

Республиканская олимпиада по химии 2021

Районный этап

11 класс

Регламент районного этапа:

Перед вами находится комплект задач районного этапа республиканской олимпиады 2021 года по предмету химия. **Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами.

У вас есть **3 астрономических часа (180 минут)** на выполнение заданий олимпиады.

Суммарный балл за работу – **45 баллов**.

Вы можете решать задачи в черновике, однако, не забудьте перенести все решения на чистый лист. Решение каждой задачи должно быть на отдельном листе. **Обязательно укажите подпункты задач**. Черновики проверяться **не будут**.

Вам **запрещается** пользоваться любыми справочными материалами, учебниками или конспектами.

Вам **запрещается** пользоваться любыми устройствами связи, смартфонами, смарт-часами или любыми другими гаджетами, способными предоставлять информацию в текстовом, графическом и/или аудио формате, из внутренней памяти или загруженную с интернета.

Вам **разрешается** использовать графический или инженерный калькулятор.

Вам **запрещается** пользоваться любыми материалами, не входящими в данный комплект задач, в том числе периодической таблицей и таблицей растворимости. На **страницах 3-4** предоставляем периодическую таблицу и таблицу растворимости.

За нарушение любого из данных правил ваша работа будет **автоматически** оценена в **0 баллов**.

На листах ответов пишите **четко** и **разборчиво**. Рекомендуется обвести финальные ответы карандашом. Не забудьте указать единицы измерения. Соблюдайте правила использования числовых данных в арифметических операциях. Иными словами, помните про существование значащих цифр и не завышайте точность данных в задаче.

В задачах с большим количеством вычислений **рекомендуем** не округлять промежуточные ответы.

Если вы укажете только конечный результат решения без приведения соответствующих вычислений, то Вы получите **0 баллов**, даже если ответ правильный.

Этот комплект задач состоит из **7 страниц**, включая титульный лист.

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 ⁺	NH ₄ ⁺	Li ⁺	Rb ⁺	K ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Be ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ²⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Cd ²⁺	Co ²⁺	Co ³⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺
ОН ⁻ 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 ⁻ 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 ⁻ 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 ⁻ 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 ⁻ 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 ²⁻ 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 ₄ ²⁻ 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 ₄ ⁻ ГИДРОСУЛЬФАТ-	98	115	104	182	136	?	282	?	120	?	?	?	249	259	?	?	?	?	?	?	?	?	?	401	?	205	?
SO ₃ ²⁻ 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 ₄ ⁻ 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 ₃ ⁻ ХЛОРАТ-	84	101	90	169	122	304	255	207	106	191	176	277	222	232	?	302	?	?	279	226	?	226	?	374	230	191	368
NO ₃ ⁻ 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 ₂ ⁻ НИТРИТ-	47	64	53	131	85	229	180	132	69	116	101	?	147	157	?	?	?	?	?	151	?	151	?	299	156	154	293
PO ₄ ³⁻ (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 ₄ ²⁻ ГИДРОФОСФАТ-	98	132	?	267	174	233	184	136	142	120	105	342	151	161	?	392	152	?	?	155	?	?	215	303	160	312	297
H ₂ PO ₄ ⁻ ДИГИДРОФОСФАТ-	98	115	104	182	136	331	282	234	120	218	203	318	249	259	?	?	250	?	306	?	?	?	313	401	?	205	395
CH ₃ COO ⁻ 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 ₂ O ₇ ²⁻ ДИХРОМАТ-	218	252	230	387	294	353	304	256	262	240	225	?	?	335	?	?	272	760	?	?	?	?	335	423	280	432	417
CrO ₄ ²⁻ ХРОМАТ-	118	152	130	287	194	253	204	156	162	140	125	?	171	181	?	?	?	460	228	175	?	175	235	323	180	332	317
MnO ₄ ⁻ ПЕРМАНГНАТ-	120	137	126	204	158	375	326	278	142	262	247	384	?	303	?	?	?	?	350	?	?	297	?	?	?	227	?
CO ₃ ²⁻ 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 ₃ ⁻ ГИДРОКАРБОНАТ-	62	79	68	146	100	259	210	162	84	146	?	?	?	187	174	235	178	?	234	?	?	181	?	329	?	169	?
SiO ₃ ²⁻ (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		НЕ РАСТВОРИМОСТЬ		РАСТВОРИМОСТЬ			
РАДИКАЛЫ		РАСТВОРИМОСТЬ (>1 г на 100 г воды)		НЕ РАСТВОРИМОСТЬ (< 0,1 г на 100 г воды)		РАСТВОРИМОСТЬ			
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ		РАСТВОРИМОСТЬ (от 0,1 г до 1 г на 100 г воды)		РАЗЛАГАЕТСЯ В ВОДЕ		РАСТВОРИМОСТЬ			
-H	-Cl	-Br	-OH	-NO ₂	-NH ₂	-CHO	-COOH	-C ₆ H ₅	
CH ₃ - МЕТИЛ-	16	50	95	32	61	31	44	60	92
C ₂ H ₅ - ЭТИЛ-	30	65	109	46	75	45	58	74	106
C ₃ H ₇ - ПРОПИЛ-	44	79	123	60	89	59	72	88	120
C ₄ H ₉ - БУТИЛ-	58	93	137	74	103	73	86	102	134
CH ₂ =CH-ВИНИЛ-	28	63	107	-	73	43	56	72	104
C ₆ H ₅ - ФЕНИЛ-	78	113	157	94	123	93	106	122	154
CH ₃ 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 _с	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_с – 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. Файзулин Тип. "Р-Мастер". Изд. 2', испр. и доп.

Задача 1 (5 баллов)

При сжигании H_2S объемом 33,6 л (н.у.) образуется сернистый газ, который пропустили через 1,5 л раствора NaOH с массовой долей 7,34 % ($\rho = 1,09$ г/мл).

1. Определите количество вещества H_2S (1 балл)
2. Вычислите количество вещества NaOH (1 балла)
3. Найдите массовую долю полученной соли в растворе. (3 балла)

Задача 2 (7 баллов)

Макзины – новый вид двумерных материалов используемых в баттареях и суперкапациаторах. Первый из макзинов (Ti_3C_2) был найден в Дрексельском университете профессором Юрием Гоготцием и его коллегами. Препкурсором этого соединения является соединение Ti_3AlC_2 . Сами же макзины получают путем удаления Al из прекурсора с помощью плавиковой кислоты при комнатной температуре, так же входе реакции выделяется водород.

- 1) Предложите метод синтеза Ti_3AlC_2 из элементарных компонентов (2 балла)
- 2) Напишите реакцию получения макзинов (2 балла)
- 3) Найдите сколько потребуется прекурсора и раствора плавиковой кислоты с концентрацией 30% для получения 150 г макзина (3 балла)

Задача 3 (12 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)

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

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)
4. В этом задании предлагаем вам определить наиболее и наименее экономически выгодное вещество, для понижения температуры замерзания воды. На выбор: сахар $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, 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)

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: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ или $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$

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)

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 $K_a(2 \text{ ступень}) = 1.02 \cdot 10^{-2}$ (3 балла)

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). $R = 8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$. 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)
4. Найдите pH воды при $25^\circ C$ и $100^\circ C$ если $K_w = 10^{-14}$ при $25^\circ C$. Примите теплоту автоионизации воды равной -45605 Дж/моль. (3 балла) Подсказка: $K_w = [H^+][OH^-]$

Задача 5 (10 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_5N (5 баллов)
2. Расшифруйте следующую цепочку превращений и нарисуйте структуры соединений А-Е (5 балла)

