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

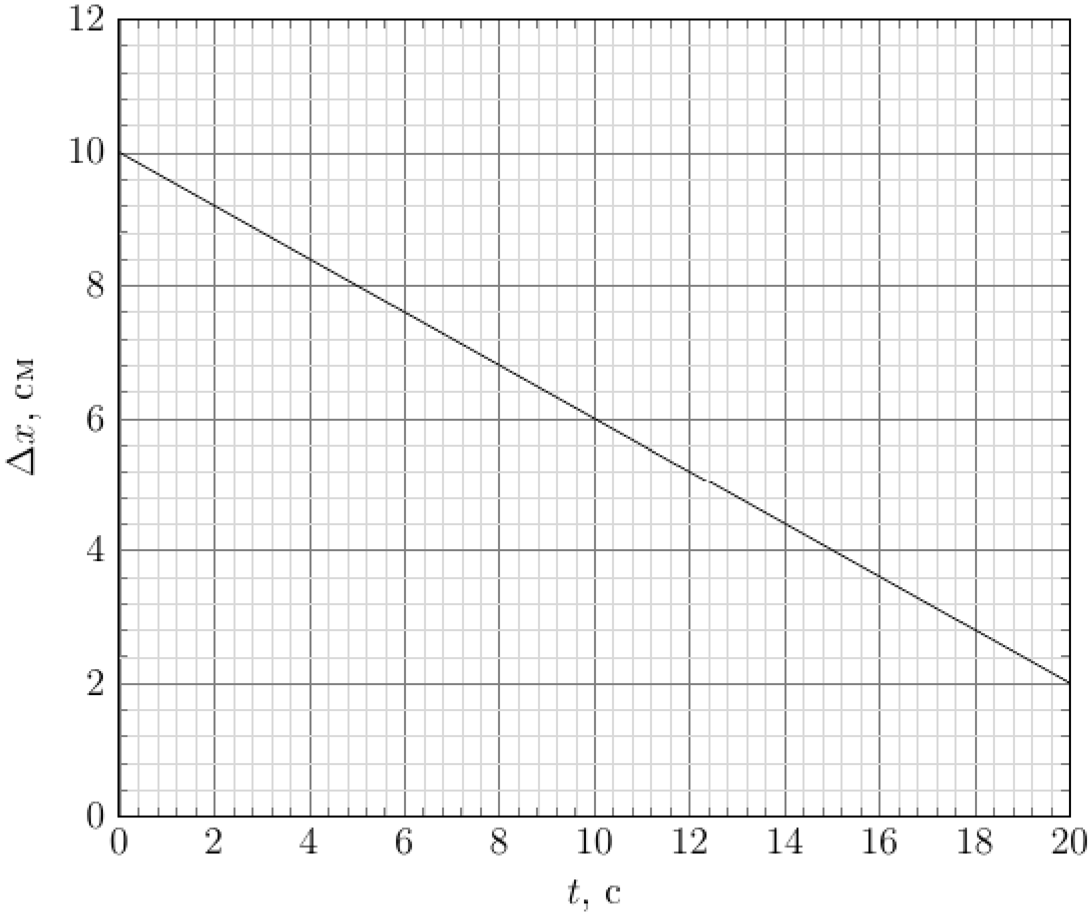
2. У экспериментатора есть два одинаковых резистора. Их сопротивление при параллельном соединении равно 3 Ом. Какое сопротивление будет иметь цепь, собранная из этих резисторов, соединённых последовательно?

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

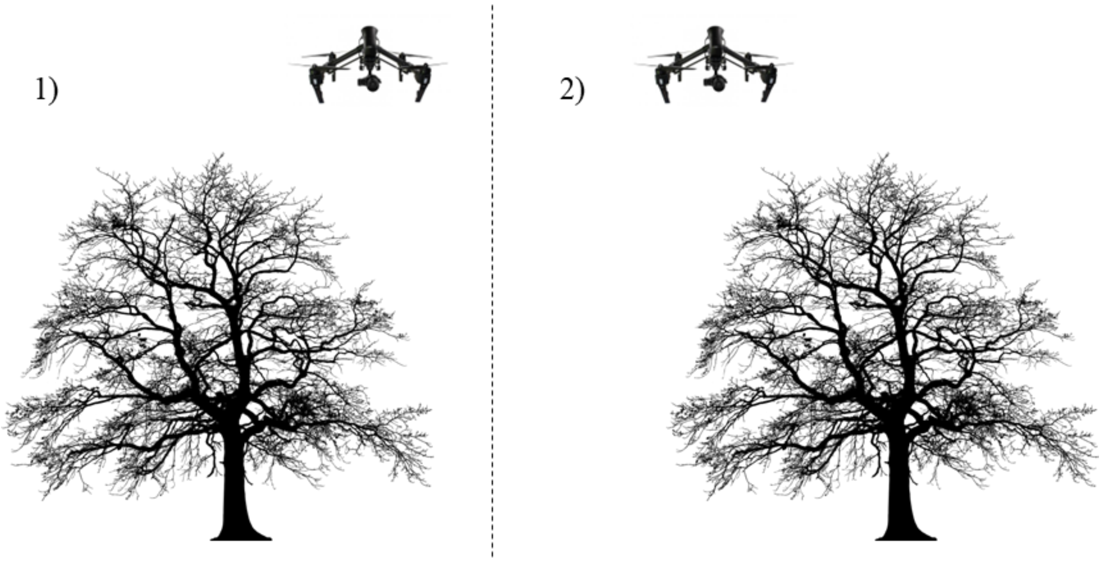
4. Две частицы движутся вдоль оси OX. Экспериментатор сформулировал гипотезу, согласно которой закон движения для первой частицы описывается формулой $x = x_1 + v_1 t + ct^3$, а для второй частицы – формулой $x = x_2 + v_2 t$. На графике представлена экспериментально полученная зависимость разностей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

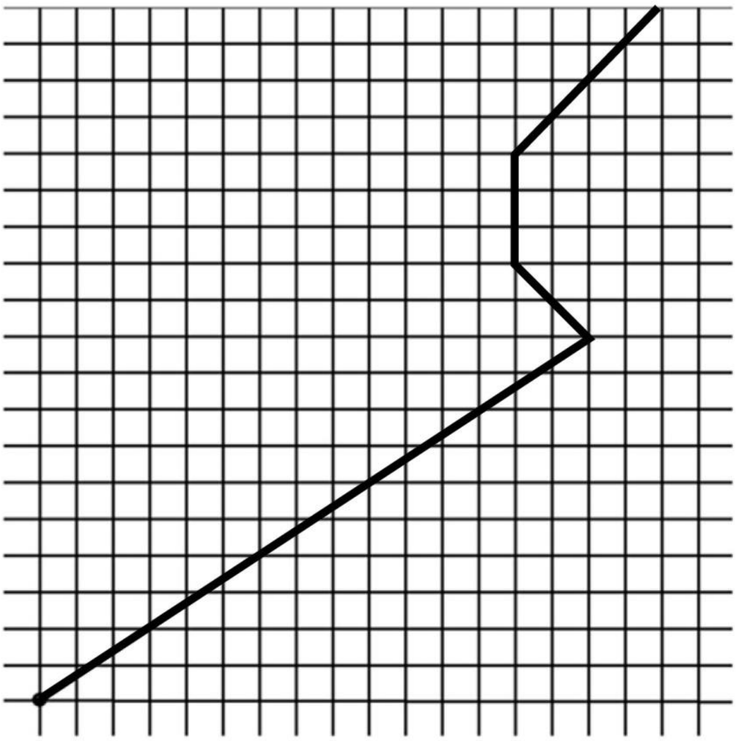
1) Квадрокоптер находится ближе к проезжающему автомобилю, чем дерево.
2) Дерево находится ближе к проезжающему автомобилю, чем квадрокоптер.
3) Квадрокоптер находится непосредственно над вершиной дерева.
4) По фотографии невозможно делать выводы о положении дерева и квадрокоптера относительно движущегося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

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 21 \cdot 19\ \text{м}}{(9{,}5 \cdot 60\ \text{с})^2} \approx 2{,}5\ \frac{\text{мм}}{\text{с}^2}.$$

Ответ:

6	7	8	9
вертикально	8	34	2,5

Максимум за задачи 10 баллов.

Задачи 10-12

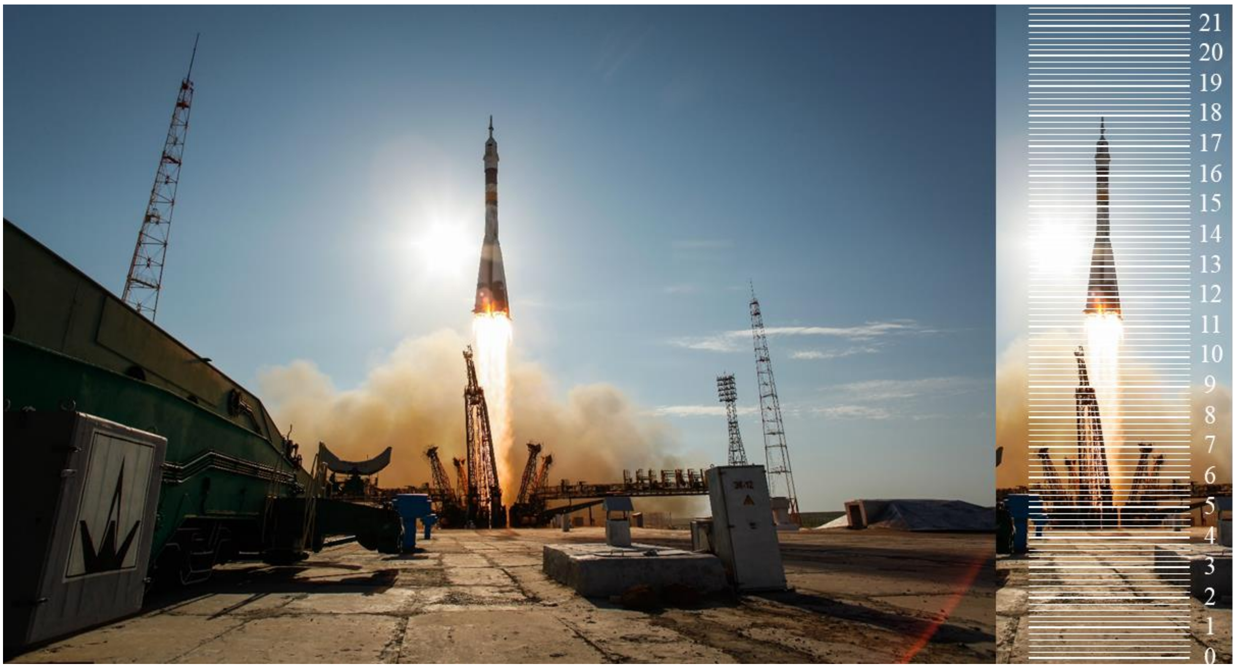
Просматривая видеозапись старта ракеты-носителя «Союз», состоявшегося в 7.01 по Московскому времени 15 мая 2012 года, можно заметить, что для преодоления расстояния, равного собственной высоте ракеты, она затратила время t = 5 с с момента отрыва от стартового стола. Высота ракеты «Союз» h = 49,5 м, ускорение свободного падения g = 10 м/с^2.

10. Считая силу тяги двигателей ракеты постоянной, вычислите ускорение ракеты в течение этого времени. Ответ выразите в м/с^2 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)***

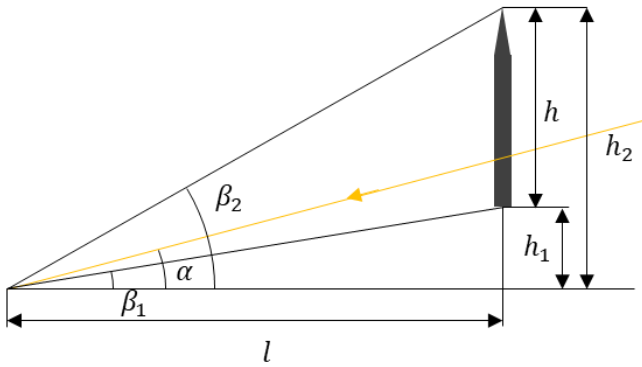


Решение:

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 ускорение получаем: $a = \frac{2h}{t^2} \approx 4$ 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) $x_г = 4{,}2$. Координата центра солнца на фотографии $x_c = 13{,}6$. Координата нижней точки ракеты $x_н = 11{,}2$, верхней – $x_в = 18{,}0$. Углы, под которыми видны из места съёмки нижняя и верхняя точки ракеты, могут быть найдены следующим образом:

$$\beta_1 = \alpha \frac{x_н - x_г}{x_с - x_г} \approx 12{,}3°,$$

$$\beta_2 = \alpha \frac{x_в - x_г}{x_с - x_г} \approx 24{,}2°.$$

Тангенсы этих углов равны

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{h_1}{l}, \qquad \operatorname{tg}\beta_2 = \frac{h_2}{l}.$$

Поэтому

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

Тогда для расстояния между камерой и местом старта получаем:

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

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.

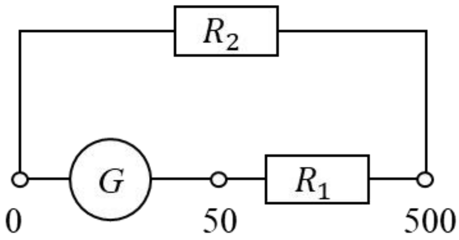


Рис. 1

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, нагревшуюся 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 $T_н$, если известно, что растворитель взяли из подвала и его температура составляла $T_р$ = 18 °С, а температура содержимого канистры в конечном состоянии стала равна $T_к$ = 30 °С? 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:

$$C\frac{3}{4}V(T_{\text{н}} - T_1) = C\frac{1}{4}V\left(T_1 - T_p\right),$$

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

$$T_1 = \frac{3T_{\text{н}} + T_{\text{р}}}{4}.$$

Запишем аналогичные выражения для второй и третьей итераций:

$$T_2 = \frac{3T_1 + T_{\text{р}}}{4}; \qquad T_{\text{к}} = \frac{3T_2 + T_{\text{р}}}{4}.$$

Свяжем конечную и начальную температуру содержимого канистры:

$$T_{\text{к}} = \frac{3\dfrac{3\dfrac{3T_{\text{н}} + T_{\text{р}}}{4} + T_{\text{р}}}{4} + T_{\text{р}}}{4} = \frac{27}{64}T_{\text{н}} + \frac{37}{64}T_{\text{р}}.$$

Тогда начальная температура содержимого канистры составит:

$$T_{\text{н}} = \frac{64T_{\text{к}} - 37T_{\text{р}}}{27} \approx 46{,}4\ ^\circ\text{C}.$$

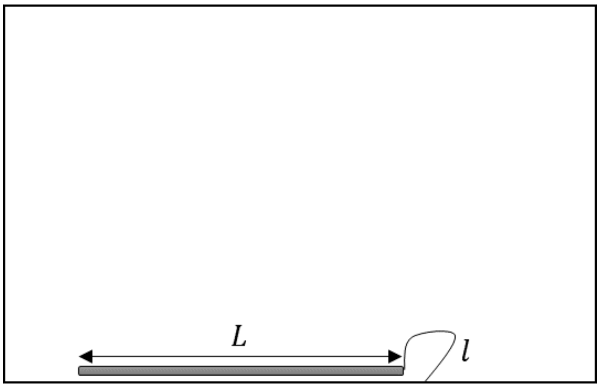
Ответ:

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 $s = 2$ мм^2, её плотность $\rho = 500$ кг/м^3. В сосуд наливают воду, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м^3. Палочка не касается стенок сосуда. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2.



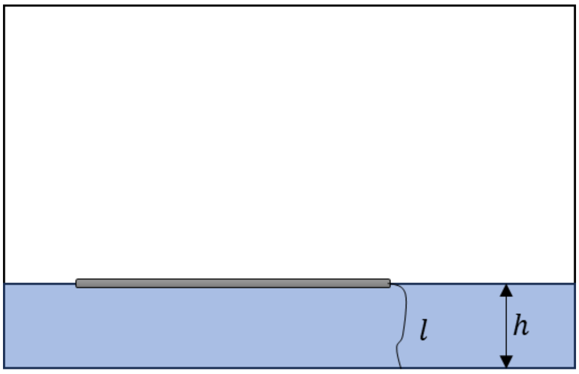
17. Определите угол наклона палочки к горизонту, если уровень воды находится на расстоянии $h = 10$ см от дна сосуда. Дайте ответ в градусах с округлением до целого числа. ***(2 балла)***

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)***

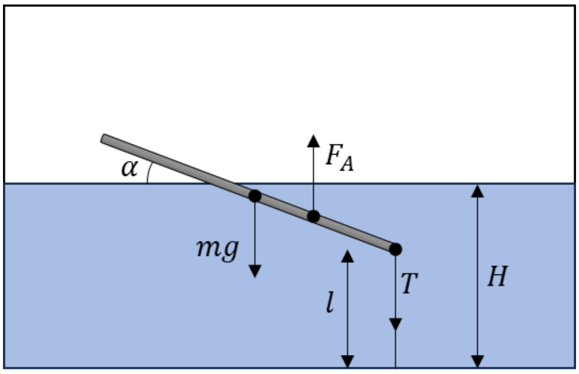
19. Определите модуль силы натяжения нити во втором случае. Дайте ответ в мН с округлением до целого числа. ***(4 балла)***

Решение:

17. Пока расстояние от уровня жидкости до дна сосуда не превышает длины нити, нить оказывается ненатянутой. 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:

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

Ответ:

17	18	19
0	[16,0;17,0]	2

Максимум за задачи 11 баллов.

Максимальный балл за работу – 60.