

Расчет изопроцессов в идеальном газе

Чжоу Валентина Юйляновна

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является описание изопроцессов, приведение расчетов, а также сравнение каждого из процессов. Используются поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования. В результате исследования приведены формулы, рассчитана работа газом.

Ключевые слова: изопроцесс, идеальный газ, изохорный процесс, изобарный процесс, изотермический процесс.

Calculation of isoprocesses in an ideal gas

Chzhou Valentina Yuylyanovna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The aim of this study is to describe isoprocesses, provide calculations, and compare each process. Exploratory, analytical, and computational research methods were used. The study resulted in formulas and gas work calculations.

Keywords: isoprocess, ideal gas, isochoric process, isobaric process, isothermal process.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Изучение изопроцессов в идеальном газе является одной из фундаментальных задач классической термодинамики, сохраняющей свою значимость и в современной науке и технике. Несмотря на кажущуюся простоту, изотермические, изобарные и изохорные процессы лежат в основе понимания закономерностей тепловых явлений и энергетических преобразований. Они позволяют установить взаимосвязь между макроскопическими параметрами системы – давлением, объёмом и температурой, - что делает их важным инструментом для анализа поведения газов в различных физических условиях.

1.2 Обзор исследований

В статье Е. В. Савченко рассматривается процесс решения задач по курсу общей физики на примере темы «Изопроцессы». Приведена классификация задач по данной теме, а также алгоритм решения. Выделены

основные этапы решения [1]. Статья Д. С. Сиденко посвящена применению первого начала термодинамики к некоторым процессам в идеальном газе, при которых один из термодинамических параметров остается постоянным [2]. Рассматриваются вопросы формирования УУД у старших школьников и студентов профессиональных учебных заведений в курсе изучения физики на примере темы «Применение первого закона термодинамики к изопроцессам» в статье Е. И. Базанова [3]. В статье Л. Ф. Ильиной, Н. Н. Котовой рассмотрена методика преподавания на первом и втором этапах обучения учащихся физике в общеобразовательной средней школе. Методика предполагает использование современных интерактивных технологий [4]. Представленная имитационная термодинамическая модель позволяет преодолеть существующие ограничения, и в рамках учебного процесса дает возможность исследования разных термодинамических процессов в идеальных и реальных газах в контролируемой виртуальной среде. Для демонстрации практической значимости разработанного алгоритма, приводятся примеры решения конкретных задач, имеющих как прикладное, так и образовательное значение. в исследовании М. С. Фадеевой [5].

1.3 Цель исследования

Целью исследования является описание изопроцессов, приведение расчетов, а также сравнение каждого из процессов.

2. Материалы и методы

Основой исследования послужили теоретические модели поведения идеального газа, описываемые уравнением Менделеева–Клапейрона, а также анализ и обработка экспериментальных данных, заимствованных из открытых учебных источников и типовых лабораторных работ по физике. Такой подход позволил рассмотреть изопроцессы в идеализированных условиях и сосредоточиться на проверке фундаментальных газовых законов.

3. Результаты и обсуждение

В основе всех расчётов лежит уравнение Менделеева–Клапейрона:

$$pV = nRT$$

где

p - давление (Па)

V - объём (м^3)

n - количество вещества (моль)

$R=8,314$ Дж/моль - универсальная газовая постоянная

T - температура (К)

Для примеров расчётов рассмотрим 1 моль идеального газа:

$n = 1$ моль

Изопроцесс является термодинамическим процессом, протекающим при постоянстве одного из параметров состояния газа. В термодинамике состояние

газа обычно описывается тремя основными величинами: давлением p , объёмом V и температурой T .

Если один из этих параметров остаётся неизменным, процесс называется изопроцессом.

Основные виды изопроцессов

Изотермический процесс – это термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре ($T = \text{const}$). Это означает, что внутренняя энергия идеального газа (которая зависит только от температуры) в ходе процесса не изменяется.

Согласно закону Бойля-Мариотта.

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

Работа при изотермическом расширении

$$A = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right).$$

Особенностями данного процесса являются: внутренняя энергия идеального газа не изменяется, количество подведённой теплоты равно работе газа, а также На p - V диаграмме изображается гиперболой.

Пример расчёта

Рассмотрим изотермический процесс расширения газа, протекающий при постоянной температуре $T=300\text{K}$. Предположим, что начальный объём газа составляет $V_1 = 0,01 \text{ м}^3$, после чего газ расширяется до объёма $V_2 = 0,02 \text{ м}^3$

Работа газа составляет

$$A = 1 \cdot 8,314 \cdot 300 \cdot \ln \left(\frac{0,02}{0,01} \right) = 2494,2 \cdot \ln(2) \approx 2494,2 \cdot 0,693 \approx 1728 \text{ Дж}.$$

Для идеального газа внутренняя энергия зависит только от температуры

$$\Delta U = 0.$$

По первому началу термодинамики

$$Q = A = 1728 \text{ Дж}.$$

Работа газа при изотермическом процессе равна 1728 Дж.

Изобарный процесс ($p=\text{const}$), протекающий при постоянном давлении.

Основной закон – закон Шарля

$$\frac{V}{T} = \text{const}.$$

Особенностями являются: газ совершает работу при изменении объёма, подведённое тепло расходуется как на работу, так и на изменение внутренней энергии, на p - V диаграмме изображается горизонтальной линией.

Работа газа

$$A = p(V_2 - V_1).$$

Используя уравнение состояния

$$A = nR(T_2 - T_1).$$

Изменение внутренней энергии

Для одноатомного идеального газа

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1).$$

Количество теплоты

$$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2}nR(T_2 - T_1) = nC_p\Delta T.$$

Пример расчёта

Пусть газ нагревается от $T_1 = 300$ К $T_2 = 400$ К при постоянном давлении.

Работа

$$A = nR\Delta T = 1 \cdot 8,314 \cdot 100 = 831,4 \text{ Дж.}$$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 8,314 \cdot 100 = 1247 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты

$$Q = \frac{5}{2} \cdot 8,314 \cdot 100 = 2078,5 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты при изобарном процессе равно 2078,5 Дж.

Изохорный процесс ($V=\text{const}$)

Основной закон – закон Гей-Люссака

$$\frac{p}{T} = \text{const.}$$

Особенности изохорного процесса: работа газа отсутствует, так как объём не изменяется, всё подведённое тепло идёт на изменение внутренней энергии, Давление изменяется пропорционально температуре.

Работа газа

Так как объём не изменяется

$$A = 0.$$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1).$$

Количество теплоты

$$Q = \Delta U = nC_v\Delta T.$$

Пример расчёта

Пусть газ нагревается от 300 К до 400 К при постоянном объёме.

Работа

$$A = 0.$$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 8,314 \cdot 100 = 1247 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты

$$Q = 1247 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты при изохорном процессе равно 1247 Дж.

Сравнение изопроцессов

Таблица 1 – Сравнительная таблица изопроцессов

Процесс	Постоянная величина	Работа А	Изменение энергии ΔU	Количество теплоты Q
Изотермический	T	$nRT \ln(V_1/V_2)$	0	A
Изобарный	p	$nR\Delta T$	$3/2 nR\Delta T$	$5/2 nR\Delta T$
Изохорный	V	0	$3/2 nR\Delta T$	$3/2 nR\Delta T$

Представлены изопроцессы на рисунке (рис. 1).

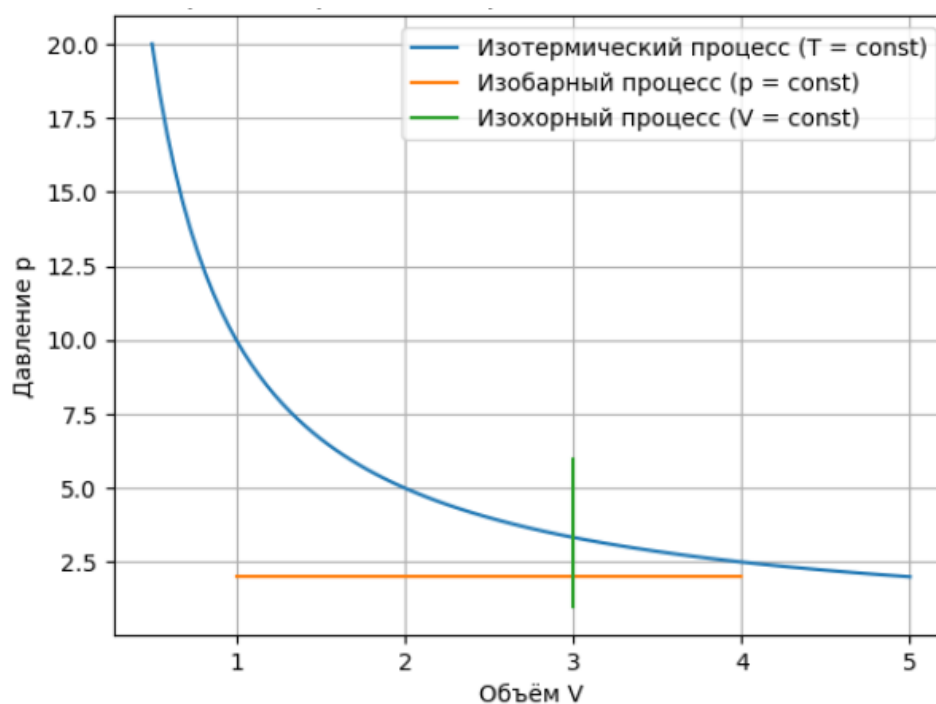


Рисунок 1 – Изопроцессы на диаграмме

4. Выводы

В ходе проделанной работы исследованы основные изопроцессы, протекающие в идеальном газе: изотермический, изобарный и изохорный. На основе уравнения состояния идеального газа $pV=nRT$ получены

аналитические соотношения, описывающие поведение давления, объёма и температуры при постоянстве одного из этих параметров.

Данные, полученные при исследовании изопротессов идеального газа, имеют широкую область применения - от инженерных и энергетических задач до образовательной и научной деятельности.

Библиографический список

1. Савченко Е. В. Решение задач по теме "Изопротессы" курса общей физики // Мир современной науки. 2021. №. 6(70). С. 13-18. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48689227> (Дата обращения: 13.04.26).
2. Сиденко Д. С. Циклические процессы применение первого начала термодинамики для изопротессов // Инновации. Наука. Образование. 2022. №. 71. С. 322-325. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50117888> (Дата обращения: 13.04.26).
3. Базанова Е. И. Формирование универсальных учебных действий при изучении темы "Основы термодинамики // Наука и образование: новое время. 2017. №. 2(19). С. 345-357. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29148752> (Дата обращения: 13.04.26).
4. Ильина Л. Ф. Котова Н. Н. Сравнительный анализ форм и методов преподавания физики на разных этапах её изучения // Вестник Карагандинского университета. Серия: Физика. 2018. №. 2(90). С. 94-103. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44691362> (Дата обращения: 13.04.26).
5. Фадеева М. С. Тихонов А. И. Использование имитационной термодинамической системы в учебном процессе при изучении термодинамических процессов // ИТ. Наука. Креатив: Материалы II Международного форума. В 5-ти томах, Омск, 13–15 мая 2025 года. Омск: Омский государственный технический университет, 2025. С. 109-119. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82969464> (Дата обращения: 13.04.26).