

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2025–2026 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 50.

Задача 1. Вопросы 1-4

Электробус, движущийся по улице, начинает тормозить с постоянным ускорением, когда до ближайшей остановки остаётся проехать расстояние $S_0 = 300$ м. В этот момент его обгоняет автомобиль такси, движущийся равномерно со скоростью $v_T = 72$ км/ч. Электробус прибыл на остановку спустя время $t = 25$ с после того, как мимо неё проследовало такси. Размерами транспортных средств и протяжённостью остановки можно пренебречь.

1. С какой скоростью v_3 двигался электробус непосредственно перед началом торможения? Дайте ответ в км/ч с округлением до целого числа. **(2 балла)**
2. С каким по модулю ускорением a происходило торможение электробуса? Дайте ответ в м/с² с округлением до тысячных долей. **(2 балла)**
3. Какая скорость v была у электробуса в момент времени, когда автомобиль такси проезжал мимо остановки? Дайте ответ в км/ч с округлением до целого числа. **(2 балла)**
4. На какое расстояние S автомобиль такси обогнал электробус к моменту, когда машина такси проезжала мимо остановки? Дайте ответ в метрах с округлением до целого числа. **(2 балла)**

Решение:

1, 2. Время движения такси от места обгона электробуса до остановки:

$$t_T = \frac{S_0}{v_T}.$$

Время движения электробуса от места обгона до остановки: $t_3 = t + t_T$.

Скорость электробуса непосредственно перед началом торможения: $v_3 = at_3$.

Путь электробуса от места обгона до остановки:

$$S_0 = v_3 t_3 - \frac{at_3^2}{2} = \frac{at_3^2}{2}.$$

Отсюда

$$a = \frac{2S_0}{t_3^2} = \frac{2S_0}{\left(\frac{S_0}{v_T} + t\right)^2} = 0,375 \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

$$v_3 = at_3 = \frac{2S_0}{\frac{S_0}{v_T} + t} = 54 \text{ км/ч}.$$

3. Скорость v , которая была у электробуса, в момент времени, когда машина такси проезжала мимо остановки,

$$v = v_3 - at_T = v_3 - a \frac{S_0}{v_T} = \frac{2S_0 t}{\left(\frac{S_0}{v_T} + t\right)^2} \approx 34 \text{ км/ч.}$$

4. Расстояние S , на которое машина такси обогнала электробус к моменту, когда машина такси проезжала мимо остановки, можно представить как путь, который осталось проехать электробусу до остановки за время t :

$$S = vt - \frac{at^2}{2} = \frac{S_0 t^2}{\left(\frac{S_0}{v_T} + t\right)^2} \approx 117 \text{ м.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задачи 1

Вариант	S_0 , м	v_T , км/ч	t , с	Ответ на вопрос 1	Ответ на вопрос 2	Ответ на вопрос 3	Ответ на вопрос 4
1	300	72	25	54	0,375	34	117
2	500	60	70	36	0,100	25	245
3	375	54	75	27	0,075	20	211
4	125	75	14	45	0,625	32	61
5	256	64	17,6	58	0,500	32	77

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 2. Вопросы 5-7

Три тела с теплоёмкостями $C_1 = 460 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$, $C_2 = 140 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$ и $C_3 = 400 \text{ Дж/}^\circ\text{C}$ имеют температуры $t_1 = 10^\circ\text{C}$, $t_2 = 40^\circ\text{C}$ и $t_3 = 24,5^\circ\text{C}$ соответственно. Первое тело приводят на некоторое время в тепловой контакт со вторым, а затем второе тело приводят в тепловой контакт с третьим. В результате температура третьего тела не изменилась, т.е. $t'_3 = t_3 = 24,5^\circ\text{C}$. Теплообменом с другими телами и с окружающей средой можно пренебречь.

- Найдите конечную температуру t'_2 второго тела. Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до десятых долей. **(2 балла)**
- Найдите конечную температуру t'_1 первого тела. Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до десятых долей. **(3 балла)**
- Какая температура t установится у каждого из трёх тел, если их на длительное время привести в тепловой контакт друг с другом? Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до десятых долей. **(3 балла)**

Решение:

5. Так как температура третьего тела не изменилась, то $t_2' = t_3 = 24,5^\circ\text{C}$.

6. Найдём t_1' из уравнения теплового баланса:

$$\begin{cases} C_1(t_1' - t_1) + C_2(t_2' - t_2) = 0 \\ t_2' = t_3 \end{cases}$$

Получим

$$t_1' = t_1 + \frac{C_2}{C_1}(t_2 - t_3) \approx 14,7^\circ\text{C}$$

7. Найдём t из уравнения теплового баланса:

$$C_1(t - t_1) + C_2(t - t_2) + C_3(t - t_3) = 0,$$

$$t = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + C_3 t_3}{C_1 + C_2 + C_3} = 20,0^\circ\text{C}.$$

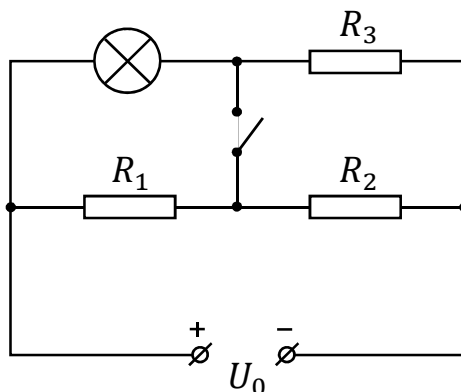
Матрица параметров и ответов к вариантам задачи 2

Вариант	C_1 , Дж/°C	C_2 , Дж/°C	C_3 , Дж/°C	t_1 , °C	t_2 , °C	t_3 , °C	t_3' , °C
1	460	140	400	10	40	24,5	24,5
Ответы	вопрос 5	вопрос 6	вопрос 7				
	24,5	14,7	20,0				
2	2500	400	2100	15	90	5	5
Ответы	вопрос 5	вопрос 6	вопрос 7				
	5,0	28,6	16,8				
3	820	80	970	11	49	31	31
Ответы	вопрос 5	вопрос 6	вопрос 7				
	31,0	12,8	23,0				
4	3400	350	2350	52	92	72	72
Ответы	вопрос 5	вопрос 6	вопрос 7				
	72,0	54,1	62,0				
5	370	470	225	32	95	85	85
Ответы	вопрос 5	вопрос 6	вопрос 7				
	85,0	44,7	71,0				

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 3. Вопросы 8-12

В цепи, показанной на рисунке, лампочка накаливания горит одинаково ярко при замкнутом и разомкнутом положениях ключа. Напряжение источника $U_0 = 4,5$ В, сопротивления резисторов $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 30$ Ом.



8. Найдите напряжение U на лампочке при замкнутом положении ключа. Дайте ответ в вольтах с округлением до десятых долей. **(2 балла)**
9. Найдите напряжение U^* на лампочке при разомкнутом положении ключа. Дайте ответ в вольтах с округлением до десятых долей. **(1 балла)**
10. Найдите силу тока I через лампочку при замкнутом положении ключа. Дайте ответ в миллиамперах с округлением до целого числа. **(2 балла)**
11. Найдите силу тока I^* через лампочку при разомкнутом положении ключа. Дайте ответ в миллиамперах с округлением до целого числа. **(1 балла)**
12. Найдите сопротивление R лампочки в «холодном» состоянии, если оно в 10 раз меньше её сопротивления во включённом состоянии при замкнутом положении ключа. Дайте ответ в омах с округлением до десятых долей. **(2 балла)**

Решение:

Манипуляции с ключом не приводят к изменению тока и напряжения на лампочке, а, следовательно, величин силы тока и напряжения на резисторах. Ток через ключ не течёт.

8-9. Напряжение на лампочке $U = U^*$ будет равно напряжению на резисторе R_1 :

$$U = I_1 \cdot R_1 = \frac{U_0}{R_1 + R_2} \cdot R_1 = 1,5 \text{ В,}$$

I_1 – сила тока, протекающего через резистор R_1 .

10-11. Ток через лампочку $I = I^*$ равен току через резистор R_3 :

$$I = \frac{I_1 \cdot R_2}{R_3} = \frac{U_0}{R_1 + R_2} \cdot \frac{R_2}{R_3} = 100 \text{ мА}$$

12. Сопротивление лампочки при протекании через неё тока I :

$$R^* = \frac{U}{I} = \frac{R_1 R_3}{R_2},$$

I_2 – сила тока, протекающего через резистор R_2 . В «холодном» состоянии сопротивление лампочки: $R = \frac{1}{10} \cdot R^* = \frac{1}{10} \cdot \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} = 1,5 \text{ Ом}$.

Матрица параметров и ответов к вариантам задачи 3

Вариант	$U_0, \text{В}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$	
1	4,5	10	20	30	
Ответы	вопрос 8	вопрос 9	вопрос 10	вопрос 11	вопрос 12
	1,5	1,5	100	100	1,5
2	9	100	200	300	
Ответы	вопрос 8	вопрос 9	вопрос 10	вопрос 11	вопрос 12
	3,0	3,0	20	20	15,0
3	1,5	20	30	60	
Ответы	вопрос 8	вопрос 9	вопрос 10	вопрос 11	вопрос 12
	0,6	0,6	15	15	4,0
4	10	80	20	40	
Ответы	вопрос 8	вопрос 9	вопрос 10	вопрос 11	вопрос 12
	8,0	8,0	50	50	16,0
5	5	20	30	120	
Ответы	вопрос 8	вопрос 9	вопрос 10	вопрос 11	вопрос 12
	2,0	2,0	25	25	8,0

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 4. Вопросы 13-15

Автомобиль въезжает на прямолинейную полосу разгона со стартовой скоростью $v_0 = 36 \text{ км/ч}$ и разгоняется на этой полосе до скорости $v_1 = 108 \text{ км/ч}$, финишируя. Известно, что при движении по полосе разгона модули скорости $v(t)$ и ускорения $a(t)$ автомобиля в любой момент времени t связаны соотношением $v(t) = \tau \cdot a(t)$, где $\tau = 10 \text{ с}$.

13. Найдите ускорение a автомобиля на старте. Дайте ответ в м/с^2 с округлением до десятых долей. (3 балла)
14. Найдите рывок j автомобиля на финише. Дайте ответ в м/с^3 с округлением до десятых долей. (4 балла)
15. Найдите длину l полосы разгона. Дайте ответ в метрах с округлением до целого числа. (3 балла)

Примечание. Рывком в кинематике называется векторная физическая величина $\vec{j}$, равная изменению ускорения $\vec{a}$ движения точки в единицу времени: $\vec{j} = \frac{\Delta \vec{a}}{\Delta t}$. Иными словами, **рывок** – это скорость изменения ускорения. В настоящей задаче требуется найти модули векторов $\vec{j}$ и $\vec{a}$.

Решение:

13. По условию $v(t) = \tau \cdot a(t)$.

На старте:

$$a = \frac{v_0}{\tau} = 1,0 \text{ м/с}^2.$$

14. Из уравнения $v(t)$ получим

$$\Delta v = \tau \cdot \Delta a(t)$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \tau \cdot \frac{\Delta a}{\Delta t}$$

$$a(t) = \tau \cdot j(t)$$

$$j = \frac{a_1}{\tau} = \frac{v_1}{\tau^2} = 0,3 \text{ м/с}^3$$

15. Запишем уравнение $v(t)$ следующим образом:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \tau \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

Сокращая на Δt и суммируя, получим

$$l = (v_1 - v_0)\tau = 200 \text{ м}.$$

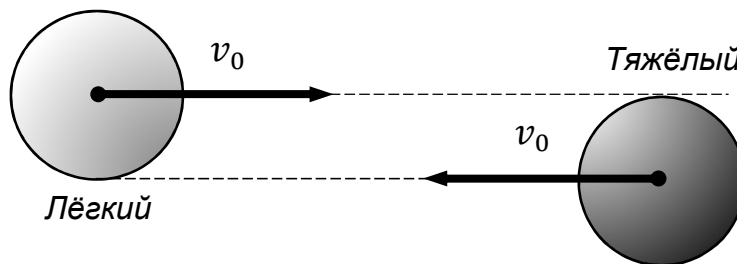
Матрица параметров и ответов к вариантам задачи 4

Вариант	v_0 , км/ч	v_1 , км/ч	τ , с	Ответ на вопрос 13	Ответ на вопрос 14	Ответ на вопрос 15
1	36	108	10	1,0	0,3	200
2	18	36	5	1,0	0,4	25
3	54	72	10	1,5	0,2	50
4	18	54	10	0,5	0,2	100
5	72	108	16	1,3	0,1	160

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 5. Вопросы 16-19

Два одинаковых по размеру, но разных по массе гладких шара движутся навстречу друг другу с одинаковыми постоянными скоростями $v_0 = 5$ м/с так, что прямая, по которой движется центр одного шара, касается другого шара (см. рис.). Шары испытывают абсолютно упругий нецентральный удар. Известно, что масса лёгкого шара намного меньше массы тяжёлого.



16. Найдите скорость v_1 лёгкого шара до соударения в системе отсчёта тяжёлого шара. Дайте ответ в м/с с округлением до целого числа. **(2 балла)**
17. Найдите скорость v_2 лёгкого шара после соударения в системе отсчёта тяжёлого шара. Дайте ответ в м/с с округлением до целого числа. **(2 балла)**
18. Найдите скорость v_3 лёгкого шара после соударения в лабораторной системе отсчёта. Дайте ответ в м/с с округлением до целого числа. **(6 баллов)**
19. На какой угол α повернётся вектор скорости лёгкого шара в результате соударения с тяжёлым в лабораторной системе отсчёта? Дайте ответ в градусах с округлением до целого числа. **(6 баллов)**

Решение:

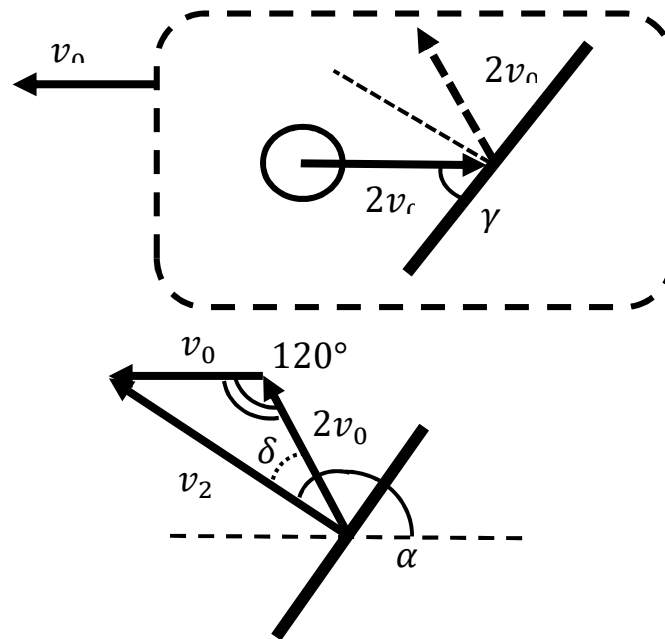
16. Скорость v_1 лёгкого шара в системе отсчёта тяжёлого шара равна сумме скоростей шаров:

$$v_1 = 2v_0 = 10 \text{ м/с}$$

17. Скорость v_2 лёгкого шара в системе отсчёта тяжёлого до и после соударения изменит направление, но не изменится по модулю:

$$v_2 = v_1 = 10 \text{ м/с}$$

18. Удар лёгкого шара о тяжёлый равносителен удару о движущуюся плоскость, наклонённую под углом $\gamma = 60^\circ$ относительно вектора начальной скорости. Конечная скорость находится из закона сложения скоростей. Для этого рассмотрим удар в системе отсчёта, связанной с тяжёлым шариком.



По теореме косинусов:

$$v_3^2 = v_0^2 + (2v_0)^2 - 2v_0 \cdot 2v_0 \cdot \cos 120^\circ = 7v_0^2$$

$$v_3 = \sqrt{7}v_0 \approx 13 \text{ м/с}$$

19. Пусть δ – угол между векторами v_3 и $2v_0$. Тогда

$$\alpha = 120^\circ + \delta,$$

$$\frac{v_0}{\sin \delta} = \frac{v_3}{\sin 120^\circ},$$

$$\delta = \arcsin \sqrt{\frac{3}{28}} \approx 19^\circ,$$

$$\alpha \approx 139^\circ.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задачи 5

Вариант	v_0 , м/с	Ответ на вопрос 16	Ответ на вопрос 17	Ответ на вопрос 18	Ответ на вопрос 19
1	5	10	10	13	139
2	10	20	20	26	139
3	9	18	18	24	139
4	6	12	12	16	139
5	3	6	6	8	139

Максимум за задачу 16 баллов.

Максимальный балл за работу – 50.