

4187



9074  
1 = 75

1	2	3	4	5	Σ
5	4	5	1	0	15

заполняется жюри!

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ

201920 20

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

8-9 класс

Город, в котором проводится Олимпиада Пермь

Дата 29.02.2020

\*\*\*\*\*  
Вариант €  
\*\*\*\*\*

ЗАДАЧА № 1

За какое время можно вскипятить 1 л воды, начальная температура которой 20°C, в электрическом чайнике мощностью 1 кВт и КПД 98%, а также на газовой конфорке мощностью 1,2 кВт и КПД 75%? Какой из этих двух способов экономичнее и во сколько раз, если 1кВт·ч электроэнергии стоит 4,5 руб., а 1м<sup>3</sup> природного газа — 9 руб.? Плотность природного газа 0,7 кг/м<sup>3</sup>, его теплотворная способность 44 МДж/кг, удельная теплоемкость воды 4200 Дж/ кг·°C .

ЗАДАЧА № 2

Определите КПД охотничьего карабина, если на один выстрел расходуется 2,2 г пороха. При этом дробь, общая масса которой 35 г, вылетает с начальной скоростью 400 м/с. Удельная теплота сгорания пороха составляет 3,8 МДж/кг.

ЗАДАЧА № 3

Почему для измерения атмосферного давления была выбрана именно ртуть? (Вспомните опыт Торричелли.) Получите формулу зависимости высоты столбика от атмосферного давления. Определите атмосферное давление в кПа, если высота столбика ртути составляет 740 мм. Какой высоты был бы уровень воды в трубке при таком давлении, если вместо ртути взять воду? Справочные данные: 1 атмосфера = 101325 Па, плотность ртути 13595 кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения 9,807 м/с<sup>2</sup>.

#### ЗАДАЧА № 4

Предложите способ определения количественного содержания металлов в сплаве, содержащем алюминий, магний и цинк. Составьте программу расчета на компьютере массовой доли металлов в сплаве по результатам предложенного вами анализа.

#### ЗАДАЧА № 5

В начале каждого часа Вася измеряет температуру воздуха на улице, а потом вычисливает среднюю температуру за несколько часов. За первые 5 часов измерения средняя температура оказалась равной  $-0.5^{\circ}\text{C}$ , а за первые 10 часов измерения —  $0^{\circ}\text{C}$ . Какая средняя температура получится за первые 20 часов измерения, если изменение температуры за час всегда одинаково? Составьте программу расчета на компьютере средней температуры за любое заданное количество часов.

---



Задача №4

Pascal ABC (последняя версия)

```
var a,b,c,d:real;  
begin  
  writeln('Введите массу слава');  
  read(a);  
  writeln('Введите массу алюминия, масса и унка соответственно последовательно);  
  read(b,c,d);  
  b:=b/a;  
  writeln;  
  writeln('массовая доля алюминия = ', b);  
  c:=c/a;  
  writeln('массовая доля магния = ', c);  
  d:=d/a;  
  writeln('массовая доля унка = ', d);  
end.
```

Задача №5

За 20 часов средняя температура будет равна 1°C

Pascal ABC (последняя версия)

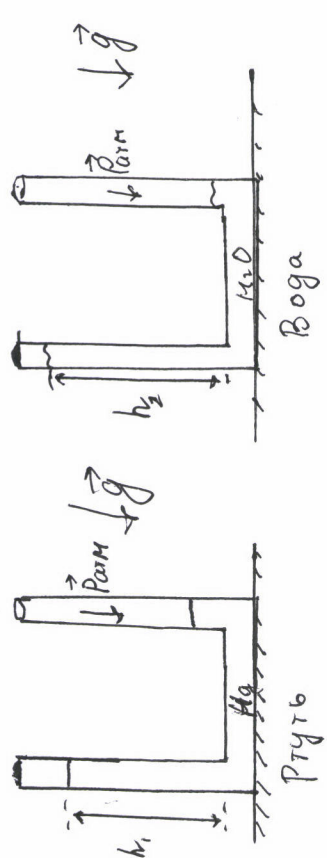
```
var a: array [1..1000] of real;  
n,i: integer;  
s: real;
```

```
begin  
  writeln;  
  s:=0;  
  writeln('Введите кол-во часов');  
  read(n);  
  for i:=1 to n do  
    begin  
      writeln('Введите температуру в ', i, '-й день');  
      read(a[i]);  
    end;  
  writeln('Хотите рассчитать сумму значений, чтобы получить среднюю температуру?');  
  writeln('Введите любое другое число');  
  read(i);  
  if i=1 then do  
    begin  
      for i:=1 to n do  
        ('В ', i, '-й день температура = ', a[i]);  
      end  
      for i:=1 to n do  
        s:=s+a[i];  
      end;  
      writeln('Средняя температура за ', n, ' дней равна ', s);  
      writeln('Сумма всех отклонений');  
    end.
```

Задача №3

речь идет о том, что это вещество одно из самых плотных => значение высоты столба будут меньше, так как благодаря удобству перемещения давления в Паскаль.

$$P_{атм} = 133,3 \frac{Па}{мм} \cdot h$$
$$P_{атм} = 133,3 \frac{Па}{мм} \cdot 440 мм = 58842 Па = 58,842 кПа$$



Дано:

$$P_{атм} = 440 мм рт.ст. = 58842 Па$$
$$\rho_{рт} = 13595 \frac{кг}{м^3}$$
$$\rho_{в} = 1000 \frac{кг}{м^3}$$
$$g = 9,804 \frac{м}{с^2}$$
$$h_1 = 440 мм = 0,44 м$$

Решение:  
$$h_2 = \frac{\rho_{рт}}{\rho_{в}} \cdot h_1 = \frac{13595 \frac{кг}{м^3}}{1000 \frac{кг}{м^3}} \cdot 0,44 м \approx 10,06 м$$

Ответ:  $h_2 = 10,06 м$

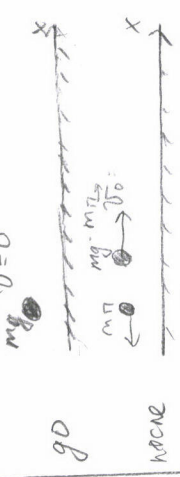
$h_2 = ?$

Задача №2

Дано:

$$m_{п} = 2,2 г = 0,0022 кг;$$
$$mg = 0,035 г = 0,035 кг;$$
$$v_0 = 400 м/с;$$
$$q_{п} = 3,8 МДж/кг = 3,8 \cdot 10^6 Дж/кг$$

Решение:



$$P_d = P'$$

$$\eta = \frac{E_{пж}}{E_{пж}} \cdot 100\%$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{q_{п} m_{п}}{2} (mg - m_{п}) v_0^2}{\frac{1}{2} m_{п} (mg - m_{п}) v_0^2} \cdot 100\% = \frac{q_{п} m_{п}}{m_{п} (mg - m_{п})} \cdot 100\%$$
$$= \frac{3,8 \cdot 10^6 Дж/кг}{0,035 кг - 0,0022 кг} \cdot 100\% \approx 31\%$$

Ответ:  $\eta = 31\%$

Эпол - тепловая эм.  
Еотг - кинетическая эм.  
$$E_{отг} = \frac{3,8 \cdot 10^6 Дж/кг \cdot 0,0022 кг \cdot 2}{(0,035 кг - 0,0022 кг) \cdot (400 м/с)^2} = \dots$$



Задача №1

Дано:

$$V_B = 1 \text{ м} = 0,001 \text{ м}^3$$

$$t_1 = 20^\circ \text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ \text{C}$$

$$P_H = 1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}$$

$$\eta_k = 0,98$$

$$\eta_c = 0,45$$

$$C_B = 4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_H = 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$V_H = 414 \text{ МДж/м}^3 = 414 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$$

$t_k - ?$   $t_k - ?$   
справить условие  
столуности

Решение:

$$Q_{\text{теп.}} = Q_{\text{пол.}}; m = \rho V; \Delta t = t_2 - t_1$$

1) При нагреве:

$$Q_{\text{пол.}} = \eta_k Q_{\text{теп.}}$$

$$Q_{\text{теп.}} = \eta_k P_H t$$

$$m = \rho V$$

$$C_B \rho V (t_2 - t_1) = \eta_k P_H t$$

$$t_k = \frac{C_B \rho V_B (t_2 - t_1)}{\eta_k P_H} = \frac{4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м}^3 \cdot (100^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C})}{0,98 \cdot 1000 \text{ Вт}}$$

$$\approx 342,86 \text{ с} \approx 0,085 \text{ ч}$$

2) При нагреве:

$$Q_{\text{пол.}} = \eta_c Q_{\text{теп.}}$$

$$Q_{\text{теп.}} = \eta_c P_H t$$

$$C_B \rho V_B (t_2 - t_1) = \eta_c P_H t$$

$$V_H = \frac{C_B \rho V_B (t_2 - t_1)}{\eta_c P_H} = \frac{4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м}^3 \cdot (100^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C})}{0,45 \cdot 414 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}}$$

$$\approx 0,0145 \text{ м}^3$$

3) Итоговое количество энергии, необходимое:

$$Q_{\text{теп.}} = Q_{\text{теп.}} + P_H \cdot t_k = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,085 \text{ ч} \cdot 0,095 \text{ м}^3 \approx 0,43 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

4) Итоговое количество энергии, необходимое:

$$Q_{\text{теп.}} = Q_{\text{теп.}} + P_H \cdot t_k = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$Q_{\text{теп.}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \cdot 0,0145 \text{ м}^3 \cdot 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$