

# **Республиканская олимпиада по химии 2021**

## **Районный этап**

9 класс

**Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021**  
**Комплект заданий для 9 класса**

1																	18
1 H 1.008												13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021  
Комплект заданий для 9 класса

РАСТВОРИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ (при t=25°C) И ИХ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИЛИ ФОРМУЛЬНЫЕ МАССЫ																												
АНИОНЫ \ КАТИОНЫ		H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Rb <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Be <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Co <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
OH <sup>-</sup>	ГИДРОКСИД-	18	35	24	102	56	171	122	74	40	58	43	78	89	99	86	103	90	107	146	93	110	93	153	241	98	125	235
F <sup>-</sup>	ФТОРИД-	20	37	26	104	58	175	126	78	42	62	47	84	93	103	90	109	94	113	150	97	116	97	157	245	102	127	238
Cl <sup>-</sup>	ХЛОРИД-	36,5	53,5	42,5	121	74,5	208	159	111	58,5	95	80	133	126	136	123	158	127	162	183	130	165	130	190	278	134	143	272
Br <sup>-</sup>	БРОМИД-	81	98	87	165	119	297	247	200	103	184	169	267	215	225	212	292	216	296	272	219	299	219	279	367	223	188	360
I <sup>-</sup>	ИОДИД-	128	145	134	212	166	391	341	294	150	278	263	408	309	319	306	433	310	?	366	313	440	313	373	461	317	235	454
S <sup>2-</sup>	СУЛЬФИД-	34	68	46	203	110	169	120	72	78	56	41	150	87	97	84	200	88	208	144	91	214	91	151	239	96	248	233
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	СУЛЬФАТ-	98	132	110	267	174	233	184	136	142	120	105	342	151	161	148	392	152	400	208	155	406	155	215	303	160	312	297
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ГИДРОСУЛЬФАТ-	98	115	104	182	136	?	282	?	120	?	?	?	249	259	?	?	?	?	?	?	?	?	?	401	?	205	?
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	СУЛЬФИТ-	82	116	94	251	158	217	168	120	126	104	89	294	135	145	?	344	136	?	192	139	?	139	199	287	144	296	281
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ПЕРХЛОРАТ-	100	117	106	185	138	336	287	239	122	223	208	325	254	264	251	350	255	354	311	258	357	258	?	406	262	207	400
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ХЛОРАТ-	84	101	90	169	122	304	255	207	106	191	176	277	222	232	?	302	?	?	279	226	?	226	?	374	230	191	368
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	НИТРАТ-	63	80	69	147	101	261	212	164	85	148	133	213	179	189	?	238	180	242	236	183	245	183	243	331	188	170	325
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	НИТРИТ-	47	64	53	131	85	229	180	132	69	116	101	?	147	157	?	?	?	?	?	151	?	151	?	299	156	154	293
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	(ОРТО)ФОСФАТ-	98	149	116	351	212	602	453	310	164	263	217	122	355	386	346	147	357	151	527	367	?	366	546	812	381	419	792
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ГИДРОФОСФАТ-	98	132	?	267	174	233	184	136	142	120	105	342	151	161	?	392	152	?	?	155	?	?	215	303	160	312	297
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ДИГИДРОФОСФАТ-	98	115	104	182	136	331	282	234	120	218	203	318	249	259	?	?	250	?	306	?	?	?	313	401	?	205	395
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	АЦЕТАТ-	60	77	66	144	98	255	206	158	82	142	127	204	173	183	170	229	174	233	230	177	236	177	237	325	182	167	319
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	ДИХРОМАТ-	218	252	230	387	294	353	304	256	262	240	225	?	?	335	?	?	272	760	?	?	?	?	335	423	280	432	417
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ХРОМАТ-	118	152	130	287	194	253	204	156	162	140	125	?	171	181	?	?	?	460	228	175	?	175	235	323	180	332	317
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ПЕРМАНГНАТ-	120	137	126	204	158	375	326	278	142	262	247	384	?	303	?	?	?	?	350	?	?	297	?	?	?	227	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	КАРБОНАТ-	62	96	74	231	138	197	148	100	106	84	69	?	115	125	112	284	116	292	172	119	298	119	179	267	124	276	261
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ГИДРОКАРБОНАТ-	62	79	68	146	100	259	210	162	84	146	?	?	?	187	174	235	178	?	234	?	?	181	?	329	?	169	?
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	(МЕТА)СИЛИКАТ-	78	?	90	247	154	213	164	116	122	100	85	282	131	141	?	332	132	340	189	?	?	?	195	283	140	292	277

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ		РАСТВОРИМОСТЬ (>1 г на 100 г воды)		НЕ РАСТВОРИМОСТЬ (<0,1 г на 100 г воды)		249		НЕТ ДАННЫХ О РАСТВОРИМОСТИ		
РАДИКАЛЫ		МАЛО РАСТВОРИМОСТЬ (от 0,1 г до 1 г на 100 г воды)		РАЗЛАГАЕТСЯ В ВОДЕ		?		НЕТ ДАННЫХ О СУЩЕСТВОВАНИИ ВЕЩЕСТВА		
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ										
CH <sub>3</sub> -	МЕТИЛ-	16	50	95	32	61	31	44	60	92
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -	ЭТИЛ-	30	65	109	46	75	45	58	74	106
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -	ПРОПИЛ-	44	79	123	60	89	59	72	88	120
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> -	БУТИЛ-	58	93	137	74	103	73	86	102	134
CH <sub>2</sub> =CH-	ВИНИЛ-	28	63	107	-	73	43	56	72	104
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -	ФЕНИЛ-	78	113	157	94	123	93	106	122	154
CH <sub>3</sub> CO-	АЦЕТИЛ-	44	78	123	60	89	59	72	88	120

РЯД ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ																																	
эл.-ты	Cs	K	Ba	Sr	Na	Ca	Li	Mg	Cd	Ag	Zn	Cu	Be	Hg	Al	Pb	Sn	Au	Si	B	As	P	H	Cr	S	Mn	C	I	Br	N	Cl	O	F
Х	0,63	0,69	0,72	0,80	0,82	0,86	0,86	1,08	1,22	1,28	1,29	1,31	1,35	1,43	1,57	1,63	1,66	1,82	1,86	1,92	1,98	2,07	2,27	2,41	2,45	2,50	2,58	2,60	2,82	2,86	3,91	4,29	
Е <sub>с</sub>	46	48	0	0	53	0	60	0	0	126	0	119	0	0	43	35	107	223	134	27	78	72	73	64	200	0	122	295	325	0	349	141	328

Х – относительные величины электроотрицательности по А.С.Поваренных (для углерода Х=2,5)  
Е<sub>с</sub> – сродство к электрону, в кДж/МОЛЬ

Составитель – Г.П. Лапаев; 129041, Москва, Проспект мира, д.68  
© Составление, дизайн – ООО "Каллиграф", 2002  
Г.П. Лапаев, 1997 Подл. в печать 02.09.2002. Печать офс. Зак. 542  
Компьютерный набор – Р.Р. Фейзулин Тип. "Р-Мастер". Изд. 2, испр. и доп.

### Задача 1 (7 баллов)

Раствор объёмом 200 мл с массовой долей гидроксида калия 18,15% и плотностью 1,08 г/мл добавили к раствору объёмом 120 мл с массовой долей серной кислоты 23,56% и плотностью 1,04 г/мл.

1. Определите количество вещества КОН. (1,5 балла)

$$m(\text{KOH})_{\text{р-ра}} = 200 * 1,08 = 216 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$m(\text{KOH}) = 216 * 0,1815 = 39,2 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$n(\text{KOH}) = 39,2 / 56 = 0,7 \text{ моль (0,5 балла)}$$

2. Вычислите массу конечного раствора. (1,5 балла)

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{р-ра}} = 120 * 1,04 = 124,8 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{KOH})_{\text{р-ра}} + m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{р-ра}}$$

$$m(\text{конечного раствора}) = 216 + 124,8 = 340,8 \text{ г (1 балл)}$$

3. Рассчитайте массовую долю образовавшейся соли в конечном растворе. (4 балла)

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 124,8 * 0,2356 = 29,4 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 29,4 / 98 = 0,3 \text{ моль (0,5 балла)}$$



$$0,7 \text{ моль} \quad 0,3 \text{ моль}$$

$$-0,6 \text{ моль} \quad -0,3 \text{ моль}$$

$$= 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,3 \text{ моль (0,5 балла)}$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,3 * 174 = 52,2 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$w(\text{K}_2\text{SO}_4) = 52,2 / 340,8 * 100 = 15,32 \% \text{ (1 балл)}$$

### Задача 2 (8 баллов)

При прокаливании 7,35 г бертолетовой соли образуется газ, который смешали в сосуде вместимостью 6 л с газом, полученным при взаимодействии 2,8 г лития с водой.

1. Запишите уравнения реакций разложения  $\text{KClO}_3$  и реакцию взаимодействия лития с водой. (2,5 балла)



2. Вычислите количество вещества образующихся газов. (2,5 балла)

$$n(\text{KClO}_3) = 7,35 / 122,5 = 0,06 \text{ моль (0,5 балла)}$$

В результате реакции (1):

$$n(\text{O}_2) = 3/2 * n(\text{KClO}_3) = 3/2 * 0,06 = 0,09 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,09 \text{ моль (0,75 балла)}$$

$$n(\text{Li}) = 2,8 / 7 = 0,4 \text{ моль (0,5 балла)}$$

В результате реакции (2):

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Li}) / 2 = 0,4 / 2 = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) = 0,2 \text{ моль (0,75 балла)}$$

3. Определите давление (кПа) газовой смеси в сосуде при температуре 25 °С (3 балла)

$$n(\text{газовой смеси}) = n(\text{O}_2) + n(\text{H}_2) = 0,09 + 0,2 = 0,29 \text{ моль (1 балл)}$$

В сосуд вместимостью 6 л было помещено 0,29 моль смеси газов. Подставляя все значения в уравнения Клапейрона-Менделеева:  $pV = nRT$ , находим

$$p = nRT / V = 0,29 * 8,314 * (273 + 25) / 6 = 119,75 \text{ кПа (2 балла)}$$

### Задача 3 (12 баллов)

Соса-кола, которую мы можем увидеть в магазинах, содержит такие ингредиенты как: вода, сахар ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), ортофосфорная кислота ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), красители, пищевая соль ( $\text{NaCl}$ ),  $\text{CaCl}_2$  и кофеин. Молодой ученый Арман решил узнать почему все считают Соса-кола такой вредной, поэтому он попытался определить состав этого напитка. В напитке Соса-кола массой 250 г, он нашел 26,5 г сахара, 42,5 мг фосфора, 27,5 мг натрия и 10 мг кальция, остаток он записал как «вода».

1. Помогите Арману найти массовые и мольные доли сахара, ортофосфорной кислоты и солей в 250 г Соса-Кола. (10 баллов)

$$n(\text{сахар}) : 26.5 \text{ г} / 342 \text{ г/моль} = 0,0775 \text{ моль (0,5 балла)}$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{Na}) = 27,5 \text{ мг} / 23 \text{ г/моль} = 1,196 \text{ ммоль (0,5 балла)}$$

$$m(\text{NaCl}) = 1,196 \text{ ммоль} * 58,5 \text{ г/моль} = 70 \text{ мг (0,5 балла)}$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{фосфор}) = 42,5 \text{ мг} / 31 \text{ г/моль} = 1,371 \text{ ммоль (0,5 балла)}$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,371 \text{ ммоль} * 98 \text{ г/моль} = 134,36 \text{ мг (0,5 балла)}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = n(\text{Ca}) = 10 \text{ мг} / 40 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ ммоль (0,5 балла)}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 0,25 \text{ ммоль} * 111 \text{ г/моль} = 27,75 \text{ мг (0,5 балла)}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 250 - 26,5 - 70 * 10^{-3} - 134,36 * 10^{-3} - 27,75 * 10^{-3} = 223,27 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 223,27 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 12,4 \text{ моль (0,5 балла)}$$

Теперь чтобы найти массовые доли, поделим массу компонентов на массу Соса-кола.

$$w(\text{сахара}) = 26.5 / 250 * 100 = 10,6\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$w(\text{NaCl}) = 70 * 10^{-3} / 250 * 100 = 0,03\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$w(\text{H}_3\text{PO}_4) = 134,36 * 10^{-3} / 250 * 100 = 0,05\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$w(\text{CaCl}_2) = 27.75 * 10^{-3} / 250 * 100 = 0,01\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = 223.27 / 250 * 100 = 89.31\% \text{ (0,5 балла)}$$

Чтобы найти мольные доли, найдем общее количество молей:

$$n(\text{общее количество молей}) = 0,0775 + 1,196 \cdot 10^{-3} + 1,371 \cdot 10^{-3} + 0,25 \cdot 10^{-3} + 12,4$$

$$n(\text{общее количество молей}) = 12,480317 \text{ моль (0,5 балла)}$$

$$\chi(\text{сахара}) = 0,0775 / 12,480317 \cdot 100 = 0,621\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$\chi(\text{NaCl}) = 1,196 \cdot 10^{-3} / 12,480317 \cdot 100 = 9,58 \cdot 10^{-3} \% \text{ (0,5 балла)}$$

$$\chi(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,371 \cdot 10^{-3} / 12,480317 \cdot 100 = 0,011\% \text{ (0,5 балла)}$$

$$\chi(\text{CaCl}_2) = 0,25 \cdot 10^{-3} / 12,480317 \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-3} \% \text{ (0,5 балла)}$$

$$\chi(\text{H}_2\text{O}) = 12,4 / 12,480317 \cdot 100 = 99,36 \% \text{ (0,5 балла)}$$

2. Объясните, какой из компонентов делает напиток Соса-Сола вредной для здоровья? (2 балла)

Многие знают, что сахар — вредный продукт, который не приносит организму ничего, кроме лишних килограммов, засорения сосудов и многих хронических заболеваний. Чрезмерное потребление сахара может вызвать кариес и сахарный диабет. Очевидно, что в коле содержится очень много сахара. Суточная норма сахара варьируется в пределах 50-60 г сахара в день. Можно заметить, что выпив одну банку массой 250 г кока-колы, мы потребляем половину суточной нормы сахара. (2 балла)

#### Задача 4 (10 баллов)

В повседневной жизни вы сталкиваетесь с разными характеристиками жидкостей: объем, масса, температура, цвет и иногда вкус. Как только вы начинаете изучать химию, вы открываете новый параметр: рН раствора. Возможно, он кажется вам абстрактным и незнакомым, но он такой же естественный для любой жидкости, как и ее цвет или масса. Давайте потренируемся с поиском рН разных растворов.

Напоминаем:  $pH = -\log[H^+]$  или  $pH = -\log[H_3O^+]$

1. Запишите уравнение диссоциации соляной кислоты (HCl) и найдите рН 0.1M раствора соляной кислоты. Подсказка: диссоциация происходит полностью. (2 балла)



Или



1 балл за уравнение. 0 баллов если указано равновесие ( $\rightleftharpoons$ ).

Поскольку диссоциация происходит полностью, можно сказать:

$$[H^+] = [HCl]_0 = 0.1M$$

Тогда:

$$pH = -\log(0.1) = 1$$

1 балл за финальное значение pH. Всего 2 балла за пункт.

Для поиска pH слабых кислот необходимо знать их значение  $K_a$ , которое имеет форму:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Где  $[HA]$  концентрация непродиссоциированной кислоты, а  $[A^-]$  концентрация образующегося кислотного остатка.

2. Найдите pH 0.001M раствора уксусной кислоты, если  $K_a = 1.74 \cdot 10^{-5}$  (3 балла)

Запишем уравнение диссоциации уксусной кислоты:



Из уравнения заметим, что  $[CH_3COO^-] = [H^+]$ . Так же, пользуясь законом о сохранении массы или материальным балансом:

$$c_0 = [CH_3COOH] + [CH_3COO^-] = [CH_3COOH] + [H^+]$$

Тогда можем записать выражение для  $K_a$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H^+]^2}{c_0 - [H^+]}$$

В итоге, имеем квадратное уравнение:

$$1.74 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0.001 - x}$$

Решая это уравнение, получаем корни:  $-1.41 \cdot 10^{-4}$  и  $1.23 \cdot 10^{-4}$

В итоге,  $pH = -\log(1.23 \cdot 10^{-4}) = 3.91$

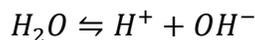
1 балл за использование материального баланса, 1 балл за составление квадратного уравнения, 1 балл за ответ. Всего 3 балла. 0 баллов если дан только ответ.

pH раствора зависит от температуры. Более конкретно,  $K_a$  зависит от температуры, а поскольку pH зависит от  $K_a$ , то и pH зависит от температуры. Эта зависимость имеет следующий вид:

$$\ln\left(\frac{K_a(T_2)}{K_a(T_1)}\right) = \frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

Где  $Q$  – теплота процесса диссоциации (в Дж/моль),  $K_a(T)$  – значение  $K_a$  при температуре  $T$  (в кельвинах).  $R = 8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$ . Подсказка: для перевода температуры из цельсия в кельвины вы можете пользоваться следующей формулой  $T(K) = T(C) + 273$

Давайте рассмотрим реакцию автоионизации воды:



3. Найдите теплоту автоионизации воды (в Дж/моль), если теплоемкость воды равна  $4.184 \frac{\text{Дж}}{\text{г К}}$ , а при диссоциации образца воды массой 18 грамм температура водяной бани массой 1 кг уменьшилась на  $10.9^\circ\text{C}$  (2 балла). Подсказка:  $Q = c m \Delta T$

$$Q = 4.184 * 1000 * (-10.9) = -45606 \text{ Дж}$$

Такое количество теплоты поглощается при ионизации 18 грамм воды. 18 грамм воды – это 1 моль. Таким образом, теплота автоионизации воды равна  $-45605 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

2 балла за ответ. 1 балл если ответ указан в Дж.

4. Найдите  $pH$  воды при  $25^\circ\text{C}$  и  $100^\circ\text{C}$  если  $K_w = 10^{-14}$  при  $25^\circ\text{C}$ . Если вы не смогли найти теплоту автоионизации воды в предыдущем пункте, примите ее равной  $-50000$  Дж/моль. (3 балла) Подсказка:  $K_w = [H^+][OH^-]$

Найти  $pH$  воды при  $25^\circ\text{C}$  легко: поскольку  $[H^+] = [OH^-]$ , мы имеем

$$K_w = [H^+]^2$$

Или  $[H^+] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$

$$pH = -\log(10^{-7}) = 7$$

2 балла за значение  $pH$  с выводом. 0 баллов за значение  $pH$  без вывода.

Теперь найдем  $K_w$  при  $100^\circ\text{C}$ :

$$\ln\left(\frac{x}{10^{-14}}\right) = \frac{-45606}{8.314} \cdot \left(\frac{1}{373} - \frac{1}{293}\right)$$

Решая уравнение, находим  $x = 5.54 \cdot 10^{-13}$ . Тогда

$$pH = 6.13$$

3 балла за значение  $pH$  с выводом. 0 баллов за значение  $pH$  без вывода.

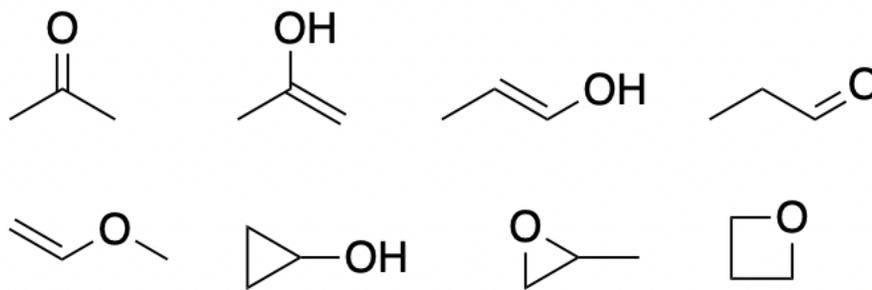
Если ученик использовал  $Q = -50000$  и получил значение  $pH = 6.02$  с выводом, он получает полные 3 балла.

### Задача 5 (8 баллов)

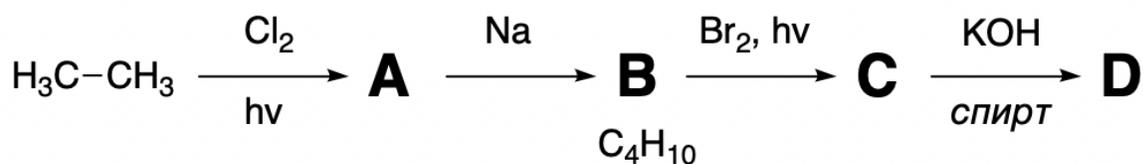
Органическая химия прекрасна своим разнообразием. Теоретически может существовать  $10^{63}$  различных стабильных органических соединений, содержащих 30 атомов углерода или меньше. Вы спросите – а это много? Да! Настолько, что во всей Вселенной не хватит атомов углерода, чтоб сделать хотя бы по одной копии каждой из молекул.

1. Нарисуйте все изомеры с молекулярной формулой  $C_3H_6O$  (без учета стереохимии) (4 балла)

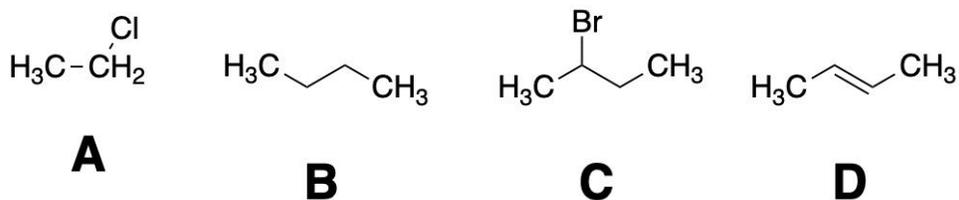
Если ученик нарисует 6 изомеров – полные 4 балла. Если рисует 5 или меньше, кол-во баллов высчитывается по формуле:  $\frac{N}{5} * 3$ , где N – кол-во нарисованных структур



2. Расшифруйте следующую цепочку превращений и нарисуйте структуры соединений **A-D** (4 балла)



За каждую структуру по 1 баллу



# **Республиканская олимпиада по химии 2021**

## **Районный этап Решение**

10 класс

**Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021**  
**Комплект заданий для 10 класса**

1																18	
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021  
Комплект заданий для 10 класса

РАСТВОРИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ (при t=25°C) И ИХ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИЛИ ФОРМУЛЬНЫЕ МАССЫ																											
АНИОНЫ \ КАТИОНЫ	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Rb <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Be <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Co <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
ОН <sup>-</sup> ГИДРОКСИД-	18	35	24	102	56	171	122	74	40	58	43	78	89	99	86	103	90	107	146	93	110	93	153	241	98	125	235
F <sup>-</sup> ФТОРИД-	20	37	26	104	58	175	126	78	42	62	47	84	93	103	90	109	94	113	150	97	116	97	157	245	102	127	238
Cl <sup>-</sup> ХЛОРИД-	36,5	53,5	42,5	121	74,5	208	159	111	58,5	95	80	133	126	136	123	158	127	162	183	130	165	130	190	278	134	143	272
Br <sup>-</sup> БРОМИД-	81	98	87	165	119	297	247	200	103	184	169	267	215	225	212	292	216	296	272	219	299	219	279	367	223	188	360
I <sup>-</sup> ИОДИД-	128	145	134	212	166	391	341	294	150	278	263	408	309	319	306	433	310	?	366	313	440	313	373	461	317	235	454
S <sup>2-</sup> СУЛЬФИД-	34	68	46	203	110	169	120	72	78	56	41	150	87	97	84	200	88	208	144	91	214	91	151	239	96	248	233
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> СУЛЬФАТ-	98	132	110	267	174	233	184	136	142	120	105	342	151	161	148	392	152	400	208	155	406	155	215	303	160	312	297
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ГИДРОСУЛЬФАТ-	98	115	104	182	136	?	282	?	120	?	?	?	249	259	?	?	?	?	?	?	?	?	?	401	?	205	?
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> СУЛЬФИТ-	82	116	94	251	158	217	168	120	126	104	89	294	135	145	?	344	136	?	192	139	?	139	199	287	144	296	281
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ПЕРХЛОРАТ-	100	117	106	185	138	336	287	239	122	223	208	325	254	264	251	350	255	354	311	258	357	258	?	406	262	207	400
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ХЛОРАТ-	84	101	90	169	122	304	255	207	106	191	176	277	222	232	?	302	?	?	279	226	?	226	?	374	230	191	368
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> НИТРАТ-	63	80	69	147	101	261	212	164	85	148	133	213	179	189	?	238	180	242	236	183	245	183	243	331	188	170	325
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> НИТРИТ-	47	64	53	131	85	229	180	132	69	116	101	?	147	157	?	?	?	?	?	151	?	151	?	299	156	154	293
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ОРТО)ФОСФАТ-	98	149	116	351	212	602	453	310	164	263	217	122	355	386	346	147	357	151	527	367	?	366	546	812	381	419	792
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ГИДРОФОСФАТ-	98	132	?	267	174	233	184	136	142	120	105	342	151	161	?	392	152	?	?	155	?	?	215	303	160	312	297
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ДИГИДРОФОСФАТ-	98	115	104	182	136	331	282	234	120	218	203	318	249	259	?	?	250	?	306	?	?	?	313	401	?	205	395
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> АЦЕТАТ-	60	77	66	144	98	255	206	158	82	142	127	204	173	183	170	229	174	233	230	177	236	177	237	325	182	167	319
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> ДИХРОМАТ-	218	252	230	387	294	353	304	256	262	240	225	?	?	335	?	?	272	760	?	?	?	?	335	423	280	432	417
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ХРОМАТ-	118	152	130	287	194	253	204	156	162	140	125	?	171	181	?	?	?	460	228	175	?	175	235	323	180	332	317
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ПЕРМАНГНАТ-	120	137	126	204	158	375	326	278	142	262	247	384	?	303	?	?	?	?	350	?	?	297	?	?	?	227	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> КАРБОНАТ-	62	96	74	231	138	197	148	100	106	84	69	?	115	125	112	284	116	292	172	119	298	119	179	267	124	276	261
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ГИДРОКАРБОНАТ-	62	79	68	146	100	259	210	162	84	146	?	?	?	187	174	235	178	?	234	?	?	181	?	329	?	169	?
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (МЕТА)СИЛИКАТ-	78	?	90	247	154	213	164	116	122	100	85	282	131	141	?	332	132	340	189	?	?	?	195	283	140	292	277

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ										РАСТВОРЯЕТСЯ (>1 г на 100 г воды)		НЕ РАСТВОРЯЕТСЯ (<0,1 г на 100 г воды)		249 НЕТ ДАННЫХ О РАСТВОРИМОСТИ		
РАДИКАЛЫ										МАЛО РАСТВОРЯЕТСЯ (от 0,1 г до 1 г на 100 г воды)		РАЗЛАГАЕТСЯ В ВОДЕ		? НЕТ ДАННЫХ О СУЩЕСТВОВАНИИ ВЕЩЕСТВА		
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ																
CH <sub>3</sub> -	МЕТИЛ-	16	50	95	32	61	31	44	60	92						
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -	ЭТИЛ-	30	65	109	46	75	45	58	74	106						
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -	ПРОПИЛ-	44	79	123	60	89	59	72	88	120						
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> -	БУТИЛ-	58	93	137	74	103	73	86	102	134						
CH <sub>2</sub> =CH-	ВИНИЛ-	28	63	107	-	73	43	56	72	104						
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -	ФЕНИЛ-	78	113	157	94	123	93	106	122	154						
CH <sub>3</sub> CO-	АЦЕТИЛ-	44	78	123	60	89	59	72	88	120						

РЯД ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ																																				
эл.ты	Cs	K	Ba	Sr	Na	Ca	Li	Mg	Cd	Ag	Zn	Cu	Be	Hg	Al	Pb	Sn	Au	Si	B	As	P	H	Cr	S	Mn	C	I	Br	N	Cl	O	F			
Х	0,63	0,69	0,72	0,80	0,82	0,86	0,86	1,08	1,22	1,28	1,29	1,29	1,31	1,35	1,43	1,57	1,63	1,66	1,82	1,86	1,92	1,98	2,07	2,27	2,41	2,45	2,50	2,58	2,60	2,82	2,86	3,91	4,29			
Е <sub>с</sub>	46	48	0	0	53	0	60	0	0	126	0	119	0	0	43	35	107	223	134	27	78	72	73	64	200	0	122	295	325	0	349	141	328			
Х – ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ПО А.С.ПОВАРЕННЫХ (ДЛЯ УГЛЕРОДА Х=2,5)																			Составитель – Г.П. Лапаев; © Составление, дизайн – Г.П. Лапаев, 1997									129041, Москва, Проспект мира, д.68 ООО "Каллиграф", 2002 Подл. в печать 02.09.2002. Печать офс. Зак. 542 Тип. "Р-Мастер". Изд. 2', испр. и доп.								
Е <sub>с</sub> – СРОДСТВО К ЭЛЕКТРОНУ, в кДж/МОЛЬ																																				

### Задача 1 (7 баллов)

5,44 г нерастворившегося остатка образуется при обработке 26 г смеси  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{Ca(OH)}_2$  соляной кислотой. Также выделяется 3,36 л газа (н.у.)

1. Вычислите какое количество вещества газа выделяется. (1 балл)

$$n(\text{газа}) = 3,36 / 22,4 = 0,15 \text{ моль (1 балл)}$$

2. Напишите все реакции. (3 балла)

Из указанных веществ с соляной кислотой не реагирует  $\text{CaSO}_4$ , который и останется в виде нерастворившегося остатка. Остальные вещества реагируют с соляной кислотой:



3. Найдите массовую долю  $\text{Ca(OH)}_2$  в смеси. (3 балла)

Масса нерастворившегося остатка  $\text{CaSO}_4$  равна 5,44 г. **(0,5 балла)**

Искомый газ выделяется в реакции (1); это  $\text{CO}_2$ , объем которого равен 3,36 л, т.е.  $n(\text{CO}_2) = n(\text{газа}) = 0,15$  моль.

Из уравнения (1) следует, что  $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,15$  моль.

Следовательно,  $m(\text{CaCO}_3) = 0,15 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль} = 15 \text{ г. (0,5 балла)}$

Масса  $\text{Ca(OH)}_2$  находится по разности между массой смеси и суммарной массой сульфата кальция и карбоната кальция:

$$m(\text{Ca(OH)}_2) = 26 \text{ г} - (5,44 \text{ г} + 15 \text{ г}) = 5,56 \text{ г. (1 балл)}$$

$$\omega(\text{Ca(OH)}_2) = 5,56 \text{ г} / 26 \text{ г} = 0,2138 \text{ или } 21,38\%.$$

$$\omega(\text{Ca(OH)}_2) = 21,38\%. (1 \text{ балл})$$

## Задача 2 (8 баллов)

Соединение X имеет характерный оранжевый цвет и состоит из органической и неорганической части. В своем составе он содержит 1.935% углерода, 2.25% азота, 33.39% свинца и 0.967% водорода и остальное йод. Также известно, что органическая часть и неорганическая часть соединена ионной связью.

- 1) Найдите вещество X, напишите правильную формулу соединения (4,5 балла)

Соединение X состоит из элементов C,N,Pb,H,I.

Соотношение молей если масса X=100 г:

$$n(\text{C}) = \frac{100\text{г} * 1,935 \%}{12\frac{\text{г}}{\text{моль}} * 100\%} = 0.161 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n(\text{N}) = \frac{100\text{г} * 2,25 \%}{14\frac{\text{г}}{\text{моль}} * 100\%} = 0.161 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n(\text{Pb}) = \frac{100\text{г} * 33,39 \%}{207\frac{\text{г}}{\text{моль}} * 100\%} = 0.161 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n(\text{H}) = \frac{100\text{г} * 0,967 \%}{1\frac{\text{г}}{\text{моль}} * 100\%} = 0.967 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n(\text{I}) = \frac{100\text{г} * 61,458 \%}{127\frac{\text{г}}{\text{моль}} * 100\%} = 0.484 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$\text{C:N:Pb:H:I} = 0.161:0.161:0.161:0.967:0.484$$

Поделив все на 0,161, мы получаем  $\text{CNPbH}_6\text{I}_3$ . (1 балл)

Мы знаем что есть органическая часть и неорганическая, и тут понятно, что  $\text{PbI}_3^-$  это неорганическая часть, а  $\text{CNH}_6$  это органическая.  $\text{CNH}_6$  является формулой метил аминового катиона  $-\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ .  $\text{X} = \text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  (1 балл)

- 2) Покажите где находится ионная связь (1,5 балла)

Ионная связь находится между  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$  и  $\text{PbI}_3^-$ . (1,5 балла)

- 3) Предложите метод синтеза этого соединения (2 балла)



### Задача 3 (11 баллов)

Пока вы ребенок, для вас Зима – магическая пора чудес, снежных замков и ворчливых снеговиков. Как только вы начинаете взрослеть и заботиться о своих житейских делах, вам начинает надоедать снег на тротуаре из-за которого вы идете как пингвин (что довольно медленно) или снег на дорогах, из-за которых вашу машину водит из стороны в сторону. Кто-то скажет это неотъемлемая часть зимы, а кто-то воспользуется нашими знаниями о коллигативных свойствах растворов и будет посыпать дороги солью, дабы снег растаял.

Для начала, нам нужно познакомиться с необычной метрикой измерения концентрации: моляльностью.

$$m = \text{МОЛЯЛЬНОСТЬ} = \frac{\nu_{\text{моль растворенного в-ва}}}{m_{\text{кг растворителя}}}$$

1. Посчитайте моляльность 10% (по массе) раствора NaCl в воде (2 балла)

Положим массу раствора как  $m$  (в граммах). Тогда, масса NaCl  $0.1m$  и масса воды  $0.9m$ .

Масса растворителя в килограммах –  $\frac{0.9m}{1000}$ . Кол-во моль NaCl найти легко:  $\frac{0.1m}{58.5}$

В итоге, моляльность:

$$\frac{\frac{0.1m}{58.5}}{\frac{0.9m}{1000}} = \frac{0.1 * 1000}{58.5 * 0.9} = 1.90 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}}$$

2 балла за ответ с выводом. 0 баллов за ответ без вывода. 0.5 балла если при выводе ученик выбирает конкретную массу раствора (например, 100 г).

2. Одна из наиболее распространенных метрик концентрации – молярность. Выведите формулу для конвертации молярной концентрации ( $c$ ) в моляльность ( $m$ ), если вам известна плотность раствора ( $\rho$  в кг/л) и молярная масса растворенного вещества ( $M_2$  в  $\frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}}$ ). (5 баллов)

В первую очередь, найдем количество моль растворенного вещества. Для этого нам нужно знать объем раствора. Положим его как  $V$ . Тогда

$$\nu_{\text{растворенное в-во}} = c \cdot V$$

Мы так-же можем найти массу раствора (в кг):

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V$$

Масса растворителя – масса раствора минус масса растворенного вещества.

$$m_{\text{растворенное в-во}} = c \cdot V \cdot \frac{M_2}{1000}$$

Мы делим на 1000, чтобы перевести массу в килограммы.

В итоге:

$$m_{\text{растворителя}} = \rho V - \frac{cVM_2}{1000}$$
$$m = \frac{cV}{\rho V - \frac{cVM_2}{1000}} = \frac{1000c}{1000\rho - cM_2}$$

5 баллов за формулу с выводом. 0 баллов без вывода. 2 балла если при выводе ученик использовал конкретный объем раствора (например, 1 л)

Феномен понижения температуры замерзания наблюдается при растворении нелетучего вещества в растворителе, в результате чего понижается давление насыщенного пара, а вместе с ним и понижается температура равновесия твердое-жидкость. Именно благодаря этому феномену соленая вода замерзает при более низкой температуре, по сравнению с чистой водой. Математически, это можно выразить:

$$-\Delta T = K_f \cdot m \cdot i$$

Где  $K_f$  – криоскопическая константа, характерная для растворителя,  $m$  – моляльность,  $i$  – изотонический фактор, равный количеству молекул растворенного в-ва, образующихся при растворении. Например,  $i$  для  $NaCl$  равен двум, а для  $CaCl_2$  равен трем.

3. Запишите уравнения, демонстрирующие почему  $i$  равен двум или трем для  $NaCl$  и  $CaCl_2$ . (1 балл)

При растворении происходит диссоциация ионных соединений:



За каждое уравнение по 0.5 балла. 0 баллов если указано равновесие.

4. Если в 1000 кг воды растворить мешок поваренной соли (25 кг), при какой температуре будет замерзать раствор? Криоскопическая константа воды равна 1.86 К/(кг моль) (3 балла)

Найдем моляльность:

$$m = \frac{25000}{\frac{58.5}{1000}} = 0.427 \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$$

Найдем понижение температуры замерзания:

$$-\Delta T = 1.86 * 0.427 * 2 = 1.59$$

$$T_1 - T_2 = 1.59$$

$$T_2 = -1.59$$

3 балла за ответ с выводом. 1 балл если в качестве ответа дано значение  $-\Delta T$ . 0 балл за ответ без вывода.

#### Задача 4 (10 баллов)

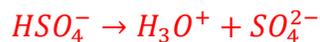
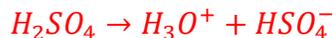
В повседневной жизни вы сталкиваетесь с разными характеристиками жидкостей: объем, масса, температура, цвет и иногда вкус. Как только вы начинаете изучать химию, вы открываете новый параметр: pH раствора. Возможно, он кажется вам абстрактным и незнакомым, но он такой же естественный для любой жидкости, как и ее цвет или масса. Давайте потренируемся с поиском pH разных растворов.

Напоминаем:  $pH = -\log[H^+]$  или  $pH = -\log[H_3O^+]$

1. Запишите уравнения диссоциации серной кислоты по двум ступеням ( $H_2SO_4$ ) и найдите pH 0.05M раствора серной кислоты считая, что диссоциация по двум ступеням происходит полностью. (2 балла)



Или



По 0.5 балла за каждое уравнение. 0 баллов если указано равновесие ( $\rightleftharpoons$ ).

Поскольку диссоциация происходит полностью, можно сказать:

$$[H^+] = 2[H_2SO_4]_o = 0.1M$$

Тогда:

$$pH = -\log(0.1) = 1$$

1 балл за финальное значение  $pH$ . Всего 2 балла за пункт.

Для поиска  $pH$  слабых кислот необходимо знать их значение  $K_a$ , которое имеет форму:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Где  $[HA]$  концентрация непродиссоциированной кислоты, а  $[A^-]$  концентрация образующегося кислотного остатка.

2. На самом деле, вторая ступень диссоциации слабой кислоты протекает не полностью. Иными словами, серная кислота по второй ступени считается слабой. Найдите  $pH$  0.05M раствора серной кислоты, если  $K_a$ (2 ступень) =  $1.02 \cdot 10^{-2}$  (3 балла)

Поскольку первая ступень протекает полностью, мы можем сказать, что:

$$[HSO_4^-] = [H^+] = 0.05$$

Из уравнения диссоциации по второй ступени заметим, что в уравнении образуется равное количество  $[SO_4^{2-}]$  и  $[H^+]$ . Обозначим это кол-во за  $x$ . Так же, пользуясь законом о сохранении массы или материальным балансом:

$$[HSO_4^-]_0 = [SO_4^{2-}] + [HSO_4^-] = [SO_4^{2-}] + x = 0.05$$

Тогда можем записать выражение для  $K_a$

$$K_a = \frac{[SO_4^{2-}][H^+]}{[HSO_4^-]} = \frac{x(0.05 + x)}{0.05 - x}$$

В итоге, имеем квадратное уравнение:

$$1.02 \cdot 10^{-2} = \frac{x(0.05 + x)}{0.05 - x}$$

Решая это уравнение, получаем корни:  $-6.78 \cdot 10^{-2}$  и  $7.55 \cdot 10^{-3}$

В итоге,  $pH = -\log(0.05 + 7.55 \cdot 10^{-3}) = 1.24$

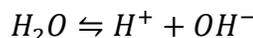
1 балл за использование материального баланса, 1 балл за составление квадратного уравнения, 1 балл за ответ. Всего 3 балла. 0 баллов если дан только ответ.

$pH$  раствора зависит от температуры. Более конкретно,  $K_a$  зависит от температуры, а поскольку  $pH$  зависит от  $K_a$ , то и  $pH$  зависит от температуры. Эта зависимость имеет следующий вид:

$$\ln \left( \frac{K_a(T_2)}{K_a(T_1)} \right) = \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Где  $Q$  – теплота процесса диссоциации (в Дж/моль),  $K_a(T)$  – значение  $K_a$  при температуре  $T$  (в кельвинах).  $R = 8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$ . Подсказка: для перевода температуры из цельсия в кельвины вы можете пользоваться следующей формулой  $T(K) = T(C) + 273$

Давайте рассмотрим реакцию автоионизации воды:



3. Найдите теплоту автоионизации воды (в Дж/моль), если теплоемкость воды равна  $4.184 \frac{\text{Дж}}{\text{г К}}$ , а при диссоциации образца воды массой 18 грамм температура водяной бани массой 1 кг уменьшилась на  $10.9^\circ\text{C}$  (2 балла). Подсказка:  $Q = cm\Delta T$

$$Q = 4.184 * 1000 * (-10.9) = -45606 \text{ Дж}$$

Такое количество теплоты поглощается при ионизации 18 грамм воды. 18 грамм воды – это 1 моль. Таким образом, теплота автоионизации воды равна  $-45605 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

2 балла за ответ. 1 балл если ответ указан в Дж.

4. Найдите pH воды при  $25^\circ\text{C}$  и  $100^\circ\text{C}$  если  $K_w = 10^{-14}$  при  $25^\circ\text{C}$ . Если вы не смогли найти теплоту автоионизации воды в предыдущем пункте, примите ее равной  $-50000$  Дж/моль. (3 балла) Подсказка:  $K_w = [H^+][OH^-]$

Найти pH воды при  $25^\circ\text{C}$  легко: поскольку  $[H^+] = [OH^-]$ , мы имеем

$$K_w = [H^+]^2$$

$$\text{Или } [H^+] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$$

$$pH = -\log(10^{-7}) = 7$$

2 балла за значение pH с выводом. 0 баллов за значение pH без вывода.

Теперь найдем  $K_w$  при  $100^\circ\text{C}$ :

$$\ln \left( \frac{x}{10^{-14}} \right) = \frac{-45606}{8.314} \cdot \left( \frac{1}{373} - \frac{1}{293} \right)$$

Решая уравнение, находим  $x = 5.54 \cdot 10^{-13}$ . Тогда

$$pH = 6.13$$

3 балла за значение pH с выводом. 0 баллов за значение pH без вывода.

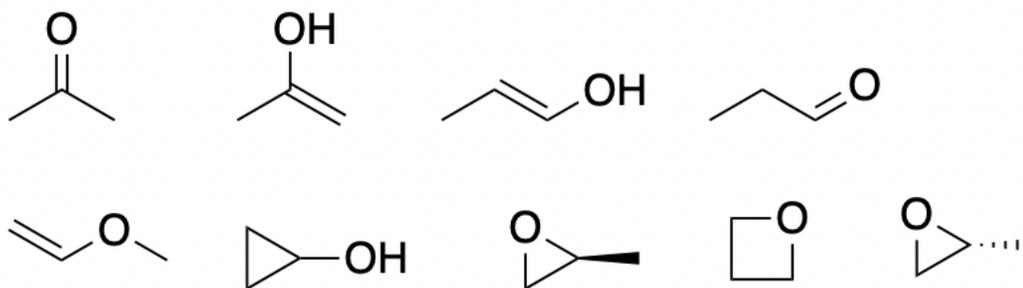
Если ученик использовал  $Q = -50000$  и получил значение  $pH = 6.02$  с выводом, он получает полные 3 балла.

### Задача 5 (9 баллов)

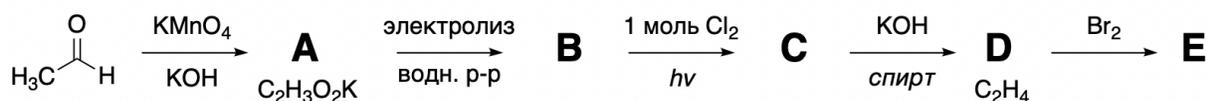
Органическая химия прекрасна своим разнообразием. Теоретически может существовать  $10^{63}$  различных стабильных органических соединений, содержащих 30 атомов углерода или меньше. Вы спросите – а это много? Да! Настолько, что во всей Вселенной не хватит атомов углерода, чтоб сделать хотя бы по одной копии каждой из молекул.

1. Нарисуйте все изомеры с молекулярной формулой  $C_3H_6O$  (4 балла)

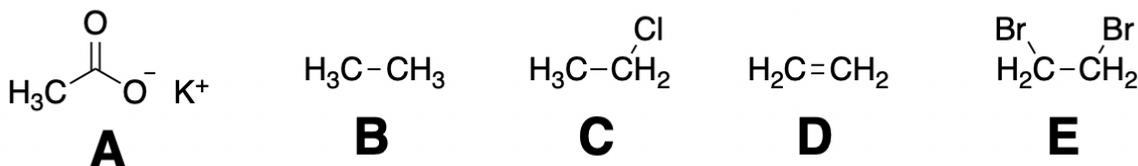
Если ученик нарисует 7 изомеров – полные 4 балла. Если рисует 6 или меньше, кол-во баллов высчитывается по формуле:  $\frac{N}{6} * 3$ , где N – кол-во нарисованных структур



2. Расшифруйте следующую цепочку превращений и нарисуйте структуры соединений А-Е (5 балла)



За каждую структуру по 1 баллу



Если вместо соли А нарисована кислота – 0.5 балла.

# **Республиканская олимпиада по химии 2021**

## **Районный этап Решение**

11 класс

**Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021**  
**Комплект заданий для 11 класса**

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Районный этап республиканской олимпиады по химии 2021  
Комплект заданий для 11 класса

РАСТВОРИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ (при t=25°C) И ИХ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИЛИ ФОРМУЛЬНЫЕ МАССЫ																											
АНИОНЫ \ КАТИОНЫ	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Rb <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Be <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Co <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
ОН <sup>-</sup> ГИДРОКСИД-	18	35	24	102	56	171	122	74	40	58	43	78	89	99	86	103	90	107	146	93	110	93	153	241	98	125	235
F <sup>-</sup> ФТОРИД-	20	37	26	104	58	175	126	78	42	62	47	84	93	103	90	109	94	113	150	97	116	97	157	245	102	127	238
Cl <sup>-</sup> ХЛОРИД-	36,5	53,5	42,5	121	74,5	208	159	111	58,5	95	80	133	126	136	123	158	127	162	183	130	165	130	190	278	134	143	272
Br <sup>-</sup> БРОМИД-	81	98	87	165	119	297	247	200	103	184	169	267	215	225	212	292	216	296	272	219	299	219	279	367	223	188	360
I <sup>-</sup> ИОДИД-	128	145	134	212	166	391	341	294	150	278	263	408	309	319	306	433	310	?	366	313	440	313	373	461	317	235	454
S <sup>2-</sup> СУЛЬФИД-	34	68	46	203	110	169	120	72	78	56	41	150	87	97	84	200	88	208	144	91	214	91	151	239	96	248	233
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> СУЛЬФАТ-	98	132	110	267	174	233	184	136	142	120	105	342	151	161	148	392	152	400	208	155	406	155	215	303	160	312	297
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ГИДРОСУЛЬФАТ-	98	115	104	182	136	?	282	?	120	?	?	?	249	259	?	?	?	?	?	?	?	?	?	401	?	205	?
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> СУЛЬФИТ-	82	116	94	251	158	217	168	120	126	104	89	294	135	145	?	344	136	?	192	139	?	139	199	287	144	296	281
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ПЕРХЛОРАТ-	100	117	106	185	138	336	287	239	122	223	208	325	254	264	251	350	255	354	311	258	357	258	?	406	262	207	400
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ХЛОРАТ-	84	101	90	169	122	304	255	207	106	191	176	277	222	232	?	302	?	?	279	226	?	226	?	374	230	191	368
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> НИТРАТ-	63	80	69	147	101	261	212	164	85	148	133	213	179	189	?	238	180	242	236	183	245	183	243	331	188	170	325
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> НИТРИТ-	47	64	53	131	85	229	180	132	69	116	101	?	147	157	?	?	?	?	?	151	?	151	?	299	156	154	293
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ОРТО)ФОСФАТ-	98	149	116	351	212	602	453	310	164	263	217	122	355	386	346	147	357	151	527	367	?	366	546	812	381	419	792
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ГИДРОФОСФАТ-	98	132	?	267	174	233	184	136	142	120	105	342	151	161	?	392	152	?	?	155	?	?	215	303	160	312	297
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ДИГИДРОФОСФАТ-	98	115	104	182	136	331	282	234	120	218	203	318	249	259	?	?	250	?	306	?	?	?	313	401	?	205	395
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> АЦЕТАТ-	60	77	66	144	98	255	206	158	82	142	127	204	173	183	170	229	174	233	230	177	236	177	237	325	182	167	319
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> ДИХРОМАТ-	218	252	230	387	294	353	304	256	262	240	225	?	?	335	?	?	272	760	?	?	?	?	335	423	280	432	417
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ХРОМАТ-	118	152	130	287	194	253	204	156	162	140	125	?	171	181	?	?	?	460	228	175	?	175	235	323	180	332	317
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ПЕРМАНГНАТ-	120	137	126	204	158	375	326	278	142	262	247	384	?	303	?	?	?	?	350	?	?	297	?	?	?	227	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> КАРБОНАТ-	62	96	74	231	138	197	148	100	106	84	69	?	115	125	112	284	116	292	172	119	298	119	179	267	124	276	261
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ГИДРОКАРБОНАТ-	62	79	68	146	100	259	210	162	84	146	?	?	?	187	174	235	178	?	234	?	?	181	?	329	?	169	?
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (МЕТА)СИЛИКАТ-	78	?	90	247	154	213	164	116	122	100	85	282	131	141	?	332	132	340	189	?	?	?	195	283	140	292	277

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ										РАСТВОРЯЕТСЯ (>1 г на 100 г воды)		НЕ РАСТВОРЯЕТСЯ (<0,1 г на 100 г воды)		249 НЕТ ДАННЫХ О РАСТВОРИМОСТИ		
РАДИКАЛЫ										МАЛО РАСТВОРЯЕТСЯ (от 0,1 г до 1 г на 100 г воды)		РАЗЛАГАЕТСЯ В ВОДЕ		? НЕТ ДАННЫХ О СУЩЕСТВОВАНИИ ВЕЩЕСТВА		
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ																
CH <sub>3</sub> -	МЕТИЛ-	16	50	95	32	61	31	44	60	92						
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -	ЭТИЛ-	30	65	109	46	75	45	58	74	106						
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -	ПРОПИЛ-	44	79	123	60	89	59	72	88	120						
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> -	БУТИЛ-	58	93	137	74	103	73	86	102	134						
CH <sub>2</sub> =CH-	ВИНИЛ-	28	63	107	-	73	43	56	72	104						
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -	ФЕНИЛ-	78	113	157	94	123	93	106	122	154						
CH <sub>3</sub> CO-	АЦЕТИЛ-	44	78	123	60	89	59	72	88	120						

РЯД ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ																																	
эл.-ты	Cs	K	Ba	Sr	Na	Ca	Li	Mg	Cd	Ag	Zn	Cu	Be	Hg	Al	Pb	Sn	Au	Si	B	As	P	H	Cr	S	Mn	C	I	Br	N	Cl	O	F
Х	0,63	0,69	0,72	0,80	0,82	0,86	0,86	1,08	1,22	1,28	1,29	1,29	1,31	1,35	1,43	1,57	1,63	1,66	1,82	1,86	1,92	1,98	2,07	2,27	2,41	2,45	2,50	2,58	2,60	2,82	2,86	3,91	4,29
Е <sub>c</sub>	46	48	0	0	53	0	60	0	0	126	0	119	0	0	43	35	107	223	134	27	78	72	73	64	200	0	122	295	325	0	349	141	328
Х <sub>c</sub> – ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ПО А.С.ПОВАРЕННЫХ (ДЛЯ УГЛЕРОДА Х <sub>c</sub> =2,5)																																	
Е <sub>c</sub> – СРОДСТВО К ЭЛЕКТРОНУ, в кДж/МОЛЬ																																	
Составитель – Г.П. Лапаев;										129041, Москва, Проспект мира, д.68																							
© Составление, дизайн – Г.П. Лапаев, 1997										ООО "Каллиграф", 2002																							
Компьютерный набор – Р.Р. Файзулин										Подл. в печать 02.09.2002. Печать офс. Зак. 542																							
										Тип. "Р-Мастер". Изд. 2', испр. и доп.																							

### Задача 1 (5 баллов)

При сжигании  $\text{H}_2\text{S}$  объемом 33,6 л (н.у.) образуется сернистый газ, который пропустили через 1,5 л раствора  $\text{NaOH}$  с массовой долей 7,34 % ( $\rho = 1,09$  г/мл).

1. Определите количество вещества  $\text{H}_2\text{S}$  (1 балл)  
 $n(\text{H}_2\text{S}) = 33,6 / 22,4 = 1,5$  моль **(1 балл)**
2. Вычислите количество вещества  $\text{NaOH}$  (1балл)  
 $m(\text{NaOH}) = 1500 \text{ мл} * 1,09 \text{ г/мл} = 1635 \text{ г}$  **(0,25 балла)**  
 $m(\text{NaOH}) = 1635 * 0,0734 = 120 \text{ г}$  **(0,25 балла)**  
 $n(\text{NaOH}) = 120 / 40 = 3$  моль **(0,5 балла)**
3. Найдите массовую долю полученной соли в растворе. (3 балла)



$$n(\text{SO}_2) = n(\text{H}_2\text{S}) = 1,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{SO}_2) = 1,5 * 64 = 96 \text{ г (0,25 балла)}$$

соотношение  $n(\text{NaOH}) : n(\text{SO}_2) = 2:1$ , отсюда



$$1,5 \text{ моль} \quad 3 \text{ моль} \quad +1,5 \text{ моль}$$

$$-1,5 \text{ моль} \quad -3 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = n(\text{SO}_2) = 1,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1,5 * 126 = 189 \text{ г (0,25 балла)}$$

Общая масса раствора:  $m(\text{р-ра}) = m(\text{SO}_2) + m(\text{NaOH})_{\text{р-ра}} = 96 + 1635 = 1731 \text{ г}$   
**(0,5 балла)**

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 189 / 1731 * 100 = 10,92 \% \text{ (1 балл)}$$

### Задача 2 (7 баллов)

Макзины-новый вид двумерных материалов используемых в батареях и суперкапациаторах. Первый из макзинов ( $\text{Ti}_3\text{C}_2$ ) был найден в Дрексельском университете профессором Юрием Гоготцием и его коллегами. Препкурсором этого соединения является соединение  $\text{Ti}_3\text{AlC}_2$ . Сами же макзины получают путем удаления  $\text{Al}$  из прекурсора с помощью плавиковой кислоты при комнатной температуре, так же входе реакции выделяется водород.

- 1) Предложите метод синтеза  $\text{Ti}_3\text{AlC}_2$  из элементарных компонентов (2 балла)

Элементарные составляющие  $\text{Ti}_3\text{AlC}_2$  это  $\text{Ti}$ ,  $\text{Al}$  и  $\text{C}$ .



- 2) Напишите реакцию получения макзинов (2 балла)

Макзин это  $Ti_3C_2$ . Для получения его из  $Ti_3AlC_2$ , нужно удалить из него Al путем реакции с HF. Так же мы знаем что выделяется водород.

Мы имеем реагенты:  $Ti_3AlC_2$  и HF

Продукты:  $Ti_3C_2$ ,  $H_2$  и третий надо найти. Так как выходит алюминий, и остается фтор мы можем предположить что третий продукт это  $AlF_3$ .



**(1,5 балла за реакцию, 0,5 балла за баланс)**

- 3) Найдите сколько потребуется прекурсора и раствора плавиковой кислоты с концентрацией 30% для получения 150 г макзина (3 балла)

$$M_r(Ti_3C_2) = 48 \cdot 3 + 12 \cdot 2 = 168 \text{ г/моль}$$

$$n(Ti_3C_2) = 150 / 168 = 0,89 \text{ моль (0,5 балла)}$$

$$n(Ti_3C_2) = n(Ti_3AlC_2)$$

$$M_r(Ti_3AlC_2) = 195 \text{ г/моль}$$

$$m(Ti_3AlC_2) = 0,89 \text{ моль} \cdot 195 \text{ г/моль} = 173,55 \text{ г (0,75 балла)}$$

$$n(HF) = 0,89 \cdot 3 = 2,67 \text{ моль (по балансу) (0,5 балла)}$$

$$\text{Масса чистой плавиковой кислоты} = 2,67 \text{ моль} \cdot 20 \text{ г/моль} = 53,4 \text{ г (0,5 балла)}$$

$$\text{Масса раствора плавиковой кислоты} = 53,4 / 0,3 = 178 \text{ г (0,75 балла)}$$

### Задача 3 (12 баллов)

Пока вы ребенок, для вас Зима – магическая пора чудес, снежных замков и ворчливых снеговиков. Как только вы начинаете стареть и заботиться о своих житейских делах, вам начинает надоедать снег на тротуаре из-за которого вы идете как пингвин (что довольно медленно) или снег на дорогах, из-за которых вашу машину водит из стороны в сторону. Кто-то скажет это неотъемлемая часть зимы, а кто-то воспользуется нашими знаниями о коллигативных свойствах растворов и будет посыпать дороги солью, дабы снег растаял.

Для начала, нам нужно познакомиться с необычной метрикой измерения концентрации: моляльностью.

$$m = \text{моляльность} = \frac{\nu_{\text{растворенного в-ва}}}{m_{\text{кг растворителя}}}$$

1. Посчитайте моляльность 10% (по массе) раствора NaCl в воде (2 балла)

Положим массу раствора как  $m$  (в граммах). Тогда, масса NaCl  $0.1m$  и масса воды  $0.9m$ .

$$\text{Масса растворителя в килограммах} = \frac{0.9m}{1000}. \text{ Кол-во моль NaCl найти легко: } \frac{0.1m}{58.5}$$

В итоге, моляльность:

$$\frac{\frac{0.1m}{58.5}}{\frac{0.9m}{1000}} = \frac{0.1 * 1000}{58.5 * 0.9} = 1.90 \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$$

2 балла за ответ с выводом. 0 баллов за ответ без вывода. 0.5 балла если при выводе ученик выбирает конкретную массу раствора (например, 100 г).

2. Одна из наиболее распространенных метрик концентрации – молярность. Выведите формулу для конвертации молярной концентрации ( $c$ ) в моляльность ( $m$ ), если вам известна плотность раствора ( $\rho$  в кг/л) и молярная масса растворенного вещества ( $M_2$  в  $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$ ). (3 балла)

В первую очередь, найдем количество моль растворенного вещества. Для этого нам нужно знать объем раствора. Положим его как  $V$ . Тогда

$$n_{\text{растворенное в-во}} = c \cdot V$$

Мы так-же можем найти массу раствора (в кг):

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V$$

Масса растворителя – масса раствора минус масса растворенного вещества.

$$m_{\text{растворенное в-во}} = c \cdot V \cdot \frac{M_2}{1000}$$

Мы делим на 1000, чтобы перевести массу в килограммы.

В итоге:

$$m_{\text{растворителя}} = \rho V - \frac{cVM_2}{1000}$$
$$m = \frac{cV}{\rho V - \frac{cVM_2}{1000}} = \frac{1000c}{1000\rho - cM_2}$$

3 балла за формулу с выводом. 0 баллов без вывода. 1,5 балла если при выводе ученик использовал конкретный объем раствора (например, 1л)

Феномен понижения температуры замерзания наблюдается при растворении нелетучего вещества в растворителе, в результате чего понижается давление насыщенного пара, а вместе с ним и понижается температура равновесия твердое-жидкость. Именно благодаря этому феномену соленая вода замерзает при более

низкой температуре, по сравнению с чистой водой. Математически, это можно выразить:

$$-\Delta T = K_f \cdot m \cdot i$$

Где  $K_f$  – криоскопическая константа, характерная для растворителя,  $m$  – моляльность,  $i$  – изотонический фактор, равный количеству молекул растворенного в-ва, образующихся при растворении. Например,  $i$  для  $NaCl$  равен двум, а для  $CaCl_2$  равен трем.

3. Если в 1000 кг воды растворить мешок поваренной соли (25 кг), при какой температуре будет замерзать раствор? Криоскопическая константа воды равна 1.86 К/(кг моль) (3 балла)

Найдем моляльность:

$$m = \frac{25000}{\frac{58.5}{1000}} = 0.427 \frac{\text{моль}}{\text{кг}}$$

Найдем понижение температуры замерзания:

$$-\Delta T = 1.86 * 0.427 * 2 = 1.59$$

$$T_1 - T_2 = 1.59$$

$$T_2 = -1.59$$

3 балла за ответ с выводом. 1 балл если в качестве ответа дано значение  $-\Delta T$ . 0 балл за ответ без вывода.

4. В этом задании предлагаем вам определить наиболее и наименее экономически выгодное вещество, для понижения температуры замерзания воды. На выбор: сахар  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , поваренная соль и пищевая сода. Известно, что 25 кг сахара стоят 10000 тенге, соль стоит 40 тг/кг, а сода 350 тг/кг. (4 балла)

Положим  $x$  как массу воды (в кг, в целях сравнения) и  $y$  как массу вещества (в кг), которое мы будем растворять. В таком случае, моляльность раствора:

$$m = \frac{1000 \frac{y}{M}}{x} = \frac{1000y}{Mx}$$

Тогда, понижение температуры замерзания в условных единицах будет равно:

$$-\frac{\Delta T}{K_f} = m \cdot i = \frac{1000y}{Mx} i$$

Если взять удельную стоимость (тг/кг) растворенного вещества как  $z$ , то понижение температуры замерзания за один тенге будет равно:

$$-\frac{\Delta T}{K_f} = \frac{1000y}{Mx \cdot yz} i = \frac{1000}{Mxz} i$$

Поскольку масса воды во всех случаях будет одинаковой, мы можем преобразовать выражение, оставив все переменные в правой части уравнения:

$$-\frac{\Delta T x}{K_f 1000} = \frac{i}{Mz}$$

В итоге, чтобы сравнить три вещества, нам нужно найти отношение трех величин. Составим таблицу:

Вещество	$i$	$M$	$Z$	$\frac{i}{Mz}$
$C_{12}H_{22}O_{11}$	1	342.3	400	$7.3 \cdot 10^{-6}$
$NaCl$	2	58.5	40	$8.5 \cdot 10^{-4}$
$Na_2CO_3$	3	106	350	$8.1 \cdot 10^{-5}$

В итоге, наиболее экономически выгодно использовать соль, а наименее – сахар. 4 балла за финальный ответ с обоснованием. 0 баллов если для сравнения используется только цена.

#### Задача 4 (11 баллов)

В повседневной жизни вы сталкиваетесь с разными характеристиками жидкостей: объем, масса, температура, цвет и иногда вкус. Как только вы начинаете изучать химию, вы открываете новый параметр: pH раствора. Возможно, он кажется вам абстрактным и незнакомым, но он такой же естественный для любой жидкости, как и ее цвет или масса. Давайте потренируемся с поиском pH разных растворов.

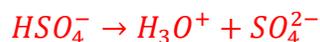
Напоминаем:  $pH = -\log[H^+]$  или  $pH = -\log[H_3O^+]$

1. Запишите уравнения диссоциации серной кислоты по двум ступеням ( $H_2SO_4$ ) и найдите pH 0.05M раствора серной кислоты считая, что диссоциация по двум ступеням происходит полностью. (2 балла)



Или





По 0.5 балла за каждое уравнение. 0 баллов если указано равновесие ( $\rightleftharpoons$ ).

Поскольку диссоциация происходит полностью, можно сказать:

$$[H^+] = 2[H_2SO_4]_0 = 0.1M$$

Тогда:

$$pH = -\log(0.1) = 1$$

1 балл за финальное значение pH. Всего 2 балла за пункт.

Для поиска pH слабых кислот необходимо знать их значение  $K_a$ , которое имеет форму:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Где  $[HA]$  концентрация непродиссоциированной кислоты, а  $[A^-]$  концентрация образующегося кислотного остатка.

2. На самом деле, вторая степень диссоциации слабой кислоты протекает не полностью. Иными словами, серная кислота по второй степени считается слабой. Найдите pH 0.05M раствора уксусной кислоты, если  $K_a$  (2 степень) =  $1.02 \cdot 10^{-2}$  (3 балла)

Поскольку первая степень протекает полностью, мы можем сказать, что:

$$[HSO_4^-] = [H^+] = 0.05$$

Из уравнения диссоциации по второй степени заметим, что в уравнении образуется равное количество  $[SO_4^{2-}]$  и  $[H^+]$ . Обозначим это кол-во за  $x$ . Так же, пользуясь законом о сохранении массы или материальным балансом:

$$[HSO_4^-]_0 = [SO_4^{2-}] + [HSO_4^-] = [SO_4^{2-}] + x = 0.05$$

Тогда можем записать выражение для  $K_a$

$$K_a = \frac{[SO_4^{2-}][H^+]}{[HSO_4^-]} = \frac{x(0.05 + x)}{0.05 - x}$$

В итоге, имеем квадратное уравнение:

$$1.02 \cdot 10^{-2} = \frac{x(0.05 + x)}{0.05 - x}$$

Решая это уравнение, получаем корни:  $-6.78 \cdot 10^{-2}$  и  $7.55 \cdot 10^{-3}$

В итоге,  $pH = -\log(0.05 + 7.55 \cdot 10^{-3}) = 1.24$

1 балл за использование материального баланса, 1 балл за составление квадратного уравнения, 1 балл за ответ. Всего 3 балла. 0 баллов если дан только ответ.

$pH$  раствора зависит от температуры. Более конкретно,  $K_a$  зависит от температуры, а поскольку  $pH$  зависит от  $K_a$ , то и  $pH$  зависит от температуры. Эта зависимость имеет следующий вид в дифференциальной форме:

$$\frac{d \ln(K(T))}{dT} = \frac{-Q}{RT^2} \quad (3)$$

Где  $Q$  – теплота процесса диссоциации (в Дж/моль),  $K_a(T)$  – значение  $K_a$  при температуре  $T$  (в кельвинах).  $R = 8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ . Подсказка: для перевода температуры из цельсия в кельвины вы можете пользоваться следующей формулой  $T(K) = T(C) + 273$

3. Проинтегрируйте уравнение (3) в диапазоне температур от  $T_1$  до  $T_2$  (3 балла)

$$\begin{aligned} d(\ln(K(T))) &= \frac{-Q}{R} \frac{dT}{T^2} \\ \int_{K(T_1)}^{K(T_2)} d(\ln(K(T))) &= \frac{-Q}{R} \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T^2} \\ \ln(K(T_2)) - \ln(K(T_1)) &= \frac{-Q}{R} \left( \frac{-1}{T_2} - \frac{-1}{T_1} \right) \\ \ln \left( \frac{K(T_2)}{K(T_1)} \right) &= \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \end{aligned}$$

3 балла за выражение в интегральной форме с выводом. 0 баллов если нет вывода.

4. Найдите  $pH$  воды при  $25^\circ\text{C}$  и  $100^\circ\text{C}$  если  $K_w = 10^{-14}$  при  $25^\circ\text{C}$ . Примите теплоту автоионизации воды равной  $-45605$  Дж/моль. (3 балла) Подсказка:  $K_w = [H^+][OH^-]$

Найти  $pH$  воды при  $25^\circ\text{C}$  легко: поскольку  $[H^+] = [OH^-]$ , мы имеем

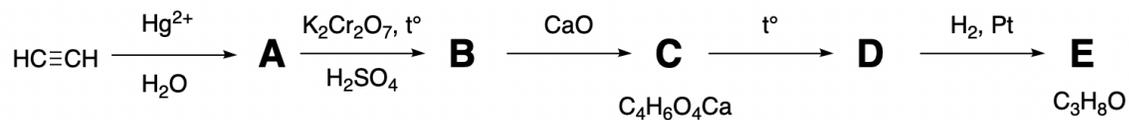
$$K_w = [H^+]^2$$

Или  $[H^+] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$

$$pH = -\log(10^{-7}) = 7$$



2. Расшифруйте следующую цепочку превращений и нарисуйте структуры соединений А-Е (5 балла)



За каждую структуру по 1 баллу

