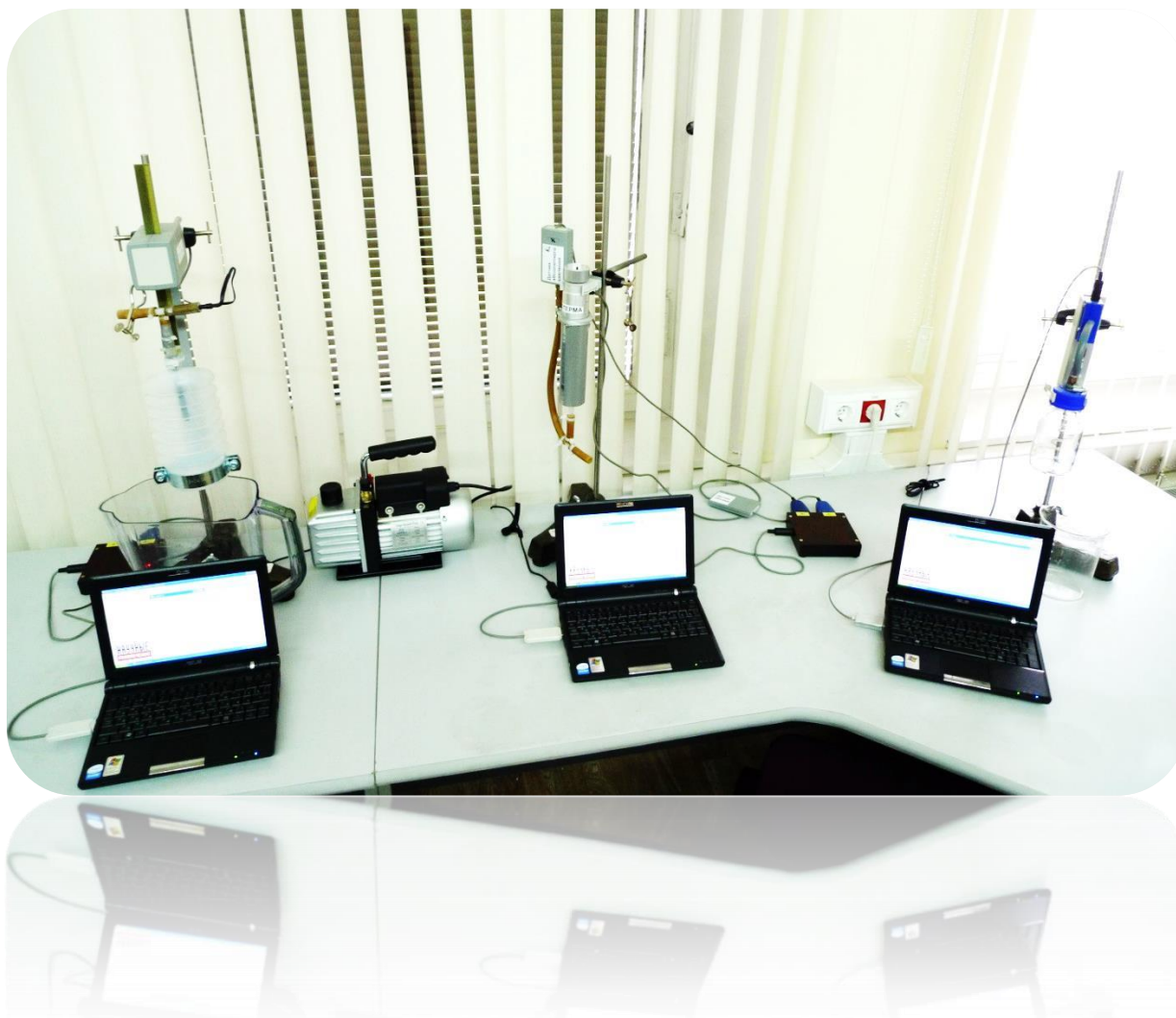




ФИЗИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
Государственное образовательное
учреждение лицей № 1547



Лабораторные работы:

- 1. Исследование изотермического процесса**
- 2. Исследование изобарного процесса.**
- 3. Исследование изохорного процесса**

Под редакцией Богданова Г.С.

Москва 2013

Введение (к лабораторному практикуму “Газовые законы”)

Параметрами газа, полностью описывающими его состояние, являются его состав, давление, объем и температура. В данном исследовании требуется экспериментально установить функциональную зависимость между независимо измеряемыми параметрами газа: давлением, объемом и температурой. Такие зависимости в физике называются феноменологическими законами. Закон в физике выражается в виде функциональной зависимости $y(x)$, описываемой аналитическим выражением и графиком функции. Всякий экспериментальный закон в физике верен с точностью до погрешности измерений, в данном случае основная погрешность будет определяться точностью определения объема газа и его температуры.

Наиболее очевидно отклонение экспериментальной зависимости от графика теоретической функции видно, если исследуется линейная зависимость, описываемая уравнением $y=Ax+B$. В остальных случаях приходится применять громоздкие расчетные методы статистического анализа, выполняемые компьютером. В данной работе предлагается использовать оба метода:

– метод прямого подбора функций из арсенала школьной алгебры с использованием минимизации суммарного отклонения теоретических и экспериментальных значений с учетом каждой экспериментальной точки проводится компьютером автоматически по методу наименьших квадратов. Общий вид функции (линейная, квадратичная, гиперболическая и т.д.) Вы задаете сами.

– метод линеаризации, когда вы перестраиваете экспериментальную зависимость одной величины от другой в таких координатах, где по вашим соображениям, график зависимости должен быть прямой линией и визуально сравниваете полученный график с прямой линией. В этом случае компьютер будет подбирать графики линейной функции, наилучшим образом описывающие экспериментальные значения.

Если в первом методе компьютер путем прямого подбора определил Вам коэффициенты для функции, которая наилучшим способом описывает экспериментальную зависимость $y(x)$ например $y=\frac{A}{x^2}+B$, это означает, что график, построенный в координатах $y-Z$, где $z=\frac{1}{x^2}$, будет прямой линией, описываемой уравнением $y=Az+B$. Такая процедура и называется в физике линеаризацией графиков. Она помогает удостовериться, что компьютер правильно подобрал коэффициенты для сложных функций, а Вы – правильно подобрали вид самой функции.

Приобретенные навыки работы с графиками Вы сможете использовать при проведении других исследований. Однако помните, что математика с учетом ошибок измерений и ограниченного диапазона изменения величин, позволяет одни и те же экспериментальные зависимости описать разными функциями. Физики говорят, что при малых изменениях одного параметра системы изменения второго, связанного с ним, всегда пропорциональны изменениям первого. Всегда следует искать физические критерии для выбора одной из функций, которые одинаково хороши с точки зрения математики.

Первый принцип, которого придерживаются физики – это принцип простоты. Не нужно использовать более сложную функцию, если зависимость описывается более

простой. С этой точки зрения всегда надо начинать подбор функций с линейной $y = Ax + B$.

Второй принцип – анализ значений физических параметров, задаваемых той или иной математической функцией за пределами измеренных в эксперименте (метод экстраполяции). Полученные расчетные величины следует сравнить с величинами, известными на основе качественных физических соображений или принятых физических моделей. Так, например, из качественных соображений ясно, что если напряжение на входных клеммах равно нулю, то сила тока через устройство равна нулю (если, конечно это устройство не источник тока). Или следует принимать во внимание, что в молекулярно-кинетической теории давление газа – это средняя сила ударов молекул о стенку, а их скорость определяется только температурой газа. Поэтому увеличение объема газа, скажем в 3-4 раза по сравнению с объемом сосуда, не должно приводит к падению давления газа при данной температуре до нуля.

Лабораторная работа

Исследование изотермического процесса

Цель работы: Целью лабораторной работы является определение взаимосвязи между параметрами газа в замкнутом сосуде при постоянной температуре.

Оборудование:

1. Прибор «Изотерма» с встроенными датчиками абсолютного давления и объема газа
2. Шланг вакуумный.
3. Штатив.

Теоретическое введение

Изотермический газовый процесс, иногда называется в честь ученых Р.Бойля и Мариотта, является опытным газовым законом и выполняется для идеального газа. Идеальным газом называется модель реального газа, удовлетворяющая следующим требованиям:

объемом всех молекул газа можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится; молекулы обмениваются энергией посредством упругих соударений; силами взаимодействия между молекулами вне моментов столкновений можно пренебречь.

Состояние идеального газа характеризуется следующими параметрами: давлением- p , объемом- V , температурой- T , количеством вещества $\nu = m/M$. Связывает эти параметры идеального газа уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = (\nu/M)RT$$

Процессом в газе называется переход газа из одного состояния (характеризуемого параметрами p_1, V_1, T_1) в другое (с параметрами p_2, V_2, T_2). Изменение параметров газа в процессе принято изображать графически, например в виде диаграммы (p, V) на рисунке 1.

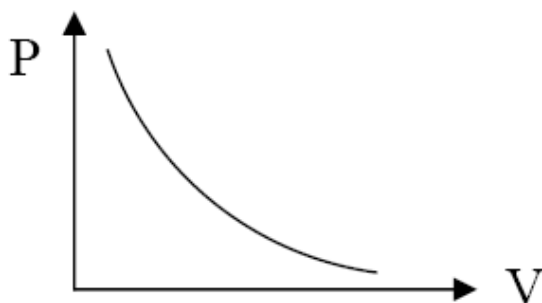


рис. 1

Если в ходе процесса число молей идеального газа и его температура не изменяются, такой процесс называется изотермическим. Он описывается законом Бойля-Мариотта: $pV = \text{const}$, (или $p_1V_1 = p_2V_2$). Зависимость давления от объема определяется функцией $p = \text{const}/V$, где const выражается из уравнения Менделеева-Клапейрона (и равна νRT).

Описание установки

Лабораторная установка показана на рис. 1. Она включает в себя герметичный резервуар 1 (полупрозрачный цилиндр из пластика), составляющий единую конструкцию с датчиком изменения объема 3. Объем резервуара изменяется при движении внутри него поршня 2, осуществляемого вручную за счет вращения винта 4. С поршнем жестко связана подвижная часть датчика изменения объема, и таким образом, положение поршня в цилиндре контролируется. Давление газа измеряется датчиком абсолютного давления 5, который присоединяется к цилиндру с помощью вакуумного шланга 6.

Конструкция установки ограничивает ход поршня с обеих сторон (объем резервуара меняется в пределах 30–110 мл), что не позволяет создать в системе давление, превышающее допустимый уровень для датчика давления. Стенки резервуара обладают достаточной теплопроводностью, чтобы обеспечить равенство температуры газа температуре внешней среды при условии медленного равномерного вращения подающего поршень винта. Калибровка датчика объема учитывает объем шланга, соединяющего резервуар с датчиком давления. Именно поэтому показания датчика (на экране компьютера) примерно на 10 мл выше величины объема, измеренной по шкале на стенке резервуара.

Датчик объема установки «изотерма» требует предварительной настройки. Для ее выполнения после подключения датчика к измерительному блоку следует перевести поршень в крайнее нижнее положение (до

ограничителя хода). Если поршень уже находится в крайнем положении, то, вращая ручку поршня в левую сторону, необходимо выдвинуть поршень на один сантиметр вверх и снова вернуть его в крайнее нижнее положение. При этом включится индикатор готовности 7 (зеленый светодиод) на корпусе электронного блока, находящегося на кабеле датчика. Если по каким-либо причинам установка отключалась от измерительного блока, то процедуру настройки необходимо выполнить заново.

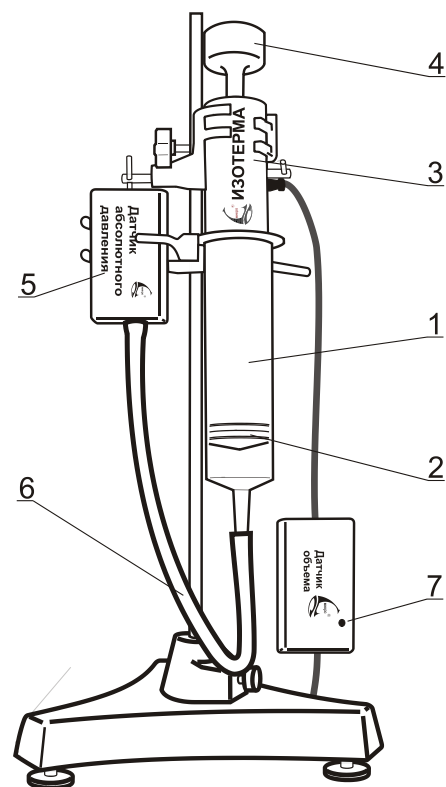









Рисунок 1

Порядок выполнения лабораторной работы


1. Закрепите прибор «Изотерма» в штативе (рис. 1). Штуцер резервуара прибора при этом должен быть свободен, а поршень должен находиться в крайнем нижнем положении.
2. Подключите датчик давления к разъёму 1 измерительного блока.
3. Подключите датчик объема к разъёму 2 измерительного блока.
4. Убедитесь, что измерительный блок подключён к компьютеру с помощью USB-кабеля.
5. Включите компьютер запустите программу «Практикум» иконкой  и после запуска программы введите логин и пароль, выданный преподавателем. Кнопкой




вызовите меню со списком работ и выберите в нем сценарий выполнения работы «Исследование изотермического процесса» двойным кликом левой кнопки мыши.

6. Вращая рукоятку винта против часовой стрелки, переведите поршень в среднее положение (отметка 70 мл). При этом должен включиться индикатор готовности (зеленый светодиод) на корпусе электронного блока датчика объема.
7. Присоедините датчик давления к резервуару 1 с помощью шланга 6 (см. рис. 1). При этом Вы отсоединяете установку от окружающего воздуха.
8. Вращая рукоятку винта по часовой стрелке, до предела уменьшите объем газа в резервуаре.
9. Запустите регистрацию кнопкой «Пуск» . Убедитесь, что датчик давления показывает величину примерно 200 кПа, а датчик объема - около 40 см³ (калибровка датчика объема учитывает объем трубки, соединяющей резервуар с датчиком давления).
10. Остановите регистрацию кнопкой «Стоп»  и произведите следующие настройки в окнах регистрации данных:
 - А) В окне регистрации объема нажмите кнопку  для того, чтобы зафиксировать на экране минимум графика вдоль оси X;
 - Б) В окне регистрации давления нажмите кнопку  и  для того, чтобы зафиксировать на экране минимум графика вдоль оси X и максимум вдоль оси Y.
11. Включите регистрацию данных, нажав на кнопку «пуск» .
12. Медленно вращая рукоятку винта, переведите поршень в другое предельное положение. Кривые и цифровые индикаторы на экране при этом показывают изменение давления и объема газа с течением времени. Следует иметь в виду, что быстрое перемещение поршня может привести к несоблюдению условия изотермичности процесса.

Следует отметить, что если в данном опыте имеет место отклонение температуры от комнатной (т.е. нарушение условия постоянства температуры), то это можно увидеть следующим образом. Проведите процесс циклически (регистрация данных осуществляется в координатах (V, P)), т.е. после расширения снова сожмите газ до первоначальных параметров. Если график, записываемый при сжатии, накладывается на график, полученный при расширении, то температура газа практически совпадает с первоначальной. При получении на экране контура (кривая сжатия идет выше линии, отвечающей расширению газа) можно сделать вывод о том, что температура газа не успевает выравниваться с температурой окружающей среды, и перемещать поршень необходимо медленнее.

13. Остановите регистрацию кнопкой «Стоп» .
14. Проведите выбор точек для передачи в программу обработки. В программе предусмотрены два режима выбора точек для обработки:
 - 1) Ручной выбор точек со снятых экспериментальных кривых.
Для активации этого режима в окне регистрации данных следует установить галочку рядом с надписью «По точкам».

Наведите указатель мышки на одну из точек графика и щелкните левой клавишей. На экране появится маркер жёлтого цвета. Нажмите кнопку  - откроется окно «Обработка», с таблицей, в которую будут внесены данные, соответствующие точке пересечения экспериментального графика с жёлтым маркером.


Повторяйте описанную выше операцию для заполнения таблицы обработки необходимым количеством экспериментальных точек (желательно не менее 10 точек).


2) Автоматический выбор всех экспериментальных точек принадлежащих выбранному пользователем диапазону.


Для активации этого режима в окне регистрации данных следует снять галочку рядом с надписью «По точкам».


Установите жёлтый маркер на экспериментальном графике нажатием левой кнопки мыши.

Установите зелёный маркер нажатием правой кнопки мыши.


Нажмите кнопку  - откроется окно «Обработка», с таблицей, в которую будут внесены данные, соответствующие всем экспериментальным точкам, попавшим в отмеченный между маркерами диапазон.

15. Перейдите в окно «Обработка». (Если данное окно было вами закрыто, то его можно вызвать, нажав кнопку .)

16. На вкладке «График $P(V)$ » представлена зависимость давления от объёма газа, состоящая из выбранных ранее экспериментальных точек. Через эти экспериментальные точки можно провести аппроксимирующую кривую - гиперболу. Для этого выберите в выпадающем списке функцию вида $Y=A/X$ и нажмите кнопку . Вместе с аппроксимирующей кривой на экране отобразится её уравнение $Y=A/X$.

17. На вкладке «График $P(1/V)$ » те же самые полученные в эксперименте точки перестраиваются в координатах $(P, 1/V)$. Зависимость для изотермического процесса в таких координатах является линейной функцией. Следовательно, все экспериментально полученные точки должны лечь на одну прямую. При нажатии кнопки  на на экране строится прямая линия, наилучшим образом аппроксимирующая экспериментальные результаты и выводится её уравнение $Y=kX$. Коэффициент k при этом равен константе из уравнения для изотермы ($k = A$).

Отчет по работе

Перейдите в окно формирования отчета (кнопка ). Отчет формируется в виде rtf – файла с использованием заложенного в этом разделе инструментарий. Вставьте в отчет рисунки, таблицы, используя меню (рис.4), появляющееся на рабочем поле по нажатию правой кнопки мыши.

Обработка полученных данных.

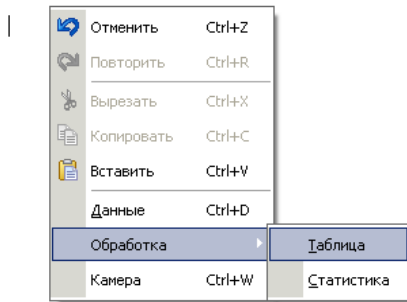



Рис.4

Отчет должен содержать:

1. дату, фамилию и имя исполнителей, название работы, фотографию установки с исполнителями (ем), сделанную с помощью ВЭБ камеры компьютера.
2. заполненную таблицу Исходные данные.
3. графики зависимостей давления от времени $p(t)$, давления от объема $p(V)$ и график линеаризации $p(1/V)$ с демонстрацией графиков подобранных функций описывающих экспериментальные графики наилучшим образом. Следует привести пример и графика функции, которая плохо описывает экспериментальную зависимость.
4. выводы о функциональной зависимости давления от объема и/или иную формулировку о количественной взаимосвязи между давлением и объемом при постоянной температуре.
5. указания на основной источник экспериментальных погрешностей для измеряемых величин и косвенных величин, рассчитываемых на основании измеряемых.

Сохранение отчета в директорию, указанную учителем, осуществляется с использованием кнопки .

Контрольные вопросы

1. Какие изменения внутренней энергии газа происходят при изотермическом процессе?
2. Что произойдет с постоянной изотермы, если повысить температуру цилиндра с воздухом? Как тогда будет выглядеть диаграмма изотермического процесса?
3. Газ расширяется из одного и того же состояния вначале изотермически, а затем адиабатически. В обоих процессах изменение объема газа одинаково. В каком процессе газ совершил большую работу и почему?

Лабораторная работа

Исследование изобарного процесса.

Цель работы: Целью лабораторной работы является определение взаимосвязи между параметрами газа в замкнутом сосуде при постоянном давлении.

Эксперимент по изобарному процессу требует поддержания на постоянном уровне давления исследуемого газа при изменении его температуры. Это может быть сделано путем принудительного изменения объема в соответствии с показаниями датчика давления в ручном или в автоматическом режиме (поддержание давления на постоянном уровне), или с помощью резервуара, упругие свойства стенок которого позволяют ему в определенных пределах изменять свой объем под действием небольшой разницы давлений внутри и снаружи. Реализация первого варианта представляется достаточно сложной хотя бы из-за необходимости одновременно контролировать все параметры газа (температура, объем, давление) и не дает желаемой наглядности эксперимента.

В силу указанных причин прибор «Изобара» сконструирован на основе полиэтиленового резервуара с гофрированными стенками, который деформируется под действием разности давлений 1 - 2 кПа, что не превышает 2% от давления исследуемого газа, и деформация происходит вдоль одного направления (сжатие и расширение гофрированной поверхности, приводящее к изменению длины цилиндра). Это позволяет легко регистрировать изменение объема газа, при этом свойства резервуара гарантируют поддержание давления внутри постоянным с погрешностью, не превышающей 2%. Применяемый резервуар допускает нагрев до температуры 60-70 градусов в сосуде с горячей водой.

Таким образом, с помощью данной установки можно продемонстрировать зависимость объема данной массы газа от температуры при $p = \text{const}$ (закон Гей-Люссака).

При проведении измерений необходимо, чтобы температура газа была одинаковой по всему объему резервуара и чтобы датчик температуры, который сам обладает определенной теплоемкостью, успевал приходиться в равновесие с окружающим его газом. Для этого изменение температуры газа должно осуществляться достаточно медленно.

Нагрев исследуемого газа проводится с помощью горячей воды. Погружение резервуара с исследуемым газом в горячую воду приводит к быстрому нагреву стенок резервуара. Установление однородного распределения температуры газа внутри резервуара происходит значительно медленнее. Для того, чтобы избежать искажений результатов эксперимента, обусловленных конечной скоростью выравнивания температуры газа и изменения температуры самого датчика, следует проводить запись данных во время остывания резервуара с газом на воздухе.

Оборудование:

1. Прибор «Изобара» с встроенными датчиками температуры и объема газа
2. Зажим для трубок
3. Шланг вакуумный (25 см)
4. Штатив
5. Сосуд для воды

Описание установки

Установка для демонстрации изобарного процесса представляет собой (рис. 1) герметичный резервуар 1 (полупрозрачный цилиндр из пластика с гофрированной боковой поверхностью), составляющий единую конструкцию с датчиком изменения объема 2. Элементы установки размещены на кронштейне, выполненном в виде узкой пластины. Конструкция установки обеспечивает перемещение подвижного основания цилиндра с горловиной вдоль его продольной оси. Это основание цилиндра жестко связано с подвижной частью датчика изменения объема, и таким образом, осуществляется регистрация объема цилиндра с гофрированными стенками.

Горловина цилиндра закрыта пробкой, через которую внутрь вводится кабель датчика температуры 3 и при необходимости осуществляется контроль давления газа внутри цилиндра (датчик давления 4). Датчик температуры расположен на оси цилиндра в его центральной части. Кабель датчика объема выводится в верхней части его корпуса. Сигналы, поступающие от чувствительных элементов датчиков, преобразуются в электронном блоке, и по единому кабелю передаются в измерительную систему.

Конструкция установки ограничивает деформацию цилиндра с гофрированными стенками. Предельные положения подвижного основания цилиндра соответствуют внутреннему объему в 300 и 720 мл соответственно.

В течение эксперимента установку следует размещать вертикально, так чтобы гофрированный цилиндр находился внизу.

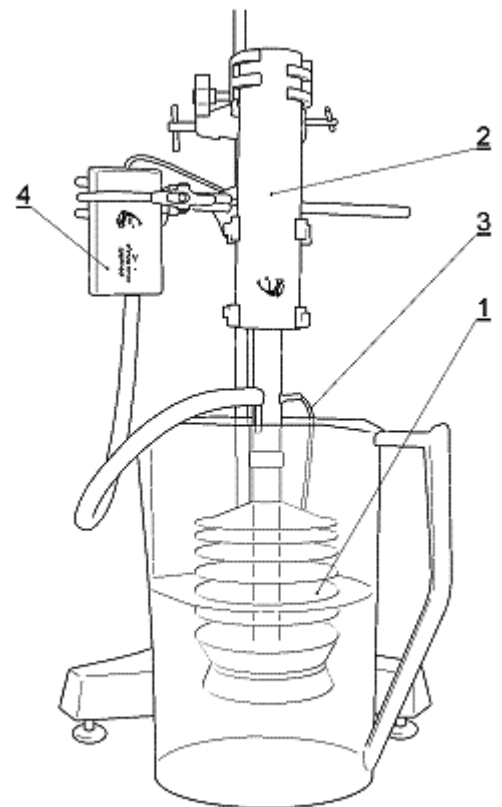







Рис. 1.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Подогрейте воду до температуры не более 70°C.
2. Закрепите установку для демонстрации изобарного процесса с встроенным датчиком объема газа в штативе.
3. Подключите кабель прибора (кабель, выходящий из электронного блока) к разъему 1 аналогового концентратора.
4. Запустите программу «Практикум» , выберите сценарий «Исследование изобарного процесса».
5. Нажмите кнопку  «запуск измерений»
6. Осторожно потяните вверх подвижное основание цилиндра с гофрированными стенками, увеличивая тем самым объем цилиндра, до включения индикатора готовности (зеленый светодиод) на корпусе регистратора.
7. Слегка надавливая на подвижное основание цилиндра с гофрированными стенками, установите объем цилиндра близкий к минимальному (400 мл). Пережмите шланг с помощью зажима.

Убедитесь в герметичном подсоединении пробки резервуара (при попытке растянуть или сжать цилиндр резервуара он не должен заметным образом изменять свою длину и возвращаться в исходное состояние сразу после снятия нагрузки).


5. Опустите резервуар в горячую воду.
6. После того, как температура перестанет заметно изменяться. Нажмите кнопку **Стоп** .
7. Нажмите кнопку  «запуск измерений» и извлеките резервуар с газом из сосуда с нагретой водой. Газ в резервуаре начнет остывать, при этом будут изменяться его параметры. Кривые на экране покажут эти изменения.
8. После того, как температура перестанет заметно изменяться (для достижения термического равновесия со средой потребуется 10—15 мин), остановите измерения, нажав кнопку **Стоп** .

Обработка результатов

Проведите выбор точек для передачи в программу обработки. В программе предусмотрены два режима выбора точек для обработки:

- а) Ручной выбор точек со снятых экспериментальных кривых.

Для активации этого режима в окне регистрации данных следует установить галочку рядом с надписью «По точкам».

Наведите указатель мышки на одну из точек графика и щелкните левой клавишей. На экране появится маркер жёлтого цвета. Нажмите кнопку  - откроется окно «Обработка», с таблицей, в которую будут внесены данные, соответствующие точке пересечения экспериментального графика с жёлтым маркером.


Повторяйте описанную выше операцию для заполнения таблицы обработки необходимым количеством экспериментальных точек (желательно не менее 20 точек).


в) Автоматический выбор всех экспериментальных точек принадлежащих выбранному пользователем диапазону.


Для активации этого режима в окне регистрации данных следует снять галочку рядом с надписью «По точкам».

Установите жёлтый маркер на экспериментальном графике нажатием левой кнопки мыши.


Установите зелёный маркер нажатием правой кнопки мыши.

Нажмите кнопку  - откроется окно «Обработка», с таблицей, в которую будут внесены данные, соответствующие всем экспериментальным точкам, попавшим в отмеченный между маркерами диапазон.

Перейдите в окно «Обработка». (Если данное окно было вами закрыто, то его можно вызвать, нажав кнопку .)

По полученным данным постройте графики $V(T, ^\circ\text{C})$ и $V(T, K)$ открыв соответствующие закладки в окне обработки данных. Получите уравнение кривых, подобрав наилучшую кривую. Для этого выберите в выпадающем списке функцию, которая наиболее точно описывает график и нажмите кнопку . Вместе с аппроксимирующей кривой на экране отобразится её уравнение.

Отчет по работе

Перейдите в окно формирования отчета (кнопка ). Отчет формируется в виде rtf – файла с использованием заложенного в этом разделе инструментарий. Вставьте в отчет рисунки, таблицы, используя меню (рис.4), появляющееся на рабочем поле по нажатию правой кнопки мыши.

Обработка полученных данных.

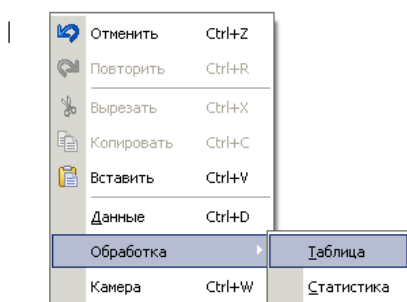



Рис.4

Отчет должен содержать:

1. Дату, фамилию и имя исполнителей, название работы.
2. Заполненную таблицу Исходные данные.
3. Графики зависимостей объема от температуры $V(T, ^\circ\text{C})$ и $V(T, \text{K})$. Следует привести пример и графика функции, которая плохо описывает экспериментальную зависимость.
4. Выводы о функциональной зависимости объема от температуры и/или иную формулировку о количественной взаимосвязи между объемом и температурой при постоянном давлении.
5. Указания на основной источник экспериментальных погрешностей для измеряемых величин и косвенных величин, рассчитываемых на основании измеряемых.

Сохранение отчета в директорию, указанную учителем, осуществляется с использованием кнопки .

Контрольные вопросы

1. Почему процесс охлаждения воздуха в данной работе можно считать изобарным?
2. Какие условия должны выполняться, чтобы, определяя параметры газа, можно было воспользоваться законом Гей-Люссака ?

Лабораторная работа

Исследование изохорного процесса

Цель работы: Целью лабораторной работы является определение взаимосвязи между параметрами газа в замкнутом сосуде при постоянном объеме.

Теоретическое введение:

Изохорный газовый процесс, иногда называется законом Шарля, является опытным газовым законом и выполняется для идеального газа. Идеальным газом называется модель реального газа, удовлетворяющая следующим требованиям:

объемом всех молекул газа можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится; молекулы обмениваются энергией посредством упругих соударений; силами взаимодействия между молекулами вне моментов столкновений можно пренебречь.

Состояние идеального газа характеризуется следующими параметрами: давлением- p , объемом- V , температурой- T , количеством вещества - $\nu = m/M$. Связывает эти параметры идеального газа уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \left(\frac{m}{M}\right) RT$$

Процессом в газе называется переход газа из одного состояния (характеризуемого параметрами p_1, V_1, T_1) в другое (с параметрами p_2, V_2, T_2). Изменение параметров газа в процессе принято изображать графически, например, в виде диаграммы (p, T) на рисунке 1.

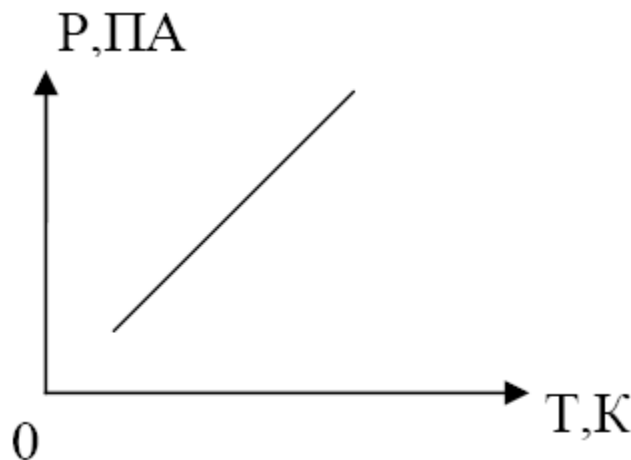


рис 1

Если в ходе процесса число молей и объем газа не меняются, то такой процесс называется изохорным. Он описывается законом Шарля: $P/T = \text{const}$. Зависимость давления газа P от температуры t (в градусах Цельсия) выражается формулой

$$P = P_0(1 + \alpha t)$$

, где P_0 — давление газа при температуре 0°C , а α — температурный коэффициент давления газа. Теоретическое значение температурного коэффициента равно $1/273 = 0.0037$.

Оборудование:

1. Прибор «Изохора» с встроенным датчиком температуры
2. Датчик абсолютного давления
3. Шланг вакуумный (25 см)

4. Штатив
5. Сосуд с водой

Описание установки:

Установка для изучения изохорного процесса (рис. 1) представляет собой цилиндрический стеклянный сосуд объемом 250 мл (1) с герметично закручивающейся крышкой. В крышку вмонтирован штуцер (2), через который осуществляется вывод кабеля датчика температуры (3), а также подключение датчика давления (4). Датчик температуры расположен в центре газового объема (1). Установка может работать вплоть до температуры 80°C, что позволяет наблюдать примерно 25% увеличение давления газа при изменении температуры от 0°C до максимальной.

При проведении измерений необходимо, чтобы температура газа была одинаковой по всему объему резервуара и чтобы датчик температуры, который сам обладает определенной теплоемкостью, успевал прийти в равновесие с окружающим его газом. Для этого изменение температуры газа должно осуществляться достаточно медленно.

Нагрев исследуемого газа проводится с помощью горячей воды. Погружение резервуара с исследуемым газом в горячую воду приводит к быстрому нагреву стенок резервуара. Установление однородного распределения температуры газа внутри резервуара происходит значительно медленнее. Для того, чтобы избежать искажений результатов эксперимента, обусловленных конечной скоростью выравнивания температуры газа и изменения температуры самого датчика, следует проводить запись данных во время остывания резервуара с газом на воздухе.

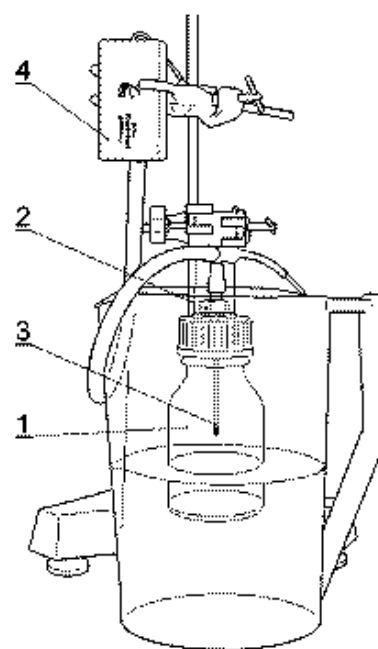



Рис. 1.


Подготовка к работе:


При проведении эксперимента исследуемый объем сначала помещается в сосуд с горячей водой и нагревается до температуры 70 - 80°C. Затем он извлекается из воды и остывает на воздухе.

1. Закрепите прибор для демонстрации изохорного процесса в штативе (рис. 1.).
2. Присоедините к установке датчик давления с помощью вакуумного шланга и закрепите его в штативе над установкой
3. Подключите датчики давления и температуры к разъему компьютера через концентратор.
4. Нагрейте необходимое количество воды до температуры 80 - 90°C

5. Погрузите установку для демонстрации изохорного процесса в горячую воду (крышка должна быть погружена в воду) и подождите 3-5 мин. (это время необходимо для полного прогрева стенок сосуда и газа внутри него).

6. Запустите программу «Практикум» , выберите сценарий «Исследование изохорного процесса».


7. Включите регистрацию данных, нажав на кнопку  «запуск измерений» и извлеките установку для демонстрации изохорного процесса из воды. Газ в резервуаре начнет остывать, что показывается кривыми и цифровыми индикаторами на экране компьютера.

8. Измерения можно остановить через 10–15 минут, когда температура газа практически становится равной комнатной температуре. Для остановки эксперимента нажмите кнопку «стоп» .

9. Проведите выбор точек для передачи в программу обработки. В программе предусмотрены два режима выбора точек для обработки:

а) Ручной выбор точек со снятых экспериментальных кривых.

Для активации этого режима в окне регистрации данных следует установить галочку рядом с надписью «По точкам».

Наведите указатель мышки на одну из точек графика и щелкните левой клавишей. На экране появится маркер жёлтого цвета. Нажмите кнопку  - откроется окно «Обработка», с таблицей, в которую будут внесены данные, соответствующие точке пересечения экспериментального графика с жёлтым маркером.


Повторяйте описанную выше операцию для заполнения таблицы обработки необходимым количеством экспериментальных точек (желательно не менее 20 точек).

б) Автоматический выбор всех экспериментальных точек принадлежащих выбранному пользователем диапазону.


Для активации этого режима в окне регистрации данных следует снять галочку рядом с надписью «По точкам».


Установите жёлтый маркер на экспериментальном графике нажатием левой кнопки мыши.

Установите зелёный маркер нажатием правой кнопки мыши.


Нажмите кнопку  - откроется окно «Обработка», с таблицей, в которую будут внесены данные, соответствующие всем экспериментальным точкам, попавшим в отмеченный между маркерами диапазон.

Обработка данных

1. Перейдите в окно «Обработка». (Если данное окно было вами закрыто, то его можно вызвать, нажав кнопку .)

2. По полученным данным постройте графики $P(T, ^\circ\text{C})$ и $P(T, \text{K})$ открыв соответствующие закладки в окне обработки данных. Получите уравнение кривых, подобрав наилучшую кривую. Для этого выберите в выпадающем списке функцию, которая наиболее точно описывает график и нажмите кнопку . Вместе с аппроксимирующей кривой на экране отобразится её уравнение.

Отчет по работе

Перейдите в окно формирования отчета (кнопка ). Отчет формируется в виде rtf – файла с использованием заложенного в этом разделе инструментарий. Вставьте в отчет рисунки, таблицы, используя меню (рис.4), появляющееся на рабочем поле по нажатию правой кнопки мыши.

Обработка полученных данных.

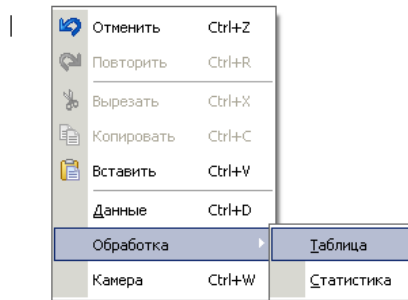



Рис.4

Отчет должен содержать:

6. дату, фамилию и имя исполнителей, название работы,
7. заполненную таблицу Исходные данные.
8. графики зависимостей давления от температуры $P(T, ^\circ\text{C})$ и $P(T, \text{K})$ с демонстрацией графиков подобранных функций описывающих экспериментальные графики наилучшим образом. Следует привести пример и графика функции, которая плохо описывает экспериментальную зависимость.
9. выводы о функциональной зависимости давления от температуры и/или иную формулировку о количественной взаимосвязи между давлением и объемом при постоянной температуре.
10. указания на основной источник экспериментальных погрешностей для измеряемых величин и косвенных величин, рассчитываемых на основании измеряемых.

Сохранение отчета в директорию, указанную учителем, осуществляется с использованием кнопки .

Контрольные вопросы

1. Какой физический смысл имеет температурный коэффициент давления газов и почему он имеет такое значение?
2. Нарисуйте диаграмму изохорного процесса в координатах $V(T)$ и $P(V)$.
3. Совершает ли работу газ при нагреве в горячей воде в начале эксперимента?