

Тухтаев К.М. ИНБО-11-20

Лабораторная работа 1.18. Проверка закона Бойля-Мариотта

Теоретическое введение.

Состояние некоторой массы m идеального газа определяется тремя термодинамическими параметрами: давлением P , объёмом V и температурой T . Между ними существует определённая связь, называемая уравнением

состояния:
$$\frac{PV}{T} = \text{const} \quad (1)$$

Уравнение состояния некоторой массы m идеального газа, называемое уравнением Клапейрона-Менделеева, записывается

следующим образом:
$$PV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT$$
, где μ — молярная

масса, ν — количество вещества. Моль — это количество вещества,

в котором содержится число частиц, равное числу атомов

в 12 г изотопа углерода ^{12}C . Вышеуказанным определением,

что в одном моле вещества содержится $6,02 \cdot 10^{23}$ частиц.

Это постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

При нормальных условиях ($P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $T_0 = 273 \text{ К}$) один моль

занимает объём $V_M = 22,4 \text{ л}$. Газовая постоянная R может

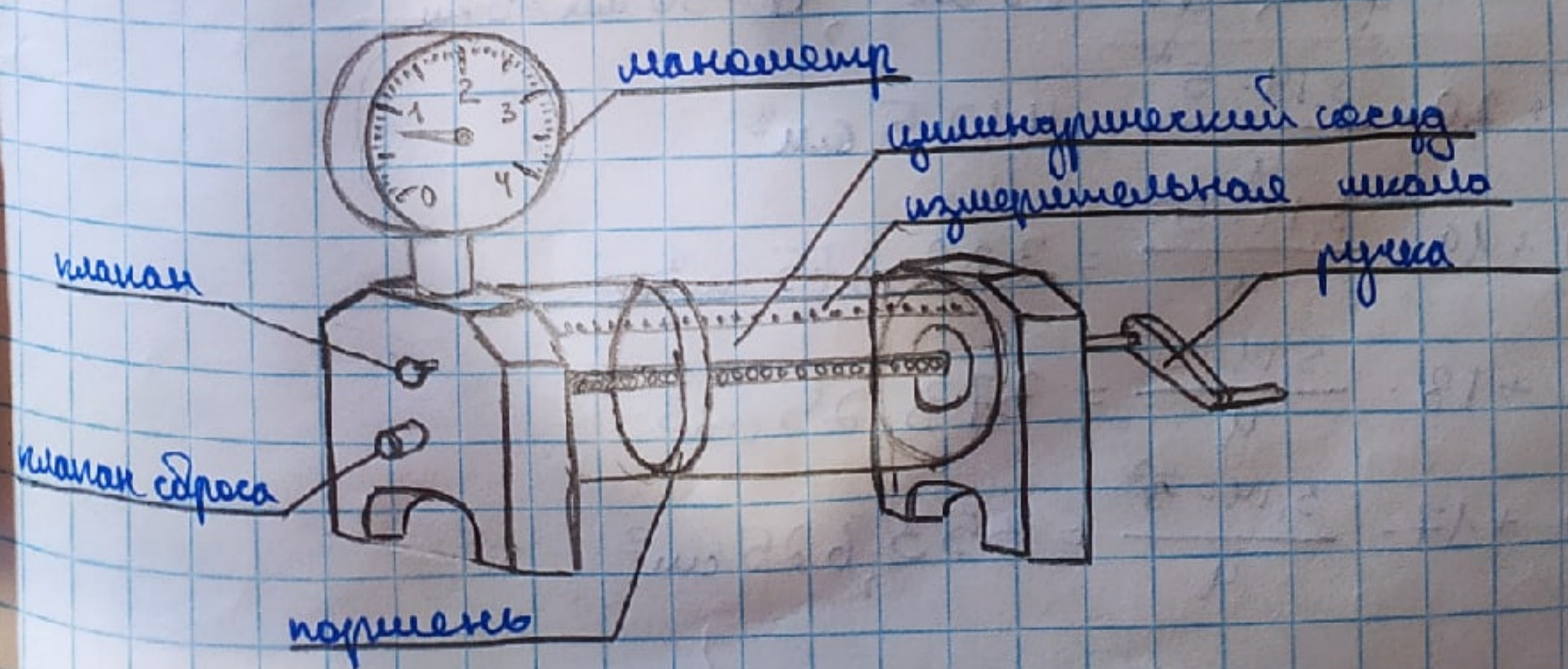
быть рассчитана по формуле:
$$R = \frac{P_0 V_M}{T_0} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \quad (3)$$

Согласно закону Бойля-Мариотта преобразование давления газа

на его объём — величина постоянная: $PV = \text{const}$, при $T = \text{const}$, $m = \text{const}$ (4)

N°	$D_s, \text{мм}$	$X, \text{см}$	$V, \text{см}^3$	$P, \text{кПа}$	$PV, \text{Па} \cdot \text{см}^3$
1	0,0169	20	412,5	100	41,25
2	0,0169	19	392,875	105	41,251875
3	0,0169	18	373,25	110	41,0575
4	0,0169	17	353,625	115	40,666875
5	0,0169	16	334	120	40,08
6	0,0169	15	314,375	130	40,86875
7	0,0169	14	294,75	140	41,265
8	0,0169	13	275,125	150	41,26875
9	0,0169	12	255,5	165	42,1575
10	0,0169	11	235,875	175	41,278125
11	0,0169	10	216,25	195	42,16875
12	0,0169	9	196,625	215	42,274375

Принципиальная схема устройства



Nº	$\Delta_2, \text{мм}$	$X, \text{см}$	$V, \text{см}^3$	$P, \text{кПа}$	$PV, \text{Па} \cdot \text{м}^3$
1	0,0137	16	334	100	334
2	0,0137	15	314,375	105	33,009 375
3	0,0137	14	294,75	110	32,422 5
4	0,0137	13	275,125	120	33,015
5	0,0137	12	255,5	130	33,215
6	0,0137	11	235,875	140	33,022 5
7	0,0137	10	216,25	155	33,518 75
8	0,0137	9	196,625	170	33,426 25
9	0,0137	8	177	190	33,63
10	0,0137	7	157,375	220	34,622 5
11	0,0137	6	137,75	250	34,437 5
12	0,0137	5	118,125	290	34,256 25

Измерено P_к
22.10.2020

$$V = V_0 + X \frac{\pi d^2}{4}, \quad V_0 = 20 \text{ см}^3, \quad d = 50 \text{ мм} = 5 \text{ см}$$

$$V_{11} = 20 + 20 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 412,5 \text{ см}^3$$

$$V_{12} = 20 + 19 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 392,875 \text{ см}^3$$

$$V_{13} = 20 + 18 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 373,25 \text{ см}^3$$

$$V_{14} = 20 + 17 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 353,625 \text{ см}^3$$

$$V_{15} = 20 + 16 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 334 \text{ cm}^3$$

$$V_{16} = 20 + 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 314,375 \text{ cm}^3$$

$$V_{17} = 20 + 14 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 294,75 \text{ cm}^3$$

$$V_{18} = 20 + 13 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 275,125 \text{ cm}^3$$

$$V_{19} = 20 + 12 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 255,5 \text{ cm}^3$$

$$V_{110} = 20 + 11 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 235,875 \text{ cm}^3$$

$$V_{111} = 20 + 10 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 216,25 \text{ cm}^3$$

$$V_{112} = 20 + 9 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 196,625 \text{ cm}^3$$

$$V_{21} = 20 + 16 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 334 \text{ cm}^3$$

$$V_{22} = 20 + 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 314,375 \text{ cm}^3$$

$$V_{23} = 20 + 14 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 294,75 \text{ cm}^3$$

$$V_{24} = 20 + 13 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 275,125 \text{ cm}^3$$

$$V_{25} = 20 + 12 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 255,5 \text{ cm}^3$$

$$V_{26} = 20 + 11 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 235,875 \text{ cm}^3$$

$$V_{27} = 20 + 10 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 216,25 \text{ cm}^3$$

$$V_{28} = 20 + 9 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 196,625 \text{ cm}^3$$

$$V_{29} = 20 + 8 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 177 \text{ cm}^3$$

$$V_{210} = 20 + 7 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 157,375 \text{ cm}^3$$

$$V_{211} = 20 + 6 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 137,75 \text{ cm}^3$$

$$V_{212} = 20 \times 5 \cdot \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 118,125 \text{ м}^3$$

PV

$$P_{11}V_{11} = 100 \cdot 412,5 = 41,25 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{12}V_{12} = 105 \cdot 392,875 = 41,251,875 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{13}V_{13} = 110 \cdot 373,25 = 41,057,5 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{14}V_{14} = 115 \cdot 353,625 = 40,666,875 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{15}V_{15} = 120 \cdot 334 = 40,08 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{16}V_{16} = 130 \cdot 314,375 = 40,868,75 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{17}V_{17} = 140 \cdot 294,75 = 41,265 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{18}V_{18} = 150 \cdot 275,125 = 41,268,75 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{19}V_{19} = 165 \cdot 255,5 = 42,157,5 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{20}V_{20} = 175 \cdot 235,875 = 41,278,125 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{21}V_{21} = 195 \cdot 216,25 = 42,168,75 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{22}V_{22} = 215 \cdot 196,625 = 42,274,375 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{21}V_{21} = 100 \cdot 334 = 33,4 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{22}V_{22} = 105 \cdot 314,375 = 33,009,375 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{23}V_{23} = 110 \cdot 294,75 = 32,422,5 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{24}V_{24} = 120 \cdot 275,125 = 33,015 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

$$P_{25}V_{25} = 130 \cdot 255,5 = 33,215 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$

$$P_{26}V_{26} = 140 \cdot 235,875 = 33,022,5 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$

$$P_{27}V_{27} = 155 \cdot 216,25 = 33,518,75 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$

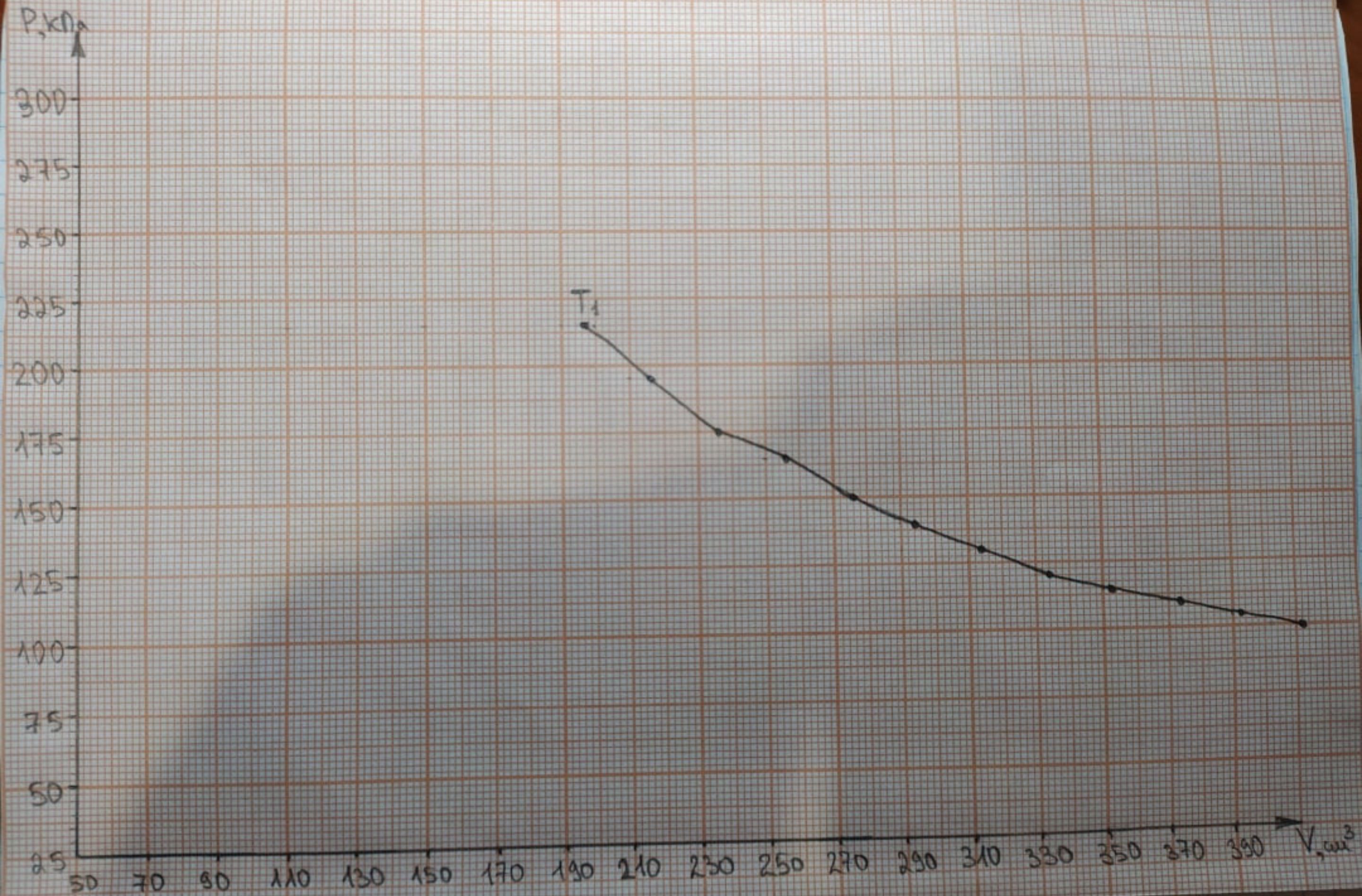
$$P_{28}V_{28} = 170 \cdot 196,625 = 33,426,25 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$

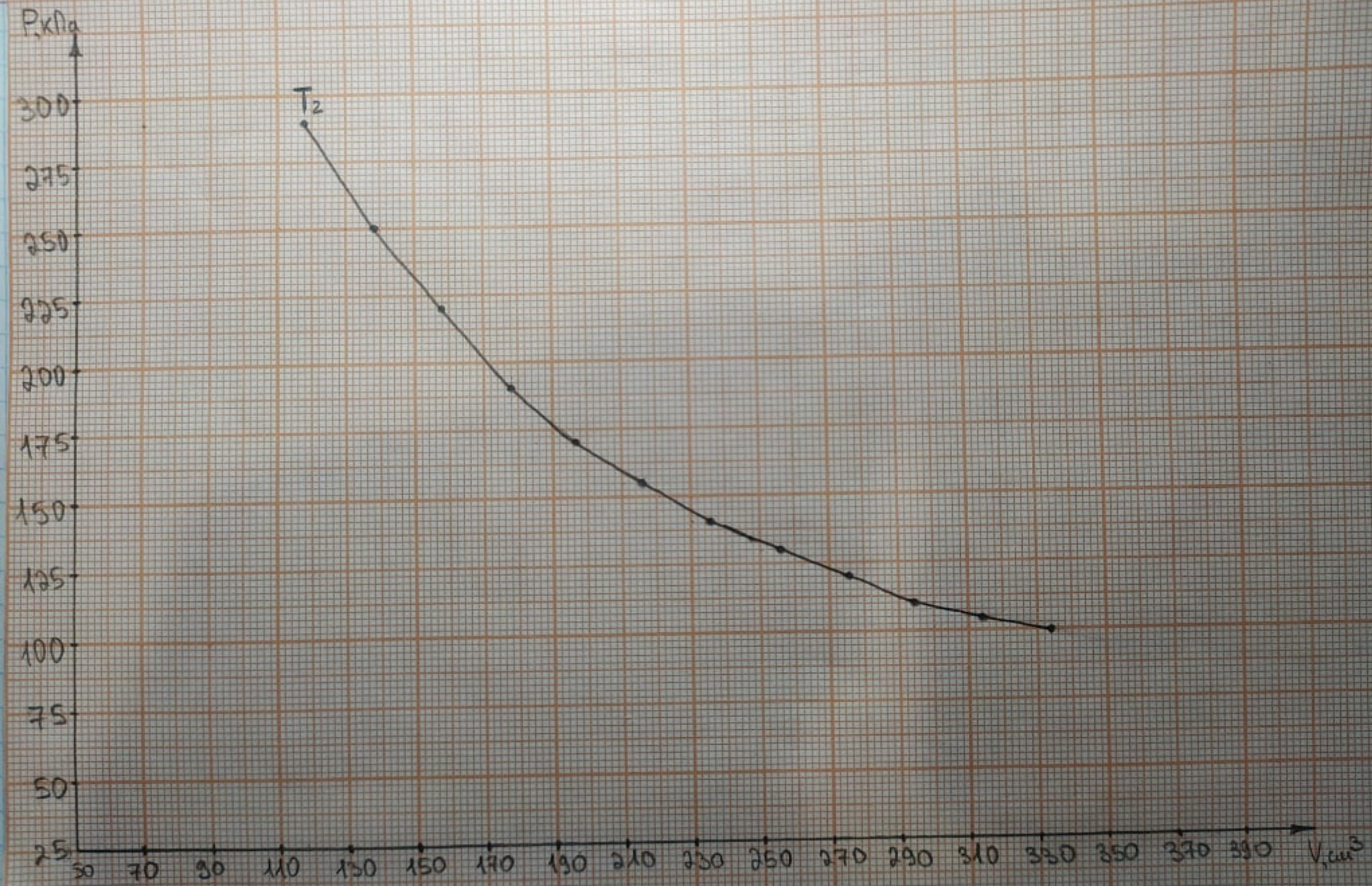
$$P_{29}V_{29} = 190 \cdot 177 = 33,63 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$

$$P_{210}V_{210} = 220 \cdot 157,375 = 34,622,5 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$

$$P_{211}V_{211} = 250 \cdot 137,75 = 34,437,5 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$

$$P_{212}V_{212} = 290 \cdot 118,125 = 34,256,25 \text{ Па}\cdot\text{м}^3$$





$$\lambda = \frac{PV}{RT}$$

$$\lambda_1 = \frac{41,25}{8,31 \cdot 293} = 0,0169 \text{ моль}$$

$$\lambda_2 = \frac{33,4}{8,31 \cdot 293} = 0,0137 \text{ моль}$$

$$E_1 = \frac{5}{100} + \frac{0,5}{200} + 2 \frac{0,5}{50} + \frac{0,005}{3,14} =$$

$$= 0,05 + 0,0025 + 0,02 + 0,0016 = 0,0741$$

$$\Delta(PV) = E \cdot (PV)$$

$$\Delta(PV) = 0,0741 \cdot 41,25 = 3,057 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$$

Вывод: В результате измерения давления воздуха в сосуде при постоянной температуре и расчета объема воздуха для различных положений поршня, последовательно измерены значения для двух различных положений воздуха. В сосуде и представлены полученные значения в виде P-V диаграммы, а проверены справедливость закона Бойля-Мариотта для воздуха при постоянной температуре.

Туртоватов К.М. 11.12