

03.11.2020 Физика. 12 группа

Работает на платформе РЭШ по ссылке:

<https://resh.edu.ru/subject/lesson/4723/start/15578/>

## **Первый закон термодинамики**

### **Перечень вопросов, рассматриваемых на уроке:**

- 1) закон сохранения энергии для термодинамических процессов;
- 2) связь изменения внутренней энергии газа с работой внешних сил и количеством теплоты, переданного термодинамической системе;
- 3) применение первого закона термодинамики к различным газовым процессам;
- 4) уравнение теплового баланса;
- 5) необратимость тепловых процессов.

### **Глоссарий по теме**

Работа системы против внешних сил – это работа, которую совершает газ, преодолевая внешнее давление.

Адиабатный процесс – это процесс, протекающий в системе без теплообмена.

Необратимый процесс – Необратимым называется такой процесс, который самопроизвольно протекает только в одном направлении; в обратном направлении он протекает так, что система не проходит через те же состояния и не возвращается в исходное состояние.

Первый закон термодинамики – закон сохранения энергии для термодинамических систем.

Количество теплоты, сообщённое системе, равно сумме работы газа против внешних сил и изменения внутренней энергии системы.

Второй закон термодинамики определяет направление термодинамических процессов. Одна из формулировок второго закона: невозможен такой процесс, единственным результатом которого является переход тепла от менее нагретого тела к более нагретому телу.

### **Основное содержание урока**

Закон сохранения энергии, записанный применительно к термодинамической системе, выглядит следующим образом:

$$Q = A' + \Delta U,$$

где  $Q$  – количество теплоты, переданное системе;

$A'$  - работа системы (газа);

$\Delta U$  - изменение внутренней энергии системы (газа).

**Первый закон термодинамики:** сообщенное системе количество теплоты расходуется на совершение системой работы против внешних сил и изменение внутренней энергии системы. Если работу совершают внешние по отношению к системе тела, то работа газа считается отрицательной, работа внешних тел положительной и  $A = - A'$

Тогда первый закон термодинамики лучше написать в виде  $\Delta U = Q + A$ .

**Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.**

1. Изотермический процесс.  $T = \text{const}$ .

$$\Delta T = 0; \Delta U = 0, Q = A'$$

1. Изохорный процесс.

$$\Delta V = 0; A' = 0.$$

$$Q = \Delta U.$$

$$\Delta U = \frac{3m}{2M} R \Delta T$$

1. Изобарный процесс.

$$P = \text{const}; A' > 0, \Delta U > 0$$

$$Q = \Delta U + A'.$$

$$Q = \frac{5m}{2M} R \Delta T$$

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, получим

$$\nu R(T_2 - T_1) = P(V_2 - V_1) = P \cdot \Delta V;$$

Подстановка в уравнение первого закона термодинамики количества теплоты дает

$$Q = \Delta U + A' = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + P\Delta V = \frac{3}{2} P\Delta V + P\Delta V = \frac{5}{2} P\Delta V = \frac{5}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R\Delta T$$

### 1. Адиабатный процесс.

Процесс, протекающий без теплообмена, т.е.  $Q = 0$ .

Тогда система может совершать работу либо за счет уменьшения внутренней энергии (газ расширяется)  $A' = -\Delta U$ , либо за счет работы внешних тел над системой (происходит сжатие газа)  $A = \Delta U$ .

### Уравнение теплового баланса.

Если в замкнутой системе тела обмениваются энергией и работа этими телами не совершается, то суммарное изменение внутренней энергии системы равно нулю; тогда соответственно равна нулю и сумма количеств теплоты, полученных или отданных телами системы,

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots + Q_n = 0$$

Первый закон термодинамики не определяет направление тепловых процессов. Необратимыми называются такие явления, которые самопроизвольно протекают только в одном направлении; в обратном направлении они протекают только при внешнем воздействии.

**Формулировка второго закона термодинамики:** невозможно перевести тепло от менее нагретого тела к более нагретому телу при отсутствии других одновременных изменений в обеих системах или в окружающих их телах (или невозможен процесс, единственным результатом которого является передача энергии в форме теплоты от тела менее нагретого, к телу более нагретому).

### Статистический характер второго закона термодинамики.

Состояние макроскопической системы (например, газ в баллоне) может быть реализовано огромным числом микросостояний (комбинацией в расположении молекул). Вероятность того, что первоначально находившийся в какой-либо части объёма газ весь снова соберется в какой-то момент времени в той же его части очень мала. А при очень большом числе частиц - ничтожно мала.

Вероятность обратимых процессов, наоборот, тем больше, чем меньше число частиц в системе. Поэтому справедливость второго закона термодинамики определяется достаточно большим объёмом и достаточно большим числом

частиц системы. Так, например, ничтожно мала (реально равна 0) вероятность того, что спокойно висящий маятник начнет раскачиваться в результате одновременного, направленного в одну сторону удара всех молекул воздуха, до какого-то момента, двигавшихся хаотично по всем сторонам.

Направление термодинамических процессов определяется вторым законом термодинамики. Первый и второй законы термодинамики позволяют сделать заключение о невозможности создания **вечного двигателя I и II рода**.

### Разбор тренировочных заданий

1. Гелий, находящийся в сосуде под подвижным поршнем, изотермически сжимают. Начальное давление газа  $p_0$ , а его объём  $V_0$ . Масса газа в сосуде остаётся неизменной. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, и формулами, выражающими их зависимость от объёма  $V$  газа. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.

<b>ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ</b>	<b>ФОРМУЛЫ</b>
А) Давление $P(V)$	1. $\frac{2 p_0 V_0}{3 V}$
Б) Внутренняя энергия $U(V)$	2. $\frac{3 p_0}{2 V}$
	3. $\frac{p_0 V_0}{V}$
	4. $\frac{3}{2} p_0 V_0$

Решение: В изотермическом процессе  $p_0 V_0 = pV$ ; откуда  $p = \frac{p_0 V_0}{V}$ . В этом процессе сохраняется внутренняя энергия. Для одноатомного газа:

$$U = \frac{3m}{2M} RT$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT,$$

но  $p_0 V_0 = pV$ , тогда:

$$U(V) = \frac{3}{2} p_0 V_0$$

Правильный ответ: А – 3, Б – 4.

2. Чему равна внутренняя энергия 2 молей идеального одноатомного газа при температуре 127<sup>0</sup>С? R = 8,31 Дж/(моль·К).

Решение: Переведём температуру в СИ:

$$T = 127 + 273 = 400 \text{ К.}$$

Формула для вычисления внутренней энергии одноатомного идеального газа:

$$U = \frac{3m}{2M} RT$$

Известно, что число молей  $\frac{m}{M}$  равно двум, подставим численные значения величин в формулу:

$$U = (3/2) \cdot (2 \text{ моля}) \cdot 8,31 \text{ (Дж/моль·К)} \cdot 400 \text{ К} = 9972 \text{ Дж.}$$

Ответ: U = 9972 Дж.

Прислать можно на вайбер по телефону.