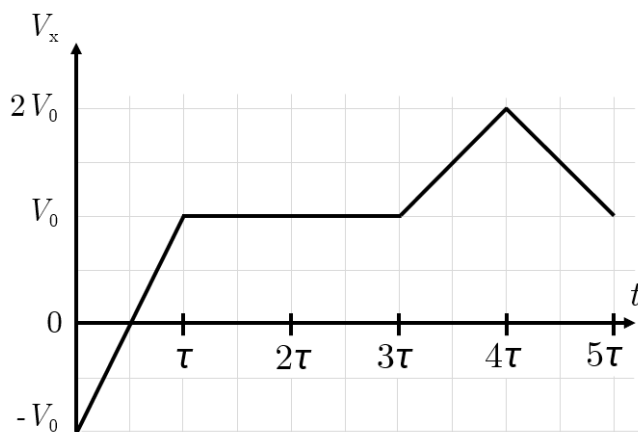


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Дан график зависимости проекции V_x скорости частицы, двигавшейся вдоль прямой Ox , от времени t .



Считая $\tau = 2$ с и $V_0 = 2$ м/с, ответьте на вопросы.

а) В какой момент времени частица остановилась?

Ответ:

- ✓ 1 с
- 2 с
- 6 с
- 8 с

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) В какой момент времени частица вернулась в начальную точку?

Ответ:

- 1 с
- ✓ 2 с
- 6 с
- 8 с

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Определите максимальную скорость частицы. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

г) Определите путь частицы за время от 0 до 3τ . Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 10

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите модуль перемещения частицы за время от 0 до 3τ . Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

е) В какой момент времени была пройдена половина пути за время от 0 до 5τ ? Ответ выразите в секундах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [6.44; 6.46]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

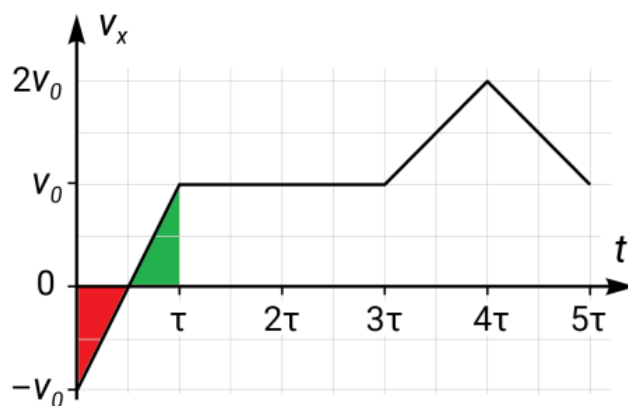
Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) В момент остановки проекция скорости частицы становится равной 0, что происходит при $t_1 = 1$ с.

В других вариантах формулировка данного вопроса могла отличаться от представленной в данном варианте, однако ответ остаётся таким же.

б) К моменту возврата в начальную точку площадь под графиком станет равной 0 (на графике отрицательные значения показаны красным, положительные — зелёным). Это происходит при $t_2 = 2$ с.

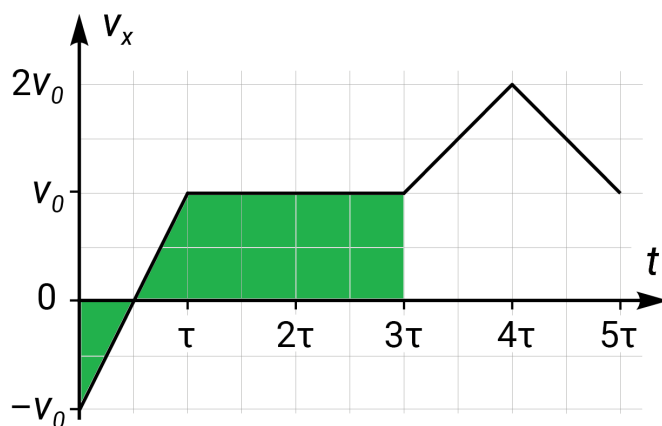


В других вариантах формулировка данного вопроса могла отличаться от представленной в данном варианте, однако ответ остаётся таким же.

в) Максимальная скорость по графику $V_{\max} = 2V_0 = 4 \text{ м/с}$.

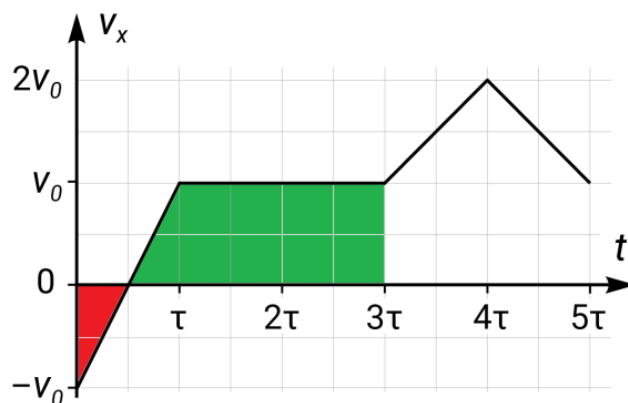
г) Путь пропорционален площади под графиком, причём для его подсчёта, в отличие от проекции перемещения, знак площади не учитывается. Площадь закрашенной части составляет 10 клеток сетки. Каждая клетка соответствует пути $0.5\tau \cdot 0.5V_0$.

Итого путь $s_1 = 2.5\tau \cdot V_0 = 10 \text{ м}$.

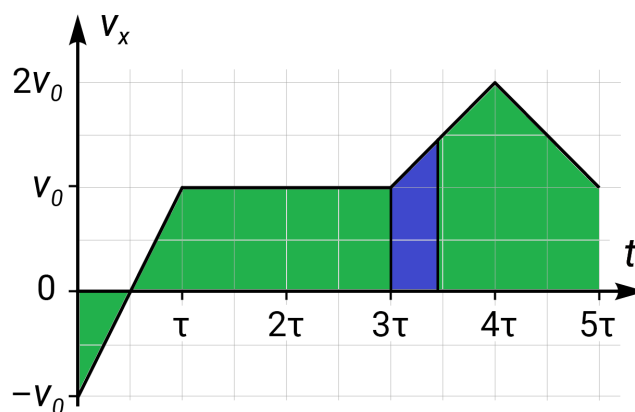


д) Проекция перемещения пропорциональна площади под графиком, причём для его подсчёта учитывается знак площади. Разность отрицательного и положительного значений площади составляет 8 клеток сетки. Каждая клетка соответствует пути $0.5\tau \cdot 0.5V_0$.

Итого путь $s_2 = 2\tau \cdot V_0 = 8 \text{ м}$.



е) Найдём путь за время от 0 до 10 с. Закрашены 22 клетки сетки, что соответствует пути, равному 22 м. Половина пути — 11 м. За первые 6 с пройдено 10 м. Осталось найти такой отрезок времени Δt после 6 с, когда частица дополнительно пройдёт $0.25\tau \cdot V_0 = 1 \text{ м}$ (показан синим).



Ускорение частицы на этом участке $a = V_0/\tau$. Составим уравнение, описывающее пройденный путь:

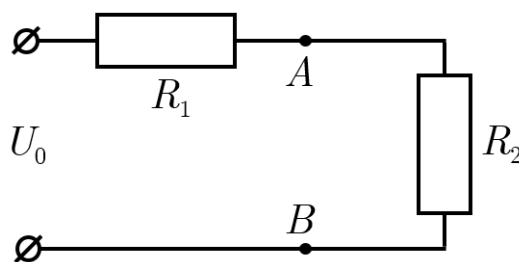
$$S = V_0\Delta t + 0.5a\Delta t^2 \rightarrow 0.25\tau \cdot V_0 = V_0\Delta t + 0.5V_0\Delta t^2/\tau \rightarrow \Delta t^2 + 2\tau\Delta t - 0.5\tau^2 = 0.$$

Решая квадратное уравнение относительно Δt , найдём неотрицательный корень: $\Delta t = (\sqrt{1.5} - 1)\tau$, то есть частица пройдёт 11 метров к моменту $t_3 = 3\tau + \Delta t = (\sqrt{1.5} + 2)\tau \approx 6.45$ с.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	τ , с	V_0 , м/с	t_1 , с	t_2 , с	$V_{\max}$, м/с	s_1 , м	s_2 , м	$t_3^{\min}$, с	$t_3^{\max}$, с
1	2	2	1	2	4	10	8	6.44	6.46
2	4	1	2	4	2	10	8	12.89	12.91
3	6	3	3	6	6	45	36	19.34	19.36
4	8	4	4	8	8	80	64	25.79	25.81
5	10	5	5	10	10	125	100	32.24	32.26
6	2	6	1	2	12	30	24	6.44	6.46
7	4	7	2	4	14	70	56	12.89	12.91
8	6	8	3	6	16	120	96	19.34	19.36
9	8	9	4	8	18	180	144	25.79	25.81
10	10	10	5	10	20	250	200	32.24	32.26

Задание 2. Вариант 1. Электрическая цепь, схема которой показана на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения $U_0 = 36$ В.



В составе цепи есть два резистора R_1 и R_2 . Также в цепи есть точки A и B для подключения дополнительных элементов.

а) Если к точкам A и B подключить идеальный амперметр, то он покажет $I_1 = 2$ мА. Определите сопротивление резистора R_1 . Ответ выразите в килоомах, округлите до целых.

Ответ: 18

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) К точкам A и B подключили перемычку. Определите тепловую мощность, выделяющуюся на резисторе R_1 . Ответ выразите в милливаттах, округлите до целых.

Ответ: 72

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Если к точкам A и B подключить идеальный вольтметр, то он покажет $U_2 = 18$ В. Определите отношение $\frac{R_1}{R_2}$.

Ответ: 1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) К точкам A и B ничего не подключили. Определите тепловую мощность, выделяющуюся на резисторе R_1 . Ответ выразите в милливаттах, округлите до целых.

Ответ: 18

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите максимально возможный ток через резистор R_1 в цепи. К точкам A и B можно подключить любой элемент, кроме источника энергии. Ответ выразите в миллиамперах, округлите до целых.

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Идеальный амперметр создаст короткое замыкание на резисторе R_2 , в связи с чем ток будет протекать только через амперметр и R_1 , то есть сила тока по закону Ома будет определяться только значением сопротивления резистора R_1 :

$$I_1 = \frac{U_0}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U_0}{I_1} = 18 \text{ кОм.}$$

б) Аналогично предыдущему вопросу, переключатель вызывает короткое замыкание R_2 , ток протекает только через R_1 . Выделяющаяся мощность:

$$N(R_1) = U_0 \cdot I_1 = 72 \text{ мВт.}$$

в) Через идеальный вольтметр тока нет, значит, резисторы подключены последовательно, сила тока одинаковая, падение напряжения на резисторе пропорционально сопротивлению:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I \cdot R_1}{I \cdot R_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_0 - U_2}{U_2} = 1.$$

г) Напряжение на резисторах в этом случае такое же, как и в предыдущем пункте, так как тока через идеальный вольтметр нет. Напряжение на первом резисторе $U_1 = U_0 - U_2$, его сопротивление $R_1 = \frac{U_0}{I_1}$, выделяющаяся мощность:

$$N'(R_1) = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{(U_0 - U_2)^2 \cdot I_1}{U_0} = 18 \text{ мВт.}$$

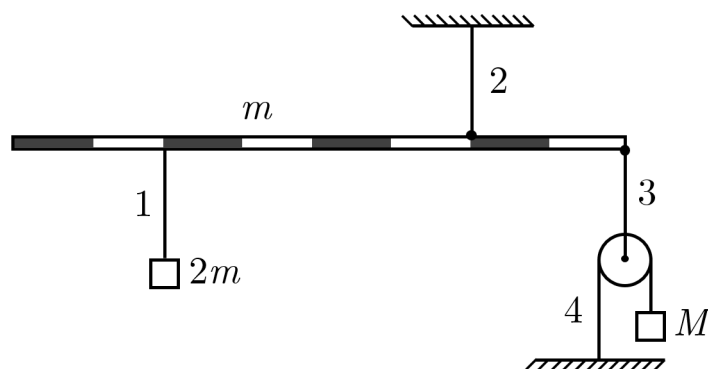
д) Максимальный ток через R_1 будет в ситуации, когда к нему приложено максимальное напряжение, то есть напряжение источника U_0 . Такая ситуация возможна, например, при подключении амперметра или переключки.

$$I_{\max} = \frac{U_0}{R_1} = I_1 = 2 \text{ мА.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ варианта	I_1 , мА	R_1 , кОм	$N(R_1)$, мВт	U_2 , В	R_1/R_2	$N'(R_1)$, мВт	$I_{\max}$, мА
1	2	18	72	18	1	18	2
2	3	12	108	12	2	48	3
3	4	9	144	9	3	81	4
4	6	6	216	6	5	150	6
5	9	4	324	4	8	256	9
6	12	3	432	3	11	363	12
7	18	2	648	2	17	578	18
8	2	18	72	2	17	64	2
9	3	12	108	3	11	91	3
10	4	9	144	4	8	114	4
11	6	6	216	6	5	150	6
12	9	4	324	9	3	182	9
13	12	3	432	12	2	192	12
14	18	2	648	18	1	162	18

Задание 3. Вариант 1. Находящаяся в равновесии система состоит из однородного горизонтального рычага массой $m = 1$ кг и двух грузов массой $2m$ и $M = 0.1$ кг.



Все эти тела соединены между собой блоком и невесомыми нитями, свободные участки которых вертикальны. Трения в системе нет. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

а) Определите силу натяжения нитей. Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ:

Нить	Ответ	Критерий оценивания
1	20 Н	за верный ответ 1 балл
2	80 Н	за верный ответ 3 балла
3	50 Н	за верный ответ 2 балла
4	1 Н	за верный ответ 1 балл

б) Определите массу блока. Ответ выразите в килограммах, округлите до десятых.

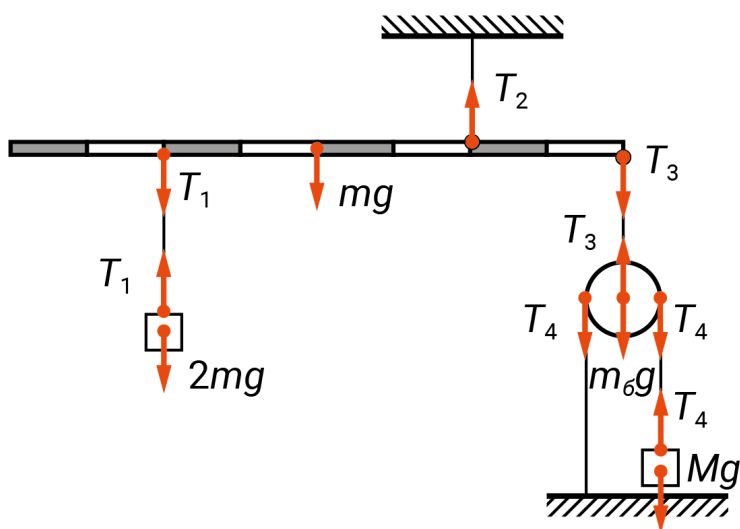
Ответ: 4.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Обозначим действующие на подвижные тела силы.



Нить 1. Сила натяжения нити 1 в состоянии равновесия определяется массой груза $2m$:

$$T_1 = 2mg = 20 \text{ Н.}$$

Нить 2. Запишем правило моментов для рычага относительно точки крепления нити 3:

$$6lT_1 + 4lm_g = 2lT_2 \rightarrow T_2 = 2mg + 3T_1 = 8mg = 80 \text{ Н.}$$

Нить 3. Запишем условие равновесия рычага:

$$T_1 + mg + T_3 = T_2 \rightarrow T_3 = T_2 - T_1 - mg = 5mg = 50 \text{ Н.}$$

Нить 4. Сила натяжения нити 4 в состоянии равновесия определяется массой груза M :

$$T_4 = Mg = 1 \text{ Н.}$$

б) Запишем условие равновесия блока: $2T_4 + m_6g = T_3 \rightarrow m_6 = \frac{T_3 - 2T_4}{g} = 5m - 2M = 4.8$ кг.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	m , кг	M , кг	T_1 , Н	T_2 , Н	T_3 , Н	T_4 , Н	m_6 , кг
1	1	0,1	20	80	50	1	4.8
2	2	0.2	40	160	100	2	9.6
3	3	0.3	60	240	150	3	14.4
4	4	0.4	80	320	200	4	19.2
5	5	0.5	100	400	250	5	24
6	4	0.6	80	320	200	6	18.8
7	3	0.7	60	240	150	7	13.6
8	2	0.8	40	160	100	8	8.4
9	1	0.9	20	80	50	9	3.2