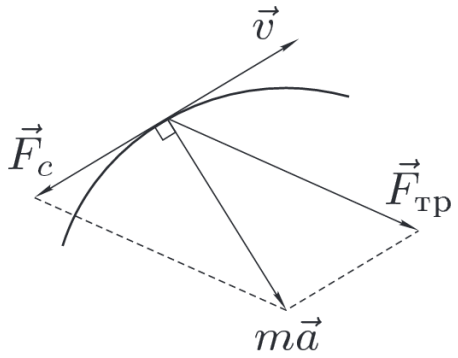
Вся мощность двигателя P идёт на преодоление сопротивления воздуха, значит, сила сопротивления равна:

$F_c = \frac{P}{v}$, 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. Давление

Первоначально давление в сосуде

$$P = \frac{N}{V} kT,$$

где N - число молекул кислорода (0_2) в сосуде; V - объем сосуда. После облучения количество молекул кислорода равно N_1 и количество молекул озона (0_3) N_2, поэтому давление в сосуде станет равным

$$P_k = \frac{N_1 + N_2}{V} kT.$$

При этом по условию $N_1 = \frac{1}{3} N.$

Чтобы найти N_2, используем условие равновесия атомов в сосуде до и после облучения

$$2N = 2N_1 + 3N_2.$$

Подставим N_1 :

$$2N = \frac{2}{3} N + 3N_2.$$

Откуда получим

$$N_2 = \frac{4}{9} N.$$

Подставляя N_1 и N_2 получим конечное давление в сосуде:

$$P_k = \frac{N_1 + N_2}{V} kT = \frac{7}{9} \frac{N}{V} kT = \frac{7}{9} p.$$

То есть давление после облучения уменьшилось на 2/9.

Примерные критерии оценивания:

Записана формула начального давления газа через количество структурных элементов (молекул или атомов)... ……....2

Записана формула конечного давления смеси газов, как суммы парциальных давлений кислорода и озона..…. ……4

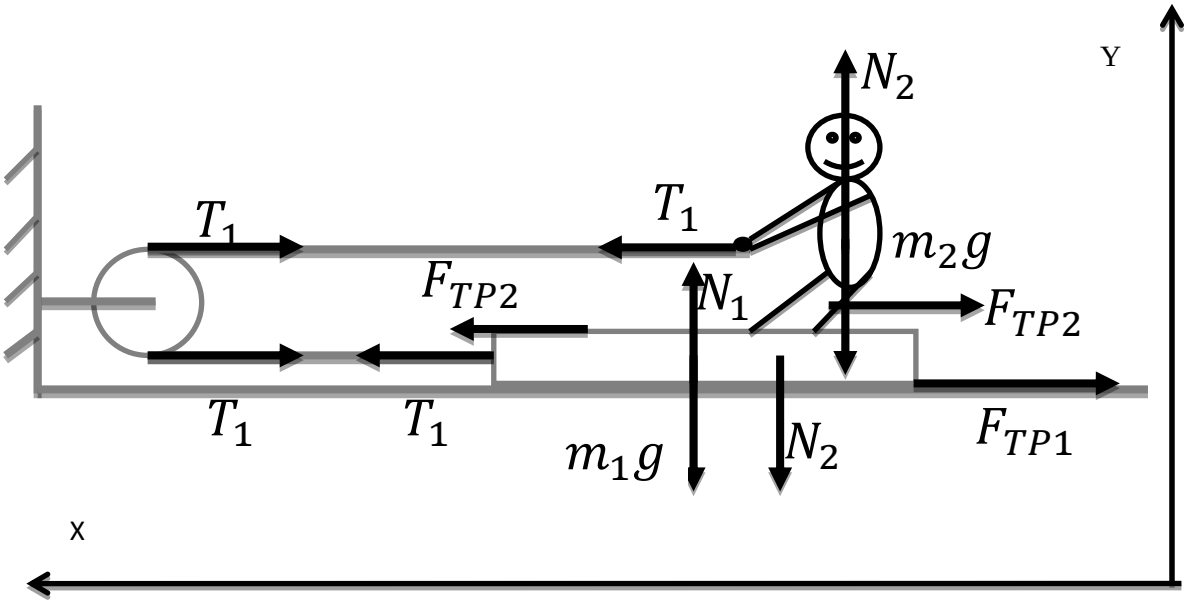
Правильно записан закон сохранения структурных элементов – атомов, необходимых для конструирования молекул……8

Найдено количество молекул озона (0_3) N_2……....2

Получена формула для нахождения конечного давления в сосуде в единицах начального давления…4

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 найдём силы реакции опоры, необходимые для нахождения силы трения:

$$N_2 = m_2 g$$

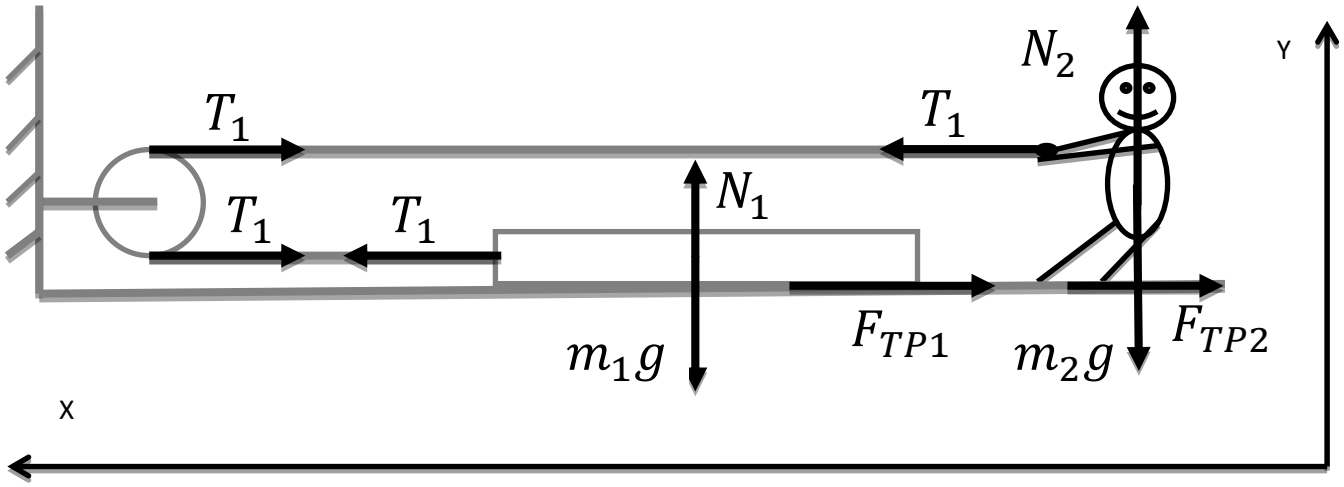
$$N_1 = m_1 g + N_2 = m_1 g + m_2 g$$

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

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

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:

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



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, найдем 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 $2{,}5\mu mg$, в отличии от того, когда он стоит на полу, сила равна $4\mu mg$. 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

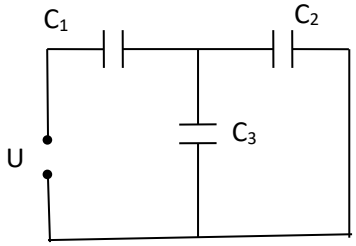
Нахождение сил реакции опоры для второй ситуации..... …..……...1

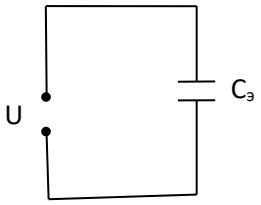
Запись выражения для нахождения силы трения F_{TP1} для второй ситуации.. ……1

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. Зарядка конденсаторов





Чтобы определить величину электрического заряда q_1 на левой пластине первого конденсатора, достаточно заменить приведенную в задаче электрическую схему на эквивалентную, изображенную на рисунке. Эквивалентная емкость $\mathrm{C_э}$ может быть найдена с помощью правил сложения емкостей конденсаторов при последовательном и параллельном соединениях

$$\mathrm{C_э} = \frac{\mathrm{C_1}(\mathrm{C_2} + \mathrm{C_3})}{\mathrm{C_1} + \mathrm{C_2} + \mathrm{C_3}} = \frac{7}{8}C.$$

Тогда для q_1будет справедлива формула

$$q_1 = \mathrm{C_э}U = \frac{7}{8}CU = 2625 \text{ мкКл}.$$

Заряд q_1, перераспределяется, как это видно из электрической схемы, по пластинам второго и третьего конденсаторов прямо пропорционально их емкостям, то есть

$$q_2 = \frac{\mathrm{C_2}}{\mathrm{C_2}+\mathrm{C_3}}\, q_1 = \frac{2}{7}\, q_1 = 750 \text{ мкКл};$$
$$q_3 = \frac{\mathrm{C_3}}{\mathrm{C_2}+\mathrm{C_3}}\, q_1 = \frac{5}{7}\, q_1 = 1875 \text{ мкКл}.$$

При зарядке конденсаторов в подводящих проводах выделится некоторое количество тепла Q. Его величину можно найти, если заметить, что источник тока совершил работу по разделению зарядов

$$A = \, q_1 U = \mathrm{C_э}U^2,$$

а энергия зарядов конденсаторов будет равна

$$W = \frac{\mathrm{C_э}U^2}{2}.$$

Таким образом в подводящих проводах выделится количество тепла

$$Q = A - W = \frac{\mathrm{C_э}U^2}{2} = 393750 \text{ мкДж}.$$

Примерные критерии оценивания:

Указание на то, что можно использовать эквивалентную электрическую схему……..……...2

Нахождение по правилам сложения ёмкостей эквивалентной ёмкости…….4

Нахождение зарядов на конденсаторах……..6

Получено выражение для работы источника тока по разделению зарядов…….2

Получено выражение для энергии зарядов конденсаторов……...2

Найдено количество теплоты, выделившееся на подводящих проводах в процессе зарядки конденсаторов……4

Задача №5. Катушка индуктивности

В согласии с законом Ома для полной цепи сумма напряжений на индуктивности

$$U_L = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

и сопротивлении

$$U_R = RI$$

должна быть равна действующей в цепи ЭДС, то есть

$$L\frac{\Delta I}{\Delta t} + RI = \mathcal{E}. \qquad (1)$$

Скорость накопления энергии в катушке индуктивности будет равна

$$IU_L = I(\mathcal{E} - RI)\,. \qquad (2)$$

Для определения максимального значения правой части равенства (2) воспользуемся тем, что это квадратичная зависимость от I (парабола с ветвями направленными вниз):

$$-I^2R + \mathcal{E}I = 0$$

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

$$I = \frac{\mathcal{E}}{2R}.$$

Примерные критерии оценивания

Формулировка закона Ома для полной цепи – уравнение (1) или аналогичное…….……6

Определение напряжений на индуктивности и сопротивлении……4

Нахождение зависимости скорости накопления энергии в катушке индуктивности от силы тока (2)…..4

Исследование на максимум правой части равенства (2) и получение правильного результата…….6