**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №23**

**ЗАКОНЫ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА**

*Поляков Даниил, Б07-ФЗ*

**Цель работы:** проверка законов Бойля-Мариотта и Гей-Люссака.

**Оборудование:**

* Газовый термометр, представляющий собой капиллярную трубку с открытым концом, в которой переменный объём газа фиксируется столбиком ртути. Термометр имеет цену деления, равную 1 мм, и диаметр капилляра, равный 2.7 мм. Погрешность его измерений равна сумме приборной погрешности и погрешности отсчёта: ;
* Стеклянный сосуд, заполненный водой, в который помещается газовый термометр;
* Ручной насос с манометром, имеющим цену деления -20 мбар и предел измерения шкалы -1000 мбар. Погрешность его измерений равна сумме приборной погрешности и погрешности отсчёта: ;
* Штатив;
* Ртутный термометр, имеющий цену деления, равную 1°C и пределы шкалы от 0 до 100°C;
* Барометр для нахождения атмосферного давления, имеющий цену деления 0.05 см.рт.ст. (погрешность его измерения равна половине цены деления, т.е. 0.025 см.рт.ст.). Погрешность его измерений равна сумме приборной погрешности и погрешности отсчёта: .

**Расчётные формулы:**

* Объём исследуемого газа:

– диаметр капилляра газового

термометра;

– высота столба воздуха,

ограниченного столбиком ртути.

* Полное давление исследуемого газа:

– атмосферное давление;

– давление, создаваемое

столбиком ртути.

– плотность ртути;

– ускорение свободного

падения;

– длина столбика ртути;

– давление, создаваемое насосом.

* Закон Бойля-Мариотта:

– давление газа;

– объём газа.

* Закон Гей-Люссака:

– объём газа при 0°C;

– объём газа при температуре t;

– коэффициент теплового

расширения при постоянном давлении.

* Абсолютный ноль температуры:

– коэффициент теплового

расширения при постоянном давлении.

* Формулы для вычисления погрешностей:
  + Абсолютная погрешность косвенных измерений:
  + ;

;

* + ;
  + ;
  + ;
  + .

**Метод проведения измерений**

1. Найдём атмосферное давление *p0* в комнате с помощью барометра. Измерим с помощью шкалы термометра высоту столбика ртути *hHg*, разделяющего атмосферу и исследуемый газ.
2. Установим давление *∆p*, создаваемое насосом, равным 0. Снимем показания высоты газа в термометре *h*. Затем выкачаем часть воздуха из термометра, чтобы уменьшить давление, действующее на столбик ртути и исследуемый газ, на величину *∆p*, которую будем снимать со шкалы манометра на насосе. Измерим соответствующие значения высоты столба газа *h* в термометре для разных *∆p*. После каждого изменения *∆p* будем ждать одну минуту перед тем, как снимать высоту *h* (для установления термодинамического равновесия в сосуде).
3. Сбросим изменение давления, вызванного насосом. Вынем приборы из сосуда с водой, сольём воду и нальём в сосуд кипятка, снова погрузим приборы в сосуд. Подождём одну минуту и снимем показания ртутного термометра *t* и высоту столба газа *h*. Температура воды и газа будет постепенно снижаться. Будем снимать значения *t* и *h*, периодически пропуская воздух через насос (чтобы давление *p0*, действующее на газ, оставалось постоянным).

**Таблицы и обработка данных**

Коэффициенты наклона графиков (и их погрешности) прямых зависимостей найдём по методу наименьших квадратов.

Показание барометра в комнате: Высота столбика ртути в трубке: .

***1. Проверка закона Бойля-Мариотта.***

**Таблица 1.** *Результаты исследования зависимости* ***p(V)***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 0 | 15.0 | 0.859 | 103 | 11.541  ±0.019 | -0.152  ±0.007 | 0.0883  ±0.0018 | 0.0840 | 5.21 |
| 2 | -100 | 16.0 | 0.916 | 93 | 11.44  ±0.02 | -0.088  ±0.006 | 0.0851  ±0.0019 | 1.31 |
| 3 | -140 | 16.7 | 0.956 | 89 | 11.39  ±0.02 | -0.045  ±0.006 | 0.085  ±0.002 | 1.19 |
| 4 | -200 | 17.8 | 1.019 | 83 | 11.32  ±0.02 | 0.019  ±0.006 | 0.084  ±0.002 | 0.57 |
| 5 | -240 | 18.6 | 1.065 | 79 | 11.28  ±0.03 | 0.063  ±0.005 | 0.084  ±0.002 | 0.02 |
| 6 | -300 | 20.1 | 1.151 | 73 | 11.20  ±0.03 | 0.140  ±0.005 | 0.084  ±0.002 | -0.14 |
| 7 | -340 | 21.3 | 1.220 | 69 | 11.14  ±0.03 | 0.198  ±0.005 | 0.084  ±0.002 | 0.02 |
| 8 | -400 | 23.1 | 1.323 | 63 | 11.05  ±0.03 | 0.280  ±0.004 | 0.083  ±0.003 | -0.98 |
| 9 | -440 | 24.6 | 1.408 | 59 | 10.98  ±0.03 | 0.343  ±0.004 | 0.083  ±0.003 | -1.26 |
| 10 | -500 | 27.3 | 1.563 | 53 | 10.88  ±0.04 | 0.447  ±0.004 | 0.083  ±0.003 | -1.60 |
| 11 | -540 | 29.6 | 1.695 | 49 | 10.80  ±0.04 | 0.528  ±0.003 | 0.083  ±0.003 | -1.38 |
| 12 | -600 | 33.2 | 1.901 | 43 | 10.67  ±0.05 | 0.642  ±0.003 | 0.081  ±0.004 | -2.97 |

**Таблица 1.2.** *Погрешности величин*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| 20 | 0.1 | 0.006 | 2 | 0.0008 |

Полученные значения очень близки друг к другу, и все, кроме одного, совпадают со средним значением в пределах погрешности.

**

**График 1.1.** *Зависимость давления воздуха в термометре от его объёма при постоянной температуре.*

Полученный график напоминает гиперболу.

Теперь изобразим график линеаризованной зависимости :



**График 1.2.** *Зависимость логарифма от давления газа от логарифма от объёма* .

Коэффициент наклона крафика:

Полученное значение коэффициента близко к -1, что подтверждает соотношение .



**График 1.3.** *Зависимость относительного отклонения от объёма газа .*

***2. Проверка закона Гей-Люссака.***

**Таблица 2.1.** *Результаты исследования зависимости* ***V(t)***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |
| 1 | 83 | 16.7 | 0.956 |
| 2 | 80 | 16.5 | 0.945 |
| 3 | 75 | 16.3 | 0.933 |
| 4 | 73 | 16.2 | 0.928 |
| 5 | 70 | 16.1 | 0.922 |
| 6 | 67 | 15.9 | 0.910 |
| 7 | 65 | 15.9 | 0.910 |
| 8 | 63 | 15.8 | 0.905 |
| 9 | 60 | 15.7 | 0.899 |
| 10 | 57 | 15.5 | 0.887 |
| 11 | 55 | 15.4 | 0.882 |
| 12 | 53 | 15.4 | 0.882 |
| 13 | 50 | 15.2 | 0.870 |
| 14 | 47 | 15.1 | 0.865 |
| 15 | 45 | 15.0 | 0.859 |
| 16 | 43 | 14.9 | 0.853 |
| 17 | 40 | 14.8 | 0.847 |
| 18 | 34 | 14.5 | 0.830 |

**Таблица 2.2.** *Погрешности величин*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 1 | 0.1 | 0.006 |



**График 2.1.** *Зависимость объёма воздуха в термометре от его температуры при постоянном давлении.*

Из графика находим:

Теоретическая зависимость *V(t)* выражается формулой:

**Выводы**

В результате эксперимента были доказаны законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака.

В первой части эксперимента зависимость на графике 1.2 получилась линейной, и можно сделать вывод о справедливости закона Бойля-Мариотта для изотермического процесса. Отличие коэффициента наклона графика 1.2 () от -1 и отклонения константы *C* на графике 1.3 могут быть вызваны тем, что исследовался неидеальный газ, а также небольшим изменением температуры в течение процесса.

Во второй части эксперимента зависимость на графике 2.1 получилась линейной, и можно сделать вывод о справедливости закона Гей-Люссака для изобарического процесса. Полученное значение абсолютного нуля близко к реальному:

Отклонение от теоретического значения (-273.15 °C) может быть связано с непостоянной величиной температуры в различных точках жидкости. Более тёплая вода концентрируется в верхней части сосуда. Колба с ртутью измерительного термометра располагается в нижней части сосуда, а исследуемый газ – по почти всей её высоте. Таким образом, реальная температура исследуемого газа немного выше температуры, снимаемой с термометра. Другими словами, в исследуемой системе не устанавливается термодинамическое равновесие.