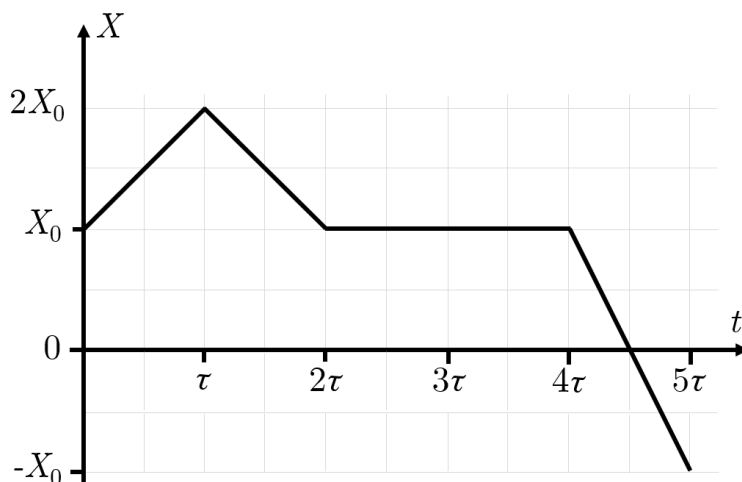


## Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

**Задание 1. Вариант 1.** Дан график зависимости координаты частицы, двигавшейся вдоль прямой  $OX$ , от времени  $t$ .



Считая  $\tau = 1$  с, а  $X_0 = 2$  м, ответьте на вопросы.

а) Определите максимальное удаление частицы от начального положения на интервале времени от 0 до 5 с. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

**Ответ:** 4

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

б) В течение какого времени частица покоилась? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

**Ответ:** 2

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите модуль перемещения тела за время от 0 до  $2\tau$ . Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

**Ответ:** 0

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите путь тела от 0 до  $5\tau$ . Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

**Ответ:** 8

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите максимальное значение средней путевой скорости от начала движения. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

**Ответ:** 2.0

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

а) Удаление частицы равно модулю разности между текущей и начальной координатами. Наибольшего значения эта разность достигла в момент времени  $5\tau$ :

$$|\Delta x| = |-x_0 - x_0| = 2x_0 = 4 \text{ м.}$$

б) Координата частицы не менялась на интервале времени от  $2\tau$  до  $4\tau$ , то есть время покоя  $2\tau = 2$  с.

в) Модуль перемещения равен модулю разности координат:

$$|s| = |\Delta x| = |x(2\tau) - x(0)| = |x_0 - x_0| = 0 \text{ м.}$$

г) Для нахождения пути заметим, что сперва частица переместилась на  $x_0$  в положительном направлении оси, потом — на  $3x_0$  в отрицательном направлении. Итоговый путь  $4x_0 = 8$  м.

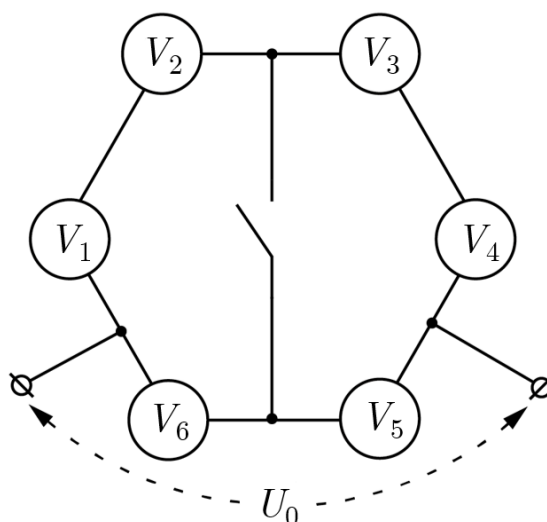
д) Отметим, что на интервале времени от 0 до  $2\tau$  мгновенная путевая скорость, а следовательно, и средняя путевая скорость оставались постоянными и равными  $v_1 = \frac{x_0}{\tau}$ . Далее частица покоилась, следовательно, средняя путевая скорость уменьшалась. После возобновления движения средняя путевая скорость могла как продолжать падать, так и начать расти. Ко времени  $5\tau$  она приняла значение  $v_2 = \frac{4x_0}{5\tau} = 0.8 \frac{x_0}{\tau} < v_1$ . Максимальная средняя путевая скорость:

$$v_1 = \frac{x_0}{\tau} = 2 \text{ м/с.}$$

**Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.**  
**Пункты а, б, г, д)**

№ варианта	$\tau$ , с	$X_0$ , м	$\tau_2$ , с	Макс. удаление, м	Время покоя, с	Путь от 0 до $5\tau$ , м	$v_1$ , м/с
1	1	2	5	4	2	8	2
2	1	6	5	12	2	24	6
3	1	8	5	16	2	32	8
4	1	10	5	20	2	40	10
5	2	6	10	12	4	24	3
6	2	8	10	16	4	32	4
7	2	10	10	20	4	40	5
8	5	2	25	4	10	8	0.4
9	5	4	25	8	10	16	0.8
10	5	6	25	12	10	24	1.2
11	5	8	25	16	10	32	1.6
12	10	2	50	4	20	8	0.2
13	10	6	50	12	20	24	0.6
14	10	10	50	20	20	40	1

**Задание 2. Вариант 1.** Электрическая цепь, схема которой показана на рисунке, состоит из шести одинаковых вольтметров и подключена к источнику постоянного напряжения  $U_0 = 4$  В.



Ключ разомкнут.

а) Какое напряжение показывает вольтметр  $V_1$ ? Ответ выразите в вольтах, округлите до целых.

**Ответ:** 1

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какое напряжение показывает вольтметр  $V_5$ ? Ответ выразите в вольтах, округлите до целых.

**Ответ:** 2

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите отношение сил токов через вольтметры  $V_5$  и  $V_1$ . Ответ округлите до целых.

**Ответ:** 2

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

г) Ключ замыкают. Определите силу тока через него. Ответ выразите в амперах, округлите до целых.

**Ответ:** 0

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

д) Ключ размыкают. Один из вольтметров сгорает (создаёт разрыв в цепи). Определите сумму показаний оставшихся вольтметров. Ответ выразите в вольтах, округлите до целых.

**Ответ:** 4

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

а) На участке, где находится вольтметр  $V_1$ , четыре одинаковых вольтметра подключены последовательно, значит, падение напряжения на них, а следовательно, и их показания одинаковы. Суммарное падение напряжения на них — это  $U_0$ . Значит,  $U_1 = \frac{U_0}{4} = 1$  В.

б) В ветке, где находится вольтметр  $V_5$ , два одинаковых вольтметра подключены последовательно, значит, падение напряжения на них, а следовательно, и их показания одинаковы. Суммарное падение напряжения на них — это  $U_0$ . Значит,  $U_5 = \frac{U_0}{2} = 2$  В.

в) Сопротивления вольтметров одинаковые:

$$R_5 = R_1 \rightarrow \frac{U_5}{I_5} = \frac{U_1}{I_1} \rightarrow \frac{I_5}{I_1} = \frac{U_5}{U_1} = 2.$$

г) При замыкании ключа вольтметры образуют сбалансированный мостик. Тока через ключ не будет.

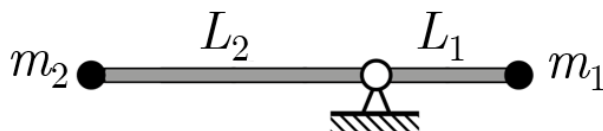
д) Заметим, что через участок со сгоревшим вольтметром тока нет. Значит, все вольтметры этой ветки покажут 0. Ток через вольтметры другого участка не изменится, не изменятся и их показания. Сумма этих показаний останется  $U_{\text{ост}} = 4$  В.

### Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

Пункты а, б, д)

№ варианта	$U_0$ , В	$U_1$ , В	$U_2$ , В	$U_{\text{ост}}$ , В
1	4	1	2	4
2	8	2	4	8
3	12	3	6	12
4	16	4	8	16
5	20	5	10	20

**Задание 3. Вариант 1.** Система состоит из невесомого рычага и закреплённых на нём точечных масс:  $m_1 = 0.36$  кг и  $m_2 = 0.18$  кг. Плечи рычага  $L_1 = 5$  см и  $L_2 = 15$  см.



Трения в системе нет, рычаг не деформируется. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

а) Куда будут смещаться части системы?

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца.

Ответы приведены ниже в нужном порядке.

**Ответ:**

Шарнир	Останется на месте
Масса $m_1$	Вверх
Масса $m_2$	Вниз

**Критерий оценивания:** за каждую верную пару — 1 балл. Всего 3 балла

б) Определите отношение перемещения массы  $m_2$  к перемещению массы  $m_1$  за равные промежутки времени.

**Ответ:** 3

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какую минимальную силу нужно приложить к системе в исходном положении, чтобы она находилась в равновесии? Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

**Ответ:** 0.60

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

г) Чему равна сила реакции в шарнире в исходном положении, если систему в состоянии покоя удерживает минимальная сила? Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

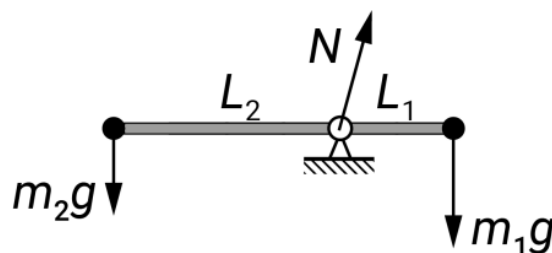
Ответ: 4.80

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Расставим действующие на рычаг силы.



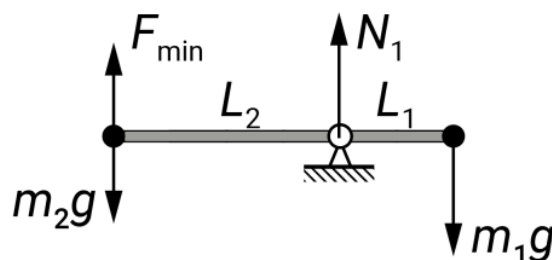
Сравним моменты сил относительно оси вращения шарнира:

$$\begin{aligned} M_1 &= m_1 g L_1 = 0.18 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_2 &= m_2 g L_2 = 0.27 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_1; \\ M_N &= 0 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Значит, система будет вращаться против часовой стрелки, шарнир останется на месте, масса  $m_2$  сместится вниз, а  $m_1$  — вверх.

б) Массы будут перемещаться по окружностям с центром в шарнире и с радиусами, равными плечам рычага. Пройденные пути — это длины дуг окружностей. Они относятся как радиусы этих окружностей:  $s_2/s_1 = L_2/L_1 = 3$ .

в) Внешняя сила нужна, чтобы компенсировать избыточный момент от силы тяжести  $m_2 g$ . Минимальная сила подразумевает максимальное плечо, то есть максимальное удаление точки приложения силы от шарнира (а это  $L_2$ ) и перпендикулярное рычагу направление силы.



Запишем правило моментов относительно шарнира:

$$m_2 g L_2 = m_1 g L_1 + F_{\min} L_2 \rightarrow F_{\min} = \frac{m_2 g L_2 - m_1 g L_1}{L_2} = 0.6 \text{ Н}.$$

г) Зная  $F_{\min}$ , запишем условие равновесия для сил:

$$m_2 g + m_1 g = F_{\min} + N_1 \rightarrow N_1 = m_2 g + m_1 g - F_{\min} = 4.80 \text{ Н}.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

Пункты б, в, г)

№ варианта	$m_2$ , кг	$L_1$ , см	$m_1$ , кг	$L_2$ , см	$s_2/s_1$	$F_{\min}$ , Н	$F_N$ , Н
1	0.18	5	0.36	15	3	0.6	4.8
2	0.18	15	0.72	75	5	0.36	8.64
3	0.18	20	0.9	120	6	0.3	10.5
4	0.18	25	1.26	200	8	0.23	14.18
5	0.36	5	0.72	15	3	1.2	9.6
6	0.36	15	1.44	75	5	0.72	17.28
7	0.36	25	2.52	200	8	0.45	28.35
8	0.54	5	1.08	15	3	1.8	14.4

№ варианта	$m_2$ , кг	$L_1$ , см	$m_1$ , кг	$L_2$ , см	$s_2/s_1$	$F_{min}$ , Н	$F_N$ , Н
9	0.54	10	1.62	40	4	1.35	20.25
10	0.54	15	2.16	75	5	1.08	25.92
11	0.54	25	3.78	200	8	0.68	42.53
12	0.72	5	1.44	15	3	2.4	19.2
13	0.72	15	2.88	75	5	1.44	34.56
14	0.72	25	5.04	200	8	0.9	56.7