

Работа 2.24

Исследование изменения энтропии в изолированной системе

Оборудование: калориметр, сосуд с водой, лед, термометр, электроплитка, весы.

Введение

Для описания поведения *термодинамических систем с помощью второго начала термодинамики* Клаузиус ввел функцию, зависящую от параметров состояния, и назвал ее *энтропией*. В термодинамике доказывается, что для всяких конечных *обратимых процессов* между двумя разными состояниями A и B системы (рис. 2.35) сумма *приведенных теплот* $\delta Q/T$, соответствующих *элементарным обратимым процессам*, зависит только от параметров начального и конечного ее состояний и не зависит от пути перехода системы из состояния A в состояние B . Иначе говоря, при обратимых процессах величина $\delta Q/T$ является полным дифференциалом некоторой функции параметров состояния, т. е.

$$\frac{\delta Q}{T} = dS. \quad (1)$$

Функция параметров состояния системы S была названа *энтропией*.

Из формулы (1) имеем:

$$S = \int \frac{\delta Q}{T} + C,$$

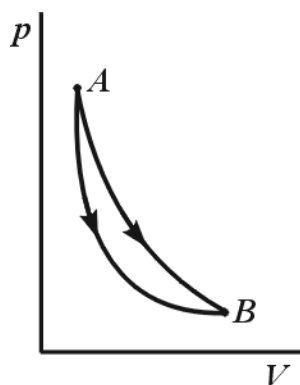


Рис. 2.35

где константа C является неопределенной постоянной интегрирования. Приведенные рассуждения показывают, что невозможно определить абсолютное значение энтропии, можно только найти разность энтропий $S_B - S_A$ двух состояний B и A . Энтропия некоторого тела или системы вообще может либо увеличиваться, либо уменьшаться. При выполнении идеального кругового обратимого процесса энтропия системы не меняется. Для реальных необратимых процессов, (как круговых, так и не круговых), происходящих в изолированной системе, энтропия системы повышается.

Пользуясь понятием энтропии, основное содержание второго закона термодинамики можно сформулировать так: *любой процесс в изолированной системе подчиняется условию: $\Delta S \geq 0$.*

Описание метода и установки. В данной работе определяется изменение энтропии в изолированной системе, в которой происходят необратимые процессы теплообмена.

Если опустить лед в калориметр с водой, то он будет плавиться за счет тепла, отдаваемого водой и калориметром. Плавление льда является необратимым процессом, поскольку лед сам по себе снова в калориметре не появится. Изменение энтропии при плавлении льда:

$$\Delta S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T_0} = \frac{1}{T_0} \int_1^2 \delta Q,$$

откуда

$$\Delta S_1 = \frac{Q_{\text{пл}}}{T_0} = \frac{\lambda m_{\text{л}}}{T_0},$$

где $Q_{\text{пл}}$ — количество теплоты, затраченное на плавление льда, λ — удельная теплота плавления льда, $m_{\text{л}}$ — масса льда, T_0 — температура плавления льда (273 К).

Вода, образовавшаяся при таянии льда, в результате получения теплоты нагревается от температуры T_0 до θ . При этом изменение энтропии будет равно:

$$\Delta S_{2\text{в}} = m_{\text{л}} \int_{T_0}^{\theta} \frac{\delta Q}{T} = m_{\text{л}} \int_{T_0}^{\theta} \frac{dT}{T} = m_{\text{л}} \ln \left(\frac{\theta}{T_0} \right),$$

где $c_{\text{в}}$ — удельная теплоемкость воды.

Вода, находящаяся в калориметре, отдавая теплоту, охлаждается от температуры T_1 до θ . Изменение энтропии при этом процессе будет:

$$\Delta S_{3\text{в}} = m_{\text{в}} \int_{T_1}^{\theta} \frac{\delta Q}{T} = m_{\text{в}} \int_{T_1}^{\theta} \frac{dT}{T} = m_{\text{в}} \ln \left(\frac{\theta}{T_1} \right),$$

где $m_{\text{в}}$ — масса воды в калориметре.

Теплоту будет отдавать и калориметр, охлаждаясь от температуры T_1 до θ . Изменение энтропии при этом будет:

$$\Delta S_{4\text{к}} = m_{\text{к}} \int_{T_1}^{\theta} \frac{\delta Q}{T} = m_{\text{к}} \int_{T_1}^{\theta} \frac{dT}{T} = m_{\text{к}} \ln \left(\frac{\theta}{T_1} \right),$$

где $c_{\text{к}}$ — удельная теплоемкость вещества калориметра, $m_{\text{к}}$ — масса калориметра.

Учитывая свойство аддитивности энтропии, можно рассчитать изменение энтропии всей системы:

$$\Delta S = \frac{\lambda m_{\text{л}}}{T_0} + c_{\text{в}} m_{\text{л}} \ln \left(\frac{\theta}{T_0} \right) + c_{\text{в}} m_{\text{в}} \ln \left(\frac{\theta}{T_1} \right) + c_{\text{к}} m_{\text{к}} \ln \left(\frac{\theta}{T_1} \right). \quad (2)$$

Чтобы добиться наименьшей поправки на потерю теплоты в окружающую среду, необходимо, чтобы температура воды в калориметре перед опусканием льда была примерно на столько градусов выше комнатной, на сколько она будет ниже ее после процесса плавления.

Порядок выполнения работы

1. Взвешиванием определите массу внутреннего стакана калориметра m_k .
2. Налейте во внутренний стакан некоторое количество воды и определите ее массу m_b .
3. Нагрейте воду в калориметре на 4 — 5 К выше комнатной и с помощью термометра определите начальную температуру воды и калориметра T_1 перед опусканием льда.
4. Опустите лед в воду, находящуюся в калориметре. Когда лед полностью растает и показания термометра перестанут изменяться, найдите температуру смеси θ .
5. Определите массу растаявшего льда m_l .
6. На основании полученных данных по формуле (2) рассчитайте изменение энтропии всей системы и сделайте вывод.
7. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	m_k , кг	m_b , кг	m_l , кг	T_0 , К	T_1 , К	θ , К	c_k , Дж/кг·К	c_b , Дж/кг·К	λ , Дж/кг	ΔS , Дж/К
-------	------------	------------	------------	-----------	-----------	--------------	--------------------	--------------------	----------------------	----------------------

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Исследуйте изменение энтропии в изолированной системе при конденсации пара.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется приведенной теплотой?
2. Какие процессы называются обратимыми и необратимыми?
3. Дайте определение энтропии.
4. Запишите и разъясните неравенство Клаузиуса.
5. Как изменяется энтропия в различных термодинамических процессах?
6. Сформулируйте закон возрастания энтропии в изолированной системе?
7. Каков статистический смысл энтропии?
8. В какой системе протекали процессы при выполнении данной работы?
9. Каким процессом является плавление льда в данной работе?

10.Объясните полученное изменение энтропии в данной работе.