

Саратовский государственный университет

Кафедра нелинейной физики

**ПРАКТИКУМ
ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ
И ТЕРМОДИНАМИКЕ**

(Комплекс ЛКТ-9)

Упражнение 3.

Проверка уравнения состояния идеального газа.

Учебно-методическое пособие к лабораторной работе
в интегрированном учебно-научном практикуме
"Методика, технология и информационное обеспечение
физического эксперимента"

2012 г.

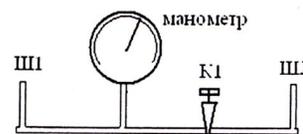
Технические характеристики установки

Напряжение питания 220В, 50Гц

Потребляемая мощность водонагревателя (электрочайник) 2кВт

Состав установки

1. Вольтметр стрелочный на приборной панели для измерения напряжения сети (0 – 250В)
2. Пневмосистема (кран-зажим и два штуцера, установленные внутри приборной панели). Нормальное положение крана – открытое, предохраняет пережимаемый силиконовый шланг от слипания.
3. Манометр на избыточное давление до 40 кПа (300мм.рт.ст.), установлен на приборной панели и входит в состав пневмосистемы. Исходное показание нулевое.
4. Секундомер. Управление секундомером осуществляется тремя кнопками. Кнопка "MODE" – выбор режима работы. В режиме секундомера кнопка ADVANCE поочередно запускает и останавливает отсчет времени. Если не сбрасывать отсчеты, то происходит суммирование измеряемых интервалов времени. Кнопка "SET", нажатая в процессе отсчета времени вместо кнопки "MODE", фиксирует показания дисплея, но не останавливает отсчета времени. При повторном нажатии этой кнопки показания дисплея будут соответствовать продолжающемуся отсчету времени. Кнопка "SET", нажатая при остановленном отсчете времени, сбрасывает (обнуляет) отсчет и показания дисплея.
5. Мультиметр с питанием от источника внутри приборной панели.
6. Калькулятор с питанием от собственной батареи.
7. Электроводонагреватель (чайник), используемый в качестве водяной бани и калориметра. Установлен на поддоне.
8. Баллон стеклянный объемом 1л, помещаемый в водонагреватель, с плотной крышкой с клапаном и штуцером для шлангов.
9. Баллон пластмассовый объемом 1л, на крышке которого смонтированы два штуцера для шлангов.
10. Шланги силиконовые длиной 600, 600 и 320мм.
11. Груша-помпа с винтовым зажимом и штуцером для шланга.
12. Дроссель-капилляр. Диаметр капилляра 0,26мм, длина 22мм.
13. Провода к мультиметру.
14. Термопара к мультиметру.
15. Мензурки на 1л и на 0,25л.
16. Флакон объемом 50мл со штуцером для шлангов на крышке.



Перед началом практического этапа работы:

1. Включить установку в сеть 220В для питания мультиметра. При этом вольтметр должен показать напряжение сети (коэффициент шкалы вольтметра 5В/дел).
2. Подключить термопару к мультиметру (черная – СОМ, красная – VΩmA). При этом в состоянии измерения температуры мультиметр должен показывать значение комнатной температуры.

Упражнение 3.

Проверка уравнения состояния идеального газа.

Данное задание представляет, по сути, демонстрацию сложного процесса объединения двух разных объемов газа, имеющих разные температуры, с последующим выравниванием температуры в общем объеме. Установившееся при объединении давление сначала непосредственно измеряется, а затем сравнивается со значением, вычисленным путем использования уравнений состояния идеального газа и закона Дальтона, также справедливого только для идеального газа. Тем самым справедливость установленных законов подтверждается как для элементарных процессов, так и при многоступенчатых действиях.

Подготовим первый объем:

1. Подключить пластиковый баллон, емкостью $V_1=1,0$ л с двумя штуцерами посредством шлангов к манометру (через штуцер Ш1) и к груше-помпе.

Баллон внутри должен быть абсолютно сухой!

При попадании в баллон влаги давление в нем может возрасти до давления более 100кПа (значение давления насыщенных паров воды при температуре 100 °С). Признаками попадания в баллон влаги являются повышение давления воздуха более, чем до 300мм.рт.ст. или срабатывание предохранительного клапана, настроенного на давление свыше 40...60кПа. При проявлении этих признаков, откройте кран К1 и прекратите опыт. Снимите крышку баллона, удалите малейшие следы влаги (просушите!), после чего установите крышку на место.

2. Установить на шланге груши-помпы винтовой зажим в открытом состоянии.
2. Перекрыть кран К1
3. Накачать в баллон воздух до давления $P_1 \approx 180-220$ мм.рт.ст.
4. Затянуть винтовой зажим груши-помпы и подождать 1...2 минуты до установления в баллоне комнатной температуры t_1
5. Зарегистрировать давление P_1 .

Подготовим второй объем:

6. При закрытом кране К1 подключить к штуцеру Ш2 стеклянный баллон емкостью $V_2=1$ л, в котором находится воздух при комнатном давлении P_2 .
7. Поместить стеклянный баллон в чайник с водой
8. Включить нагреватель и довести воду до температуры кипения t_2

Объединим оба объема:

9. Открыть кран К1, подождать 1...2 минуты для полного выравнивания давлений и температур в объединенном объеме двух баллонов, после чего зарегистрировать давление P манометром.
10. Сравнить измеренное значение давления с теоретическим значением, полученным для этого опыта с применением законов состояния идеального газа:

$$P = \frac{P_1 \cdot V_1 + P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \approx \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \text{ (получите эту формулу самостоятельно),}$$

во втором выражении учтено, что в нашем эксперименте объемы V_1 и V_2 примерно равны.

11. Измерения произвести не менее 3...5-ти раз и произвести оценку относительной погрешности измерений.

Литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Наука. 1989. §§ 4...8, 97.
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Высшая школа. 1981. §§ 50, 52.
3. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. М.: Наука. 1969. §§ 109, 112, 113.