

**№ 4584**

**54  
X 465**

# **ХИМИЯ**

**Сборник индивидуальных заданий**

**НОВОСИБИРСК  
2016**

# **ХИМИЯ**

Сборник индивидуальных заданий  
для самостоятельной работы студентов,  
обучающихся по техническим направлениям  
и специальностям, дневной формы обучения

НОВОСИБИРСК  
2016

УДК 54(07)  
X 465

Составители: *А.И. Апарнев*, канд. хим. наук, доцент  
*Р.Е. Синчурина*, ассистент

Рецензент *Т.П. Александрова*, канд. хим. наук, доцент

Работа подготовлена  
на кафедре химии и химической технологии

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2016

## Тема 3

# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Задание.* Дано уравнение реакции (см. вариант в табл. 4).

1. Для всех веществ, участвующих в реакции, выпишите из приложения 1 значения стандартных термодинамических величин  $\Delta_f H_{298}^0$  и  $S_{298}^0$ .

2. Вычислите изменение энтальпии реакции  $\Delta_r H_{298}^0$  и определите, является ли данная реакция экзо- или эндотермической. Запишите термохимическое уравнение реакции.

3. По виду уравнения реакции, не прибегая к расчетам, определите знак изменения энтропии реакции  $\Delta_r S_{298}^0$ . Вычислив изменение энтропии реакции в стандартных условиях, объясните знак  $\Delta_r S_{298}^0$ .

4. Вычислите энергию Гиббса прямой реакции в стандартных условиях  $\Delta_r G_{298}^0$  и установите возможность самопроизвольного протекания реакции.

5. Определите температуру, при которой реакция находится в равновесии ( $T_p$ ).

6. Рассчитайте  $\Delta_r G$  при  $T_1 = T_p - 100$ ,  $T_2 = T_p + 100$ .

7. Постройте график зависимости  $\Delta_r G$  от  $T$  и обозначьте на графике область температур самопроизвольного протекания реакции.

8. Вычислите значения константы равновесия  $K_c$  при температурах  $T_p$ ,  $T_1$  и  $T_2$ . Сделайте вывод о влиянии температуры на величину  $K_c$  и на смещение химического равновесия.

Таблица 4

Номер варианта	Задание 1, 2			Изменение внешних условий			
	$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	$c_0(A)$ , моль/л	$c_0(B)$ , моль/л	$c_{\text{исх}}$	$p$	$V$	$T$
1	$\text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)} = \text{CO}_{(r)} + 3 \text{H}_{2(r)}$	1	2	↑	↓	↓	↓
2	$\text{CH}_{4(r)} + 2 \text{H}_2\text{S}_{(r)} = \text{CS}_{2(r)} + 4 \text{H}_{2(r)}$	2	3	↑	↑	↑	↓
3	$\text{CO}_{2(r)} + 2 \text{H}_{2(r)} = \text{C}_{(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	1	3	↓	↓	↑	↑
4	$2 \text{NF}_{3(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2 \text{NOF}_{3(r)}$	2	2	↑	↑	↓	↓
5	$\text{CO}_{2(r)} + 4 \text{H}_{2(r)} = \text{CH}_{4(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	1	2	↑	↑	↓	↓
6	$2 \text{PCl}_{5(r)} + \text{O}_2 = 2 \text{POCl}_{3(r)} + 2 \text{Cl}_{2(r)}$	3	1	↓	↓	↑	↑
7	$\text{CS}_{2(r)} + 2 \text{H}_2\text{S}_{(r)} = 4 \text{S}_{(r)} + \text{CH}_{4(r)}$	2	3	↑	↑	↓	↓
8	$\text{SO}_{2(r)} + 3 \text{H}_{2(r)} = \text{H}_2\text{S}_{(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	3	3	↓	↓	↑	↑
9	$2 \text{NO}_{2(r)} + \text{F}_{2(r)} = 2 (\text{NO}_2)\text{F}_{(r)}$	3	2	↓	↓	↑	↑
10	$2 \text{NO}_{(r)} + \text{Br}_{2(r)} = 2 \text{NOBr}_{(r)}$	3	3	↑	↑	↓	↓
11	$2 \text{NO}_{(r)} + \text{H}_{2(r)} = \text{N}_2\text{O}_{(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	4	2	↓	↓	↑	↑
12	$\text{S}_{2(r)} + 4 \text{CO}_{2(r)} = 2 \text{SO}_{2(r)} + 4 \text{CO}_{(r)}$	1	2	↑	↑	↓	↓
13	$\text{S}_{2(r)} + 2 \text{H}_{2(r)} = 2 \text{H}_2\text{S}_{(r)}$	2	3	↑	↑	↑	↑
14	$2 \text{CO}_{(r)} + 2 \text{H}_{2(r)} = \text{CH}_{4(r)} + \text{CO}_{2(r)}$	3	2	↓	↓	↑	↑
15	$2 \text{H}_2\text{S}_{(r)} + \text{SO}_{2(r)} = 3 \text{S}_{(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	2	1	↓	↓	↓	↓

16	$2 \text{PCl}_{3(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2 \text{PCl}_3\text{O}_{(r)}$	3	1	↑	↑	↑	↑
17	$\text{SiCl}_{4(r)} + 2 \text{H}_{2(r)} = \text{Si}_{(r)} + 4 \text{HCl}_{(r)}$	2	3	↓	↓	↓	↓
18	$2 \text{NO}_{(r)} + \text{Cl}_{2(r)} = 2 \text{NOCl}_{(r)}$	3	2	↑	↑	↑	↓
19	$\text{CH}_{4(r)} + 3 \text{CO}_{2(r)} = 4 \text{CO}_{(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	2	4	↓	↑	↑	↓
20	$2 \text{CO}_{(r)} + 4 \text{H}_{2(r)} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(r)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	1	3	↑	↓	↑	↑
21	$2 \text{H}_2\text{O}_{(r)} + 2 \text{Cl}_{2(r)} = 4 \text{HCl}_{(r)} + \text{O}_{2(r)}$	3	2	↑	↓	↓	↑
22	$\text{N}_{2(r)} + 2 \text{SO}_{3(r)} = 2 \text{NO}_{(r)} + 2 \text{SO}_{2(r)}$	3	3	↓	↑	↓	↑
23	$\text{CS}_{2(r)} + 2 \text{Cl}_{2(r)} = \text{CCl}_{4(r)} + 2 \text{S}_{(r)}$	1	1	↑	↓	↑	↑
24	$2 \text{NO}_{(r)} + 2 \text{SO}_{2(r)} = \text{N}_{2(r)} + 2 \text{SO}_{3(r)}$	3	4	↑	↑	↓	↑
25	$\text{SiF}_{4(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)} = 4 \text{HF}_{(r)} + \text{SiO}_{2(r)}$	2	3	↓	↑	↑	↓
26	$\text{H}_2\text{S}_{(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)} = \text{SO}_{2(r)} + 3 \text{H}_{2(r)}$	1	3	↓	↓	↑	↑
27	$\text{CH}_{4(r)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)} = \text{CO}_{2(r)} + 4 \text{H}_{2(r)}$	2	2	↑	↓	↓	↑
28	$2 \text{SO}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)} = 2 \text{SO}_{3(r)}$	2	3	↓	↑	↓	↓
29	$\text{SO}_{2(r)} + 2 \text{CO}_{(r)} = \text{S}_{(r)} + 2 \text{CO}_{2(r)}$	3	3	↑	↑	↓	↓
30	$\text{CO}_{(r)} + 2 \text{H}_{2(r)} = \text{CH}_3\text{OH}_{(r)}$	3	3	↑	↓	↓	↑

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Термодинамические характеристики некоторых веществ при 298 К

Вещество	$\Delta_f H^0$ , кДж/моль	$S^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль
Al <sub>2</sub> O <sub>3(г)</sub>	-1675,7	50,92	-1582,27
As <sub>(г)</sub>	288,7	174,1	247,4
AsH <sub>3(г)</sub>	66,4	222,96	68,91
AsCl <sub>3(г)</sub>	-271,1	326,8	-258,1
B <sub>(к)</sub>	0	5,86	0
BCl <sub>3(г)</sub>	-403,8	289,5	-388,7
BCl <sub>3(ж)</sub>	-427,1	206	-387,1
BaO <sub>(к)</sub>	-557,9	70,29	-528,4
BaCl <sub>2(к)</sub>	-860,1	126	-810,9
BeO <sub>(к)</sub>	-598,7	14,1	-581,6
BeCl <sub>2(к)</sub>	-494	63	-468
Br <sub>2(ж)</sub>	0	152,2	0
Br <sub>2(г)</sub>	30,92	245,35	3,14
C <sub>графит</sub>	0	5,74	0
C <sub>алмаз</sub>	1,83	2,38	2,85
CO <sub>(г)</sub>	-110,5	197,54	-137,14
CO <sub>2(г)</sub>	-393,51	213,68	-394,38
CF <sub>4(г)</sub>	-933	261,37	-888,4
CCl <sub>4(г)</sub>	-102,9	309,9	-60,7
CCl <sub>4(ж)</sub>	-135,4	214,4	-64,6
CH <sub>4(г)</sub>	-74,81	186,31	-50,82
C <sub>2</sub> H <sub>2(г)</sub>	226,75	200,82	209,21
C <sub>2</sub> H <sub>4(г)</sub>	52,3	219,45	68,14
C <sub>2</sub> H <sub>6(г)</sub>	-84,68	229,5	-32,89
C <sub>6</sub> H <sub>6(г)</sub>	82,93	269,2	129,68
CH <sub>3</sub> OH <sub>(г)</sub>	-202	239,7	-163,3
CH <sub>3</sub> OH <sub>(ж)</sub>	-239,45	126,6	-167,1
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(г)</sub>	-235,3	278,0	-167,4

Продолжение таблицы П 1

Вещество	$\Delta_f H^0$ , кДж/моль	$S^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль
CS <sub>2(г)</sub>	110,7	237,77	66,55
CS <sub>2(ж)</sub>	88,7	151,04	64,41
CaO <sub>(к)</sub>	-635,5	39,7	-605,2
Ca(OH) <sub>2(к)</sub>	-986,2	83,4	-898,5
CaCO <sub>3(к)</sub>	-1207,1	92,88	-1128,76
Cl <sub>2(г)</sub>	0	222,96	0
CuO <sub>(к)</sub>	-162	42,63	-134,3
Cu <sub>2</sub> O <sub>(к)</sub>	-173,2	92,9	-150,6
F <sub>2(г)</sub>	0	202,7	0
FeO <sub>(к)</sub>	-263,8	58,8	-244,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(к)</sub>	-822,16	89,96	-740,98
H <sub>2(г)</sub>	0	130,52	0
HBr <sub>(г)</sub>	-35,98	198,59	-53,3
HCl <sub>(г)</sub>	-92,31	186,79	-95,27
HF <sub>(г)</sub>	-268,61	173,51	-270,7
HI <sub>(г)</sub>	26,57	206,48	1,78
H <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	-241,82	188,72	-228,61
H <sub>2</sub> O <sub>(ж)</sub>	-285,84	70,08	-237,2
H <sub>2</sub> S <sub>(г)</sub>	-20,9	205,69	-33,8
H <sub>2</sub> SO <sub>4(ж)</sub>	-814,2	156,9	-690,3
I <sub>2(г)</sub>	62,43	260,58	19,37
N <sub>2(г)</sub>	0	191,5	0
NH <sub>3(г)</sub>	-46,19	192,66	-16,66
NF <sub>3(г)</sub>	-131,7	260,7	-84
N <sub>2</sub> F <sub>4(г)</sub>	-22	317	79
N <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	82,01	219,83	104,12
N <sub>2</sub> O <sub>3(г)</sub>	90,22	307,1	110,5
N <sub>2</sub> O <sub>4(г)</sub>	9,6	303,8	98,4
NO <sub>(г)</sub>	90,25	210,62	86,58
NO <sub>2(г)</sub>	33,5	240,2	51,55
NOCl <sub>(г)</sub>	52,59	263,5	66,37
NOF <sub>(г)</sub>	65	248	-51
NOF <sub>3(г)</sub>	-187	277,6	-



## Окончание таблицы П I

Вещество	$\Delta_f H^0$ , кДж/моль	$S^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль
$(\text{NO}_2)_F(r)$	-109	259,3	37
$\text{NOBr}(r)$	79,5	273,55	79,74
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	-333,17	104,6	-197,15
$\text{Cl}_2(r)$	0	222,98	0
$\text{O}_2(r)$	0	205,04	0
$\text{O}_3(r)$	142,26	238,82	162,76
$\text{PH}_3(r)$	5,44	210,2	13,39
$\text{P}_2\text{O}_5(k)$	-1507,2	140,3	-1371,7
$\text{PCl}_3(r)$	-279,5	311,71	-260,45
$\text{PCl}_5(r)$	-374,89	364,47	-297,14
$\text{POCl}_3(r)$	-306	323,84	-512,92
$\text{PF}_3(r)$	-956,5	272,6	-935,66
$\text{POF}_3(r)$	-1252,27	284,93	-1203,75
$\text{S}(k)$	0	31,88	0
$\text{S}(r)$	287,81	167,75	238,91
$\text{S}_2(r)$	127,52	228,03	78,55
$\text{SO}_2(r)$	-296,9	248,1	-300,2
$\text{SO}_3(r)$	-395,8	256,7	-372,2
$\text{SO}_2\text{Cl}_2(r)$	-363,17	311,3	-318,85
$\text{Si}(r)$	0	18,83	0
$\text{SiO}_2(r)$	-905,88	40,38	-851,17
$\text{SiF}_4(r)$	-1614,95	282,0	-1572,53
$\text{SiCl}_4(r)$	-657,52	330,95	-617,6
$\text{SiH}_4(r)$	34,73	204,55	57,19
$\text{SiO}_2(k, \text{стекл})$	-903,5	46,86	-850,7

### Приложение 3

#### Произведение растворимости ПР некоторых малорастворимых электролитов при 298 К

Вещество	ПР	Вещество	ПР	Вещество	ПР
$\text{Be}(\text{OH})_2$	$2,09 \cdot 10^{-19}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$3,69 \cdot 10^{-17}$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$4 \cdot 10^{-16}$
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$6,76 \cdot 10^{-12}$	$\text{Sc}(\text{OH})_3$	$2 \cdot 10^{-30}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$2,51 \cdot 10^{-39}$
$\text{Ga}(\text{OH})_3$	$1,58 \cdot 10^{-37}$	$\text{Sn}(\text{OH})_2$	$6,3 \cdot 10^{-27}$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$1,1 \cdot 10^{-34}$
$\text{Bi}(\text{OH})_3$	$3,2 \cdot 10^{-36}$	$\text{Sn}(\text{OH})_4$	$1 \cdot 10^{-57}$	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$2 \cdot 10^{-16}$
$\text{Pd}(\text{OH})_2$	$10^{-30}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$1,2 \cdot 10^{-20}$	$\text{Co}(\text{OH})_3$	$4 \cdot 10^{-45}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$2,2 \cdot 10^{-14}$	$\text{Cr}(\text{OH})_2$	$10^{-17}$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$6,31 \cdot 10^{-18}$
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$2 \cdot 10^{-20}$	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$6,3 \cdot 10^{-31}$	$\text{In}(\text{OH})_3$	$1,29 \cdot 10^{-37}$
$\text{Au}(\text{OH})_3$	$5,5 \cdot 10^{-46}$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$1,9 \cdot 10^{-13}$	$\text{La}(\text{OH})_3$	$6,5 \cdot 10^{-20}$

### Приложение 4

#### Температуры кипения $T_{\text{кип}}$ , кристаллизации $T_{\text{зам}}$ , криоскопическая $K_{\text{кр}}$ и эбуллиоскопическая $K_{\text{эб}}$ постоянные некоторых чистых растворителей

Растворитель	$T_{\text{зам}}$ , °C	$T_{\text{кип}}$ , °C	$K_{\text{кр}}$ , $\frac{\text{кг} \cdot \text{К}}{\text{моль}}$	$K_{\text{эб}}$ , $\frac{\text{кг} \cdot \text{К}}{\text{моль}}$
Ацетон	-95,35	56,24	2,4	1,48
Бензол	5,53	80,1	5,12	2,57
Вода	0	100	1,86	0,52
Диэтиловый эфир	-116	34,5	1,79	2,12
Пиридин	-45	115,8	4,97	2,687
Сероуглерод	-111,6	46,2	3,8	2,29
Уксусная кислота	16,75	118,1	3,9	3,07
Циклогексан	6,6	80,75	20,2	2,75
Хлороформ	-63,5	61,2	4,9	3,61
Четыреххлористый углерод	-22,96	76,75	29,8	5,25
Этанол	-114,5	78,3	1,99	1,22

## Приложение 8

### Растворимость веществ в воде

Ионы	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Be <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pd <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	In <sup>3+</sup>	Ga <sup>3+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sb <sup>3+</sup>	Bi <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Au <sup>3+</sup>	
OH <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Н	Н	М	М	Р	Н	Н	--	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	
F <sup>-</sup>	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	М	М	Р	Г	М	М	М	Н	Р	М	Р	Н	Р	Р	Н	Н	Н	Р	Р	Р	Г	
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р		Р		Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	И	Р	Р	Р	
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М
BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р		Р	Р	Р	М	Р	Р	М		Р			Р	Р							Р	Р	Р	М		
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Р	Р	М	М	Р	Н	Р	Р	Р	Д	Р	Р	Д	Н	Д	
IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р		Р	Н	Н	М	М	Р			М		М														
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Г	М	М	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Г	Н	Г	Н	Н	Н	Н	Г	Н	Н	Д	Н	Н	Н	Н	Н	
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р		Р	Р		Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М		
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	М	М	Н	Н	М	М	М	Н		Г		Н	Г	Н		Н	Г	Н	М	Д	Н	Н	Н		Р	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Г	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Г	Г		Г	Г	Р	Г	Г	Г	Р	Р	Г	Р	Р	Р	М	Г	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	М	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н		Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Н	Н	М	
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	М	Р	Р	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н		Г	Г	Г	Г	Н	Г	Н	Г	Н	Н	Г	Н	Н	Н	Н	Г	



## **ХИМИЯ**

### **Сборник индивидуальных заданий**

Редактор *Л.Н. Ветчакова*  
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*  
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

---

Подписано в печать 04.04.2016. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 200 экз.  
Уч.-изд. л. 2,79. Печ. л. 3,0. Изд. № 61. Заказ № Цена договорная

---

Отпечатано в типографии  
Новосибирского государственного технического университета  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20