

## Результаты экспериментов

$\text{ORIGIN} := 1$

$$p := \begin{pmatrix} 1153262 \\ 1276825 \\ 1353318 \\ 1415099 \end{pmatrix} \text{Па} \quad T := \begin{pmatrix} 297 \\ 324 \\ 343 \\ 358 \end{pmatrix} \text{К}$$

## Начальные параметры

$$T_0 := 297 \text{ К}$$

$$p_0 := 1153262 \text{ Па}$$

$$\mu := 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

## Критические параметры для CO<sub>2</sub>

$$p_k := 7.383 \text{ МПа}$$

$$T_k := 304.2 \text{ К}$$

## Из справочных таблиц

$$\rho := 22.90 \text{ кг/m}^3$$

$$v := \frac{1}{\rho} = 0.044 \text{ m}^3/\text{кг}$$

## Индивидуальная газовая постоянная

$$R := 8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \quad R_u := \frac{R}{\mu} = 188.955 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

## Коэффициент сжимаемости

$$i := 1..4 \quad z_i := \frac{p_i \cdot v}{R_u \cdot T_i} \quad z = \begin{pmatrix} 0.897 \\ 0.911 \\ 0.912 \\ 0.914 \end{pmatrix}$$

Расчет констант a,b:

$$B(T) = b - \frac{a}{R_u \cdot T} \quad z = \frac{p \cdot v}{R_u \cdot T} = 1 + \frac{B(T)}{v}$$

Given

$$z_1 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_1} \right) \quad z_2 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_2} \right)$$

$$x := \text{Find}(a, b) \rightarrow \begin{pmatrix} 392.690833508133038 \\ 0.002516391050847569548 \end{pmatrix}$$

$$a1 := x_1 = 392.691 \quad \text{Пара 1 и 2}$$

$$b1 := x_2 = 2.516 \times 10^{-3}$$

Given

$$z_1 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_1} \right) \quad z_3 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_3} \right)$$

$$x := \text{Find}(a, b) \rightarrow \begin{pmatrix} 263.92310032889970074 \\ 0.00022186360175708715358 \end{pmatrix}$$

$$a2 := x_1 = 263.923 \quad \text{Пара 1 и 3}$$

$$b2 := x_2 = 2.219 \times 10^{-4}$$

Given

$$z_1 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_1} \right) \quad z_4 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_4} \right)$$

$$x := \text{Find}(a, b) \rightarrow \begin{pmatrix} 231.84859425158833211 \\ -0.00034967581105506131547 \end{pmatrix}$$

$$a3 := x_1 = 231.849 \quad \text{Пара 1 и 4}$$

$$b3 := x_2 = -3.497 \times 10^{-4}$$

Given

$$z_2 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_2} \right) \quad z_3 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_3} \right)$$

$$x := \text{Find}(a, b) \rightarrow \begin{pmatrix} 52.596150661545467744 \\ -0.0030387806680030720396 \end{pmatrix}$$

$$a4 := x_1 = 52.596 \quad \text{Пара 2 и 3}$$

$$b4 := x_2 = -3.039 \times 10^{-3}$$

Given

$$z_2 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_2} \right) \quad z_4 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_4} \right)$$

$$x := \text{Find}(a, b) \rightarrow \begin{pmatrix} 77.8873064070883195 \\ -0.0026256700837424446484 \end{pmatrix}$$

$$a5 := x_1 = 77.887 \quad \text{Пара 2 и 4}$$

$$b5 := x_2 = -2.626 \times 10^{-3}$$

Given

$$z_3 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_3} \right) \quad z_4 = 1 + \frac{1}{v} \left( b - \frac{a}{R_u \cdot T_4} \right)$$

$$x := \text{Find}(a, b) \rightarrow \begin{pmatrix} 113.2845165678254548 \\ -0.0021023966770123166198 \end{pmatrix}$$

$$a6 := x_1 = 113.285 \quad \text{Пара 3 и 4}$$

$$b6 := x_2 = -2.102 \times 10^{-3}$$

$$a := \begin{pmatrix} 175.179 \\ 181.923 \\ 180.195 \\ 207.953 \\ 187.004 \\ 175.626 \end{pmatrix} \quad \text{Дж} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{кг}^2}$$

$$b := \begin{pmatrix} 1.218 \cdot 10^{-3} \\ 1.339 \cdot 10^{-3} \\ 1.308 \cdot 10^{-3} \\ 1.745 \cdot 10^{-3} \\ 1.409 \cdot 10^{-3} \\ 1.241 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Среднее значение и СКО для а и б

$$asr := \frac{\sum_{i=1}^6 a_i}{6} = 184.647 \text{ Дж} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{кг}^2}$$

$$bsr := \frac{\sum_{i=1}^6 b_i}{6} = 1.377 \times 10^{-3} \text{ } \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$\Delta a := \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (asr - a_i)^2}{6-1}} = 12.223 \text{ Дж} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{кг}^2}$$

$$\Delta b := \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (bsr - b_i)^2}{6-1}} = 1.931 \times 10^{-4} \text{ } \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Уравнение состояния углекислого газа

$$\frac{p \cdot v}{R \cdot T} = 1 + \frac{1}{v} \left( 1.377 \cdot 10^{-3} - \frac{184.647}{R \cdot T} \right)$$

Температура Бойля

$$B(Tb) = b - \frac{a}{R_u \cdot Tb} = 0$$

Табличное значение

$$Tb := \frac{asr}{R_u \cdot bsr} = 709.832 \text{ К}$$

$$Ttb := 2.75 \cdot Tk = 836.5 \text{ К}$$

Погрешность температуры Бойля

$$\Delta Tb := \sqrt{\left( \frac{1}{R_u \cdot bsr} \right)^2 \cdot \Delta a^2 + \left( \frac{-asr}{R_u \cdot bsr^2} \right)^2 \cdot \Delta b^2} = 110.094 \text{ К}$$

Относительная погрешность

$$\frac{\Delta Tb}{Tb} = 0.155$$

Табличные данные

j := 1.. 12

$$Tt := \begin{pmatrix} 288.15 \\ 293.15 \\ 298.15 \\ 303.15 \\ 308.15 \\ 313.15 \\ 323.15 \\ 333.15 \\ 343.15 \\ 353.15 \\ 363.15 \\ 373.15 \end{pmatrix} \quad K := \begin{pmatrix} -3.041 \\ -2.925 \\ -2.857 \\ -2.659 \\ -2.595 \\ -2.509 \\ -2.351 \\ -2.159 \\ -1.979 \\ -1.839 \\ -1.711 \\ -1.620 \end{pmatrix} \quad Bt := \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$$

$$Tbb := \begin{pmatrix} 273.15 \\ 298.15 \\ 323.15 \\ 348.15 \\ 373.15 \\ 398.15 \\ 423.15 \\ 448.15 \\ 473.15 \\ 498.15 \\ 523.15 \\ 548.15 \\ 573.15 \\ 598.15 \\ 623.15 \\ 648.15 \\ 673.15 \\ 698.15 \\ 723.15 \\ 748.15 \\ 773.15 \\ 798.15 \\ 823.15 \\ 848.15 \\ 873.15 \\ 898.15 \\ 923.15 \\ 948.15 \\ 973.15 \end{pmatrix}$$

	1
1	-2.201
2	-1.901
3	-1.647
4	-1.43
5	-1.242
6	-1.078
7	-0.933
8	-0.804
9	-0.689
10	-0.585
11	-0.491
12	-0.406
13	-0.328
14	-0.257
15	-0.191
16	-0.131
17	-0.075
18	-0.023
19	0.025
20	0.071
21	0.113
22	0.152
23	0.19
24	0.225
25	0.257
26	0.289
27	0.318
28	0.346
29	0.373

Построение графика k := 1.. 29

$$Bbb_k := 10^3 \left( bsr - \frac{asr}{Ru \cdot Tbb_k} \right)$$

Tbb :=

$$Bbb = \frac{623.15}{648.15} \quad \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$$

Экспериментальные точки

$$Bex_i := 10^3 \left( bsr - \frac{asr}{Ru \cdot T_i} \right) \quad Bex = \begin{pmatrix} -1.914 \\ -1.639 \\ -1.472 \\ -1.353 \end{pmatrix} \quad \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$$

