

$$h_0 \frac{P}{\rho g} = \frac{98660}{9,807 \cdot 98} = \frac{98660}{9,807 \cdot 1000} = 10,1 \text{ м.}$$

Для измерения атмосферного давления была выбрана именно ртуть, т.к. её плотность очень большая, но сравнимо с другим индикатором, а как видно из равновесия  $h(P)$ , чем больше плотность индикатора, тем меньше её нужно для того, чтобы измерить давление, или чем больше плотность индикатора, тем меньше её потребуется для обозначения одного и того же давления по сравнению с другим, менее плотной индикатором.

Ответ:  $P = 98,66 \text{ кПа}$ ;  $h_0 = 10,1 \text{ м.}$

Воспользуемся формулой среднего,  $A_0$  - начальная температура,  $x$  - температура (ка-во температур), которое меняется каждый час,  $n$  - кол-во часов.

$$S = \frac{A_0 + (A_0 + x) + (A_0 + 2x) + \dots + (A_0 + (n-1)x)}{n} = \frac{nA_0 + Sum \cdot x}{n}$$

Введем формулу, для нахождения суммы арифметической прогрессии:

$$Sum = \frac{n(n-1)}{2} - \text{для } n \text{ целого.}$$

$$Sum = n \cdot \left(\frac{n-1}{2}\right) + \frac{n}{2} = \frac{n^2 - n}{2} - \text{для } n \text{ целого.}$$

тогда общая формула для  $Sum$ :

$$Sum = \frac{n^2 - n}{2}.$$

Найдём среднее  $S_1$  и  $S_2$  за 5 и 10 часов соответственно.

$$\left\{ \begin{aligned} S_1 &= \frac{5A_0 + \frac{25-5}{2} \cdot x}{5} = A_0 + 2x = -0,5^\circ\text{C} \quad \text{выразим } A_0: \\ S_2 &= \frac{10A_0 + \frac{100-10}{2} \cdot x}{10} = A_0 + 4,5x = 0^\circ\text{C} \quad \text{найдем } x: \end{aligned} \right.$$

$$A_0 = -0,5 - 2x = 0 - 4,5x$$

найдем  $x$ :

$$x = \frac{0,5}{4,5-2} = 0,2^\circ\text{C}$$

Подставим  $x$  в уравнение для

$$S_1 \text{ и найдем } A_0: A_0 = 0 - 4,5 \cdot 0,2 = -0,9^\circ\text{C}$$

Найдём среднее для  $S_3$  (20 часов):

4192

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



9107

= 100

заполняется жюри!

1	2	3	4	5	Σ
5	5	5	2	5	22

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ

201920 20

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

8-9 класс

Город, в котором проводится Олимпиада

Красноярск

Дата 29.02.2020.

\*\*\*\*\*

Вариант €

\*\*\*\*\*

ЗАДАЧА № 1

За какое время можно вскипятить 1 л воды, начальная температура которой  $20^\circ\text{C}$ , 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 1 кВт·ч электроэнергии стоит 4,5 руб., а  $1 \text{ м}^3$  природного газа — 9 руб.? Плотность природного газа  $0,7 \text{ кг/м}^3$ , 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  $13595 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения  $9,807 \text{ м/с}^2$ .



#### ЗАДАЧА № 4

Предложите способ определения количества 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 вычисляет 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.

Реш.

$$P_1 = 1000 \text{ Вт} \quad \eta_1 = 0,28 \quad m_0 = 1 \text{ кг}$$

$$P_2 = 1200 \text{ Вт} \quad \eta_2 = 0,75$$

$$Q_0 = C_0 \cdot m_0 \cdot (t_k - t_n) = 4200 \cdot 1 \cdot 80 = 336000 \text{ Дж}$$

$$P = \frac{Q}{t_{\eta}} \Rightarrow T = \frac{Q}{P \eta}, \text{ где } T - \text{ время нагрева воды } m_0 = 1 \text{ кг}$$

$$T_1 = \frac{Q_0}{P_1 \eta_1} = \frac{336000}{0,28 \cdot 1000} = 342,86 \text{ с}$$

$$T_2 = \frac{Q_0}{P_2 \eta_2} = \frac{336000}{0,75 \cdot 1200} = 373,33 \text{ с}$$

Найдём, какая будет стоимость  $S$  которого из способов:

$$S_1 = \frac{T_1}{T} \cdot C, \text{ где } T - \text{ время, за которое нагреется } 4,5 \text{ куб. м}$$

$$S_1 = \frac{342,86}{3600} \cdot 4,5 = 0,428 \text{ руб.} \approx 42,86 \text{ коп.}$$

Удобнее найти  $S_2$ , найдём, что  $\eta_2 = \frac{Q_0}{Q_T}$ , где  $Q_T$  есть количество теплоты, которое он выделяет.

$$Q_T = P_T \cdot V_T \cdot Q_T = \frac{Q_0}{\eta_2} \Rightarrow V_T = \frac{Q_0}{\eta_2 \cdot P_T \cdot \rho} = \frac{336000}{0,75 \cdot 0,7 \cdot 4400000} = 0,0145 \text{ м}^3$$

$$S_2 = \frac{V_T}{V} \cdot C_2, \text{ где } V - \text{ объём, за который нагреется } C_2$$

$$S_2 = 13,05 \text{ коп.}$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{42,86}{13,05} = 3,28$$

Вывод: способ с газом экономичнее в 3,28 раза.

Реш.

$$\eta = \frac{A_{\eta}}{A_0}, \text{ где } A_{\eta} \text{ будет равна ка-б. энергии, затраченной на вылет снаряда, } A_0 \text{ — полная энергия снаряда } m, \text{ со скоростью } v$$

$$A_{\eta} = \frac{m v^2}{2}, \text{ а } A_0 \text{ равна ка-б. энергии, затраченной на вылет снаряда, масса } m, \text{ при старте}$$

$$A_0 = m \cdot g$$

Найдём  $\eta$ :

$$\eta = \frac{m v^2}{2 \cdot m \cdot g} = \frac{35 \cdot 400^2 \cdot 100\%}{2 \cdot 2,2 \cdot 3800000} \approx 33,5\%$$

$$\text{Вывод: } \eta = 33,5\%$$

Реш.

Получим формулу зависимости высоты подъёма от объёма или количества воздуха (если будет воздух в баллоне):

$$P = P_0 \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{P}{P_0 \cdot g} = P \cdot (P_0 \cdot g)^{-1}, \text{ где } P_0 - \text{ плотность воздуха}$$

$$\frac{P}{101325} = P_0 \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{P}{101325 \cdot P_0 \cdot g} = P \cdot (101325 \cdot P_0 \cdot g)^{-1}$$

Для прыжка, если давление в амбросфере:

$$h = \frac{P}{101325 \cdot P_0 \cdot g} = P \cdot 7,4 \cdot 10^{-11} \text{ (h в метрах)}$$

Для давления в Па:

$$h = P \cdot 75 \cdot 10^{-7}$$

Определим давление  $P$  прыжка  $h = 740 \text{ см}$ .

$$P = P_0 \cdot g \cdot h = \frac{13595 \cdot 9,807 \cdot 740}{1000} = 98,66 \text{ кПа}$$

Узнаем высоту прыжка при давлении  $P$  по таблице: ранее





$$S_3 = \frac{20 \cdot (-0,9) + \frac{20^2 - 20}{2} \cdot 0,2}{20} = 1^{\circ}\text{C}$$

Напишем программу на языке Python (3):

$A_0 = \text{float}(\text{input}(\text{Введите начальную температуру}))$

$n = \text{float}(\text{input}(\text{Введите кол-во часов}))$

$x = \text{float}(\text{input}(\text{Введите изменение температуры за час}))$

$\text{print}(A_0 + (0,5 \cdot x(n-1)))$

√4.

Мен ямаи, что массаи полн бел-ба в числе 11,

многомне по популяре!

$$W(M_e) = \frac{M(M_e)}{M(M_e)} , \text{ где } M_e - \text{масса,}$$

массаи беленно, что кол-ба бел-ба 11 по-то.

$$n = \frac{m}{M}$$

Языкне упротенне масса и его равнотного раснотного факто:

$$(A1)x(Zn)y(Mg)z \rightarrow xA1 + yZn + zMg$$

(дугам суммаи,  
что в числе 11  
многомнеи беленно,  
кране 3x Me)

Много массаи кранеи уг Me дугам полн:

$$m = M(M_e) \cdot n , \text{ где } n \text{ дугам } x, y \text{ или } z, a W(M_e) = \frac{M(M_e)}{M(M_e) + M(M_e) + M(M_e)}$$

Напишем программу для нахождения массыи

полн кранеи уг Me в числе 11 по-то Python (3):

$x = \text{int}(\text{input}(x))$

$y = \text{int}(\text{input}(y))$

$z = \text{int}(\text{input}(z))$

$M_{A1} = \text{int}(\text{input}(1))$

$M_{Zn} = \text{int}(\text{input}(1))$

$M_{Mg} = \text{int}(\text{input}(1))$

$\#m_{A1} = M_{A1} \cdot x$

$\#m_{Zn} = M_{Zn} \cdot y$

$\#m_{Mg} = M_{Mg} \cdot z$

$\text{print}(\text{"W}_{A1} = \text{"}, \text{"}, (M_{A1} \cdot x + M_{Mg} \cdot z + M_{Zn} \cdot y)) \cdot 100, \text{"\%"} \text{"})$

$\text{print}(\text{"W}_{Zn} = \text{"}, \text{"}, (M_{Zn} \cdot y \cdot 100 / (M_{A1} \cdot x + M_{Mg} \cdot z + M_{Zn} \cdot y)) \cdot 100, \text{"\%"} \text{"})$

$\text{print}(\text{"W}_{Mg} = \text{"}, \text{"}, (M_{Mg} \cdot z \cdot 100 / (M_{A1} \cdot x + M_{Mg} \cdot z + M_{Zn} \cdot y)) \cdot 100, \text{"\%"} \text{"})$

