

The background features a dark blue gradient with faint, light-colored technical diagrams. On the left side, there is a large circular scale with numerical markings from 140 to 260 in increments of 10. Several circular diagrams with arrows and dashed lines are scattered across the background, suggesting a scientific or engineering theme.

ФИЗИКА ДЛЯ ХИМИКОВ

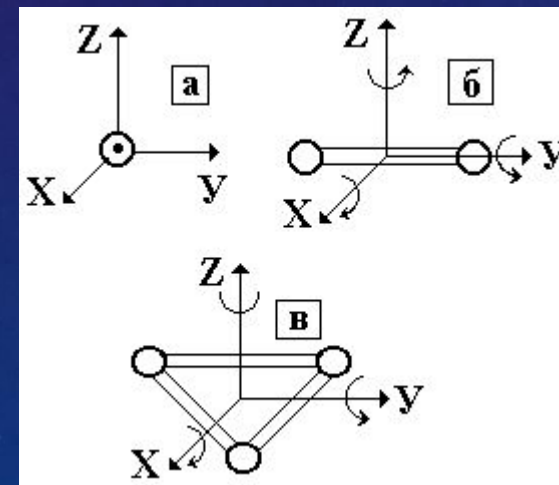
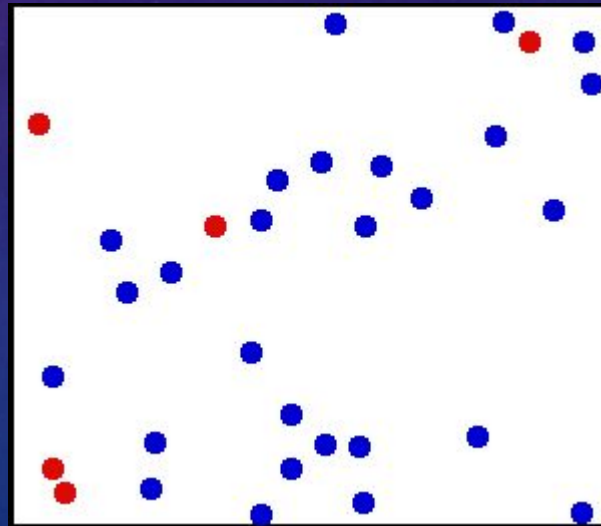
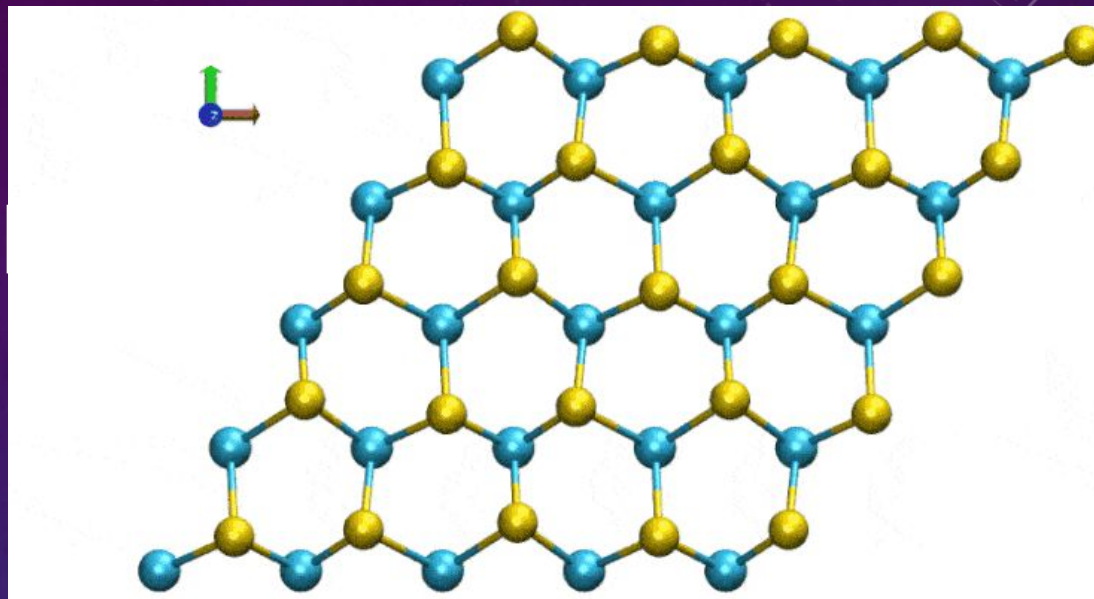
ДЕНЬ ПЕРВЫЙ - ТЕРМОДИНАМИКА

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ И ТЕПЛОТА



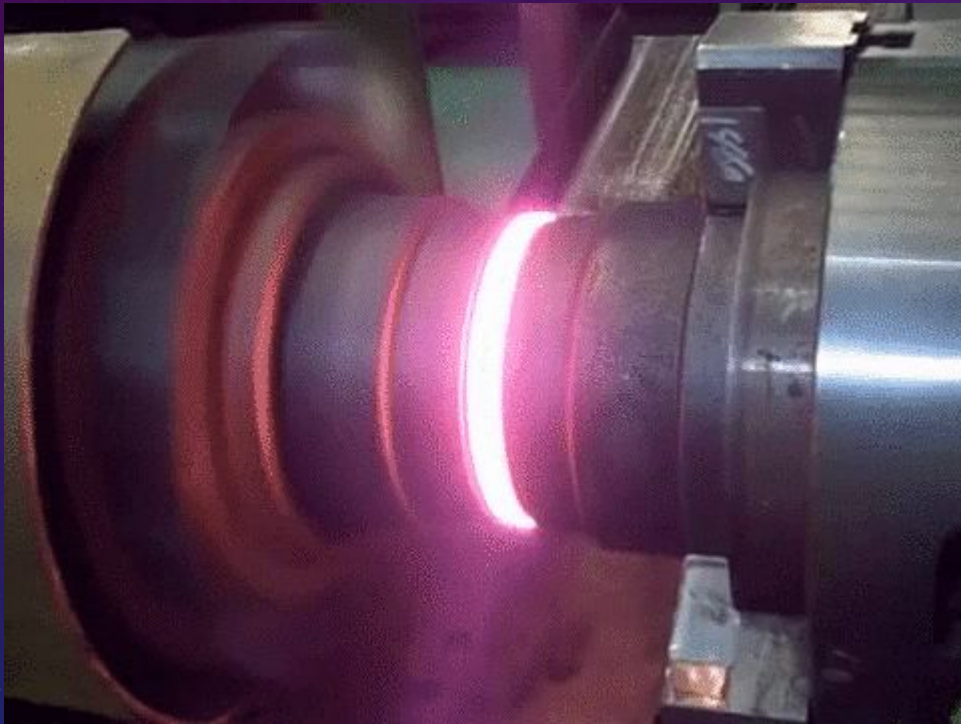
ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГ

- 1) Поступательное движение
- 2) Вращение
- 3) Колебания
- 4) Электростатическое и магнитное взаимодействие
- 5) Все-все-все!



Точное значение неизвестно. Измеряется изменение.

ЭНЕРГИЯ НЕ МОЖЕТ ВЗЯТЬСЯ ИЗ
НИОТКУДА И ИСЧЕЗНУТЬ В НИКУДА (ЭТО
ВАЖНО)



ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

$$Q = \Delta U + W$$

Работа только
по расширению
газа

$$Q = \Delta U + p \Delta V$$



$$Q = \Delta H - V \Delta p$$

$$(H = U + pV)$$

H - Энтальпия

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ И ЭНТАЛЬПИЯ

$$Q = \Delta H - V$$

$$\Delta p$$

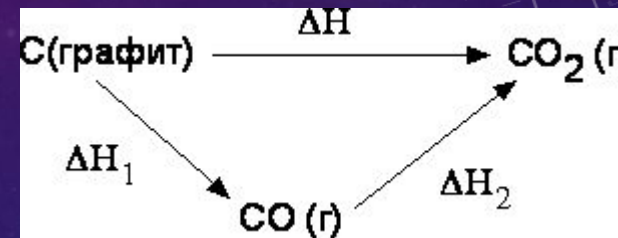
$$Q = \Delta U + p$$

$$\Delta V$$

Метод измерения	Результат измерения
P = const	ΔH
V = const	ΔU

Имеет значение только для процессов с участием газов (хим. реакции, Термическое расширение)

ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТ РЕАКЦИИ Q – функция состояния (это важно)

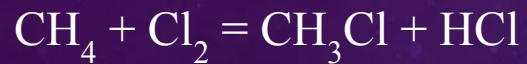


$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

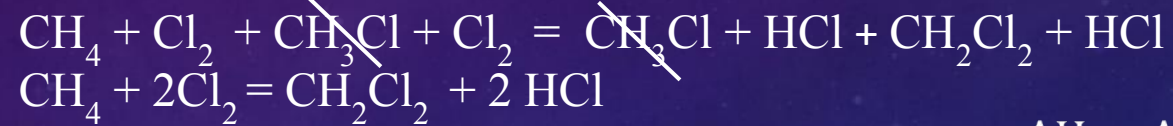
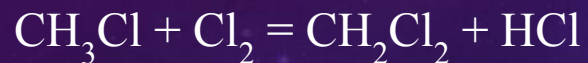
$\Delta H > 0$ – энергия поглощается

$\Delta H < 0$ – энергия выделяется

РЕАКЦИИ МОЖНО И НУЖНО СКЛАДЫВАТЬ И ВЫЧИТАТЬ



+

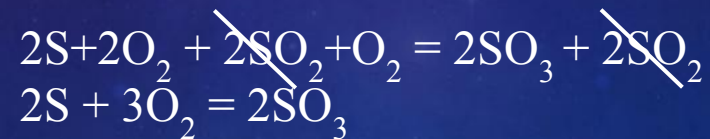


$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$$



+

2



$$\Delta H = 2\Delta H_1 + \Delta H_2$$

ЗАДАНИЕ: КАКОЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ ВЫДЕЛИТСЯ ИЛИ ПОГЛОТИТСЯ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ



СТАНДАРТНАЯ ТЕПЛОТА ОБРАЗОВАНИЯ



$$\Delta_r H^0 = \Delta_f H^0(\text{CO})$$



$$\Delta_r H^0 = \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O})$$



$$\Delta_r H^0 = \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

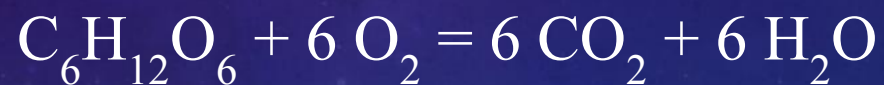


$$\Delta_r H^0 = \Delta_f H^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$$

ЗАКОН ГЕССА

$$\Delta_r H^0 = \sum_i (\nu_i \Delta_f H_i^0)_{\text{прод.}} - \sum_j (\nu_j \Delta_f H_j^0)_{\text{исх.в-ва.}}$$

$\Delta_f H_i^0$ - справочные величины



$$\Delta_r H^0 = 6 * \Delta_f H^0(\text{CO}_2) + 6 * \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - \Delta_f H^0(\text{O}_2)$$

ИНТЕРЕСНЫЕ ШТУКИ

Фазовые переходы (плавление, испарение, возгонка):

$$A (\text{ТВ}) = A (\text{Ж}); \Delta_r H^0 \approx q_{\text{пл}}$$

Растворение:

$$A(\text{Ж}) + n\text{H}_2\text{O} = A(\text{р-р}, n\text{H}_2\text{O}); \Delta_r H^0 \approx q_s$$

Например:

$$\Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}_{\text{ТВ}}}^0 = -291,85 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$



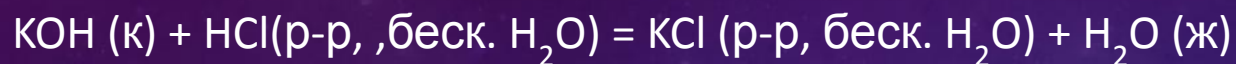
$$\Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}_{\text{Ж}}}^0 = -285,83 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$



$$\Delta_r H^0 = \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}_{\text{Ж}}}^0 - \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}_{\text{ТВ}}}^0 = -285,83 + 291,85 = 6,02 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Справочник: $q_{\text{пл}} = 5,94 \text{ кДж/моль}$.
(330 кДж/кг)
Близко!

ПОПРОБУЕМ ЧТО-НИБУДЬ ПОСЧИТАТЬ



В стакане 500 мл раствора HCl (0.1 моль/л), в него добавили 1 г KOH.

Как изменится температура жидкости?



$$\Delta_f H_{\text{KOH}_{\text{ТВ}}}^0 = -424,67 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$
$$\Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}}^0 = -285,83 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$
$$\Delta_f H_{\text{HCl}_{\text{р-р,беск.H}_2\text{O}}}^0 = -167,1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$
$$\Delta_f H_{\text{KCl}_{\text{р-р,беск.H}_2\text{O}}}^0 = -419,35 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$C_p(\text{H}_2\text{O}) = 75,9 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$



ТЕПЛОЕМКОСТЬ

Количество теплоты, которое нужно сообщить телу, чтобы поднять температуру единицы его массы (удельная) или один моль (молярная) на один градус.

Типичные значения
(Дж/моль*К)

Газы		Жидкости		Твердые тела	
Одноатомные (He)	$5/2R$ (20,775)	Вода (H ₂ O)	75,9	Железо (Fe)	25,4
Двухатомные (N ₂ , O ₂)	$7/2R$ (29,085)	Бензол (C ₆ H ₆)	81,6	Поваренная соль (NaCl)	49,71
Многоатомные (NO ₂ , CH ₄)	$4R$ (33,24)	Ртуть (Hg)	27,96	Лед (H ₂ O)	37,4

$$\Delta_r H^0 = (\Delta_f H_{KCl_{p-p, \text{беск.} H_2O}}^0 + \Delta_f H_{H_2O_{ж}}^0) - (\Delta_f H_{KOH_{ТВ}}^0 + \Delta_f H_{HCl_{p-p, \text{беск.} H_2O}}^0) = -419,35 - 285,83 + 424,67 + 167,1 = -113,41 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \text{ (на один моль!)}$$

$$n(HCl) = C * V = 0.1 * 0.5 = 0.05 \text{ моль}$$

$$n(KOH) = \frac{m}{M} = \frac{10}{56.1} = 0.178 \text{ моль}$$



$$n(KCl) = 0.05 \text{ моль}$$

$$Q = -\Delta_r H^0 * n = 113,41 * 0.05 = 5,67 \text{ кДж}$$

$$Q = C_p(H_2O) * n(H_2O) * \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{Q}{C_p(H_2O) * n(H_2O)} = \frac{5,67 * 1000}{75.9 * \frac{500}{18}} \approx 3^\circ$$

ЗАДАНИЕ:

КАК МОЖНО БЫЛО БЫ УВЕЛИЧИТЬ РАЗОГРЕВ?
ОБЪЕМ РАСТВОРА СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ
ОСТАВИТЬ ПОСТОЯННЫМ. НА СКОЛЬКО
МАКСИМАЛЬНО ЕГО МОЖНО УВЕЛИЧИТЬ? ЧТО
НУЖНО ИЗМЕНИТЬ В ХОДЕ РАСЧЕТА?

ДОСВИДУЛИ

