

Лабораторная работа № 2.1

АДИАБАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

2.1.1. Цель работы

Целью лабораторной работы является подтверждение закономерностей адиабатического процесса и экспериментальное определение показателя адиабаты, количества степеней свободы и структуры молекул газа в данной модели.

2.1.2. Краткая теория

Адиабатическим называется процесс, при котором отсутствует теплообмен между системой и окружающей средой.

$$\delta Q = 0. \quad (2.1.1)$$

К адиабатическим процессам можно отнести все быстротекущие процессы.

Адиабатические процессы применяются в двигателях внутреннего сгорания (расширение и сжатие горючей смеси в цилиндрах), в холодильных установках и т. д.

Первое начало термодинамики в дифференциальной форме

$$\delta Q = \delta A + dU, \quad (2.1.2)$$

в интегральной форме

$$Q = A + \Delta U. \quad (2.1.3)$$

Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу A системы против внешних сил и изменение ΔU внутренней энергии системы.

Для адиабатического процесса

$$A = -\Delta U, \quad (2.1.4)$$

т. е. работа совершается за счет убыли внутренней энергии системы.

Уравнение адиабаты

$$pV^\gamma = \text{const} \quad (2.1.5)$$

называется уравнением Пуассона.

Показатель адиабаты γ (или коэффициент Пуассона)

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i}, \quad (2.1.6)$$

где i – число степеней свободы молекулы.

Число степеней свободы – минимальное количество независимых координат, необходимых для однозначного описания положения молекулы в пространстве.

Для одноатомной молекулы $i = 3$ (все степени поступательные).

Для двухатомной $i = 5$ (3 поступательные и 2 вращательные).

Для трех- и более атомной $i = 6$ (3 поступательные и 3 вращательные).

2.1.3. Порядок выполнения работы

Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите «Термодинамика и молекулярная физика», «Адиабатический процесс». Нажмите сверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

Внимательно рассмотрите рисунок 2.1.1, найдите все регулируемые величины и запишите их в соответствующую таблицу в отчете (см. с. 6).

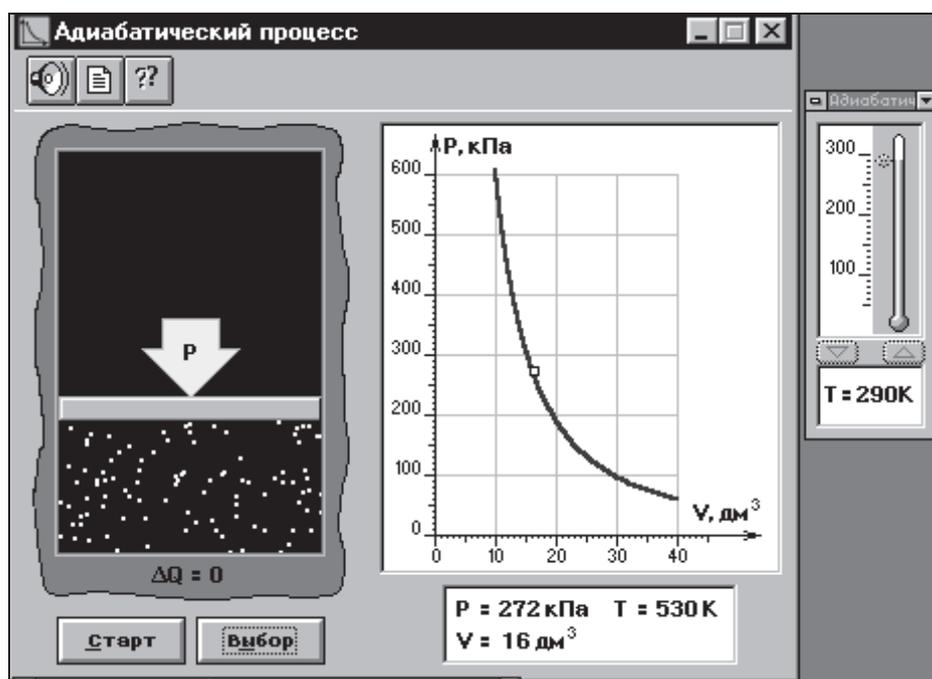


Рис. 2.1.1. Адиабатический процесс

1. Установите начальную температуру T_1 газа, указанную в табл. 2.1.1 для вашей бригады. Для этого нажмите кнопку «Выбор», переместите маркер мыши так, чтобы его острие находилось в указанной точке вблизи границы столбика на градуснике. Удерживая левую кнопку мыши, двигайте столбик (можно также использовать стрелки). Начальное значение объема $V_{\text{нач}} = 40 \text{ дм}^3$ устанавливается программой автоматически.

2. Нажмите мышью кнопку «Старт» на экране и наблюдайте перемещение поршня на левой картинке модели и перемещение маленького квадратика 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 квадратик на теоретической адиабате (красная кривая) будет находиться вблизи следующих значений объема: 15, 20, 25, 30, 35 и 40 дм^3 (6 значений). При остановке запишите значения объема, давления и температуры в табл. 2.1.2.

Если у вас не получается останавливать процесс в указанных точках, то можно провести измерения в пошаговом режиме. Для этого щелкните мышью кнопку «||» в верхнем ряду кнопок. Нажмите кнопку «Старт».

Нажимайте мышью несколько раз кнопку «▶|» вверху окна, пока не получите нужное значение объема. Запишите необходимые величины в табл. 2.1.2. Для продолжения эксперимента опять нажимайте кнопку «▶|», пока не достигните следующей точки, и т. д. Для завершения эксперимента нажмите кнопку «▶▶».

4. Установите новое значение температуры T_2 (см. табл. 2.1.1) и повторите измерения, записывая результаты в табл. 2.1.3.

Таблица 2.1.1

Начальные значения температуры

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
T_1 , К	50	70	100	120	90	100	110	120
T_2 , К	230	240	250	260	270	280	290	300

Таблица 2.1.2

Результаты измерений ($T_1 = \text{_____ К}$)

V , дм ³	40	35	30	25	20	15
p , кПа						
T , К						
$\ln V$						
$\ln p$						

Таблица 2.1.3

Результаты измерений ($T_2 = \text{_____ К}$)

V , дм ³	40	35	30	25	20	15
p , кПа						
T , К						
$\ln V$						
$\ln p$						

2.1.4. Обработка результатов измерений

1. Заполните полностью таблицы 2.1.2 и 2.1.3, рассчитав все необходимые величины. При вычислении логарифмов объем и давление в систему СИ переводить не нужно.

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

3. Для каждой адиабаты определите по графику (см. с. 7) экспериментальное значение показателя по формуле

$$\gamma = -\frac{\Delta(\ln p)}{\Delta(\ln V)}. \quad (2.1.7)$$

4. Рассчитайте среднее значение γ , абсолютную и относительную погрешности (см. с. 7 – 8).

5. По среднему значению γ определите число степеней свободы молекулы газа, исследуемого в данной компьютерной модели, используя формулу (2.1.6).

6. Запишите ответы и проанализируйте их.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой процесс называется адиабатным и где он применяется?
2. Сформулируйте первое начало термодинамики.
3. Что такое число степеней свободы? Чему оно равно для одно-, двух-, трехатомной молекулы?
4. Запишите и сформулируйте первый закон термодинамики для адиабатного процесса.
5. Запишите уравнение Пуассона для адиабатного процесса.
6. Чему равен показатель адиабаты?
7. Что называется изопроцессом? Перечислите известные изопроцессы.