

Перед Вами – вариант вступительного экзамена в 10 класс СУНЦ УрФУ с профильным изучением физики. Перед нами (кафедра физики и астрономии СУНЦ УрФУ) стоит задача: за два года научить Вас тому, что позволит Вам не только успешно сдать ЕГЭ по физике и быть готовым к обучению в университетах на физических или инженерных специальностях, но и быть конкурентно способными на олимпиадах любого уровня. Поэтому задание почти полностью сформировано из оригинальных задач, которые требуют не простого знания формул и формулировок физических законов, но и понимания физических процессов, происходящих в задачах, умения быстро и правильно считать, делать математические преобразования, умения работать с графиками.

В начале работы внимательно прочитайте всё задание, найдите известные задачи, либо задачи, которые Вы понимаете, как решать и определите порядок решения задач. Вы не обязаны решать задачи по порядку. В задачах много вопросов, они формируют цепочку подсказок, если сумеете ими воспользоваться, то сможете решить задачу. Если не можете решить задачу полностью, то можете отвечать на некоторые вопросы задачи.

Все ответы необходимо перенести в лист ответов.

Черновик не проверяется, проверяется ТОЛЬКО чистовик.

Желаем успехов!

Во всех задачах, где это необходимо, ускорение силы тяжести, следует считать равным $g = 10 \text{ Н/кг}$

10.1.Преобразование символьных выражений (5 баллов)

Требуется выразить неизвестную положительную величину ТОЛЬКО через известные положительные величины.

Все вычисления нужно произвести в черновиках, а в чистовике есть специальная таблица, точно такая же, как та, что находится ниже, в столбик “Ответ” вам нужно внести полученные ответы.

№	Формула	Известные величины	Неизвестная величина	Ответ
1	$h = H - \frac{gt^2}{2}$	h, H, g	t	
2	$\frac{p^2}{2m} = mgh$	p, g, h	m	
3	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	T, m	k	
4	$\frac{mV^2}{2} = \frac{mU^2}{2} + mgh$	V, h, g	m, V Найти V	
5	$\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$	x, m, A	k	
6	$y = v(t - \tau) + \frac{a(t - \tau)^2}{2}$	y, v, g, τ	t	
7	$\begin{cases} v = at \\ s = \frac{at^2}{2} \end{cases}$	v, a	t, S Найти S	
8	$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	R_1, R_3	R_2	
9	$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 \\ I_1 R_1 = I_2 R_2 \end{cases}$	I_3, R_1, R_2	I_1, I_2 Найти I_1	
10	$\begin{cases} G \frac{mM}{R^2} = \frac{mu^2}{R} \\ M = \rho V \\ V = \frac{4}{3}\pi R^3 \end{cases}$	G, ρ, R	m, M, R, u Найти u	

Решение

№	Формула	Известные величины	Неизвестная величина	Ответ	Балл
1	$h = H - \frac{gt^2}{2}$	h, H, g	t	$t = \sqrt{\frac{2(H - h)}{g}}$	0,5
2	$\frac{p^2}{2m} = mgh$	p, g, h	m	$m = \sqrt{\frac{p^2}{2gh}}$	0,5
3	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	T, m	k	$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$	0,5

4	$\frac{mV^2}{2} = \frac{mU^2}{2} + mgh$	V, h, g	m, V Найти V	$V = \sqrt{U^2 + 2gh}$	0,5
5	$\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$	x, m, A	k	$k = \frac{mv^2}{A^2 - x^2}$	0,5
6	$y = v(t - \tau) + \frac{a(t - \tau)^2}{2}$	$y, v, g, \square$	t	$t = \tau + \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2ay}}{a}$	0,5
7	$\begin{cases} v = at \\ s = \frac{at^2}{2} \end{cases}$	v, a	t, S Найти S	$s = \frac{v^2}{2a}$	0,5
8	$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	R_1, R_3	R_2	$R_2 = \frac{R_1 R_3}{R_1 - R_3}$	0,5
9	$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_2 \\ I_1 R_1 = I_2 R_2 \end{cases}$	I_3, R_1, R_2	I_1, I_2 Найти I_1	$I_1 = \frac{I_3 R_2}{R_1 + R_2}$	0,5
10	$\begin{cases} G \frac{mM}{R^2} = \frac{mu^2}{R} \\ M = \rho V \\ V = \frac{4}{3}\pi R^3 \end{cases}$	G, ρ, R	m, M, u Найти u	$u = \sqrt{G \frac{4}{3}\pi \rho R^2}$	0,5

10.2. Система охлаждения лазера (5 баллов)

Лазер излучает световые импульсы с энергией 0,1 Дж и частотой повторения 10 Гц. КПД лазера, определяемый отношением излучаемой энергии к потребляемой, составляет 1%.

10.2.1 Запишите формулу КПД для лазера (1 балл)

10.2.2 Определите энергию, излучаемую лазером, за указанное время. (1 балл)

10.2.3 Запишите закон изменения энергии для лазера. (1 балл)

10.2.4 Какую массу воды необходимо прокачать за 1 ч через охлаждающую систему лазера, чтобы вода нагрелась на 10 °С? (1 балл)

10.2.5 Насколько придется увеличить расход воды (л/мин), если в результате поломки эффективность охлаждения уменьшится на 30%? (1 балл)

Примечание: частота 1 Гц соответствует 1 импульсу в секунду.

Возможное решение

КПД лазера определяется формулой: $\eta = E_{\text{изл}}/E_{\text{потр}}$.

Излучаемая лазером энергия $E_{\text{изл}} = Wvt$, где W - энергия одного импульса, v - частота повторения, t - время работы лазера.

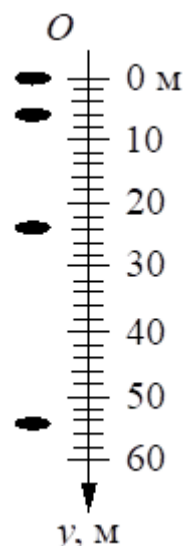
Потребляемая энергия расходуется на энергию лазерного излучения и на нагревание воды в охлаждающей системе: $E_{\text{потр}} = E_{\text{изл}} + Q$, где $Q = cm\Delta T$, c - удельная теплоёмкость воды, m - масса воды, ΔT - изменение температуры воды. Тогда КПД лазера будет равен: $\eta = W_{\text{вт}}/(W_{\text{вт}} + cm\Delta T)$ Отсюда получим: $m = (1 - \eta)W_{\text{вт}}/\eta c\Delta T = 8,5$ кг.

В результате поломки масса прокачанной через систему охлаждения воды возрастет до 11,05 кг, следовательно расход достигнет значения 0,18 л/мин. Поскольку он был до поломки 0,14 л, то расход возрастет на 0,04 л/мин

Задание	Ответ	Балл
10.2.1 Определите КПД лазера	$\eta = E_{\text{изл}}/E_{\text{потр}}$	1
10.2.2 Энергия, излученная лазером за время t	$E_{\text{изл}} = W_{\text{вт}}t$	1
10.2.3 Запишите закон изменения энергии для лазера.	$E_{\text{потр}} = E_{\text{изл}} + Q$, где $Q = cm\Delta T$	1
10.2.4 Какую массу воды необходимо прокачать за 1 ч через охлаждающую систему лазера, чтобы вода нагрелась на 10 °С?	$m = (1 - \eta)W_{\text{вт}}/\eta c\Delta T = 8,5$ кг	1
10.2.5 Насколько придется увеличить расход воды (л/мин) ,если в результате поломки эффективность охлаждения уменьшится на 30%?	До поломки - 0,14 л/мин После поломки 0,18 л/мин Возрастет на 0,04 л/мин	1

10.3. Новые горизонты (5 баллов)

На неизвестной планете, лишённой атмосферы, космонавт уронил предмет без начальной скорости. Четыре последовательных положения которого через каждую секунду показаны на рисунке.



10.3.1 Какой путь прошел предмет за первую секунду? За вторую секунду? За третью секунду? Ответ оформите в виде таблицы.

10.3.2 Обоснуйте, что движение предмета равноускоренное.

10.3.3 Определите проекцию вектора ускорения, с которым падает предмет, на направление оси y .

10.3.4 Запишите зависимость скорости предмета от времени для данного движения.

10.3.5 Запишите зависимость координаты y предмета от времени.

10.3.6 Какой путь прошел предмет за четыре секунды? За четвертую секунду?

Возможное решение:

Какой путь прошел предмет за первую секунду? За вторую секунду? За третью секунду? Ответ оформите в виде таблицы. **(0,5 б)**

1-я секунда	2-я секунда	3-я секунда
6 м	18 м	30 м

Обоснуйте, что движение предмета равноускоренное.

При равноускоренном движении с $v_0=0$ перемещения относятся как нечетные числа (1:3:5) **(1б)**

Определите проекцию вектора ускорения, с которым падает предмет, на направление оси y .

Рассмотрим перемещение за 1-ю секунду. $s = \frac{at^2}{2}$ значит $a = \frac{2s}{t^2} = 12 \text{ м/с}^2$ **(1б)**

Запишите зависимость скорости предмета от времени для данного движения.. $v=12 \cdot t$ **(0,5б)**

Запишите зависимость координаты y предмета от времени.

$$s = \frac{at^2}{2} \quad s = 6t^2 \quad \textbf{(0,5б)}$$

Какой путь прошел предмет за четыре секунды? За четвертую секунду?

$$s = 6 \cdot 42 = 96 \text{ м} \quad (0,56)$$

$$s_4 = 96 - 54 = 42 \text{ м} \quad (16)$$

Задание	Ответ	Балл
10.3.1 Какой путь прошел предмет за первую секунду? За вторую секунду? За третью секунду?	Путь за первую секунду, м Путь за вторую секунду, м Путь за третью секунду, м 6 18 30	0,5
10.3.2 Приведите обоснование того, что движение предмета равноускоренное	При равноускоренном движении с $v_0=0$ перемещения относятся как нечетные числа (1:3:5)	1
10.3.3 Определите проекцию вектора ускорения, с которым падает предмет, на направление оси у.	$a = 2 \cdot s / t^2 = 12 \text{ м/с}^2$	1
10.3.4 Запишите зависимость скорости предмета от времени для данного движения.	$v = 12 \cdot t$	0,5
10.3.5 Запишите зависимость координаты у предмета от времени.	$s = 6t^2$	0,5
10.3.6 Какой путь прошел предмет за четыре секунды? За четвертую секунду?	$s = 6 \cdot 42 = 96 \text{ м}$ $s_4 = 96 - 54 = 42 \text{ м}$	1,5

10.4. Шарик в жидкости (5 баллов)

Однородный деревянный шар массой $m = 1,6 \text{ кг}$ лежит в сосуде с водой, касаясь дна и не

касаясь стенок сосуда, так, что половина шара находится в воде.

10.4.1 Определите плотность дерева, если шар давит на дно сосуда с силой $F = 6 \text{ Н}$. (1,5 балла)

10.4.2 Сделайте чертеж с указанием сил, действующих на шар. (0,5 балла)

10.4.3 Определите радиус шара. Формула для определения объема шара $V = \frac{4\pi R^3}{3}$ (1 балл)

10.4.4 Определите, какая часть объема шара будет погружена в воду в тот момент, когда шар перестанет давить на дно сосуда? (1 балл)

10.4.5 Чтобы шар не всплыл, его привязали ко дну невесомой нерастяжимой нитью. Какой будет сила натяжения этой нити после того, как весь шар окажется под водой? (1 балл)

Возможное решение:

- Определите плотность дерева, если шар давит на дно сосуда с силой $F = 6 \text{ Н}$.

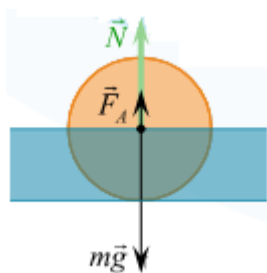
$$F_{\text{арх}} = mg - F = 10 \text{ Н} \quad (0,56)$$

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{в}} g V_{\text{пч}}$$

$$V_{\text{пч}} = 1 \text{ л} \quad V_{\text{ш}} = 2 \text{ л} \quad (0,56)$$

$$\rho_{\text{ш}} = m/V = 800 \text{ кг/м}^3 \quad (0,56)$$

- Сделайте чертеж с указанием сил, действующих на шар.



(0,56)

- Определите радиус шара. Формула для определения объема шара $V = \frac{4\pi R^3}{3}$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \approx 7.8 \text{ см} \quad (16)$$

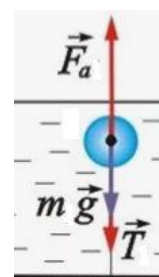
- Определите, какая часть объема шара будет погружена в воду в тот момент, когда шар перестанет давить на дно сосуда?

Условие отрыва шара $F_{\text{арх}} = m_{\text{ш}}g$

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{в}} g V_{\text{пч}} \quad V_{\text{пч}} = 1,6 \text{ л}$$

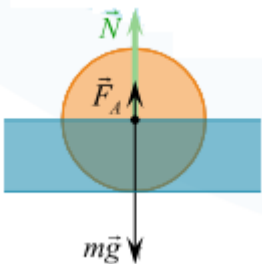
$$N = V_{\text{пч}} / V_{\text{ш}} = 0,8 \text{ (80\%)} \quad (16)$$

- Чтобы шар не всплыл, его привязали ко дну невесомой нерастяжимой нитью. Какой будет сила натяжения этой нити после того, как весь шар окажется под водой?



Т.к. $m_{\text{ш}}g = \rho_{\text{в}}g \cdot 0,8V_{\text{ш}}$

то $T = \rho_{\text{в}}g \cdot 0,2V_{\text{ш}} = 4\text{Н} \quad (16)$

Задание	Ответ	Балл
10.4.1 Определите плотность дерева, если шар давит на дно сосуда с силой $F = 6 \text{ Н}$	$F_{\text{арх}} = mg - F = 10 \text{ Н} \quad (0,56)$ $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{в}}gV_{\text{пч}}$ $V_{\text{пч}} = 1 \text{ л} \quad V_{\text{ш}} = 2 \text{ л} \quad (0,56)$ $\rho_{\text{ш}} = m/V = 800 \text{ кг/м}^3 \quad (0,56)$	1,5
10.4.2 Сделайте чертеж с указанием сил, действующих на шар.		0,5

10.4.3 Определите радиус шара	$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \approx 7.8 \text{ см}$	1
10.4.4 Определите, какая часть объема шара будет погружена в воду в тот момент, когда шар перестанет давить на дно сосуда?	Условие отрыва шара $F_{\text{арх}} = m_{\text{ш}}g$ $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{в}}gV_{\text{пч}}$ $V_{\text{пч}} = 1,6 \text{ л}$ $N = V_{\text{пч}} / V_{\text{ш}} = 0,8 (80\%)$	1
10.4.5 Чтобы шар не всплыл, его привязали ко дну невесомой нерастяжимой нитью. Какой будет сила натяжения этой нити после того, как весь шар окажется под водой?	Т.к. $m_{\text{ш}}g = \rho_{\text{в}}g \cdot 0,8V_{\text{ш}}$ то $T = \rho_{\text{в}}g \cdot 0,2V_{\text{ш}} = 4 \text{ Н}$	1

10.5. Импульс (5 баллов)

Два пластилиновых шарика с массами $3m$ и m ($m=100 \text{ г}$), летящие навстречу друг другу с

одинаковыми по модулю скоростями, при столкновении слипаются.

10.5.1 Каким был модуль скорости каждого из шариков перед столкновением, если сразу после столкновения скорость шариков стала равной $0,5 \text{ м/с}$? Временем взаимодействия шариков пренебречь. (1 балл)

10.5.2 На сколько изменилась кинетическая энергия каждого из шариков в результате столкновения? Как изменилась полная энергия системы в результате столкновения? (0,5 балла)

10.5.3 Найдите количество теплоты, которое выделилось в результате столкновения шариков? (0,5 балла)

10.5.4 Вместо пластилиновых шариков сталкиваются два абсолютно упругих стальных шарика с массами $3m$ и m ($m=100 \text{ г}$), летящие навстречу друг другу с такими же одинаковыми по модулю скоростями. Как теперь изменилась полная энергия системы в результате столкновения? (0,5 балла)

10.5.5 Какими станут скорости этих стальных шариков после этого абсолютно упругого столкновения? Найдите модули и направления векторов этих скоростей. (2,5 балла)

Возможное решение:

- Каким был модуль скорости каждого из шариков перед столкновением, если сразу после столкновения скорость шариков стала равной $0,5 \text{ м/с}$? Временем взаимодействия шариков пренебречь.

$$3mv - mv = 4m \cdot 0,5v$$

$$v = 1 \text{ м/с} \quad (1 \text{ б})$$

- На сколько изменилась кинетическая энергия каждого из шариков в результате столкновения? Как изменилась полная энергия системы в результате столкновения?

Изменение кинетической энергии тела массой $3m$:

$$\Delta E_1 = \frac{3m(0,5v)^2}{2} - \frac{3mv^2}{2} = \frac{3mv^2(0,25-1)}{2} = -0,1125 \text{ Дж}$$

Изменение кинетической энергии тела массой m :

$$\Delta E_2 = \frac{m(0,5v)^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2(0,25-1)}{2} = -0,0375 \text{ Дж} \quad (0,25 \text{ б})$$

Изменение полной энергии системы:

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 = -0,15 \text{ Дж} \quad (0,25 \text{ б})$$

- Найдите количество теплоты, которое выделилось в результате столкновения шариков?

Изменение полной энергии и будет равно выделившемуся количеству теплоты.

$$Q = 0,15 \text{ Дж} \quad (0,5 \text{ б})$$

- Вместо пластилиновых шариков сталкиваются два абсолютно упругих стальных шарика с массами $3m$ и m ($m=100 \text{ г}$), летящие навстречу друг другу с такими же одинаковыми по модулю скоростями (1 м/с). Как теперь изменилась полная энергия системы в результате столкновения?

При абсолютно упругом ударе полная энергия системы не изменяется. **(0,5 б)**

- Какими станут скорости этих стальных шариков после этого абсолютно упругого столкновения? Найдите модули и направления векторов этих скоростей.

$$\begin{aligned} 3mv - mv &= 3m \cdot v_{1x} + m \cdot v_{2x} \\ \frac{3mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} &= \frac{3mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \end{aligned} \quad (1 \text{ б})$$

После решения этой системы уравнений получаем 2 решения

Первое: $v_{1x} = 1 \text{ м/с}$ $v_{2x} = -1 \text{ м/с}$

Данное решение не имеет физического смысла (шарики прошли сквозь друг друга) **(0,5 б)**

Второе: $v_{1x} = 0 \text{ м/с}$ $v_{2x} = 2 \text{ м/с}$

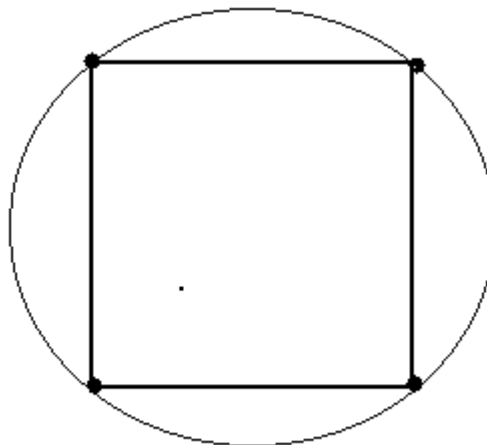
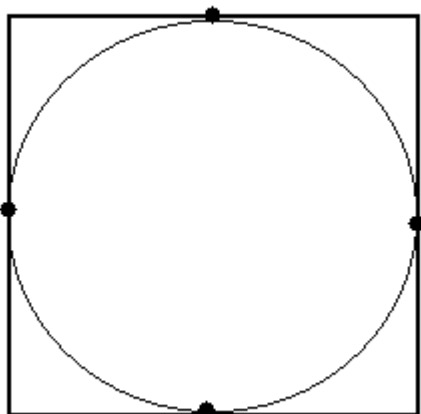
Решение имеет физический смысл. **(1 б)**

Задание	Ответ	Балл
10.5.1 Каким был модуль скорости каждого из шариков перед столкновением, если сразу после столкновения скорость шариков стала равной $0,5 \text{ м/с}$? Временем взаимодействия шариков пренебречь.	$3mv - mv = 4m \cdot 0,5v$ $v = 1 \text{ м/с}$	1
10.5.2 На сколько изменилась кинетическая энергия каждого из шариков в результате столкновения?	$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 = -0,15 \text{ Дж}$	0,5

Как изменилась полная энергия системы в результате столкновения?		
10.5.3 Найдите количество теплоты, которое выделилось в результате столкновения шариков?	$Q = 0,15 \text{ Дж}$	0,5
10.5.4 Вместо пластилиновых шариков сталкиваются два абсолютно упругих стальных шарика с массами $3m$ и m ($m=100 \text{ г}$), летящие навстречу друг другу с такими же одинаковыми по модулю скоростями. Как теперь изменилась полная энергия системы в результате столкновения?	При абсолютно упругом ударе полная энергия системы не изменяется	0,5
10.5.5 Какими станут скорости этих стальных шариков после этого абсолютно упругого столкновения? Найдите модули и направления векторов этих скоростей.	Первое: $v_{1x} = 1 \text{ м/с}$ $v_{2x} = -1 \text{ м/с}$ Данное решение не имеет физического смысла (шарики прошли сквозь друг друга) Второе: $v_{1x} = 0 \text{ м/с}$ $v_{2x} = 2 \text{ м/с}$ Решение имеет физический смысл.	2,5

10.6. Квадратура круга(5 баллов)

Имеющий неумное любопытство, кусачки и две одинаковые проволоки длиной L ученик решил проверить, при каком способе соединения сопротивление получившейся цепи будет наибольшим. Он нарезал, согнул и спаял каждую проволоку так, что в одном случае получилась окружность вписанная в квадрат, а во втором - квадрат, вписанный в окружность. Сопротивление он измерял, подключив омметр в лежащие напротив, через центр окружности, точки касания для обеих полученных цепей.



10.6.1 Сделайте чертеж электрической цепи, полученной из этих проволок и преобразуйте его (1,5 балла)

10.6.2 Определите, как в результате проделанных манипуляций изменились удельное электрическое сопротивление проволок и площадь их поперечного сечения (0,5 балла)

10.6.3 Выразите все характерные геометрические размеры через длину проволоки L (1 балл)

10.6.4 Найдите величину электрического сопротивления каждой из цепей (1,5 балла)

10.6.5 Найдите величину отношения электрических сопротивлений цепей (0,5 балла)

Возможное решение:

:

Поскольку круг и квадрат правильные фигуры, то в силу симметрии, получается цепь, состоящая из четырех одинаковых элементов сопротивления, включенных последовательно по два в две ветви. Таким образом в каждом случае сопротивление всей цепи сводится к величине сопротивления отдельного участка параллельного включения.

Для расчета величины сопротивления заметим, что сечение проволоки и ее материал остаются неизменными.

Заметим, что в первом случае, при касании внутренним образом круга и квадрата, сторона квадрата будет $2R$, где R - радиус окружности. Во втором случае, когда квадрат внутренним образом касается круга, обозначим его

$$\frac{\pi A \sqrt{2}}{2}$$

сторону A , тогда радиус окружности

$L = 8R + 2\pi R$ и $L = 4A + \pi A \sqrt{2}$ - выражения для длин проволоки в первом и втором случае. Тогда сопротивления упомянутых участков можно найти через выражения

$$R_1 = \frac{\rho}{S} \left(\frac{\frac{\pi R}{2} 2R}{\frac{\pi R}{2} + 2R} \right) \quad R_2 = \frac{\rho}{S} \left(\frac{\frac{\pi A \sqrt{2}}{2} A}{\frac{\pi A \sqrt{2}}{2} + A} \right)$$

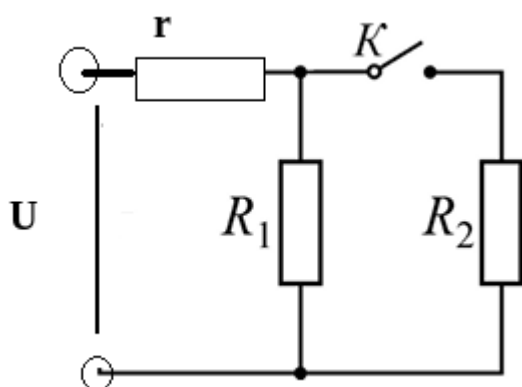
Преобразуя выражения, находим, что отношение примерно равно 0.75

Задание	Ответ	Балл
10.6.1 Сделайте чертеж электрической цепи, полученной из этих проволок и преобразуйте его		1.5
10.6.2 Определите, как в результате проделанных манипуляций изменились	Не изменились	0,5

удельное электрическое сопротивление проволок и площадь их поперечного сечения		
10.6.3 Выразите все характерные геометрические размеры через длину проволоки L	$R = \frac{L}{8 + 2\pi} \quad A = \frac{L}{4 + \pi\sqrt{2}}$	1
10.6.4 Найдите величину электрического сопротивления каждой из цепей	$R_1 = \frac{\rho}{S} \left(\frac{\frac{\pi R}{2} 2R}{\frac{\pi R}{2} + 2R} \right) \quad R_2 = \frac{\rho}{S} \left(\frac{\frac{\pi A\sqrt{2}}{2} A}{\frac{\pi A\sqrt{2}}{2} + A} \right)$	1.5
10.6.5 Найдите величину отношения электрических сопротивлений цепей	0.75	0.5

10.7. Постоянный ток(5 баллов)

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, ключ K сначала был разомкнут, а затем его замкнули. На сколько после этого изменилась тепловая мощность P, выделяющаяся в резисторе сопротивлением $R_1 = 10 \text{ Ом}$, если напряжение на участке цепи 12 В, сопротивление $r = 2 \text{ Ом}$, а сопротивление резистора $R_2 = 15 \text{ Ом}$? Ответ дайте с учётом знака.



10.7.1 Определите величину силы тока, протекавшего через R_1 до замыкания ключа (1 балл)

10.7.2 Определите величину тепловой мощности, выделявшейся на R_1 до замыкания ключа (1 балл)

10.7.3 Определите величину силы тока, протекающего через R_1 после замыкания

ключа (1 балл)

10.7.4 Определите величину тепловой мощности, выделяющейся на R_1 после замыкания ключа (1 балл)

10.7.5 На сколько после этого изменилась тепловая мощность P, выделяющаяся в резисторе сопротивлением R_1 (1 балл)

Возможное решение

1. До замыкания ключа K в левой части цепи по закону Ома для полной цепи

течёт ток $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1} = 1 \text{ А}$, и в резисторе R_1 выделяется тепловая мощность

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{\mathcal{E}^2 R_1}{(r + R_1)^2} = 10 \text{ Вт.}$$

2. После замыкания ключа ток течёт уже через оба резистора R_1 и R_2 .

Согласно закону Ома для полной цепи, через батарейку течёт ток

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = 1,5 \text{ А.}$$

При этом оба резистора R_1 и R_2 находятся под напряжением

$$U_2 = \mathcal{E} - I_2 r = \frac{\frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = I_2 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

3. В резисторе R_1 при этом выделяется мощность

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_1} = I_2^2 \frac{R_1 R_2^2}{(R_1 + R_2)^2} = 8,1 \text{ Вт.}$$

4. Таким образом, изменение мощности после замыкания ключа равно:

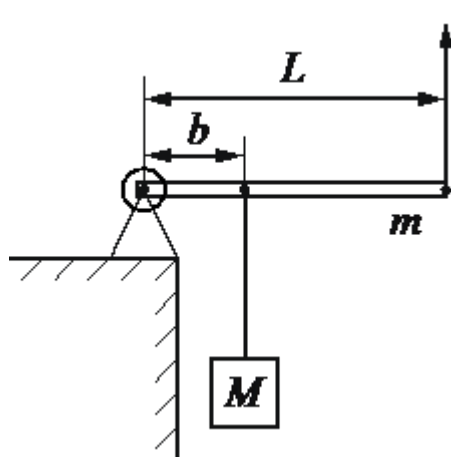
$$\Delta P = P_2 - P_1 = -1,9 \text{ Вт.}$$

ОТВЕТ: $\Delta P = -1,9 \text{ Вт.}$

Задание	Ответ	Балл
10.7.1 Определите величину силы тока, протекавшего через R_1 до замыкания ключа	$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1} = 1 \text{ А,}$	1
10.7.2 Определите величину тепловой мощности, выделявшейся на R_1 до замыкания ключа	$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{\mathcal{E}^2 R_1}{(r + R_1)^2} = 10 \text{ Вт.}$	1
10.7.3 Определите величину силы тока, протекающего через R_1 после замыкания ключа	$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = 1,5 \text{ А.}$	1
10.7.4 Определите величину тепловой мощности, выделяющейся на R_1 после замыкания ключа	$P_2 = \frac{U_2^2}{R_1} = I_2^2 \frac{R_1 R_2^2}{(R_1 + R_2)^2} = 8,1 \text{ Вт.}$	1
10.7.5 На сколько после этого изменилась тепловая мощность P , выделяющаяся в резисторе сопротивлением R_1	$\Delta P = P_2 - P_1 = -1,9 \text{ Вт.}$	1

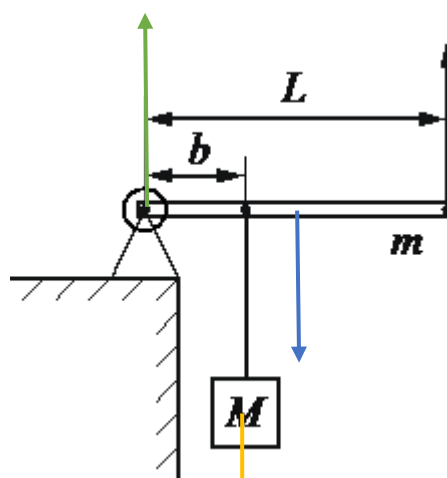
10.8 Статика (5 баллов)

Груз массой $M=75 \text{ кг}$ медленно поднимают с помощью рычага, приложив вертикальную силу F (см. рисунок). Рычаг, сделанный из однородного стержня массой $m=10 \text{ кг}$ и длиной $L=4 \text{ м}$, шарнирно закреплён. Определите модуль силы F , если расстояние b от оси шарнира до точки подвеса груза равно $1,6 \text{ м}$. Считать, что трение в шарнире отсутствует.



- 10.8.1 Сделайте чертеж с указанием сил, действующих на систему (1 балл)
 10.8.2 Запишите правило моментов для этой системы (1 балл)
 10.8.3 Получен правильный ответ (3 балла)

Возможное решение:



- 10.8.1 Рисунок с указанием сил
 10.8.2 Правило моментов для системы относительно точки крепления шарнира

$$Mgb + \frac{mgL}{2} = FL$$

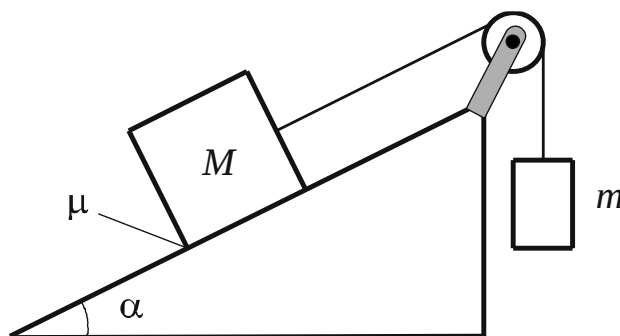
 10.8.3
$$F = \frac{mg}{2} + \frac{Mgb}{L}$$

$$F = 350 \text{ Н}$$

Задание	Ответ	Балл
10.8.1 Сделайте чертеж с указанием сил, действующих на систему (1 балл)		1
10.8.2 Запишите правило моментов для этой системы (1 балл)	$Mgb + \frac{mgL}{2} = FL$	1
10.8.3 Получен правильный ответ (3 балла)	$F = \frac{mg}{2} + \frac{Mgb}{L}$ $F = 350 \text{ Н}$	3

10.9 Динамика (5 баллов)

Грузы массами $M=1$ кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через невесомый блок, вращающийся без трения (см. рисунок). Груз массой M покоится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту $\alpha=30^\circ$, коэффициент трения $\mu=0,3$). Чему равно минимальное значение массы m , при котором система грузов остаётся в состоянии покоя? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы.



10.9.1 Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы (1 балл)

10.9.2 Определите минимальное значение массы m , при котором система грузов остаётся в равновесии (2 балла)

10.9.3 Определите, с каким ускорением будет двигаться система, если массу груза увеличить в два раза. *Примечание: воспользуйтесь значением массы, найденном в предыдущем пункте* (2 балла)

Задание	Ответ	Балл
10.9.1 Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы		1
10.9.2 Определите минимальное значение массы m , при котором система грузов остаётся в равновесии	$m_{\min} \approx 0,24$ кг	2
10.9.3 Определите, с каким ускорением будет двигаться система, если массу груза увеличить в два раза	$A = 0$, тело будет покоиться	2

Возможное решение:

Обоснование

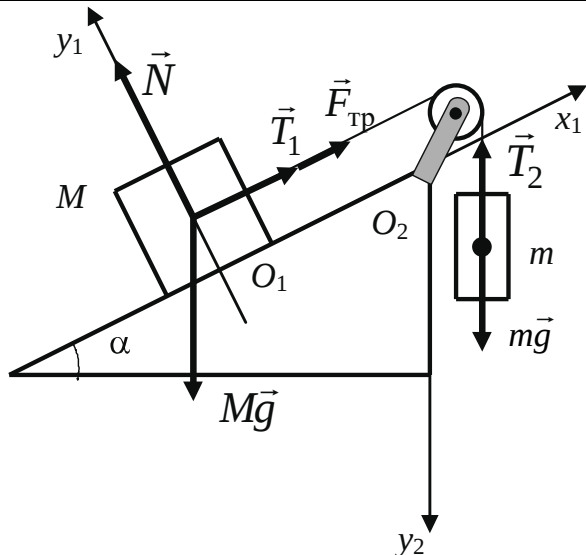
Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с наклонной плоскостью. Тела можно считать материальными точками.

На рисунке показаны силы, действующие на грузы.

Так как блок и нить невесомы и трения в блоке нет, то силы натяжения нити, действующие на грузы, одинаковы по модулю:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T.$$

Если масса m достаточно мала, но грузы ещё покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой M , направлена вверх вдоль наклонной плоскости (см. рисунок).



Решение

Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введённой системы координат:

$$\left. \begin{aligned} O_1 x_1: T_1 - M g \sin \alpha + F_{\text{тр}} &= 0, \\ O_1 y_1: N - M g \cos \alpha &= 0, \\ O_2 y_2: m g - T_2 &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Учтём, что:

$$T_1 = T_2 = T; F_{\text{тр}} \leq \mu N \quad (\text{сила трения покоя}).$$

Тогда

$$\begin{aligned} T &= m g, \\ F_{\text{тр}} &= M g \sin \alpha - m g, \\ N &= M g \cos \alpha; \end{aligned}$$

приходим к неравенству

$$M g \sin \alpha - m g \leq \mu M g \cos \alpha$$

с решением

$$m \geq M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

Таким образом,

$$m_{\min} = M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 1 \left(0,5 - 0,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx 0,24 \text{ кг}.$$

Ответ: $m_{\min} \approx 0,24 \text{ кг}$

Для того чтобы понять, будет ли вообще двигаться груз, необходимо сравнить силу натяжения нити с суммой проекций силы тяжести и максимальной силой трения

Из предыдущего решения становится понятно, что увеличения массы в два раза оказывается недостаточно, для того чтобы заставить двигаться тело, поэтому $a = 0$

10.10 Река с течением (5 баллов)

10.10.1 Моторная лодка по течению движется со скоростью $3V$, против течения со скоростью V . Чему равна скорость течения? (0,5 балла). Чему равна скорость лодки относительно берега? (0,5 балла)

10.10.2 Рассмотрим ту же реку, скорость течения которой Вы находили в пункте 10.10.1. Теперь человек, сидящий в той же лодке, что и в п.10.10.1., хочет переправиться с одного берега на другой, причем при переправе скорость лодки относительно воды всегда направлена перпендикулярно берегу. Считая, что скорость течения реки одинакова по всей ширине, всегда направлена параллельно берегу, определите время (2 балла), за которое лодка пересечет реку и расстояние, на которое ее снесет по течению (2 балла). Ширина реки одинакова и равна d .

ОТВЕТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ:

Введём обозначения: V_0 – собственная скорость лодки (скорость лодки относительно воды), U – скорость течения реки.

Скорость лодки по течению:

$$V_0 + U = 3V;$$

$$V_0 - U = V.$$

Решая полученную систему уравнений, найдем

$$V_0 = 2V;$$

$$U = V.$$

1 Записано выражение для скорости лодки по течению, против течения (по 0,5 за каждое)

1 балл

2 Найдена собственная скорость лодки, скорость течения реки (по 0,5 за каждую)

1 балл

1.2. Рассмотрим ту же реку, скорость течения которой Вы находили в пункте 1.1.

Теперь человек, сидящий в той же лодке, что и в п.1.1., хочет переправиться с одного берега на другой, причем при переправе скорость лодки относительно воды всегда направлена перпендикулярно берегу. Считая, что скорость течения реки одинакова по всей ширине, всегда направлена параллельно берегу, определите время (2 балла), за которое лодка пересечет реку и расстояние, на которое ее снесет по течению (2 балла). Ширина реки одинакова и равна d .

ОТВЕТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ:

Из условия задачи следует, что в направлении перпендикулярном берегу, лодка движется равномерно со скоростью $V_0 = 2V$. Поэтому время переправы равно

$$t = \frac{d}{V_0} = \frac{d}{2V}.$$

За это время вдоль берега лодку снесет на расстояние

$$S = U \cdot t = \frac{d}{2V} \cdot V = \frac{d}{2}.$$

Задание	Ответ	Балл
10.10.1 Моторная лодка по течению движется со скоростью $3V$, против течения со скоростью V . Чему равна скорость течения? . Чему равна скорость лодки относительно берега	Скорость течения $V_0 - U = V$ Скорость лодки $V_0 = 2V$	1
10.10.2 Определите время ,за которое лодка пересечет реку и расстояние, на которое ее снесет по течению	Время пересечения реки $t = \frac{d}{V_0} = \frac{d}{2V}.$ Расстояние сноса $S = U \cdot t = \frac{d}{2V} \cdot V = \frac{d}{2}.$	4