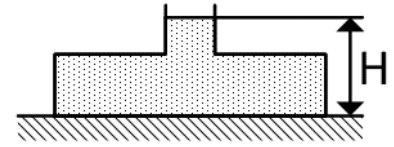


Вариант: 1 Класс: 8

**Задача 1 (10 баллов).** В дне цилиндрической кастрюли площади  $7 \text{ дм}^2$  просверлили отверстие площадью  $2 \text{ дм}^2$  и вставили в нее пластмассовую трубку. Масса кастрюли с трубкой равна  $2 \text{ кг}$ , высота кастрюли  $30 \text{ см}$ . Кастрюля стоит на ровном листе резины вверх дном. Сверху в трубку осторожно наливают воду. До какого уровня  $H$  можно налить воду, чтобы она не вытекала снизу?



**Возможное решение:**

Вода начнет вытекать, когда ее сила давления, действующая вверх на дно кастрюли, уравнивает силу тяжести.

$$mg = P(S_1 - S_2)$$

$h$  – высота кастрюли.

где  $P = \rho g(H - h)$ .

$$H = h + \frac{m}{\rho(S_1 - S_2)} = 0,34 \text{ м.}$$

Ответ:  $H = 34 \text{ см}$ .

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала не верно	0
Верно записано условие при котором вода начинает вытекать	3
Верно записана формула гидростатического давления на уровне дна кастрюли	3
Верно получена итоговая формула	2
Верно получен численный ответ	2
Всего баллов	10

**Задача 2 (15 баллов).** Лето 2021 года для жителей Подмосковья оказалось засушливым. Хозяин дачи был вынужден возить воду из озера в бочке. Первая половина дороги между деревней и озером покрыта асфальтом, а оставшиеся  $3 \text{ км}$  проходят по грунту. Человек набрал в озере полную бочку воды и поехал в деревню со скоростью  $9 \text{ км/ч}$ . В бочке оказалась дырочка, через которую вода вытекала с объемным расходом  $0,05 \text{ ведра/мин}$ . На хорошей дороге скорость движения повозки вдвое возросла, а скорость вытекания воды вдвое уменьшилась. Сколько ведер воды вмещается в бочке, если водовоз довез  $95\%$  набранной воды.

**Возможное решение:**

Введем обозначения.

$\mu_1$  – объемный расход воды на грунтовом участке дороги.

$$\mu_1 = 0,05 \text{ ведра/мин} = 3 \text{ ведра/ч.}$$

$\mu_2$  – объемный расход воды на втором участке дороги.

$$\mu_2 = \frac{1}{2} \mu_1$$

Пусть  $N_1$  ведер воды вытекло на грунтовую дорогу.

$$N_1 = \mu_1 \cdot t_1; \text{ где } t_1 = S_1/V_1; V_1 = 9 \text{ км/ч.}$$

$N_2$  ведер воды вытекло на асфальтированную дорогу.

$$N_2 = \mu_2 \cdot t_2; \text{ где } t_2 = S_2/V_2; V_2 = 2 V_1; S_1 = S_2 = 3 \text{ км.}$$

$$N_2 = \frac{\mu_1}{2} \cdot \frac{S_1}{2 \cdot V_1} = \frac{\mu_1 S_1}{4V_1};$$

$$N_{\text{вытекш.}} = N_1 + N_2 = \frac{\mu_1 S_1}{V_1} + \frac{\mu_1 S_1}{4V_1} = \frac{5\mu_1 S_1}{4V_1};$$

$$N_{\text{вытекш.}} = 0,05N.$$

$$\text{Тогда: } N = 20 \cdot \frac{5\mu_1 S_1}{4V_1} = 25 \cdot \frac{\mu_1 S_1}{V_1};$$

$$N = 25.$$

Ответ:  $N = 25$ .

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала не верно	0
Верно найден расход воды на грунтовом участке дороги	4
Верно найден расход воды на участке дороги, покрытом асфальтом	4
Верно получена итоговая формула	4
Верно получен численный ответ	3
Всего баллов	15

**Задача 3 (15 баллов).** В Карибском море пираты захватили катер, перевозивший черный метеорит с вкраплениями золота. Плотность черного метеоритного вещества оказалась  $5000 \text{ кг/м}^3$ . Масса всего метеорита  $2 \text{ кг}$ , а его средняя плотность  $6000 \text{ кг/м}^3$ . На черном рынке пиратам за черный метеорит сходу предложили  $6000\text{\$}$ , и пираты согласились на сделку. Во сколько раз (и в какую сторону) эта сумма отличается от реальной стоимости золота, содержащегося в этом метеорите? В те времена тройская унция золота стоила  $1700\text{\$}$ , а одна тройская унция равна  $31,1 \text{ г}$ . Плотность золота  $19,3 \text{ г/см}^3$ .

### Возможное решение

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V_{\text{ч.в.}} + V_3}$$

$\rho_{\text{ср}}$  – средняя плотность метеоритного вещества.

$$V_{\text{ч.в.}} - \text{объем черного вещества, } V_{\text{ч.в.}} = \frac{m - m_3}{\rho_{\text{ч.в.}}};$$

$$V_3 - \text{объем золота, } V_3 = \frac{m_3}{\rho_3};$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{\frac{m - m_3}{\rho_{\text{ч.в.}}} + \frac{m_3}{\rho_3}}$$

$$m_3 = \frac{\rho_3 m (\rho_{\text{ср}} - \rho_{\text{ч.в.}})}{\rho_{\text{ср}} (\rho_3 - \rho_{\text{ч.в.}})}$$

$$m_3 = 0,45 \text{ кг} = 14,47 \text{ тройских унций}$$

$C$  – реальная стоимость золота.

$$C = 1700\text{\$} \cdot 14,47 = 24599\text{\$}.$$

$$n = 24599\text{\$} / 6000\text{\$} = 4 \text{ раза}.$$

Ответ: в четыре раза в пользу черного рынка.

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала не верно	0
Верно записана формула средней плотности	4
Верно записаны формулы нахождения объемов	4
Верно получена итоговая формула массы золота	4
Верно получен численный ответ	3
Всего баллов	15

**Задача 4 (20 баллов).** За время  $t_1 = 90$  с температура воды в электрочайнике несколько повысилась. Каков КПД чайника, если время его охлаждения вместе со всей водой до первоначальной температуры  $t_2 = 8,5$  мин, а количество теплот, пошедших на нагревание чайника и воды относятся между собой, как 1:4?

**Возможное решение:**

$$\text{КПД чайника } \eta = \frac{Q_{\text{полезн.}}}{Q_{\text{затр.}}} \cdot 100\%$$

$Q_{\text{полезн.}}$  – количество теплоты, пошедшее на нагревание воды.  $Q_{\text{полезн.}} = Q_{\text{воды}}$ .

$Q_{\text{затр.}}$  – количество теплоты, выделенное нагревателем чайника.

$$Q_{\text{затр.}} = Q_{\text{нагр.}} + Q_{\text{тер.}}$$

$$Q_{\text{нагр.}} = Q_{\text{воды}} + Q_{\text{чайника}}$$

$Q_{\text{нагр.}}$  – количество теплоты, пошедшее на нагревание воды и чайника.

$Q_{\text{тер.}}$  – количество теплоты, рассеянное в окружающее пространство при нагревании.

$Q_{\text{тер.}} = q \cdot t_1$ ; где  $q$  – теплота, отдаваемая в окружающее пространство в единицу времени.

$Q_{\text{чайника}} = 0,25 Q_{\text{воды}}$ . Тогда  $Q_{\text{нагр.}} = 1,25 Q_{\text{воды}}$ .

$$Q_{\text{воды}} = 0,8 Q_{\text{нагр.}}$$

С другой стороны при охлаждении воды и чайника выделяется за время  $t_2$  теплота  $Q_{\text{нагр.}}$ .

$$Q_{\text{нагр.}} = q \cdot t_2 \Rightarrow q = Q_{\text{нагр.}} / t_2$$

$$\text{Тогда } Q_{\text{тер.}} = Q_{\text{нагр.}} \cdot \frac{t_1}{t_2}$$

$$Q_{\text{затр.}} = Q_{\text{нагр.}} + Q_{\text{нагр.}} \cdot \frac{t_1}{t_2} = Q_{\text{нагр.}} \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_2}$$

$$\eta = \frac{0,8 Q_{\text{затр.}} \cdot t_2}{Q_{\text{затр.}} \cdot (t_1 + t_2)} \cdot 100\% = \frac{4 t_2 \cdot 100\%}{5(t_1 + t_2)} = 68\%$$

Ответ:  $\eta = 68\%$ .

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала не верно	0
Записана формула для КПД чайника	2
Записана формула $Q_{\text{затраченная}}$	3
Записана формула теплоты, израсходованной на нагревание воды и чайника, $Q_{\text{нагр}}$	3
Записана формула $Q_{\text{теряемая}}$	3
Получена связь $Q_{\text{нагр}}$ и $Q_{\text{теряемая}}$	3
Найдена полезная теплота	2
Верно получена итоговая формула	2
Верно получен численный ответ	2
Всего	20

**Задача 5 (20 баллов).** На боковую поверхность непроводящего электрический ток цилиндра нанесли слой электропроводящего вещества, затем тонкий слой изоляции и снова слой проводящего вещества и т.д. – всего пять проводящих слоев. К торцам цилиндра прижали параллельные металлические пластины, на которые подали постоянное электрическое напряжение. Определите тепловую мощность  $P_5$  тока в самом внешнем (пятом) слое проводящего вещества, если в самом внутреннем (первом) слое она равна  $P_1 = 21$  Вт. Радиус цилиндра 10 мм, толщина каждого проводящего слоя равна 1 мм, а изоляции – пренебрежимо мала. Примечание: Площадь круга  $S = \pi r^2$ , где  $r$  – радиус круга,  $\pi = 3,14$ .

**Возможное решение:**

Электрический ток течет по пяти изолированным друг от друга трубчатым проводникам. Тепловая мощность тока в самом внутреннем проводнике  $P_1 = U^2/R_1$ .

$R_1 = \frac{\rho l}{S_1}$ ;  $l$  – длина трубки.

$$S_1 = \pi(r + h)^2 - \pi r^2 = \pi h(2r + h)$$

$U$  – напряжение между пластинами.

Тогда  $P_1 = \frac{U^2 \pi h(2r+h)}{\rho l}$

Тепловая мощность в пятой трубке:  $P_5 = \frac{U^2}{R_5}$

$$R_5 = \frac{\rho l}{S_5}$$

$$S_5 = \pi(r + 5h)^2 - \pi(r + 4h)^2 = \pi h(2r + 9h)$$

$$P_5 = \frac{U^2 \pi h(2r + 9h)}{\rho l}$$

$$\frac{P_5}{P_1} = \frac{(2r + 9h)}{(2r + h)}$$

$$P_5 = P_1 \frac{(2r + 9h)}{(2r + h)}$$

$$P_5 = 29 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $P_5 = 29$  Вт.

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала не верно	0
Верно записана формула мощности тока в проводнике	1
Верно найдено сопротивление $R_1$	3
Верно определена площадь $S_1$ сечения проводника	2
Верно найдена мощность $P_1$	3
Верно определена площадь $S_5$ сечения проводника	3
Верно определена мощность $P_5$	3
Верно получена итоговая формула	3
Верно получен численный ответ	2
Всего баллов	20

**Задача 6 - Ситуационная задача**

Энергонезависимая система отопления коттеджа состоит из домика с батареями отопления, подъемного аккумулятора тепловой энергии в виде бочки с водой, и солнечного коллектора для подогрева воды в теплое время года.

Площадь поверхности дома  $100 \text{ м}^2$ . Тепловые потери через поверхности домика составляют  $0,015 \text{ кВт/м}^2$  (в среднем за отопительный сезон). Длительность отопительного сезона 6 месяцев (октябрь-март включительно). Длительность сезона накопления тепловой энергии 6 месяцев. Температура воды в конце отопительного сезона составляет  $40^\circ\text{C}$ . Максимальная

температура воды в начале отопительного сезона  $100^{\circ}\text{C}$ . Удельная теплоемкость воды  $4200 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

Определить объём накопителя тепловой энергии (воды).

### Возможное решение

Определяем потери тепловой мощности дома через стены за отопительный сезон:

$$N_{\text{пот}} = q_s S$$
$$N_{\text{пот}} = 0.015 \cdot 100 = 1.5 \text{ кВт}$$

Определяем продолжительность отопительного сезона:

$$t_{\text{д}} = 31 + 30 + 31 + 31 + 28 + 31 = 182 \text{ дня}$$

То же время, но в секундах:

$$t = t_{\text{д}} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 1.572 \cdot 10^7 \text{ с}$$

Определяем количество потерянной энергии:

$$Q_{\text{пот}} = N_{\text{пот}} t$$
$$Q_{\text{пот}} = 1.5 \cdot 1.572 \cdot 10^7 = 2.359 \cdot 10^7 \text{ кДж} = 2.359 \cdot 10^{10} \text{ Дж}$$

Исходя из закона сохранения энергии, количество теплоты, потерянное домом за период отопления, равно количеству теплоты, которое вода отдаёт в дом:

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{отд}}$$

Величину отданного водой количества теплоты можно оценить по формуле:

$$Q_{\text{отд}} = c_{\text{в}} M_{\text{в}} (t_2 - t_1)$$

Выразим из последнего уравнения массу воды:

$$M_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{отд}}}{c_{\text{в}} (t_2 - t_1)} = \frac{Q_{\text{пот}}}{c_{\text{в}} (t_2 - t_1)}$$

Определяем необходимую массу воды:

$$M_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{пот}}}{c_{\text{в}} (t_2 - t_1)} = \frac{2.359 \cdot 10^{10}}{4200 \cdot (100 - 40)} = 9.36 \cdot 10^4 \text{ кг}$$

Исходя из массы воды, определяем объём резервуара:

$$V_{\text{в}} = \frac{M_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}$$
$$V_{\text{в}} = \frac{M_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{9.36 \cdot 10^4}{10^3} = 93.6 \text{ м}^3$$

**Ответ:** объём накопителя тепловой энергии (воды)  $93.6 \text{ м}^3$

### Пояснения и критерии для членов экспертной комиссии по проверке ситуационной задачи

1. Членам экспертной комиссии предоставляется один из возможных вариантов решения экзаменационных задач. Решение школьника может отличаться от авторского варианта решения, предоставленного комиссии.
2. Корректная проверка решения не может быть осуществлена только по ответам. Основным критерием правильности решения является верное использование физических законов и разумный учёт технических параметров, характеристик и ограничений.

	Верные элементы решения	Количество баллов
1	Сформулирована расчётная схема (в том числе, графически), выделены и правильно формализованы все необходимые физические законы	0-5
2	Составлена система уравнений и математическая модель	0-5

Олимпиада школьников «Шаг в будущее»  
Заключительный этап

3	Верно учтены технические параметры, характеристики и ограничения	0-5
4	Проведены расчеты, получен верный ответ, разумный с точки зрения физического смысла	0-5
	Итого	max 20