Дисциплина **«Физическая и коллоидная химия»**

Занятие № 1

Вопросы для подготовки к занятию:

1. Нулевое начало термодинамики. Первое начало термодинамики. Различные формулировки. Математическое выражение и его анализ.
2. Энтропия ее связь с термодинамической вероятностью. Уравнение Больцмана. Закон возрастания энтропии.
3. Второе начало термодинамики. Различные формулировки и математическое выражение.
4. Третье начало термодинамики. Постулат Планка. Абсолютное значение энтропии. Расчет энтропии для химических реакций.
5. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Математическое выражение. Связь с максимальной работой и максимальной полезной работой.
6. Теплота нейтрализации, калориметрическое определение теплоты нейтрализации.

Вариант 1

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции H_2(г) + Cl_2(г) = 2HCl(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 2

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции MgO(т) + CO_2(г) = $MgCO_3$(т). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 3

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции $Mg(OH)_2$(т) + CO_2(г) = $MgCO_3$(т) + H_2O(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 4

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции NH_4CI(ж) = NH_3(г)+ HCI (г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 5

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции $CO(г) + H_2O(ж) = CO_2(г) + H_2(г)$. Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 6

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции $C_2H_4(г) + H_2(г) = C_2H_6(г)$. Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 7

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции $C(т) + H_2O(г) = CO(г) + H_2(г)$. Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 8

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции $CO(г) + Cl_2(г) = COCl_2(г)$. Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 9

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции C_2H_4(г) + H_2O(г) = C_2H_5OH(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 10

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции CO(г) + H_2(г) = C(т) +H_2O(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 11

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции C_2H_4(г) + H_2O(ж) = C_2H_5OH(ж). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 12

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции 4HCI(г)+O_2(г)=2H_2O(ж)+2CI_2(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 13

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции 6С(т) + 6Н(г) = C_6H_6(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 14

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции $CaCO_3$(т) = CaO(т) + CO_2(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 15

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции CH_4(г)+Cl_2(г)=CH_3Cl(г)+ HCl(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Вариант 16

Задача 1. Вычислите ΔH°, ΔU° в стандартных условиях для реакции NH_3(г)+5/4O_2(г)=NO(г)+3/2H_2O(г). Определите, экзо- или эндотермической является реакция. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 450 и 700 К и давлении $1.0133 \cdot 10^5$ Па, используя уравнения Г.Р. Кирхгоффа для небольшого температурного интервала. Необходимые для расчета данные взять из Приложения.

Приложение.

Стандартные термодинамические величины некоторых соединений

$\Delta H^{o}_{обр}$ – стандартная теплота образования вещества, кДж/моль;
$\Delta G^{o}_{обр}$ – стандартное изменение энергии Гиббса при образовании сложного вещества из простых веществ, кДж/моль;
ΔS^{o}_{298} – стандартная энтропия вещества, Дж/(моль К);
к – кристаллическое состояние; ж – жидкое состояние;
г – газообразное состояние; aq – вещество (ион) в водном растворе.

Вещество	$\Delta H^0_{f,298}$ кДж/моль	$\Delta H^0_{c,298}$ кДж/моль	S^0_{298} **Дж**/(моль*К)	$\Delta G^0_{c,298}$ кДж/моль	$C^0_{p,298}$ **Дж**/(моль*К)
$H_{2\,(г)}$	0	-285,84	130,52	0	28,83
$O_{2\,(г)}$	0		205,04	0	29,37
$C_{(графит)}$	0	-393,50	5,74	0	8,54
$Cl_{2\,(г)}$	0		222,98	0	33,93
$Br_{2\,(г)}$	30,91		245,37	3,14	36,07
$N_{2\,(г)}$	0		191,50	0	29,10
$Fe_{(т)}$	0		27,15	0	24,98
$Ca_{(т)}$	0		41,62		26,28
$CO_{(г)}$	-110,53	-282,98	197,55	-137,15	29,14
$CO_{2\,(г)}$	-393,51		213,66	-394,37	37,11
$CaC_{2\,(т)}$	-59,83	-1359,42	69,96	-64,85	62,72
$CaCO_{3\,(т)}$	-1206,83		91,71	-1128,35	83,47
$CaO_{(т)}$	-635,09		38,07	-603,46	42,05
$Ca(OH)_{2\,(т)}$	-985,12		83,39	-897,52	87,49
$Fe_3O_{4\,(т)}$	-1117,13		146,19	-1014,17	150,79
$Fe_2O_{3\,(т)}$	- 821,32		89,96		103,7
$H_2O_{(г)}$	-241,81	-44,02	188,72	-228,61	33,61
$H_2O_{(ж)}$	-285,83		69,85	-237,23	75,30

$HCl_{(г)}$	-92,31		186,79	-95,30	29,14
$HBr_{(г)}$	-36,38		198,58	-53,43	29,14
$MgO_{(т)}$	-601,49		27,07	-569,27	37,20
$MgCO_3{}_{(т)}$	-1095,85		65,10	-1012,15	76,11
$Mg(OH)_2{}_{(т)}$	-924,66		63,18	-833,75	76,99
$NH_3{}_{(г)}$	-45,94		192,66	-16,48	35,16
$NH_4Cl_{(ж)}$	-314,22		95,81	-203,22	84,10
$NO_2{}_{(г)}$	33,89		240,45	52,29	37,11
$NO_{(г)}$	90,37		210,62	87,58	29,83
$N_2O_4{}_{(г)}$	11,11		304,35	99,68	79,16
$SO_2Cl_2{}_{(г)}$	-358,70		311,13	-318,85	77,14
$COCl_2{}_{(г)}$	-219,50		283,64	-205,31	57,76
$SO_2{}_{(г)}$	-296,90		248,07	-300,21	39,87
$SO_3{}_{(г)}$	-395,85		256,69	-371,17	50,09
$CH_4{}_{(г)}$	-74,85	-890,31	186,27	-50,85	35,71
$C_2H_2{}_{(г)}$	226,75	-1299,63	200,82	209,21	43,93
$C_2H_4{}_{(г)}$	52,30	-1410,97	219,45	68,14	43,56
$C_2H_6{}_{(г)}$	-84,67	-1559,88	229,49	-32,93	52,64
$CH_3CHO_{(г)}$	-166,00	-1193,07	264,20	-132,95	54,64
$C_2H_5OH_{(г)}$	-234,80	-1409,00	281,38	-167,96	65,75
$C_2H_5OH_{(ж)}$	-276,98	-1366,70	160,67	-174,15	111,96
$CH_3OH_{(г)}$	-201,00	-763,4	239,76	-162,38	44,13
$CH_3OH_{(ж)}$	-238,70	-726,64	126,70		81,60
$CH_3COOH_{(ж)}$	-484,09	-874,57	159,80	-389,36	123,40
$C_6H_6{}_{(г)}$	82,93	-3301,59	269,20	129,68	81,67
$C_6H_6{}_{(ж)}$	49,04	-3267,70	173,20	124,38	136,10
$C_6H_{12(г)}$	-123,14		298,24	31,70	106,27

$CH_3COOC_2H_5$ (ж)	-469,50	-2254,21	259,00	-332,74	170,00
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (кр.)	-2221,00	-5648,00	360,00		425,00
$C_6H_5NH_2$ (ж)	29,70	-3396,20	192,00		191,00
CH_3Cl (г)	- 100,4		295,6		65,7

Вещество или ион	Состояние	$H^{o}_{обр}$	$G^{o}_{обр}$	S^{o}_{298}
AgCl	к	–127	–109,7	96,1
$AgNO_3$	к	–123	–32,2	141
Ag_2O	к	–30,6	–10,8	122
Al	к	0	0	28,3
Al^{3+}	aq	–525	–481	–313
Al_2O_3	корунд	–1670	–1576	51
$Al_2O_3\ 3H_2O$	к	–2568	–2292	140
B_2O_3	к	–1264	–1184	54
H_3BO_3	к	–1089	–963	89,6
H_3BO_3	aq	–1068	–963	160
Ba^{2+}	aq	–538	–561	12,6
$BaCl_2$	к	–860	–811	126
$BaCl_2\ 2H_2O$	к	–1462	–1296	203
$BaSO_4$	к	–1465	–1353	132
Br_2	ж	0	0	152
Br_2	г	30,7	3,1	245
C	графит	0	0	5,7
C	алмаз	1,9	2,9	2,4
CO	г	–111	–137	198
CO_2	г	–393,5	–394,4	214
CO_2	aq	–413	–386	121
H_2CO_3	aq	–700	–623	187
HCO_3	aq	–691	–587	95
CO_3^{2}	aq	–676	–528	–53
Ca^{2+}	aq	–543	–553	–55
CaO	к	–636	–603	40
$Ca(OH)_2$	к	–987	–897	76

$CaSO_4$	к	–1432	–1320	107
$CaSO_4\ 2H_2O$	к	–1762	–1565	194
$CaCl_2$	к	–795	–750	114
$CaCl_2$	aq	–878	–815	55
$CaCl_2\ 6H_2O$	к	–2607		

Вещество или ион	Состояние	$H^{o}_{обр}$	$G^{o}_{обр}$	S^{o}_{298}
$CaCO_3$	к	–1207	–1129	93
Cl_2	г	0	0	223
Cl_2O	г	76	94	266
HCl	г	–92,3	–95,3	186,7
HCl	aq	–167	–131	55
$COCl_2$	г	–219,5	–205,31	283,64
CrO_4^{2}	aq	–863	–706	38,5
$Cr_2O_7^{2}$	aq	–1461	–1257	214
Cu^{2+}	aq	64,4	65	99
CuCl	к	–136	–118	84,5
$CuCl_2$	к	–206		
$CuSO_4$	к	–770	–662	113
$CuSO_4\ 5H_2O$	к	–2278	–1880	305
F^{-}	aq	–329	–276	–9,6
HF	г	–269	–271	174

Fe	к	0	0	27,2
Fe^{2+}	aq	–88	–85	–113
Fe^{3+}	aq	–48	–11	–293
$Fe(OH)_3$	к	–824		
$FeCO_3$	к	–753	–680	96
$FeCl_3$	к	–405		
$FeCl_3\ 6H_2O$	к	–2226		
$FeSO_4$	к	–923	–820	108
$FeSO_4\ 7H_2O$	к	–3007		
H_2	г	0	0	131
H^+	aq	0	0	0
OH^-	aq	–230	–157	–10,5
H_2O	ж	–286	–237	70
H_2O	г	–242	–229	189
H_2O_2	ж	–188	–120,5	109,6
H_2O_2	г	–191	–107,74	234,4
Hg	ж	0	0	77
Hg	г	61	32	175
Hg^{2+}	aq		–165	
$HgCl_2$	к	–230	–177	
Hg_2Cl_2	к	–265	–211	196
HgO	к	–90	–58,4	73
K^+	aq	–251	–282	103
KOH	aq	–477	–441	92
$KAl(SO_4)_2\ 12H_2O$	к	–6057	–5137	687
KBr	к	–392	–379	96
KBr	aq	–372	–385	183

Вещество или ион	Состояние	$H^{o}_{обр}$	$G^{o}_{обр}$	S^{o}_{298}
KCl	к	–436	–408	83
KCl	г	–216	–235	239,5
KCl	aq	–419	–413	158
$KClO_3$	к	–391	–290	143
KI	к	–328	–322	104
KI	aq	–307	–334	212
KNO_3	к	–493	–393	133
KNO_3	aq	–458	–393	291
$KMnO_4$	к	–813	–714	172
K_2SO_4	к	–1438	–1320	176
Li^+	aq	–278	–294	14
LiOH	к	–487	–444	50
Li_2CO_3	к	–1215	–1130	90
Mg^{2+}	aq	–462	–456	–118
$MgCO_3$	к	–1113	–1029	66
$MgCl_2$	к	–642	–592	89,5
$MgCl_2\ 6H_2O$	к	–2500	–1279	366
MgO	к	–602	–570	27
$Mg(OH)_2$	к	–925	–834	63
$MgSO_4$	к	–1278	–1174	91,6
$MgSO_4\ 7H_2O$	к	–3384		
Mn^{2+}	aq	–219	–223	–84
$MnSO_4$	к	–1064	–956	112
N_2	г	0	0	191,5
NH_3	г	–46,2	–16,6	192,5
NH_3	aq	–80,8	–26,6	110
NH_4	aq	–133	–79,5	113

NH_4Cl	к	–315	–204	94,6
$(NH_4)_2SO_4$	к	–1179	–900	220
N_2O	г	81,5	103,6	220
NO	г	90,4	86,7	210,6
NO_2	г	33,8	51,8	240,5
N_2O_4	г	9,7	98,3	304,3
HNO_2	aq	–119	–56	153
HNO_3	ж	–173	–80	155
NO_3	aq	–207	–114	146
Na	к	0	0	51
Na^+	aq	–240	–262	60
Na_2CO_3	к	–1131	–1048	136
$Na_2CO_3\ 10H_2O$	к	–4082	–3906	
$NaHCO_3$	к	–948	–852	102
NaF	к	–569	–541	59

Вещество или ион	Состояние	$H^o_{обр}$	$G^o_{обр}$	S^o_{298}
NaCl	к	–411	–384	72
$NaNO_2$	к	–359		
$NaNO_3$	к	–425	–366	116
NaOH	к	–427	–380	60
Na_2SO_3	к	–1117	–1043	146
Na_2SO_4	к	–1384	–1267	149
$Na_2SO_4\ 10H_2O$	к	–4324	–3644	593
$Na_2S_2O_3\ 5H_2O$	к	–2602		
O_2	г	0	0	205
O_3	г	142	163	238
P_4	белый	0	0	44,4

P	красный	–18,4		
PCl_3	г	–306	–286	312
PCl_5	г	–399	–325	353
H_2PO_4	aq	–1302	–1135	89
HPO_4^{2}	aq	–1299	–1094	–36
PO_4^{3}	aq	–1284	–1026	–218
$P_2O_7^{4}$	aq	–2276		
PbO	к	–218	–188	69
PbO_2	к	–277	–219	77
$Pb(CH_3COO)_2$	к	–964		
$Pb(CH_3COO)_2\ 3H_2O$	к	–1854		
S	ромбич.	0	0	32
S	монокл.	0,3	0,1	32,6
SO_2	г	–297	–300	249
SO_3	г	–395	–370	256
H_2S	г	–20	–33	206
H_2SO_4	aq	–907	–742	17
HSO_4	aq	–886	–753	127
SO_4^{2}	aq	–907	–742	17,2
SiO_2	кварц	–859	–805	42
ZnO	к	–348	–318	44
$ZnCl_2$	к	–416	–369	108
$ZnSO_4$	к	–979	–872	125
$ZnSO_4\ 7H_2O$	к	–3076	–2560	387
Органические вещества				
CH_4	г	–75	–51	186
C_2H_2	г	227	209	201
C_2H_4	г	52	68	219
C_2H_6	г	–107	–33	229

Вещество или ион	Состояние	$H^{o}_{обр}$	$G^{o}_{обр}$	S^{o}_{298}
C_6H_6	ж	49	125	173
CH_3Cl	г	–82	–59	234
CH_2Cl_2	г	–88	–59	271
$CHCl_3$	г	–100	–67	296
CCl_4	г	–107	–64	309
CH_3Br	г	–35,6	–26	246
CH_2Br_2	г	–4,2	–5,9	294
$CHBr_3$	г	25	16	331
CBr_4	г	50	36	358
CH_3OH	ж	–239	–166	127
C_2H_5OH	ж	–278	–175	161
$C_2H_5OC_2H_5$	ж	–279,49	–123,05	253,13
$C_2H_5OC_2H_5$	г	–252,21	–122,39	342,67
Глицерин	ж	–671	–479	205
Формальдегид	г	–116	–110	219
Ацетальдегид	г	–166	–134	265
Ацетон	ж	–247	–154	199
HCOOH	ж	–410	–346	129
$HCOO^-$	aq	–410	–335	92
CH_3COOH	ж	–487	–392	160
CH_3COO^-	aq	489	–404	205
C_3H_7COOH	ж	–535	–376	226
$C_3H_7COO^-$	к	–536	–372	202
Глюкозо-1-фосфорная кислота	aq		–1789,5	
Нитробензол	ж	16	146	224
Анилин	ж	31	149	191

Глицин	к	–537	–378	103,5
Глицин	aq	–523	–380	158,6
Цистеин	к	–532,6	–342,7	169,9
L-лейцин	aq	–643,4	–352,3	207,5
D,L-лейцилглицин	aq		–464	
Глицилглицин	aq	–734,3	492,1	231,4
Пируват-ион	aq	–596,2	–472,4	171,5
L-молочная кислота	aq	–686	–539	222
Сахароза	к	–2222	–1545	360
D-глюкоза	aq	–1263,8	–917,0	269,5
D-глюкоза	к	–1274,5	–910,6	212,1

Теплоты сгорания ($H^{o}_{сгор}$, кДж/моль) некоторых веществ

Вещество	Состояние	$H^{o}_{сгор}$	Вещество	Состояние	$H^{o}_{сгор}$
H_2	г	–286	C_2H_2	г	–1305
CH_4	г	–882	C_2H_5OH	ж	–1371
CH_3Br	г	–770	$C_2H_5OC_2H_5$	ж	–2727
CH_3Cl	г	–687	NH_2CH_2COOH	к	–981
CH_3I	ж	–815	$CO(CH_3)_2$	ж	–1786
CH_3NH_2		–1071	C_3H_8O	ж	–1986
CH_3OH	ж	–715	C_6H_6	ж	–3273
CH_2O	г	–561	C_6H_{12}	ж	–3920
HCOOH	ж	–263	$C_6H_5NH_2$	ж	–3396
$CO(NH_2)_2$	к	–634	$C_6H_5NO_2$	ж	–3093
$CHCl_3$	ж	–373	C_6H_5OH		–3064
CHI_3	к	–677	Глюкоза	к	–2810
C_2H_6	г	–1541	Фруктоза	к	–2827
C_2H_4	г	–1387	CH_3COOH	ж	–876

Средняя удельная теплота полного окисления основных компонентов пищевых продуктов

Вещество	*Q*, кДж/г	*Q*, ккал/г
Белки	17	4,1
Жиры	39	9,3
Углеводы	17	4,1