

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников
по физике
2019/20 учебный год
9 класс**

Возможные решения и критерии оценивания

Задача 1

Однажды Карлсон, будучи в гостях у Малыша, нашёл на кухне доверху заполненную вишнёвым вареньем банку вместимостью $V_0 = 500$ мл. Пока Малыша не было на кухне, Карлсон съел половину объёма варенья и, чтобы замести следы, налил в банку доверху вишнёвый кисель плотностью $\rho_1 = 1200 \text{ кг/м}^3$ и тщательно перемешал содержимое. На следующий день Карлсон снова оказался на кухне у Малыша, съел $2/3$ содержимого банки, опять налил доверху кисель и тщательно перемешал содержимое. На третий день Карлсон съел $3/4$ содержимого банки и вновь налил доверху кисель. Вечером четвёртого дня, когда мама Малыша открыла банку, оказалось, что средняя плотность содержимого была равна $\rho_{\text{сред}} = 1225 \text{ кг/м}^3$.

Определите.

- 1) Чему равна плотность ρ_0 вишневого варенья? Ответ выразите в кг/м^3 и округлите до целого числа.
- 2) Какую массу варенья (суммарно в чистом виде и в составе смеси) съел Карлсон за три дня? Ответ выразите в граммах, округлив его до десятых долей.
- 3) Какую массу киселя выпил Карлсон за эти дни? Ответ выразите в граммах, округлив его до целого числа.

Возможное решение

Запишем выражение для конечной средней плотности:

$$\rho_{\text{сред}} = \frac{\frac{1}{4} \left(\frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} \rho_0 V_0 + \frac{1}{2} \rho_1 V_0 \right) + \frac{2}{3} \rho_1 V_0 \right) + \frac{3}{4} \rho_1 V_0}{V_0} = \frac{1}{24} \rho_0 + \frac{23}{24} \rho_1,$$

откуда $\rho_0 = 24\rho_{\text{сред}} - 23\rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3$.

Из предыдущего уравнения заметим, что в банке осталось $\frac{1}{24}$ начальной массы варенья, значит $\frac{23}{24}$ массы было съедено. Итого $m_{\text{вар}} = \frac{23}{24} \rho_0 V_0 = 862,5 \text{ г}$.

Для нахождения массы выпитого киселя найдём массы залитого и оставшегося в банке киселя:

$$m_{\text{зал}} = \rho_1 \left(\frac{1}{2} V_0 + \frac{2}{3} V_0 + \frac{3}{4} V_0 \right) = \frac{23}{12} \rho_1 V_0.$$

$$m_{\text{ост}} = \frac{23}{24} \rho_1 V_0.$$

$$m_{\text{съед}} = m_{\text{зал}} - m_{\text{ост}} = \frac{23}{24} \rho_1 V_0 = 575 \text{ г}.$$

Ответ: 1) 1800 кг/м^3 (4 балла); 2) $862,5 \text{ г}$ (3 балла); 3) 575 г (3 балла).

Критерии оценивания

Полное верное решение	10 баллов
Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение	9 баллов
Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические).....	6-8 баллов
Найдено решение одного из двух возможных случаев.....	5 баллов
Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате чего полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.....	3-4 балла
Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).....	2 балла
Решение неверное или отсутствует.....	0 баллов

Задача 2

С края плоской крыши дома без начальной скорости падает сосулька. На высоте $h = 15 \text{ м}$ над землёй мгновенная скорость сосульки была равна её средней скорости за всё время падения. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

- 1) Определите высоту дома. Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа.
- 2) Найдите всё время движения сосульки от крыши до земли. Ответ выразите в секундах и округлите до целого числа.

Возможное решение

При равноускоренном движении средняя скорость за всё время движения равна мгновенной скорости на «середине» временного интервала движения. Значит, от края крыши до высоты h и с высоты h до земли сосулька движется одинаковое время. Так как это равноускоренное движение без начальной скорости, следовательно, за равные промежутки времени сосулька проходит расстояния, кратные нечётным числам ($S_1 : S_2 : S_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$).

Тогда расстояние, которое пролетела сосулька с крыши до высоты h , равно $h/3 = 5$ м. Высота дома равна $H = (4/3)h = 20$ метров. Время падения сосульки от края крыши до земли равно:

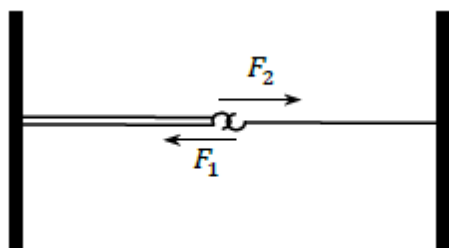
$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \text{ с.}$$

Ответ: 1) 20 м (7 баллов); 2) 2 с (3 балла).

Критерии оценивания

Полное верное решение	10 баллов
Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение	9 баллов
Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические).....	6-8 баллов
Найдено решение одного из двух возможных случаев.....	5 баллов
Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате чего полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.....	3-4 балла
Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).....	2 балла
Решение неверное или отсутствует.....	0 баллов

Задача 3



У физика в лаборатории были три одинаковых лёгких упругих шнура, для сил растяжения которых был справедлив закон Гука. Физик прикрепил левые концы двух шнуров к одной точке на стене лаборатории (см. рисунок), а свободные концы этих шнуров привязал к небольшому крючку. Правый конец оставшегося шнура он прикрепил к противоположной стене лаборатории, а к оставшемуся свободным концу также привязал небольшой крючок. При этом все шнуры были ненапрянутыми, а точки их крепления к стенам находились на одной горизонтальной прямой. Для того чтобы сцепить крючки, одинарный шнур пришлось растянуть за крючок с силой $F_1 = 100$ Н, а двойной шнур – с силой $F_2 = 70$ Н. В результате этого крючки коснулись друг друга. Сцепив крючки, их отпустили, предоставив шнуры самим себе.

- 1) Чему равно отношение деформаций одинарного и двойного шнуров в конечном равновесном состоянии? Ответ округлите до целого числа.
- 2) Найдите модуль силы натяжения одинарного шнура после того, как система придёт в конечное равновесное состояние. Ответ выразите в Н и округлите до целого числа.

Возможное решение

Из закона Гука и условия равновесия одинарного и двойного шнуров имеем в начальной ситуации:

$$F_1 = kx_1, \quad F_2 = 2kx_2,$$

где k – жёсткость одного шнура, x_1 и x_2 – растяжения одинарного и двойного шнура.

Условие равновесия шнуров в конечном состоянии: $2T_2 = T_1$, где T_2 – сила натяжения одного шнура в двойном шнуре, а T_1 – искомая сила натяжения одинарного шнура.

Отсюда, с учётом закона Гука,

$$2kx'_2 = kx'_1,$$

и для конечных растяжений: $2x'_2 = x'_1$. Поэтому отношение деформаций одинарного и двойного шнуров в конечном равновесном состоянии равно:

$$\frac{x'_1}{x'_2} = 2.$$

Так как расстояние между стенами неизменно, то сумма растяжений шнуров в момент сцепления крючков и в конечном состоянии одинакова:

$$x'_2 + x'_1 = x_1 + x_2.$$

Поскольку $T_1 = kx'_1$, $x'_2 = x'_1/2$, $x_1 = F_1/k$ и $x_2 = F_2/(2k)$, то $T_1 = (2F_1 + F_2)/3 = 90$ Н.

Ответ: 1) $\frac{x'_1}{x'_2} = 2$ (4 балла); 2) $T_1 = 90$ Н (6 баллов).

Критерии оценивания

Полное верное решение	10 баллов
Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение	9 баллов
Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические).....	6-8 баллов
Найдено решение одного из двух возможных случаев.....	5 баллов
Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате чего полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.....	3-4 балла
Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).....	2 балла
Решение неверное или отсутствует.....	0 баллов

Задача 4

Электрический нагреватель находится внутри бака с водой. Общая масса воды и бака равна 30 кг. При включении на время $\tau_1 = 30$ минут нагревателя мощностью 1 кВт температура воды в идеально теплоизолированном баке поднялась от 17 °С до 37 °С. Тепловую изоляцию сняли, а мощность нагревателя уменьшили до 0,9 кВт, из-за чего температура воды в баке за время $\tau_2 = 20$ минут выросла от 37 °С до 47 °С.

1) Найдите удельную теплоёмкость системы (теплоизолированного бака с водой). Ответ выразите в Дж/(кг °С) и округлите до целого числа.

2) Какое количество теплоты было потеряно через стенки бака за время τ_2 ?

Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.

3) Чему равен КПД устройства после снятия тепловой изоляции? Ответ выразите в процентах и округлите до целого числа.

Возможное решение

Поступившее от нагревателя количество теплоты при идеальной теплоизоляции идёт на повышение температуры бака и воды. Связь повышения температуры и полученного количества теплоты можно установить через теплоёмкость системы.

При удельной теплоёмкости C бака с водой (общей массой m) уравнение теплового баланса в первом случае даёт:

$$N_1 \tau_1 = Cm(t_1 - t_0) \Rightarrow C = \frac{N_1 \tau_1}{m(t_1 - t_0)} = 3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Во втором случае часть количества теплоты, выделенной нагревателем, идёт на повышение температуры системы, а часть теряется через стенки бака:

$$N_2 \tau_2 = Cm(t_2 - t_1) + Q \Rightarrow Q = 180 \text{ кДж.}$$

КПД устройства равен $\eta = Cm(t_2 - t_1)/(N_2 \tau_2) \approx 0,83$, то есть 83%.

Ответ: 1) $3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ (4 балла); 2) 180 кДж (3 балла); 3) 83% (3 балла).

Критерии оценивания

Полное верное решение10 баллов

Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение9 баллов

Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические).....6-8 баллов

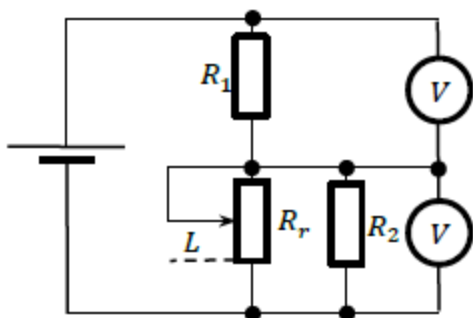
Найдено решение одного из двух возможных случаев.....5 баллов

Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате чего полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.....3-4 балла

Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).....2 балла

Решение неверное или отсутствует.....0 баллов

Задача 5



В цепи, схема которой показана на рисунке, соединены идеальная батарея, два резистора с сопротивлениями $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 20$ Ом и реостат. Длина реостата $L_0 = 10$ см, а его максимальное сопротивление $R_r = 80$ Ом. Сопротивление любого участка реостата прямо пропорционально его длине.

1) Чему равно общее сопротивление цепи, если ползунок реостата находится в нижнем положении, показанном пунктирной линией (см. рисунок)? Ответ выразите в Ом и округлите до целого числа.

2) На какое расстояние L нужно сместить ползунок реостата из нижнего положения для того, чтобы показания идеальных вольтметров были одинаковыми? Ответ выразите в мм и округлите до целого числа.

Возможное решение

Если ползунок реостата находится в нижнем положении, то через реостат и через резистор сопротивлением R_2 ток не течёт, и поэтому общее сопротивление цепи равно $R_1 = 10$ Ом.

Показания вольтметров будут одинаковыми при условии равенства сопротивлений участков цепи, к которым подключены клеммы приборов:

$$R_1 = \frac{R_2 R_r \cdot \frac{L}{L_0}}{R_2 + R_r \cdot \frac{L}{L_0}} \Rightarrow L = \frac{R_1 R_2}{R_r (R_2 - R_1)} L_0 = 2,5 \text{ см} = 25 \text{ мм}.$$

Ответ: 1) 10 Ом (4 балла); 2) 25 мм (6 баллов).

Критерии оценивания

Полное верное решение10 баллов

Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение9 баллов

Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические).....6-8 баллов

Найдено решение одного из двух возможных случаев.....5 баллов

Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате чего полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.....3-4 балла
Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).....2 балла
Решение неверное или отсутствует.....0 баллов

Всего за работу 50 баллов