

Задание к самостоятельной работе №2
«Химическая термодинамика. Химическое равновесие.
Кинетика химических реакций.»

Задача 1.

В вариантах (1 -5) вычислите тепловой эффект реакции $\Delta_r H^0_{298}$ по теплотам сгорания органических веществ (табл.1).

Таблица 1.

№ п/п	Уравнение реакции	Вещество	$\Delta_c H^0 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
1	$C_5H_{12(g)} + 8O_{2(g)} = 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(ж)}$	$C_5H_{12(g)}$	-3486,90
2	$C_7H_{8(ж)} + 1,5O_{2(g)} = C_7H_6O_{2(к)} + H_2O_{(ж)}$	$C_7H_{8(к)}$ $C_7H_8O_{2(к)}$	-3910,28 -3227,54
3	$C_5H_{12(g)} = C_2H_{4(g)} + C_3H_{8(g)}$	$C_5H_{12(g)}$	-3536,15
4	$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} = 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(ж)}$	$C_2H_{4(g)}$	-1398,00
5	$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} = 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(ж)}$	$C_3H_{8(g)}$	-2202,00

- В вариантах (6 -17) определите стандартную энтальпию образования веществ $\Delta_f H^0_{298}$, подчеркнутых в уравнениях реакций, пользуясь значениями изменения энтальпии реакции $\Delta_r H^0_{298}$, взятыми из табл. 2 и стандартными энтальпиями образования веществ $\Delta_f H^0_{298}$, (справочные данные);

Таблица 2.

№ п/п	Уравнение реакции	$\Delta_r H^0, \text{кДж}$
6	$\underline{H_2S}_{(g)} + \frac{3}{2}O_2 = H_2O_{(g)} + SO_{2(g)}$	-518,59
7	$\underline{2PH_3}_{(g)} + 4O_{2(g)} = P_2O_{5(к)} + 3H_2O_{(ж)}$	-3964,29
8	$\underline{4NH_3}_{(g)} + 3O_{2(g)} = 6H_2O_{(g)} + 2N_{2(g)}$	-1266,28
9	$\underline{2FeO}_{(к)} + Ti_{(к)} = 2Fe_{(к)} + \underline{TiO_2}_{(к)}$	-408,0
10	$\underline{Fe_2O_3} + 3CO_{(g)} = 2Fe_{(к)} + 3CO_{2(g)}$	-27,71

11	$2PH_{3(z)} + 4O_{2(z)} = \underline{P_2O_{5(k)}} + 3H_2O_{(ж)}$	-3964,29
12	$\underline{C_2H_4} + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O_{(ж)}$	-1410,98
13	$NH_{3(z)} + HCl_{(z)} = \underline{NH_4Cl_{(к)}}$	-179,0
14	$C_{(граф)} + \underline{2N_2O_{(z)}} = CO_{2(z)} + 2N_{2(z)}$	- 229,31
15	$Fe_2O_3(k) + 2Al(k) = 2Fe(k) + \underline{Al_2O_3(k)}$	- 2497,3
16	$\underline{KClO_4(k)} = KClO_3(k) + 2KCl_{(к)} + 5 O_{2(z)}$	- 60,0
17	$Na_2SO_3(k) = 3 Na_2SO_{4(k)} + \underline{Na_2S_{(к)}}$	176,0

- В вариантах (18-30) по заданным термохимическим уравнениям (табл. 3) рассчитайте стандартную энтальпию реакции образования указанного вещества $\Delta_f H^0_{298}$ из простых веществ.

Таблица 3

№ п/п	Термохимические уравнения реакций	$\Delta_r H^0$, кДж	Вещество
18	(I) $2As_{(т)} + 3F_{2(г)} = 2AsF_{3(г)}$;	$\Delta_r H^0_I = -1842$	AsF ₅
	(II) $AsF_{5(г)} = AsF_{3(г)} + F_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = +317$	
19	(I) $2C_{(т)} + O_{2(г)} = 2CO_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_I = -220$	COF ₂
	(II) $CO_{(г)} + F_{2(г)} = COF_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = -525$	
20	(I) $2Cr_{(т)} + 3F_{2(г)} = 2CrF_{3(г)}$;	$\Delta_r H^0_I = -2224$	CrF ₂
	(II) $2CrF_{3(г)} + Cr_{(т)} = 2CrF_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = -38$	
21	(I) $2P_{(т)} + 3Cl_{2(г)} = 2PCl_{3(г)}$;	$\Delta_r H^0_I = -574$	PCl ₅
	(II) $PCl_{5(г)} = PCl_{3(г)} + Cl_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = +88$	
22	(I) $2Pb_{(т)} + O_{2(г)} = 2PbO_{(т)}$;	$\Delta_r H^0_I = -438$	PbO ₂
	(II) $2PbO_{2(т)} = 2PbO_{(т)} + O_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = +116$	
23	(I) $Zr_{(т)} + ZrCl_{4(г)} = 2ZrCl_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_I = +215$	ZrCl ₂
	(II) $Zr_{(т)} + 2Cl_{2(г)} = ZrCl_{4(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = +867$	
24	(I) $2ClF_{5(г)} = Cl_2F_{6(г)} + 2F_{2(г)}$;	$\Delta_r H^0_I = +152$	Cl ₂ F ₆
	(II) $Cl_{2(г)} + 5F_{2(г)} = 2ClF_{5(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = -478$	
25	(I) $Ce_{(т)} + O_{2(г)} = CeO_{(т)}$;	$\Delta_r H^0_I = -1090$	Ce ₂ O ₃
	(II) $3CeO_{2(г)} + Ce_{(т)} = 2Ce_2O_{3(г)}$;	$\Delta_r H^0_{II} = -332$	

26	(I) $\text{CuCl}_{2(\text{т})} + \text{Cu}_{(\text{т})} = 2\text{CuCl}_{(\text{т})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_I = -56$	CuCl
	(II) $\text{Cu}_{(\text{т})} + \text{Cl}_{2(\text{т})} = \text{CuCl}_{2(\text{т})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_{II} = -216$	
27	(I) $4\text{As}_{(\text{т})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{As}_2\text{O}_3$;	$\Delta_r H^{\circ}_I = -1328$	As ₂ O ₅
	(II) $\text{As}_2\text{O}_{3(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} = \text{As}_2\text{O}_{5(\text{т})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_{II} = -261$	
28	(I) $\text{HgBr}_{2(\text{т})} + \text{Hg}_{(\text{ж})} = \text{Hg}_2\text{Br}_{2(\text{т})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_I = -38$	Hg ₂ Br ₂
	(II) $\text{HgBr}_{2(\text{т})} = \text{Hg}_{(\text{ж})} + \text{Br}_{2(\text{ж})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_{II} = +169$	
29	(I) $2\text{Fe}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{FeO}_{(\text{т})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_I = -532$	Fe ₂ O ₃
	(II) $4\text{FeO}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{т})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_{II} = -584$	
30	(I) $\text{Ir}_{(\text{т})} + 2\text{S}_{(\text{г})} = \text{IrS}_{2(\text{т})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_I = -144$	Ir ₂ S ₃
	(II) $2\text{IrS}_{2(\text{т})} = \text{Ir}_2\text{S}_{3(\text{т})} + \text{S}_{(\text{г})}$;	$\Delta_r H^{\circ}_{II} = +43$	

Задача 2.

- В вариантах (1 -5)

Определите изменение энтропии ($\Delta_{\text{ф.п.}} S^0$) при фазовом превращении (табл. 4).

Таблица 4

№ п/п	Вещество	Вид перехода	Температура перехода, К	ΔH^0 перехода кДж/моль
1	SiO ₂	$\beta_{\text{кварц-ж}}$	1883	851
2	Au	кр.-ж.	1336	12,30
3	Ag	кр.-ж.	1234	11,92
4	H ₂ O	ж.-г.	373,15	40,70
5	NaCl	кр.-ж.	1073,8	28,70

- В вариантах 6 -12 для указанных реакций (табл. 5), не производя вычислений, определите изменение энтропии в реакции $\Delta_r S^0$. В каких реакциях $\Delta_r S^0$ будет больше нуля, меньше нуля или примерно равно нулю? Сделайте качественную оценку изменения свободной энергии Гиббса и вывод о возможности протекания реакций.

Таблица 5

№ п/п	Химическая реакция	$\Delta_r H^0_{298}$
6	$2\text{H}_2(\text{г}) + \text{OF}_2(\text{г}) = 2\text{HF}(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	$\Delta_r H^0 < 0$
7	$4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{OF}_2(\text{г}) = 2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{HF}(\text{ж}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	$\Delta_r H^0 < 0$
8	$4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{Cl}_2(\text{г})$	$\Delta_r H^0 < 0$
9	$\text{TiO}_2(\text{к}) + 2\text{Cl}_2(\text{г}) = \text{TiCl}_4(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$	$\Delta_r H^0 > 0$
10	$\text{TiO}_2(\text{к}) + 2\text{C}(\text{граф.}) + 2\text{Cl}_2(\text{г}) = \text{TiCl}_4(\text{г}) + 2\text{CO}(\text{г})$	$\Delta_r H^0 < 0$
11	$\text{CaO}(\text{к}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{к})$	$\Delta_r H^0 < 0$
12	$\text{SiCl}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{SiO}_2(\text{кр.}) + 4\text{HCl}(\text{г})$	$\Delta_r H^0 > 0$

- В вариантах (13-18) по заданным уравнениям (табл. 6) рассчитайте стандартную энтропию образования указанного сложного вещества S^0_{298} (Дж/К).

Таблица 6

№ п/п	Уравнения реакций	$\Delta_r S^0$, Дж/К	Вещество
13	(I) $2\text{Cr}_{(г)} + 3\text{F}_{2(г)} = 2\text{CrF}_{3(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{I}} = -469$	CrF_3
	(II) $2\text{CrF}_{3(г)} + \text{Cr}_{(г)} = 2\text{CrF}_{2(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{II}} = +40$	
14	(I) $2\text{P}_{(г)} + 3\text{Cl}_{2(г)} = 2\text{PCl}_{3(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{I}} = -127$	PCl_5
	(II) $\text{PCl}_{5(г)} = \text{PCl}_{3(г)} + \text{Cl}_{2(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{II}} = +171$	
15	(I) $2\text{Pb}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{PbO}_{(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{I}} = -203$	PbO_2
	(II) $2\text{PbO}_{2(г)} = 2\text{PbO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{II}} = +193$	
16	(I) $\text{Zr}_{(г)} + \text{ZrCl}_{4(г)} = 2\text{ZrCl}_{2(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{I}} = +215$	ZrCl_2
	(II) $\text{Zr}_{(г)} + 2\text{Cl}_{2(г)} = \text{ZrCl}_{4(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{II}} = -116$	
17	(I) $2\text{ClF}_{5(г)} = \text{Cl}_2\text{F}_{6(г)} + 2\text{F}_{2(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{I}} = +346$	Cl_2F_6
	(II) $\text{Cl}_{2(г)} + 5\text{F}_{2(г)} = 2\text{ClF}_{5(г)}$;	$\Delta_r S^0_{\text{II}} = -616$	

Используя данные табл. 7, и справочные данные из приведенного к концу задания списка литературы

- в вариантах (19-24) рассчитайте стандартную энтропию (ΔS^0) продукта реакции [Дж/(моль·К)], если известна стандартная энтропия реакции.
- в вариантах (25-30) рассчитайте стандартную энтропию (ΔS^0) исходного вещества [Дж/(моль·К)], если известна стандартная энтропия реакции ($\Delta_r S^0_{298}$).

Таблица 7

№ п/п	Уравнения реакций	$\Delta_r S^0$, Дж/К
18	$2\text{Al}_2\text{O}_{3(г)} + 6\text{SO}_{2(г)} + 3\text{O}_{2(г)} = 2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(г)}$	-1727
19	$2\text{CuO}_{(г)} + 4\text{NO}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_{2(г)}$	-867
20	$4\text{NO}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(ж)} = 4\text{HNO}_{3(ж)}$	-681
21	$2\text{H}_2\text{O}_{(ж)} + \text{SO}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{H}_2\text{SO}_{4(ж)}$	-527
22	$\text{H}_2\text{O}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)} + 2\text{CuO}_{(г)} = \text{CuCO}_3(\text{OH})_{2(г)}$	-267
23	$2\text{NH}_3_{(г)} + \text{SO}_3_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4_{(г)}$	-451
24	$2\text{PbO}_{2(г)} + 4\text{NO}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(г)}$	-873
25	$\text{KClO}_{4(к)} = \text{KClO}_{3(к)} + 2\text{KCl}_{(к)} + 5\text{O}_{2(г)}$	+871
26	$\text{Na}_2\text{SO}_3_{(к)} = 3\text{Na}_2\text{SO}_4_{(к)} + \text{Na}_2\text{S}_{(к)}$	-60

27	$2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{MgO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ (г)	+ 891
28	$2(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ (г) = Cr_2O_3 (г) + N_2 (г) + $5\text{H}_2\text{O}$ (ж) + 2NH_3 (г)	+ 661
29	$2\text{Na}_2\text{HPO}_4$ (г) = $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (г) + H_2O (ж)	+ 40
30	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (г) = 2NaOH (г) + CO_2 (г) + $9\text{H}_2\text{O}$ (г)	+1478

Задача 3

- Для заданной химической реакции (табл. 8) выпишите из справочника необходимую информацию для расчетов $\Delta_r H^0_{298}$, $\Delta_r S^0_{298}$, $\Delta_r G^0_{298}$, а также температурные области существования исходных веществ и продуктов реакции.
Считая, что стандартные энтальпия и энтропия реакции не зависят от температуры ($\Delta_r C_p^0 = 0$)
- Определите:
 - ✓ $\Delta_r G^0_{298}$ реакции (двумя способами),
 - ✓ область температур, в которой возможно самопроизвольное протекание реакции в прямом направлении при стандартных состояниях и постройте график зависимости $\Delta_r G^0 = f(T)$ для заданного процесса;
 - ✓ $\Delta_r G^0_T$,
 - ✓ константу равновесия K_p ($R = 8,31$ Дж/моль*К) и K_c ($R = 0,082$ л*атм/моль*К), при заданной температуре T (табл.9)
- Укажите, в каком направлении протекает реакция при заданной температуре T и направление смещения равновесия при увеличении T . При обосновании направления смещения равновесия используйте уравнение изобары Вант-Гоффа.
- Используя уравнение изотермы Вант-Гоффа, рассчитайте $\Delta_r G_T$ при температуре T (для начального момента реакции), если исходные парциальные давления газов (P , табл. 9) в реакционной смеси соответственно равны P_A , P_B , P_C , P_D . Сравните полученный результат со стандартным значением энергии Гиббса $\Delta_r G^0_T$.

Таблица 8

№ п/п	Уравнение реакции	T, К	$P \cdot 10^{-4}$ Па			
			A	B	C	D
1	2H_2 (г) + CO (г) \Leftrightarrow CH_3OH (ж)	390	1,8	0,8	-	-
2	4HCl (г) + O_2 (г) \Leftrightarrow $2\text{H}_2\text{O}$ (г) + 2Cl_2 (г)	750	2,1	1,2	1,4	1,4
3	2N_2 (г) + $6\text{H}_2\text{O}$ (г) \Leftrightarrow 4NH_3 (г) + 3O_2 (г)	1300	3,2	4,6	3,2	3,0
4	4NO (г) + $6\text{H}_2\text{O}$ (г) \Leftrightarrow 4NH_3 (г) + 5O_2 (г)	1000	5,1	4,5	2,5	2,4
5	2NO_2 (г) \Leftrightarrow 2NO (г) + O_2 (г)	700	3,8	-	0,6	0,8
6	N_2O_4 (г) \Leftrightarrow 2NO_2 (г)	400	1,2	-	3,6	-
7	S_2 (г) + $4\text{H}_2\text{O}$ (г) \Leftrightarrow 2SO_2 (г) + 4H_2 (г)	1000	0,6	0,9	2,2	2,8
8	S_2 (г) + 4CO_2 (г) \Leftrightarrow 2SO_2 (г) + 4CO (г)	900	0,9	1,3	2,5	2,9
9	2SO_2 (г) + O_2 (г) \Leftrightarrow 2SO_3 (г)	700	5,2	4,6	1,6	-
10	CO_2 (г) + H_2 (г) \Leftrightarrow CO (г) + H_2O (г)	1200	6,1	3,0	1,5	1,2

11	$\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{r})}$	400	0,8	4,5	1,5	-
12	$\text{CO}_{(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons \text{CH}_{4(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	1000	2,2	3,0	0,8	0,7
13	$4\text{CO}_{(\text{r})} + \text{SO}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons \text{S}_{2(\text{r})} + 4\text{CO}_{2(\text{r})}$	900	6,2	4,7	3,0	2,8
14	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{r})} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_{4(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	400	5,1	-	1,7	1,9
15	$\text{FeO}_{(\text{k})} + \text{CO}_{(\text{r})} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(\text{k})} + \text{CO}_{2(\text{r})}$	1000	-	4,6	-	5,6
16	$\text{WO}_{3(\text{k})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons \text{W}_{(\text{k})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	2000	-	0,6	-	2,9
17	$\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{k})} \rightleftharpoons \text{NH}_{3(\text{r})} + \text{HCl}_{(\text{r})}$	400	-	-	2,0	1,5
18	$\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{k})} \rightleftharpoons \text{MgO}_{(\text{k})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	500	-	-	-	1,1
19	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} + \text{C}_{(\text{графит})} \rightleftharpoons \text{CO}_{(\text{r})} + \text{H}_{2(\text{r})}$	1000	0,8	-	4,2	5,6
20	$\text{PbO}_{2(\text{k})} + \text{C}_{(\text{графит})} \rightleftharpoons \text{Pb}_{(\text{k})} + \text{CO}_{2(\text{r})}$	1000	-	-	-	0,8
21	$\text{MnO}_{2(\text{k})} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Mn}_{(\text{k})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	1000	-	0,9	-	1,8
22	$3\text{Fe}_{(\text{k})} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{k})} + 4\text{H}_{2(\text{r})}$	500	-	5,8	-	3,6
23	$\text{C}_6\text{H}_6_{(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12(\text{r})}$	600	1,2	3,6	0,8	-
24	$\text{NiOH}_{2(\text{k})} \rightleftharpoons \text{NiO}_{(\text{k})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	500	-	-	-	0,4
25	$4\text{BN}_{(\text{k})} + 3\text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{B}_2\text{O}_3_{(\text{k})} + 2\text{N}_{2(\text{r})}$	500	-	-	-	0,5
26	$\text{SiH}_4_{(\text{r})} + 2\text{O}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons \text{SiO}_2_{(\text{k})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	350	6,0	4,0	-	0,7
27	$\text{SiCl}_4_{(\text{r})} + \text{Si}_{(\text{k})} \rightleftharpoons 2\text{SiCl}_2_{(\text{r})}$	1000	3,2	-	4,7	-
28	$\text{AsH}_3_{(\text{r})} + 3/2\text{Cl}_2_{(\text{r})} \rightleftharpoons \text{As}_{(\text{k})} + 3\text{HCl}_{(\text{r})}$	450	2,8	1,6	-	4,6
29	$\text{SbCl}_5_{(\text{k})} + 5/2\text{H}_2_{(\text{r})} \rightleftharpoons \text{Sb}_{(\text{k})} + 5\text{HCl}_{(\text{r})}$	300	-	1,7	-	0,5
30	$\text{GeCl}_4_{(\text{r})} + \text{Ge}_{(\text{k})} \rightleftharpoons 2\text{GeCl}_2_{(\text{r})}$	973	4,9	-	3,8	-

Задача 4

В вариантах (1 - 8) для газовой реакции $A + B = C + D$ (табл. 9) рассчитайте константу равновесия при температуре T и равновесный состав системы при этой температуре, если известны $\Delta_r G^0_T$ и начальные концентрации исходных веществ C_0 . Концентрация продуктов реакции в начальный момент равна нулю.

Таблица 9

№ п/п	T, К	$\Delta_r G^0_T$, кДж/моль	C_0 , моль/л		№ п/п	T, К	$\Delta_r G^0_T$, кДж/моль	C_0 , моль/л	
			A	B				A	B
1	400	- 14,1	1	1	5	600	- 1,6	1	1
2	800	- 13,8	1	2	6	800	- 3,6	1	1
3	400	- 7,5	1	1	7	1000	- 5,7	1	1
4	800	- 6,7	1	2	8	400	- 10,1	1	1

В вариантах (9-14) для гетерогенной реакции (табл. 10) с заданной константой равновесия и начальной концентрацией газообразного реагента

- Рассчитайте равновесные концентрации газообразных веществ (моль/л);
- Поясните, каким образом нужно изменить общее давление в системе ($P_{\text{общ}}$) и концентрации или парциальные давления ($P_{\text{парц}}$) **реагентов** и **продуктов** реакции, чтобы выход продуктов увеличился?

Таблица 10

№ п/п	Уравнение реакции	K_c	C_0 , моль/л
9	$\text{FeO}_{(г)} + \text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)}$	13,64	2,05
10	$2\text{CuO}_{(г)} + \text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)}$	15,89	3,21
11	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(г)} + \text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons 2\text{FeO}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)}$	11,33	2,59
12	$2\text{C}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(г)}$	0,31	0,54
13	$\text{CuO}_{(г)} + \text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons \text{Cu}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)}$	12,84	4,43
14	$\text{NiO}_{(г)} + \text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons \text{Ni}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)}$	16,09	1,88

В вариантах (15 - 25) для данной гомогенной реакции $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ (табл.11) определите температуру, при которой наступает равновесие. Температурной зависимостью $\Delta_r H^0$ и $\Delta_r S^0$ можно пренебречь. **Рассчитайте равновесный состав системы при этой температуре, если известны начальные концентрации исходных веществ C_0 (продукты реакции в начальный момент времени отсутствуют).**

Таблица 11

№ п/п	Уравнение реакции	C_0 , моль/л	
		A	B
15	$\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} = \text{COCl}_{2(г)}$	1	1
16	$\text{CO}_{(г)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(г)} = \text{CO}_{2(г)}$	1	0,5
17	$\text{NO}_{(г)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(г)} = \text{NO}_{2(г)}$	1	0,5
18	$\text{CH}_{4(г)} + \text{CO}_{2(г)} = 2\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)}$	1	1
19	$\text{CCl}_{4(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} = \text{COCl}_{2(г)} + 2\text{HCl}_{(г)}$	1	1
20	$\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} = \text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$	0,5	1
21	$\text{SO}_{2(г)} + \text{Cl}_{2(г)} = \text{SO}_2\text{Cl}_{2(г)}$	0,5	0,5
22	$\text{C}_2\text{H}_{2(г)} + \text{N}_{2(г)} = 2\text{HCN}_{(г)}$	1	1
24	$\text{C}_2\text{H}_{6(г)} = \text{C}_2\text{H}_{4(г)} + \text{H}_{2(г)}$	1	-
25	$\text{CO}_{(г)} + \text{NO}_{(г)} = \text{CO}_{2(г)} + \frac{1}{2}\text{N}_{2(г)}$	0,5	0,5

В вариантах (26 - 30) для гетерогенной реакции (табл. 12) с заданной константой равновесия и начальной концентрацией газообразного реагента

- Рассчитайте равновесные концентрации газообразных веществ (моль/л);
- Поясните, каким образом нужно изменить общее давление в системе ($P_{\text{общ}}$) и концентрации или парциальные давления ($P_{\text{парц}}$) **реагентов** и **продуктов** реакции, чтобы выход продуктов увеличился?

Таблица 12

№ п/п	Уравнение реакции	K_c	C_0 , моль/л
26	$\text{FeO}_{(T)} + \text{H}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(T)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	6,75	2,17
27	$\text{NiO}_{(T)} + \text{H}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{Ni}_{(T)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	5,61	1,19
28	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(T)} + \text{H}_2_{(r)} \rightleftharpoons 2\text{FeO}_{(T)} + \text{H}_2\text{O}_{(r)}$	7,03	2,33
29	$2\text{C}_{(T)} + 3\text{Cl}_2_{(r)} \rightleftharpoons \text{CCl}_4_{(r)}$	0,43	1,47
30	$\text{CoO}_{(T)} + \text{CO}_{(r)} \rightleftharpoons \text{Co}_{(T)} + \text{CO}_2_{(r)}$	18,67	1,77

Задача 5

В вариантах (1-8) для данной химической реакции (табл. 13) при заданных температуре T , порядке реакции n , начальных концентрациях реагентов C_0 , времени полупревращения $\tau_{1/2}$ определите время, за которое прореагирует указанная доля исходного вещества α .

Таблица 13

№ п/п	Уравнение реакции	n	T , К	$\tau_{1/2}$, мин	C_0 , моль/л	α , %
1	$\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$	1	593	577,6	0,6	60
2	$\text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	1	856	23,9	0,4	95
3	$\text{RBr} + \text{OH}^- \rightarrow \text{ROH} + \text{Br}^-$	2	293	78,25	0,1	60
4	$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{D}$	2	293	25,4	0,2	70
5	$\text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	1	823	462	0,3	90
6	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2$	1	293	13,6	0,3	99
7	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{HCl}$	1	873	8,7	0,5	96
8	$\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	1	413	21	0,2	90

В вариантах (9-16) по известным экспериментальным данным, приведенным в таблице 14 (n – порядок реакции; E_a – энергия активации; k_0 – предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса; T_1 и T_2 – начальная и конечная температура; C – исходная концентрация вещества), рассчитайте константы скорости реакции при температуре T_1 и T_2 и определите скорость реакции в некоторый момент времени, когда прореагировало некоторая доля исходного вещества α .

Таблица 14

№ п/п	Уравнение реакции	<i>n</i>	<i>C</i> , моль /л	<i>E_a</i> , кДж/моль	<i>k₀</i>	<i>T₁</i> , К	<i>T₂</i> , К	<i>α</i> , %
9	$C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_4 + HCl$	1	2	247,5	4×10^4	400	500	50
10	$HI + CH_3I \rightarrow CH_4 + I_2$	2	2	140	2×10^{14}	400	700	60
11	$2NO + Br_2 \rightarrow 2NOBr$	3	1	5,44	$2,7 \times 10^{10}$	300	350	70
12	$N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$	1	2	54,4	10^{10}	400	500	40
13	$2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$	2	1	113	9×10^{12}	200	300	60
14	$C_6H_5ONa + C_3H_7I \rightarrow$ $C_6H_5OC_3H_7 + NaI$	2	2	93,6	$3,5 \times 10^{11}$	300	500	50
15	$2N_2O_5 \rightarrow 2N_2O_4 + O_2$	1	2	103,5	$4,6 \times 10^{13}$	300	500	70
16	$H_2 + C_2H_4 \rightarrow C_2H_6$	2	1	180,5	4×10^{13}	300	600	50

В вариантах (17-25) для реакции *n*-го порядка (табл. 15) рассчитайте концентрацию исходных веществ *C*₂ через некоторое время *t*₂ от начала реакции, если известно, что при начальных концентрациях реагентов *C*₀ при некоторой температуре за время *t*₁ концентрация исходного вещества стала *C*₁.

Таблица 15

№ п/п	Уравнение реакции	<i>n</i>	<i>C</i> ₀ , моль /л	<i>t</i> ₁ , мин.	<i>C</i> ₁ , моль /л	<i>t</i> ₂ , мин.
17	$A \rightarrow B + D$	1	0,2	5	0,14	10
18	$A + B \rightarrow D + F$	2	0,5	120	0,215	180
19	$H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$	1	0,4	13,6	0,2	80
20	$A \rightarrow B$	1	0,1	10	0,01	30
21	$HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2$	1	0,2	1,25	0,1	3
22	$C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_4 + HCl$	1	0,4	15	0,2	30
23	$2HI \rightarrow H_2 + I_2$	2	0,2	50	0,12	100
24	$SO_2Cl_2 \rightarrow SO_2 + Cl_2$	1	0,4	200	0,3	600
25	$C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$	1	0,5	50	0,4	150

В задачах (25–30) определите, во сколько раз увеличилась константа скорости второй реакции при нагревании от *T*₁ до *T*₂ (табл. 16), если дано соотношение энергий активации первой и второй

реакций (E_{a1}/E_{a2}) и известно, что при нагревании от T_1 до T_2 константа скорости первой реакции увеличилась в a раз.

Таблица 16

№ п/п	E_{a1}/E_{a2}	a	T_1, K	T_2, K
26	2,0	10,0	300	400
27	0,5	5,0	300	400
28	3,0	6,0	400	500
29	4,5	12,0	400	500
30	0,1	3,5	100	200

Дополнительные справочные данные

Таблица стандартных термодинамических величин веществ

Вещество	ΔH_{298}° , кДж/моль	S_{298}° , Дж/моль·К	Теплоемкость, Дж/моль·К			C_p° , Дж/моль·К	Температурный интервал, К
			$C_p = a + bT + c/T^2$				
			a	$b \cdot 10^{-3}$	$c \cdot 10^5$		
Ag (к)	0	42,58	21,31	8,54	1,51	25,37	298-1234
Al (к)	0	28,31	20,67	12,39	-	24,34	298-933
Al ₂ O ₃ (к)	-1675,00	50,94	114,56	12,89	-34,31	79,00	298-1800
AlCl ₃ (к)	-697,40	167,00	55,44	117,15	-	89,10	273-453
AlF ₃ (к)	-1488,00	66,48	72,26	45,86	-9,62	75,10	298-727
As (к)	0	35,10	21,90	9,29	-	24,64	298-1100
AsH ₃ (г)	135,27	222,67	-	-	-	38,49	-
B (к)	0	5,87	6,44	18,40	-	11,96	273-1200
B ₂ H ₆ (г)	194,72	233,058	-	-	-	58,10	-
B ₂ O ₃ (к)	-1264,00	55,85	36,53	106,30	-5,48	62,97	298-273
B ₂ O ₅ (к)	-865,26	272,37	-	-	-	66,21	-
BBr ₃ (г)	-116,77	324,22	-	-	-	67,71	-
BF ₃ (г)	1137,64	254,47	52,08	28,05	-8,88	50,49	298-1000
BN (к)	-252,6	14,8	-	-	-	19,7	298
Br ₂ (г)	30,92	245,54	37,20	0,71	-1,19	36,00	298-1500
Br ₂ (ж)	0	152,30	-	-	-	77,71	298
C (алм)	+1,83	2,37	9,13	13,23	-6,20	6,12	298-1200
C (гр)	0	5,74	17,15	4,27	-8,79	8,53	298-2300
CCl ₄ (ж)	-135,4	214,57	97,72	9,63	-15,07	131,8	298-1000
C ₂ H ₂ (г)	226,75	200,80	23,46	85,77	-58,34	49,93	298-1500
C ₂ H ₄ (г)	52,28	219,40	4,19	154,59	-81,09	46,63	298-1500
CH ₄ (г)	-74,85	186,19	17,45	60,46	-1,117	35,79	273-1500
Cl ₂ (г)	0	223,00	36,69	1,05	-2,52	33,84	298-1500
CO (г)	-110,6	197,68	28,43	4,10	-0,46	29,13	298-1500
CO ₂ (г)	-393,51	213,60	44,14	9,04	-8,53	37,13	298-2500
CrCl ₂ (к)	-393,0	115,0	-356,0	-	-	-	-
CrCl ₃ (к)	-516,0	123,0	-446,0	-	-	-	-
COCl ₂ (г)	-223,0	289,20	67,16	12,11	-9,03	60,67	298-1000
Cr ₂ O ₃ (т)	-1141	81	-	-	-	-	-
CS ₂	115,30	237,80	52,09	6,69	-7,53	45,65	298-1800
CaO (к)	-635,5	39,7	49,65	4,52	-6,95	42,83	298-2888
CaCO ₃ (к)	1207,93	88,8	84,28	42,87	-13,98	81,31	298-600
Ca(OH) ₂ (к)	-986,50	83,0	-	-	-	-	-
Cu (к)	0	33,30	22,64	6,28	-	24,51	298-1356
CuCl ₂ (к)	-134,70	91,60	43,90	40,60	-	56,10	273-695
Fe (к)	0	27,17	17,5	24,79	-	24,99	273-1033

FeO (к)	-265,0	60,79	51,83	6,78	-1,59	49,95	298-1200
Fe ₂ O ₃ (к)	-822,7	87,5	98,35	77,87	-14,86	103,8	298-953
Fe ₃ O ₄ (к)	-1117,9	146,29	91,61	201,8	-	150,89	298-900
Ge (к)	0	42,38	23,80	16,80	-	28,80	293-1213
Ge ₂ O ₃ (к)	-539,74	52,30	46,86	30,00	-	52,09	298-1300
GeCl ₂ (r)	135,90	246,37	-	-	-	36,90	-
GeCl ₄ (r)	-389,39	347,27	-457,0	-	-	96,01	-
H ₂ (r)	0	130,60	27,2	3,26	0,502	28,83	298-3000
H ₂ O (r)	-241,83	188,74	30,00	10,71	0,33	33,56	298-2500
H ₂ O (ж)	-285,84	69,96	-	-	-	75,31	298
H ₂ O (к)	-291,85	39,33	0,197	140,16	-	-	273
H ₂ O ₂ (ж)	-187,9	109,57	-	-	-	89,39	-
H ₂ S (r)	-20,15	205,64	29,37	15,40	-	33,93	298-1800
HBr (r)	-35,98	198,40	26,15	5,86	1,09	29,16	298-1600
HF (r)	-268,61	173,51	27,70	2,93	-	29,16	298-2000
HI (r)	25,94	206,30	36,32	5,94	0,92	29,16	298-1000
HCl (r)	-92,30	186,7	26,53	4,6	1,09	29,16	298-2000
I ₂ (r)	62,24	260,58	37,40	0,59	-0,71	36,90	298-3000
I ₂ (к)	0	116,73	40,12	49,79	-	54,44	298-387
KClO ₃ (к)	-399,0	143,0	-	-	-	-	-
N ₂ (r)	0	191,50	27,87	4,27	-	29,10	298-2500
Na ₂ P ₄ O ₇	-3166,0	270,0	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄ (к)	-1388	149,0	-	-	-	-	-
NH ₃ (r)	-46,19	192,50	29,80	25,48	-1,67	35,65	298-1800
N ₂ H ₄ (r)	50,50	121	-	-	-	98,83	298
NH ₃ (ж)	-69,87	-	-	-	-	87,75	298
NH ₄ Cl(к)	-314,2	95,8	-203,0				
NiO	-240,0	38,0	-212,0	-	-	-	-
Ni(OH) ₂ (к)	-544,0	80,0	-459,0				
N ₂ O (r)	-82,1	220,02	45,72	8,62	-8,54	38,64	298-2000
NO ₂ (r)	-33,5	240,32	42,16	9,55	-6,99	37,51	298-2000
O ₂ (r)	0	205,03	31,46	3,39	-3,77	29,36	298-3000
OF ₂ (r)	-120,0						
P (бен)	0	44,35	-	-	-	23,22	273-317
PH ₃ (r)	5,4						
P ₂ O ₅ (к)	-2984,00	282,00	70,08	451,90	-	204,80	298-631
Pb (к)	0	64,90	29,93	8,70	-	26,82	273-600
PbCl ₂ (к)	-359,10	136,40	66,78	33,47	-	76,78	298-700
PCl ₃ (r)	-277,00	311,70	80,12	3,10	-7,99	72,05	298-1000
PbS (к)	-94,28	91,20	37,32	-	-2,05	35,02	298-900
S (кр,мон)	0,30	32,55	14,90	29,08	-	23,64	368-392
S (кр,ром)	0	31,88	14,98	26,11	-	22,60	273-369
S ₂ (r)	129,10	227,70	36,11	1,09	-3,52	32,47	273-2000
Sb (к)	0	45,69	23,10	7,28	-	25,43	298-903
SbCl ₅ (к)	-437,2	295	-	-	-	-	298
Si (к)	0	18,72	24,02	2,58	-4,23	19,80	273-1174
Si ₃ N ₄ (к)	-618,84	95,39	-	-	-	100,1	-
SiC (к)	-104,29	16,46	-	-	-	-	-

SiCl ₄ (r)	-675,5	331,37	-	-	-	90,40	-
SiF ₄ (r)	-1614,90	281,60	91,46	13,26	-19,65	73,37	298-1000
SiH ₄ (r)	-113,24	204,51	-	-	-	100,50	-
SiHCl ₃ (r)	-343,93	313,33	-	-	-	14,58	-
SiO ₂ (к)	-859,30	42,09	46,94	34,31	-11,30	44,48	298-848
SiBr ₄ (r)	-290,33	377,81	-	-	-	24,20	-
SiCl ₂ (r)	-37,20	67,07	-	-	-	12,30	-
Sn (к)	0	51,40	18,49	26,36	-	26,36	273-505
SnO ₂ (к)	-580,80	52,34	73,89	10,04	-21,59	52,59	273-1500
SnS (к)	-101,80	77,00	35,69	31,30	3,77	49,25	298-875
SO ₂ (r)	-296,90	248,10	42,55	12,55	-5,65	39,87	298-1800
SO ₃ (r)	-395,20	256,23	57,32	26,86	-13,05	50,63	298-1200
Ti (к)	0	30,6	-	-	-	25,1	298
TiO ₂ (к)	-938,0	50,0	-	-	-	-	-
W (к)	0,0	33,0	0,0	-	-	-	-
WO ₃ (к)	-843,0	76,0	-764,0	-	-	-	-
WO ₃ (r)	-293,0	287,0	-277,0	-	-	-	-

Справочная литература.

1. Коровин. Н.В., Общая химия. М: Высшая школа. 2005 г.
2. Коровин Н.В., Мингулина Э.И. Лабораторные работы по химии. М: Высшая школа. 2005.
3. Задачи и упражнения по Общей Химии. Под редакцией Н.В. Коровина. М: Высшая школа. 2007.
4. Краткий справочник физико-химических величин. Под редакцией Равделя А.А., Пономаревой А.М..М: Вербум-М. 2009.
5. Краткий справочник физико-химических величин под редакцией Мищенко К.П. и Равделя А.А., Л.: Химия, 1974 г.