

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ФИЗИКА. 2023–2024 уч. г.

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 60.

Тестовые задания

1. Пусть физическая величина x выражается через другие физические величины следующей формулой: $x = \frac{V_0^2}{4I}$, где V_0 – некоторая скорость, а I – некоторая сила тока. Какая из представленных ниже физических величин обладает той же размерностью, что и величина x ?

- 1) $\frac{W}{mU}$, где W , U и m – некоторые энергия, напряжение и масса соответственно
- 2) qaV , где q , a и V – некоторые заряд, ускорение и скорость соответственно
- 3) $\frac{lV}{q}$ где q , l и V – некоторые заряд, расстояние и скорость соответственно
- 4) $\frac{qU}{m}$ где q , U и m – некоторые заряд, напряжение и масса соответственно

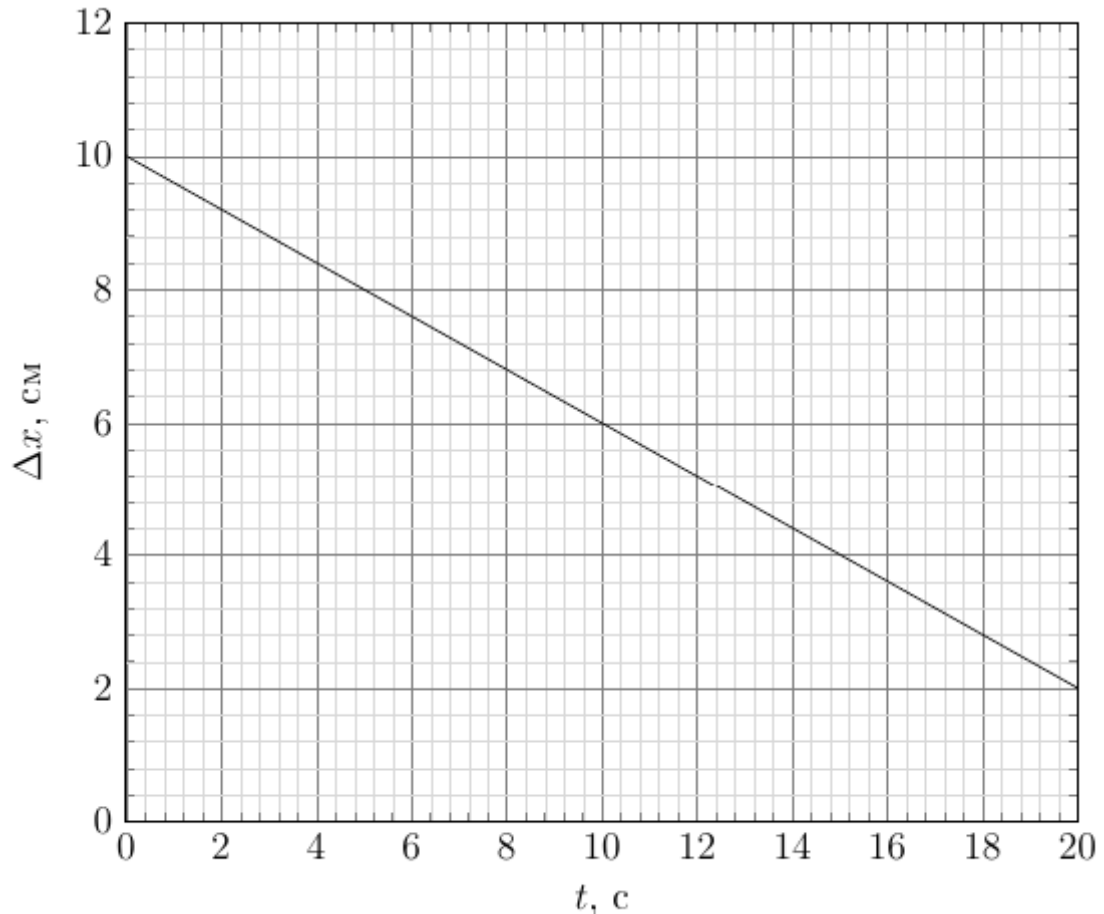
2. У экспериментатора есть два одинаковых резистора. Их сопротивление при параллельном соединении равно 3 Ом. Какое сопротивление будет иметь цепь, собранная из этих резисторов, соединённых последовательно?

- 1) 3 Ом
- 2) 6 Ом
- 3) 1,5 Ом
- 4) 12 Ом

3. Известно, что для любой температуры, измеренной в градусах Цельсия и в градусах профессора Чудакова, выполняется следующее соотношение: $C = \alpha L + \beta$, где α и β – некоторые константы, C – температура в градусах Цельсия, а L – температура в градусах Чудакова. Также известно, что 20 градусов Цельсия соответствуют 48 градусам Чудакова, а 30 градусов Цельсия соответствуют 66 градусам Чудакова. Скольким градусам Цельсия соответствуют 102 градуса Чудакова?

- 1) 36
- 2) 50
- 3) 57
- 4) 64

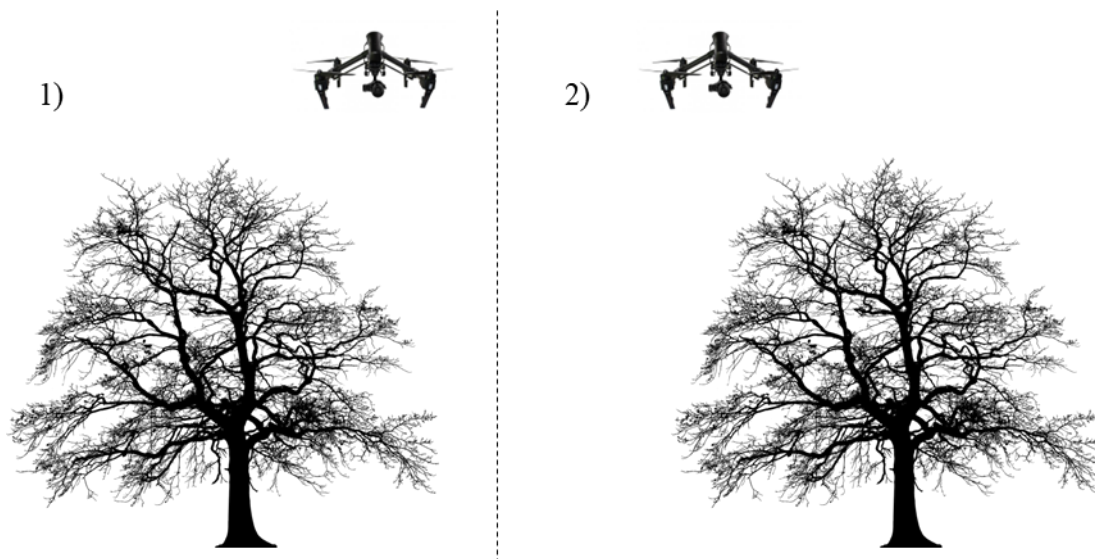
4. Две частицы движутся вдоль оси OX . Экспериментатор сформулировал гипотезу, согласно которой закон движения для первой частицы описывается формулой $x = x_1 + v_1 t + ct^3$, а для второй частицы – формулой $x = x_2 + v_2 t$. На графике представлена экспериментально полученная зависимость разностей координат этих двух частиц от времени.



Выберите все верные утверждения. Из данного графика можно определить:

- 1) координаты x_1 и x_2
- 2) проекцию v_1 начальной скорости первой частицы на ось OX
- 3) проекцию v_2 скорости второй частицы на ось OX
- 4) величину c
- 5) нет возможности определить ни одну из перечисленных величин

5. Петя, проезжая в автомобиле по прямой дороге мимо растущего на некотором расстоянии от неё высокого старого дерева, сделал две фотографии: сначала фотографию № 1, а потом фотографию № 2. На обе фотографии попал квадрокоптер, зависший в одной точке пространства. Известно, что автомобиль двигался слева направо относительно дерева на фотографии, а квадрокоптер игрушечный и помещается в школьный рюкзак.



Выберите верное утверждение.

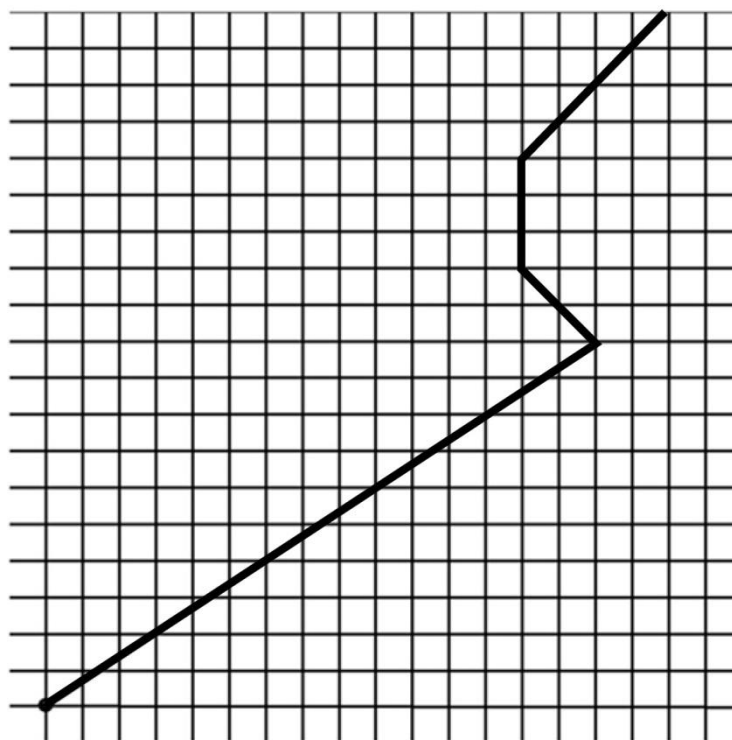
- 1) Квадрокоптер находится ближе к проезжающему автомобилю, чем дерево.
- 2) Дерево находится ближе к проезжающему автомобилю, чем квадрокоптер.
- 3) Квадрокоптер находится непосредственно над вершиной дерева.
- 4) По фотографии невозможно делать выводы о положении дерева и квадрокоптера относительно движущегося автомобиля.

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	3	4	2	4	1
Балл	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла

Задания с кратким ответом

Задачи 6-9

В архиве лаборатории обнаружили график зависимости координаты некоторого небольшого тела от времени. Чернила выцвели, и часть представленной на графике информации оказалась утраченной. Из пояснительной записки к графику удалось установить, что его оси были параллельны линиям сетки, а начало координат было обозначено жирной точкой. Также стало известно, что данное тело останавливалось на полторы минуты, а его средняя путевая скорость за промежуток времени, для которого был построен график, составила $0,7$ м/с.



6. Как на этом графике расположена ось времени? (2 балла)

- А) вертикально
- Б) горизонтально
- В) недостаточно данных для ответа на вопрос

7. В течение какого промежутка времени скорость тела была отлична от нуля? Дайте ответ в минутах с округлением до десятых долей. (2 балла)

8. Чему была равна средняя скорость перемещения тела? Дайте ответ в м/мин с округлением до целого числа. (3 балла)

9. С каким постоянным ускорением должно было двигаться данное тело, чтобы пройти тот же путь за то же время, если бы его начальная скорость была нулевой? Дайте ответ в $\text{мм}/\text{с}^2$ с округлением до десятых долей. (3 балла)

Решение:

6. Видно, что один участок графика вертикален, он отвечает остановке. Следовательно, ось времени на изображённом графике должна быть направлена вертикально.

7. Известно, что тело останавливалось на 1,5 минуты. Этот промежуток времени соответствует 3 клеточкам. Значит, цена деления по оси времени составляет половину минуты:

$$\Delta t = \frac{1,5 \text{ мин}}{3} = 0,5 \text{ мин.}$$

Общее время движения с отличной от нуля скоростью, согласно графику, соответствует 16 клеточкам или

$$t = 16\Delta t = 8 \text{ мин.}$$

8. Посчитаем путь, пройденный телом за всё время движения. Он соответствует 21 клетке. С другой стороны, мы можем рассчитать этот же путь, умножив общее время движения, которое с учётом времени остановки равно 9,5 мин, на среднюю путевую скорость:

$$l = 9,5 * 60 * 0,7 = 399 \text{ м.}$$

Таким образом, цена деления (размер одной клеточки) по горизонтальной оси координаты составляет:

$$\Delta x = \frac{399 \text{ м}}{21} = 19 \text{ м.}$$

Рассчитаем среднюю скорость движения, разделив перемещение s (оно соответствует 17 клеткам) на все время движения:

$$v_{\text{ср}} = \frac{17 \cdot 19 \text{ м}}{9,5 \cdot 1 \text{ мин}} = 34 \text{ м/мин.}$$

9. Искомое ускорение равно:

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 17 \cdot 19 \text{ м}}{(9,5 \cdot 60 \text{ с})^2} \approx 2,0 \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}.$$

Ответ:

6	7	8	9
вертикально	8	34	2,0

Максимум за задачи 10 баллов.

Задачи 10-12

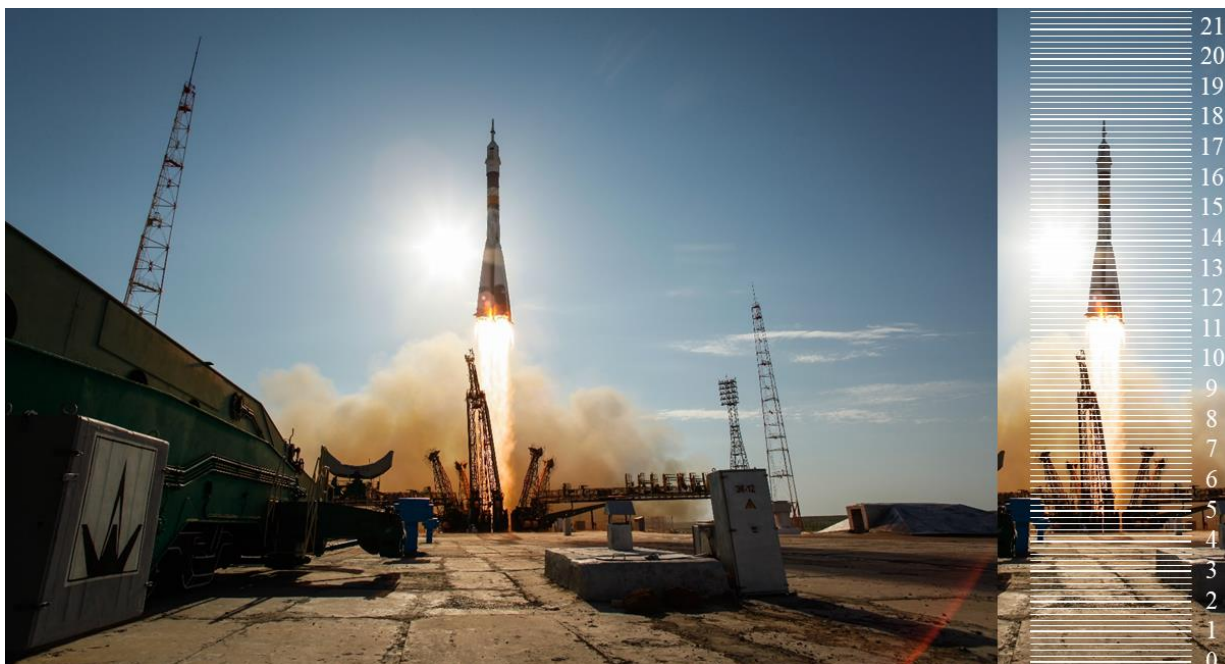
Просматривая видеозапись старта ракеты-носителя «Союз», состоявшегося в 7.01 по Московскому времени 15 мая 2012 года, можно заметить, что для преодоления расстояния, равного собственной высоте ракеты, она затратила время $t = 5$ с с момента отрыва от стартового стола. Высота ракеты «Союз» $h = 49,5$ м, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

10. Считая силу тяги двигателей ракеты постоянной, вычислите ускорение ракеты в течение этого времени. Ответ выразите в м/с² и округлите до целого числа. (2 балла)

11. Через 9 минут полёта космический корабль был выведен на орбиту, израсходовав значительное количество топлива. Находившиеся в кабине космонавты в течение этого времени испытывали перегрузку. Как менялась величина этой перегрузки, если считать, что сила тяги двигателей оставалась неизменной? Выберите правильный вариант ответа. (3 балла)

- А) уменьшалась
- Б) увеличивалась
- В) оставалась неизменной

12. На кадре из упомянутой видеозаписи видно, что объектив камеры направлен прямо против солнца. В момент старта высота солнца над горизонтом на космодроме «Байконур» составляла 16,5 градусов. Используя сетку, нанесённую на кадр, оцените, на каком расстоянии от места старта была установлена камера. Дайте ответ в м, округлив его до десятков. (5 баллов)

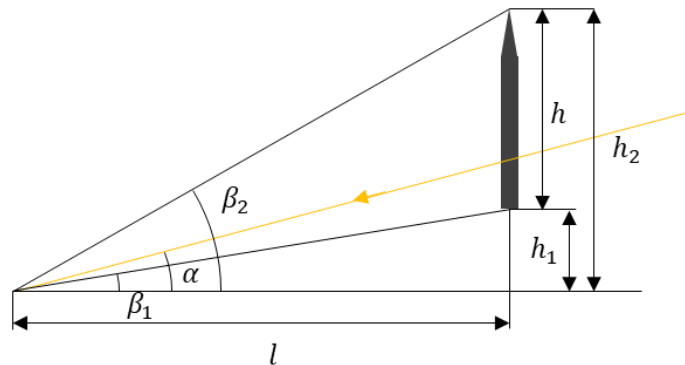


Решение:

10. Для расчёта ускорения воспользуемся формулой, связывающей время движения и перемещение при равноускоренном движении с нулевой начальной скоростью: $h = \frac{at^2}{2}$. Отсюда для ускорения получаем: $a = \frac{2h}{t^2} \approx 4 \text{ м/с}^2$.

11. Из-за сгорания топлива масса ракеты уменьшалась. Поэтому при неизменной силе тяги двигателей её ускорение увеличивалось. Следовательно, увеличивалась и перегрузка, испытываемая космонавтами.

12. Сделаем рисунок в боковой проекции.



Координата горизонта на фотографии (по сетке) $x_{\Gamma} = 4,2$. Координата центра солнца на фотографии $x_c = 13,6$. Координата нижней точки ракеты $x_{\text{Н}} = 11,2$, верхней – $x_{\text{В}} = 18,0$. Углы, под которыми видны из места съёмки нижняя и верхняя точки ракеты, могут быть найдены следующим образом:

$$\beta_1 = \alpha \frac{x_{\text{Н}} - x_{\Gamma}}{x_c - x_{\Gamma}} \approx 12,3^\circ,$$

$$\beta_2 = \alpha \frac{x_{\text{В}} - x_{\Gamma}}{x_c - x_{\Gamma}} \approx 24,2^\circ.$$

Тангенсы этих углов равны

$$\text{tg } \beta_1 = \frac{h_1}{l}, \quad \text{tg } \beta_2 = \frac{h_2}{l}.$$

Поэтому

$$\text{tg } \beta_2 - \text{tg } \beta_1 = \frac{h_2 - h_1}{l} = \frac{h}{l}.$$

Тогда для расстояния между камерой и местом старта получаем:

$$l = \frac{h}{\text{tg } \beta_2 - \text{tg } \beta_1} \approx 210 \text{ м.}$$

Ответ:	10	11	12
	4	увеличивалась	[100;300]

Максимум за задачи 10 баллов.

Задачи 13-14

На рисунке 1 изображена схема электрической цепи миллиамперметра с двойной шкалой (см. рис. 2). Цепь состоит из гальванометра G и двух резисторов. Стрелка миллиамперметра отклоняется в максимальное положение при протекании через гальванометр G тока силой $I_{\max} = 5$ мА. Сопротивление гальванометра $R_G = 100$ Ом.

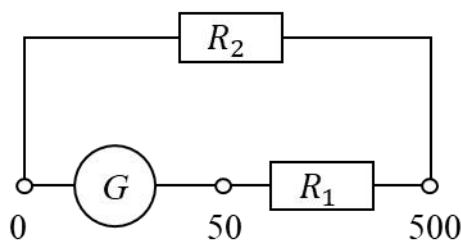


Рис. 1



Рис. 2

13. Определите отношение сопротивлений резисторов R_1/R_2 . Ответ округлите до целого числа. (5 баллов)

14. Определите сопротивление R_2 . Дайте ответ в Ом с округлением до десятых долей. (5 баллов)

Решение:

13. Пусть миллиамперметр включён в цепь через контакты «0-50», и через него протекает ток силой $I_{50} = 50$ мА. При этом через гальванометр должен течь ток $I_G = I_{\max}$. Запишем условие равенства напряжений на гальванометре и последовательно соединённых резисторах R_1 и R_2 :

$$I_G R_G = (I_{50} - I_G)(R_1 + R_2).$$

Пусть теперь миллиамперметр включён в цепь через контакты «0-500», и через него протекает ток силой $I_{500} = 500$ мА. При этом через гальванометр также должен течь ток $I_G = I_{\max}$. Запишем условие равенства напряжений на параллельных участках цепи:

$$I_G(R_G + R_1) = (I_{500} - I_G)R_2.$$

Исключим из полученной системы уравнений все слагаемые с I_G :

$$I_{50}(R_1 + R_2) = I_{500}R_2.$$

Отсюда отношение сопротивлений:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_{500}}{I_{50}} - 1 = 9.$$

14. Рассчитаем сопротивление R_2 , подставив полученное соотношение в первое уравнение системы:

$$R_2 = \frac{I_{\max} R_G}{10(I_{50} - I_{\max})} \approx 1,1 \text{ Ом.}$$

Ответ:

13	14
9	1,1

Максимум за задачи 10 баллов.

Задачи 15-16

Петя нашёл на балконе сильно высохшую, нагрешую на солнце краску в канистре и решил разбавить её растворителем. Канистра была наполнена краской на $3/4$ объёма. Оставшийся объём Петя заполнил растворителем и хорошо перемешал. Консистенция краски ему не понравилась, он отлил четверть содержимого канистры, а оставшуюся четверть вновь заполнил растворителем. Петя вновь перемешал краску, и консистенция опять его не устроила. Он повторил операцию – снова вылил $1/4$ содержимого и добавил доверху растворитель. На этот раз получившаяся концентрация Пете понравилась.

15. Рассчитайте отношение концентрации сухого красящего вещества в краске после первого перемешивания к его концентрации в конце опыта. Ответ округлите до десятых долей. *(4 балла)*

16. Какова была начальная температура сухой краски T_n , если известно, что растворитель взяли из подвала и его температура составляла $T_p = 18^\circ\text{C}$, а температура содержимого канистры в конечном состоянии стала равна $T_k = 30^\circ\text{C}$? Теплоёмкость единицы объёма содержимого канистры считайте одинаковой при любой концентрации сухого красящего вещества. Теплоёмкостью канистры, а также тепловыми потерями в окружающую среду и механической работой, совершаемой при перемешивании, можно пренебречь. Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до десятых долей. *(5 баллов)*

Решение:

15. Концентрация неизменного количества частиц обратно пропорциональна занимаемому ими объёму. При каждом разбавлении краски в неё добавляют $1/4$ объёма растворителя, то есть концентрация сухого вещества краски уменьшается в $4/3$ раза. Поскольку после первого перемешивания таких итераций происходило две, то искомое отношение концентраций составит:

$$k = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \approx 1,8.$$

16. Пусть объём канистры равен V . Составим уравнение теплового баланса для краски и добавленного в неё растворителя для первой итерации понижения концентрации:

$$C \frac{3}{4} V (T_n - T_1) = C \frac{1}{4} V (T_1 - T_p),$$

где C – теплоёмкость единицы объёма содержимого канистры. Выразим из полученной формулы температуру T_1 содержимого канистры после первой итерации понижения концентрации:

$$T_1 = \frac{3T_n + T_p}{4}.$$

Запишем аналогичные выражения для второй и третьей итераций:

$$T_2 = \frac{3T_1 + T_p}{4}; \quad T_3 = \frac{3T_2 + T_p}{4}.$$

Свяжем конечную и начальную температуру содержимого канистры:

$$T_k = \frac{3 \frac{3 \frac{3T_n + T_p}{4} + T_p}{4} + T_p}{4} = \frac{27}{64} T_n + \frac{37}{64} T_p.$$

Тогда начальная температура содержимого канистры составит:

$$T_n = \frac{64T_k - 37T_p}{27} \approx 46,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

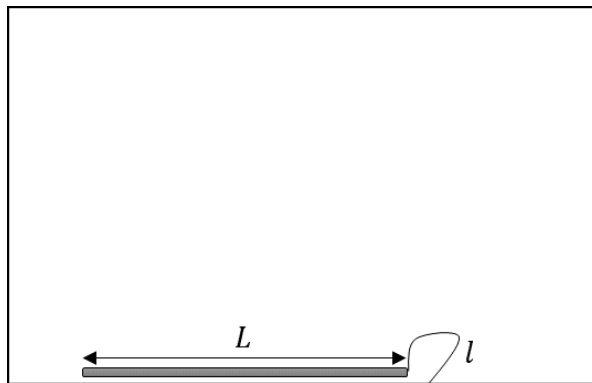
Ответ:

15	16
1,8	46,4

Максимум за задачи 9 баллов.

Задачи 17–19

К горизонтальному дну сосуда с помощью нити длиной $l = 20$ см привязан конец тонкой прямой однородной палочки. Длина палочки $L = 50$ см, площадь её поперечного сечения $s = 2$ мм², её плотность $\rho = 500$ кг/м³. В сосуд наливают воду, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³. Палочка не касается стенок сосуда. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с².



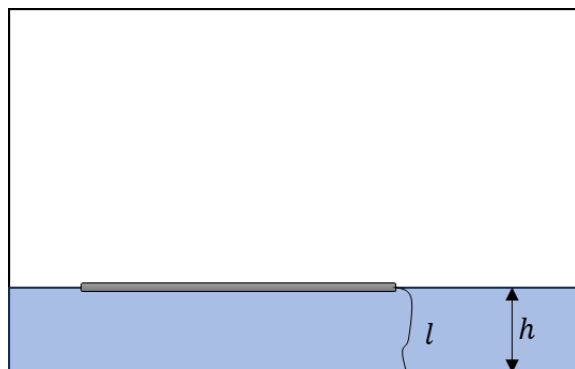
17. Определите угол наклона палочки к горизонту, если уровень воды находится на расстоянии $h = 10$ см от дна сосуда. Дайте ответ в градусах с округлением до целого числа. (2 балла)

18. Определите угол наклона палочки к горизонту, если уровень воды находится на расстоянии $H = 30$ см от дна сосуда. Дайте ответ в градусах с округлением до десятых долей. (5 баллов)

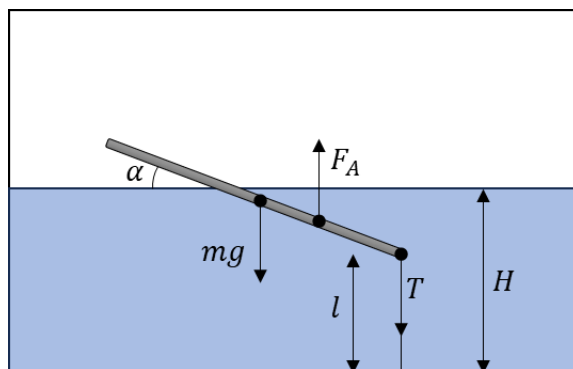
19. Определите модуль силы натяжения нити во втором случае. Дайте ответ в мН с округлением до целого числа. (4 балла)

Решение:

17. Пока расстояние от уровня жидкости до дна сосуда не превышает длины нити, нить оказывается ненапрянутой. Палочка устойчиво плавает в горизонтальном положении, то есть угол, который она составляет с горизонтом, равен 0° .



18. В случае, когда высота уровня воды больше длины нити ($H > l$), нить натягивается и палочка занимает наклонное положение.



Равновесие палочки определяется тремя силами: силой тяжести, силой Архимеда (приложена к центру масс погружённой части палочки) и силой натяжения нити. Сила тяжести может быть вычислена как

$$mg = \rho s L g.$$

Сила Архимеда рассчитывается через объём погружённой части тела:

$$F_A = \rho_0 \frac{H - l}{\sin \alpha} s g.$$

Запишем уравнение моментов для палочки относительно точки крепления нити:

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha = F_A \frac{H - l}{2 \operatorname{tg} \alpha}.$$

Подставляя выражения для сил,

$$\rho s L g \frac{L}{2} \cos \alpha = \rho_0 \frac{H - l}{\sin \alpha} s g \frac{H - l}{2 \operatorname{tg} \alpha}.$$

Отсюда для угла наклона палочки к горизонту получаем

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{H - l}{L} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}} \right) \approx 16,4^\circ.$$

19. Рассчитаем модуль силы натяжения нити как разницу силы Архимеда и силы тяжести:

$$T = F_A - mg = \rho_0 \frac{H - l}{\sin \alpha} s g - \rho s L g = s L g (\sqrt{\rho \rho_0} - \rho) \approx 2 \text{ мН}.$$

Ответ:	17	18	19
	0	[16,0;17,0]	2

Максимум за задачи 11 баллов.

Максимальный балл за работу – 60.