

РАЗДЕЛ 2

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
И ТЕРМОДИНАМИКА

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.1

Изучение адиабатического процесса

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и учебнике [3], §82, 97. Запустите программу. Выберите «Термодинамика и молекулярная физика», «Адиабатический процесс». Нажмите кнопку с изображением страницы во внутреннем окне. Прочитайте теорию и запишите необходимое в свой конспект лабораторной работы. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

Цель работы

- Знакомство с компьютерной моделью, описывающей адиабатический процесс в идеальном газе.
- Экспериментальное подтверждение закономерностей адиабатического процесса.
- Экспериментальное определение показателя адиабаты, количества степеней свободы и структуры молекул газа в данной модели.

Краткая теория

Состояние системы имеет **фиксированные** значения **макроскопических** параметров, описывающих систему в целом. Параметры, характеризующие систему в целом, называются **параметрами состояния**. Примерами являются температура, давление, объем и т.д.

Равновесным называется такое состояние системы, при котором все параметры системы имеют определенные значения, остающиеся **неизменными** сколь угодно долго при неизменных внешних условиях.

Обратимым называется процесс, при реализации которого в обратном направлении система проходит через **те же состояния**, что и при прямом ходе, но в обратной последовательности, и при этом в окружающей среде не происходит никаких изменений. Равновесные процессы всегда обратимы.

Круговым процессом (ЦИКЛОМ) называется процесс, при котором система после ряда изменений возвращается в **исходное** состояние.

Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)

$$pV = \frac{m}{\mu} RT.$$

Теплоемкость тела численно равна отношению количества тепла $d'Q$, сообщенного телу, к изменению температуры тела dT , которое при этом произошло:

$$C_{\text{ТЕЛА}} = \frac{d'Q}{dT}.$$

Удельной теплоемкостью вещества называется отношение теплоемкости к массе тела.

Если тело не меняет свой объем, то оно не совершает работы, поэтому при постоянном объеме тела переданное телу тепло dQ' идет на изменение его внутренней энергии dU .

Теплоемкость при постоянном объеме

$$C_V = \left(\frac{dQ'}{dT} \right)_V = \frac{dU}{dT} = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R.$$

Теплоемкость при постоянном давлении идеального газа, молекулы которого имеют i степеней свободы:

$$C_P = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_P = \frac{dU}{dT} + P \left(\frac{dV}{dT} \right)_P = \frac{i+2}{2} \frac{m}{\mu} R. \quad (1)$$

Отношение $\frac{C_P}{C_V} = \gamma$ является константой (в определенном диапазоне температур) для данного газа. Эта константа называется *показателем адиабаты*.

Формула

$$\gamma = 1 + \frac{2}{i} \quad (2)$$

устанавливает связь отношения теплоемкостей γ с **числом степеней свободы** молекулы газа i .

Число (количество) степеней свободы есть минимальное количество независимых координат, необходимых для однозначного описания положения молекулы в пространстве, или минимальное количество независимых движений, суперпозиция которых дает любое движение молекулы.

Поступательное движение всегда имеет 3 степени свободы.

Вращательное движение имеет 2 степени свободы для линейной молекулы и 3 степени свободы, если атомы в молекуле не расположены на одной линии.

Колебательное движение дает $2n_{\text{КОЛ}}$ степеней свободы, где $n_{\text{КОЛ}}$ – количество независимых колебаний атомов в молекуле (у двухатомной молекулы $n_{\text{КОЛ}} = 1$).

Адиабатическим называется процесс, происходящий без теплообмена с внешней средой ($d'Q = 0$). Уравнение адиабаты

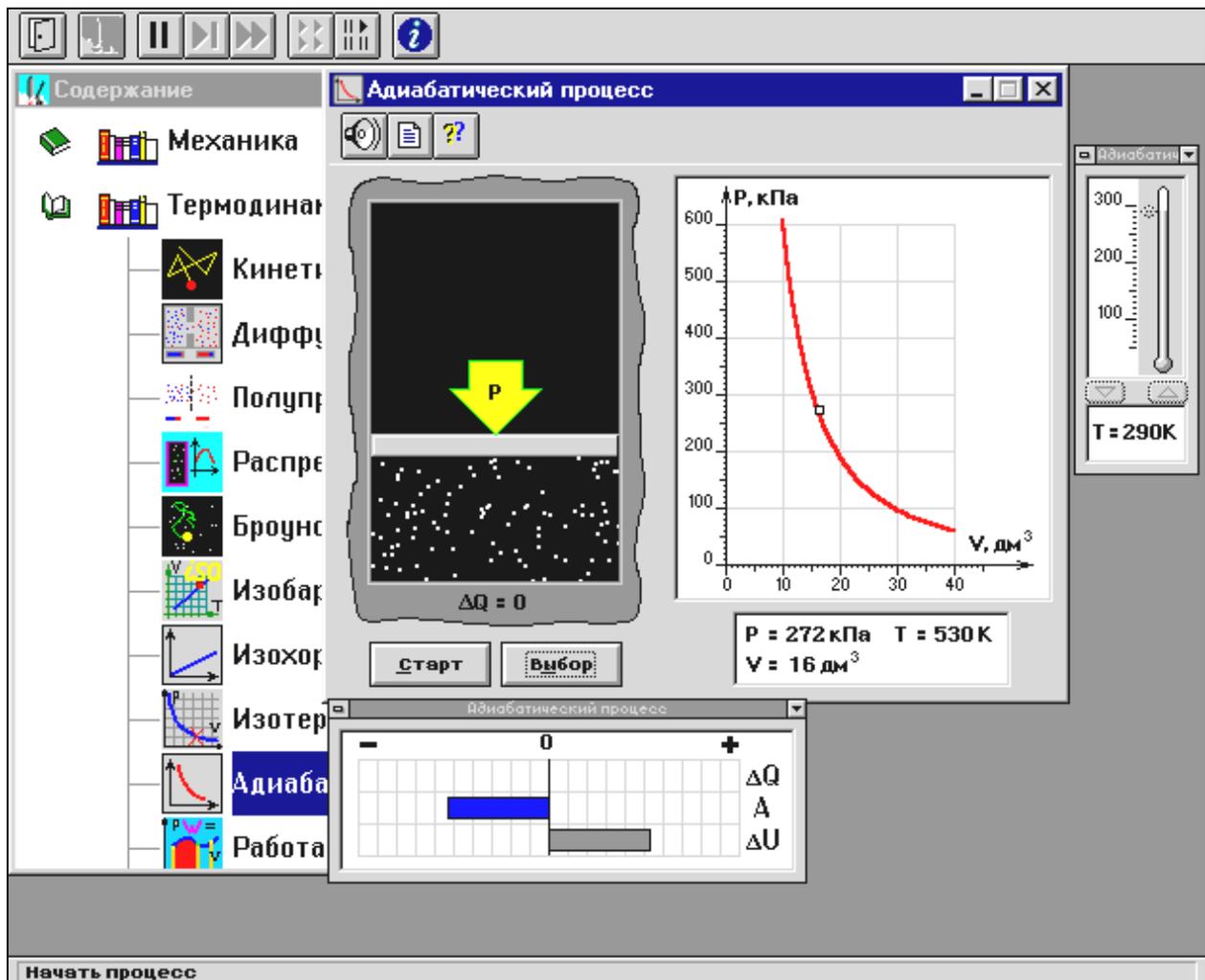
$$PV^\gamma = \text{const.} \quad (3)$$

Принято также выделять изотермический, изобарический и изохорический процессы.

Методика и порядок измерений

Внимательно рассмотрите картинку на рисунке, найдите рисунок элемента, в котором реализуется адиабатический процесс, обратите внимание на его теплоизоляцию. Найдите математическую формулировку условия теплоизоляции. Ознакомьтесь с графиками в правой части изображения.

Зарисуйте необходимое в свой конспект лабораторной работы.



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

Измерения

1. Установите начальное значение объема $V_{\text{нач}} = 40 \text{ дм}^3$ и начальную температуру T_1 газа, близкую к числам из табл.1. Для этого нажмите кнопку «ВЫБОР», переместите маркер мыши так, чтобы его острие находилось в указанной точке вблизи границы столбика на градуснике, и коротко нажмите и, удерживая левую кнопку мыши, двигайте столбик.

2. Нажмите мышью кнопку «СТАРТ» на экране и наблюдайте перемещение поршня на левой картинке модели и перемещение точки по красной кривой теоретической адиабаты. Попробуйте останавливать процесс нажатием кнопки «СТОП». Последующий запуск процесса осуществляется нажатием кнопки «СТАРТ».

3. После автоматической остановки процесса запустите его снова, нажав кнопку «СТАРТ», и останавливайте, нажимая кнопку «СТОП», когда крестик на теоретической адиабате (красная кривая) будет находиться вблизи следующих значений объема: 15, 20, 25, 30, 35 и 40 дм^3 (6 значений), записывая при остановке значения объема, температуры и давления в таблицу по форме 2.

4. Установите новое значение температуры T_2 , взяв его из табл.1, задавая $V_{\text{нач}} = 40 \text{ дм}^3$, и повторите измерения, записывая результаты в таблицу по форме 2.

Начальные значения температуры (не перерисовывать)

Таблица 1

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
T_1	50	70	100	120	140	170	200	220
T_2	230	240	250	260	270	280	290	300

Результаты измерений

Форма 2

$T[\text{K}]$							
$V[\text{дм}^3]$							
$p[\text{кПа}]$							

Обработка результатов и оформление отчета

1. Постройте на одном рисунке графики экспериментальных зависимостей логарифма давления от логарифма объема для обеих адиабат (указав на них начальные температуры).

2. Для каждой адиабаты определите по графику экспериментальное значение показателя, используя формулу

$$\gamma = -\frac{\Delta(\ln p)}{\Delta(\ln V)} .$$

3. Определите число степеней свободы молекулы газа, исследуемого в данной компьютерной модели, используя формулу (2).

4. Подберите распространенный газ, структура молекулы которого близка к наблюдаемой.

5. Запишите ответы и проанализируйте ответы и графики.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое параметры состояния системы?
2. Дайте определение равновесного состояния системы.
3. Какой процесс называется обратимым?
4. Что такое цикл?
5. Что такое уравнение состояния?
6. Для какого состояния газа можно применить модель «идеальный газ»?
7. Какому уравнению подчиняется состояние идеального газа? Напишите его.
8. Дайте определение теплоемкости тела.
9. Дайте определение удельной теплоемкости.
10. Напишите формулу для теплоемкости при постоянном объеме.
11. Напишите формулу для теплоемкости идеального газа при постоянном давлении.
12. Что такое число степеней свободы? Чему оно равно для одноатомной молекулы?
13. Что такое показатель адиабаты?
14. Напишите формулу связи показателя адиабаты с числом степеней свободы молекулы идеального газа.
15. Дайте определение адиабатического процесса.
16. Напишите уравнение адиабатического процесса.
17. Дайте определение изопроцесса. Перечислите известные изопроцессы.
18. Напишите уравнение и нарисуйте PV -диаграмму изотермического процесса.
19. Напишите уравнение и нарисуйте PV -диаграмму изобарического процесса.
20. Напишите уравнение и нарисуйте PV -диаграмму изохорического процесса.