

Если созданы такие условия, при которых характеристическая функция не может уменьшаться, то система находится в устойчивом состоянии, и, соответственно, процессы перераспределения массы делаются невозможными.

Таким образом, исследуя поведение характеристических функций, можно судить о возможности или невозможности возникновения химических реакций и фазовых превращений о направлении этих процессов и условиях равновесия.

Метод характеристических функций, предложенный в свое время Гиббсом, в настоящее время представляет собой мощное орудие исследования, используемое физиками и химиками.

### § 31. Условия химического равновесия

Привлечем общие условия равновесия неоднородных систем (30.9) для того, чтобы установить условия химического равновесия.

Введем понятие *компонента* системы. Компонент системы — это химическое вещество, содержание которого в системе не зависит от наличия прочих химических веществ. Поясним это понятие на примере.

Пусть имеется раствор  $\text{CuSO}_4$  в воде. В состав системы входит вода, медный купорос, ионы меди и ионы  $\text{SO}_4$ . Таким образом, в системе находится четыре различных вещества. Однако содержание ионов  $\text{Cu}$  и  $\text{SO}_4$  в растворе существенно зависит от концентрации раствора, т. е. от содержания  $\text{CuSO}_4$  в нем. Поэтому компонентов в системе будет всегда два, а не четыре.

Рассмотрим систему, совершившую химическую реакцию и пришедшую в состояние равновесия. Пусть в состав системы входит  $r$  компонентов. Придадим выражению (30.9) более удобный для практического использования вид. Для этого зададим массы компонентов в молях:

$$n_1, n_2, \dots, n_r.$$

Тогда условие (30.9) можно переписать в виде

$$\sum_{i=1}^r \mu_i dn_i = 0. \quad (31.1)$$

Нужно отметить, что изменения числа молей — величины  $dn_i$  в выражении (31.1) — не независимы. Их изменения связаны между собой отношениями, вытекающими из уравнения реакции.

Получим эти соотношения на примере какой-нибудь химической реакции, а полученные результаты обобщим. Рассмотрим реакцию получения воды из водорода и кислорода



Напомним, что числовые коэффициенты перед символами химических веществ в уравнении реакции называются стехиометрическими коэффициентами. Условимся обозначить их буквой  $\nu$ .

Стехиометрические коэффициенты отрицательны для исходных веществ и положительны для продуктов реакции. В нашем примере

$$\nu_{\text{H}_2} = -2; \nu_{\text{O}_2} = -1; \nu_{\text{H}_2\text{O}} = 2.$$

Изменение числа молей  $dn_1, dn_2, \dots, dn_r$  связано со стехиометрическими коэффициентами равенствами

$$dn_i = \nu_i d\lambda, \quad (31.3)$$

где  $\lambda$  — грамм-эквивалент вещества (химический эквивалент). Подставив (31.3) в уравнение (31.1), получим

$$\sum_{i=1}^r \nu_i \mu_i = 0. \quad (31.4)$$

Уравнение (31.4) представляет собой удобную форму условия химического равновесия.

Итак, в условиях химического равновесия алгебраическая сумма произведений химического потенциала компонента на его стехиометрический коэффициент равна нулю.

## § 32. Закон действующих масс и его анализ

Воспользуемся условием химического равновесия для вывода одного из законов химии — закона действующих масс.

Закон действующих масс устанавливает зависимость между концентрациями химических компонентов в усло-