

Лабораторная работа №1. Изучение изотермического процесса

Цель работы: экспериментальным путем проверить верность закона Бойля – Мариотта (показать, что $PV = \text{const}$ при $T = \text{const}$).

Оборудование: термометр, манометр, газовый баллон с возможностью измерения объема.

Краткая теория

Уравнение состояния идеального газа:

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT \quad (1)$$

Из уравнения состояния идеального газа (1) следует, что при постоянной температуре T и неизменном количестве вещества ν в сосуде произведение давления P газа на его объем V должно оставаться постоянным:

$$pV = \text{const} \quad (2)$$

Процесс изменения давления и объема газа при постоянной температуре называется изотермическим процессом. График зависимости давления газа от его объема при изотермическом процессе называется изотермой. На плоскости (P, V) изотермы изображаются при различных значениях температуры T семейством гипербол $P \sim 1/V$ (рис. 1).

Так как коэффициент пропорциональности в этом соотношении увеличивается с ростом температуры, изотермы, соответствующие более высоким значениям температуры, располагаются на графике выше изотерм, соответствующих меньшим значениям температуры.

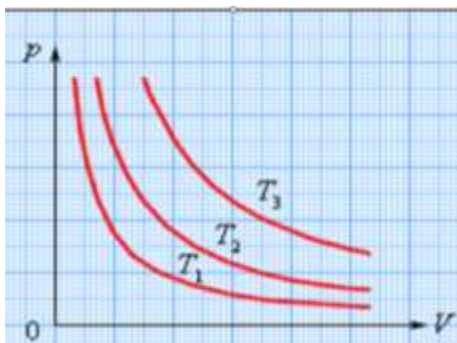


Рис. 1 - Семейство изотерм на плоскости (p, V) : $T_3 > T_2 > T_1$

Уравнение изотермического процесса, выражающее зависимость давления от объема газа при постоянной температуре было получено из эксперимента английским физиком Р. Бойлем (1662 г.) и независимо французским физиком Э. Мариоттом (1676 г.). Поэтому это уравнение называют законом Бойля–Мариотта.

Ход работы:



Рис. 2 – Модель экспериментальной установки для выполнения лабораторной работы

1. Установить начальные параметры газа: массу m , давление P_0 , температуру t_0 и объем V_0 .
2. Выбрать для исследования газ, согласно своему варианту (воздух, или углекислый газ).
3. Вычислить значение правой части уравнения (1) mRT/M и сравнить его с произведением P_0V_0 – подтвердить, или опровергнуть уравнение (1). Где R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(моль*К), T – абсолютная температура, равная $t + 273$, M – молярная масса газа.
4. Нажать на кнопку «Пуск» для начала увеличения объема газа (вытягивания поршня из цилиндра).
5. Периодически останавливать процесс кнопкой «Пауза».
6. Снять показания установившегося объема газа V_i и давления P_i и найти произведение P_iV_i .
7. Продолжить процесс, нажав на кнопку «Пуск».
8. Для выбранного одного газа выполнить по 5 таких измерений. В таблице уже записаны полученные экспериментальные данные.
9. Убедиться в примерном равенстве P_iV_i , т.е. в справедливости закона Бойля-Мариотта.
10. Вычислить PV_{cp} , $\Delta(PV)_i = |PV_{cp} - P_iV_i|$.

11. Определить оценку абсолютной $\Delta(PV)_{\text{ср}}$ и относительной $\varepsilon(PV)$ погрешностей измерения. $\varepsilon(PV) = 100\% * \Delta(PV)_{\text{ср}} / PV_{\text{ср}}$

12. Данные исследования занести в таблицу.

13. По экспериментальным данным построить график зависимости $P(V)$.

14. Сформулировать выводы (подтвердился, или нет закон Бойля-Мариотта).

Таблица 1 – Данные исследования с тестовыми данными

Вариант	газ	M , кг/моль (молярная масса)	m , кг (масса газа)	Начальные параметры			Проверка	
				P_0 , кПа (давление)	V_0 , л (объем)	t_0 , °C (температура по Цельсию)	P_0V_0 , Дж	mRT/M , Дж
1	Воздух	0,029	0,003	300	0,84	20		
2	CO ₂	0,044	0,005	335	0,84	25		

№ п/п	Экспериментальные показатели		P_iV_i , Дж	$PV_{\text{ср}}$, Дж	$\Delta(PV)_i$, Дж	$\Delta(PV)_{\text{ср}}$, Дж	$\varepsilon(PV)$, %
	P_i , кПа (давление)	V_i , л (объем)					
Вариант 1. Воздух							
1	290	0,87					
2	280	0,90					
3	268	0,94					
4	257	0,98					
5	210	1,20					
Вариант 2. CO ₂ (углекислый газ)							
1	303	0,93					
2	281	1,00					
3	266	1,06					
4	247	1,14					
5	227	1,24					

Контрольные вопросы:

1. Записать уравнение состояния идеального газа.
2. Объяснить в чем состоит суть закона Бойля – Мариотта.
3. При каких условиях для определения параметров состояния газа можно использовать уравнение $pV = const$?