

Энтальпия. Тепловой эффект химической реакции

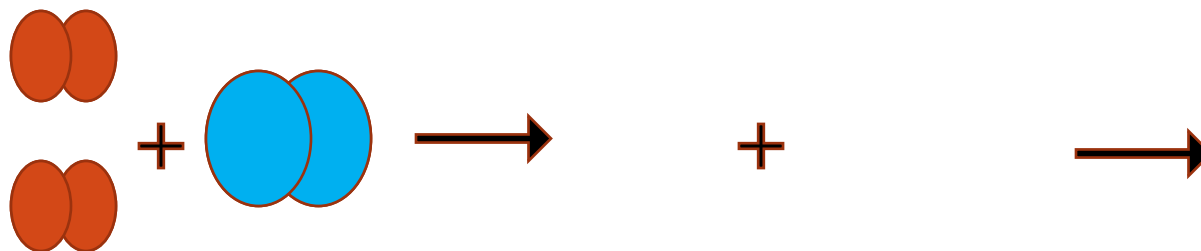
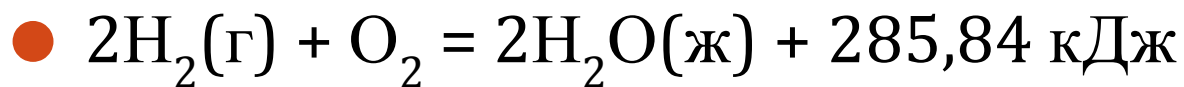
Урок химии в 11 классе
Учитель: Герасименко Е.В.

Термодинамика

- Наука о взаимных превращениях различных видов энергии.
- *Термодинамика* устанавливает законы этих превращений, а также направление самопроизвольного, течения различных процессов в данных условиях.

- При химических реакциях происходят глубокие качественные изменения в системе, рвутся связи в исходных веществах и возникают новые связи в конечных продуктах. Эти изменения сопровождаются поглощением или выделением энергии. В большинстве случаев этой энергией является теплота. Реакции, которые сопровождаются выделением теплоты, называют *экзотермическими*, а те, которые сопровождаются поглощением теплоты, – *эндотермическими*.

- При химических реакциях происходят глубокие качественные изменения в системе, рвутся связи в исходных веществах и возникают новые связи в конечных продуктах.



- При любом процессе соблюдается закон сохранения энергии как проявление более общего закона природы – закона сохранения материи. Теплота Q , поглощенная системой, идет на изменение ее внутренней энергии ΔU и на совершение работы A :

- $Q = \Delta U + A$

- *Внутренняя энергия* системы U – это общий ее запас, включающий энергию поступательного и вращательного движения молекул, энергию внутримолекулярных колебаний атомов и атомных групп, энергию движения электронов, внутриядерную энергию и т.д. Внутренняя энергия – полная энергия системы без потенциальной энергии, обусловленной положением системы в пространстве, и без кинетической энергии системы как целого.

Изохорный процесс

- При химических реакциях A – это работа против внешнего давления, т.е. в первом приближении

$$A = p\Delta V,$$

где ΔV – изменение объема системы ($V_2 - V_1$).

- При изохорном процессе (V -const):

$(V_2 - V_1) = 0$, тогда $A = 0$; теплота

- $Q_V = \Delta U + 0,$
- $Q_V = (U_2 - U_1) = \Delta U$

Изобарный процесс

- (p -const) теплота

- $Q_p = \Delta U + p\Delta V,$

- $Q_p = (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1);$

- $Q_p = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1).$

- Сумма $U + pV$ обозначим через H , тогда:

- $Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H.$

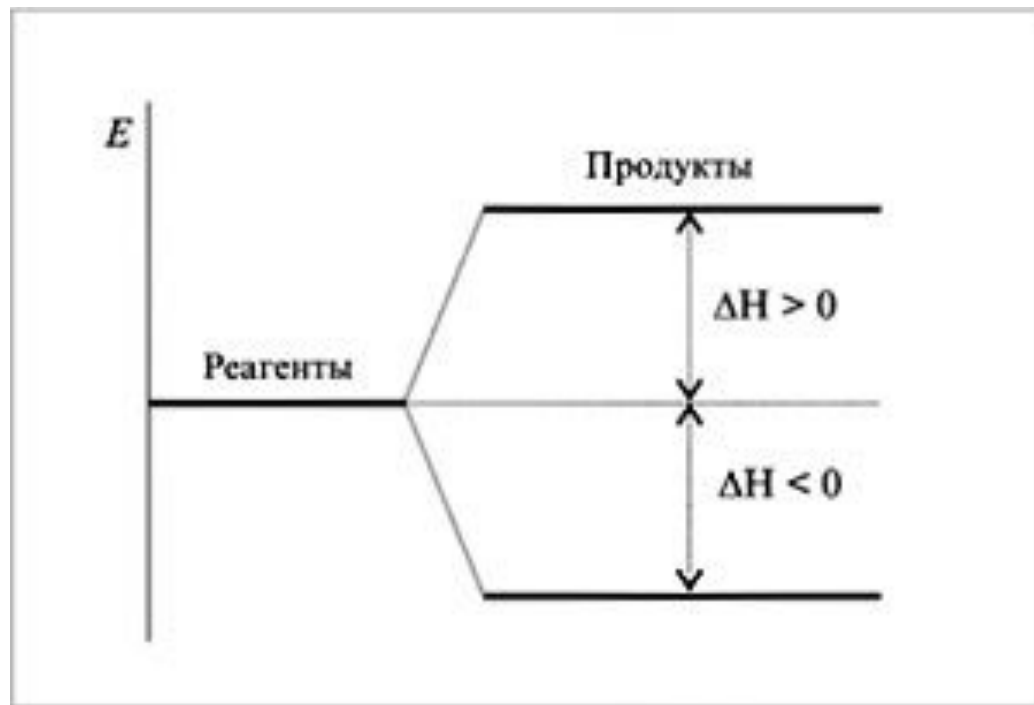
- Величину H называют *энтальпией*. Таким образом, теплота при $p=const$ и $T=const$ приобретает свойство функции состояния и не зависит от пути, по которому протекает процесс. Отсюда теплота реакции в изобарно-изотермическом процессе Q_p равна изменению энтальпии системы ΔH (если единственным видом работы является работа расширения):

- $Q_p = \Delta H.$

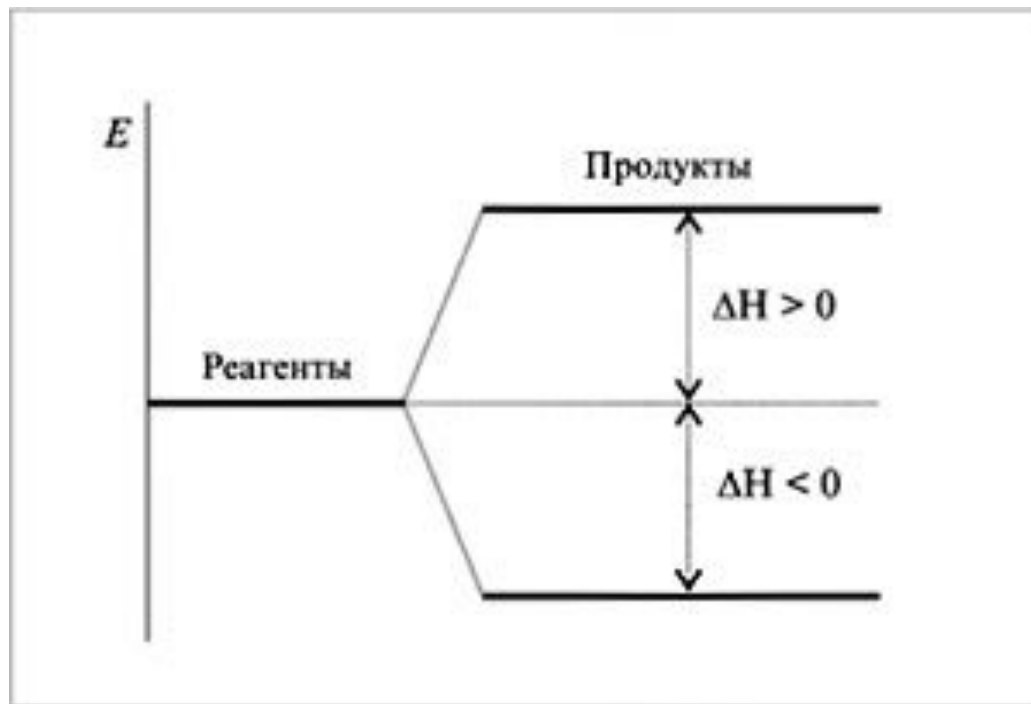
- Энтальпия, как и внутренняя энергия, является функцией состояния; ее изменение (ΔH) определяется только начальными и конечными состояниями системы и не зависит от пути перехода. Нетрудно видеть, что теплота реакции в изохорно-изотермическом процессе ($V=\text{const}$; $T=\text{const}$), при котором $\Delta V = 0$, равна изменению внутренней энергии системы:

- $Q_V = \Delta U$

- 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 ΔH .



Если тепловой эффект реакции Q измерен при постоянном давлении (а это большинство химических процессов, которые проводятся не в замкнутом объеме), то он называется *энтальпией реакции* и обозначается H . Энтальпия (русский эквивалент этого слова – «теплосодержание») системы возрастает в эндотермическом процессе (когда система поглощает теплоту), $H > 0$, и убывает в экзотермическом, $H < 0$ (рис. 5).



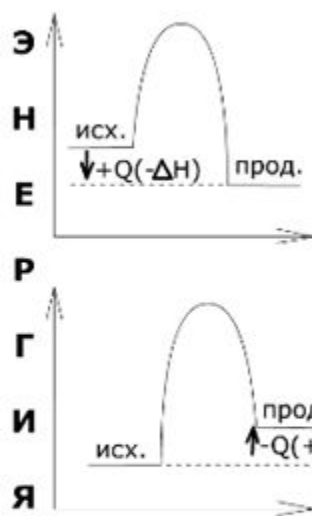
Стандартные теплоты (энтальпии) образования ΔH°_{298} некоторых веществ

Вещество	Состояние	ΔH°_{298} кДж/моль	Вещество	Состояние	ΔH°_{298} кДж/моль
C_2H_2	г	+226,75	CO	г	-110,52
CS_2	г	+115,28	CH_3OH	г	-201,17
NO	г	+90,37	C_2H_5OH	г	-235,31
C_6H_6	г	+82,93	H_2O	г	-241,83
C_2H_4	г	+52,28	H_2O	ж	-285,84
H_2S	г	-20,15	NH_4Cl	к	-315,39
NH_3	г	-46,19	CO_2	г	-393,51
CH_4	г	-74,85	Fe_2O_3	к	-822,10
C_2H_6	г	-84,67	$Ca(OH)_2$	к	-986,50
HCl	г	-92,31	Al_2O_3	к	-1669,80

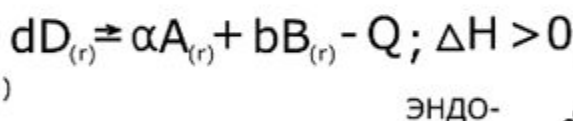
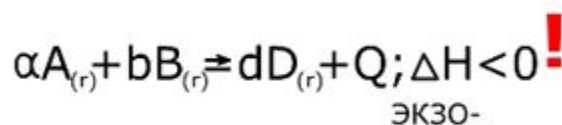
- Часто в термохимических расчетах применяют следствие из закона Гесса: *тепловой эффект реакции ($\Delta H_{\text{х.р.}}$) равен сумме теплот образования $\Delta H_{\text{обр}}$ продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ с учетом коэффициентов перед формулами этих веществ в уравнении реакции*

ЭНТАЛЬПИЯ

(ΔH , кДж)



Термохимические уравнения \square ; ∇ ; \circ



Э
Н
Т
А
Л
Ь
П
И
Я

реакции
кДж

образ-ия в-ва
кДж/ моль

$$p = 10^5 \text{ Па}$$

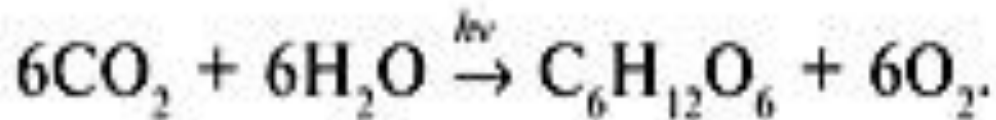
$$T = 298 \text{ К}$$



! ПРОСТЫЕ $\Delta H_{\text{обр}} = 0$

$$\Delta H_{\text{р-ии}} = \sum \Delta H_{\text{прод}} - \sum \Delta H_{\text{исх. в-в}}$$

- Энтальпии очень многих реакций найдены экспериментально, часто с использованием калориметров. Однако это осуществлено далеко не для всех процессов. Во-первых, их слишком много, возможно, практически бесконечное число. Во-вторых, отнюдь не все реакции можно провести в калориметре, например реакцию, происходящую в зеленых растениях:



Энтальпией образования вещества $\Delta_f H$ называется энтальпия реакции образования 1 моль этого вещества из соответствующих простых веществ.

Энтальпии образования некоторых веществ при 298 К

Рассмотрим ряд реакций, в которых может получиться карбонат кальция. Энтальпия какой из этих реакций является энтальпией образования карбоната кальция?

- 1) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- 2) $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$;
- 3) $2\text{Ca} + \text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{CaCO}_3$;
- 4) $\text{Ca} + 3\text{O} + \text{C} = \text{CaCO}_3$;
- 5) $2\text{Ca} + 3\text{O}_2 + 2\text{C} = 2\text{CaCO}_3$;
- 6) $\text{Ca} + 3/2\text{O}_2 + \text{C} = \text{CaCO}_3$.

В реакциях 1, 2 и 3 принимают участие не только простые вещества. В реакции 4 кислород — не простое вещество, а находится в атомарном состоянии. В реакции 5 образуется не 1 моль карбоната. Таким образом, нашему определению соответствует только реакция 6.