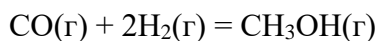


№4-СӨЖ

Тақырыбы: **Химиялық реакциялардың тепе-теңдігі.**

Есептерді шығару жолдары

Мысалы 3.1. 500 К реакция үшін тепе-теңдік константасын есептеу



500 К –де $\text{CO}(\text{г})$ және $\text{CH}_3\text{OH}(\text{г})$ үшін $\Delta_f G^\circ$ –155.41 кДж·моль⁻¹ және –134.20 кДж·моль⁻¹ тең.

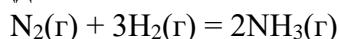
Шешуі. $\Delta_r G^\circ$ реакциялар:

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_f G^\circ(\text{CH}_3\text{OH}) - \Delta_f G^\circ(\text{CO}) = -134.20 - (-155.41) = 21,21 \text{ кДж·моль}^{-1}.$$

$$K_p = \exp\left(-\frac{21210}{8.3145 \cdot 298.15}\right) = 6.09 \times 10^{-3}.$$

Жауабы: 6.09×10^{-3} .

Мысалы 3.2. Реакцияның тепе-теңдік константасы



400° С $K_p = 1.64 \times 10^{-4}$ тең. 10% N_2 -ні NH_3 -ке айналдыру үшін, эквимолярлы қоспаларға N_2 және H_2 қандай жалпы қысымды қосуға болады? Газдарды идеал деп санауға болады.

Шешуі. α моль N_2 әрекеттесті дейік. Сонда:

	$\text{N}_2(\text{г})$	+	$3\text{H}_2(\text{г})$	=	$2\text{NH}_3(\text{г})$
Бастапқы мөлшері	1		1		0
Тепе-тең мөлшері	$1-\alpha$		$1-3\alpha$		2α (барлығы: $2-2\alpha$)
Тепе-тең мольдік үлесі:	$\frac{1-\alpha}{2-2\alpha}$		$\frac{1-3\alpha}{2-2\alpha}$		$\frac{2\alpha}{2-2\alpha}$

$$\text{Осыдан, } K_X = \frac{X_{\text{NH}_3}^2}{X_{\text{N}_2} \cdot X_{\text{H}_2}^3} = \frac{4\alpha^2(2-2\alpha)^2}{(1-\alpha) \cdot (1-3\alpha)^3} \text{ және } K_P = K_X P^{-2} = \frac{4\alpha^2(2-2\alpha)^2}{(1-\alpha) \cdot (1-3\alpha)^3 P^2}.$$

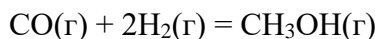
Формулаға қойсақ $\alpha = 0.1$,

$$1.64 \times 10^{-4} = \frac{4 \cdot (0.1)^2 (1.8)^2}{(0.9) \cdot (0.7)^3 P^2}, \text{ бұдан } P = 51.2 \text{ атм.}$$

Жауабы: 51.2 атм.

Мысал 3.3.

Реакцияның тепе-теңдік константасы



500 К –де $K_p = 6.09 \times 10^{-3}$. 1 моль CO , 2 моль H_2 және 1 моль инертті газдан (N_2) тұратын реакциялық қоспа 500 К-ге дейін және 100 атм. жалпы қысымға дейін қыздырылды. Тепе-теңдік қоспаның құрамын есептеу.

Шешуі. α моль CO әрекеттесті дейік. Онда:

	$\text{CO}(\text{г})$	+	$2\text{H}_2(\text{г})$	=	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{г})$
Бастапқы мөлшері:	1		2		0
Тепе-тең мөлшері:	$1-\alpha$		$2-2\alpha$		α

Тепе-тең қоспада барлығы: $3-2\alpha$ моль компонентов + 1 моль $N_2 = 4-2\alpha$ моль

Тепе-тең мольдік үлесі: $\frac{1-\alpha}{4-2\alpha}$ $\frac{2-2\alpha}{4-2\alpha}$ $\frac{\alpha}{4-2\alpha}$

$$\text{Осыдан, } K_X = \frac{X_{\text{CH}_3\text{OH}}}{X_{\text{CO}} \cdot X_{\text{H}_2}^2} = \frac{\alpha(4-2\alpha)^2}{(1-\alpha) \cdot (2-2\alpha)^2}$$

$$K_P = K_X P^{-2} = \frac{\alpha(4-2\alpha)^2}{(1-\alpha) \cdot (2-2\alpha)^2 \cdot P^2}$$

$$\text{Сонымен, } 6,09 \times 10^{-3} = \frac{\alpha(4-2\alpha)^2}{(1-\alpha) \cdot (2-2\alpha)^2 \cdot (100)^2}$$

Бұл теңдеуді шеше отырып, $\alpha = 0.732$ аламыз. Сәйкес, тепе-тең қоспада заттың мольдік үлесі: $X_{\text{CH}_3\text{OH}} = 0.288$, $X_{\text{CO}} = 0.106$, $X_{\text{H}_2} = 0.212$ и $X_{\text{N}_2} = 0.394$;

Жауабы. 0.288; 0.106; 0.212; 0.394.

Мысалы 3.4.



298 К-де $K_P = 6.0 \times 10^5$, ал $\Delta_f H^\circ(NH_3) = -46.1$ кДж·моль⁻¹. 500 К-де тепе-теңдік константасының мәнін бағалау.

Шешуі. Реакцияның стандартты мольдік энтальпиясы:
 $\Delta_r H^\circ = 2\Delta_f H^\circ(NH_3) = -92.2$ кДж·моль⁻¹.

Теңдеуге сай,

$$\ln K_2 = \ln K_1 + \frac{\Delta_r H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) =$$

$$= \ln(6.0 \times 10^5) + \frac{-92200 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1}}{8.314 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}} \times \left(\frac{1}{298 \text{ К}} - \frac{1}{500 \text{ К}} \right) = -1.73, K_2 = 0.18.$$

Экзотермиялық реакцияның тепе-теңдік константасы температура жоғарылаған сайын азаяды, Ле Шателье принципіне сай келеді.

Жауабы. 0,18.

Бақылау тапсырмалары

Есептер. 3.5-30. Келесі реакциялар үшін K_P бейнелеу:

№	Реакциялар
1	$2SO_2(\text{г}) + O_2(\text{г}) \leftrightarrow 2SO_3(\text{г})$
2	$ZnO(\text{к}) + H_2(\text{г}) \leftrightarrow Zn(\text{к}) + H_2O(\text{г})$
3	$H_2(\text{г}) + CO_2(\text{г}) \leftrightarrow CO(\text{г}) + H_2O(\text{г})$
4	$4NH_3(\text{г}) + 3O_2(\text{г}) \leftrightarrow 2N_2(\text{г}) + 6H_2O(\text{г})$
5	$2NH_4NO_3(\text{к}) \leftrightarrow 2NO(\text{г}) + 4H_2O(\text{г})$
6	$2H_2S(\text{г}) + 3O_2(\text{г}) \leftrightarrow 2H_2O(\text{г}) + 2SO_2(\text{г})$

7	$2\text{NO}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$
8	$\text{PbCO}_3(\text{к}) \leftrightarrow \text{PbO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$
9	$\text{S}(\text{к}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow \text{SO}_2(\text{г})$
10	$\text{H}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{HCl}(\text{г})$
11	$2\text{NO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г}) \leftrightarrow \text{N}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
12	$\text{C}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{CO}(\text{г})$
13	$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{к}) \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г})$
14	$\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
15	$2\text{CO}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{CO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$
16	$\text{NiO}(\text{к}) + \text{CO}(\text{г}) \leftrightarrow \text{Ni}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$
17	$\text{Zn}(\text{к}) + 2\text{HCl}(\text{с}) \leftrightarrow \text{H}_2(\text{г}) + \text{ZnCl}_2(\text{к})$
18	$4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 4\text{NO}(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
19	$\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г})$
20	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{г}) + \text{NH}_3(\text{г}) \leftrightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г})$
21	$2\text{KClO}_3(\text{к}) \leftrightarrow 2\text{KCl}(\text{к}) + 3\text{O}_2(\text{г})$
22	$2\text{CH}_4(\text{г}) \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$
23	$2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{Cl}_2(\text{г}) \leftrightarrow 4\text{HCl}(\text{г})$
24	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$
25	$\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{г})$

Есептер. 3.30-3.55. Реакция тепе-теңдігі: температура, қысым, бастапқы заттардың концентрациясын жоғарылатқанда қай бағытқа ығысады:

№	Реакциялар
1	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3 + 92,3 \text{ кДж}$
2	$\text{N}_2\text{O}_4 \leftrightarrow 2\text{NO}_2 - 56,9 \text{ кДж}$
3	$\text{N}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO} - 181,0 \text{ кДж}$
4	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3 + 176,8 \text{ кДж}$
5	$\text{CO}_2 + \text{C} \leftrightarrow 2\text{CO} - 160,5 \text{ кДж}$
6	$2\text{CO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}_2 + 566,9 \text{ кДж}$
7	$2\text{H}_2\text{S} \leftrightarrow 2\text{H}_2 + \text{S}_2 - 41,9 \text{ кДж}$
8	$\text{CO} + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + 113,2 \text{ кДж}$
9	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 464,0 \text{ кДж}$
10	$\text{C} + \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} - 172,5 \text{ кДж}$
11	$\text{S} + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{SO}_2 - 296,9 \text{ кДж}$
12	$\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{SO}_3 + 94,3 \text{ кДж}$
13	$\text{C} + 2\text{N}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + 557,2 \text{ кДж}$
14	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 802,2 \text{ кДж}$
15	$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 - 179,0 \text{ кДж}$
16	$2\text{Mg} + \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{MgO} + \text{C} + 810,0 \text{ кДж}$
17	$\text{C}_2\text{H}_6 + \frac{7}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 145,5 \text{ кДж}$
18	$\text{C} + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO}_2 + 394,0 \text{ кДж}$
19	$\text{C} + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + 75,0 \text{ кДж}$
20	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 45,8 \text{ кДж}$
21	$6\text{CO} + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \leftrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв}) + 6\text{O}_2 - 281,6 \text{ кДж}$
22	$\text{HgCl}_2 + 2\text{KBr} \leftrightarrow \text{HgBr}_2 + 2\text{KCl} - 16,8 \text{ кДж}$
23	$\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2 + 217,0 \text{ кДж}$
24	$\text{MgCO}_3 \leftrightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2 + 273,0 \text{ кДж}$
25	$\text{FeO} \leftrightarrow \text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 270,6 \text{ кДж}$