

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР –
факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Школа имени А.Н. Колмогорова

Кафедра физики

Общий физический практикум

Лабораторная задача № 2.6

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВОЗДУХА
И УНИВЕРСАЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ
ПОСТОЯННОЙ**

составители:

Соловей А.Б. и Макаров И.А.

2013 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВОЗДУХА И УНИВЕРСАЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ ПОСТОЯННОЙ

Оборудование:

1. Стеклянная круглодонная колба с защитным чехлом, резиновым патрубком и винтовым краном (зажим Гофмана) на нём;
2. Стрелочный манометр;
3. Насос Комовского;
4. Весы;
5. Резиновые трубки длиной 20-30 см;
6. Мензурка;
7. Сосуд для воды.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВОЗДУХА

Экспериментальная часть

Цель эксперимента – определить плотность воздуха при нормальных условиях. В данной задаче доказываемся весомость воздуха и определяется его плотность при атмосферном давлении P_0 и комнатной температуре T_0 . Для этого используется прибор, представляющий из себя пустотелый шар с горловиной, на которую надевается резиновая трубка с винтовым зажимом. Сосуд находится в матерчатом чехле, предохраняющем экспериментатора от осколков в случае повреждения сосуда.

Порядок выполнения работы.

Ослабив зажим трубки, шар взвешивают на весах, определяют массу m_1 . Затем шар подсоединяют к ручному насосу и производят откачку воздуха. Перед откачиванием необходимо обратить внимание на то, чтобы, чехол закрывал весь шар и был завязан у отростка шара.

Когда разрежение в шаре достигнет предельно возможного для этого насоса значения, кран закрывают. Отсоединив от насоса шар, его снова взвешивают и определяют массу m_2 . Разность между первым и вторым взвешиванием $\Delta m = m_1 - m_2$ и есть масса воздуха, откачанного из шара.

Объем воздуха (с давлением P_0 и температурой T_0), который был откачан, определяют следующим образом. После выкачивания воздуха снимают с шара чехол, опускают отросток шара в сосуд с водой и отворачивают зажим. Вода частично заполняет шар. После этого зажим заворачивают до отказа. Объем воды, вошедшей в шар, измеряют с помощью мензурки, вылив в неё воду из шара.

Расчётная часть

Плотность воздуха определяется по формуле:

$$\rho = \frac{\Delta m}{V}, \quad (1)$$

где Δm – масса воздуха, откачанная из шара, V – объем воды, вошедшей в шар.

Оценить абсолютную ошибку определения плотности воздуха.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ ПОСТОЯННОЙ

Теоретическая часть

Если в шаре объемом V при давлении P_1 и температуре T содержится воздух массой m_1 , то это состояние можно описать уравнением Клапейрона-Менделеева:

$$P_1 \cdot V = \frac{m_1}{\mu} \cdot R \cdot T, \quad (2)$$

где μ - молярная масса воздуха, R - универсальная газовая постоянная.

Путём откачки или нагнетания воздуха в шар без изменения его температуры можно получить второе состояние, для которого будет справедливо уравнение

$$P_2 \cdot V = \frac{m_2}{\mu} \cdot R \cdot T, \quad (3)$$

где m_2 – масса новой порции воздуха в шаре, а P_2 – его давление.

Вычитая (3) из (2) и выражая R , получим:

$$R = \frac{\mu \cdot V}{T} \cdot \frac{(P_2 - P_1)}{(m_2 - m_1)}, \quad (4)$$

Здесь $\mu = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, объем V обозначен да стенке шара, температуру T в помещении измеряют с помощью термометра, а давления P_1 и P_2 с

помощью манометра. Для определения $\Delta m = m_1 - m_2$ производят взвешивание шара с воздухом в состояниях 1 и 2.

Экспериментальная часть

Порядок выполнения работы.

1. Взвесьте на весах шар с открытым патрубком.
2. С помощью резиновых трубок и стеклянного тройника соедините шар с манометром и откачивающим патрубком насоса.
3. Медленно откачивая воздух, доведите давление в шаре до 0,5 атм. При этом следует учесть, что манометр измеряет избыточное давление в технических атмосферах. Поэтому обозначениям шкалы -1; -0,5; 0; 0,5; 1; 1,5 атм соответствуют давления 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 атм.
4. Сожмите резиновый патрубок шара винтовым зажимом, отсоедините шар от установки и взвесьте его.
5. Опыт повторите ещё два раза для -0,7 атм и -0,9 атм
6. Результаты измерений выразите в единицах СИ и занесите в таблицу, учитывая, что 1 атм = 10^5 Па.
7. Измерьте температуру T воздуха в помещении
8. Найдите на установке число, обозначающее его объем V , и запишите это значение.

Расчётная часть

1. Вычислите постоянное для всех опытов выражение $\frac{\mu \cdot V}{T}$;
2. Пользуясь данными таблицы, вычислите значение универсальной газовой постоянной для любых двух состояний по формуле (4);
3. Результаты вычислений занесите в таблицу;
4. Определить среднее значение R ;
5. Вычислите абсолютную погрешность результата.

Вопросы для допуска

1. Как оценить давление воздуха, оставшегося в шаре после откачки?
2. Чему равно давление воздуха в шаре, когда вода частично заполняет шар?
3. Как повлияет на точность результата капля воды, случайно оказавшаяся в шаре перед началом опыта?

Вопросы для защиты

1. Какая из измеряемых величин более всего влияет на относительную ошибку определения R ?
2. Каков физический смысл универсальной газовой постоянной?
3. Какова связь между давлением и плотностью для идеального газа?

Рекомендуемые источники

1. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., «Молекулярная физика и термодинамика», учебник Физика-10 класс.
2. Матвеев А.Н. «Молекулярная физика: учебное пособие», т. 2.
3. Сивухин Д.В. «Общий курс физики», т.2.
4. Телеснин Р.В. «Молекулярная физика».
5. Путилов К.А. «Курс физики», т.1.
6. Больцман Л. «Лекции по теории газов»
7. Сергеев С.Н. «Обработка результатов физического эксперимента».
8. wikipedia.org