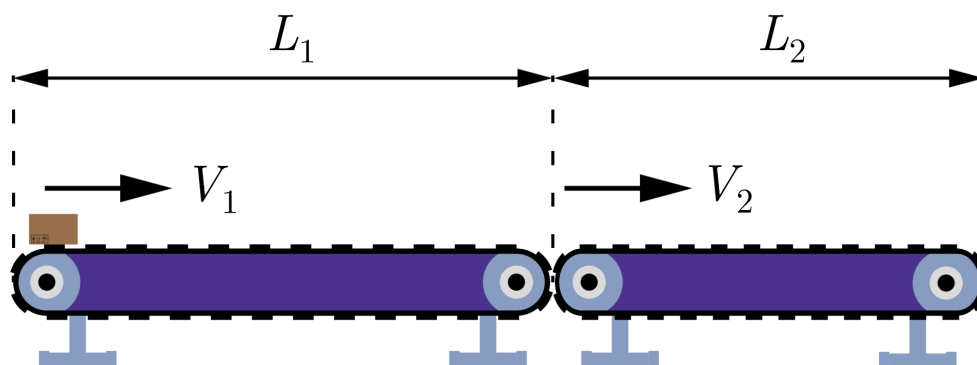


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. На складе установлены два транспортёра, расположенные последовательно вдоль одной прямой; направления перемещения их лент сонаправлены. Длины первого и второго транспортёров равны $L_1 = 16$ м и $L_2 = 18$ м соответственно, а скорости движения ленты равны $v_1 = 0.4$ м/с и $v_2 = 0.6$ м/с соответственно. Достигнув конца первого транспортёра, коробка сразу переходит на второй. Работник ставит на начало первого транспортёра по одной коробке через интервал времени $\tau = 10$ с. Первая коробка поставлена в момент $t_0 = 0$ с.



Размеры коробок считайте пренебрежимо малыми.

а) Определите расстояние d_1 между соседними коробками на первом транспортёре. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Определите момент времени $t_{\text{сист}}$ от начала движения, в который первая коробка покинет систему транспортёров. Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 70

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите расстояние d_2 между соседними коробками на втором транспортёре. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите удаление коробки с номером $p = 3$ от начала первого транспортёра в момент времени $t_1 = 50$ с. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 12

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите число N_1 коробок, находящихся на первом транспортёре в момент времени $t_2 = 65$ с.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) За интервал времени τ коробка проходит расстояние $d_1 = v_1 \tau$.

Подставим значения:

$$d_1 = 0.4 \cdot 10 = 4 \text{ м.}$$

С учётом требуемого формата: $d_1 = 4$.

б) Время движения по первому транспортёру:

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{16}{0.4} = 40 \text{ с.}$$

Время движения по второму транспортёру:

$$t_2 = \frac{L_2}{v_2} = \frac{18}{0.6} = 30 \text{ с.}$$

Полное время:

$$t_{\text{сист}} = t_1 + t_2 = 40 + 30 = 70 \text{ с.}$$

С учётом требуемого формата: $t_{\text{сист}} = 70$.

в) Интервал поступления коробок на второй транспортёр остаётся равным τ , поэтому $d_2 = v_2 \tau$.

Подставим значения:

$$d_2 = 0.6 \cdot 10 = 6 \text{ м.}$$

С учётом требуемого формата: $d_2 = 6$.

г) Коробка с номером p поставлена на транспортёр в момент $t_p = t_0 + (p - 1)\tau$.

Для $p = 3$:

$$t_3 = 0 + (3 - 1) \cdot 10 = 20 \text{ с.}$$

К моменту $T_1 = 50$ с коробка движется:

$$\Delta t = T_1 - t_p = 50 - 20 = 30 \text{ с.}$$

Поскольку $\Delta t < t_1$, коробка ещё находится на первом транспортёре. Её координата равна:

$$x_p = v_1 \Delta t = 0.4 \cdot 30 = 12 \text{ м.}$$

С учётом требуемого формата: $x_p = 12$.

д) К моменту $T_2 = 65$ с коробки поставлены в моменты: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 с.

На первом транспортёре остаются коробки, которые движутся по нему менее $t_1 = 40$ с. Это коробки, поставленные в моменты 30, 40, 50, 60 с.

Следовательно:

$$N_1 = 4.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ вар.	L_1 , м	L_2 , м	v_1 , м/с	v_2 , м/с	p	t_1 , с	t_2 , с	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	16	18	0.4	0.6	3	50	65	4	70	6	12	4
2	15	18	0.5	0.6	2	30	35	5	60	6	10	3
3	14	18	0.7	0.6	4	40	47	7	50	6	7	2
4	12	18	0.3	0.6	2	40	35	3	70	6	9	4
5	10	18	0.2	0.6	3	50	74	2	80	6	6	5
6	8	18	0.2	0.6	5	50	45	2	70	6	2	4
7	15	16	0.5	0.4	4	52	37	5	70	4	11	3
8	14	16	0.7	0.4	3	30	17	7	60	4	7	2
9	12	16	0.3	0.4	2	40	56	3	80	4	9	4
10	10	16	0.2	0.4	1	15	42	2	90	4	3	5
11	8	16	0.2	0.4	5	55	64	2	80	4	3	4
12	14	15	0.7	0.5	4	40	43	7	50	5	7	2
13	12	15	0.3	0.5	3	40	67	3	70	5	6	4
14	10	15	0.2	0.5	2	35	76	2	80	5	5	5
15	8	15	0.2	0.5	1	15	52	2	70	5	3	4
16	12	14	0.3	0.7	5	70	42	3	60	7	9	4
17	10	14	0.2	0.7	4	45	47	2	70	7	3	5
18	8	14	0.2	0.7	3	45	59	2	60	7	5	4
19	10	12	0.2	0.3	2	55	58	2	90	3	9	5
20	8	12	0.2	0.3	2	45	39	2	80	3	7	4

Задание 2. Вариант 1.

В вертикальной пробирке находится вода. Площадь внутреннего поперечного сечения пробирки равна $S = 5 \text{ см}^2$, а начальная высота уровня воды равна $h_0 = 12 \text{ см}$. Волшебник-недоучка тренируется в левитации, силой мысли удерживая вдоль внутренней стенки пробирки цилиндр длиной $l = 5 \text{ см}$ с площадью поперечного сечения $s = 1 \text{ см}^2$. Для лучшего контроля на верхнее основание цилиндра нанесён яркий цветовой маркер. В начальный момент маркер находится на расстоянии $h_{r0} = 10 \text{ см}$ от дна.

Волшебник равномерно передвигает цилиндр вверх относительно стенки пробирки со скоростью $v = 0.8 \text{ см/с}$. Вода из пробирки не вытекает и не испаряется. Форму и размеры цилиндра считать неизменными.

Примечание: объём цилиндра равен произведению его высоты на площадь поперечного сечения.

а) Определите объём $V_{\text{ц}}$ цилиндра. Ответ выразите в кубических сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Через какое время $t_{\text{пов}}$ цветовой маркер достигнет поверхности воды? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: 2.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) На сколько опустится уровень воды, когда над поверхностью воды окажется часть цилиндра длиной $a = 2$ см? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: 0.4 или -0.4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какой путь b пройдёт цилиндр от момента достижения цветovým маркером поверхности воды до момента, когда он поднимется над водой на $a = 2$ см? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: 1.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите время $t_{\text{вых}}$ от начала движения до полного выхода цилиндра из воды. Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: 7.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Объём цилиндра равен $V_{\Gamma} = s\ell$.

Подставим значения:

$$V_{\Gamma} = 1 \cdot 5 = 5 \text{ см}^3.$$

С учётом требуемого формата: $V_{\Gamma} = 5$.

б) Пока цилиндр полностью погружён, уровень воды не изменяется. Начальное расстояние от маркера до поверхности воды равно $h_0 - h_{\Gamma 0} = 12 - 10 = 2$ см.

Поэтому:

$$t_{\text{пов}} = \frac{h_0 - h_{\Gamma 0}}{v} = \frac{2}{0.8} = 2.5 \text{ с.}$$

С учётом требуемого формата: $t_{\text{пов}} = 2.5$.

в) При выходе из воды части цилиндра длиной a объём погружённой части уменьшается на $\Delta V = sa$.

Понижение уровня воды равно:

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{sa}{S}.$$

Подставим значения:

$$\Delta h = \frac{1 \cdot 2}{5} = 0.4 \text{ см.}$$

С учётом требуемого формата: $\Delta h = 0.4$.

г) Высота маркера над водой равна сумме высоты подъёма цилиндра b и понижения уровня воды Δh : $a = b + \Delta h$.

Следовательно:

$$b = a - \Delta h = 2 - 0.4 = 1.6 \text{ см.}$$

С учётом требуемого формата: $b = 1.6$.

д) Когда цилиндр полностью выходит из воды, уровень воды опускается на:

$$\Delta h_{\text{полн}} = \frac{s\ell}{S} = \frac{1 \cdot 5}{5} = 1 \text{ см.}$$

Конечная высота уровня воды равна:

$$h_{\text{к}} = h_0 - \Delta h_{\text{полн}} = 12 - 1 = 11 \text{ см.}$$

В момент полного выхода маркер находится на высоте:

$$h_{\text{ГК}} = h_{\text{к}} + \ell = 11 + 5 = 16 \text{ см.}$$

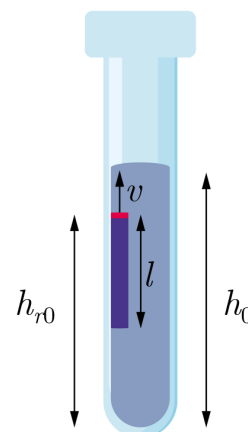
Полный путь маркера:

$$q = h_{\text{ГК}} - h_{\Gamma 0} = 16 - 10 = 6 \text{ см.}$$

Поэтому:

$$t_{\text{вых}} = \frac{q}{v} = \frac{6}{0.8} = 7.5 \text{ с.}$$

С учётом требуемого формата: $t_{\text{вых}} = 7.5$.



Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ вар.	S, см ²	h_0 , см	l, см	s, см ²	h_{r0} , см	v, см/с	a, см	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Доп. ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	5	12	5	1	10	0.8	2	5.0	2.5	-0.4	0.4	1.6	7.5
2	5	14	5	0.5	8	1	2	3.0	6.0	-0.2	0.2	1.8	10.5
3	5	12	6	1	10	0.8	4	6.0	2.5	-0.8	0.8	3.2	8.5
4	5	12	8	0.5	10	0.8	4	4.0	2.5	-0.4	0.4	3.6	11.5
5	10	12	4	1	10	2	2	4.0	1.0	-0.2	0.2	1.8	2.8
6	10	14	5	2	8	0.8	2	10.0	7.5	-0.4	0.4	1.6	12.5
7	10	16	6	1	10	1	4	6.0	6.0	-0.4	0.4	3.6	11.4
8	10	12	4	2.5	8	2	4	10.0	2.0	-1.0	1.0	3.0	3.5
9	5	20	5	1	14	1	2	5.0	6.0	-0.4	0.4	1.6	10.0
10	5	18	5	0.5	16	1	2	3.0	2.0	-0.2	0.2	1.8	6.5
11	5	16	6	1	12	1	4	6.0	4.0	-0.8	0.8	3.2	8.8
12	5	14	6	0.5	10	1	4	3.0	4.0	-0.4	0.4	3.6	9.4
13	10	20	5	1	14	1	2	5.0	6.0	-0.2	0.2	1.8	10.5
14	10	18	5	2	16	0.8	2	10.0	2.5	-0.4	0.4	1.6	7.5
15	10	16	4	1	12	0.8	4	4.0	5.0	-0.4	0.4	3.6	9.5
16	10	14	6	2.5	10	1	4	15.0	4.0	-1.0	1.0	3.0	8.5
17	5	16	8	1	12	1	4	8.0	4.0	-0.8	0.8	3.2	10.4
18	5	14	8	0.5	10	1	4	4.0	4.0	-0.4	0.4	3.6	11.2
19	10	20	8	1	14	0.8	2	8.0	7.5	-0.2	0.2	1.8	16.5
20	10	18	8	2	16	0.8	2	16.0	2.5	-0.4	0.4	1.6	10.5

Задание 3. Вариант 1. На шкале прибора Оли из волшебной страны некоторые соседние подписанные отметки соответствуют значениям крупных штрихов: $x_i = 6$ ремт и $x_{i+1} = 8$ ремт. Между этими отметками имеются 3 малых штриха. Все деления шкалы одинаковы.

а) На сколько промежутков малые штрихи делят шкалу между отметками x_i и x_{i+1} ?

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Определите цену деления Δx шкалы прибора. Ответ выразите в ремтах, округлите до десятых.

Ответ: 0.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Оля измеряет длину хвоста своей домашней кракозябры, прикладывая прибор так, что началу хвоста соответствует первый крупный штрих, а конец хвоста совпадает с $k = 2$ -м малым штрихом после $m = 5$ -го крупного штриха. Определите длину хвоста Олиной кракозябры. Ответ выразите в ремтах, округлите до десятых.

Ответ: 9.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Выразите длину хвоста Олиной кракозябры в сантиметрах, если известно, что в одном сантиметре $l = 0.5$ ремта. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 18.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Если между двумя подписанными отметками расположено n малых штрихов, число равных промежутков равно $N = n + 1$.

Подставим значение $n = 3$:

$$N = 3 + 1 = 4.$$

С учётом требуемого формата: $N = 4$.

б) Цена деления шкалы равна:

$$c = \frac{x_1 - x_0}{N}.$$

Подставим значения:

$$c = \frac{8 - 6}{4} = 0.5 \text{ ремта.}$$

С учётом требуемого формата: $c = 0.50$.

в) Показание прибора равно:

$$x = (x_1 - x_0) \cdot (m - 1) + kc \implies x = 8 + 1 = 9 \text{ ремт.}$$

С учётом требуемого формата: $x = 9.0$.

г) Так как $1 \text{ см} = 0.5 \text{ ремта}$, то $2 \text{ см} = 1 \text{ ремт}$:

$$y = 9 \cdot 2 = 18 \text{ см.}$$

С учётом требуемого формата: $y = 18.0$.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

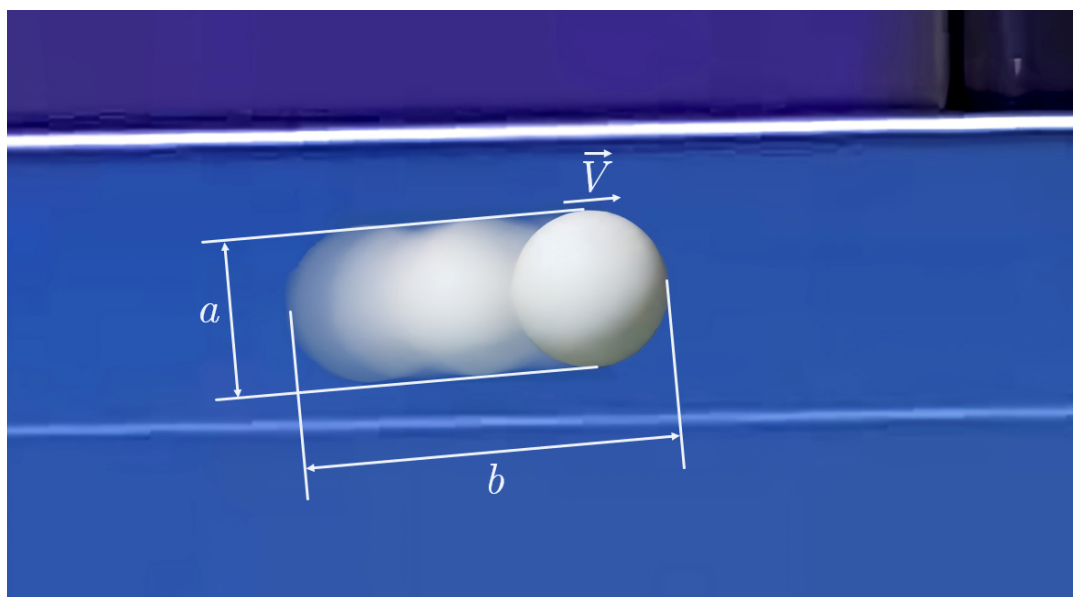
№ варианта	x_i , ремт	x_{i+1} , ремт	Кол-во малых штрихов	k	m	l, ремт	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)
1	6	8	3	2	5	0.5	4	0.5	9	18
2	8	12	3	1	4	0.2	4	1.0	13	65
3	6	9	2	2	3	0.4	3	1.0	8	20
4	12	15	2	1	2	0.8	3	1.0	4	5
5	4	8	3	3	6	0.5	4	1.0	23	46
6	22	24	3	2	5	0.2	4	0.5	9	45
7	20	30	4	2	4	0.5	5	2.0	34	68
8	10	15	4	3	3	0.2	5	1.0	13	65
9	5	10	4	4	2	0.2	5	1.0	9	45
10	8	12	3	2	7	0.5	4	1.0	26	52
11	21	24	2	1	6	0.8	3	1.0	16	20
12	26	28	3	2	5	0.2	4	0.5	9	45
13	2	4	3	2	4	0.2	4	0.5	7	35
14	25	30	4	3	3	0.5	5	1.0	13	26
15	21	24	2	1	2	0.1	3	1.0	4	40
16	26	28	3	2	6	0.5	4	0.5	11	22
17	2	4	3	2	5	0.2	4	0.5	9	45
18	25	30	4	4	4	0.5	5	1.0	19	38
19	22	24	3	2	3	0.1	4	0.5	5	50
20	20	30	4	1	2	0.25	5	2.0	12	48

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Дан фрагмент «смазанной» фотографии летящего шарика при игре в настольный теннис в масштабе 1 : 1, полученной с помощью камеры телефона.



Время выдержки (время, в течение которого затвор камеры телефона остаётся открытым и пропускает свет к матрице, регистрирующей изображение) равно $t = 1/500$ секунды, $b = 14$ см, $a = 4$ см. Считайте, что время выдержки очень мало и искривлением траектории шарика под действием силы тяжести можно пренебречь, то есть шарик движется прямолинейно.

а) Чему равен диаметр шарика? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: 4.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна скорость шарика? Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Ответ: 50.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Чему будет равна длина «смазанного» изображения, если шарик пролетит со скоростью в $k = 2$ раза меньшей?

Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [8.8; 9.2]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Как изменится длина «смазанного» изображения, если время выдержки увеличить в N раз?

Ответ:

- Увеличится в N раз
- Уменьшится в N раз
- Увеличится более чем в N раз
- Уменьшится более чем в N раз
- ✓ Увеличится менее чем в N раз
- Уменьшится менее чем в N раз

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Диаметр шарика d совпадает с размером a на фотографии. Отсюда диаметр равен 4.0 см.

б) Длина «смазанного» изображения равна сумме диаметра шарика и длины его смещения за время выдержки.

Следовательно, смещение за время выдержки составляет $b - a = 10$ см. Скорость шарика

$$v = \frac{b - a}{t} = 50 \text{ м/с.}$$

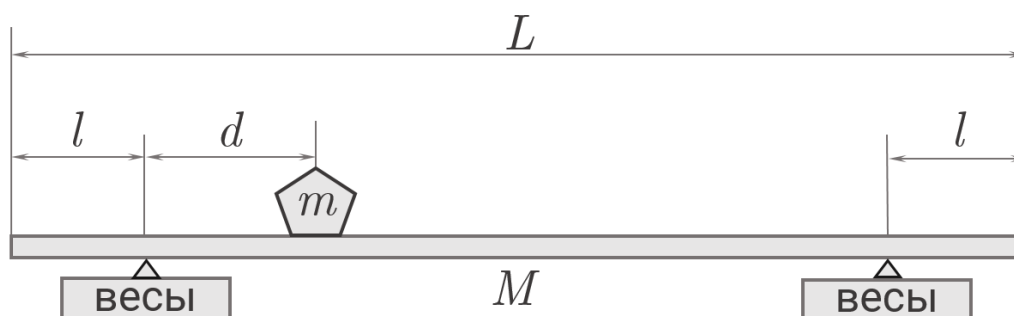
в) Перемещение шарика за время выдержки в этом случае также в два раза меньше и равно 5 см. Длина «смазанного» изображения будет равна сумме диаметра шарика и его перемещения, то есть 9.0 см.

г) При этом перемещение за время выдержки увеличится в N раз и составит $N(b - a)$, а длина изображения будет равна $N(b - a) + d = Nb - (N - 1)a$. Эта величина менее чем в N раз превосходит b . Правильный ответ на вопрос — увеличится менее чем в N раз.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.
Пункты а-в)

№ варианта	t , с	b , см	a , см	k	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ в диапазоне (пункт в)	
1	1/500	14.0	4.0	2.0	4.0	50.0	8.8	9.2
2	1/250	20.0	3.9	1.9	3.9	40.3	12.2	12.6
3	1/300	18.0	3.8	1.8	3.8	42.6	11.5	11.9
4	1/400	15.0	3.7	1.7	3.7	45.2	10.1	10.5
5	1/600	12.0	3.6	1.6	3.6	50.4	8.7	9.1
6	1/500	13.6	3.5	1.5	3.5	50.5	10.0	10.4
7	1/250	22.0	4.1	1.4	4.1	44.8	16.7	17.1
8	1/300	19.0	4.2	2.0	4.2	44.4	11.4	11.8
9	1/400	17.0	4.3	1.9	4.3	50.8	10.8	11.2
10	1/600	12.0	4.4	1.8	4.4	45.6	8.4	8.8
11	1/500	14.5	4.0	1.7	4.0	52.5	10.0	10.4
12	1/250	18.5	3.9	1.6	3.9	36.5	12.8	13.2
13	1/300	19.5	3.8	1.5	3.8	47.1	14.1	14.5
14	1/400	17.5	3.7	1.4	3.7	55.2	13.4	13.8
15	1/600	10.0	3.6	2.0	3.6	38.4	6.6	7.0
16	1/500	11.0	3.5	1.9	3.5	37.5	7.2	7.6
17	1/250	20.4	4.1	1.8	4.1	40.8	13.0	13.4
18	1/300	17.6	4.2	1.7	4.2	40.2	11.9	12.3
19	1/400	12.4	4.3	1.6	4.3	32.4	9.2	9.6
20	1/600	9.6	4.4	1.5	4.4	31.2	7.7	8.1

Задание 2. Вариант 1. Восьмиклассник Петя после урока физики по теме «Статика» решил проверить теорию экспериментально. На дворе дачи, взяв однородную тяжёлую доску длиной $L = 5$ м, он установил её на одинаковые напольные весы. Расстояние от концов доски до лёгких маленьких карандашей-упоров, через которые доска давила на весы, равнялось $l = 1$ м. Масса доски $M = 20$ кг. На расстоянии $d = 1$ м от упора на левых весах на доску была установлена гиря массой $m = 30$ кг.



Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

а) Какие весы показывают больший вес?

Ответ:

- ✓ Левые
- Правые
- Показания весов одинаковые

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какой вес показывают правые весы? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [198; 202]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Петя взялся за правый конец доски и приподнял его, приложив направленную вертикально вверх силу так, чтобы доска немного приподнялась над правым упором. Определите величину этой силы. Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [148; 152]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Какой вес покажут левые весы при приподнятом правом конце доски? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [348; 352]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Расстояние от груза до левых весов $d = 1$ м меньше, чем расстояние от него до правых $L - 2l - d = 2$ м. Центр масс доски расположен точно посередине между весами. Следовательно, центр масс системы груз — доска располагается ближе к левым весам и сила, действующая на них, больше, чем на правые.

б) Для ответа на этот вопрос запишем правило моментов для системы груз — доска относительно упора на левых весах.

$$mgd + Mg\left(\frac{L}{2} - l\right) = N_{\text{пр}}(L - 2l).$$

Здесь $N_{\text{пр}}$ — сила реакции, с которой правые весы действуют на систему, и одновременно сила, с которой система действует на правые весы.

$$N_{\text{пр}} = \frac{mgd + Mg\left(\frac{L}{2} - l\right)}{L - 2l} = 200 \text{ Н.}$$

в) Пусть сила, которую прикладывает Петя, равна F . Запишем правило моментов для доски с грузом относительно левого упора.

$$mgd + Mg\left(\frac{L}{2} - l\right) = F(L - l).$$

$$F = \frac{mgd + Mg\left(\frac{L}{2} - l\right)}{L - l} = 150 \text{ Н.}$$

г) В этом случае суммарная сила тяжести, действующая на систему груз — доска, равна сумме силы, которую прикладывает Петя, и силы реакции, с которой левые весы действуют на доску.

$$mg + Mg = F + N_{\text{л}}.$$

$$N_{\text{л}} = mg + Mg - F = 350 \text{ Н.}$$

Показания левых весов в точности равны этому значению.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

Пункты б-г)

№ варианта	L , м	l , м	M , кг	d , м	m , кг	Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	5.0	1.0	20	1.0	30	198	202	148	152	348	352
2	4.8	1.2	18	0.8	25	171	175	114	118	312	316
3	4.6	0.9	22	0.9	28	198	202	149	153	347	351
4	4.5	0.8	16	1.1	26	177	181	138	142	278	282
5	4.7	1.1	17	0.7	25	153	157	106	110	310	314
6	4.0	0.6	19	0.5	32	150	154	123	127	383	387
7	4.2	0.7	15	0.6	24	124	128	99	103	287	291
8	4.4	0.5	21	1.2	28	202	206	176	180	310	314
9	4.3	0.6	23	0.9	16	159	163	133	137	253	257
10	4.1	0.9	24	0.8	20	188	192	134	138	302	306
11	4.9	1.0	20	1.2	24	197	201	146	150	290	294

№ варианта	L , м	l , м	M , кг	d , м	m , кг	Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
12	5.2	1.1	18	1.4	32	237	241	173	177	323	327
13	5.4	1.3	22	1.2	28	228	232	155	159	341	345
14	5.5	1.4	16	1.0	16	137	141	90	94	226	230
15	5.3	0.8	17	1.5	20	164	168	135	139	231	235
16	5.0	1.2	19	0.9	24	176	180	120	124	306	310
17	4.4	1.2	15	0.7	32	185	189	115	119	351	355
18	4.6	1.1	21	0.6	20	153	157	104	108	302	306
19	4.8	1.3	23	0.8	16	171	175	107	111	279	283
20	5.1	1.4	24	1.0	18	196	200	121	125	295	299

Задание 3. Вариант 1.

На уроке физики учитель предложил восьмиклассникам определить плотность вещества, из которого изготовлен длинный однородный стержень постоянного поперечного сечения. Масса стержня оказалась довольно велика, так что определить её, используя школьный динамометр, не получилось, не хватало предела шкалы. Однако при подвешивании стержня на динамометре и погружении нижней части в ведро с водой уже можно было проводить измерения его веса. Оказалось, что при погружении стержня в воду на четверть длины динамометр показывает значение силы $F_1 = 4.5$ Н, на половину длины — $F_2 = 2$ Н. Разумеется, при таких измерениях стержень не касался стенок и дна ведра. Плотность воды равна $\rho_0 = 1$ г/см³. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

а) Сравните плотность стержня ρ с плотностью воды ρ_0 :

Ответ:

- $\rho > \rho_0$
- $\rho = \rho_0$
- ✓ $\rho < \rho_0$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Определите объём стержня. Ответ выразите в кубических сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 1000

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите плотность стержня. Ответ выразите в г/см³, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.68; 0.72]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Стержень наполовину погрузили в жидкость плотностью $\rho_1 = 0.8$ г/см³ и взвесили. Определите показания динамометра. Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.8; 3.2]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Разность показаний динамометра при погружении стержня на четверть и на половину длины связана с дополнительной силой Архимеда, действующей на одну четверть стержня.

$$F_1 - F_2 = \frac{F_A}{4} = 2.5 \text{ Н.}$$

При первом взвешивании показания динамометра

$$F_1 = mg - \frac{F_A}{4}.$$

Отсюда $mg = F_1 + \frac{F_A}{4} = 7.0$ Н. Сила Архимеда, действующая на полностью погруженный стержень, $F_A = 10.0$ Н, это больше силы тяжести. Следовательно, плотность стержня меньше плотности воды: $\rho < \rho_0$.

б) В предыдущем вопросе получили $F_A = 10.0$ Н. Но $F_A = \rho_0 V g$, где V — объём стержня. Получаем $V = \frac{F_A}{\rho_0 g} = 1000$ см³.

в) При ответе на первый вопрос были получены значения силы тяжести и силы Архимеда для стержня. Для них $mg = \rho Vg$ и $F_A = \rho_0 Vg$. Отсюда $\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{mg}{F_A} = 0.7$, то есть $\rho = 0.7\rho_0 = 0.7 \text{ г/см}^3$.

г) Показания динамометра $F_3 = mg - \rho_1 \frac{V}{2}g$. Подставляя полученные ранее значения mg и V , получаем

$$F_3 = 7.0 - 800 \cdot 0.0005 \cdot 10 = 3.0 \text{ Н.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

Пункты б-г)

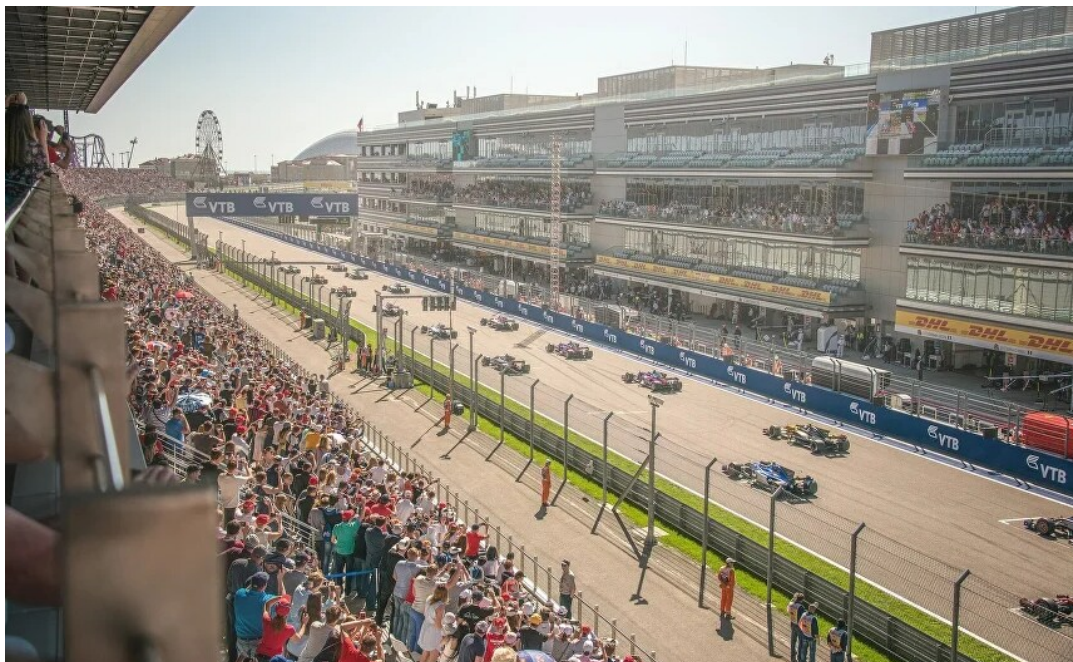
№ варианта	F_1 , Н	F_2 , Н	Плотность жидкости, г/см ³	Ответ (пункт б)	Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	4.5	2.0	0.80	1000	0.68	0.72	2.8	3.2
2	4.2	2.2	0.84	800	0.76	0.80	2.6	3.0
3	4.0	2.5	0.90	600	0.90	0.94	2.6	3.0
4	3.8	2.4	0.88	560	0.91	0.95	2.5	2.9
5	4.4	2.5	0.82	760	0.81	0.85	3.0	3.4
6	3.9	2.0	0.70	760	0.74	0.78	2.9	3.3
7	4.3	2.3	0.75	800	0.77	0.81	3.1	3.5
8	4.1	2.1	0.85	800	0.74	0.78	2.5	2.9
9	4.8	3.0	0.78	720	0.90	0.94	3.6	4.0
10	4.6	2.6	0.83	800	0.81	0.85	3.1	3.5
11	4.5	2.2	0.87	920	0.72	0.76	2.6	3.0
12	4.2	2.3	0.92	760	0.78	0.82	2.4	2.8
13	4.0	2.5	0.95	600	0.90	0.94	2.5	2.9
14	3.8	2.4	0.80	560	0.91	0.95	2.8	3.2
15	4.4	2.6	0.84	720	0.84	0.88	3.0	3.4
16	3.9	2.1	0.91	720	0.77	0.81	2.2	2.6
17	4.3	2.8	0.96	600	0.95	0.99	2.7	3.1
18	4.1	2.7	0.89	560	0.96	1.00	2.8	3.2
19	4.8	3.1	0.86	680	0.94	0.98	3.4	3.8
20	4.6	2.4	0.90	880	0.75	0.79	2.6	3.0

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

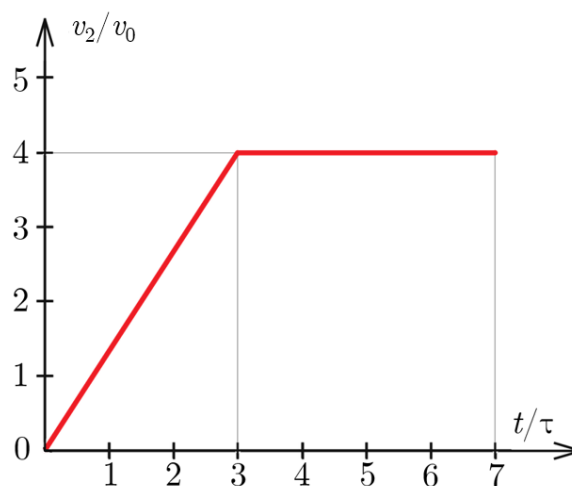
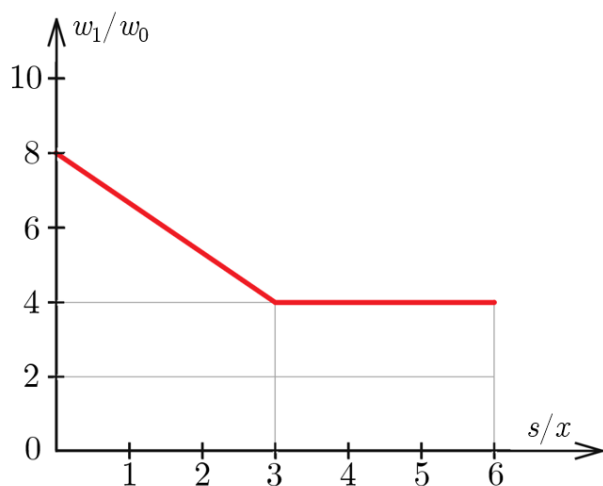


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. «Сириус Автодром» — единственный в России гоночный трек, принимавший «королевские гонки» Формулы-1. Трасса имеет две конфигурации — Большое кольцо на 5848 м (18 поворотов) и Малое кольцо на 2312 м (10 поворотов).



Дисплей болида отображает не только скорость v , но и темп w — время, которое болид затратит на единицу пути, если продолжит движение с прежней скоростью. Например, темп $w = 18$ с/км означает, что для прохождения 1 км пути с текущей скоростью болиду потребуется 18 секунд. Два гонщика участвовали в трек-сессии (тренировочном заезде). Показания дисплея первого болида в режиме «темп» $w_1(s)$ от пройденного пути и второго болида в режиме «скорость» $v_2(t)$ от времени в пути изображены на графиках, где $x = 50$ км, $w_0 = 5$ с/км, $\tau = 5$ мин, $v_0 = 1$ км/мин.



а) С какой наименьшей скоростью ехал первый болид? Ответ выразите в км/ч, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [89; 91]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) С какой наибольшей скоростью ехал второй болид? Ответ выразите в км/ч, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [239; 241]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Какой болид проехал большее расстояние за трек-сессию?

Ответ:

- ✓ Первый
- Второй
- Оба проехали одинаково
- Недостаточно данных

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

г) Какой болид ехал дольше?

Ответ:

- ✓ Первый
- Второй
- Оба ехали одинаково долго
- Недостаточно данных

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

д) Чему равна средняя путевая скорость каждого из болидов за время трек-сессии? Ответы выразите в км/ч, округлите до целых.

Ответ: средняя скорость первого болида засчитывается в диапазоне [143; 145]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1.5 балла

Ответ: средняя скорость второго болида засчитывается в диапазоне [188; 190]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1.5 балла

е) Средним темпом будем называть отношение полного времени трек-сессии к пройденному пути. Чему равен средний темп каждого болида? Ответы выразите в с/км, округлите до целых.

Ответ: средний темп первого болида засчитывается в диапазоне [24; 26]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1.5 балла

Ответ: средний темп второго болида засчитывается в диапазоне [18; 20]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а-б) Заметим, что темп и скорость — взаимно обратные величины. Действительно, $v = s/t$, $w = t/s$, $vw = 1$. Первый болид ехал с наименьшей скоростью

$$v_1 = \frac{1}{w_1} = \frac{1}{8 \cdot 5 \text{ с/км}} = 0.025 \text{ км/с} = 90 \text{ км/ч.}$$

Второй болид ехал с наибольшей скоростью $v_2 = 4 \cdot 1 \text{ км/мин} = 240 \text{ км/ч.}$

в) Пройденный путь отложен на графике темпа по оси абсцисс. Первый болид проехал $s_1 = 6x = 300 \text{ км}$. Путь, который проехал второй болид, найдём по графику скорости как площадь под графиком: $s_2 = 6v_0\tau + 16v_0\tau = 22v_0\tau = 110 \text{ км}$. Большее расстояние проехал первый болид.

г) Время трек-сессии отложено на графике скорости по оси абсцисс. Второй болид ехал $t_2 = 35 \text{ мин}$. Время трек-сессии первого болида найдём по графику темпа как площадь под графиком:

$$t_1 = 18w_0x + 12w_0x = 30w_0x = 7500 \text{ с} = 125 \text{ мин.}$$

Первый болид ехал дольше.

д) Примем среднюю путевую скорость за такую скорость равномерного движения, двигаясь с которой, тело пройдёт тот же путь за то же самое время, что и на графике. Средняя скорость первого болида

$$v_{1,\text{ср}} = \frac{s_1}{t_1} = 2.4 \text{ км/мин} = 144 \text{ км/ч.}$$

Средняя скорость второго болида

$$v_{2,\text{ср}} = \frac{s_2}{t_2} = 3.143 \text{ км/мин} = 189 \text{ км/ч.}$$

е) Темп и скорость — взаимно обратные величины:

$$w_{1,\text{ср}} = \frac{1}{v_{1,\text{ср}}} = 0.417 \text{ мин/км} = 25 \text{ с/км,}$$

$$w_{2,\text{ср}} = \frac{1}{v_{2,\text{ср}}} = 0.318 \text{ мин/км} = 19 \text{ с/км.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

Пункты а–г)

№ варианта	x , км	w_0 , с/км	τ , мин	v_0 , км/мин	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)
1	50	5	5	1	89	91	239	241	первый	первый
2	40	6	4	1.5	74	76	359	361	первый	первый
3	30	7	3	1.4	63	65	335	337	первый	первый
4	20	8	2	1.3	55	57	311	313	первый	первый
5	50	10	9	1.1	44	46	263	265	первый	первый
6	40	11	8	1	40	42	239	241	первый	первый
7	30	12	7	1.1	37	39	263	265	первый	первый
8	50	15	4	1.4	29	31	335	337	первый	первый
9	40	5	3	1.5	89	91	359	361	первый	первый
10	30	6	2	1.4	74	76	335	337	первый	первый
11	50	9	8	1.3	49	51	311	313	первый	первый
12	40	10	7	1	44	46	239	241	первый	первый
13	30	11	6	1.1	40	42	263	265	первый	первый
14	50	14	3	1.4	31	33	335	337	первый	первый
15	20	13	6	1.2	34	36	287	289	второй	первый
16	10	14	5	1.3	31	33	311	313	второй	первый
17	20	12	5	1.2	37	39	287	289	второй	первый
18	10	13	4	1.3	34	36	311	313	второй	первый
19	10	9	10	1.2	49	51	287	289	второй	второй
20	10	8	9	1.2	55	57	287	289	второй	второй

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

Пункт д)

№ варианта	x , км	w_0 , с/км	τ , мин	v_0 , км/мин	Ответ в диапазоне (пункт д, первый болид)		Ответ в диапазоне (пункт д, второй болид)	
1	50	5	5	1	143	145	188	190
2	40	6	4	1.5	119	121	282	284
3	30	7	3	1.4	102	104	263	265
4	20	8	2	1.3	89	91	244	246
5	50	10	9	1.1	71	73	206	208
6	40	11	8	1	64	66	188	190
7	30	12	7	1.1	59	61	206	208
8	50	15	4	1.4	47	49	263	265
9	40	5	3	1.5	143	145	282	284
10	30	6	2	1.4	119	121	263	265
11	50	9	8	1.3	79	81	244	246
12	40	10	7	1	71	73	188	190
13	30	11	6	1.1	64	66	206	208

№ варианта	x , км	w_0 , с/км	τ , мин	v_0 , км/мин	Ответ в диапазоне (пункт д, первый болид)		Ответ в диапазоне (пункт д, второй болид)	
14	50	14	3	1.4	50	52	263	265
15	20	13	6	1.2	54	56	225	227
16	10	14	5	1.3	50	52	244	246
17	20	12	5	1.2	59	61	225	227
18	10	13	4	1.3	54	56	244	246
19	10	9	10	1.2	79	81	225	227
20	10	8	9	1.2	89	91	225	227

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

Пункт е)

№ варианта	x , км	w_0 , с/км	τ , мин	v_0 , км/мин	Ответ в диапазоне (пункт е, первый болид)		Ответ в диапазоне (пункт е, второй болид)	
1	50	5	5	1	24	26	18	20
2	40	6	4	1.5	29	31	12	14
3	30	7	3	1.4	34	36	13	15
4	20	8	2	1.3	39	41	14	16
5	50	10	9	1.1	49	51	16	18
6	40	11	8	1	54	56	18	20
7	30	12	7	1.1	59	61	16	18
8	50	15	4	1.4	74	76	13	15
9	40	5	3	1.5	24	26	12	14
10	30	6	2	1.4	29	31	13	15
11	50	9	8	1.3	44	46	14	16
12	40	10	7	1	49	51	18	20
13	30	11	6	1.1	54	56	16	18
14	50	14	3	1.4	69	71	13	15
15	20	13	6	1.2	64	66	15	17
16	10	14	5	1.3	69	71	14	16
17	20	12	5	1.2	59	61	15	17
18	10	13	4	1.3	64	66	14	16
19	10	9	10	1.2	44	46	15	17
20	10	8	9	1.2	39	41	15	17

Задание 2. Вариант 1. Зимой Алевтина и Мирон участвовали в пешем походе. Они заметили, что в кружке с водой плавают кусок льда, и решили расплавить лёд, нагрев кружку на костре. Алевтина измеряла температуру содержимого кружки, а Мирон — время нагревания. В дневнике наблюдений дети записали следующее: «Через три минуты температура содержимого кружки стала равна $t_1 = 1^\circ\text{C}$, а к концу четвёртой минуты — $t_2 = 5^\circ\text{C}$. Временем установления теплового равновесия решено пренебречь». Известно, что удельная теплота плавления льда $\lambda = 340$ Дж/г, удельная теплоёмкость воды $c = 4.2$ Дж/(г $\cdot$ $^\circ\text{C}$), удельная теплота парообразования воды $L = 2300$ Дж/г, полезная мощность, передаваемая воде и льду, постоянна и равна $P = 200$ Вт. Температуру содержимого в каждый момент считайте одинаковой во всём объёме.

а) Чему равна первоначальная масса воды в кружке? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [616; 618]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна первоначальная масса льда в кружке? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [96; 98]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Дети захотели продолжить нагревание содержимого кружки на костре с прежней полезной мощностью. Через какое время, считая от момента начала наблюдения, вода в кружке закипит? Атмосферное давление нормальное. Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [27; 29]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Дети хотят продолжить нагревание содержимого кружки на костре с прежней полезной мощностью. Через какое время, считая от момента начала наблюдения, вода в кружке выкипит? Атмосферное давление нормальное. Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [164; 166]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а-б) Лёд и вода находятся в состоянии теплового равновесия при температуре плавления льда 0°C . Так как температура содержимого калориметра изменилась, весь лёд расплавился и произошло нагревание воды массой $m + M$ от 0°C до $t_1^\circ\text{C}$, где m — масса льда, M — масса воды. При плавлении льду было передано $Q_{\text{пл}} = \lambda m$ энергии. При нагревании содержимого сосуда потребовалось $Q_{\text{нагр}} = c(m + M)\Delta t = c(m + M)t_1$ энергии. Всего за τ_1 было передано $Q_1 = \lambda m + c(m + M)t_1$. За τ_2 было передано $Q_2 = \lambda m + c(m + M)t_2$ энергии. Мощность постоянная, поэтому переданное количество теплоты пропорционально времени нагревания. Составим систему уравнений

$$\lambda m + c(m + M)t_1 = P\tau_1, \quad \lambda m + c(m + M)t_2 = P\tau_2$$

и решим её:

$$m + M = \frac{P(\tau_2 - \tau_1)}{c(t_2 - t_1)} = 714 \text{ г}; \quad m = \frac{P\tau_1 - c(m + M)t_1}{\lambda} = 97 \text{ г}.$$

Масса воды $M = 714 \text{ г} - 97 \text{ г} = 617 \text{ г}$.

в) Для нагревания воды от температуры $t_2^\circ\text{C}$ до температуры кипения 100°C потребовалось передать

$$Q_3 = c(m + M)(t_{\text{кип}} - t_2) = 284886 \text{ Дж}.$$

Значит, время нагревания $\tau = Q_3/P = 1424$ с. От момента наблюдения пройдёт

$$\tau_1 = 240 \text{ с} + 1424 \text{ с} = 28 \text{ мин}.$$

г) Для парообразования воды при температуре кипения 100°C потребовалось передать

$$Q_4 = L(m + M) = 1642200 \text{ Дж}.$$

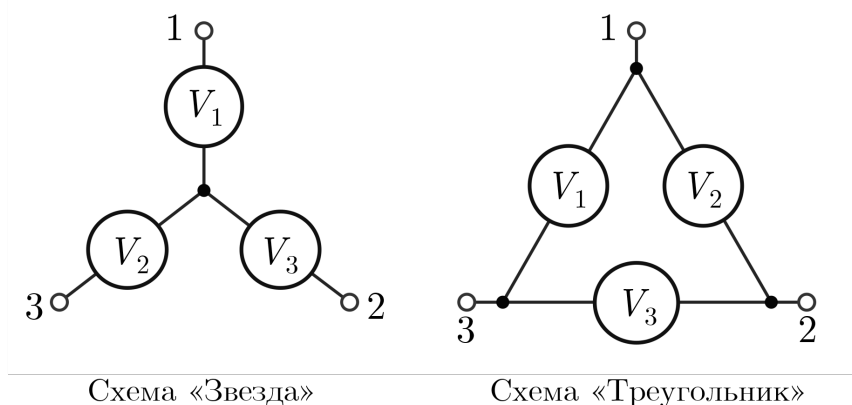
Значит, время нагревания $\tau = Q_4/P = 8211$ с. От момента наблюдения пройдёт

$$\tau_2 = 240 \text{ с} + 1424 \text{ с} + 8211 \text{ с} = 165 \text{ мин}.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$P, \text{Вт}$	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	1	5	200	616	618	96	98	27	29	164	166
2	1	6	250	590	592	123	125	22	24	131	133
3	1	6	200	472	474	98	100	22	24	131	133
4	1	7	150	281	283	74	76	19	21	110	112
5	1	8	200	306	308	100	102	16	18	94	96
6	1	9	250	319	321	126	128	14	16	83	85
7	1	10	200	214	216	101	103	13	15	74	76
8	2	7	150	359	361	68	70	22	24	131	133
9	2	8	200	381	383	93	95	18	20	110	112
10	2	9	250	389	391	119	121	16	18	94	96
11	2	10	200	259	261	96	98	14	16	83	85
12	3	7	150	475	477	59	61	26	28	163	165
13	3	8	200	486	488	84	86	21	23	131	133
14	3	9	250	484	486	109	111	18	20	109	111
15	3	10	300	475	477	135	137	16	18	94	96
16	3	11	250	330	332	115	117	14	16	83	85
17	4	8	100	321	323	34	36	26	28	163	165
18	4	9	200	493	495	77	79	21	23	131	133
19	4	10	250	491	493	102	104	18	20	109	111
20	4	11	150	241	243	63	65	16	18	94	96

Задание 3. Вариант 1. Три одинаковых вольтметра с сопротивлением $R_V = 1$ кОм каждый соединены между собой одним из двух способов:



При решении делите показания вольтметров, подключённых по схеме «звезда», на показания вольтметров, подключённых по схеме «треугольник».

а) Идеальный источник постоянного напряжения $U = 40$ В подключили к выводам 1–2. Найдите отношение показаний вольтметров V_1 . Ответ округлите до целых.

Ответ: 1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Источник постоянного напряжения $U = 40$ В подключили к выводам 1–2. Найдите отношение показаний вольтметров V_2 . Ответ округлите до целых.

Ответ: 0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Источник постоянного напряжения $U = 40$ В подключили к выводам 2–3. Найдите отношение показаний вольтметров V_3 . Ответ округлите до десятых.

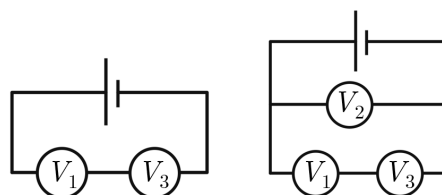
Ответ: 0.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При подключении идеального источника к выводам 1–2 эквивалентные схемы имеют вид:

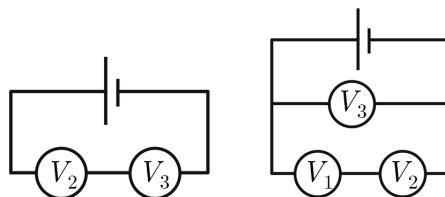


$$X_1 = \frac{0.5U_0}{0.5U_0} = 1.$$

б) При подключении источника к выводам 1–2 вольтметр V_2 не включён в цепь.

$$X_2 = \frac{0}{U_0} = 0.$$

в) При подключении источника к выводам 2–3 эквивалентные схемы имеют вид:



$$X_3 = \frac{0.5U_0}{U_0} = 0.5.$$

Заметим, что найденные отношения не зависят от величин напряжения источника и сопротивления одинаковых вольтметров.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	R_V , кОм	U, В	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)
1	1	40	1	0	0.5
2	1.1	44	1	0	0.5
3	1.2	48	1	0	0.5
4	1.3	52	1	0	0.5
5	1.4	56	1	0	0.5
6	1.5	60	1	0	0.5
7	1.6	64	1	0	0.5
8	1.7	68	1	0	0.5
9	1.8	72	1	0	0.5
10	1.9	76	1	0	0.5
11	2	80	1	0	0.5
12	2.1	84	1	0	0.5
13	2.2	88	1	0	0.5
14	2.3	92	1	0	0.5
15	2.4	96	1	0	0.5
16	2.5	100	1	0	0.5
17	0.5	100	1	0	0.5
18	0.6	120	1	0	0.5
19	0.7	140	1	0	0.5
20	0.8	160	1	0	0.5

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Внутри плодов «бешеного огурца» (*Echballium elaterium*) при созревании давление сильно возрастает. Если прикоснуться к плоду, он отрывается от плодоножки и с силой выбрасывает семена вместе с внутренней жидкостью наружу. Будем считать, что семена вылетают из плода, расположенного на высоте 1.2 метра над землёй, с начальной скоростью 10 м/с относительно земли под разными углами к горизонту. Сопротивлением воздуха и влиянием ветра пренебрегите, примите $g = 10 \text{ м/с}^2$. Масса одного семени 0.05 г.

а) Одно из семян вылетело горизонтально. Определите модуль вертикальной составляющей его скорости перед ударом о землю. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Ответ: 4.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Определите модуль скорости горизонтально вылетевшего семени непосредственно перед ударом о землю. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Ответ: 11.1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) На сколько процентов увеличилась кинетическая энергия семени к моменту его удара о землю по сравнению с кинетической энергией в момент вылета? Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 24

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Семя выброшено под углом 45° к горизонту. На какой высоте над землёй оно окажется, когда его горизонтальное перемещение составит 4 метра? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 360

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

д) Из некоторого плода, оторвавшегося от растения, одновременно вылетели 20 семян в одном направлении. Определите скорость отдачи плода массой 20 г (масса после выброса семян). Ответ выразите в м/с, округлите до сотых. Массой выбрасываемой жидкости и начальной скоростью плода пренебрегите.

Ответ: 0.50

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Определим время падения семени при горизонтальном вылете.

$$h = \frac{gt^2}{2}, \implies t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.2}{10}} \approx 0.49 \text{ с.}$$

Вертикальная составляющая скорости перед ударом о землю: $v = gt = 4.9 \text{ м/с}$.

б) Полную скорость можно найти по теореме Пифагора, считая, что горизонтальная составляющая скорости не меняется.

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{10^2 + 4.9^2} \approx 11.136 \approx 11.1 \text{ м/с.}$$

в) В момент вылета скорость семени равна v_0 , поэтому его начальная кинетическая энергия:

$$E_0 = \frac{mv_0^2}{2}.$$

Сопротивлением воздуха пренебрегаем, поэтому по закону сохранения энергии кинетическая энергия непосредственно перед ударом будет на ΔE больше, где $\Delta E = mgh$. Тогда:

$$\frac{\Delta E}{E_0} = \frac{mgh}{\frac{mv_0^2}{2}} = \frac{2gh}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 1.2}{10^2} = 0.24.$$

Следовательно, кинетическая энергия увеличилась на 24 %.



г) Используем уравнение траектории:

$$y = h + x \operatorname{tg}(\alpha) - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}.$$

При $\alpha = 45^\circ$ $\operatorname{tg}(\alpha) = 1$, $\cos^2(\alpha) = 0.5$.

Тогда

$$y = 1.2 + 4 - \frac{10 \cdot 4^2}{2 \cdot 100 \cdot 0.5} = 3.6 \text{ м} = 360 \text{ см}.$$

д) Во время короткого выброса действием внешних сил можно пренебречь. Суммарный импульс семян:

$$p_c = N \cdot mv_0 = 20 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 10 = 0.01 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

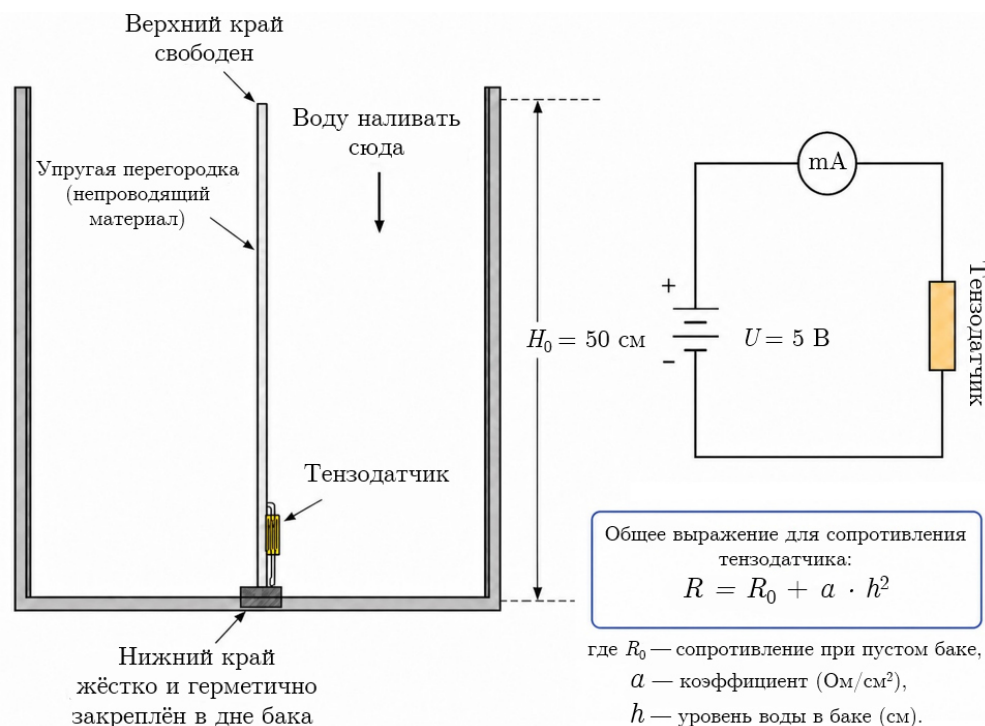
Импульс плода равен по модулю и противоположен по направлению, тогда:

$$MV = p_c, \text{ т. е. } V = \frac{p_c}{M} = \frac{0.01}{0.02} = 0.50 \text{ м/с}.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	h, м	v_0 , м/с	x_4 , м	m_c , г	N, шт.	$M_{\text{пл}}$, г	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	1.2	10	4	0.05	20	20	4.9	11.1	24	360	0.50
2	0.8	8	3.2	0.04	15	16	4.0	8.9	25	240	0.30
3	1	8	3.2	0.05	18	18	4.5	9.2	31	260	0.40
4	1.2	8	3.2	0.06	20	20	4.9	9.4	38	280	0.48
5	1.4	8	3.2	0.07	22	22	5.3	9.6	44	300	0.56
6	1.6	8	3.2	0.08	24	24	5.7	9.8	50	320	0.64
7	0.8	9	3.6	0.05	16	18	4.0	9.8	20	280	0.40
8	1	9	3.6	0.06	18	20	4.5	10.0	25	300	0.49
9	1.2	9	3.6	0.07	20	22	4.9	10.2	30	320	0.57
10	1.4	9	3.6	0.08	22	24	5.3	10.4	35	340	0.66
11	1.6	9	3.6	0.04	25	18	5.7	10.6	40	360	0.50
12	0.8	11	4.4	0.06	15	20	4.0	11.7	13	360	0.50
13	1	11	4.4	0.07	18	22	4.5	11.9	17	380	0.63
14	1.2	11	4.4	0.08	20	24	4.9	12.0	20	400	0.73
15	1.4	11	4.4	0.04	22	18	5.3	12.2	23	420	0.54
16	1.6	11	4.4	0.05	25	20	5.7	12.4	26	440	0.69
17	0.8	12	4.8	0.07	16	22	4.0	12.6	11	400	0.61
18	1	12	4.8	0.08	18	24	4.5	12.8	14	420	0.72
19	1.2	12	4.8	0.04	20	18	4.9	13.0	17	440	0.53
20	1.4	12	4.8	0.05	22	20	5.3	13.1	19	460	0.66

Задание 2. Вариант 1. Старшеклассник Тимур собрал устройство для определения уровня воды с использованием тензодатчика — тонкой проволоочки, сопротивление которой меняется при изгибе пластинки. Дана схема устройства.



В баке с водой вертикально установлена тонкая упругая перегородка из непроводящего материала. Нижний край перегородки жёстко и герметично закреплён в дне бака, верхний край свободен. Остальные параметры устройства указаны на схеме. При пустом баке сопротивление тензодатчика $R_0 = 200 \text{ Ом}$. Часть бака наполняют водой. Установлено, что сопротивление тензодатчика зависит от уровня воды h (в см) по закону, указанному на схеме, где $\alpha = 0.02 \text{ Ом}/\text{см}^2$. Тензодатчик включён в цепь, как показано на рисунке. Ток, измеряемый миллиамперметром, пересчитывается, и на шкале отображается уровень воды в сантиметрах. Внутренним сопротивлением источника и амперметра пренебрегите. Перегородка подчиняется закону Гука во всём рабочем диапазоне. Боковые края перегородки имеют гибкие водонепроницаемые уплотнения, которые не препятствуют изгибу перегородки, но не дают воде просачиваться. Таким образом, вода остаётся только с одной стороны перегородки. Тензодатчик изолирован от воды.

а) Чему равна сила тока в цепи при пустом баке? Ответ выразите в миллиамперах, округлите до десятых.

Ответ: 25.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Бак наполнили водой до уровня $h = 30 \text{ см}$. Чему при этом стала равна сила тока в цепи? Ответ выразите в миллиамперах, округлите до десятых.

Ответ: 22.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Чему должен быть равен уровень воды в баке, чтобы миллиамперметр показывал силу тока 24 мА? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: 20.4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) При каком уровне воды мощность электрического тока, выделяющаяся на тензодатчике, будет на 10 % меньше, чем при пустом баке? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: 33.3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) При некоторой температуре цилиндрический бак заполнен водой до уровня $h_1 = 40.0 \text{ см}$. Температурный коэффициент объёмного расширения воды равен $\beta = 4.0 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Воду и измерительную установку нагрели на $10 \text{ }^\circ\text{C}$. На сколько (по модулю) изменится сопротивление тензодатчика вследствие теплового расширения воды? Ответ выразите в омах, округлите до сотых. Считайте, что площадь горизонтального сечения бака постоянна. Тепловым расширением бака, испарением воды и непосредственным влиянием температуры на характеристики измерительной установки пренебрегите.

Ответ: 0.26

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При $h = 0$ сопротивление тензодатчика $R_0 = 200$ Ом. По закону Ома:

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{5}{200} = 0.025 \text{ А} = 25 \text{ мА}.$$

б) Сначала определим сопротивление тензодатчика по формуле, приведённой в условии:

$$R = 200 + 0.02 \cdot 30^2 = 218.0 \text{ Ом}.$$

Теперь по закону Ома определим ток:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{218} \approx 0.02294 \text{ А} \approx 22.9 \text{ мА}.$$

в) Сопротивление тензодатчика

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5}{0.024} \approx 208.33 \approx 208 \text{ Ом}.$$

Изменение сопротивления: $\Delta R = R - R_0 = 208.33 - 200 = 8.33$ Ом.

Из закона, приведённого в условии, $R(h) = 200 + 0.02 \cdot h^2$:

$$h^2 = \frac{8.33}{0.02} = 416.5 \text{ см}^2, \text{ откуда } h \approx 20.4 \text{ см}.$$

г) При пустом баке:

$$P_0 = \frac{U^2}{R_0}.$$

В искомом состоянии $P = 0.9P_0$.

Так как напряжение постоянно, то

$$\frac{U^2}{R} = 0.9 \frac{U^2}{R_0}, \implies R = \frac{R_0}{0.9} = \frac{200}{0.9} \approx 222.22 \text{ Ом}.$$

Тогда из формулы, приведённой в условии, $200 + 0.02h^2 = 222.22$, значит, $h \approx 33.3$ см.

д) При нагревании относительное изменение объёма

$$\frac{\Delta V}{V_1} = \beta \Delta T.$$

Поэтому относительное изменение высоты воды равно (так как S постоянно)

$$\frac{\Delta h}{h_1} = \beta \Delta T.$$

Тогда $h_2 = h_1(1 + \beta \Delta T) = 40 \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10) = 40.16$ см.

Первоначальное сопротивление тензодатчика:

$$R_1 = R_0 + \alpha h_1^2 = 200 + 0.02 \cdot 40^2 = 232 \text{ Ом}.$$

После нагревания сопротивление станет равным

$$R_2 = R_0 + \alpha h_2^2 = 200 + 0.02 \cdot 40.16^2 = 232.2565 \text{ Ом}.$$

Сопротивление увеличится на $\Delta R = 0.2565$ Ом ≈ 0.26 Ом.

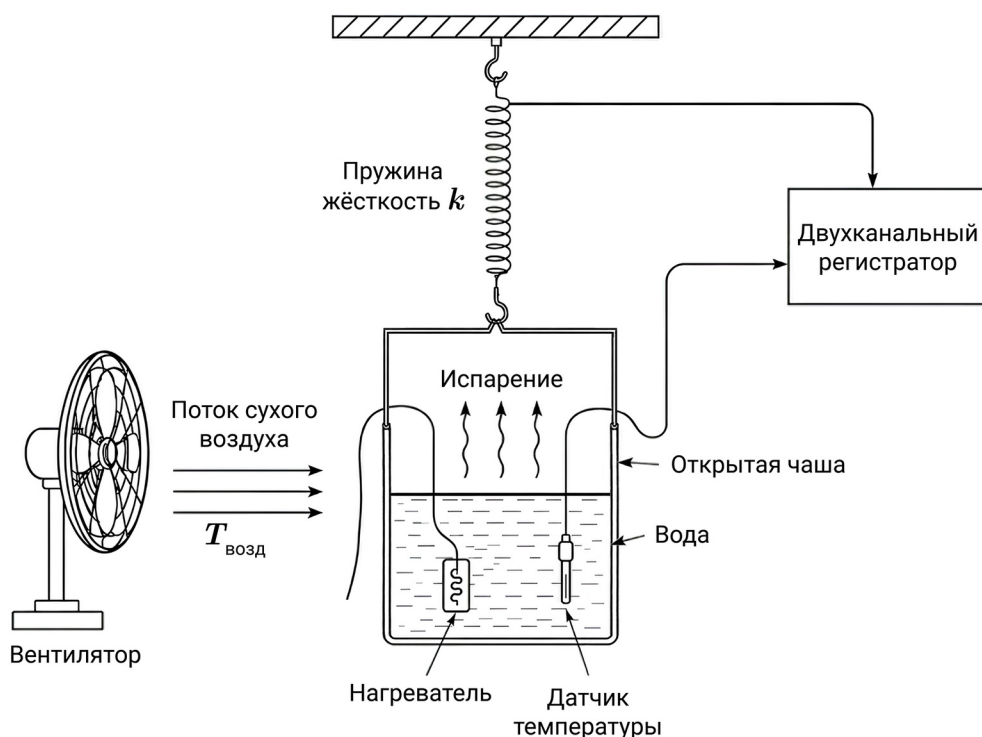
Можно решить немного короче, поскольку R_0 при вычитании сокращается:

$$\Delta R = \alpha(h_2^2 - h_1^2) = 0.02(40.16^2 - 40^2) = 0.2565 \text{ Ом} \approx 0.26 \text{ Ом}.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

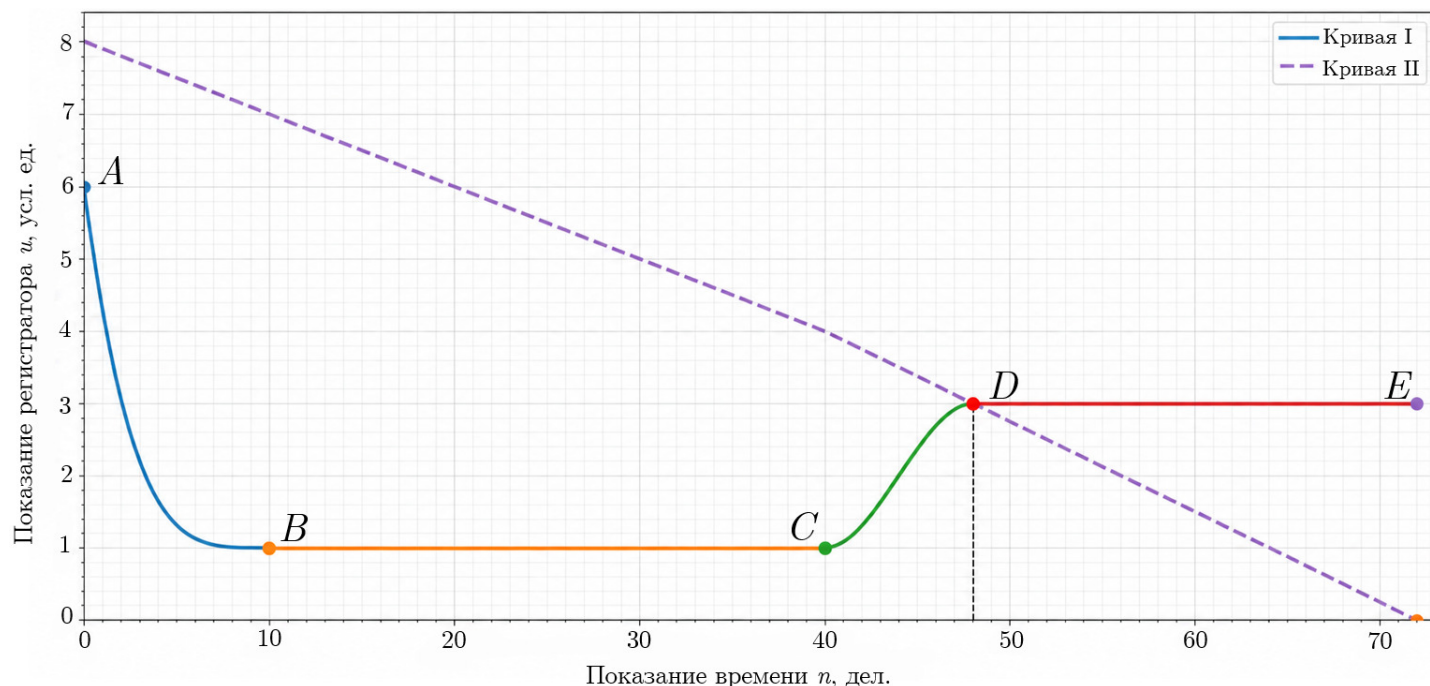
№ вар.	R_0 , Ом	a , Ом/см ²	h , см	I_3 , мА	p , %	h_1 , см	ΔT , °C	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	200	0.02	30	24	10	40	10	25.0	22.9	20.4	33.3	0.26
2	180	0.018	28	26.7	8	40	10	27.8	25.8	20.1	29.5	0.23
3	185	0.02	30	25.6	12	42	12	27.0	24.6	22.7	35.5	0.34
4	190	0.022	32	24.7	9	38	8	26.3	23.5	23.8	29.2	0.20
5	195	0.016	34	24.3	15	44	15	25.6	23.4	25.9	46.4	0.37
6	200	0.024	36	22.9	11	40	9	25.0	21.6	27.6	32.1	0.28
7	205	0.019	27	22.5	13	42	11	24.4	22.8	30.1	40.2	0.30
8	210	0.021	29	22.9	14	38	13	23.8	22.0	19.9	40.3	0.32
9	215	0.017	31	22.5	7	44	10	23.3	21.6	20.6	30.9	0.26
10	220	0.023	33	21.5	16	40	14	22.7	20.4	23.4	42.7	0.41
11	200	0.025	35	23.2	10	42	8	25.0	21.7	24.9	29.8	0.28
12	205	0.018	26	23	12	38	12	24.4	23.0	26.2	39.4	0.25
13	210	0.02	28	22.1	8	44	9	23.8	22.2	28.5	30.2	0.28
14	215	0.022	30	21.1	15	40	15	23.3	21.3	31.6	41.5	0.42
15	225	0.016	32	21.7	9	42	11	22.2	20.7	18.4	37.3	0.25
16	230	0.024	34	20.9	13	38	13	21.7	19.4	19.6	37.8	0.36
17	235	0.019	36	20.5	11	44	10	21.3	19.3	21.6	39.1	0.29
18	240	0.021	25	19.8	14	40	14	20.8	19.8	24.4	43.1	0.38
19	245	0.017	27	19.5	7	42	8	20.4	19.4	25.9	32.9	0.19
20	255	0.023	29	18.3	16	38	12	19.6	18.2	28.1	46.0	0.32

Задание 3. Вариант 1. В широкую неглубокую цилиндрическую чашку налита вода (рисунок схематичный).



В воду погружены датчик температуры и электрический нагреватель. Чашка подвешена к вертикальной пружине, удлинение которой измеряется датчиком.

Перед началом опыта механический датчик обнулили при пустой чашке с установленными в ней нагревателем и датчиком температуры. Поэтому его показания определяются только массой оставшейся воды.



В точке A включают вентилятор, создающий постоянный поток осушенного воздуха. Вода начинает испаряться и охлаждаться. В точке C , не изменяя режима вентилятора, включают нагреватель постоянной мощности. Опыт заканчивают в точке E , когда вода полностью испаряется.

Температуру воды во всём объёме считайте одинаковой. Температура, влажность и скорость потока воздуха во время опыта постоянны. Тепловой поток от воздуха к воде определяется выражением

$$P_{\text{возд}} = \beta(T_{\text{возд}} - T),$$

где β — постоянный коэффициент. Единственной причиной уменьшения массы воды является испарение. Вода не кипит. Разбрызгиванием, утечками, теплоёмкостью чашки и оборудования, а также другими путями теплообмена пренебрегите.

Графики являются идеализированной моделью результатов измерений. Считайте, что скорость испарения постоянна на участке от A до C и принимает другое постоянное значение на участке от C до E . Влиянием температуры воды на скорость испарения в пределах каждого из этих участков пренебрегите.

Двухканальный регистратор записывал температуру воды и дополнительное удлинение пружины относительно положения пустой чашки. Подписи каналов были утрачены, поэтому на графике остались только обозначения «кривая I» и «кривая II». По вертикальной оси отложено условное показание u , по горизонтальной — число делений n .

Время от начала опыта определяется формулой $t = qn$.

Все отмеченные буквами точки считайте расположенными точно в узлах координатной сетки.

Известны следующие величины:

- температура воздуха $T_{\text{возд}} = 30^\circ\text{C}$,
- цена деления времени $q = 0.50$ мин/дел,
- связь температуры (в $^\circ\text{C}$) с показанием u : $T = 18 + 2u$,
- связь деформации пружины (в см) с показанием u : $x = u \cdot s_x$ (в см), где $s_x = 0.10$ см/усл. ед.,
- жёсткость пружины $k = 25$ Н/м,
- удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг $\cdot$ $^\circ\text{C}$),
- удельная теплота парообразования $L = 2.26$ МДж/кг,
- ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

а) Через сколько минут после включения вентилятора установился первый стационарный режим? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 5.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Определите первоначальную массу воды. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 20

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите скорость испарения воды до включения нагревателя. Ответ выразите в г/мин, округлите до сотых.

Ответ: 0.50

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите коэффициент теплопередачи β . Ответ выразите в Вт/°C, округлите до десятых.

Ответ: 1.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

д) Определите мощность нагревателя. Ответ выразите в ваттах, округлите до десятых.

Ответ: 12.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) После точки Е вода отсутствует, поэтому механическая нагрузка равна нулю: именно штриховая кривая II достигает $u = 0$. Температурная кривая при этом не обязана обращаться в ноль условной шкалы. Следовательно, кривая I — температура, кривая II — дополнительное удлинение пружины.

Первый стационарный температурный режим начинается в точке В, поскольку после неё температурная кривая I становится горизонтальной. Точка В имеет координату $n_B = 10$ дел.

$$t_B = qn_B = 0.50 \cdot 10 = 5.0 \text{ мин.}$$

б) В начальный момент $n = 0$, соответствующий точке А на температурной кривой, механическое показание $u = 8$, поэтому $x_A = 0.8 \text{ см} = 0.008 \text{ м}$.

Запишем условие равновесия $kx_A = m_A g$, тогда

$$m_A = \frac{kx_A}{g} = \frac{25 \cdot 0.0080}{10} = 0.020 \text{ кг} = 20 \text{ г.}$$

в) Определим скорость испарения воды до включения нагревателя (μ_1).

График удлинения пружины на участке от $n = 0$ до $n = 40$ имеет вид прямой. Следовательно, масса воды уменьшается линейно со временем, а скорость испарения постоянна.

В точке С происходит включение нагревателя. Определим, чему равна масса воды в этой точке.

Деформация пружины связана с показанием u формулой $x = u \cdot s_x$ (в см), где $s_x = 0.1 \text{ см/дел}$. Тогда точке С соответствует $x_1 = 0.4 \text{ см} = 0.004 \text{ м}$.

Тогда из условия равновесия $m_1 = \frac{kx_1}{g} = \frac{25 \cdot 0.004}{10} = 0.0100 \text{ кг} = 10 \text{ г}$.

Получается, что до точки С масса уменьшается с 20 г до 10 г за 20 минут (40 делений по времени соответствует $40 \cdot 0.5 = 20$ минут).

$$\text{Тогда } \mu_1 = \frac{20 - 10}{20} = 0.50 \text{ г/мин.}$$

г) Чтобы определить коэффициент β , нужно выбрать горизонтальный участок, на котором нагреватель ещё не включён, т. е. участок ВС. На этом участке всё количество теплоты, полученное от тёплого воздуха, уходит на испарение воды, т. е. $\beta(T_{\text{возд}} - T_1) = L\mu_1$.

Переведём

$$\mu_1 = 0.50 \text{ г/мин} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3}}{60} \approx 8.333 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с.}$$

Определим $T_1 = 18 + 2u = 18 + 2 \cdot 1 = 20 \text{ °C}$.

Посчитаем коэффициент теплопередачи:

$$\beta = \frac{L\mu_1}{T_{\text{возд}} - T_1} = \frac{2.26 \cdot 10^6 \cdot 8.333 \cdot 10^{-6}}{30 - 20} \approx 1.883 \text{ Вт/°C} \approx 1.9 \text{ Вт/°C.}$$

д) Механическая кривая от точки С до конца опыта является прямолинейной. Следовательно, после включения нагревателя масса уменьшается равномерно и скорость испарения μ_2 постоянна как на переходном участке CD, так и на стационарном участке DE.

Для определения мощности нагревателя будем использовать второй стационарный режим.

На участке DE выполняется тепловой баланс в виде:

$$\beta(T_{\text{возд}} - T_2) + P_{\text{н}} = L\mu_2,$$

где μ_2 — скорость испарения воды после включения нагревателя.

Найдём её аналогично вопросу в).

После точки С масса уменьшится с 10 г до нуля за $(72 - 40) \cdot 0.5 = 16$ минут.

Здесь мы использовали показания горизонтальной шкалы в т. С и в т. Е и цену деления времени $q = 0.50$ мин/дел.

Тогда

$$\mu_2 = \frac{10}{16} = 0.625 \text{ г/мин} = \frac{0.625 \cdot 10^{-3}}{60} = 1.0417 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с}.$$

Определим $T_2 = 18 + 2u = 18 + 2 \cdot 3 = 24^\circ\text{C}$.

$$P_{\text{н}} = 2.26 \cdot 10^6 \cdot 1.0417 \cdot 10^{-5} - 1.8833 \cdot (30 - 24) = 12.242 \text{ Вт} \approx 12.2 \text{ Вт}.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3. Пункты а, б, в)

№ варианта	$T_{\text{возд}},$ $^\circ\text{C}$	$q,$ мин/дел	b в $T = b + a \cdot u,$ $^\circ\text{C}$	$a,$ $^\circ\text{C/усл.ед.}$	$s_x,$ см/усл.ед.	$k,$ Н/м	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)
1	30	0.5	18	2	0.1	25	5.0	20	0.50
2	29	0.4	18.2	1.8	0.09	24	4.0	17	0.54
3	31	0.45	17.8	2.2	0.11	22	4.5	19	0.54
4	30	0.55	20.4	1.6	0.08	28	5.5	18	0.41
5	32	0.6	20	2	0.12	20	6.0	19	0.40
6	33	0.65	18.6	2.4	0.1	30	6.5	24	0.46
7	28	0.7	19	1.5	0.13	21	7.0	22	0.39
8	34	0.75	19	2.5	0.09	32	7.5	23	0.38
9	31	0.8	20.8	1.7	0.11	26	8.0	23	0.36
10	29	0.5	16.4	2.1	0.12	27	5.0	26	0.65
11	33	0.45	19.2	2.3	0.08	31	4.5	20	0.55
12	30	0.55	18.6	1.9	0.13	23	5.5	24	0.54
13	32	0.6	21.2	1.8	0.09	29	6.0	21	0.44
14	34	0.65	20.8	2.2	0.11	24	6.5	21	0.41
15	29	0.7	19.4	1.6	0.1	28	7.0	22	0.40
16	31	0.75	19	2	0.12	22	7.5	21	0.35
17	30	0.8	15.6	2.4	0.08	30	8.0	19	0.30
18	33	0.4	24	1.5	0.13	25	4.0	26	0.81
19	28	0.45	17.8	1.7	0.09	27	4.5	19	0.54
20	32	0.55	17	2.5	0.11	31	5.5	27	0.62

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3. Пункты г, д)

№ варианта	$T_{\text{возд}},$ °C	$q,$ мин/дел	b в $T = b + a \cdot u,$ °C	$a,$ °C/усл.ед.	$s_x,$ см/усл.ед.	$k,$ Н/м	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	30	0.5	18	2	0.1	25	1.9	12.2
2	29	0.4	18.2	1.8	0.09	24	2.3	13.2
3	31	0.45	17.8	2.2	0.11	22	1.8	13.2
4	30	0.55	20.4	1.6	0.08	28	1.9	10.0
5	32	0.6	20	2	0.12	20	1.5	9.8
6	33	0.65	18.6	2.4	0.1	30	1.4	11.3
7	28	0.7	19	1.5	0.13	21	2.0	9.5
8	34	0.75	19	2.5	0.09	32	1.2	9.4
9	31	0.8	20.8	1.7	0.11	26	1.6	8.8
10	29	0.5	16.4	2.1	0.12	27	2.3	15.9
11	33	0.45	19.2	2.3	0.08	31	1.8	13.5
12	30	0.55	18.6	1.9	0.13	23	2.2	13.3
13	32	0.6	21.2	1.8	0.09	29	1.8	10.7
14	34	0.65	20.8	2.2	0.11	24	1.4	9.9
15	29	0.7	19.4	1.6	0.1	28	1.9	9.8
16	31	0.75	19	2	0.12	22	1.3	8.6
17	30	0.8	15.6	2.4	0.08	30	0.9	7.3
18	33	0.4	24	1.5	0.13	25	4.1	19.9
19	28	0.45	17.8	1.7	0.09	27	2.4	13.2
20	32	0.55	17	2.5	0.11	31	1.9	15.2

Список использованных источников изображений

Задание 1.

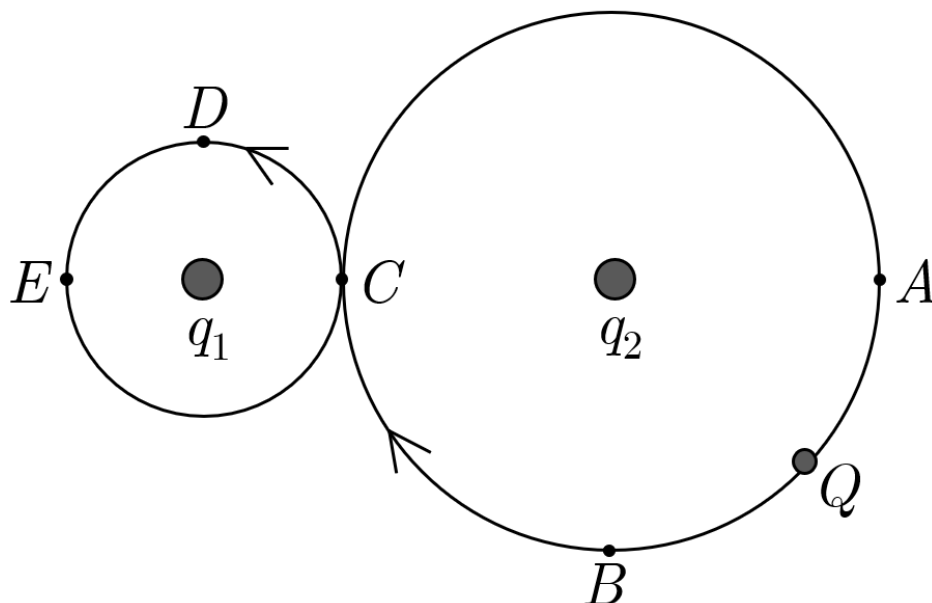
1. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Ecballium_elaterium_fruit_and_flower.jpg

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Два точечных заряда $q_1 = -1$ мкКл и $q_2 = +2$ мкКл закреплены. Маленькая бусинка с зарядом $Q = +1$ нКл может без трения скользить по гладкой спице, изогнутой в форме восьмёрки. «Восьмёрка» состоит из двух правильных окружностей с радиусами $R_1 = 1$ см и $R_2 = 2$ см. В точке C бусинка беспрепятственно переходит с одной окружности на другую. Влиянием силы тяжести пренебрегите. Постоянная $k = 9.0 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



а) В какой из точек потенциальная энергия взаимодействия бусинки с двумя точечными зарядами будет наибольшей (с учётом знака)?

Ответ:

- ✓ A
- B
- C
- D
- E

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна потенциальная энергия бусинки в точке E (с учётом знака)? Ответ выразите в микроджоулях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[-451; -449]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Чему равна электростатическая сила, действующая на бусинку, когда она находится в точке A ? Ответ выразите в миллиньютонах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[41.1; 41.7]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Бусинка массой 50 мг начинает двигаться без начальной скорости из точки A . Какой скоростью бусинка будет обладать в точке D ? Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[6.3; 6.7]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Чему равна полная сила, действующая на бусинку в точке D , если она начала двигаться из точки A с нулевой скоростью? Ответ выразите в миллиньютонах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[207; 215]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Так как $Q > 0$, энергия взаимодействия увеличивается при приближении к положительному заряду и уменьшается при приближении к отрицательному. Ближе всего к положительному заряду лежат точки кольца ABC , и поскольку они все находятся на одном расстоянии от заряда q_2 , нужно выбрать из них наиболее удалённую от заряда q_1 . Это точка A .

б) Заряд Q находится в поле от двух зарядов q_1 и q_2 . Энергия взаимодействия с первым зарядом:

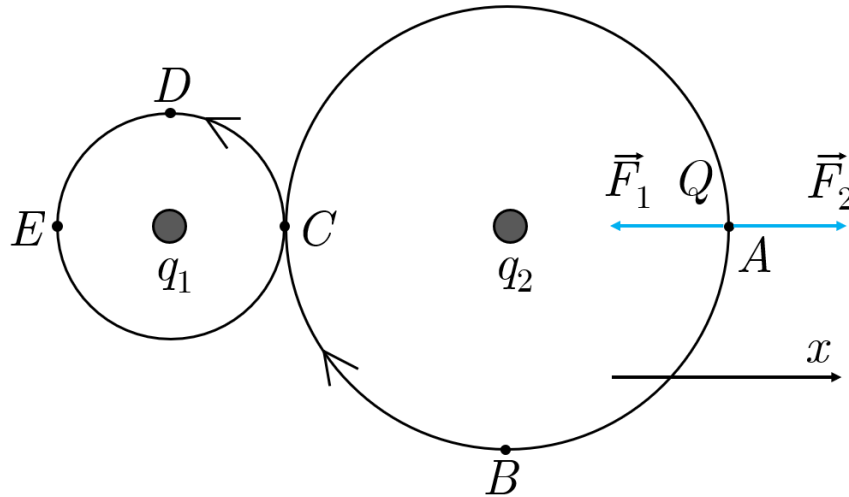
$$W_1 = kQ \frac{q_1}{R_1} = -9 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

Со вторым:

$$W_2 = kQ \frac{q_2}{R_2 + 2R_1} = 4.5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

По принципу суперпозиции $W_E = W_1 + W_2 = -4.5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} = -450 \text{ мкДж.}$

в) Заряд Q находится в поле от двух зарядов q_1 и q_2 .



Проекция силы взаимодействия с первым зарядом на ось, направленную вправо, равна

$$F_1 = \frac{kQq_1}{(R_1 + 2R_2)^2} = -3.6 \text{ мН.}$$

Аналогично для взаимодействия со вторым зарядом:

$$F_2 = \frac{kQq_2}{R_2^2} = 45 \text{ мН.}$$

По принципу суперпозиции полная сила $F = F_1 + F_2 = 41.4 \text{ мН}$ (направлена вправо).

г) Так как движение происходит без трения, выполняется закон сохранения энергии. Запишем потенциальную энергию заряда в начальной и конечной точках.

Точка А:

$$W_A = kQ \left(\frac{q_1}{R_1 + 2R_2} + \frac{q_2}{R_2} \right) = 7.200 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

Точка D (учтём, что расстояние от второго заряда до точки D считается по теореме Пифагора):

$$W_D = kQ \left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + R_1^2}} \right) \approx -3.308 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

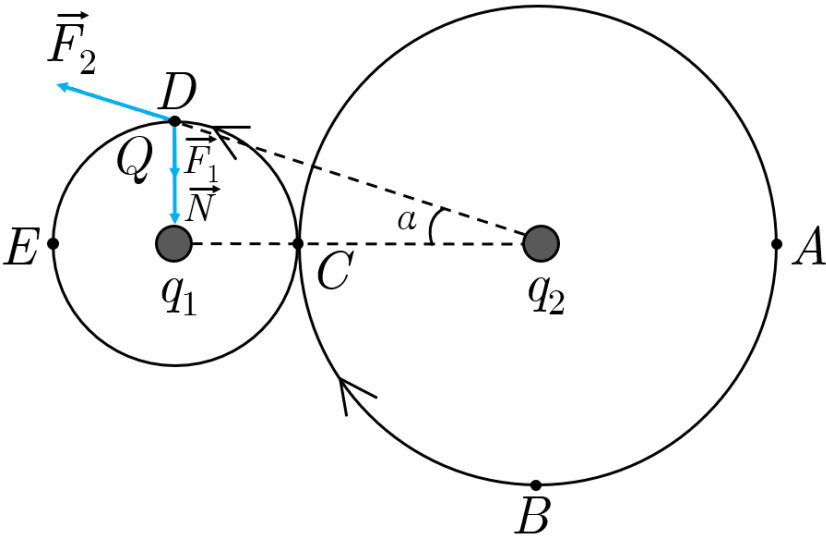
Закон сохранения энергии:

$$W_A + 0 = W_D + \frac{mv^2}{2}.$$

Кинетическая энергия равна $mv^2/2 = W_A - W_D \approx 10.5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$. Находим скорость:

$$v = \sqrt{\frac{2(W_A - W_D)}{m}} \approx 6.5 \text{ м/с.}$$

д) Полная сила, действующая на бусинку, является суммой трёх сил: двух сил Кулона и силы реакции опоры со стороны спицы.



Про силу реакции известно, что она перпендикулярна траектории (направлена по радиусу окружности). Проекцию полной силы на радиальное направление найдём из центростремительного ускорения. Скорость найдена в предыдущем вопросе:

$$F_R = \frac{mv^2}{R_1} \approx 0.2102 \text{ Н.}$$

Проекцию полной силы на направление, перпендикулярное радиусу, даёт только сила взаимодействия со вторым зарядом. Учтём, что расстояние l от второго заряда до точки D считается по теореме Пифагора:

$$l^2 = (R_1 + R_2)^2 + R_1^2.$$

Вычислим касательную составляющую:

$$F_T = \frac{kQq_2}{l^2} \cos \alpha, \quad \cos \alpha = \frac{R_1 + R_2}{l}, \quad F_T \approx 0.01708 \text{ Н.}$$

Полную силу находим по теореме Пифагора:

$$F = \sqrt{F_R^2 + F_T^2} \approx 0.211 \text{ Н} = 211 \text{ мН.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

Пункт а

№ варианта	q_1 , мККл	q_2 , мККл	Q , нКл	R_1 , см	R_2 , см	Формулировка пункта а	Ответ (пункт а)
1	−1	2	1	1	2	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
2	−1	2.5	1	1	2	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
3	−1	3	1	2	4	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
4	−1	3.5	1	2	5	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
5	−1.5	2	1	3	6	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А

№ варианта	q_1 , мКл	q_2 , мКл	Q , нКл	R_1 , см	R_2 , см	Формулировка пункта а	Ответ (пункт а)
6	-1.5	2.5	1	3	2	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
7	-1.5	3	1	4	3	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
8	-1.5	3.5	1	4	4	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
9	-2	3	1	5	5	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
10	-2	2.5	1	5	6	Потенциальная энергия взаимодействия будет наибольшей	А
11	-2	3	1	1	6	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
12	-2	3.5	1	1	5	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
13	-2.5	2	1	2	4	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
14	-2.5	2.5	1	2	3	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
15	-2.5	3	1	3	2	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
16	-2.5	3.5	1	3	6	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
17	-3	2	1	4	5	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
18	-3	2.5	1	4	4	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
19	-3	3	1	5	3	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е
20	-3	3.5	1	5	2	Потенциальная энергия взаимодействия будет наименьшей	Е

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

Пункты б–в

№ варианта	q_1 , мкКл	q_2 , мкКл	Q , нКл	R_1 , см	R_2 , см	Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ в диапазоне (пункт в)	
1	−1	2	1	1	2	−451	−449	41.1	41.7
2	−1	2.5	1	1	2	−339	−337	52.4	53
3	−1	3	1	2	4	−114	−112	15.7	16.3
4	−1	3.5	1	2	5	−101	−99	11.7	12.3
5	−1.5	2	1	3	6	−301	−299	4.1	4.7
6	−1.5	2.5	1	3	2	−170	−168	53.2	53.8
7	−1.5	3	1	4	3	−93	−91	28.4	29
8	−1.5	3.5	1	4	4	−76	−74	18.5	19.1
9	−2	3	1	5	5	−181	−179	9.7	10.3
10	−2	2.5	1	5	6	−220	−218	5.3	5.9
11	−2	3	1	1	6	−1464	−1462	6.1	6.7
12	−2	3.5	1	1	5	−1351	−1349	10.8	11.4
13	−2.5	2	1	2	4	−901	−899	8.7	9.3
14	−2.5	2.5	1	2	3	−805	−803	21.2	21.8
15	−2.5	3	1	3	2	−414	−412	62.6	63.2
16	−2.5	3.5	1	3	6	−489	−487	7.5	8.1
17	−3	2	1	4	5	−538	−536	5.5	6.1
18	−3	2.5	1	4	4	−489	−487	11.9	12.5
19	−3	3	1	5	3	−333	−331	27.5	28.1
20	−3	3.5	1	5	2	−279	−277	75.1	75.7

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

Пункты г–д

№ варианта	q_1 , мкКл	q_2 , мкКл	Q , нКл	R_1 , см	R_2 , см	Ответ в диапазоне (пункт г)		Ответ в диапазоне (пункт д)	
1	−1	2	1	1	2	6.3	6.7	207	215
2	−1	2.5	1	1	2	6.5	6.9	224	232
3	−1	3	1	2	4	4.7	5.1	57	65
4	−1	3.5	1	2	5	4.6	5	54	62
5	−1.5	2	1	3	6	4.1	4.5	27	35
6	−1.5	2.5	1	3	2	6.1	6.5	63	71
7	−1.5	3	1	4	3	5.3	5.7	35	43
8	−1.5	3.5	1	4	4	4.9	5.3	29	37
9	−2	3	1	5	5	4.4	4.8	18	26
10	−2	2.5	1	5	6	4	4.4	14	22
11	−2	3	1	1	6	8.1	8.5	342	350
12	−2	3.5	1	1	5	8.2	8.6	346	354
13	−2.5	2	1	2	4	6.3	6.7	103	111
14	−2.5	2.5	1	2	3	6.7	7.1	114	122

№ варианта	q_1 , мКл	q_2 , мКл	Q , нКл	R_1 , см	R_2 , см	Ответ в диапазоне (пункт г)		Ответ в диапазоне (пункт д)	
15	-2.5	3	1	3	2	7.1	7.5	84	92
16	-2.5	3.5	1	3	6	5.4	5.8	49	57
17	-3	2	1	4	5	4.9	5.3	29	37
18	-3	2.5	1	4	4	5.3	5.7	34	42
19	-3	3	1	5	3	5.8	6.2	32	40
20	-3	3.5	1	5	2	7.4	7.8	54	62

Задание 2. Вариант 1. В очень длинном вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под невесомым поршнем длительное время в состоянии равновесия находятся $m_v = 200$ г воды в жидком состоянии и $m_n = 20$ г водяного пара. Объёмом жидкой воды по сравнению с объёмом пара пренебрегите. Атмосферное давление $p_a = 10^5$ Па. Удельная теплота парообразования воды $L = 2.3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Молярная масса воды $M = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Универсальная газовая постоянная $R = 8.31$ Дж/(К·моль). Температура в данной системе всё время постоянная.

а) Что произойдёт с объёмом пара, если на поршень поставить груз массой $m_r = 100$ г?

Ответ:

- Уменьшится, но останется ненулевым
- Увеличится
- Не изменится
- ✓ Пар полностью сконденсируется

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Определите температуру водяного пара в исходном состоянии. Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых.

Ответ: 100

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Медленно передвигая поршень из исходного состояния, объём цилиндра уменьшили в 2 раза. Какая масса воды будет находиться в жидком состоянии после этого? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [209; 211]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Вернёмся к исходному состоянию системы. Какую минимальную энергию нужно передать этой системе, чтобы в ней не осталось воды в жидком состоянии? Считайте, что за пределы системы вода — пар тепло не уходит. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазонах [459; 461] и [493; 495]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла. За ответ в диапазоне [493; 495] — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Давление насыщенного пара зависит только от температуры. Так как температура по условию постоянна, давление пара остаётся неизменным. Следовательно, при увеличении внешнего давления равнодействующая сил, действующих на поршень, окажется направленной вниз. При движении поршня вниз насыщенный пар под ним начнёт конденсироваться, а объём, занимаемый паром, — уменьшаться. Это будет продолжаться до тех пор, пока пар полностью не сконденсируется и поршень не опустится в самый низ цилиндра.

б) Так как поршень невесомый, давление пара под поршнем равно атмосферному. Давление насыщенного пара жидкости равно атмосферному при температуре кипения этой жидкости. Следовательно, температура пара 100°C .

в) Согласно уравнению $pV = (m_n/M)RT$, уменьшение объёма пара в два раза приводит к уменьшению его массы в два раза. Избыток воды конденсируется. Получаем, что масса воды в конце:

$$m'_v = m_v + m_n - \frac{m_n}{2} = 200 + 20 - \frac{20}{2} = 210 \text{ г.}$$

г) В процессе испарения энергия затрачивается как на изменение энергии связей между молекулами, так и на работу по расширению образовавшегося пара в окружающую среду. В удельной теплоте парообразования учтены как изменение энергии межмолекулярных связей, так и работа по расширению газа в атмосферу при нормальных условиях, то есть при атмосферном давлении. В нашем случае испарение также происходит при атмосферном давлении,

поэтому необходимое количество теплоты можно рассчитать по формуле

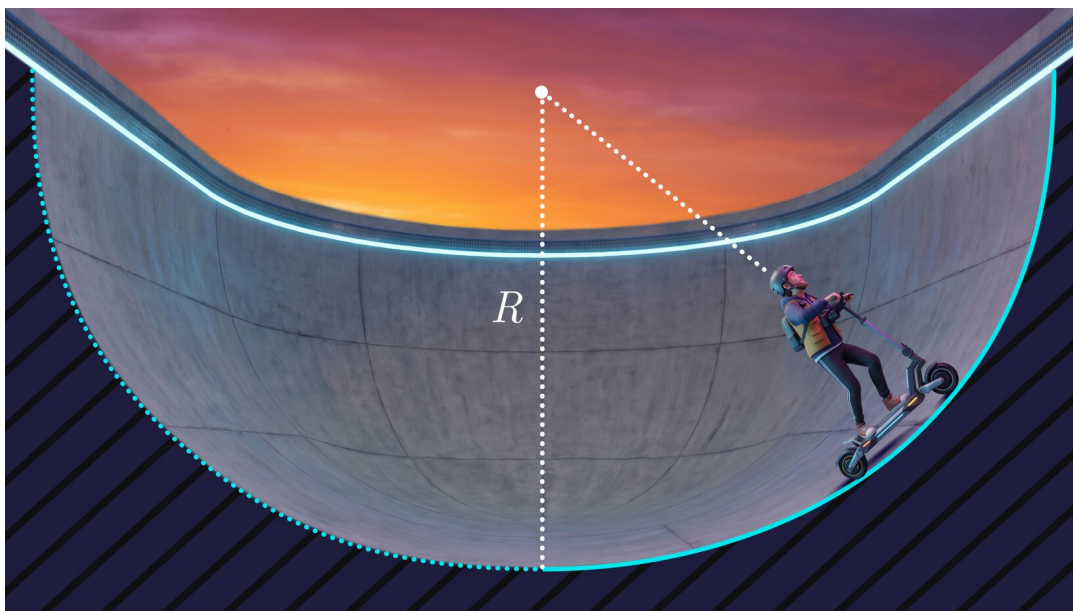
$$Q = Lm_{\text{в}} = 2.3 \cdot 10^6 \cdot 0.2 = 460 \text{ кДж.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

Пункты в–г

№ варианта	$m_{\text{в}}, \text{ г}$	$m_{\text{п}}, \text{ г}$	$m_{\text{г}}, \text{ г}$	$x, \text{ раз(а)}$	Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)		Доп. ответ в диапазоне (пункт г)	
1	200	20	100	2	209	211	493	495	459	461
2	50	10	10	3	56	58	123	125	114	116
3	60	12	20	2.9	67	69	147	149	137	139
4	70	14	30	2.8	78	80	172	174	160	162
5	80	16	40	2.7	89	91	197	199	183	185
6	90	18	50	2.6	100	102	221	223	206	208
7	100	22	60	2.5	112	114	246	248	229	231
8	110	24	70	2.4	123	125	271	273	252	254
9	120	26	80	2.3	134	136	296	298	275	277
10	130	28	90	2.2	144	146	320	322	298	300
11	140	30	200	2.1	155	157	345	347	321	323
12	150	32	110	1.9	164	166	370	372	344	346
13	160	34	120	1.8	174	176	395	397	367	369
14	170	36	130	1.7	184	186	419	421	390	392
15	180	38	140	1.6	193	195	444	446	413	415
16	190	40	150	1.5	202	204	469	471	436	438
17	210	42	160	1.4	221	223	518	520	482	484
18	220	44	170	1.3	229	231	543	545	505	507
19	230	46	180	1.2	237	239	568	570	528	530
20	240	48	190	1.1	243	245	592	594	551	553

Задание 3. Вариант 1. Популярный техноблогер тестирует новый мощный электросамокат внутри глубокой вогнутой чаши в экстрим-парке. Чаша имеет сферическую форму радиусом $R = 10 \text{ м}$. Оказавшись в нижней точке чаши, блогер полностью отключает двигатель самоката и далее катится свободно, без трения. Скорость центра масс системы «самокат + блогер» в этот момент равна $v_0 = 12 \text{ м/с}$. Суммарная масса самоката вместе с райдером составляет $m = 90 \text{ кг}$. Центр масс системы «самокат + блогер» находится на высоте $h = 0.8 \text{ м}$ от поверхности чаши. Движение блогера с самокатом можно рассматривать как движение материальной точки, пренебрегая энергией их вращения относительно центра масс. Сопротивлением воздуха и собственными размерами самоката с райдером (по сравнению с радиусом чаши) пренебрегите. Примите ускорение свободного падения $g = 9.8 \text{ м/с}^2$, а число $\pi = 3.14$.



а) На какую максимальную высоту H относительно дна чаши центр масс системы сможет подняться по вогнутой поверхности в ходе дальнейшего движения? Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[8.0; 8.2]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какую максимальную силу давления $F_{\max}$ испытает конструкция чаши со стороны самоката в процессе описанного движения? Ответ выразите в килоньютонках, округлите до сотых.

Ответ: 2.29 или 2.31

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла. За ответ 2.31 — 1 балл

в) Во втором эксперименте блогер тестирует разгон на самокате на ровном горизонтальном участке. Коэффициент трения между колёсами самоката и покрытием равен $\mu = 0.4$. Мощность двигателя самоката постоянна и равна $P = 1.2$ кВт. Считайте, что ведущими являются оба колеса (полный привод), а масса распределена между ними поровну. Определите максимальное ускорение $a_{\max}$ самоката при старте с места. Ответ выразите в м/с^2 , округлите до десятых.

Ответ: 3.9 или 4.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

За ответ 4.0 — 1.5 балла



г) Блогер разогнался до скорости $u = 10$ м/с. С каким максимальным ускорением может разгоняться самокат (на горизонтальном участке) при этой скорости? Ответ выразите в м/с^2 , округлите до сотых.

Ответ: 1.33

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

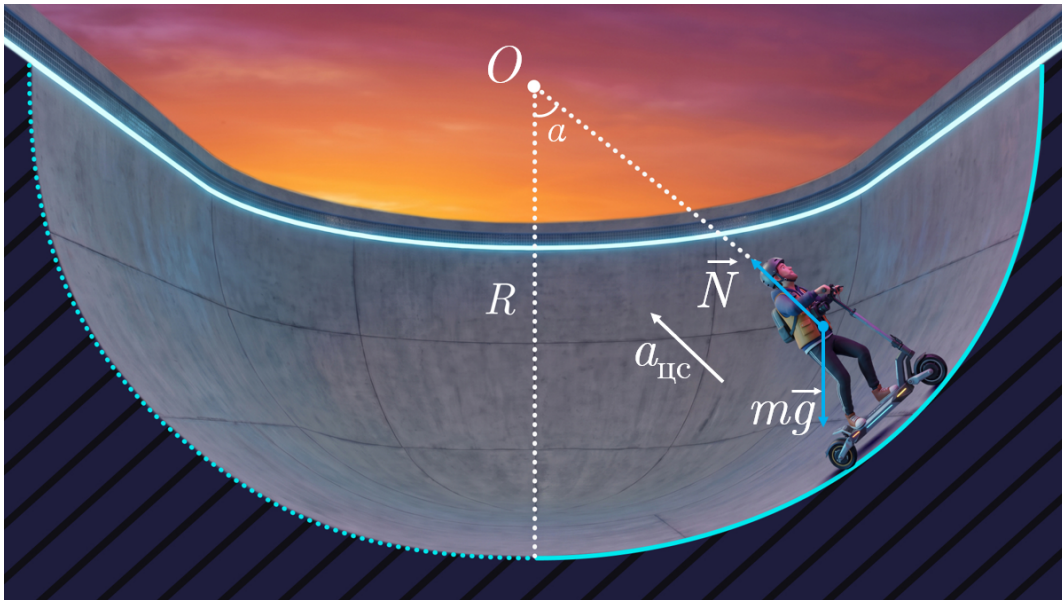
а) Запишем закон сохранения энергии относительно дна чаши:

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = mgH, \quad H = h + \frac{v_0^2}{2g} \approx 8.1 \text{ м.}$$

б) Запишем второй закон Ньютона в проекции на радиальную ось к центру сферы O в произвольной точке:

$$N - mg \cos \alpha = \frac{mv^2}{R - h},$$

где α — угол между осью и вектором силы тяжести.



Сила давления по третьему закону Ньютона равна $F = N$. Максимум достигается на самом дне чаши, когда $\alpha = 0^\circ$ и $\cos \alpha = 1$:

$$F_{\max} = mg + \frac{mv_0^2}{R - h} \approx 2.29 \text{ кН.}$$

в) Мощность, развиваемая двигателем, обеспечивает работу по разгону самоката. Если записать закон сохранения энергии для центра масс системы, то работа, совершаемая двигателем, будет равна $A = F_{\text{тр}}S$, где S — перемещение самоката. Тогда мощность, развиваемая двигателем, составит $P = A/\tau = F_{\text{тр}}S/\tau = F_{\text{тр}}v$. При разгоне с места скорость самоката близка к нулю, значит, двигатель может развивать очень большое усилие, поэтому ускорение на старте определяется условием проскальзывания колёс. Максимальное значение силы трения равно

$$F_{\text{тр},\max} = \mu mg = 352.8 \text{ Н}, \quad a_{\max} = \frac{F_{\text{тр},\max}}{m} = \mu g = 3.9 \text{ м/с}^2.$$

г) В предыдущем вопросе мы уже вывели формулу для мощности двигателя. Зная скорость движения, мы можем найти, при каком значении силы трения обеспечивается данная мощность:

$$F_{\text{тр}} = \frac{P}{v} = 120 \text{ Н.}$$

Это меньше максимального значения силы трения покоя. Значит, колёса самоката не будут проскальзывать и его ускорение будет равно

$$a = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \frac{120}{90} \approx 1.33 \text{ м/с}^2.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

Пункты а–б

№ варианта	R , м	v_0 , м/с	m , кг	h , м	μ	P , кВт	u , м/с	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ (пункт б)	Доп. ответ (пункт б)
1	10	12	90	0.8	0.4	1.2	10	8	8.2	2.29	2.31
2	10.2	12.1	89	0.7	0.3	1.22	10.1	8.1	8.3	2.24	2.26
3	10.4	12.2	88	0.72	0.31	1.24	10.2	8.2	8.4	2.22	2.23
4	10.6	12.3	87	0.74	0.32	1.26	10.3	8.4	8.6	2.19	2.2
5	10.8	12.4	86	0.76	0.33	1.28	10.4	8.5	8.7	2.16	2.18
6	11	12.5	85	0.78	0.34	1.3	10.5	8.7	8.9	2.13	2.15
7	11.2	12.6	84	0.8	0.35	1.32	10.6	8.8	9	2.11	2.12
8	11.4	12.7	83	0.82	0.36	1.34	10.7	8.9	9.1	2.08	2.1
9	11.6	12.8	82	0.84	0.37	1.36	10.8	9.1	9.3	2.05	2.07
10	11.8	12.9	81	0.86	0.38	1.38	10.9	9.3	9.5	2.03	2.04
11	12	13	80	0.88	0.39	1.4	11	9.4	9.6	2	2.02
12	12.2	13.1	79	0.9	0.41	1.42	11.1	9.6	9.8	1.97	1.99
13	12.4	13.2	78	0.92	0.42	1.44	11.2	9.7	9.9	1.95	1.96
14	12.6	13.3	77	0.94	0.43	1.46	11.3	9.9	10.1	1.92	1.94
15	12.8	13.4	76	0.96	0.44	1.48	11.4	10	10.2	1.9	1.91
16	13	13.5	75	0.98	0.45	1.5	11.5	10.2	10.4	1.87	1.89
17	13.2	13.6	74	1.02	0.46	1.52	11.6	10.4	10.6	1.85	1.86
18	13.4	13.7	73	1.04	0.47	1.54	11.7	10.5	10.7	1.82	1.84
19	13.6	13.8	72	1.06	0.48	1.56	11.8	10.7	10.9	1.8	1.81
20	13.8	13.9	71	1.08	0.49	1.58	11.9	10.8	11	1.77	1.79

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

Пункты в–г

№ варианта	R , м	v_0 , м/с	m , кг	h , м	μ	P , кВт	u , м/с	Ответ (пункт в)	Доп. ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)
1	10	12	90	0.8	0.4	1.2	10	3.9	4	1.33
2	10.2	12.1	89	0.7	0.3	1.22	10.1	2.9	3	1.36
3	10.4	12.2	88	0.72	0.31	1.24	10.2	3	3.1	1.38
4	10.6	12.3	87	0.74	0.32	1.26	10.3	3.1	3.2	1.41
5	10.8	12.4	86	0.76	0.33	1.28	10.4	3.2	3.3	1.43
6	11	12.5	85	0.78	0.34	1.3	10.5	3.3	3.4	1.46
7	11.2	12.6	84	0.8	0.35	1.32	10.6	3.4	3.5	1.48
8	11.4	12.7	83	0.82	0.36	1.34	10.7	3.5	3.6	1.51
9	11.6	12.8	82	0.84	0.37	1.36	10.8	3.6	3.7	1.54
10	11.8	12.9	81	0.86	0.38	1.38	10.9	3.7	3.8	1.56
11	12	13	80	0.88	0.39	1.4	11	3.8	3.9	1.59
12	12.2	13.1	79	0.9	0.41	1.42	11.1	4	4.1	1.62
13	12.4	13.2	78	0.92	0.42	1.44	11.2	4.1	4.2	1.65
14	12.6	13.3	77	0.94	0.43	1.46	11.3	4.2	4.3	1.68
15	12.8	13.4	76	0.96	0.44	1.48	11.4	4.3	4.4	1.71

№ варианта	R , м	v_0 , м/с	m , кг	h , м	μ	P , кВт	u , м/с	Ответ (пункт в)	Доп. ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)
16	13	13.5	75	0.98	0.45	1.5	11.5	4.4	4.5	1.74
17	13.2	13.6	74	1.02	0.46	1.52	11.6	4.5	4.6	1.77
18	13.4	13.7	73	1.04	0.47	1.54	11.7	4.6	4.7	1.8
19	13.6	13.8	72	1.06	0.48	1.56	11.8	4.7	4.8	1.84
20	13.8	13.9	71	1.08	0.49	1.58	11.9	4.8	4.9	1.87

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

