ЦДООШ
ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ

Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЁННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ФИЗИКА, 2019

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

личной олимпиады
Школьного учебно-научного турнира
по физике «ШУНТ»
(27 февраля – 4 марта 2019 г.)

Киров
2019

Печатается по решению учебно-методического совета КОГАОУ ДО «Центр дополнительного образования одарённых школьников» и методической комиссии Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ»

Задания, решения и результаты личной олимпиады Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» (27 февраля – 4 марта 2019 г.). – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2019. – 12 с.

Авторы и источники задач

Минина О.В.: 9.5

Перевощиков Д.В.: 7.3, 7.5, 8.4, 8.5, 9.1, 9.3, 9.5

Сорокин А.П.: 7.1-7.5, 8.1-8.5, 9.2-9.4

Методической комиссией Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» рассматриваются предложения по задачам для личной олимпиады

Адрес для переписки: shunt.ph@mail.ru

Компьютерная вёрстка

Сорокин А. (сост.), Перевощиков Д.

Научная редакция

Кантор П. Я., Коханов К. А.

Подписано в печать 27.02.2019.

Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 0,75

Тираж 270 экз.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 7 КЛАССА

1. Встречное движение

Два катера начинают плыть по реке навстречу друг другу. Спустя время $t_1 = 1$ мин после начала движения они были на расстоянии $L_1 = 200$ м друг от друга. На каком расстоянии будут катера спустя время ещё $t_2 = 5$ мин? Скорость течения реки постоянна и равна $u = 1$ м/с, скорости катеров относительно воды одинаковые. Начальное расстояние между катерами $L = 1400$ м.

2. Башня плотностей

Школьник складывает тонкие пластины одинаковой площади поперечного сечения S, изготовленные из разных материалов, в стопку. На рис. 1 представлен график, на котором указаны плотности материалов пластинок ρ на расстоянии h от вершины стопки. Определите, сколько раз средняя плотность башни становилась равной ρ = 2 г/см³ и какой была при этом высота башни.

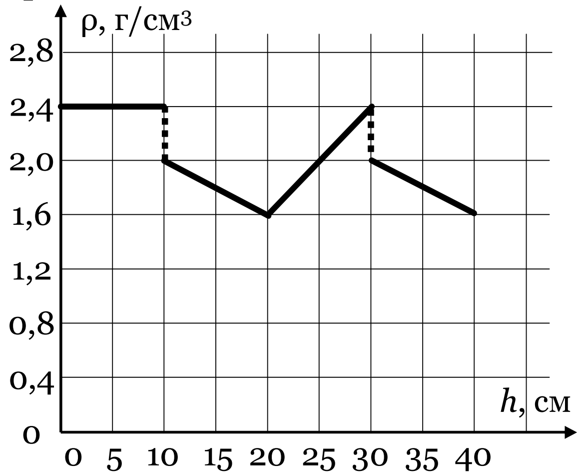

Рис. 1

3. Подготовка к соревнованиям

Спортсмен готовился к соревнованиям по бегу на различные дистанции. Чтобы уложиться в нормативы, он передвинул стартовый флажок на некоторое расстояние l. По итогам нескольких забегов получились результаты, представленные в таблице. Определите на сколько метров и в какую сторону передвинул спортсмен флажок, а также с какой скоростью он бежал на самом деле. Спортсмен все дистанции бегает с одинаковой постоянной скоростью.

№ забега	Нормативная дистанция, м	Время забега, с
1	800	154,3
2	1000	182,9
3	1500	254,3
4	2000	325,7
5	3000	468,6

4. Идеал может быть достигнут

Имея в своём распоряжении пружину длиной $l_0 = 2$ м (в недеформированном состоянии) и два груза массами $m_1 = 5$ кг и $m_2 = 15$ кг, предложите, как можно разрезать пружину на две части так, чтобы при подвешивании к каждой из них по одному из грузов разница в удлинениях получившихся пружин была равна $\Delta l_2 - \Delta l_1 = 0$ см. Пружины считать невесомыми. Известно, что коэффициент жёсткости пружины обратно пропорционален её длине в недеформированном состоянии.

5. Экспериментальная задача «Объёмы тел»

Определите объём каждого из двух тел (рис. 2).

Оборудование: мензурка внутренним диаметром $d = 28{,}5$ мм, два разных тела правильной формы, пластиковый стаканчик с водой, маркер.

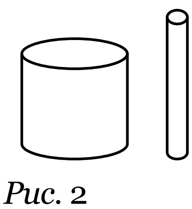

Рис. 2

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 8 КЛАССА

1. На лифте

В торговом центре установлен экспериментальный лифт, предназначенный для подъёма людей на высоту $l = 50$ м. На рис. 3 представлен график зависимости скорости подъема лифта v от количества людей n, находящихся на нём. Какое максимальное количество людей сможет подняться на лифте за время $\tau = 1$ ч? Считайте, что лифт опускается мгновенно.

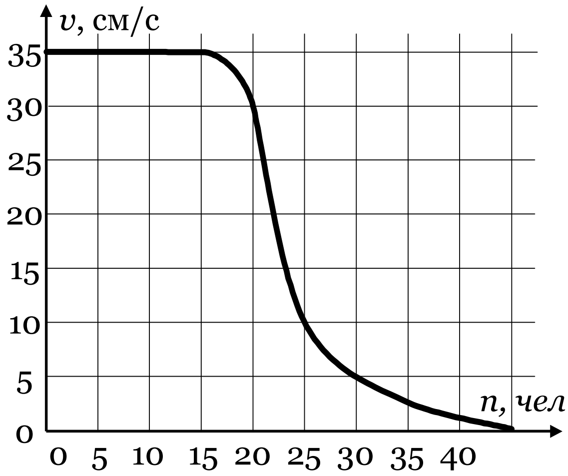

Рис. 3

2. Уплотнение пластин

Двое рабочих складывают одинаковые поролоновые пластины площадью S = 1 м² каждая друг на друга. Сначала они сложили из пластин стопку, высота которой оказалась равной h_1 = 1 м. Затем они положили сверху ещё m_2 = 10 кг пластин. Найдите результирующую высоту стопки из поролоновых пластин, если известно, что под действием силы тяжести пластины сжимаются, в результате чего их плотность каждые h_0 = 0,5 м равномерно увеличивается на $\Delta\rho$ = 5 кг/м³. Считайте, что плотность стопки в верхней её части равна нулю.

3. Лёд с начинкой

В цилиндрическом сосуде площадью поперечного сечения S = 50 см² ко дну привязан кусок льда с вмёрзшим в него телом так, что кусок льда с телом полностью погружён в воду. После того, как лёд растаял, уровень жидкости в сосуде изменился на Δh = 2 мм. Определите массу тела, вмёрзшего в лёд. Плотность тела $\rho_т$ = 0,8 г/см³, льда – $\rho_л$ = 0,9 г/см³, воды – $\rho_в$ = 1,0 г/см³. Суммарный объём льда с вмёрзшим в него телом V_0 = 200 см³.

4. Водонагреватель

Если переключатель на водонагревателе установить в первое положение, то его нагревательный элемент периодически будет включаться на 10 с и периодически выключаться на 110 с. При этом температура воды внутри него будет поддерживаться около 50°С. Если переключатель установить во второе положение, то нагревательный элемент будет включаться на 20 с и выключаться на 100 с. Определите, какая температура воды будет поддерживаться в водонагревателе, когда переключатель будет установлен во второе положение. Считайте, что мощность теплопотерь пропорциональна разности температур воды внутри водонагревателя и окружающей среды. Температура окружающей среды t = 25°С. Изменением температуры воды в рабочем режиме можно пренебречь.

5. Экспериментальная задача «Сравнение плотностей»

Определите отношение плотностей двух тел.

Оборудование: кусок пластилина (1 тело), болт (2 тело), линейка, нить.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 9 КЛАССА

1. Катапульта V2.3

На неподвижном клине высотой h с углом α при основании лежит нерастяжимая невесомая нить (рис. 4). Один из концов нити прикреплён к стене в точке A, а другой (т. B) связан с небольшим, но тяжёлым грузиком. Клин начинают двигать вправо с постоянной скоростью v_0. За мгновение до того, как грузик достигнет верхней точки клина, нить пережигают. Определите, на каком расстоянии от стены упадёт грузик.

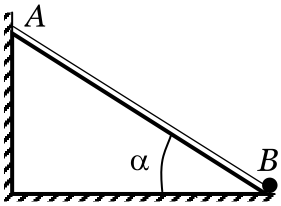

Рис. 4

2. Система сообщения

В сообщающиеся сосуды одинаковой площади поперечного сечения S = 30 см² налили воду с плотностью $\rho_в$ = 1000 кг/м³. После чего в левое колено сверху вставили невесомый поршень и положили на него груз массой m = 1 кг, а в правое – опустили деревянный кубик плотностью $\rho_к$ = 600 кг/м³ со стороной a = 3 см. Определите разность уровней жидкости в коленах сообщающихся сосудов после того, как система придёт в равновесие. Атмосферное давление равно $p_0 = 10^5$ Па.

3. Полунеидеальная система

Определите показания приборов в схеме, изображённой на рис. 5. На клеммы A и B подано напряжение U = 120 В. Амперметры идеальные, сопротивления вольтметров R_V = 2000 Ом, R_1 = 10 Ом, R_2 = 30 Ом.

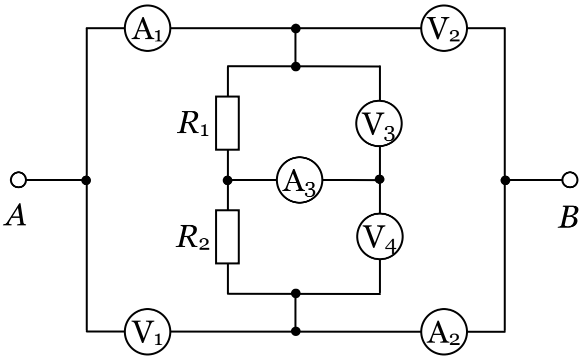

Рис. 5

4. Идеал может быть достигнут

Имея в своём распоряжении пружину длиной l_0 = 2 м (в недеформированном состоянии) и жёсткостью k_0 = 200 Н/м и два груза массами m_1 = 5 кг и m_2 = 15 кг предложите, как разрезать пружину на две части так, чтобы при подвешивании к каждой из них по одному из грузов разница в удлинениях получившихся пружин была равна $\Delta l_2 - \Delta l_1$ = 40 см. Пружины считать невесомыми.

5. Экспериментальная задача «Удельная теплоёмкость масла»

Определите удельную теплоёмкость масла.

Оборудование: масло в пластиковом стаканчике, шприц для масла, горячая вода в пластиковом стаканчике (по требованию), шприц для воды, пластиковые стаканчики (2 шт.), термометр.

Примечание: удельная теплоёмкость воды $c_в$ = 4200 Дж/(кг·°C), плотность воды $\rho_в$ = 1,0 г/см³, плотность масла $\rho_м$ = 0,9 г/см³.

Решения и критерии оценивания задач 7 класса

1. Встречное движение

Первый случай. Через $t_1 = 1$ мин после начала движения катера ещё не дошли друг до друга и продолжают сближаться. Суммарный путь, пройденный ими, $L - L_1$ может быть найден по формуле $L - L_1 = (v'+u)t_1 + (v'-u)t_1$ (1), откуда скорость катера относительно воды $v' = (L - L_1)/2t_1$ (2). Спустя время $t_2 = 5$ мин катера будут на расстоянии $L_{21} = 2v't_2 - L_1$ (3), численно $L_{21} = 5800$ м.

Второй случай. За время $t_1 = 1$ мин катера уже разминулись и продолжают отдаляться. Пройденный ими путь $L + L_1$ может быть найден по формуле $L + L_1 = (v''+u)t_1 + (v''-u)t_1$ (4), откуда скорость катера $v'' = (L + L_1)/2t_1$ (5). Спустя время $t_2 = 5$ мин катера будут на расстоянии $L_{22} = 2v''t_2 + L_1$ (6), численно $L_{22} = 8200$ м.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2) или соответствующие рассуждения 3
Формула (3) или численный результат 2
Формулы (4), (5) или соответствующие рассуждения 3
Формула (6) или численный результат 2

2. Башня плотностей

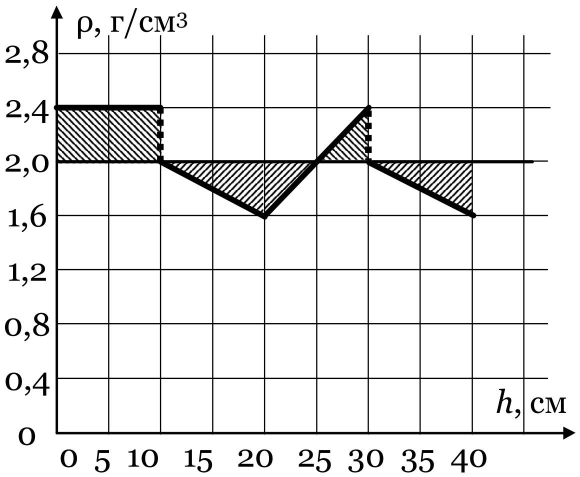

Рис. 6

Из графика видно, что конечная высота стопки $H = 40$ см. Обозначим через $x = H - h$ текущую высоту башни в процессе построения. Площадь сечения башни постоянна, поэтому её средняя плотность $\rho_{ср}(x) = m(x)/V(x)$ (1) может быть найдена по формуле: $\rho_{ср}(x) = \sum_i \rho_i(x) x_i / x$ (2), где x_i – толщина очередной пластины. Знаменатель в формуле (2) – это длина отрезка от отметки 40 см до текущего значения h на графике (рис. 6), а числитель – площадь фигуры, ограниченной вертикальными линиями h и 40 см слева и справа, горизонтальной осью снизу и линией графика сверху. Для определения расстояния h, при котором средняя плотность будет равна $\rho_{ср} = 2$ г/см³, проведём на графике горизонтальную прямую (3). Можно заметить, что часть исходного графика лежит выше этой прямой, а часть – ниже. Средняя плотность башни будет равна 2 г/см³, когда суммарная площадь фигур, расположенных выше проведённой прямой (левая штриховка) будет равна суммарной площади фигур, расположенных ниже проведённой прямой (правая штриховка) (4). Решая задачу графически (двигаемся по графику справа налево) обнаруживаем, что указанное условие реализуется только один раз при $x = 0$, т. е. когда высота стопки равна $h = 40$ см.

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 1
Формула (2) или соответствующие рассуждения 2
Рассуждение (3) 2
Рассуждение (4) 3
Нахождение высоты стопки h 2

3. Подготовка к соревнованиям

В задаче не сказано, куда спортсмен сдвинул стартовый флажок: ближе к финишу или дальше от него. Чтобы это выяснить, построим график зависимости $s(t)$. Продолжив график до пересечения с осью s (рис. 7), получаем, что спортсмен сдвинул флажок на расстояние $s_0 \approx (260...290)$ м дальше от финиша. Более точно расстояние

s_0 может быть найдено по формуле $s_o = -s_n + \dfrac{s_n - s_m}{t_n - t_m} t_n$ (1), численно $s_0 \approx 274$ м, где n и m – номера любой пары забегов. Скорость спортсмена может быть найдена по углу наклона получившегося графика $s(t)$: $v_o = \dfrac{s_n - s_m}{t_n - t_m}$ (2), численно $v_o \approx 7$ м/с.

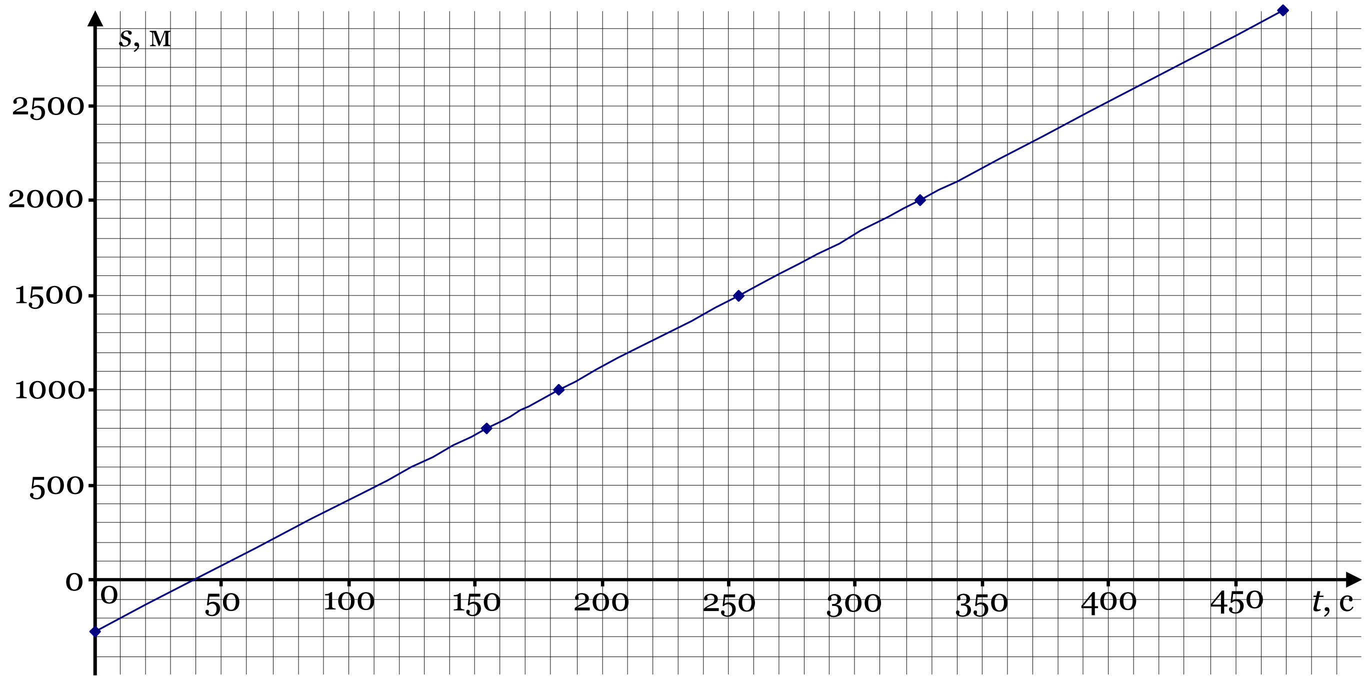

Рис. 7

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Неоднократный расчёт s_0 (не менее 3 пар точек) и нахождение среднего 3
Формула (2) 2
Неоднократный расчёт v_0 (не менее 3 пар точек) и нахождение среднего 2
Примечание: если построен график зависимости $s(t)$, определён знак сдвига флажка, найдено расстояние s_0 (от 260 м до 290 м) то за задачу ставится не более 5 баллов.

4. Идеал может быть достигнут

Длина исходной пружины l_0 равна сумме длин полученных пружин $l_0 = l_1 + l_2$ (1). Запишем условия равновесия грузов массами m_1 и m_2 на пружинах: $m_1 g = k_1 \Delta l_1$ (2) и $m_2 g = k_2 \Delta l_2$ (3). С учётом того, что, согласно условию, $\Delta l_1 = \Delta l_2$ и $k_1 l_1 = k_2 l_2$ (4), из формул (2) и (3) получим, что $\dfrac{m_2}{m_1} = \dfrac{k_2}{k_1}$ (5), и из формул (4) и (5) $\dfrac{l_1}{l_2} = \dfrac{m_2}{m_1}$ (6). Из формул (1) и (6) получаем, что $l_0 = l_1(1 + m_1 / m_2)$ (7), откуда $l_1 = l_0 m_2 / (m_1 + m_2)$ (8), численно $l_1 = 1{,}5$ м. Длина второй пружины $l_2 = l_0 - l_1$ (9), численно $l_2 = 0{,}5$ м.

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 1
Формулы (2), (3) или соответствующие рассуждения 2
Формула (4) 2
Формулы (5), (6) или соответствующие рассуждения 2
Формула (7) 1
Формула (8) или численный результат 1
Формула (9) или численный результат 1

5. Экспериментальная задача «Объем тела»

Первое тело в виде тонкой, длинной трубки. Часть тела помещается в мензурку. С помощью мензурки, частично заполненной водой, найдём объём погружённой части первого элемента V'. Используя шкалу на боковой поверхности мензурки, вычислим, какая часть первого тела n была погружена в воду. Объем первого элемента может быть найден по его части по формуле $V_1 = V'/n$.

Второе тело в виде толстого, сплошного цилиндра, который не помещается в мензурку. Внутренняя часть мензурки имеет цилиндрическую форму. Зная максимальный объём мензурки V и её внутренний диаметр d, по формуле объёма цилиндра $V = \pi d^2 h/4$ найдём высоту мензурки, а также цену одного деления в единицах длины. Объём второго элемента может быть найден по формуле $V_2 = \pi r^2 H$.

Критерии оценивания

Описание первого метода 3
Нахождение объёма первого тела (от 30 до 60) см^3 1
Учет погрешности нахождения объёма первого тела 1
Описание второго метода 3
Нахождение объёма второго тела (от 15 до 35) см^3 1
Учет погрешности нахождения объёма второго тела 1

Решения и критерии оценивания задач 8 класса

1. На лифте

По графику видно, что скорость лифта $\upsilon(n)$ зависит от количества n людей, находящихся на нём, а, значит, и время подъема одного человека на лифте t тоже будет зависеть от количества людей на нём: $t(n) = l/\upsilon(n)$ (1). Количество людей n, поднимающихся на лифте в единицу времени, может быть найдено по формуле $n/t(n) = \upsilon(n)n/l$ (2). Количество людей, которое сможет подняться на лифте за время $\tau = 1$ ч равно $N = \upsilon(n)n\tau/l$. Здесь $\upsilon(n)n$ – площадь прямоугольника, ограниченного координатными осями и опущенными на них из точки (n; $\upsilon(n)$) перпендикулярами (рис. 8).

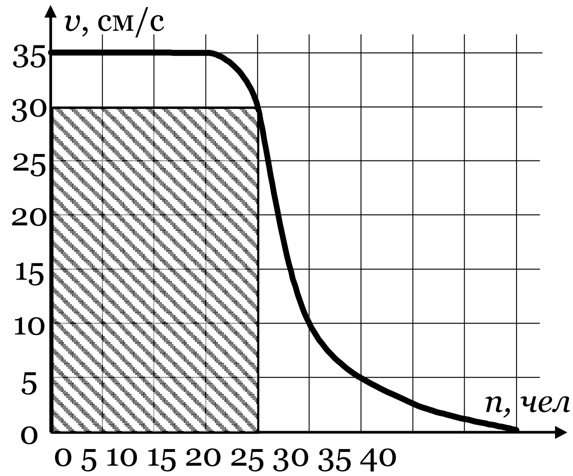

Рис. 8

Максимальное количество людей находится при максимальной площади этого прямоугольника. Графически определяем, что максимальная площадь достигается при $\upsilon(n)$ = 30 см/с и n = 20 чел (3). Численно N = 432 чел.

Также возможно дискретное решение перебором и анализом всех возможных вариантов. В этом случае ответ будет равен 420 чел.

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 2
Формула (2) или соответствующие рассуждения 2
Рассуждение (3) 4
Нахождение максимального количества людей N 1
Попытка учесть погрешность 1

2. Уплотнение пластин

Так как плотность стопки равномерно изменяется с высотой, то связь между плотностью и глубиной x, отсчитываемой от поверхности стопки, определяется формулой $\rho(x) = \alpha x$, где коэффициент $\alpha = \Delta\rho/h_0$ (1). Найдем вид зависимости массы $m(x)$ из графика как площадь треугольника под графиком $\rho(x)$ (рис. 9): $m(x) = S\alpha x^2/2$ (2). Суммарная масса стопки может быть найдена по формуле $m = m_1 + m_2 = S\alpha h^2/2$ (3), где $m_1 = S\alpha h_1^2/2$ (4). Из формул (3) и (4) суммарная высота стопки из поролоновых пластин $h = \sqrt{h_1^2 + 2m_2 h_0/S\Delta\rho}$ (4), численно $h \approx 1{,}7$ м.

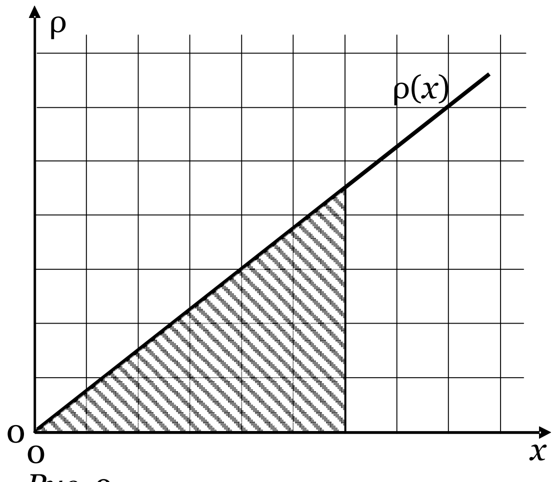

Рис. 9

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 2
Формула (2) или соответствующие рассуждения 4
Формула (3) или соответствующие рассуждения 2
Формула (4) или численный результат 2

3. Лёд с начинкой

Масса тела может быть по формуле $m_m = \rho_m V_m$ (1). Обозначим начальный уровень воды в сосуде за h_1, тогда начальный объём содержимого сосуда (с учётом того, что $V_0 = V_л + V_m$), был равен $h_1 S = V_{в1} + V_л + V_m$ (2). Уровень воды в сосуде понизился, потому что лёд растаял, а груз остался привязан под водой (3). Обозначим конечный уровень воды в сосуде за h_2, тогда конечный объём содержимого сосуда будет равен $h_2 S = V_{в2} + V_m$ (4). Конечный объём воды складывается из начального и образовавшегося в результате таяния льда: $V_{в2} = V_{в1} + V_л \rho_л / \rho_в$ (5). Вычитая из (2) уравнения (4), с учётом формул (1) и (5) получаем, что масса тела может быть найдена по формуле $m_m = \rho_в \left(V_0 - \dfrac{S\Delta h}{1 - \rho_л / \rho_в} \right)$ (6), численно $m_m = 0{,}08$ кг.

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 1
Формула (2) или соответствующие рассуждения 2
Рассуждение (3) 2
Формула (4) или соответствующие рассуждения 2
Формула (5) или соответствующие рассуждения 2
Формула (6) или численный результат 1

4. Водонагреватель

Пусть P – мощность включённого нагревательного элемента. Тогда средняя мощность нагревателя в первом случае равна $P_1 = P\tau_{10} / (\tau_{10} + \tau_{110})$ (1), во втором случае $P_2 = P\tau_{20} / (\tau_{20} + \tau_{100})$ (2). Поскольку в стационарном режиме средняя мощность нагревателя равна мощности теплопотерь, а последняя пропорциональна разности температур воды внутри водонагревателя и окружающей среды, то $P_2 / P_1 = (t - t_{25}) / (t_{50} - t_{25})$ (3); отсюда искомая температура $t = t_{25} + (t_{50} - t_{25}) \dfrac{(\tau_{110} + \tau_{10})\tau_{20}}{(\tau_{100} + \tau_{20})\tau_{10}}$ (4), численно $t = 75$ °C.

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 2
Формула (2) или соответствующие рассуждения 2
Формула (3) или соответствующие рассуждения 4
Формула (4) или численный результат 2

5. Экспериментальная задача «Сравнение плотностей»

Отношение плотностей болта и пластилина может быть найдено по формуле $\rho_б / \rho_п = m_б V_п / (V_б m_п)$ (1). Определив положение центра тяжести у линейки, подвесим её за центр масс на нити и уравновесим на её противоположных частях кусок пластилина и болт. Запишем правило моментов $m_п g l_п = m_б g l_б$ (2), откуда отношение масс двух тел $m_б / m_п = l_п / l_б$ (3). Вылепим из пластилина тело правильной формы и при помощи линейки определим его объём $V_п$ (4). Облепим пластилином болт так, чтобы снова получить тело правильной геометрической формы. При помощи линейки определим объём полученного тела V_m и вычислим объём болта по формуле $V_б = V_m - V_п$ (5).

Критерии оценивания

Формула (1) или соответствующие рассуждения 1
Описание метода нахождения отношения масс 3
Нахождение отношения масс 1
Описание метода и нахождения объёма пластилина 1
Описание метода и нахождения объёма болта 2
Нахождение отношения плотностей (от 6 до 7) или (0,14 до 0,17) 2

Решения и критерии оценивания задач 9 класса

1. Катапульта V2.3

В момент пережигания нити грузик оказывается в точке с координатами $h/\sin\alpha$ и h (1). Далее его движение можно рассматривать, как движение тела, брошенного под углом к горизонту $\alpha_м = (\pi - \alpha)/2$ (2) с начальной скоростью $\upsilon_м = \sqrt{2\upsilon_0^2(1-\cos\alpha)}$ (3). Уравнение движения по горизонтальной оси $x = h/\sin\alpha + \upsilon_м \cos\alpha_м t$ (4), по вертикальной оси $y = h + \upsilon_м \sin\alpha_м t - gt^2/2$ (5). Приравнивая выражение (5) к нулю, получаем время полета грузика $t_п = \upsilon_м \sin\alpha_м / g + \sqrt{\upsilon_м^2 \sin^2\alpha_м / g^2 + 2h/g}$ (6). Подставляя время из формулы (6) в формулу (4) получаем, что грузик упадёт от стены на расстоянии $S = \dfrac{h}{\sin\alpha} + \dfrac{\upsilon_0^2(1-\cos\alpha)\sin\alpha}{g}\left(1 + \sqrt{1 + \dfrac{4gh}{\upsilon_0^2(1+\cos\alpha)}}\right)$.

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 1
Формулы (2) и (3) или соответствующие рассуждения 3
Формулы (4) и (5) или соответствующие рассуждения 4
Формула (6) или соответствующие рассуждения 1
Получена конечная формула 1

2. Система сообщения

Плавающий деревянный кубик на разность уровней влияния не оказывает (1). Груз с поршнем в левом колене, согласно закону Паскаля, создаёт дополнительное давление $p_{гр} = mg/S$ (2). Дополнительное давление в правом колене на том же уровне создаётся столбом жидкости высотой Δh: $p_{доп} = \rho_в g\Delta h$ (3). Из условия равновесия $p_{гр} = p_{доп}$ (4) или $mg/S = \rho_в g\Delta h$ получаем разность уровней жидкости в коленах: $\Delta h = m/\rho_в S$ (5), численно $\Delta h \approx 0{,}333$ м.

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 1
Формула (2) или соответствующие рассуждения 2
Формула (3) или соответствующие рассуждения 3
Формула (4) или соответствующие рассуждения 1
Формула (5) или численный результат 3

3. Полунеидеальная система

Показания вольтметров V_1 и V_2 одинаковые и равны $U_{V1} = U_{V2} = U = 120$ В (1). Рассмотрим внутренний участок схемы. Сопротивление этого участка $R_{внутр.} = \dfrac{R_1R_V}{R_1+R_V} + \dfrac{R_2R_V}{R_2+R_V}$ (2), численно $R_{внутр.} = 39{,}5$ Ом. Показания амперметров A_1 и A_2 одинаковые равны $I_{A1} = I_{A2} = I_{внутр.} = U/R_{внутр.}$ (3), численно $I_{A1} = I_{A2} = I_{внутр.} = 3{,}04$ А. Для резистора R_1 и вольтметра V_3 можно записать уравнения: $I_{R1}R_1 = I_{V3}R_V$ (4) и $I_{R1} + I_{V3} = I_{внутр.}$ (5). Решая их совместно, получаем, что $I_{R1} = \dfrac{I_{AB}}{1 + R_1/R_V}$ (6), численно $I_{R1} = 3{,}02$ А, а $U_{V3} = I_{V3}R_V = I_{R1}R_1$ (7), численно $U_{V3} = 30{,}2$ В. Для резистора R_2 и вольтметра V_4 можно записать уравнения: $I_{R2}R_2 = I_{V4}R_V$ (8) и $I_{R2} + I_{V4} = I_{внутр.}$ (9). Решая их совместно, получаем, что $I_{R2} = \dfrac{I_{внутр.}}{1 + R_2/R_V}$ (10), численно $I_{R2} = 2{,}99$ А, а $U_{V4} = I_{V4}R_V = I_{R2}R_1$ (11), численно $U_{V3} = 89{,}8$ В. Ток через амперметр A_3 равен $I_{A3} = I_{R1} - I_{R2}$ (12), численно $I_{A3} = 0{,}03$ А.

Критерии оценивания

Формула (1) или показания вольтметров V_1 и V_2 2
Формула (2) или сопротивление центрального участка 1
Формула (3) или показания амперметров A_1 и A_2 2
Формулы (4), (5), (6), (7) или показания вольтметра V_3 2
Формулы (8), (9), (10), (11) или показания вольтметра V_4 2
Формула (12) или показания амперметра A_3 1

4. Идеал может быть достигнут

Длина исходной пружины l_0 равна сумме длин полученных пружин $l_0 = l_1 + l_2$ (1). Коэффициенты жёсткостей каждой из полученных пружин могут быть найдены по формулам $k_1 = k_0 l_0 / l_1$ (2) и, с учётом (1), $k_2 = k_0 l_0 / (l_0 - l_1)$ (3). Условия равновесия грузов на пружинах будут записаны следующим образом: $k_1 \Delta l_1 = m_1 g$ (4) и $k_2 \Delta l_2 = m_2 g$ (5). Решая уравнения (4) и (5) совместно, получаем, что разность удлинений равна $\Delta l = g\left|m_1 / k_1 - m_2 / k_2\right|$ (6), а с учётом формул (2) и (3) получаем $\Delta l k_0 l_0 / g = \left|m_1 l_1 - m_2 (l_0 - l_1)\right|$ (7). Решая уравнение (7), получаем численно $l_1 = 1{,}3$ м, а $l_2 = l_0 - l_1 = 0{,}7$ м.

Критерии оценивания

Формулы (1), (2) и (3) или соответствующие рассуждения 2
Формулы (4) и (5) или соответствующие рассуждения 2
Формула (6) или соответствующие рассуждения 2
Формула (7) или соответствующие рассуждения 2
Численные результаты 2

5. Экспериментальная задача «Удельная теплоёмкость масла»

Проведём пробный эксперимент, смешивая известные объёмы масла и горячей воды, определённой температуры. После помешивания и установления равновесия, измеряем конечную температуру смеси. Определяем удельную теплоёмкость масла, которая равна примерно 1700 Дж/(кг·°С) (1). Попробуем уточнить результаты эксперимента, для этого возьмём примерно равные по теплоёмкости объёмы жидкостей 5 к 2. Уравнение теплового баланса при смешивании воды с маслом может быть записано следующим образом: $c_в m_в (t_в - t_x) = c_м m_м (t_x - t_0)$, откуда удельная теплоёмкость масла $c_м = c_в \dfrac{\rho_в V_в (t_в - t_x)}{\rho_м V_м (t_x - t_0)}$ (2).

Критерии оценивания

Проведён пробный эксперимент с выводом (1) или соответствующие рассуждения 2
Определена формула (2) 2
Проведён повторный эксперимент (не менее трёх раз не считая пробный) 4
Получен численный результат (1600-1800) Дж/(кг·°С) 2

Лучшие результаты личной олимпиады

7 класс

№	Фамилия	И.	Город	1	2	3	4	5э	Сумма	Награда
1	Черанев	А.	Киров	10	10	3	10	7	40	I степени
2	Цхвитария	Н.	Санкт-Петербург	5	10	5	10	4	34	II степени
3	Суевалов	Д.	Киров	10	0	5	10	8	33	II степени
4	Рымарев	Л.	Санкт-Петербург	5	8		10	8	31	II степени
5	Смирнова	М.	Киров	4	0	10	10	5	29	III степени
6	Зорин	М.	Киров	5	0	5	8	10	28	III степени
7	Тихонов	К.	Киров	5	4		10	8	27	III степени
8	Копышова	В.	Челябинск	10	0	0	10	5	25	III степени
9	Назаренко	Е.	Санкт-Петербург	3	1	5	10	4	23	III степени
10	Усатов	П.	Киров	3	8	0	10		21	III степени
11	Шумилов	А.	Якутск	5	0	2	10	3	20	III степени

8 класс

№	Фамилия	И.	Город	1	2	3	4	5э	Сумма	Награда
1	Калашников	О.	Челябинск	7	10	10	10	10	47	I степени
2	Загоскин	Е.	Киров	9	10	10	10	6,5	45,5	I степени
3	Лукин	Л.	Санкт-Петербург	7	10	10	10	6,5	43,5	I степени
4	Санников	Г.	Якутск	6	10	10	5	8	39	II степени
5	Колпачков	В.	Санкт-Петербург	6	10	10	5	7	38	II степени
6	Мисковец	Г.	Санкт-Петербург	6	10	10	5	5	36	II степени
7	Оленев	Н.	Киров	5	10	10	5	6	36	II степени
8	Килинкаров	Г.	Санкт-Петербург	7	9	8	5	6,5	35,5	II степени
9	Скопкарёва	М.	Киров	7	3	10	5	10	35	II степени
10	Назаров	М.	Киров	6	10	10		7	33	III степени
11	Ткачев	А.	Киров	7	10	10		5	32	III степени
12	Зорин	Д.	Киров	6	6	10	5	4,5	31,5	III степени
13	Орлов	М.	Санкт-Петербург	4	10	1	10	5,5	30,5	III степени
14	Бухдрукер	Р.	Челябинск	1	6	10	5	8	30	III степени
15	Ральников	П.	Челябинск	7		10	6	5,5	28,5	III степени
16	Костюкевич	С.	Санкт-Петербург	7	10	1	4	6,5	28,5	III степени
17	Широков	Е.	Киров	7	5	10	0	6	28	III степени
18	Бетина	А.	Киров	6	4	10		6,5	26,5	III степени
19	Головизнин	Д.	Киров	8	0	10	0	6	24	III степени

9 класс

№	Фамилия	И.	Город	1	2	3	4	5э	Сумма	Награда
1	Тимофеев	М.	Санкт-Петербург	1	10	10	10	8	39	I степени
2	Соколовский	М.	Санкт-Петербург	1	6	10	10	8	35	I степени
3	Клочкова	А.	Киров	4	3	7	10	6	30	II степени
4	Саввинов	К.	Якутск	1	10	10		8	29	II степени