

Задание 4.

Расчет констант равновесия газовых реакций

1. Уравнение изотермы химической реакции. Анализ этого уравнения, закон действующих масс.

2. Различные способы выражения константы химического равновесия. Связь между ними.

3. Задача 1.

Вариант 1. Определите константу K_p для реакции $\text{CO} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$, если в момент равновесия при $T = 1573 \text{ K}$ в смеси было 22,5% (об.) CO_2 .

Вариант 2. Взято 42,0 г N_2O_4 в объеме $0,01835 \text{ м}^3$ при 50°C и $0,946 \times 10^5 \text{ Па}$ N_2O_4 диссоциирует по уравнению $\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$. Вычислите степень диссоциации N_2O_4 и константу равновесия K_p и K_c данной реакции.

Вариант 3. При $49,7^\circ\text{C}$ и давлении $0,348 \times 10^5 \text{ Па}$ газ N_2O_4 диссоциирует на 63% согласно уравнению $\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$. Определите под каким давлением степень диссоциации газа N_2O_4 при указанной температуре будет равна 50%.

Вариант 4. При 494°C и давлении $0,990 \times 10^5 \text{ Па}$ газ NO_2 диссоциирует на 56,5% согласно уравнению $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$. Определите давление, при котором степень диссоциации NO_2 при указанной температуре будет равна 80%, и значения K_p и K_c .

Вариант 5. При 830°C и давлении $1,013 \times 10^5 \text{ Па}$ газ H_2S диссоциирует на 8,7%. Определите константу равновесия (K_p) реакции $2\text{H}_2\text{S} = 2\text{H}_2 + \text{S}_2$.

Вариант 6. При 1500 K и давлении $1,013 \times 10^5 \text{ Па}$ степень диссоциации CO_2 равна $1,04 \times 10^{-3}$. Определите константу равновесия (K_p) реакции $2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$.

Вариант 7. Закрытый сосуд заполнен газом фосгеном при 17°C и $0,946 \times 10^5 \text{ Па}$. При этих условиях фосген практически не диссоциирован. При нагревании до 500°C давление стало $2,674 \times 10^5 \text{ Па}$ и фосген (COCl_2) диссоциирует согласно уравнению $\text{COCl}_2 = \text{CO} + \text{Cl}_2$. Рассчитайте степень диссоциации фосгена и константу равновесия K_p .

Вариант 8. При 212°C и давлении $1,013 \times 10^5 \text{ Па}$ константа равновесия реакции $\text{PCl}_5 = \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ равна $2,55 \times 10^5 \text{ Па}$. Рассчитайте степень диссоциации PCl_5 , константу равновесия K_c и общее давление смеси, если 9,65 г PCl_5 в объеме $0,00264 \text{ м}^3$ нагреты до 212°C .

Вариант 9. При 600°C и давлении $1,377 \times 10^5 \text{ Па}$ газ фосген (COCl_2) диссоциирует согласно уравнению $\text{COCl}_2 = \text{CO} + \text{Cl}_2$. Рассчитайте степень диссоциации фосгена и константы равновесия K_p и K_c при данной температуре, если в объеме $0,001 \text{ м}^3$ находится 0,99 г фосгена.

Вариант 10. При 600°C и давлении $10,13 \times 10^5 \text{ Па}$ константа равновесия реакции $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ равна $6,697 \times 10^5 \text{ Па}$. Рассчитайте степень диссоциации NH_3 и константу равновесия K_c этой реакции.

Вариант 11. Определите константу K_p для реакции $\text{CO}_2 = \text{CO} + \text{O}_2$, если степень диссоциации CO_2 при $T = 1573 \text{ K}$ равна 22,5%.

Вариант 12. Взято 84,0 г N_2O_4 в объеме $0,0367 \text{ м}^3$ при 50°C и $0,946 \times 10^5 \text{ Па}$. N_2O_4 диссоциирует по уравнению $\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$. Вычислите степень диссоциации N_2O_4 и константу равновесия (K_p) данной реакции. Как изменится степень диссоциации, если давление увеличить до $10,13 \times 10^5 \text{ Па}$?

Вариант 13. При $49,7^\circ\text{C}$ и давлении $0,348 \times 10^5 \text{ Па}$ газ N_2O_4 диссоциирует на 63% согласно уравнению $\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$. Определите под каким давлением степень диссоциации N_2O_4 при указанной температуре будет равна 80%.

Вариант 14. При 584°C и давлении $1,013 \times 10^5 \text{ Па}$ газ NO_2 диссоциирует на 60% согласно уравнению $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$. Определите давление, при котором степень диссоциации NO_2 при указанной температуре будет равна 30%. и значения K_p и K_c данной реакции.

Вариант 15. При нагревании стехиометрической смеси метана и водяного пара до 1100 К при давлении $1,013 \times 10^5$ Па, в равновесной смеси содержится 72,43% H_2 . Определите константу равновесия реакции $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$

Вариант 16. При 1600 К и давлении $10,13 \times 10^5$ Па степень диссоциации CO_2 равна 2,2%. Определить константу равновесия (K_p) реакции $\text{CO}_2 = \text{CO} + \text{O}_2$.

Вариант 17. При 600°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па газ фосген (COCl_2) диссоциирует согласно уравнению $\text{COCl}_2 = \text{CO} + \text{Cl}_2$. Рассчитайте степень диссоциации фосгена и константы равновесия K_p и K_c при данной температуре, если в объеме $0,001 \text{ м}^3$ находится 0,99 г фосгена.

Вариант 18. При 212°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па степень диссоциации PCl_5 согласно уравнению $\text{PCl}_5 = \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ равна 0,2. Рассчитайте константы равновесия K_p и K_c данной реакции.

Вариант 19. Если нагреть $1,518 \times 10^{-3}$ моля иода (I_2), то пары его при 800 К под давлением $5,18 \times 10^5$ Па займут объем $2,493 \times 10^{-4} \text{ м}^3$. Определите константу равновесия реакции $\text{I}_2 = 2\text{I}$.

Вариант 20. Из смеси, содержащей 1 моль азота и 3 моля водорода, к моменту равновесия при давлении $10,13 \times 10^5$ Па образуется 0,5 молей аммиака по реакции $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$. Рассчитайте константы равновесия K_p и K_c этой реакции. Определите процентный выход аммиака (по объему).

Принцип термодинамического равновесия Ле-Шаталье – Брауна

4. Принцип термодинамического равновесия Ле-Шаталье – Брауна и его термодинамическое обоснование. Влияние на химическое равновесие изменения давления.

5. Решите задачу и укажите как влияет давление на равновесный выход продуктов данной реакции.

6. Задача 2.

Вариант 1. При 600°C и давлении $10,13 \times 10^5$ Па константа равновесия реакции $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ равна $6,697 \times 10^5$ Па. Рассчитайте степень диссоциации NH_3 и константу равновесия K_c этой реакции.

Вариант 2. Константа равновесия реакции $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ при 2673 К и давлении $1,013 \times 10^5$ Па равна $0,0035 \text{ Па}^{-1}$. Какой выход NO получится при этой температуре из смеси, содержащей 40% объемных O_2 и 60% NO .

Вариант 3. Константа равновесия K_c реакции при 102°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$ равна $13,35 \text{ (кмоль/м}^3\text{)}^{-1}$. Какова будет концентрация SO_2Cl_2 при равновесии, если исходные концентрации SO_2 и Cl_2 равны 2 кмоль/м^3 .

Вариант 4. Для реакции $\text{I}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HI}$ константа равновесия равна 50 при 440°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па. Сколько молей HI получится, если нагреть до этой температуры 1,27 г I_2 и 0,02 г H_2 ? Чему будут равны парциальные давления всех газов, если объем равновесной смеси равен $0,001 \text{ м}^3$?

Вариант 5. При 830°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па, константа равновесия реакции $2\text{H}_2 + \text{S}_2 = 2\text{H}_2\text{S}$ $K_p = 0,0259 \text{ Па}^{-1}$. Определите степень диссоциации H_2S при этой температуре и константу равновесия K_c , если объем реактора равен $0,00267 \text{ м}^3$.

Вариант 6. Вычислить равновесный выход CO для реакции $\text{C(кокс)} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ при 800°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па, если $K_p = 6,683 \times 10^5$ Па.

Вариант 7. При 600°C и давлении $2,026 \times 10^5$ Па константа равновесия реакции $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ равна $6,697 \times 10^5$ Па. Рассчитайте степень диссоциации NH_3 и константу равновесия K_c этой реакции.

Вариант 8. Константа равновесия реакции $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ при 2673 К и давлении $1,013 \times 10^5$ Па равна $0,0035 \text{ Па}^{-1}$. Какой выход NO_2 получится при этой температуре из смеси, содержащей 20% объемных O_2 и 80% NO ?

Вариант 9. Вычислите равновесный выход газов для реакции $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$ при 550°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па, если константа равновесия этой реакции $K_p = 5,56 \times 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$ при данной температуре.

Вариант 10. Газовая смесь состава: 45%(об) CO , 35%(об) H_2 и 20%(об) H_2O нагревается до 1400°C при давлении $1,013 \times 10^5$ Па. Вычислите равновесный состав смеси газов для реакции $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$, если константа равновесия этой реакции $K_p = 2,21$.

Вариант 11. При 600°C и давлении $10,13 \times 10^5$ Па нагревается стехиометрическая смесь газов N_2 и H_2 . Константа равновесия реакции $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ равна $6,697 \times 10^5$ Па. Рассчитайте равновесный состав газов этой реакции.

Вариант 12. Константа равновесия реакции при 2673 К и давлении $1,013 \times 10^5$ Па $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ равна $0,0035 \text{ Па}^{-1}$. Какой выход NO получится при этой температуре из смеси, содержащей 60% объемных O_2 и 40% NO .

Вариант 13. Константа равновесия K_c реакции $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$ при 102°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па равна $13,5 (\text{кмоль}/\text{м}^3)^{-1}$. Какова будет концентрация SO_2Cl_2 при равновесии, если исходная концентрация SO_2 равна $2 \text{ кмоль}/\text{м}^3$, а исходная концентрация Cl_2 равна $3 \text{ кмоль}/\text{м}^3$.

Вариант 14. Для реакции $\text{I}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HI}$ при 440°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па константа равновесия равна 50. Сколько молей HI получится, если нагреть до этой температуры 2 г I_2 и 0, 2 г H_2 ? Чему будут равны парциальные давления всех газов, если объем равновесной смеси равен $0,05 \text{ м}^3$?

Вариант 15. При 830°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па, константа равновесия реакции $2\text{H}_2 + \text{S}_2 = 2 \text{H}_2\text{S}$ $K_p = 0,0259 \text{ м}^2/\text{Н}$. Определите состав смеси к моменту равновесия, если на синтез H_2S при этой температуре была взята стехиометрическая смесь H_2 и S_2 .

Вариант 16. Вычислить равновесный выход CO для реакции $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ при 1000 К и давлении $1,013 \times 10^5$ Па, если константа равновесия этой реакции равна $K_p = 1,37$.

Вариант 17. При 600°C и давлении $2,026 \times 10^5$ Па константа равновесия реакции $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ равна $6,697 \times 10^5 \text{ Н}/\text{м}^2$. Рассчитайте степень диссоциации NH_3 и константу равновесия K_c этой реакции.

Вариант 18. Константа равновесия реакции при 2673 К и давлении $1,013 \times 10^5$ Па $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ равна $0,0035 \text{ Па}^{-1}$. Определите степень диссоциации NO_2 при этой температуре.

Вариант 19. Вычислите степень диссоциации фосгена COCl_2 при 550°C и давлении $1,013 \times 10^5$ Па, если константа равновесия реакции $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$ $K_p = 5,56 \times 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$ при данной температуре.

Вариант 20. Газовая смесь состава: 60 (об) CO , 20 (об) H_2 и 20% (об) H_2O нагревается до 1400°C при давлении $1,013 \times 10^5$ Па. Вычислите равновесный состав смеси газов для реакции $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$, если константа равновесия этой реакции $K_p = 2,21$.

Литература

1. Стромберг А.Г. Физическая химия/ А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко. – 2-е изд.– М.: Высш. шк., 1988. – 486 с.; 3-е изд.– М.: Высш. шк., 1999. – 527 с.; 4-е изд.– М.: Высш. шк., 2001 – 527 с.

2. Физическая химия / под ред. К.С. Краснова. – 2-е изд.– М.: Высш. шк., 1995. – Ч. 1. – 512 с.; Ч. 2. – 319 с.; 3-е изд.– М.: Высш. шк., 2001. – Ч. 1. – 512 с.; Ч. 2. – 319 с.