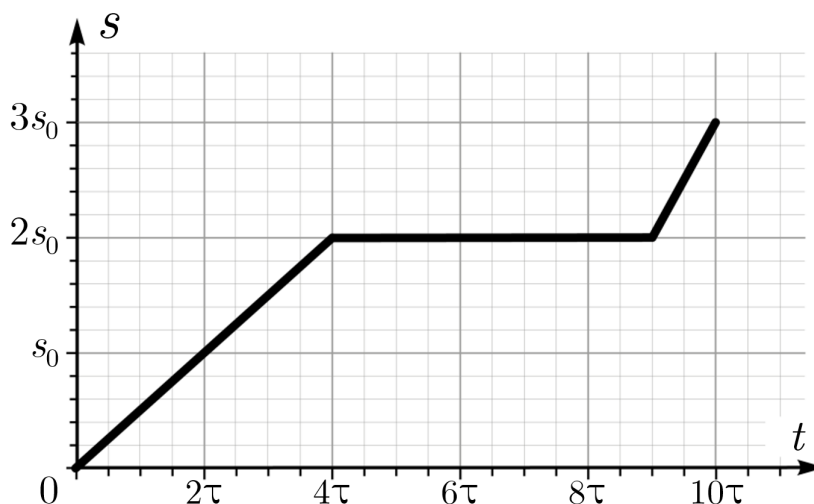


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Однажды лесник вышел из домика с ружьём наперевес и пошёл подкармливать волков. Он шёл не торопясь по прямой дороге, потом некоторое время кормил животных на одном месте. После этого лесник развернулся и пошёл обратно к домику по той же дороге с постоянной скоростью. Дана часть графика зависимости пройденного лесником пути от времени с момента выхода.



Известно, что $s_0 = 300$ м, а $\tau = 5$ мин.

а) Сколько минут лесник подкармливал волков? Ответ округлите до целых.

Ответ: 25

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) На каком расстоянии от домика был лесник в момент 10τ ? Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: 300

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) С какой максимальной скоростью, судя по графику, шёл лесник? Ответ выразите в км/ч, округлите до десятых.

Ответ: 3.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Через сколько минут после выхода из дома лесник в него вернулся? Ответ округлите до целых.

Ответ: 55

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Сколько времени заняло бы это мероприятие при тех же скоростях движения и продолжительности кормления, если бы волки находились на расстоянии $3s_0$ от дома? Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Ответ: 70

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) На графике кормлению волков соответствует область $4\tau \dots 9\tau$, на которой путь не менялся. Значит, на это затрачено $5\tau = 25$ мин.

б) К этому моменту лесник проходит путь $3s_0$. Из них $2s_0$ — это путь при удалении от домика, значит, к моменту 10τ он удалился на $2s_0$, а потом приблизился на s_0 . Ему осталось пройти $s_0 = 300$ м.

в) Скорость на представленном рисунке пропорциональна угловому коэффициенту графика. На участке $[0 \dots 4\tau]$ скорость

$$v_1 = \frac{2s_0}{4\tau} = 30 \text{ м/мин} = 1.8 \text{ км/ч},$$

на участке $[4\tau \dots 9\tau]$ скорость равна 0, на участке $[9\tau \dots 10\tau]$ скорость равна

$$v_2 = \frac{s_0}{\tau} = 60 \text{ м/мин} = 3.6 \text{ км/ч}.$$

г) К этому моменту времени ($t = 10\tau$) ему осталось пройти расстояние s_0 со скоростью v_2 .

$$t_{\text{возвр}} = 10\tau + \frac{s_0}{v_2} = 11\tau = 55 \text{ мин}.$$

д) В этом случае охотнику необходимо пройти путь $3s_0$ со скоростью v_1 , покормить волков, обратно пройти путь $3s_0$ со скоростью v_2 .

$$t_2 = \frac{3s_0}{v_1} + 5\tau + \frac{3s_0}{v_2} = 14\tau = 70 \text{ мин.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	s_0 , м	τ , мин	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт в) округлить до...	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	300	5	25	300	3.6	десятых	55	70
2	300	4	20	300	4.5	десятых	44	56
3	500	4	20	500	7.5	десятых	44	56
4	600	5	25	600	7.2	десятых	55	70
5	700	5	25	700	8.4	десятых	55	70
6	400	5	25	400	4.8	десятых	55	70
7	100	2	10	100	3	целых	22	28
8	200	2	10	200	6	целых	22	28
9	300	2	10	300	9	целых	22	28
10	400	6	30	400	4	целых	66	84
11	500	6	30	500	5	целых	66	84
12	100	3	15	100	2	целых	33	42
13	200	3	15	200	4	целых	33	42
14	300	3	15	300	6	целых	33	42
15	400	3	15	400	8	целых	33	42
16	500	3	15	500	10	целых	33	42
17	600	4	20	600	9	целых	44	56
18	200	4	20	200	3	целых	44	56
19	400	4	20	400	6	целых	44	56
20	500	5	25	500	6	целых	55	70

Задание 2. Вариант 1. Две машины едут по кольцевой дороге. Скорость первой машины $u_1 = 60$ км/ч, скорость второй $u_2 = 40$ км/ч. Если машины едут в противоположные стороны, то они встречаются через $t_1 = 2$ ч. За это время суммарно они расходуют $V_1 = 16$ литров топлива.

а) Чему равна длина кольцевой дороги? Ответ выразите в километрах, округлите до целых.

Примечание. В начальный момент времени автомобили находятся в одной точке кольцевой дороги.

Ответ: 200

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Через какой интервал времени машины встретятся, если поедут в одну сторону? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 10

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Сколько топлива тратит один автомобиль на 100 км, если расход у обоих одинаковый? Ответ выразите в литрах на 100 км, округлите до десятых.

Ответ: 8.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Сколько топлива суммарно израсходуют машины между встречами, если будут двигаться в одну сторону? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

Ответ: 80.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Путь, равный длине дороги, машины совместно преодолевают за t_1 : $s_0 = u_1 t_1 + u_2 t_1 = 200$ км.

б) В случае движения в одном направлении машины встретятся в тот момент, когда пройденные ими пути будут отличаться на s_0 :

$$s_0 = u_1 t_2 - u_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{s_0}{u_1 - u_2} = 10 \text{ ч.}$$

в) Обозначим искомый расход одного автомобиля за q . Тогда объём

$$V_1 = \frac{q}{100} u_1 t_1 + \frac{q}{100} u_2 t_1 = \frac{q}{100} s_0 \rightarrow q = \frac{100 V_1}{s_0} = 8 \text{ л/100 км.}$$

г) Составим уравнение, аналогичное представленному в предыдущем пункте:

$$V_2 = q \frac{u_1 t_2}{100} + q \frac{u_2 t_2}{100} = 80 \text{ л.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ варианта	u_1 , км/ч	u_2 , км/ч	t_1 , ч	V_1 , л	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)
1	60	40	2	16	200	10	8.0	80.0
2	50	40	2	18	180	18	10.0	162.0
3	70	40	3	39.6	330	11	12.0	145.2
4	80	40	2	36	240	6	15.0	108.0
5	105	45	2	27	300	5	9.0	67.5
6	50	60	3	16.5	330	33	5.0	181.5
7	60	50	2	11	220	22	5.0	121.0
8	70	50	2	18	240	12	7.5	108.0
9	75	55	2	26	260	13	10.0	169.0
10	90	50	2	22.4	280	7	8.0	78.4
11	65	70	1	27	135	27	20.0	729.0
12	70	50	2	18	240	12	7.5	108.0
13	85	75	2	24	320	32	7.5	384.0
14	90	70	2	16	320	16	5.0	128.0
15	50	80	3	50.7	390	13	13.0	219.7
16	60	80	2	25.2	280	14	9.0	176.4
17	70	80	2	18	300	30	6.0	270.0
18	80	90	1	17	170	17	10.0	289.0
19	90	70	1	20	160	8	12.5	160.0
20	50	90	1	14	140	3.5*	10.0	49.0

*В данном варианте округление до десятых.

Задание 3. Вариант 1. Мальчик исследовал пластилиновое тело сложной формы. Его размеры заданы параметрами a , b , c и d .

а) Какая формула может описывать площадь поверхности данной фигуры?

Ответ:

✓ $S = a \cdot b + c \cdot d$

• $S = \frac{a \cdot b}{c} + d$

• $S = \frac{a^3 + b^3}{c \cdot d}$

• $S = a \cdot b + c \cdot d - a$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Численные значения всех параметров a , b , c и d увеличили в $n = 2$ раза. Во сколько раз увеличилась площадь поверхности фигуры?

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Из части пластилина мальчик слепил прямоугольный параллелепипед с размерами $a = 2$ см, $b = 3$ см, $c = 5$ см. Далее это тело было разрезано вдоль одной из граней на прямоугольные плитки толщиной 1 см. Какую площадь можно закрыть этими плитками? Ответ выразите в квадратных сантиметрах.

Ответ: 30

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Все плитки разрезали на кубики объёмом $V = 1$ мл. Чему равна суммарная площадь поверхностей всех полученных кубиков? Ответ выразите в квадратных сантиметрах.

Ответ: 180

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) ✓ $S = a \cdot b + c \cdot d$ — правильный ответ.

• $S = \frac{a \cdot b}{c} + d$ — сложение величин с разной размерностью недопустимо.

• $S = \frac{a^3 + b^3}{c \cdot d}$ — сложение величин с разной размерностью недопустимо.

• $S = a \cdot b + c \cdot d - a$ — сложение величин с разной размерностью недопустимо.

б) Исходя из размерности, при увеличении всех линейных размеров в $n = 2$ раза площадь любой фигуры возрастает в $n^2 = 4$ раза.

в) Если мы разрежем параллелепипед на плитки, параллельные грани со сторонами a и b , то таких плиток будет

$$N = \frac{c}{1 \text{ см}},$$

а их суммарная площадь

$$S = a \cdot b \cdot N = \frac{a \cdot b \cdot c}{1 \text{ см}} = 30 \text{ см}^2.$$

Очевидно, что при разрезании вдоль других граней произойдёт перестановка множителей в формуле, а ответ не изменится.

г) Если мы разрежем параллелепипед на кубики с ребром 1 см, то таких плиток будет

$$N_1 = \frac{a \cdot b \cdot c}{1 \text{ см}^3}.$$

У каждого кубика будет 6 граней площадью 1 см² каждая, а их суммарная площадь

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	n	a, см	b, см	c, см	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)
1	2	2	3	5	$S = a \cdot b + c \cdot d$	4	30	180
2	2	3	2	2	$S = (a + d)^2 - (b + c)^2$	4	12	72
3	2	4	2	2	$S = \frac{1}{2}(a \cdot b + b \cdot c + c \cdot d + d \cdot a)$	4	16	96
4	2	5	2	2	$S = (a + b + c) \cdot d - (a \cdot b + a \cdot c) + b \cdot c$	4	20	120
5	3	6	2	3	$S = (a + b + c + d)^2 - (a + d)^2 - (b + c)^2$	9	36	216
6	3	7	2	3	$S = \frac{a \cdot b \cdot c}{d}$	9	42	252
7	3	8	2	3	$S = (a + b)^2 - (d - c)^2$	9	48	288
8	3	9	3	3	$S = (2a)^2 - (b + c)^2$	9	81	486
9	4	2	3	4	$S = \frac{1}{4}(a^2 + b^2 + c \cdot d + d \cdot a)$	16	24	144
10	4	3	5	4	$S = (c + b) \cdot d - (a \cdot b + a \cdot c) + b \cdot c$	16	60	360
11	4	4	5	4	$S = (a + b + c)^2 + (a + d)^2 - (b + c)^2$	16	80	480
12	4	5	5	4	$S = \frac{a \cdot b}{c^2}$	16	100	600
13	5	6	3	5	$S = \frac{a \cdot b}{a + c} \cdot d$	25	90	540
14	5	7	2	5	$S = (a + b + c) \cdot d - (a \cdot b + a \cdot c) + b \cdot c$	25	70	420
15	5	8	4	5	$S = (a + b)^2 - (d - c)^2$	25	160	960
16	5	9	3	5	$S = (a + b + c)^2 + (a + d)^2 - (b + c)^2$	25	135	810
17	6	2	4	5	$S = (a + b + c)^2 - d^2$	36	40	240
18	6	3	4	6	$S = (2a)^2 - (b + c)^2$	36	72	432
19	6	4	4	6	$S = \frac{1}{2}(a \cdot b + b \cdot c + c \cdot d + d \cdot a)$	36	96	576
20	6	5	3	7	$S = (a + b + c)^2 - d^2$	36	105	630

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



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Посмотрев соревнования по лёгкой атлетике, Маугли решил определить время, за которое удав Каа проползает стометровку. На стартовой линии располагалась голова удава, а время прохождения дистанции фиксировалось по пересечению линии финиша кончиком хвоста. С момента старта до финиша тело удава располагается параллельно направлению старт-финиш, дистанция прямолинейная. Засекая время, Маугли обнаружил, что удав проползает мимо него за время $t_1 = 4$ секунды, а время прохождения дистанции составило $t_2 = 24$ секунды.

а) Как изменится время прохождения Каа по сравнению со стометровкой, если дистанция будет увеличена в N раз?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна длина удава? Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [19.8; 20.2]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) За какое время преодолевает стометровку голова удава? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [19.8; 20.2]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Какое время покажет удав на дистанции 200 м? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [43.8; 44.2]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При прохождении дистанции удав должен переместиться на расстояние, равное сумме длины дистанции S и собственной длины L . Если дистанция увеличится в N раз, то необходимое перемещение будет равно $NS + L$. Эти перемещения отличаются менее чем в N раз. Верный ответ: время увеличится менее чем в N раз.

б) При прохождении стометровки удав должен переместиться на расстояние $100 \text{ м} + L$. Проползая мимо Маугли, удав перемещается на свою собственную длину за 4 с. Следовательно, перемещение на 100 м занимает время $t = t_2 - t_1 = 20$ с. Перемещение на длину удава занимает в 5 раз меньше времени, чем на 100 м. Длина удава равна 20 м.

в) Из ответа на предыдущий вопрос следует, что голова удава перемещается на 100 м за время $t = t_2 - t_1 = 20$ с.

г) На дистанции 200 м удаву потребуется переместиться на расстояние, равное сумме длины дистанции и собственной длины, то есть на 220 м. Перемещение на 100 м занимает 20 с. Для перемещения на 220 м потребуется

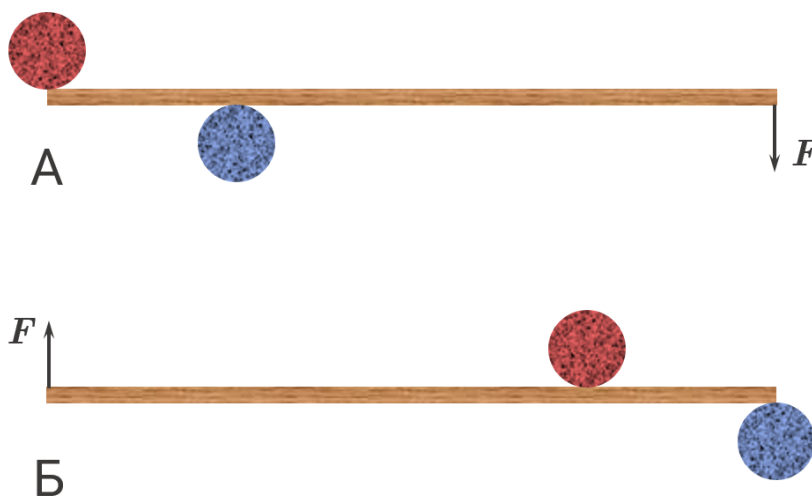
$$20 \cdot \frac{220}{100} = 44 \text{ с.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

Пункты б-г)

№ варианта	t_1 , с	t_2 , с	Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	4	24	19.8	20.2	19.8	20.2	43.8	44.2
2	5	25	24.8	25.2	19.8	20.2	44.8	45.2
3	4.5	24	22.9	23.3	19.3	19.7	43.3	43.7
4	5.5	25	28.0	28.4	19.3	19.7	44.3	44.7
5	6	23	35.1	35.5	16.8	17.2	39.8	40.2
6	3.5	20	21.0	21.4	16.3	16.7	36.3	36.7
7	6.5	23.5	38.0	38.4	16.8	17.2	40.3	40.7
8	6	22	37.3	37.7	15.8	16.2	37.8	38.2
9	5.5	23	31.2	31.6	17.3	17.7	40.3	40.7
10	3.5	24	16.9	17.3	20.3	20.7	44.3	44.7
11	3	20	17.4	17.8	16.8	17.2	36.8	37.2
12	4	26	18.0	18.4	21.8	22.2	47.8	48.2
13	4.5	23	24.1	24.5	18.3	18.7	41.3	41.7
14	5	20	33.1	33.5	14.8	15.2	34.8	35.2
15	3	18	19.8	20.2	14.8	15.2	32.8	33.2
16	3.5	18	23.9	24.3	14.3	14.7	32.3	32.7
17	4	20	24.8	25.2	15.8	16.2	35.8	36.2
18	4.5	27	19.8	20.2	22.3	22.7	49.3	49.7
19	5	27	22.5	22.9	21.8	22.2	48.8	49.2
20	6.5	32	25.3	25.7	25.3	25.7	57.3	57.7

Задание 2. Вариант 1. Винни-Пух направлялся к Кролику в гости. Подойдя к дому Кролика, Винни обнаружил, что вход в дом завален большим красным камнем. Чтобы сдвинуть его с места и освободить вход, необходимо было приложить силу $F_0 = 500$ Н. Недалеко от входа Винни-Пух нашёл крепкую доску длиной $L = 4$ м, а на небольшом расстоянии от красного камня обнаружил точно такой же камень синего цвета.



Когда Винни вставил доску между камнями, оказалось, что расстояние между точками контакта доски с камнями d составляет 1 метр. И тут Винни-Пух задумался. Дело в том, что синий камень также начинал сдвигаться с места при приложении точно такой же силы F_0 . А для того чтобы попытаться освободить вход, медвежонок придумал две схемы. На рисунках представлен вид сверху. Все показанные на рисунках векторы сил и перемещений лежат в горизонтальной плоскости. Считайте, что доска не изгибается.

а) Какую из схем следует выбрать, чтобы сдвинуть красный камень?

Ответ:

- А
- ✓ Б
- Схемы равноценны

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какую силу необходимо приложить к доскам, чтобы сдвинуть красный камень в каждом из случаев?

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы

Ответ:

Для схемы А	Сдвинуть красный камень не удастся
Для схемы Б	$F < F_0$
	$F > F_0$
	$F = F_0$

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 4 балла

в) Чему равна минимальная сила F при использовании оптимальной схемы? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [123; 127]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равна сила, которая будет действовать на синий камень при использовании схемы Б в тот момент, когда Винни-Пуху удастся сдвинуть с места красный камень? Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [373; 377]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Рассмотрим предельную ситуацию, при которой сила F такова, что камни не перемещаются, но если её совсем немного увеличить, то по меньшей мере один из камней придёт в движение. Запишем правило моментов для доски относительно точки контакта доски с синим камнем для схемы А:

$$N_{\text{кр}}d = F(L - d).$$

Здесь и далее N — силы, действующие на доску со стороны соответствующего камня (они равны по модулю силам, действующим на камни со стороны доски). Для перемещения красного камня сила $N_{\text{кр}} = F_0$. Отсюда для схемы А

$$F = \frac{N_{\text{кр}}d}{L - d} = \frac{F_0}{3}.$$

Для схемы Б правило моментов относительно точки контакта с синим камнем выглядит так:

$$N_{\text{кр}}d = FL, \quad F = \frac{N_{\text{кр}}d}{L} = \frac{F_0}{4}.$$

Так как $F_0/4 < F_0/3$, схема Б выгоднее.

б) Покажем, что если каждый из камней приходит в движение при действии на него силы F_0 , то сдвинуть красный камень по схеме А вообще не удастся. Запишем правило моментов относительно точки приложения силы F :

$$N_{\text{кр}}L = N_{\text{с}}(L - d).$$

Из этого уравнения видно, что сила, действующая на красный камень, всегда меньше силы, действующей на синий. При использовании схемы А в движение придёт синий камень, а красный останется неподвижным. При использовании схемы Б $F = F_0/4 < F_0$.

в) При использовании схемы Б минимальная сила

$$F = \frac{F_0}{4} = 125 \text{ Н.}$$

г) Запишем правило моментов для схемы Б относительно точки приложения силы F :

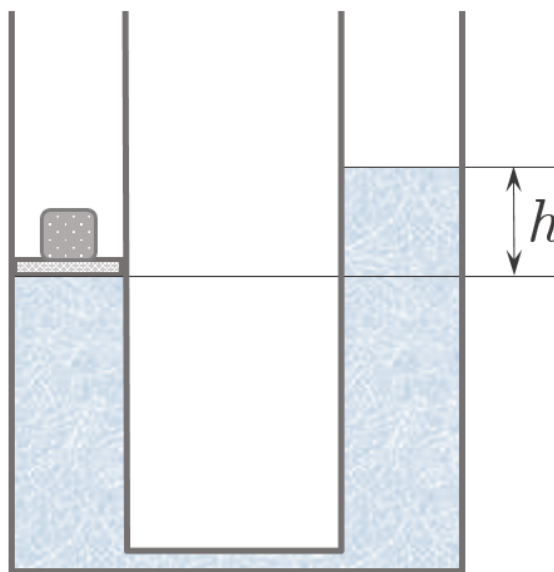
$$N_{\text{кр}}(L - d) = N_{\text{с}}L, \quad N_{\text{с}} = \frac{N_{\text{кр}}(L - d)}{L} = \frac{F_0(L - d)}{L} = 375 \text{ Н.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

Пункты в-г)

№ варианта	F_0 , Н	L , м	d , м	Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	500	4	1	123	127	373	377
2	450	5	1	88	92	358	362
3	475	4.5	1.5	156	160	315	319
4	550	3.5	0.8	124	128	422	426
5	400	4.8	1.2	98	102	298	302
6	425	4.2	1.4	140	144	281	285
7	525	4.6	1.3	146	150	375	379
8	500	4	1.2	148	152	348	352
9	450	4.4	0.9	90	94	356	360
10	475	4.6	1.1	112	116	359	363
11	550	4.9	1.6	178	182	368	372
12	400	4.3	0.8	72	76	324	328
13	425	3.9	1.3	140	144	281	285
14	525	3.8	1.1	150	154	371	375
15	500	3.6	1.2	165	169	331	335
16	450	3.7	0.9	107	111	339	343
17	475	4.1	1.6	183	187	288	292
18	550	4.8	1.4	158	162	388	392
19	400	5.2	1.8	136	140	260	264
20	425	5.1	1.7	140	144	281	285

Задание 3. Вариант 1. В два одинаковых сообщающихся цилиндрических сосуда налита вода. Левый сосуд перекрыт невесомым поршнем, на котором лежит груз массой $m = 500$ г. Разность уровней жидкости в сосудах h при этом равна 10 см.



Плотность воды равна $\rho_0 = 1$ г/см³.

а) Определите площадь поперечного сечения левого сосуда. Ответ выразите в квадратных сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [49.8; 50.2]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) В правый сосуд доливают некоторое количество ртути. Как изменится уровень воды в каждом из сосудов?

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы

Ответ:

В левом сосуде	Повысится
В правом сосуде	Повысится
	Понизится Не изменится

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1.5 балла. Всего — 3 балла

в) Ртуть не доливали. В правый сосуд доливают слой масла с плотностью $\rho = 0.8 \text{ г/см}^3$. Высота слоя $H = 10 \text{ см}$. Масло с водой не смешивается. На сколько при этом переместится груз в левом сосуде? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3.9; 4.1]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Ни ртуть, ни масло не доливали, вместо этого в левый сосуд поверх поршня с грузом налили 200 г воды. На какое расстояние переместится поршень? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.9; 2.1]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Избыточное давление ΔP под поршнем, которое создаёт груз, равно давлению столба жидкости высотой h :

$$\Delta P = \frac{mg}{S} = \rho_0 g h.$$

Отсюда

$$S = \frac{m}{\rho_0 h} = 50 \text{ см}^2.$$

б) Плотность ртути больше, чем плотность воды. Ртуть утонет и расположится на дне обоих сосудов слоями одинаковой высоты. При этом уровень воды в каждом из сосудов поднимется.

в) При наливании масла в правый сосуд уровень воды в левом перемещается вверх на величину x . В правом сосуде уровень воды (граница раздела масло — вода) опустится на ту же величину x . Давление на дне левого сосуда увеличится на $\Delta P_{\text{л}} = \rho_0 g x$. Справа давление на дне увеличится на $\Delta P_{\text{пр}} = \rho g H - \rho_0 g x$. Изменения давлений в обоих сосудах равны, поэтому

$$\rho_0 g x = \rho g H - \rho_0 g x, \quad x = \frac{\rho H}{2\rho_0} = 4 \text{ см}.$$

г) Долить 200 г воды — всё равно что поставить на поршень дополнительный груз $\Delta m = 200 \text{ г}$. При этом разность уровней воды в сосудах должна составлять

$$h + \Delta h = \frac{m + \Delta m}{\rho_0 S} = 14 \text{ см}.$$

Чтобы увеличить разность уровней на $\Delta h = 4 \text{ см}$, поршень должен переместиться на $\Delta h/2 = 2 \text{ см}$.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

Пункты а, в-г)

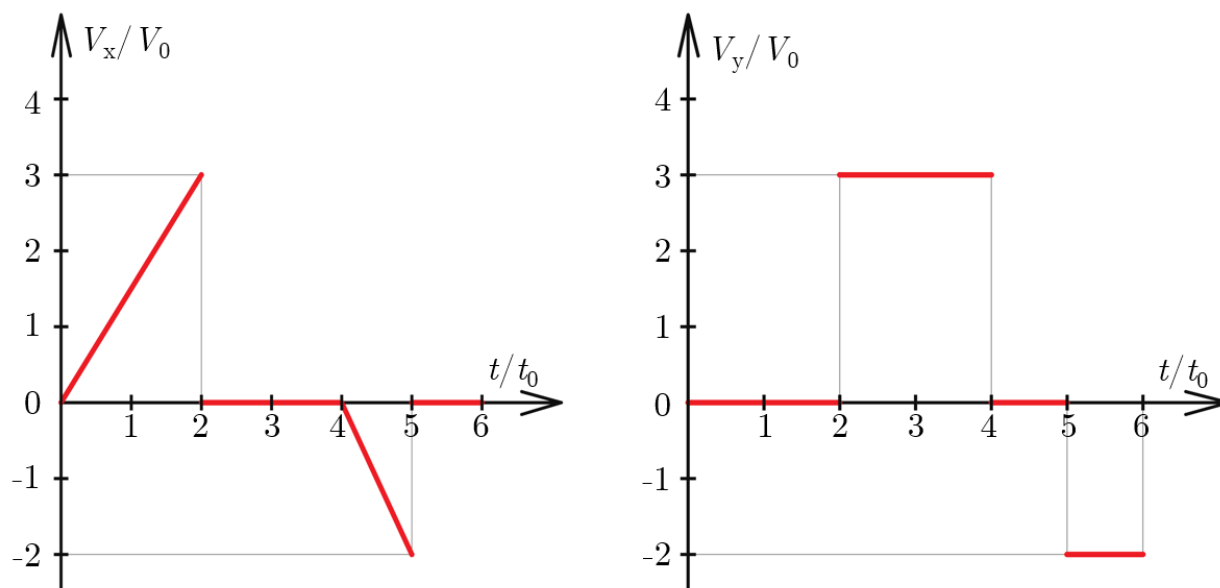
№ варианта	m груза, г	h , см	m воды, г	H , см	ρ , г/см ³	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	500	10	200	10	0.8	49.8	50.2	3.9	4.1	1.9	2.1
2	450	8	180	8	0.9	56.1	56.5	3.5	3.7	1.5	1.7
3	480	9	190	9	0.82	53.1	53.5	3.6	3.8	1.7	1.9
4	520	10.6	185	11	0.84	48.9	49.3	4.5	4.7	1.8	2.0
5	420	8.4	160	12	0.86	49.8	50.2	5.1	5.3	1.5	1.7
6	440	9.2	210	10	0.88	47.6	48.0	4.3	4.5	2.1	2.3
7	400	11	300	8	0.92	36.2	36.6	3.6	3.8	4.0	4.2
8	380	8.6	220	9	0.8	44.0	44.4	3.5	3.7	2.4	2.6
9	360	8.2	240	11	0.9	43.7	44.1	4.9	5.1	2.6	2.8
10	460	9	260	12	0.82	50.9	51.3	4.8	5.0	2.4	2.6
11	520	10.2	280	10	0.84	50.8	51.2	4.1	4.3	2.6	2.8
12	540	9.8	250	8	0.86	54.9	55.3	3.3	3.5	2.2	2.4
13	560	8.8	270	9	0.88	63.4	63.8	3.9	4.1	2.0	2.2
14	580	9.4	290	11	0.92	61.5	61.9	5.0	5.2	2.3	2.5
15	600	12	300	12	0.8	49.8	50.2	4.7	4.9	2.9	3.1
16	620	11.2	320	10	0.9	55.2	55.6	4.4	4.6	2.8	3.0
17	640	11.4	230	8	0.82	55.9	56.3	3.2	3.4	1.9	2.1
18	650	10.8	340	9	0.84	60.0	60.4	3.7	3.9	2.7	2.9
19	670	10.4	350	11	0.86	64.2	64.6	4.6	4.8	2.6	2.8
20	560	11.6	380	12	0.88	48.1	48.5	5.2	5.4	3.8	4.0

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



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Матвей участвует в соревнованиях по робототехнике. В гонках по линии робот Матвея должен пройти заданный маршрут с поворотами и развилками на плоском поле, на которое нанесены взаимно перпендикулярные оси Ox и Oy . На графиках показаны зависимости проекций скоростей робота V_x и V_y , спроецированных на эти оси, от времени; $V_0 = 10$ м/мин, $t_0 = 0.5$ мин.



Считая, что Матвей всё время находится в начале координат $(0; 0)$, а робот начал движение из точки с координатами $(x_0; y_0)$, где $x_0 = 8$ м, $y_0 = 4$ м, ответьте на вопросы.

а) Какой путь робот прошёл в промежуток времени от 0 до $2t_0$? Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [14; 16]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Какой путь робот прошёл в промежуток времени от $2t_0$ до $4t_0$? Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [29; 31]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Какой путь робот прошёл в промежуток времени от $4t_0$ до $6t_0$? Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [14; 16]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

г) Определите среднюю путевую скорость робота за всё время в пути от 0 до $6t_0$. Ответ выразите в м/мин, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [19; 21]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

д) Определите конечные координаты $(x; y)$ робота к моменту времени $t = 6t_0$. Ответы выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: для x засчитывается в диапазоне [17; 19]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Ответ: для y засчитывается в диапазоне [23; 25]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

е) Определите расстояние между роботом и Матвеем к моменту времени $t = 6t_0$. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [29; 31]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

ж) Определите модуль перемещения робота к моменту времени $t = 6t_0$. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [21; 23]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) На промежутке от 0 до $2t_0$ проекция скорости робота на ось Oy равна нулю, поэтому робот движется вдоль оси Ox . Проекция перемещения примерно равна площади под графиком проекции скорости: $\Delta x_1 = 3v_0t_0 = 15$ м. Путь на первом участке $s_1 = 15$ м.

б) На промежутке от $2t_0$ до $4t_0$ проекция скорости робота на ось Ox равна нулю, поэтому робот движется вдоль оси Oy . Проекция перемещения примерно равна площади под графиком проекции скорости: $\Delta y_2 = 6v_0t_0 = 30$ м. Путь на втором участке $s_2 = 30$ м.

в) На промежутке от $4t_0$ до $5t_0$ робот движется вдоль оси Ox : $\Delta x_3 = -v_0t_0 = -5$ м, $s_3 = 5$ м. На промежутке от $5t_0$ до $6t_0$ он движется вдоль оси Oy : $\Delta y_4 = -2v_0t_0 = -10$ м, $s_4 = 10$ м. Путь на этих двух участках $s_{34} = s_3 + s_4 = 15$ м.

г) Весь путь $s = 15 + 30 + 15 = 60$ м; время в пути $t = 6t_0 = 3$ мин. Средняя путевая скорость $v_{cp} = s/t = 20$ м/мин.

д-е) Конечные координаты робота:

$$x = x_0 + \Delta x = 8 + 15 + 0 - 5 + 0 = 18 \text{ м}, \quad y = y_0 + \Delta y = 4 + 0 + 30 + 0 - 10 = 24 \text{ м}.$$

ж) Расстояние от робота до Матвея равно модулю радиус-вектора робота: $r = \sqrt{x^2 + y^2} = 30$ м. Модуль перемещения робота $\Delta r = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \approx 22.4$ м.

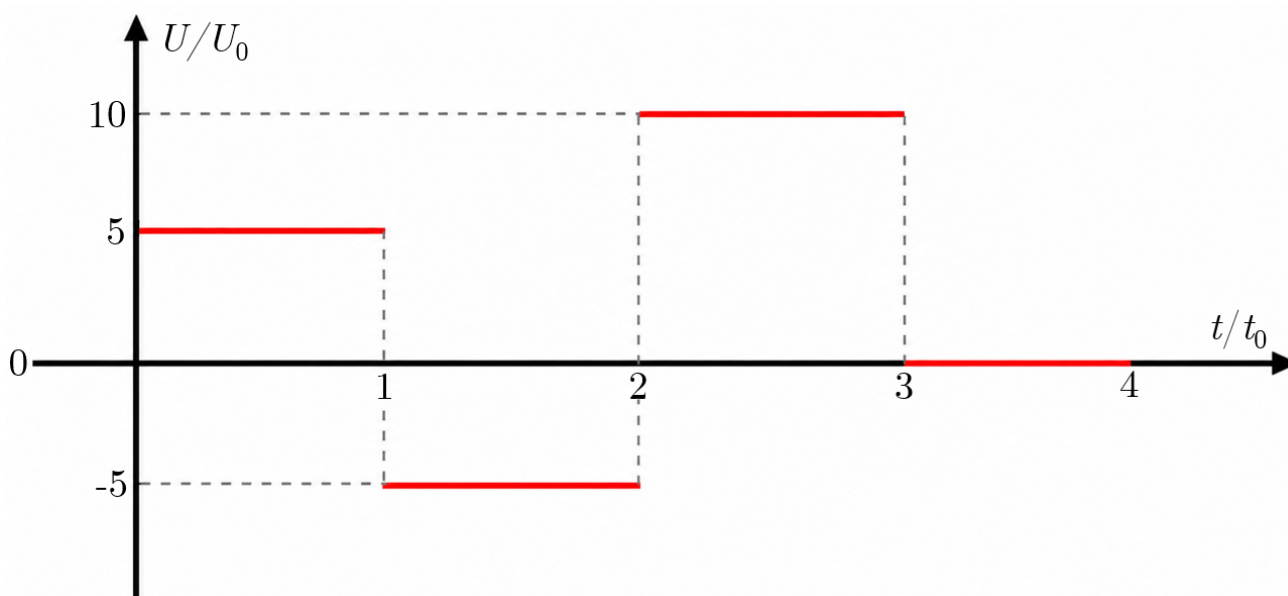
Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	v_0 , м/мин	t_0 , мин	x_0 , м	y_0 , м	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	10	0.5	8	4	14	16	29	31	14	16	19	21
2	5	0.6	7	0	8	10	17	19	8	10	9	11
3	10	0.7	6	-1	20	22	41	43	20	22	19	21
4	5	0.8	5	-2	11	13	23	25	11	13	9	11
5	10	0.9	4	-3	26	28	53	55	26	28	19	21
6	5	1	3	-4	14	16	29	31	14	16	9	11
7	10	1.1	2	-5	32	34	65	67	32	34	19	21
8	5	1.2	1	-6	17	19	35	37	17	19	9	11
9	10	1.3	0	12	38	40	77	79	38	40	19	21
10	5	1.4	-1	11	20	22	41	43	20	22	9	11
11	10	1.5	-2	10	44	46	89	91	44	46	19	21
12	5	1.6	-3	9	23	25	47	49	23	25	9	11
13	10	1.7	-4	8	50	52	101	103	50	52	19	21
14	5	1.8	-5	7	26	28	53	55	26	28	9	11
15	10	1.9	-6	6	56	58	113	115	56	58	19	21
16	5	2	-7	5	29	31	59	61	29	31	9	11
17	10	1	-8	4	29	31	59	61	29	31	19	21
18	5	1.1	-9	3	16	18	32	34	16	18	9	11
19	10	1.2	-10	2	35	37	71	73	35	37	19	21
20	5	1.3	-11	1	19	21	38	40	19	21	9	11

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	v_0 , м/мин	t_0 , мин	x_0 , м	y_0 , м	Ответ для x в диапазоне (пункт д)		Ответ для y в диапазоне (пункт д)		Ответ в диапазоне (пункт е)		Ответ в диапазоне (пункт ж)	
1	10	0.5	8	4	17	19	23	25	29	31	21	23
2	5	0.6	7	0	12	14	11	13	17	19	12	14
3	10	0.7	6	-1	19	21	26	28	33	35	30	32
4	5	0.8	5	-2	12	14	13	15	18	20	17	19
5	10	0.9	4	-3	21	23	32	34	39	41	39	41
6	5	1	3	-4	12	14	15	17	20	22	21	23
7	10	1.1	2	-5	23	25	38	40	45	47	48	50
8	5	1.2	1	-6	12	14	17	19	21	23	26	28
9	10	1.3	0	12	25	27	63	65	68	70	57	59
10	5	1.4	-1	11	12	14	38	40	40	42	30	32
11	10	1.5	-2	10	27	29	69	71	74	76	66	68
12	5	1.6	-3	9	12	14	40	42	42	44	35	37
13	10	1.7	-4	8	29	31	75	77	81	83	75	77
14	5	1.8	-5	7	12	14	42	44	44	46	39	41
15	10	1.9	-6	6	31	33	81	83	87	89	84	86
16	5	2	-7	5	12	14	44	46	46	48	44	46
17	10	1	-8	4	11	13	43	45	45	47	44	46
18	5	1.1	-9	3	1	3	24	26	24	26	24	26
19	10	1.2	-10	2	13	15	49	51	51	53	53	55
20	5	1.3	-11	1	1	3	26	28	26	28	28	30

Задание 2. Вариант 1. В чугунном тигле находится кусок олова массой $m = 1.2$ кг при температуре $t_1 = 32^\circ\text{C}$. Напряжение на электрической спирали сопротивлением $R = 10$ Ом нагревателя изменяется по закону, график которого изображён на рисунке, где $t_0 = 1$ мин, $U_0 = 1$ В. Спустя $4t_0$ цикл повторяется.



Удельная теплоёмкость олова $c = 0.25$ Дж/(г $\cdot^\circ\text{C}$), удельная теплота плавления олова $\lambda = 60$ Дж/г, температура плавления олова $t_{\text{пл}} = 232^\circ\text{C}$. Теплоёмкостью тигля и потерями тепла в окружающую среду пренебрегите. Считайте, что потерь энергии в тигле не происходит.

а) Какое количество теплоты выделяется в нагревателе за один цикл? Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [899; 901]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Через какое время, считая от момента замыкания цепи, температура олова увеличится в $n = 2$ раза? Ответ выразите в минутах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [42.3; 42.7]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Через какое время, считая от момента замыкания цепи, олово начнёт плавиться? Ответ выразите в минутах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [266.3; 266.7]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) По закону Джоуля — Ленца $Q = (U^2/R)t$. На первом участке цикла выделится 150 Дж, на втором — 150 Дж, на третьем — 600 Дж, на четвёртом — 0 Дж. Всего за цикл длительностью $4t_0$ выделяется $Q_0 = 900$ Дж.

б) Для увеличения температуры олова в $n = 2$ раза требуется $Q_1 = cm\Delta t = cm(n - 1)t_1 = 9.6$ кДж. За 10 полных циклов выделяется 9000 Дж; ещё 600 Дж складываются из 150 Дж на первом участке, 150 Дж на втором и 300 Дж на третьем. Время нагревания на третьем участке $\tau = QR/U^2 = 30$ с. Общее время

$$10 \cdot 240 + 2 \cdot 60 + 30 = 2550 \text{ с} = 42.5 \text{ мин.}$$

в) Для нагревания олова от 32°C до 232°C потребуется $Q_2 = cm(t_{\text{пл}} - t_1) = 60$ кДж. За 66 полных циклов выделяется 59400 Дж; оставшиеся 600 Дж передаются на первых двух участках и за 30 с на третьем. Общее время

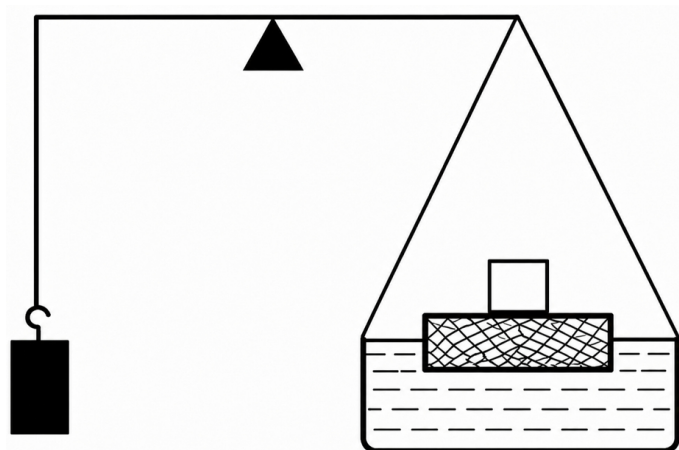
$$66 \cdot 240 + 2 \cdot 60 + 30 = 15990 \text{ с} = 266.5 \text{ мин.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

Пункты б-в)

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$R, \text{Ом}$	$U_0, \text{В}$	Ответ в диапазоне (пункт б)		Ответ в диапазоне (пункт в)	
1	32	10	1	42.3	42.7	266.3	266.7
2	35	40	2	46.3	46.7	262.3	262.7
3	38	90	3	50.3	50.7	258.3	258.7
4	41	160	4	54.3	54.7	254.3	254.7
5	44	250	5	58.3	58.7	250.3	250.7
6	47	360	6	62.3	62.7	246.3	246.7
7	50	490	7	66.3	66.7	242.3	242.7
8	53	640	8	70.3	70.7	238.3	238.7
9	56	810	9	74.3	74.7	234.3	234.7
10	59	1000	10	78.3	78.7	230.3	230.7
11	62	1210	11	82.3	82.7	226.3	226.7
12	65	1440	12	86.3	86.7	222.3	222.7
13	68	1690	13	90.3	90.7	218.3	218.7
14	71	1960	14	94.3	94.7	214.3	214.7
15	74	2250	15	98.3	98.7	210.3	210.7
16	77	2560	16	102.3	102.7	206.3	206.7
17	80	2890	17	106.3	106.7	202.3	202.7
18	83	3240	18	110.3	110.7	198.3	198.7
19	86	3610	19	114.3	114.7	194.3	194.7
20	89	4000	20	118.3	118.7	190.3	190.7

Задание 3. Вариант 1. На равноплечем рычаге справа подвешен сосуд с водой, до краёв заполненный водой, слева — груз. В сосуде плавает деревянная дощечка длиной $a = 5$ см, шириной $b = 4$ см и высотой $c = 3$ см с кубиком льда объёмом 5 см^3 на ней. Когда дощечка с кубиком льда находится в середине сосуда, рычаг уравновешен.



Плотность дерева 0.8 г/см^3 , плотность льда 0.9 г/см^3 , плотность воды 1.0 г/см^3 .

а) На какую глубину погружена нижняя грань дощечки со льдом? Ответ выразите в миллиметрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [25; 27]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2.5 балла

б) На какую глубину погрузится нижняя грань дощечки, когда лёд растает? Ответ выразите в миллиметрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [23; 25]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2.5 балла

в) Что произойдёт с равновесием рычага в следующих ситуациях? Во всех случаях дощечка не касается дна и стенок сосуда, движение происходит медленно; каждый случай рассматривается независимо.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы

Ответ:

Дощечка со льдом медленно переместилась к левой стенке сосуда	Равновесие не нарушится
Дощечка со льдом медленно переместилась к правой стенке сосуда	Равновесие не нарушится
Лёд растаял; дощечка находится в середине сосуда	Равновесие не нарушится
Лёд растаял; дощечка медленно переместилась к левой стенке сосуда	Равновесие не нарушится
Лёд растаял; дощечка медленно переместилась к правой стенке сосуда	Равновесие не нарушится
	Равновесие нарушится, перевесит груз слева Равновесие нарушится, перевесит сосуд справа Недостаточно данных для ответа

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Масса дерева $M = \rho_d abc = 48$ г, масса льда $m = \rho_l V = 4.5$ г. По закону Архимеда вес вытесненной воды равен силе тяжести, действующей на плавающее тело. Объём погружённой части дощечки

$$V_{\text{пч1}} = \frac{M + m}{\rho_v} = 52.5 \text{ см}^3, \quad h_1 = \frac{V_{\text{пч1}}}{ab} = 2.625 \text{ см} \approx 26 \text{ мм}.$$

б) После таяния льда масса плавающего тела равна массе деревянной дощечки. Объём погружённой части $V_{\text{пч2}} = M/\rho_v = 48 \text{ см}^3$, глубина погружения $h_2 = V_{\text{пч2}}/(ab) = 2.4 \text{ см} = 24 \text{ мм}$.

в) Если дощечка не касается стенок, во всех случаях центр масс системы «вода — дощечка — лёд» остаётся в середине сосуда. При смещении дощечки в одну сторону такая же масса воды сдвигается в противоположную сторону на то же расстояние. После таяния льда уровень жидкости и масса сосуда с содержимым не изменятся, центр масс останется в середине сосуда. Равновесие не нарушится.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

Пункты а-б)

№ варианта	a , см	b , см	c , см	Объём кубика, см ³	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)	
1	5	4	3	5	25	27	23	25
2	5.2	4.2	3.2	6	27	29	25	27
3	5.4	4.4	3.4	7	29	31	26	28
4	5.6	4.6	3.6	8	31	33	28	30
5	5.8	4.8	3.8	9	32	34	29	31
6	6	5	4	10	34	36	31	33
7	6.2	5.2	4.2	11	36	38	33	35
8	6.4	5.4	4.4	12	37	39	34	36
9	6.6	5.6	4.6	13	39	41	36	38
10	6.8	5.8	4.8	14	41	43	37	39
11	7	6	5	15	42	44	39	41
12	7.2	6.2	5.2	16	44	46	41	43
13	7.4	6.4	5.4	17	45	47	42	44
14	7.6	6.6	5.6	18	47	49	44	46
15	7.8	6.8	5.8	19	49	51	45	47
16	8	7	6	20	50	52	47	49
17	8.2	7.2	6.2	21	52	54	49	51
18	8.4	7.4	6.4	22	53	55	50	52
19	8.6	7.6	6.6	23	55	57	52	54
20	8.8	7.8	6.8	24	57	59	53	55

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



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Гамамелис — листопадный кустарник или небольшое дерево, цветущее с ноября по март. Плоды гамамелиса (коробочки) после созревания раскрываются с громким щелчком и выбрасывают во все стороны блестящие семена. В самой простой модели коробочку с семенами можно рассматривать как небольшую катапульту. На выброс одного семени растение затрачивает 1 мДж энергии с учётом потерь на трение. Масса семени 0.04 г, длина участка разгона 3 мм. Можно считать, что все семена вылетают с одной и той же начальной скоростью $v_0 = 6$ м/с. Сопротивлением воздуха, влиянием ветра пренебрегите, ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².



а) При вылете семени горизонтально из коробочки, расположенной на некоторой высоте над землёй, время полёта семени составило 0.6 с, а дальность — 3.6 м. На какой высоте расположена коробочка? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 180

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Семя вылетело из той же коробочки вверх под углом 35° к горизонту. Определите модуль скорости семени перед ударом о землю. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Ответ: 8.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите КПД механизма выброса семени. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 72

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Семя вылетело из той же коробочки вверх под углом 35° к горизонту. На каком расстоянии по горизонтали от точки вылета семя достигнет верхней точки траектории? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 169

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите время полёта семени, вылетевшего из той же коробочки вверх под углом 35° к горизонту. Ответ выразите в секундах, округлите до сотых.

Ответ: 1.04

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При горизонтальном вылете время полёта определяется только высотой. Следовательно, коробочка расположена на высоте:

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 0.6^2}{2} = 1.8 \text{ м} = 180 \text{ см.}$$

б) Сопротивлением воздуха пренебрегаем, поэтому можно воспользоваться законом сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

Сократим массу, получим:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{6^2 + 2 \cdot 10 \cdot 1.8} = \sqrt{72} \approx 8.5 \text{ м/с.}$$

Угол вылета на ответ не влияет: при отсутствии сопротивления воздуха конечная скорость зависит только от начальной скорости и разности высот.

в) Коэффициент полезного действия найдём так:

$$\eta = \frac{E_{\text{к}}}{E} \cdot 100\%,$$

где

$$E = 1 \text{ мДж, а } E_{\text{к}} = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{0.04 \cdot 10^{-3} \cdot 6^2}{2} = 0.00072 \text{ Дж} = 0.72 \text{ мДж.}$$

Тогда $\eta = 72\%$.

г) Начальная вертикальная составляющая скорости:

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha.$$

В верхней точке траектории вертикальная составляющая скорости становится равной нулю. Время подъёма:

$$t_{\text{под}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}.$$

Горизонтальная составляющая скорости остаётся постоянной:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha.$$

Следовательно, горизонтальное расстояние до верхней точки траектории:

$$x = v_{0x} t_{\text{под}} = \frac{v_0^2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g}.$$

Подставим $v_0 = 6.0$ м/с, $\alpha = 35^\circ$, $g = 10$ м/с²:

$$x = \frac{6^2 \sin(35^\circ) \cos(35^\circ)}{10} \approx 1.691 \text{ м} \approx 169 \text{ см}.$$

д) Вертикальная координата семени определяется по формуле:

$$y = h + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}.$$

В момент падения $y = 0$:

$$0 = 1.8 + 3.441t - 5t^2 \text{ или } 5t^2 - 3.441t - 1.8 = 0.$$

Нас интересует только положительный корень данного уравнения:

$$t = \frac{3.441 + \sqrt{3.441^2 + 4 \cdot 5 \cdot 1.8}}{10} \approx 1.036 \text{ с} \approx 1.04 \text{ с}.$$

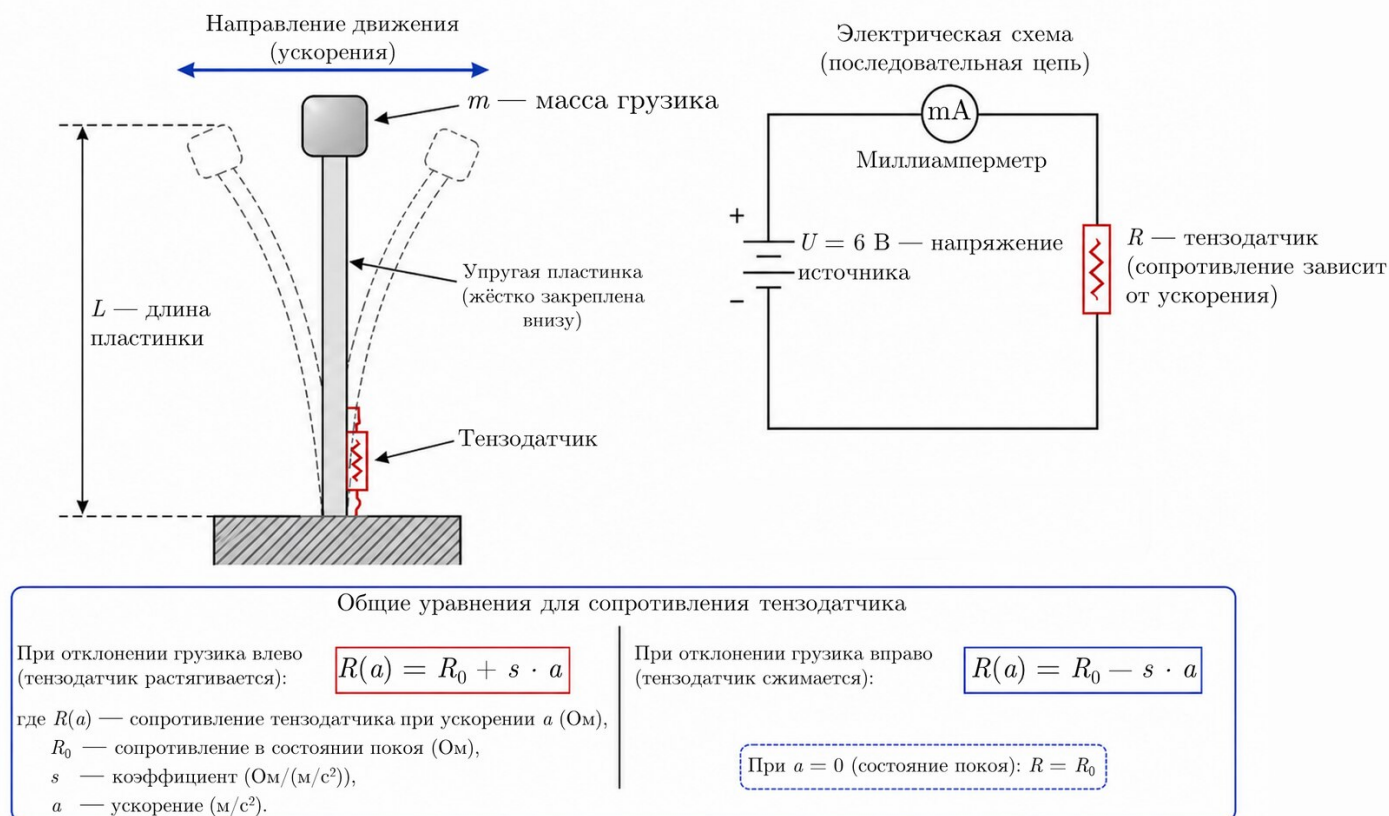
Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	Е, мДж	м, г	v_0 , м/с ²	t, с	L, м	α , °	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	1	0.04	6	0.6	3.6	35	180	8.5	72	169	1.04
2	0.75	0.06	4.5	0.42	1.89	37	88	6.2	81	97	0.77
3	1.1	0.05	6	0.43	2.58	47	92	7.4	82	180	1.05
4	0.85	0.05	5	0.44	2.2	29	97	6.7	74	106	0.74
5	1.4	0.03	8	0.45	3.6	29	101	9.2	69	271	0.98
6	1.15	0.05	5.5	0.46	2.53	28	106	7.2	66	125	0.79
7	0.9	0.06	5	0.47	2.35	33	110	6.9	83	114	0.82
8	1.1	0.03	7.5	0.48	3.6	25	115	8.9	77	215	0.89
9	1.35	0.06	6	0.49	2.94	33	120	7.7	80	164	0.92
10	0.95	0.03	6.5	0.5	3.25	25	125	8.2	67	162	0.85
11	1.2	0.04	6.5	0.51	3.315	35	130	8.3	70	199	1.00
12	0.85	0.05	5.5	0.52	2.86	26	135	7.6	89	119	0.81
13	0.9	0.06	4.5	0.53	2.385	26	140	7.0	68	80	0.76
14	1.15	0.04	7	0.54	3.78	43	146	8.8	85	244	1.20
15	1.1	0.03	8	0.55	4.4	40	151	9.7	87	315	1.27
16	0.85	0.03	7	0.56	3.92	37	157	9.0	86	236	1.12
17	0.85	0.06	4.5	0.57	2.565	38	162	7.3	71	98	0.91
18	1.45	0.05	6.5	0.58	3.77	44	168	8.7	73	211	1.19
19	1.25	0.04	7.5	0.59	4.425	27	174	9.5	90	228	1.02
20	1.45	0.04	8	0.61	4.88	43	186	10.1	88	319	1.36

Задание 2. Вариант 1. Десятиклассник Тимур сконструировал простой акселерометр — прибор для измерения ускорения. Упругая пластинка жёсткокреплена вертикально в основании прибора, остальные параметры устройства указаны на схеме. В конструкции Тимур использовал тензодатчик — тонкую проволочку, сопротивление которой меняется при изгибе пластинки. В состоянии покоя пластинка вертикальна, сопротивление тензодатчика $R_0 = 150 \text{ Ом}$. Когда прибор движется с ускорением a , грузик по инерции отклоняется, пластинка изгибается, тензодатчик растягивается или сжимается. Принцип работы и зависимость сопротивления от ускорения показаны на схеме. При этом $s = 0.8 \text{ Ом}/(\text{м}/\text{с}^2)$.

Тензодатчик включён в цепь, как показано на рисунке. Ток, измеряемый миллиамперметром, пересчитывается, и на шкале отображается ускорение в $\text{м}/\text{с}^2$.

Тензометрический акселерометр



Внутренним сопротивлением источника и амперметра пренебрегите. Пластинка подчиняется закону Гука во всём рабочем диапазоне. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м}/\text{с}^2$.

а) Чему равна сила тока в цепи в состоянии покоя? Ответ выразите в миллиамперах, округлите до десятых.

Ответ: 40.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Прибор установлен в автомобиле. При разгоне автомобиля сила тока в цепи упала до 38 мА. Чему равен модуль ускорения автомобиля в этом случае? Ответ выразите в $\text{м}/\text{с}^2$, округлите до десятых.

Ответ: 9.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Через амперметр проходит ток 41.5 мА. Как движется автомобиль?

Ответ:

- Разгоняется вправо
- ✓ Разгоняется влево
- ✓ Тормозит, двигаясь вправо
- Тормозит, двигаясь влево
- Двигается равномерно вправо
- Двигается равномерно влево

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 2 балла. За каждую ошибку снимается 1 балл

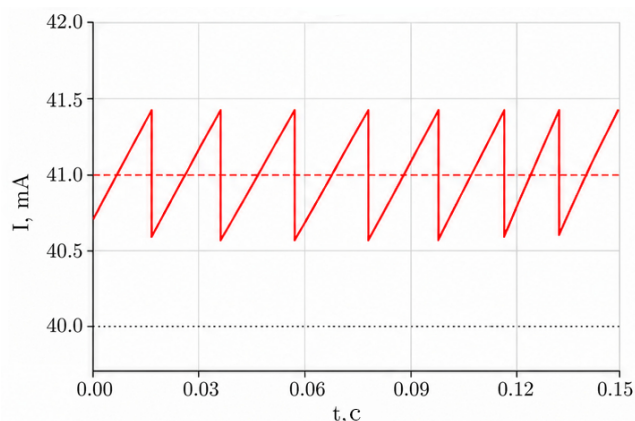
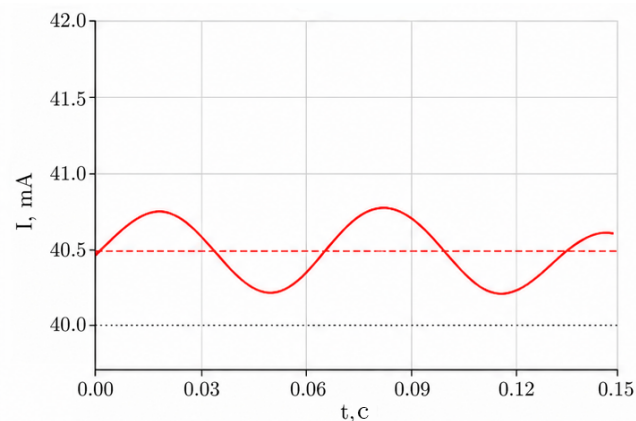
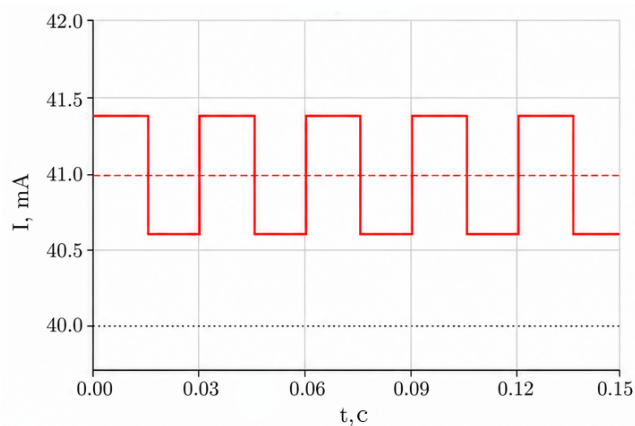
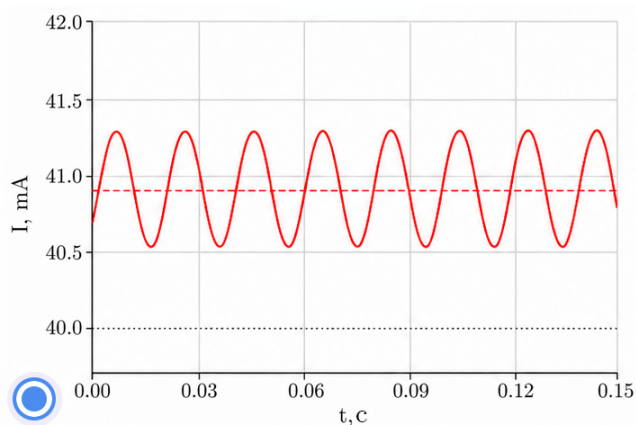
г) Тимур построил калибровочный график зависимости силы тока от ускорения по двум точкам: по начальной точке $a = 0$ и по точке $a = 4 \text{ м/с}^2$ (ускорение направлено влево), считая эту зависимость линейной. Какой ток Тимур ожидает при ускорении $a = 8 \text{ м/с}^2$, направленном влево? Ответ выразите в миллиамперах, округлите до десятых.

Ответ: 41.7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

д) Тимур обнаружил, что при резком разгоне автомобиля с ускорением 4 м/с^2 акселерометр регистрирует не только горизонтальное ускорение, но и вибрацию двигателя с частотой около 50 Гц. Амплитуда вибрационного ускорения составляет примерно 2 м/с^2 .

Какой из графиков может описывать зависимость тока от времени при разгоне с вибрацией?



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) При $a = 0$ сопротивление тензодатчика $R_0 = 150 \text{ Ом}$. По закону Ома:

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{6}{150} = 0.04 \text{ А} = 40.0 \text{ мА}.$$

б) Определим сначала сопротивление тензодатчика: $R = \frac{U}{I} = \frac{6}{0.038} \approx 157.89 \text{ Ом}$.

Из закона $R = 150 + 0.8a$, тогда $a = \frac{7.89}{0.8} \approx 9.9 \text{ м/с}^2$.

в) Ещё раз: пластинка закреплена вертикально, нижний конец пластинки — в основании прибора, грузик — на верхнем (свободном) конце пластинки. Тензодатчик наклеен на пластинку справа, вблизи места закрепления пластинки.

Ток вырос по сравнению с током покоя, значит, сопротивление тензодатчика уменьшилось. Сопротивление уменьшается (тензодатчик сжимается), когда грузик отклоняется вправо.

Рассмотрим представленные варианты.

- Разгоняется вправо — грузик по инерции отклоняется влево относительно прибора, пластинка изгибается влево, правая сторона пластинки (и тензодатчик) растягивается, сопротивление растёт.
- Разгоняется влево — грузик отклоняется вправо, пластинка изгибается вправо, тензодатчик сжимается, сопротивление уменьшается.
- Тормозит, двигаясь вправо — ускорение при этом направлено влево, грузик отклоняется вправо, пластинка изгибается вправо, правая сторона пластинки сжимается, сопротивление тензодатчика уменьшается.
- Тормозит, двигаясь влево — ускорение направлено вправо, грузик отклоняется влево, пластинка изгибается влево, тензодатчик справа растягивается, сопротивление тензодатчика увеличивается.

- Когда автомобиль движется равномерно, пластинка не отклоняется, сопротивление не меняется.

Так как в нашей ситуации сопротивление тензодатчика уменьшилось, верными будут утверждения «разгоняется влево» и «тормозит, двигаясь вправо».

г) При $a = 0$ ток $I_0 = 40.0$ мА, при $a = 4$ м/с² (ускорение направлено влево, грузик отклоняется вправо) сопротивление $R = 150 - 0.8 \cdot 4 = 146.8$ Ом. Тогда ток

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{146.8} \approx 0.04087 \text{ А.}$$

Уравнение калибровочной прямой: $I = I_0 + ka$.

Если построить по этим точкам прямую, то её коэффициент наклона

$$k = \frac{40.87 - 40}{4} \approx 0.218 \text{ мА/(м/с}^2\text{)}.$$

Ожидаемый ток при 8 м/с²: $I = 40 + 0.218 \cdot 8 = 41.7$ мА.

д) Сигнал, поступающий на миллиамперметр, будет представлять собой сумму постоянной составляющей (связанной с 4 м/с²) и переменной составляющей, возникающей из-за вибрации.

Модуль изменения сопротивления из-за постоянной составляющей ускорения:

$$\Delta R = 0.8 \cdot 4 = 3.2 \text{ Ом.}$$

Поэтому сопротивление может увеличиться и стать равным $R_1 = 153.2$ Ом, и тогда «средняя» сила тока уменьшится и станет равна

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{6}{153.2} \approx 0.0392 \text{ А} = 39.2 \text{ мА.}$$

Также сопротивление может уменьшиться и стать равным

$R_2 = 146.8$ Ом, и тогда «средняя» сила тока увеличится и станет равна

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{6}{146.8} \approx 0.0409 \text{ А} = 40.9 \text{ мА.}$$

Вибрация добавляет изменение ускорения по синусоиде с амплитудой 2 м/с², что приводит к подобным же колебаниям тока с некоторой небольшой амплитудой.

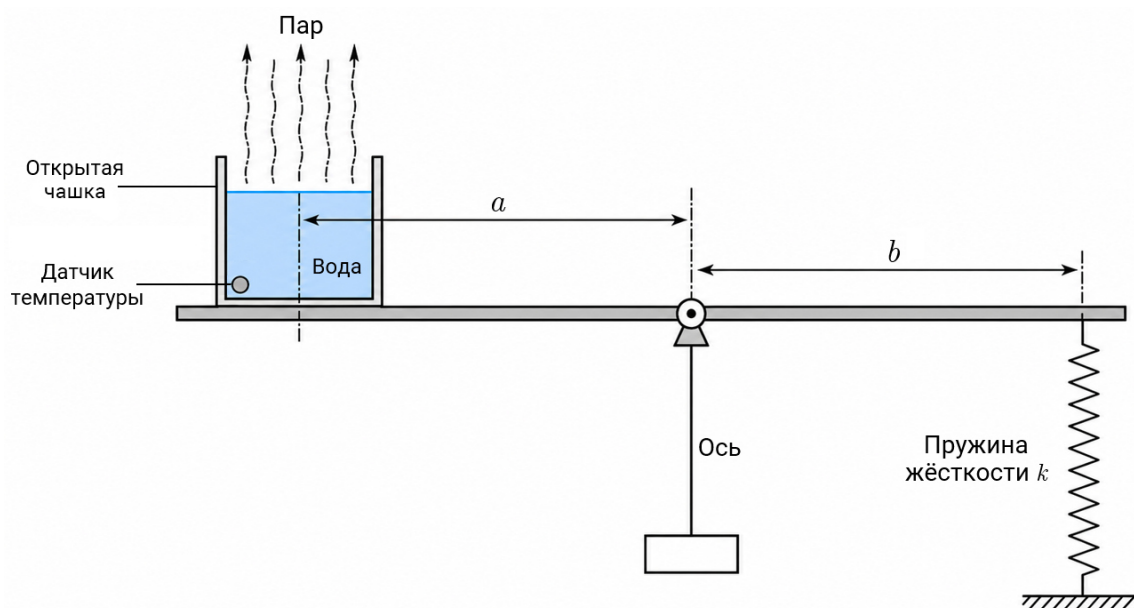
Итак, нам подойдёт график, согласно которому сила тока плавно меняется около среднего значения (39.2 мА или 40.9 мА) по закону, близкому к синусоидальному, с указанной в условии частотой. Из всех предложенных вариантов самый подходящий — первый.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ вар.	R_0 , Ом	s , Ом/(м/с ²)	I , мА (пункт б)	I , мА (пункт в)	a , м/с ²	a , м/с ²	Ускорение автомобиля, м/с ²	Амплитуда виб. уск-я, м/с ²	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)
1	150	0.8	38	41.5	4	8	4	2	40.0	9.9	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	41.7
2	149	0.55	39.4	40.7	3	6	4	1	40.3	6.0	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	41.2
3	149.4	0.65	38.8	41.1	5	10	4	0.8	40.2	8.1	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	41.9
4	149.8	0.75	38.1	40.9	4	8	4	0.7	40.1	10.2	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	41.7
5	150.4	0.9	37.2	40.6	3	6	4	0.6	39.9	12.1	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	41.4
6	150.8	1	37.5	41.2	5	10	4	0.6	39.8	9.2	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	42.5
7	149	0.55	39.4	41.2	6	12	4	1	40.3	6.0	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	42.1
8	149.4	0.65	38.5	41.1	5	10	4	0.8	40.2	9.9	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	41.9
9	149.8	0.75	38.7	41.3	6	12	4	0.7	40.1	7.0	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	42.5
10	150.4	0.9	37.4	40.6	3	6	4	0.6	39.9	11.1	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	41.4
11	150.8	1	37.8	41.4	6	12	4	0.6	39.8	7.9	Разгоняется влево; тормозит, двигаясь вправо	43.1
12	151	1.05	37.2	38.4	5	10	4	0.5	39.7	9.8	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	42.6
13	149.2	0.6	39.1	39.6	4	8	4	0.9	40.2	7.1	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	41.5
14	149.6	0.7	38.5	39	6	12	4	0.8	40.1	8.9	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	42.4
15	150.2	0.85	37.6	38.8	5	10	4	0.6	39.9	11.0	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	42.3
16	150.6	0.95	38.2	38.4	6	12	4	0.6	39.8	6.8	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	43.0
17	151	1.05	36.9	38.7	4	8	4	0.5	39.7	11.0	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	42.0
18	149.2	0.6	39	39.7	3	6	4	0.9	40.2	7.7	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	41.2
19	149.6	0.7	38	39.4	4	8	4	0.8	40.1	11.8	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	41.6
20	150.2	0.85	38	38.8	5	10	4	0.6	39.9	9.1	Разгоняется вправо; тормозит, двигаясь влево	42.3

Задание 3. Вариант 1. Внутри теплоизолированной камеры находится лёгкий горизонтальный рычаг. На левом плече рычага закреплена открытая чашка с водой, на правом плече — верхний конец вертикальной пружины. Нижний конец пружины неподвижен. Пустая чашка предварительно уравновешена, поэтому после полного испарения воды пружина оказывается недеформированной.

Рисунок схематичный, масштаб может быть не соблюлён.

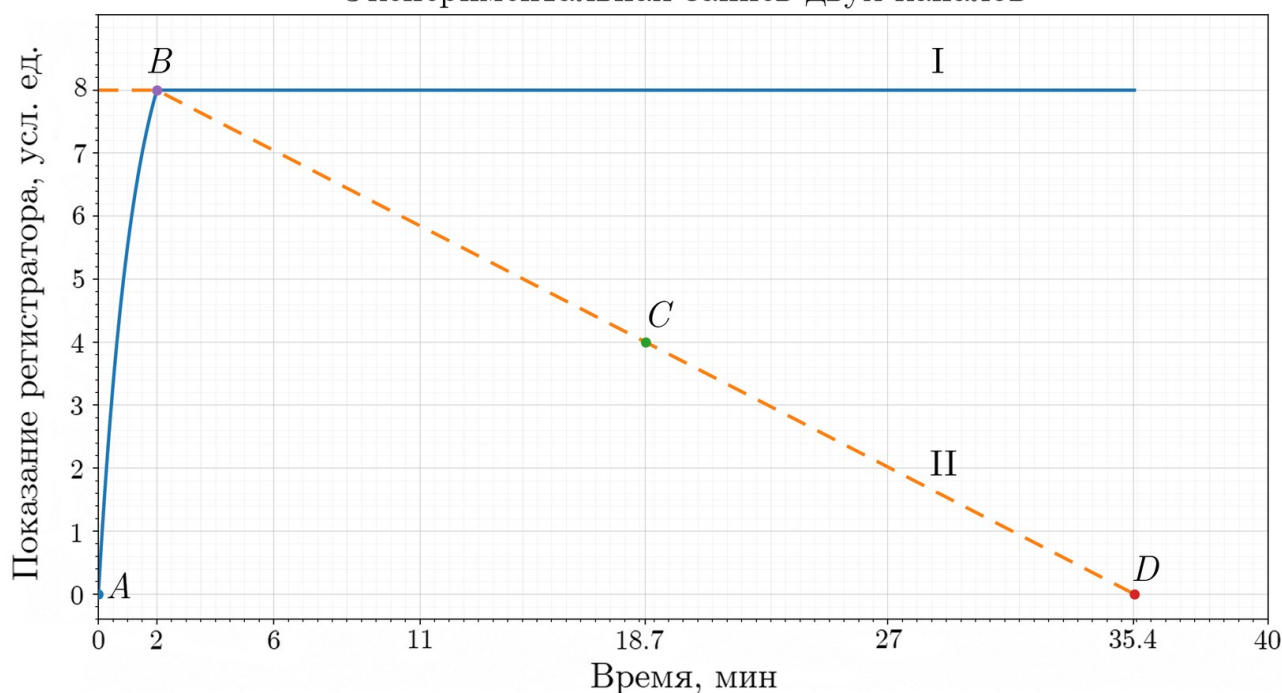


Камеру заполняют горячим воздухом постоянной температуры. Вода нагревается, затем кипит и постепенно испаряется. Считайте, что давление в камере нормальное атмосферное. Температура и давление воздуха поддерживаются постоянными, а образующийся пар удаляется из камеры. Рычаг всё время остаётся в равновесии. Пружина сохраняет вертикальное направление при небольших поворотах рычага. При его наклоне вода из чашки не выливается. Теплоёмкостью чашки, рычага и датчиков, потерями теплоты через стенки и охлаждением паром пренебрегите. Мощность теплопередачи от воздуха к воде подчиняется закону Ньютона-Рихмана:

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

где β — постоянный коэффициент теплопередачи. Двухканальный регистратор одновременно записывал значение температуры воды и деформации пружины. После завершения опыта подписи каналов оказались утрачены: на графике остались только «кривая I» и «кривая II». Обе кривые построены в условных единицах q . Для одного канала показание q связано с температурой формулой $T = 20 + 10q$ ($^{\circ}\text{C}$), а для другого — с деформацией пружины формулой $x = q \cdot s_x$ (см), где $s_x = 1$ см/ед.

Экспериментальная запись двух каналов



Известны следующие величины:

- температура горячего воздуха $T_{\text{возд}} = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- удельная теплоёмкость воды $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$,
- удельная теплота парообразования воды $L = 2.26\text{ МДж}/\text{кг}$,
- жёсткость пружины $k = 30\text{ Н}/\text{м}$,
- параметры на схеме $a = 20\text{ см}$, $b = 10\text{ см}$,
- ускорение свободного падения $g = 10\text{ м}/\text{с}^2$.

а) Через сколько минут после начала опыта вода закипела? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 2.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

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

Ответ: 120

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите мощность, расходуемую на парообразование на участке BD . Ответ выразите в ваттах, округлите до целых.

Ответ: 135

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите коэффициент теплопередачи β . Ответ выразите в $\text{Вт}/^{\circ}\text{C}$, округлите до десятых.

Ответ: 6.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

д) В некоторый момент на участке AB мгновенная мощность теплопередачи становится равной средней мощности за весь участок AB . Чему равна температура воды в этот момент? Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до десятых.

Ответ: 70.3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

е) Какая часть воды испарится к тому моменту, когда потенциальная энергия пружины станет в 9 раз меньше первоначальной? Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 67

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) До закипания масса воды не изменяется, поэтому нагрузка на рычаг и удлинение пружины должны быть постоянными. На графике кривая II сначала горизонтальна. После начала кипения масса воды уменьшается, поэтому удлинение пружины также уменьшается — именно так ведёт себя кривая II. Следовательно, кривая II показывает удлинение пружины, а кривая I — температуру.

Кривая I достигает значения $q = 8$ в точке В. По температурной калибровке $T = 20 + 10q = 20 + 10 \cdot 8 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, то есть вода закипела. По оси времени $t_B = 2.0\text{ мин}$.

б) До точки В brass показание механического канала равно $q = 8$. По калибровке $x = q \cdot s_x\text{ см}$ получаем $x_0 = 8\text{ см} = 0.08\text{ м}$.

В произвольном наклонном положении рычага моменты вертикальных сил относительно оси равны:

$$M_{mg} = mga \cdot \cos \theta \text{ и } M_{\text{упр}} = F_{\text{упр}} b \cdot \cos \theta.$$

Тогда условие равновесия $mga \cdot \cos \theta = F_{\text{упр}} b \cdot \cos \theta$, косинус сокращается, получаем $mga = kx_0 b$. Отсюда

$$m = \frac{kx_0 b}{ga}.$$

Подставим:

$$m = \frac{30 \cdot 0.08 \cdot 0.10}{10 \cdot 0.20} = 0.120\text{ кг} = 120\text{ г}.$$

в) На участке BD испарилось 120 г воды (то есть вся вода). Продолжительность: $\Delta t = 35.4 - 2.0 = 33.4\text{ мин}$. Во время кипения вся получаемая теплота расходуется на парообразование, поэтому:

$$P = \frac{L \cdot m}{\Delta t} = \frac{2.26 \cdot 10^6 \cdot 0.12}{33.4 \cdot 60} \approx 135.33\text{ Вт} \approx 135\text{ Вт}.$$

г) На участке кипения $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, поэтому разность температур постоянна: $T_{\text{возд}} - T = 120 - 100 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Из закона Ньютона–Рихмана:

$$\beta = \frac{P}{T_{\text{возд}} - T} = \frac{135.33}{20} \approx 6.766 \approx 6.8 \text{ Вт/}^\circ\text{С}.$$

д) Сначала найдём среднюю мощность на участке АВ. Нагревание продолжалось 2 мин = 120 с, поэтому:

$$P_{\text{ср}} = \frac{Q_{AB}}{\Delta t} = \frac{mc\Delta T}{\Delta t} = \frac{0.120 \cdot 4200 \cdot 80}{120} = 336 \text{ Вт}.$$

Мгновенная мощность $P = \beta(T_{\text{возд}} - T)$. Тогда $336 = 6.766 \cdot (120 - T)$, откуда $T \approx 70.3^\circ\text{С}$.

е) Энергия пружины $E = \frac{kx^2}{2}$. По условию $E = \frac{E_0}{9}$, откуда $x = \frac{x_0}{3}$.

Из правила моментов следует, что масса воды в сосуде пропорциональна удлинению пружины, поэтому $m = \frac{m_0}{3}$.
Значит, испарится:

$$1 - \frac{m}{m_0} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \approx 0.67, \text{ т. е. } 67\%.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

Пункты б-г, д)

№ варианта	k, Н/м	a, см	b, см	s, см/ед	E/E ₀	Ответ (пункт б)	Ответ (пункт в)	Ответ (пункт г)	Ответ (пункт д)
1	30	20	10	1	9	120	135	6.8	67
2	24	18	10	0.9	2.25	96	108	5.4	33
3	30	24	9	1.1	3.24	99	112	5.6	44
4	24	24	13	1	4	104	117	5.9	50
5	30	16	8	0.9	4.84	108	122	6.1	55
6	30	24	11	1	6.25	110	124	6.2	60
7	28	18	9	1	7.84	112	126	6.3	64
8	38	24	10	0.9	10.24	114	129	6.4	69
9	30	24	13	0.9	12.25	117	132	6.6	71
10	22	16	11	1	14.44	121	136	6.8	74
11	30	24	14	0.9	16	126	142	7.1	75
12	24	18	12	1	20.25	128	144	7.2	78
13	30	24	13	1	25	130	147	7.3	80
14	22	16	10	1.2	30.25	132	149	7.4	82
15	30	16	9	1	36	135	152	7.6	83
16	34	22	11	1	42.25	136	153	7.7	85
17	30	24	14	1	49	140	158	7.9	86
18	26	16	10	1.1	56.25	143	161	8.1	87
19	30	20	12	1	64	144	162	8.1	88
20	38	22	11	1	81	152	171	8.6	89

Список использованных источников изображений

Задание 1.

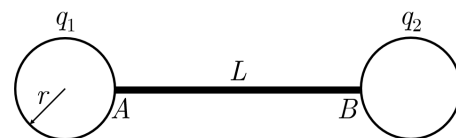
1. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hamamelis_virginiana_03.JPG

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



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

Задание 1. Вариант 1. Два диэлектрических шарика одинакового радиуса $r = 12$ мм закреплены на концах тонкого диэлектрического стержня длиной $L = AB = 25$ см. По объёму одного шарика равномерно распределили заряд $q_1 = +2$ нКл, по объёму другого — заряд $q_2 = -4$ нКл. Считайте, что шарики расположены в идеальной непроводящей среде. Значение постоянного коэффициента в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



а) Как взаимодействуют между собой шарики с зарядами q_1 и q_2 ?

Ответ:

- ✓ Притягиваются
- Отталкиваются
- Не взаимодействуют
- Могут как притягиваться, так и отталкиваться

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Определите величину (модуль) силы электростатического взаимодействия шариков сразу после размещения зарядов на них. Ответ выразите в микроныютонах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.95; 0.97]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите модуль разности потенциалов между точками A и B — концами диэлектрического стержня сразу после размещения зарядов на шариках. Ответ выразите в киловольтах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [4.2; 4.4]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Диэлектрический стержень обладает гигантским сопротивлением $R = 500$ ГОм. Тем не менее, по нему заряды могут перетекать от одного шарика к другому. Определите силу тока в стержне сразу после того, как шарики зарядили. Ответ выразите в наноамперах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [8.5; 8.7]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Спустя длительное время система зарядов приходит в равновесие и ток исчезает. Какой суммарный заряд перетечёт по стержню к моменту установления равновесия? Ответ выразите в нанокуллонах, округлите до десятых.

Ответ: 3.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Заряды шариков имеют разные знаки, поэтому шарики притягиваются.

б) Расстояние между центрами шариков равно длине стержня плюс два радиуса:

$$d = L + 2r = 0.25 + 2 \cdot 0.012 = 0.274 \text{ м.}$$

По закону Кулона модуль силы взаимодействия

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{0.274^2} = 0.9590 \text{ мкН} \approx 0.96 \text{ мкН.}$$

в) Точка A находится на поверхности первого шарика, а точка B — на поверхности второго. Расстояния от центров шариков до ближних к ним концов стержня равны r , до дальних — $L + r$. Потенциалы этих точек:

$$\varphi_A = k \frac{q_1}{r} + k \frac{q_2}{L+r}, \quad \varphi_B = k \frac{q_2}{r} + k \frac{q_1}{L+r}.$$

Модуль разности потенциалов

$$|\Delta\varphi| = k|q_1 - q_2| \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{L+r} \right) = 9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{0.012} - \frac{1}{0.262} \right) \approx 4284 \text{ В} \approx 4.3 \text{ кВ.}$$

г) По закону Ома сила тока сразу после зарядки шариков

$$I = \frac{|\Delta\varphi|}{R} = \frac{4284}{500 \cdot 10^9} = 8.568 \cdot 10^{-9} \text{ А} \approx 8.6 \text{ нА.}$$

д) В равновесии потенциалы точек A и B одинаковы. Благодаря симметрии это достигается при равных зарядах шариков. По закону сохранения заряда

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{2 - 4}{2} = -1 \text{ нКл.}$$

Модуль перетёкшего заряда равен изменению заряда первого шарика:

$$|\Delta q| = |q'_1 - q_1| = |-1 - 2| = 3.0 \text{ нКл.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	r , мм	L , см	q_1 , нКл	q_2 , нКл	R , ГОм	Ответ (пункт а)	Ответ в диапазоне (пункт б)	
1	12	25	2	−4	500	Притягиваются	0.95	0.97
2	8	30	1	3	700	Отталкиваются	0.26	0.28
3	17	42	9	4	185	Отталкиваются	1.56	1.58
4	14	14	−6	2	820	Притягиваются	3.82	3.84
5	6	20	−3	−4	300	Отталкиваются	2.39	2.41
6	10	32	8	−4	460	Притягиваются	2.48	2.50
7	15	35	−7	−10	250	Отталкиваются	4.35	4.37
8	11	18	−3	4	620	Притягиваются	2.64	2.66
9	9	24	5	−1	330	Притягиваются	0.67	0.69
10	12	36	6	2	155	Отталкиваются	0.72	0.74
11	13	28	−5	−7	115	Отталкиваются	3.35	3.37
12	16	22	−8	4	590	Притягиваются	4.53	4.55
13	8	34	4	5	120	Отталкиваются	1.41	1.43
14	14	19	−6	3	800	Притягиваются	3.40	3.42
15	15	45	−7	−2	290	Отталкиваются	0.54	0.56
16	17	34	7	3	430	Отталкиваются	1.34	1.36
17	16	30	4	−5	850	Притягиваются	1.62	1.64
18	10	27	−5	3	720	Притягиваются	1.60	1.62
19	9	21	6	−4	890	Притягиваются	4.15	4.17
20	13	26	6	2	560	Отталкиваются	1.31	1.33

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	r , мм	L , см	q_1 , нКл	q_2 , нКл	R , ГОм	Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
1	12	25	2	−4	500	4.2	4.4	8.5	8.7
2	8	30	1	3	700	2.1	2.3	3.0	3.2
3	17	42	9	4	185	2.4	2.6	13.7	13.9
4	14	14	−6	2	820	4.6	4.8	5.6	5.8
5	6	20	−3	−4	300	1.4	1.6	4.8	5.0
6	10	32	8	−4	460	10.4	10.6	22.7	22.9
7	15	35	−7	−10	250	1.6	1.8	6.8	7.0
8	11	18	−3	4	620	5.3	5.5	8.6	8.8
9	9	24	5	−1	330	5.7	5.9	17.4	17.6

№ варианта	r , мм	L , см	q_1 , нКл	q_2 , нКл	R , ГОм	Ответ в диапазоне (пункт в)		Ответ в диапазоне (пункт г)	
10	12	36	6	2	155	2.8	3.0	18.6	18.8
11	13	28	-5	-7	115	1.2	1.4	11.4	11.6
12	16	22	-8	4	590	6.2	6.4	10.6	10.8
13	8	34	4	5	120	1.0	1.2	9.1	9.3
14	14	19	-6	3	800	5.3	5.5	6.6	6.8
15	15	45	-7	-2	290	2.8	3.0	9.9	10.1
16	17	34	7	3	430	1.9	2.1	4.6	4.8
17	16	30	4	-5	850	4.7	4.9	5.6	5.8
18	10	27	-5	3	720	6.8	7.0	9.5	9.7
19	9	21	6	-4	890	9.5	9.7	10.7	10.9
20	13	26	6	2	560	2.5	2.7	4.6	4.8

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1.

№ варианта	r , мм	L , см	q_1 , нКл	q_2 , нКл	R , ГОм	Ответ (пункт д)
1	12	25	2	-4	500	3.0
2	8	30	1	3	700	1.0
3	17	42	9	4	185	2.5
4	14	14	-6	2	820	4.0
5	6	20	-3	-4	300	0.5
6	10	32	8	-4	460	6.0
7	15	35	-7	-10	250	1.5
8	11	18	-3	4	620	3.5
9	9	24	5	-1	330	3.0
10	12	36	6	2	155	2.0
11	13	28	-5	-7	115	1.0
12	16	22	-8	4	590	6.0
13	8	34	4	5	120	0.5
14	14	19	-6	3	800	4.5
15	15	45	-7	-2	290	2.5
16	17	34	7	3	430	2.0
17	16	30	4	-5	850	4.5
18	10	27	-5	3	720	4.0
19	9	21	6	-4	890	5.0
20	13	26	6	2	560	2.0

Задание 2. Вариант 1. Учитель ведёт урок в закрытом кабинете объёмом $V = 220 \text{ м}^3$. В кабинете находятся 18 учеников и сам учитель. Температура воздуха в помещении $t = 23^\circ\text{C}$ остаётся постоянной на протяжении всего урока. Начальная относительная влажность воздуха $\varphi_0 = 30\%$.

Для восполнения водного баланса учитель за 45 минут урока должен выпивать $V_0 = 40$ мл воды, которая затем полностью испаряется с поверхности кожи и при дыхании. Считайте, что все люди в кабинете испаряют воду с одинаковой скоростью и что конвекция равномерно перемешивает воздух, так что концентрация водяного пара одинакова во всём помещении.

При расчётах используйте следующие значения:

- $R = 8.31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ — универсальная газовая постоянная;
- $M = 18 \text{ г}/\text{моль}$ — молярная масса водяного пара;
- $p_{\text{нас}} = 2.81 \text{ кПа}$ — давление насыщенного водяного пара при 23°C ;
- $\rho = 1 \text{ г}/\text{см}^3$ — плотность воды;
- -273°C — абсолютный нуль температуры.

а) На сколько процентных пунктов увеличится относительная влажность воздуха в кабинете за 45 минут? Например, если начальная влажность была 20% , а стала 28% , ответом является 8. Ответ округлите до десятых. Считайте, что конденсация пара не происходит — вся испарившаяся вода остаётся в воздухе.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[16.6; 17.0]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Дело происходит зимой, поэтому температура воздуха вблизи оконного стекла значительно ниже, чем в основной части кабинета, и составляет $t_{\text{ст}} = 13.2^\circ\text{C}$. Давление насыщенного водяного пара (в кПа) зависит от температуры t в градусах Цельсия по формуле Магнуса:

$$p_{\text{нас}}(t) = 0.611 \text{ кПа} \cdot e^{\frac{17.27t}{t+237.3}}.$$

Чему равно давление насыщенного водяного пара при температуре $t_{\text{ст}}$? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до сотых.

Ответ: 1.52

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Будем считать, что концентрация водяного пара в воздухе в центре помещения и возле окон одинаковая. Каким станет давление водяного пара вблизи оконного стекла спустя 45 минут после начала урока? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[1.26; 1.28]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Во время перемены учитель и все ребята остались на своих местах, чтобы обсудить подготовку к празднику, а сразу после обсуждения начался второй урок. Через какое время после начала первого урока окна начнут запотевать? Ответ выразите в минутах, округлите до целых. Считайте, что скорость испарения воды остаётся неизменной, а конденсация начинается, как только давление водяного пара у окна достигает давления насыщенного пара при температуре стекла.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[67; 71]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) После начала запотевания концентрация водяного пара вблизи окон и в остальной части помещения может различаться: у стекла она остаётся на уровне насыщения, а в основной части помещения может продолжать увеличиваться. Считайте, что всё тепло, выделяющееся при конденсации, отводится через оконное стекло на улицу, при этом температуры стекла и воздуха в помещении остаются постоянными. Мощность тепловых потерь через окна составляет $P = 200 \text{ Вт}$. Удельная теплота парообразования (конденсации) воды равна $L = 2.45 \text{ МДж}/\text{кг}$. Определите скорость конденсации воды на окнах. Ответ выразите в мл/мин, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[4.7; 5.1]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Количество людей в кабинете $N = 18 + 1 = 19$. За 45 минут они испарят массу воды

$$m = NV_0\rho = 19 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0.76 \text{ кг}.$$

Температура воздуха $T = 273 + 23 = 296 \text{ К}$. По уравнению Менделеева — Клапейрона изменение парциального давления водяного пара

$$\Delta p = \frac{m}{M} \frac{RT}{V} = \frac{0.76}{0.018} \frac{8.31 \cdot 296}{220} \approx 0.472 \text{ кПа}.$$

Начальное давление пара $p_0 = \varphi_0 p_{\text{нас}} = 0.30 \cdot 2.81 = 0.843$ кПа; конечное давление $p_1 = p_0 + \Delta p \approx 1.315$ кПа. Конечная относительная влажность $\varphi_1 = p_1 / p_{\text{нас}} \cdot 100\% \approx 46.8\%$. Она увеличится на $46.8 - 30 = 16.8$ процентного пункта.

б) Подставим температуру стекла в формулу Магнуса:

$$p_{\text{нас}}(13.2) = 0.611 \cdot \exp \left[\frac{17.27 \cdot 13.2}{13.2 + 237.3} \right] \approx 1.518 \text{ кПа} \approx 1.52 \text{ кПа}.$$

в) При одинаковой концентрации пара его давление пропорционально абсолютной температуре. В центре помещения $T_{\text{комн}} = 296$ К, у окна $T_{\text{ст}} = 273 + 13.2 = 286.2$ К. Поэтому через 45 минут

$$p_{\text{окна}}(45) = p_1 \frac{T_{\text{ст}}}{T_{\text{комн}}} \approx 1.315 \cdot \frac{286.2}{296} \approx 1.2715 \text{ кПа} \approx 1.27 \text{ кПа}.$$

г) Начальное давление пара у окна $p_{\text{окна}}(0) = p_0 T_{\text{ст}} / T_{\text{комн}} = 0.8151$ кПа. Поскольку скорость испарения постоянна, давление у окна растёт с постоянной скоростью:

$$\frac{dp_{\text{окна}}}{d\tau} = \frac{p_{\text{окна}}(45) - p_{\text{окна}}(0)}{45} \approx 0.010142 \text{ кПа/мин.}$$

Запотевание начнётся при достижении давления насыщения при температуре стекла. Время от начала урока

$$\tau = \frac{p_{\text{нас}}(13.2) - p_{\text{окна}}(0)}{dp_{\text{окна}}/d\tau} = \frac{1.5180 - 0.8151}{0.010142} \approx 69 \text{ мин.}$$

д) При конденсации выделяется теплота, отводимая наружу с мощностью P . Скорость конденсации по массе

$$\frac{dm}{d\tau} = \frac{P}{L} = \frac{200}{2.45 \cdot 10^6} \text{ кг/с} \approx 4.9 \text{ г/мин.}$$

Поскольку плотность воды $\rho = 1$ г/мл, объёмная скорость конденсации составляет 4.9 мл/мин.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ варианта	V , м ³	Кол-во учеников	φ_0 , %	V_0 , мл	$t_{\text{ст}}$, °C	P , Вт	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)	
1	220	18	30	40	13.2	200	16.6	17.0	1.51	1.53
2	180	20	32	35	14.5	400	19.7	20.1	1.64	1.66
3	230	22	25	50	12.4	250	24.1	24.5	1.43	1.45
4	190	15	35	40	13.8	300	16.2	16.6	1.57	1.59
5	200	25	22	45	11.7	350	28.2	28.6	1.37	1.39
6	170	17	28	38	14.1	180	19.4	19.8	1.60	1.62
7	240	28	33	39	15.3	450	22.7	23.1	1.73	1.75
8	155	19	21	48	12.8	220	29.9	30.3	1.47	1.49
9	210	24	29	43	14.8	480	24.7	25.1	1.67	1.69
10	250	30	24	32	13.5	160	19.1	19.5	1.54	1.56
11	175	16	35	39	13	420	18.2	18.6	1.49	1.51
12	195	27	23	47	15.6	280	32.6	33.0	1.76	1.78
13	165	21	31	36	14.3	330	23.1	23.5	1.62	1.64
14	225	29	27	33	11.3	380	21.2	21.6	1.33	1.35
15	185	23	23	50	13.9	270	31.3	31.7	1.58	1.60
16	160	26	22	45	15.9	310	36.7	37.1	1.80	1.82
17	205	18	32	34	10.8	460	15.1	15.5	1.29	1.31
18	235	15	34	54	14.6	200	17.7	18.1	1.65	1.67
19	215	28	21	33	11.9	430	21.4	21.8	1.38	1.40
20	245	30	30	31	12.2	500	18.9	19.3	1.41	1.43

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ варианта	V , м ³	Кол-во учеников	φ_0 , %	V_0 , мл	$t_{\text{ст}}$, °C	P , Вт	Ответ в диапазоне (пункт в)	
1	220	18	30	40	13.2	200	1.26	1.28
2	180	20	32	35	14.5	400	1.41	1.43
3	230	22	25	50	12.4	250	1.33	1.35
4	190	15	35	40	13.8	300	1.39	1.41
5	200	25	22	45	11.7	350	1.35	1.37
6	170	17	28	38	14.1	180	1.29	1.31
7	240	28	33	39	15.3	450	1.52	1.54
8	155	19	21	48	12.8	220	1.38	1.40
9	210	24	29	43	14.8	480	1.46	1.48
10	250	30	24	32	13.5	160	1.17	1.19
11	175	16	35	39	13	420	1.44	1.46
12	195	27	23	47	15.6	280	1.52	1.54
13	165	21	31	36	14.3	330	1.47	1.49
14	225	29	27	33	11.3	380	1.30	1.32
15	185	23	23	50	13.9	270	1.48	1.50
16	160	26	22	45	15.9	310	1.61	1.63
17	205	18	32	34	10.8	460	1.27	1.29
18	235	15	34	54	14.6	200	1.41	1.43
19	215	28	21	33	11.9	430	1.14	1.16
20	245	30	30	31	12.2	500	1.32	1.34

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ варианта	V , м ³	Кол-во учеников	φ_0 , %	V_0 , мл	$t_{\text{ст}}$, °C	P , Вт	Ответ в диапазоне (пункт г)		Ответ в диапазоне (пункт д)	
1	220	18	30	40	13.2	200	67	71	4.7	5.1
2	180	20	32	35	14.5	400	63	67	9.6	10.0
3	230	22	25	50	12.4	250	50	54	5.9	6.3
4	190	15	35	40	13.8	300	61	65	7.1	7.5
5	200	25	22	45	11.7	350	44	48	8.4	8.8
6	170	17	28	38	14.1	180	69	73	4.2	4.6
7	240	28	33	39	15.3	450	58	62	10.8	11.2
8	155	19	21	48	12.8	220	48	52	5.2	5.6
9	210	24	29	43	14.8	480	57	61	11.6	12.0
10	250	30	24	32	13.5	160	75	79	3.7	4.1
11	175	16	35	39	13	420	47	51	10.1	10.5
12	195	27	23	47	15.6	280	55	59	6.7	7.1
13	165	21	31	36	14.3	330	53	57	7.9	8.3
14	225	29	27	33	11.3	380	46	50	9.1	9.5
15	185	23	23	50	13.9	270	48	52	6.4	6.8
16	160	26	22	45	15.9	310	51	55	7.4	7.8

17	205	18	32	34	10.8	460	45	49	11.1	11.5
18	235	15	34	54	14.6	200	66	70	4.7	5.1
19	215	28	21	33	11.9	430	61	65	10.3	10.7
20	245	30	30	31	12.2	500	51	55	12.0	12.4

Задание 3. Вариант 1. Основным источником энергии на металлургических заводах XVIII века была энергия падающей воды. Обычно на реке строили плотину. Вода накапливалась в образовавшемся водоёме, а затем по специальным водоводам с высоты падала на водобойное колесо. Колесо, вращаясь, поворачивало вал. На другом конце вала имелось несколько выступов, которые по очереди упирались в конец рукоятки большого молота. Рукоятка поворачивалась относительно неподвижной оси, и массивная рабочая часть молота поднималась вверх. Когда выступ соскальзывал с рукоятки, молот падал вниз и рабочей частью ударял по наковальне, располагаясь в этот момент горизонтально.

Даны характеристики завода в городе N .

Плотина: перепад высот между верхним краем плотины и осью колеса составляет $H = 6$ м. Объёмный расход воды, падающей на колесо, равен $Q = 40$ л/с. Скоростью воды в верхней части плотины пренебрегите, так как водохранилище имеет большую площадь.

Водяное колесо: радиус $R = 3.5$ м. Скорость, с которой движутся крайние точки колеса, $v = 1.6$ м/с.

Молот: масса рабочей части $m = 100$ кг, длина рукоятки $L = 5$ м. Ось вращения молота делит рукоятку в отношении $1 : 4$ (как на рисунке). Массой рукоятки по сравнению с массой рабочей части пренебрегите.

Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, ускорение свободного падения примите равным $g = 9.8$ м/с², $\pi = 3.14$.

а) Чему равно изменение потенциальной энергии воды, падающей с края плотины на уровень оси колеса за время $t = 1$ с? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.34; 2.36]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Столкновение воды с лопастями колеса можно считать абсолютно неупругим. Какое максимальное количество энергии (механической и тепловой) вода может передать колесу за время $t = 1$ с? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.29; 2.31]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Во время работы молота его рукоятка поворачивается на максимальный угол $\alpha = 30^\circ$ относительно горизонтального положения. Какая энергия при этом запасается в рабочей части молота за один подъём? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.95; 1.97]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) До какой скорости разгоняется рабочая часть молота при падении на наковальню? Силу трения в осях и сопротивление воздуха не учитывайте. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [6.2; 6.4]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Чему равно КПД всего этого устройства (колесо и молот), если за один оборот колеса молот поднимается на максимальную высоту четыре раза? Полезной энергией считайте энергию удара молота, а затраченной — изменение потенциальной энергии воды. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [24.1; 24.5]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Примем уровень оси колеса за нулевой уровень потенциальной энергии. За время t с плотины падает масса воды $m_{\text{в}} = \rho Q t$. Изменение её потенциальной энергии при падении

$$\Delta E_p = m_{\text{в}} g H = \rho Q t g H = 1000 \cdot 0.04 \cdot 1 \cdot 9.8 \cdot 6 = 2352 \text{ Дж} \approx 2.35 \text{ кДж.}$$



б) При абсолютно неупругом столкновении вода после удара движется со скоростью лопастей v . Её оставшаяся кинетическая энергия $E_k = m_v v^2 / 2 = \rho Q t v^2 / 2$. Энергию, переданную колесу, получим вычитанием:

$$E = \Delta E_p - E_k = \rho Q t g H - \frac{\rho Q t v^2}{2} = 2301 \text{ Дж} \approx 2.30 \text{ кДж}.$$

в) При подъёме рабочая часть молота запасает потенциальную энергию $E_{p,м} = m g h$. Ось делит рукоятку в отношении 1 : 4, поэтому расстояние от оси до рабочей части равно $4L/5$. Высота подъёма $h = (4L/5) \sin \alpha$, откуда

$$E_{p,м} = m g \frac{4}{5} L \sin \alpha = 100 \cdot 9.8 \cdot \frac{4}{5} \cdot 5 \cdot 0.5 = 1960 \text{ Дж} = 1.96 \text{ кДж}.$$

г) При падении без потерь запасённая потенциальная энергия переходит в кинетическую:

$$m g \frac{4}{5} L \sin \alpha = \frac{m u^2}{2}, \quad u = \sqrt{\frac{8}{5} g L \sin \alpha} = \sqrt{\frac{8}{5} \cdot 9.8 \cdot 5 \cdot 0.5} \approx 6.3 \text{ м/с}.$$

д) Полезная энергия за один оборот колеса равна четырём энергиям подъёма молота, $A_{п} = 4 E_{p,м}$. Период вращения колеса $T = 2\pi R / v$; за это время вода отдаёт потенциальную энергию $A_{з} = \rho Q T g H$. Поэтому

$$\eta = \frac{A_{п}}{A_{з}} \cdot 100\% = \frac{4 m g \frac{4}{5} L \sin \alpha}{\rho Q \frac{2\pi R}{v} g H} \cdot 100\% \approx 24.3\%.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	H , м	Q , л/с	R , м	v , м/с	m , кг	L , м	α , °	Ответ в диапазоне (пункт а)		Доп. ответ (пункт а)
1	6	40	3.5	1.6	100	5	30	2.34	2.36	2.40
2	5	41	4	1.7	110	5.1	31	2.00	2.02	2.05
3	5.25	42	4.25	1.8	120	5.2	32	2.15	2.17	2.21
4	5.5	43	4.5	1.9	130	5.3	33	2.31	2.33	2.37
5	5.75	44	4.75	2	140	5.4	34	2.47	2.49	2.53
6	6	45	5	2.1	150	5.5	35	2.64	2.66	2.70
7	6.25	46	5.25	2.2	160	5.6	36	2.81	2.83	2.88
8	6.5	47	5.5	2.3	170	5.7	37	2.98	3.00	3.06
9	6.75	48	5.75	2.4	180	5.8	38	3.17	3.19	3.24
10	7	49	6	2.5	190	5.9	39	3.35	3.37	3.43
11	7.25	50	6.25	2.6	200	6	30	3.54	3.56	3.63
12	7.5	51	6.5	2.7	190	6.1	31	3.74	3.76	3.83
13	7.75	52	6.75	2.8	180	6.2	32	3.94	3.96	4.03
14	8	53	7	2.9	170	6.3	33	4.15	4.17	4.24
15	8.25	54	7.25	3	200	6.4	34	4.36	4.38	4.46
16	8.5	55	7.5	3.1	190	6.5	35	4.57	4.59	4.68
17	8.75	56	7.75	3.2	180	6.6	36	4.79	4.81	4.90
18	9	57	8	3.3	170	6.7	37	5.02	5.04	5.13
19	9.25	58	8.25	3.4	200	6.8	38	5.25	5.27	5.37
20	9.5	59	8.5	3.5	190	6.9	39	5.48	5.50	5.61

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	H , м	Q , л/с	R , м	v , м/с	m , кг	L , м	α , °	Ответ в диапазоне (пункт б)		Доп. ответ (пункт б)
1	6	40	3.5	1.6	100	5	30	2.29	2.31	2.35
2	5	41	4	1.7	110	5.1	31	1.94	1.96	1.99
3	5.25	42	4.25	1.8	120	5.2	32	2.08	2.10	2.14
4	5.5	43	4.5	1.9	130	5.3	33	2.23	2.25	2.29
5	5.75	44	4.75	2	140	5.4	34	2.38	2.40	2.44
6	6	45	5	2.1	150	5.5	35	2.54	2.56	2.60
7	6.25	46	5.25	2.2	160	5.6	36	2.70	2.72	2.76
8	6.5	47	5.5	2.3	170	5.7	37	2.86	2.88	2.93
9	6.75	48	5.75	2.4	180	5.8	38	3.03	3.05	3.10
10	7	49	6	2.5	190	5.9	39	3.20	3.22	3.28
11	7.25	50	6.25	2.6	200	6	30	3.37	3.39	3.46
12	7.5	51	6.5	2.7	190	6.1	31	3.55	3.57	3.64
13	7.75	52	6.75	2.8	180	6.2	32	3.74	3.76	3.83
14	8	53	7	2.9	170	6.3	33	3.92	3.94	4.02
15	8.25	54	7.25	3	200	6.4	34	4.11	4.13	4.21
16	8.5	55	7.5	3.1	190	6.5	35	4.31	4.33	4.41
17	8.75	56	7.75	3.2	180	6.6	36	4.51	4.53	4.61
18	9	57	8	3.3	170	6.7	37	4.71	4.73	4.82
19	9.25	58	8.25	3.4	200	6.8	38	4.91	4.93	5.03
20	9.5	59	8.5	3.5	190	6.9	39	5.12	5.14	5.24

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	H , м	Q , л/с	R , м	v , м/с	m , кг	L , м	α , °	Ответ в диапазоне (пункт в)		Доп. ответ (пункт в)
1	6	40	3.5	1.6	100	5	30	1.95	1.97	2.00
2	5	41	4	1.7	110	5.1	31	2.26	2.28	2.31
3	5.25	42	4.25	1.8	120	5.2	32	2.58	2.60	2.65
4	5.5	43	4.5	1.9	130	5.3	33	2.93	2.95	3.00
5	5.75	44	4.75	2	140	5.4	34	3.30	3.32	3.38
6	6	45	5	2.1	150	5.5	35	3.70	3.72	3.79
7	6.25	46	5.25	2.2	160	5.6	36	4.12	4.14	4.21
8	6.5	47	5.5	2.3	170	5.7	37	4.56	4.58	4.67
9	6.75	48	5.75	2.4	180	5.8	38	5.03	5.05	5.14
10	7	49	6	2.5	190	5.9	39	5.52	5.54	5.64
11	7.25	50	6.25	2.6	200	6	30	4.69	4.71	4.80
12	7.5	51	6.5	2.7	190	6.1	31	4.67	4.69	4.78
13	7.75	52	6.75	2.8	180	6.2	32	4.63	4.65	4.73
14	8	53	7	2.9	170	6.3	33	4.56	4.58	4.67
15	8.25	54	7.25	3	200	6.4	34	5.60	5.62	5.73
16	8.5	55	7.5	3.1	190	6.5	35	5.54	5.56	5.67
17	8.75	56	7.75	3.2	180	6.6	36	5.46	5.48	5.59
18	9	57	8	3.3	170	6.7	37	5.36	5.38	5.48
19	9.25	58	8.25	3.4	200	6.8	38	6.55	6.57	6.70
20	9.5	59	8.5	3.5	190	6.9	39	6.46	6.48	6.60

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	H , м	Q , л/с	R , м	v , м/с	m , кг	L , м	α , °	Ответ в диапазоне (пункт г)		Ответ в диапазоне (пункт д)	
1	6	40	3.5	1.6	100	5	30	6.2	6.4	24.1	24.5
2	5	41	4	1.7	110	5.1	31	6.4	6.6	30.3	30.7
3	5.25	42	4.25	1.8	120	5.2	32	6.5	6.7	32.2	32.6
4	5.5	43	4.5	1.9	130	5.3	33	6.7	6.9	33.9	34.3
5	5.75	44	4.75	2	140	5.4	34	6.9	7.1	35.7	36.1
6	6	45	5	2.1	150	5.5	35	7.0	7.2	37.3	37.7
7	6.25	46	5.25	2.2	160	5.6	36	7.2	7.4	38.9	39.3
8	6.5	47	5.5	2.3	170	5.7	37	7.3	7.5	40.5	40.9
9	6.75	48	5.75	2.4	180	5.8	38	7.5	7.7	42.0	42.4
10	7	49	6	2.5	190	5.9	39	7.6	7.8	43.5	43.9
11	7.25	50	6.25	2.6	200	6	30	6.8	7.0	34.9	35.3
12	7.5	51	6.5	2.7	190	6.1	31	7.0	7.2	32.8	33.2
13	7.75	52	6.75	2.8	180	6.2	32	7.2	7.4	30.8	31.2
14	8	53	7	2.9	170	6.3	33	7.3	7.5	28.8	29.2
15	8.25	54	7.25	3	200	6.4	34	7.5	7.7	33.7	34.1
16	8.5	55	7.5	3.1	190	6.5	35	7.6	7.8	31.7	32.1

17	8.75	56	7.75	3.2	180	6.6	36	7.8	8.0	29.8	30.2
18	9	57	8	3.3	170	6.7	37	7.9	8.1	27.9	28.3
19	9.25	58	8.25	3.4	200	6.8	38	8.1	8.3	32.6	33.0
20	9.5	59	8.5	3.5	190	6.9	39	8.2	8.4	30.7	31.1

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

