

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4_1 АДИАБАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и учебнике (Савельев, т.1, §82,97). Запустите программу PHYSICS\BOOKS.exe. Нажмите мышью кнопки «Термо», «Адиабатический процесс», «Физика» на экране. Запишите необходимое в свой конспект лабораторной работы.

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. 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 $C_V = \left(\frac{dQ'}{dT} \right)_V = \frac{dU}{dT}$.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ ПРИ ПОСТОЯННОМ ДАВЛЕНИИ идеального газа, молекулы которого имеют i степеней свободы

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

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

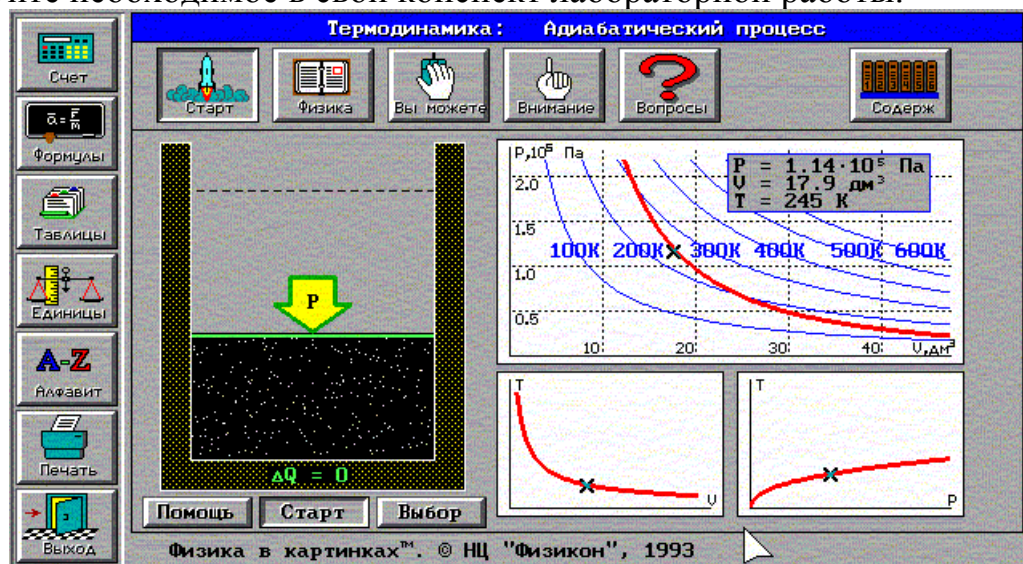
Формула $\gamma = 1 + \frac{2}{i}$ (2) устанавливает связь отношения теплоемкостей γ с ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ молекулы газа i (см. учебник).

АДИАБАТИЧЕСКИМ называется процесс, происходящий без теплообмена с внешней средой ($d'Q = 0$). Уравнение адиабаты $PV^\gamma = \text{const}$ (3).

Принято также выделять ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ, ИЗОБАРИЧЕСКИЙ и ИЗОХОРИЧЕСКИЙ процессы.

Нажмите мышью кнопку «Старт» вверху экрана. Внимательно рассмотрите картинку, 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, найдите графики изотерм и адиабаты.

Зарисуйте необходимое в свой конспект лабораторной работы.



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

1. Установите начальное значение объема $V_{\text{нач}} = 40 \text{ дм}^3$ и начальную температуру T_1 газа, близкую к числам из табл.1 (при этом ориентируйтесь на надписи температуры около изотерм, изображенных на этом же графике).

Для этого нажмите кнопку <ВЫБОР>, переместите маркер мыши так, чтобы его острие находилось в указанной точке на верхнем графике, и коротко нажмите на левую кнопку мыши. После этого красная кривая теоретической адиабаты должна переместиться так, чтобы проходить через выбранную точку.

2. Нажмите мышью кнопку <ПУСК> на экране и наблюдайте перемещение поршня на левой картинке модели и перемещение точки по красной кривой теоретической адиабаты. Попробуйте останавливать процесс нажатием клавиши “Pause” на клавиатуре компьютера. Последующий запуск процесса осуществляется нажатием пробела.

3. После автоматической остановки процесса запустите его снова, нажав клавишу пробела на клавиатуре компьютера, и останавливайте, нажимая клавишу “Pause”, когда крестик на теоретической адиабате (красная кривая) будет находиться вблизи следующих значений объема: 15, 20, 25, 30, 35 и 40 дм³ (6 значений), записывая при остановке значения объема, температуры и давления в таблицу 2.

4. Установите новое значение температуры T_2 , взяв его из таблицы 1, задавая $V_{\text{нач}} = 40$ дм³ и повторите измерения, записывая результаты в табл. 3.

ТАБЛИЦА 1. Начальные значения температуры (не перерисовывать)

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
T_1	150	200	250	300	350	400	300	200
T_2	300	350	400	450	500	550	500	450

ТАБЛИЦЫ 2,3 Результаты измерений

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

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 по работе 4_1

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 физического 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.