

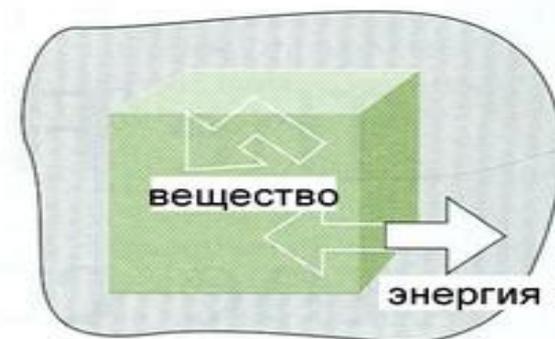
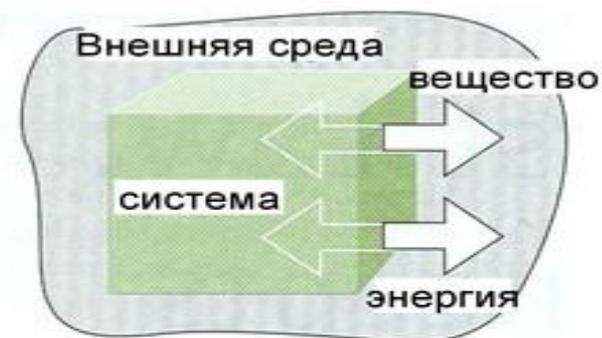
# Внутренняя энергия и энтальпия

## Термохимия

**Термохимия** - это раздел термодинамики.

**Термохимия** изучает тепловые эффекты химических реакций.

Реакционный сосуд и его содержание образуют термодинамическую систему. Химическая реакция, которая протекает в системе, приводит к обмену энергией между системой и окружающей средой.



# Цель обучения

- 1) Классифицировать химические реакции по тепловому эффекту;
  - 2) Объяснять значимость теплового эффекта химических реакций;
  - 3) Рассчитывать тепловой эффект химической реакции;
- 4) Пояснять процессы разрыва и образования новых химических связей
  - 5) Определять экспериментально изменение энтальпии реакции;
- 6) Производить расчеты на основе справочных данных.

- Вспомним еще раз, что же происходит с веществами, вступающими в реакцию? Во всех случаях происходит разрушение химических связей в молекулах реагирующих веществ и образование новых связей в конечных продуктах реакции.
- Процесс разрушения химических связей происходит с поглощением энергии, а образование новых связей (мы это уже знаем) — с выделением энергии. Эти энергии не могут быть равны, т. к. внутренняя энергия реагентов отличается от энергии конечных продуктов реакции.
- Для химических реакций учитывается та энергия, которая связана с движением электронов в атоме, их притяжением к ядру — т. е. энергия химической связи. Поэтому любая химическая реакция сопровождается либо выделением энергии, либо поглощением энергии. Согласно закону сохранения энергии, энергия не возникает из ничего и не

- Одни химические реакции протекают с выделением теплоты, а другие – с поглощением.
- ***Количество теплоты, которое выделяется в результате реакции, называется тепловым эффектом химической реакции.***
- По тепловому эффекту химические реакции делят на *экзотермические* и *эндотермические*.
- **Экзотермическими** называются реакции, которые протекают с **выделением теплоты**. Например, реакция горения пропана.
- Рис. 1.  $C_3H_8 + O_2 \rightarrow 3CO_2 \uparrow + 4H_2O + Q$
- **Эндотермическими** называются реакции, которые протекают с **поглощением теплоты**. Например, реакция разложения гидроксида меди (II).
- $Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O - Q$
-

- ***Химические уравнения, в которых указан тепловой эффект реакции, называются термохимическими.*** В них указывается теплота процесса, соответствующая стехиометрическим коэффициентам.
- Количество теплоты зависит от количества вещества. Ведь нельзя же обогреть помещение, сжигая одну спичку, а положив в камин несколько бревен – вполне. Хотя оба процесса – это горение древесины.

- Теплоты химических процессов, протекающих при  $p, T = \text{const}$  и  $V, T = \text{const}$ , называют *тепловыми эффектами*.
- При экзотермических реакциях энтальпия системы уменьшается и  $\Delta H < 0$  ( $H_2 < H_1$ ), а при эндотермических энтальпия системы увеличивается и  $\Delta H > 0$  ( $H_2 > H_1$ ). В дальнейшем тепловые эффекты всюду выражаются через  $\Delta H$ .



## Энтальпия и тепловой эффект противоположны по знаку

- ▣ *При экзотермических реакциях, когда тепло выделяется,  $\Delta H$  отрицательно.*
- ▣ *При эндотермических реакциях (тепло поглощается) и  $\Delta H$  положительно.*

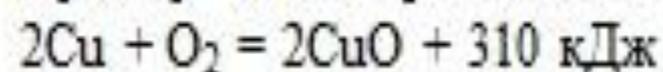
# Энтальпия

- Энтальпия - это определенное свойство вещества, оно является мерой энергии, накапливаемой веществом при его образовании.
- Величина, характеризующая теплосодержание -  $\Delta H$

**Таблица 3.2. Стандартные энтальпии образования  
и сгорания некоторых органических веществ**

Формула (агрегатное состояние)	$\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}$ , кДж/моль	$-\Delta H_{\text{сг}}^{\circ}$ , кДж/моль
CH <sub>4</sub> (г.)	-74,81	890,4
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (г.)	-84,64	1560
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (г.)	226,8	1300
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (г.)	52,30	1411
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (г.)	-103,85	2218
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> пропилен (г.)	20,41	2058
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (г.)	-126,11	2877
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (г.)	-146,4	3536
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> (ж.)	-156,2	3920
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> (ж.)	-198,7	4163
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (ж.)	48,99	3268
C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> (ж.)	-208,3	5512
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> (тв.)	78,53	5157
CH <sub>3</sub> OH (ж.)	-239,0	726
CH <sub>3</sub> CHO (г.)	-166,4	1193
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (ж.)	-277,6	1368
CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> (ж.)	-486,6	2231
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH (тв.)	-165,0	3054
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> (ж.)	-31,1	3393
Мочевина (тв.)	-333,0	632
Глицерин (тв.)	-537	964
$\alpha$ -D-глюкоза (тв.)	-1274	2802
$\beta$ -D-глюкоза (тв.)	-1268	2808
Сахароза (тв.)	-2222	5645

**Пример 1.** По термохимическому уравнению



вычислите количество теплоты, выделившейся в результате окисления порции меди массой 16 г.

Дано:

$$m(\text{Cu}) = 16 \text{ г}$$

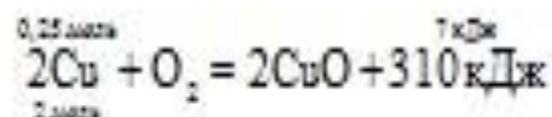
$$Q_{\text{р-н}} = 310 \text{ кДж}$$

$$Q = ? \text{ кДж}$$

$$M(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{Cu}) = \frac{16 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

Решение:



$$\frac{0,25}{2} = \frac{x}{310}, \text{ откуда } x = 38,75$$

Следовательно,  $Q = 38,75 \text{ кДж}$

Ответ:  $Q = 38,75 \text{ кДж}$

$$Q_{\text{реак.}} = \sum Q_{\text{обр. (продукты)}} - \sum Q_{\text{обр. (реагенты)}}; \quad \Delta H^{\circ}_{\text{реак.}} = \sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр. (продукты)}} - \sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр. (реагенты)}}$$

**Задача.** Вычислите энтальпию (тепловой эффект) реакции  $\text{CaCO}_{3(\text{тв})} = \text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$ , если известно, что:

$$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{CaCO}_3) = -1207 \text{ кДж/моль}; \quad \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{CaO}) = -635 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{CO}_{2(\text{г})}) = -393 \text{ кДж/моль};$$

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{\text{реакция}} &= (\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{CaO}) + \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{CO}_2)) - \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{CaCO}_3) = \\ &= [(-635) + (-393)] - (-1207) = +179 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Следовательно,  $\Delta H^{\circ}_{\text{реак.}} = +179 \text{ кДж}; \quad Q_{\text{реак.}} = -179 \text{ кДж}.$

# Домашняя работа

- 1.Законспектировать изученный материал
- 2.Решить задачу
- В результате реакции, термохимическое уравнение которой
- $2 \text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2610 \text{ кДж}$  выделилось 652,5 кДж теплоты. Определите массу сгоревшего ацетилена.