

Лабораторная работа 1.18.

### Проверка закона Бойля-Мариотта

Цель работы: проверить выполнение закона Бойля-Мариотта для воздуха при комнатной тем-ре.

Задачи: Измерить давление воздуха в сосуде при различных тем-ре и рассчитать объем воздуха для 15 различных положений поршня, получить значения  $p$  и  $V$  в виде  $p$ - $V$  диаграммы, проверить справедливость закона Б-М в условиях комнатной температуры.

Подготовка и выполнение лаб. работы: изучить основные законы, ознакомиться с измерительной аппаратурой, ответить на вопросы.

### Теория.

Состояние некоторой массы  $m$  идеального газа определяется: давлением  $p$ , объемом  $V$  и темп.  $T$ . Между ними есть стр. связь - уравнение состояния:

$$\frac{pV}{T} = \text{const.}$$

Многие газы при комнатной  $T$  и нормальной  $p$  близки к идеальному. Согласно теории идеального газа:

1) Собственный объем молекулы газа пренебрежимо мал по сравнению с объемом, в котором находится газ.

Пле. молекулы можно считать мал. гольцами.

2) Между молекулами газа действуют силы взаимодействия, т.е. потенциальная энергия взаимодействия молекул много меньше кинетической их тепловой энергии.

3) Силы взаимодействия молекул газа между собой и со стенками сосуда являются абсолютной функцией.

Уравнение состояния некоторой  $m$  идеального газа Клапейрона - Менделеева, выводится так:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT$$

где  $\mu$  - молярная масса,  $\nu$  - кол-во вещества, моль.

Моль - кол-во вещества, в котором содержится число Авогадро (число молекул), равное числу атомов в 12 г изотопа  $^{12}\text{C}$ .

Так было установлено, что 1 моль  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул.

Это число назыв. постоянной Авогадро.

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

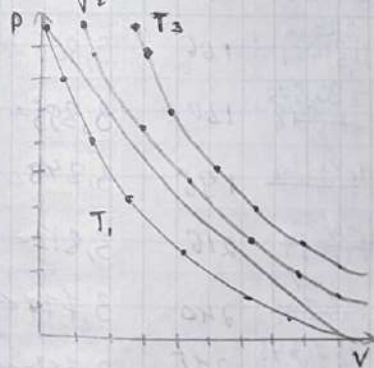
При нормальных условиях ( $P_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ,  $T_0 = 273 \text{ К}$ ) один моль любого газа занимает  $V_m = 22,4 \text{ л}$ ,

$$R = \frac{P_0 V_m}{T_0} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Закон Б-М, установленный опытным путем, описывает поведение газа при постоянной  $T$  для данной  $m$  газа;

$$PV = \text{const}, T = \text{const}, m = \text{const}$$

Кривая, изображающая зависимость между  $P$  и  $V$  при  $T = \text{const}$  - назыв. Изобермой. Изоберма - гипербола, расположенная на графике  $P-V$  тем выше, чем выше  $T$ .



Порядок выполнения работы

1) Откройте клапан 2, попробуйте прокрутить баранчик.

20cm

N	V, м³	X, см	V, см³	P, КПа	Пл. Па. м²	
1	0,0018	20	<del>4125</del> 39,284	100	41,240	41,25
2	0,0018	19	<del>35,2135</del> 37,326	105	41,341	3,928
3	0,0018	18	<del>373,250</del> 36,362	110	41,109	3,732
4	0,0018	17	<del>553,625</del> 33,759	118	41,893	3,738
5	0,0017	16	<del>334</del> 31,435	125	41,623	3,142
6	0,0017	15	<del>314,378</del> 29,147	132	41,601	2,947
7	0,0017	14	<del>294,75</del> 27,508	141	42,012	2,750
8	0,0017	13	<del>276,05</del> 25,945	151	41,622	2,559
9	0,0017	12	<del>258,05</del> 23,581	166	41,133	2,358
10	0,0017	11	<del>235,875</del> 21,618	180	41,600	2,161
11	0,0017	10	<del>216,25</del> 19,654	196	41,523	1,965
12	0,0017	9	<del>196,25</del> 17,691	216	41,822	1,769
13	0,0017	8	<del>177</del> 15,728	240	41,525	1,572
14	0,0017	7	<del>157,375</del> 13,765	275	41,528	1,376
15	0,0017	6	<del>135,75</del> 11,800	300	41,344	1,180

0,018

N	V, м³	X, см	V, см³	P, КПа	Пл. Па. м²	
1	0,0015	16	<del>1015</del> 35,016	105	35,286	331,159
2	0,0015	15	<del>915</del> 34,806	113	31,432	311,524
3	0,0015	14	<del>815</del> 35,349	120	29,469	291,888
4	0,0015	13	<del>715</del> 34,817	130	27,505	272,254
5	0,0015	12	<del>615</del> 35,113	140	25,542	254,618
6	0,0015	11	<del>515</del> 35,008	152	23,578	232,348
7	0,0015	10	<del>415</del> 35,135	163	21,616	213,368
8	0,0015	9	<del>315</del> 34,823	182	19,651	193,714
9	0,0015	8	<del>215</del> 35,110	206	17,688	174,078
10	0,0015	7	<del>115</del> 35,213	232	15,724	154,444
11	0,0015	6	<del>15</del> 35,158	263	13,761	134,890
12	0,0015	5	<del>5</del> 35,195	30	11,797	115,174
13		4	<del>5</del> 35,439	350+		
14						
15	<u>0,015</u>					

N	V, м³	X, см	V, см³	P, КПа	Пл. Па. м²	
1	0,0013	15	<del>2015</del> 31,005	100	29,467	309,315
2	0,0012	14	<del>1815</del> 31,010	106	27,563	288,750
3	0,0012	13	<del>1615</del> 31,245	115	25,540	270,254
4	0,0012	12	<del>1415</del> 31,113	123	23,576	250,619
5	0,0012	11	<del>1215</del> 30,983	135	21,613	230,884
6	0,0012	10	<del>1015</del> 31,159	143	19,649	211,349
7	0,0012	9	<del>815</del> 31,005	161	17,686	191,714
8	0,0012	8	<del>615</del> 31,310	182	15,722	172,079
9	0,0012	7	<del>415</del> 31,246	205	13,759	152,444
10	0,0012	6	<del>215</del> 31,171	235	11,795	132,809
11	0,0012	5	<del>15</del> 31,225	277	9,832	113,174
12	0,0012	4	<del>5</del> 31,864	330	7,868	93,538
13						
14	<u>0,013</u>					
15						
16						

14A.  
1.10

Вычисления для 118. Тарный Демон, УЖТО-25-20

1) Вычисления объема  $V$  в сосуде для каждой из 15 измерений по формуле:

$$V = V_0 + X \frac{\pi H^2}{4}$$

1)  $V = 20 \text{ см}^3 + 20 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \approx 412,500 \text{ см}^3$

2)  $V = 20 \text{ см}^3 + 19 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \approx 392,875 \text{ см}^3$

3)  $V = 20 \text{ см}^3 + 18 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \approx 373,250 \text{ см}^3$

4)  $V = 353,625 \text{ см}^3$  3 таблица:

5)  $V = 334,000$

6)  $V = 314,379$

7)  $V = 294,750$

8)  $V = 275,125$

9)  $V = 255,500$

10)  $V = 235,875$

11)  $V = 216,250$

12)  $V = 196,625$

13)  $V = 177,000$

14)  $V = 157,375$

15)  $V = 137,750$

↑

1 таблица

1)  $V = 309,375$

2)  $V = 289,750$

3)  $V = 270,125$

4)  $V = 250,500$

5)  $V = 230,875$

6)  $V = 211,250$

7)  $V = 191,625$

8)  $V = 172,000$

9)  $V = 152,375$

10)  $V = 132,750$

11)  $V = 113,125$

12)  $V = 93,500$

2 таблица

$V_1 = 350,784$

$V_2 = 331,158$

$V_3 = 311,524$

$V_4 = 291,889$

$V_5 = 272,254$

$V_6 = 252,618$

$V_7 = 232,984$

$V_8 = 213,348$

$V_9 = 193,714$

$V_{10} = 174,079$

$V_{11} = 154,444$

$V_{12} = 134,800$

$V_{13} = 115,174$



1 таблица

1)  $412,500 \text{ см}^3 \cdot 100 \cdot 1000 \cdot 1000000 \approx 41,25$

2)  $392,875 \cdot \frac{1000}{1000}$  6) 41,501 11) 41,600

3) 41,101 7) 41,545 12) 41,753

4) 41,993 8) 41,627 13) 41,421

5) 41,624 9) 42,013 14) 41,1878

10) 42,211 15) 42,500

II таблица

- 1) 35,016
- 2) 34,955
- 3) 35,349
- 4) 35,211
- 5) 35,387
- 6) 35,110
- 7) 35,277
- 8) 35,341
- 9) 35,401
- 10) 35,311
- 11) 35,810
- 12) 35,488

III

- 1) 31,008
- 2) 30,819
- 3) 31,240
- 4) 30,892
- 5) 30,810
- 6) 30,885
- 7) 31,118
- 8) 31,124
- 9) 31,144
- 10) 31,401
- 11) 31,203
- 12) 31,201

$$V_{\text{мол}_1} = \frac{PV}{RT} = \frac{41,250}{8,31 \cdot 273} =$$

$$= 0,015$$

$$V_{\text{мол}_2} = 0,015$$

$$V_{\text{мол}_3} = 0,013$$

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta PV}{PV} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta \Pi}{\Pi} =$$

$$= \frac{5}{100} + \frac{0,5}{200} + 2 \frac{0,5}{50} + \frac{0,005}{3,14} = 0,074$$

$$\epsilon_2 = 0,074 \quad 41,25 \pm 3,35 = (41 \pm 3) \text{ Па/м}^3$$

Ответ

$$\epsilon_3 = 0,075$$

$$\Delta PV = \epsilon \cdot PV$$

$$\Delta PV_1 = 0,074 \cdot 41,25 = 3,05 \text{ Па/м}^3$$

$$\Delta PV_2 = 0,074 \cdot 35,016 = 2,59 \text{ Па/м}^3$$

$$\Delta PV_3 = 0,075 \cdot 31,008 = 2,33 \text{ Па/м}^3$$

Ответ: ~~(41,03 ± 3,04) Па/м³~~

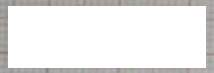
~~(31,0 ± 2,3) Па/м³~~

~~(41 ± 4) Па/м³~~  
~~(35,0 ± 2,6) Па/м³~~  
~~(31,0 ± 2,3) Па/м³~~  
~~(35 ± 4) Па/м³~~  
~~(35 ± 2,6) Па/м³~~

~~(41 ± 3) Па/м³~~  
~~(35 ± 3) Па/м³~~  
~~(31 ± 2) Па/м³~~  
~~(35,0 ± 2,6) Па/м³~~  
~~(31,0 ± 2,3) Па/м³~~

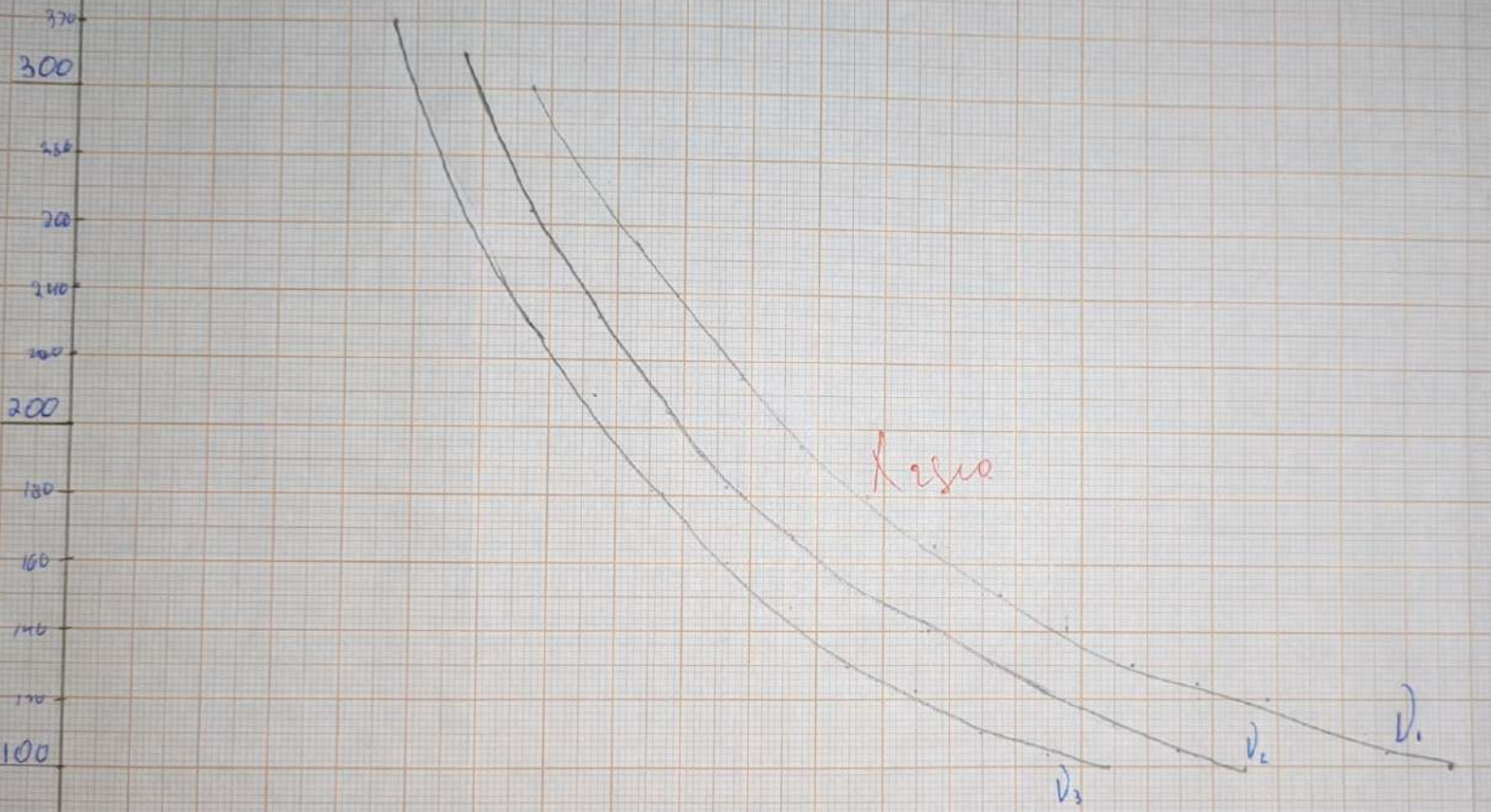
Вывод: Иногда многочисленными измерениями и последующими расчетами, мне удалось угадать и предельно простым путем выполнить закон Файе-Маркова.

P, kPa



340  
300  
280  
260  
240  
220  
200  
180  
160  
140  
120  
100  
80  
60  
40  
20

20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 V, cm<sup>3</sup>



1,18 (10,9)

9

1) Закон Бойля - Мариотта - изотерм.

При постоянной температуре произведение давления газа на его объем есть величина постоянная или от обратного давлению, в котором находится.

2) Закон Гей - Люссака - изобарический.

При постоянном давлении изменение объема газа прямо пропорционально тем-ре.

3) Закон Чарля - изохорический.

При постоянном объеме, давление прямо пропорционально температуре.

4) Адиабатический процесс.

5) Полиэтропический.

6) Закон Авогадро.

7) Закон Клапейрона.

⑩ Нормальная температура -  $20^{\circ}\text{C} = 293\text{K}$