

## 10 класс

(Максимальное время для решения 210 минут)

### Задача 1. (10 баллов)

Ванна в форме параллелепипеда имеет площадь основания  $S=1,5 \text{ м}^2$  и заполнена водой до высоты  $H=0,5$  метров. В дне ванны имеется спускное отверстие радиусом  $R=5$  см. Оцените, за какое время  $t$  из ванны полностью вытечет вода, если открыть это отверстие?

#### Вариант решения

Объем ванны равен  $S \cdot H$ . Вода вытекает со средней скоростью  $v_{\text{ср}}$  и выполняется равенство:  $S \cdot H = v_{\text{ср}} \cdot t \cdot S_0$ , где  $S_0 = \pi R^2$  – площадь сливного отверстия.

Среднюю скорость найдем из закона сохранения энергии, рассматривая центр масс жидкости:

$$v_{\text{ср}} = \sqrt{gH}$$

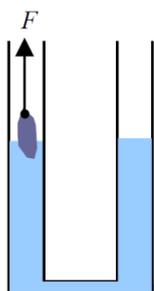
$$\text{Время, за которое вода вытечет } t = \frac{SH}{\sqrt{gH} \cdot \pi R^2} \approx 60 \text{ с} = 1 \text{ мин}$$

#### Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
7-8	Решение в целом верное, однако, содержит существенные математические ошибки
5-6	Записан закон сохранения энергии, но решение не доведено до конца.
2-3	Присутствуют суждения направленные на правильный ответ.
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
0	Решение неверное, или отсутствует

### Задача 2. (10 баллов)

Два сосуда цилиндрической формы, частично заполненных водой, соединены снизу трубкой. В левый сосуд помещена льдинка. Льдинка частично вынута из воды с помощью нити и удерживается в равновесии. Сила натяжения нити равна  $F=3$  Н. Льдинка начинает таять. В течение всего процесса таяния ее продолжают удерживать в равновесии. Насколько изменится уровень воды в правом сосуде после того, как льдинка растает? Площадь поперечного сечения каждого сосуда  $S = 15 \text{ см}^2$ . Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



#### Вариант решения

Рассмотрим внешние силы, действующие на содержимое сосудов, в которое включим воду и льдинку. Сила тяжести компенсируется двумя внешними силами  $F$  и силой реакции со стороны дна. Последняя, в свою очередь, равна по модулю силе давления на дно со стороны жидкости. Из условия равновесия в начальной ситуации следует:  $F + 2S\rho gh_1 = m_1 g$ . После таяния льдинки масса содержимого сохраняется, но изменяется уровень воды. Кроме того, перестает действовать сила  $F$ . Новое условие равновесия примет вид:  $2S\rho gh_2 = m_1 g$ . Вычитая из первого уравнения второе, получим:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{F}{2\rho g S} = 10 \text{ см}$$

#### Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение

9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
7-8	Решение в целом верное, однако, содержит существенные математические ошибки
5-6	Записаны условия равновесия для двух случаев. Решение не доведено до конца.
2-3	Присутствуют суждения направленные на правильный ответ. Записано условие равновесия для одного случая.
1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
0	Решение неверное, или отсутствует

### Задача 3. (10 баллов)

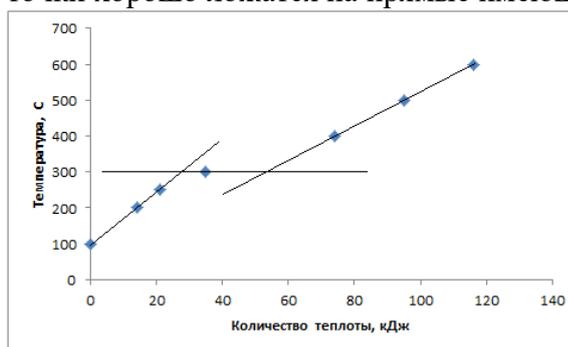
В школьной лаборатории ученики определяли удельную теплоемкость неизвестного вещества массой 1 кг. Для этого измеряли температуру вещества  $t$  в зависимости от подведенного к нему тепла  $Q$ . Результаты измерений приведены в таблице:

$t, ^\circ\text{C}$	100	200	250	300	400	500	600
$Q, \text{кДж}$	0,0	14,0	21,0	35,0	74,0	95,0	116,0

Определите удельную теплоемкость вещества.

#### Вариант решения

На графике зависимости температуры вещества  $t$  от подведенного к нему тепла  $Q$  видно, что первые три точки и последние три точки хорошо ложатся на прямые имеющие разные наклоны.



Это говорит о том, что при нагревании вещество перешло из одного агрегатного состояния в другое. Удельную теплоемкость в обоих случаях рассчитаем по формуле:  $c = Q / (m \cdot \Delta t)$ . Удельная теплоемкость вещества в начальном агрегатном состоянии равна  $c_1 = 140 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ , а в конечном состоянии  $c_2 = 210 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ .

#### Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
7-8	Решение в целом верное, однако, содержит существенные математические ошибки
5-6	Построен график зависимости температуры вещества от подведенного к нему тепла. Определено, что вещество находится в разных агрегатных состояниях, но не записаны формулы необходимые для решения. Решение не доведено до конца.
2-3	Построен график зависимости температуры вещества от подведенного к нему тепла. Присутствуют суждения направленные на правильный ответ.

<b>1</b>	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
<b>0</b>	Решение неверное, или отсутствует

#### Задача 4. (10 баллов)

От электроподстанции тянут линию напряжением  $U=220$  В к новому дому, находящемуся на расстоянии 1 км от нее. Необходимо передавать полезную мощность  $P=20$  кВт. Определите наименьший радиус, который могут иметь подводящие провода, чтобы потери энергии в них не превышали 10% полезной мощности. Используют алюминиевые провода с удельным сопротивлением  $\rho=25 \cdot 10^{-9}$  Ом\*м.

#### Вариант решения

По условию задачи отношение мощностей, выделившихся на проводах  $P_r=I^2r$  ( $r$  - сопротивление провода) и полезной мощности  $P=I^2R$  ( $R$  - сопротивление нагрузки) составляет 0,1. Отсюда находим, что сопротивление проводов  $r=0,1R$

Полезную мощность можно выразить через напряжение и сопротивление нагрузки:

$$P = \frac{U^2 R}{(R + r)^2} = \frac{10U^2}{121r}$$

Отсюда находим

$$r = \frac{10U^2}{121P} = 0,2 \text{ Ом.}$$

С другой стороны  $r$  можно выразить через радиус  $a$  и длину  $l$  проводов по формуле:

$$r = \rho \frac{2l}{\pi a^2} \text{ (с учетом того, что линия состоит из 2 проводов)}$$

И найти радиус провода:

$$a = \sqrt{\frac{2\rho l}{\pi r}} \approx 9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 9 \text{ мм.}$$

#### Критерии оценивания

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
<b>10</b>	Полное верное решение
<b>9</b>	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
<b>7-8</b>	Решение в целом верное, однако, содержит существенные математические ошибки
<b>5-6</b>	Решение доведено до конца, но присутствует физическая ошибка в одной из формул.
<b>2-3</b>	Присутствуют суждения направленные на правильный ответ.
<b>1</b>	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
<b>0</b>	Решение неверное, или отсутствует

#### Задача 5. (10 баллов)

В комнате на полу лежит плоское круглое зеркальце радиусом  $R=5$  см<sup>2</sup>. На зеркальце из окна параллельным пучком падает свет под углом  $\alpha=30^\circ$  к плоскости зеркальца. Определите, какую площадь  $S_z$  занимает солнечный зайчик на противоположной плоской стене? Ответ дать в квадратных сантиметрах.

#### Вариант решения

При отражении луча от плоского круглого зеркала угол падения равен углу отражения. Как видно из рисунка, площадь  $S$  параллельного пучка, охватывающего зеркало, равна

$S = S_0 \cos \alpha$ , где – площадь зеркала. Площадь солнечного зайчика  $S_3$  на стене связана с  $S$  соотношением  $S_3 = S / (\sin \alpha)$

Отсюда площадь солнечного зайчика равна

$$S_3 = S_3 \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \pi R^2 \operatorname{ctg} \alpha = 136,6 \text{ см}^2$$

### Критерии оценивания

<b>Баллы</b>	<b>Правильность (ошибочность) решения</b>
<b>10</b>	Полное верное решение
<b>9</b>	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
<b>6-8</b>	Решение в целом верное, однако, содержит существенные математические ошибки
<b>5</b>	Построен рисунок с правильным ходом лучей. Решение не доведено до конца.
<b>3</b>	Присутствуют суждения направленные на правильный ответ.
<b>0</b>	Решение неверное, или отсутствует