

Лабораторная работа 1.12

1. Цель работы: Определение отношения удельных Теплоемкостей воздуха

2. Что такое молярная и удельная Теплоемкости ?

Молярная Теплоемкость (C):

Молярная Теплоемкость измеряет количество Тепла, которое необходимо передать одному молекуле или одному молю вещества, чтобы повысить его Температуру на 1 градус Цельсия (или 1 Жельвин).

Единицей измерения молярной Теплоемкости является джоуль на моль в градус Цельсия ($\text{J}/(\text{mol} \cdot ^\circ\text{C})$)

Удельная Теплоемкость измеряет количество Тепла, которое необходимо передать одному грамму вещества, чтобы повысить его Температуру на 1 градус Цельсия (или 1 Жельвин). (с.1)

Единицей измерения удельной Теплоемкости является джоуль на грамм в градус Цельсия ($J/(g \cdot ^\circ C)$).

3. Какие и сколько Теплоемкостей различают у газа ?

У газов существует несколько различных Теплоемкостей, и количество их зависит от условий процесса.

Важными Теплоемкостями для газов являются:

1. Удельная Теплоемкость при постоянном объеме (C_v):

Эта Теплоемкость измеряет количество Тепла, необходимое для изменения Температуры газа при постоянном объеме.

Удельная Теплоемкость при постоянном объеме обозначается как C_v и измеряется в джоулях на грамм в градус Цельсия ($J/(g \cdot ^\circ C)$) или джоулях на моль в градус Цельсия ($J/(mol \cdot ^\circ C)$). (с.2)

2. Удельная Теплоемкость при постоянном давлении C_p :

Эта Теплоемкость измеряет количество Тепла, необходимое для изменения Температуры газа при постоянном давлении.

Удельная Теплоемкость при постоянном давлении обозначается как C_p и также измеряется в джоулях на грамм в градус Цельсия ($J/(g \cdot ^\circ C)$) или джоулях на моль в градус Цельсия ($J/(mol \cdot ^\circ C)$).

3. Молярная Теплоемкость при постоянном объеме (C_v):

Это аналогичное значение, но измеряется для молекулы или моля вещества при постоянном объеме.

Молярная Теплоемкость при постоянном объеме обозначается как C_v и измеряется в джоулях на моль в градус Цельсия ($J/(mol \cdot ^\circ C)$).

4. Молярная Теплоемкость при постоянном давлении (C_p):

Это аналогичное значение, но измеряется для молекулы или моля вещества при постоянном давлении. (с.3)

Молярная Теплоемкость при постоянном давлении обозначается как C_p и измеряется в джоулях на моль в градус Цельсия ($J/(mol \cdot ^\circ C)$).

Количество Теплоемкостей для газов может быть запутанным, так как они зависят от условий процесса (постоянный объем или постоянное давление), но они имеют важное значение при рассмотрении термодинамических процессов и уравнений состояния газов, таких как уравнение состояния идеального газа.

4. Какая Теплоемкость больше и почему?

Уравнение Р. Майера.

Теплоемкость при постоянном давлении (C_p) обычно больше, чем Теплоемкость при постоянном объеме (C_v) для большинства веществ, и это связано с тем, как энергия тепла распределяется при изменении температуры в разных условиях. (с.4)

Уравнение Майера (или уравнение Теплоемкости) объясняет эту разницу и выглядит следующим образом:

$$C_p - C_v = R$$

где:

C_p – Теплоемкость при постоянном давлении.

C_v – Теплоемкость при постоянном объеме.

R – универсальная газовая постоянная.

Уравнение Майера показывает, что разница между Теплоемкостями при постоянном давлении и постоянном объеме равна универсальной газовой постоянной R . Это уравнение имеет фундаментальное значение в Термодинамике газов.

Почему C_p обычно больше C_v ? Это связано с тем, что при постоянном давлении часть добавленного Тепла идет на выполнение работы с расширением газа (поддержание постоянного давления), что увеличивает общее количество Тепла, необходимого для изменения Температуры.

(с. 5)

При постоянном объеме работа с расширением отсутствует, поэтому вся добавленная энергия идет на увеличение температуры, что приводит к меньшей Теплоемкости C_v .

Различие в Теплоемкостях C_p и C_v важно для понимания Термодинамических процессов, таких как изменение температуры и давления в газах.

5. Формулы C_v и C_p через число степеней свободы.

Молярные Теплоемкости при постоянном объеме (C_v) и при постоянном давлении (C_p) могут быть выражены через число степеней свободы (N) с использованием следующих формул:

$$C_v = (N / 2)R$$

$$C_p = ((N + 2) / 2)R$$

где:

C_v – молярная Теплоемкость при постоянном объеме,

C_p – молярная Теплоемкость при постоянном давлении,

N – число степеней свободы молекул вещества, (с.6)

R – универсальная газовая постоянная ($R = 8.314$)

Дж/(моль·К) или $R = 0.0821$ л·атм/(моль·К)).

Число степеней свободы (N) зависит от молекулярной структуры вещества и определяется числом способов, которыми молекулы могут хранить энергию (кинетическую и потенциальную) в виде трансляционных, ротационных и вибрационных движений. Например, для мономерных идеальных газов, таких как атомы инертных газов (например, гелий, неон), $N = 3$, т.к. у них есть только трансляционные степени свободы. Для двухатомных молекул, таких как азот (N) или кислород (O), $N = 5$, т.к., помимо трансляционных, есть также ротационные степени свободы.

Таким образом, зная число степеней свободы молекул вещества, можно вычислить молярные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении с использованием указанных формул. (с.7)

6. Сколько и какие степени свободы у одно-, двух- и трех- атомного газа?

Одноатомный газ: 3 степени свободы.

Двухатомный газ: 5 степеней свободы.

Трехатомный газ: 10 степеней свободы.

7. Записать показатель адиабаты $\gamma = C_p / C_v$ через число степеней свободы.

Показатель адиабаты (γ) можно записать через число степеней свободы (N) следующим образом:

$$\gamma = (C_p / C_v)$$

Из предыдущего ответа мы знаем, что

$$C_v = (N / 2) R$$

$$C_p = ((N + 2) / 2) R$$

Теперь мы можем выразить γ через N :

$$\gamma = ((N + 2) / (N / 2)) = ((N + 2) \cdot 2 / N) = (2N + 4) / N$$

(с.8)

Таким образом, показатель адиабаты γ можно записать как $(2N + 4) / N$ в зависимости от числа степеней свободы (N).

8. Каким способом вы определили C_p/C_v

Для определения отношения C_p/C_v (показатель адиабаты, обозначаемый γ), можно использовать уравнения, связанные с молярными теплоемкостями при постоянном давлении (C_p) и при постоянном объеме (C_v).

Сначала мы знаем, что:

$$C_p = ((N + 2) / 2)R$$

$$C_v = (N / 2)R$$

где:

C_p – молярная теплоемкость при постоянном давлении.

C_v – молярная теплоемкость при постоянном объеме.

N – число степеней свободы молекулы.

R – универсальная газовая постоянная. (с.9)

Исходя из этих уравнений, мы можем записать отношение C_p/C_v как:

$$C_p/C_v = ((N + 2) / 2)R / (N / 2)R$$

R сокращается в числителе и знаменателе, и у нас остается:

$$C_p/C_v = ((N + 2) / (N / 2))$$

Далее, для упрощения выражения, мы можем умножить верхнюю и нижнюю части на 2, получая:

$$C_p/C_v = (2(N + 2) / N)$$

Таким образом, отношение C_p/C_v (показатель адиабаты, γ) выражается как $(2(N + 2) / N)$ в зависимости от числа степеней свободы (N).

9. Какие процессы при этом осуществлялись над газом? Показатель адиабаты (γ) определяется для газа в зависимости от того, какие процессы происходили над этим газом. Для расчета показателя адиабаты обычно рассматривают два типа процессов: (с.10)

Адиабатический процесс (постоянное Q):

В адиабатическом процессе не происходит обмена Теплом между системой (газом) и окружающей средой.

В этом случае изменение Теплоемкости при постоянном объеме (C_v) и при постоянном давлении (C_p) играет важную роль.

Показатель адиабаты γ определяется как отношение C_p к C_v , как было объяснено выше.

Изохорический и изобарический процессы (постоянное V или постоянное P):

В изохорическом процессе газ находится при постоянном объеме (V постоянно).

В изобарическом процессе газ находится при постоянном давлении (P постоянно).

В этих процессах изменение молярной Теплоемкости (C_v и C_p) не влияет на показатель адиабаты, т.к. Q (Тепло) остается постоянным. (с.11)

Таким образом, показатель адиабаты (γ) зависит от типа процесса, который происходит над газом.

В случае адиабатического процесса он определяется отношением молярных теплоемкостей C_p и C_v , как было показано в предыдущих ответах. В случае изохорического и изобарического процессов, он остается постоянным и не зависит от C_p и C_v .

Ю. Поясните изохорический, изобарический, изотермический и адиабатический процессы: процессы, анализ, графики.

Изохорический процесс (постоянный объем):
В этом процессе объем системы остается постоянным ($V = \text{const}$).

Внутренняя энергия газа изменяется только за счет обмена теплом. (с.12)

Изобарический процесс (постоянное давление):

В этом процессе давление системы остается постоянным ($p = \text{const}$).

Объем газа изменяется, а работа выполняется при постоянном давлении.

Изотермический процесс (постоянная температура):

В этом процессе температура системы остается постоянной ($T = \text{const}$).

Давление и объем изменяются, и работа происходит при постоянной температуре.

На графике p - V это гипербола (в случае идеального газа).

Адиабатический процесс (без теплообмена):

В этом процессе нет обмена теплом между системой и окружающей средой ($Q = 0$).

Внутренняя энергия меняется только за счет работы и является самой сложной формой процесса. (с.13)

На графике p - V это кривая линия.

11. Как изменялись параметры газа: P , V , T в данной работе?

Параметры газа P , V и T изменяются в четырех основных термодинамических процессах следующим образом:

В изохорическом процессе (постоянный объем) P может изменяться, T может измениться.

В изобарическом процессе (постоянное давление) V изменяется, P и T могут измениться.

В изотермическом процессе (постоянная температура) P и V изменяются, но T остается постоянной.

В адиабатическом процессе (без теплообмена) P и V изменяются в соответствии с законами сохранения энергии, без изменения T (если процесс идеальный). (с.14)

12. Вывод рабочей формулы.

Рабочая формула для процесса определения показателя адиабаты γ по известным значениям молярных теплоемкостей при постоянном давлении (C_p) и при постоянном объеме (C_v) выглядит следующим образом: $\gamma = C_p / C_v$