

Республиканская олимпиада по химии 2021

Заключительный этап I-тур

РЕШЕНИЕ

9 класс

Рекомендуемый список литературы:

Ниже предлагаем список литературы, рекомендуемый для подготовки к республиканской олимпиаде:

Для подготовки к задачам по физической химии:

- В. В. Еремин. Теоретическая и математическая химия. 978-5-4439-0151-0
- P. Atkins, J. de Paula. Elements of Physical Chemistry. 978-0198796701

Для подготовки к задачам по органической химии:

- J. E. McMurry. Organic Chemistry. 978-1305080485
- J. Clayden, N. Greeves, S. Warren. Organic Chemistry. 978-0199270293

Для подготовки к задачам по аналитической химии:

- Основы аналитической химии. Под редакцией Ю.А. Золотова (Том 1, 2)
- Алексеев. Количественный анализ
- D.C. Harris, Quantitative Chemical Analysis. 978-1464135385

Для подготовки к задачам по общей и неорганической химии:

- C. E. Housecroft, A. G. Sharpe. Inorganic Chemistry. 978-1292134147

Для закрепления рекомендуем решать задания прошлых лет Международной Менделеевской олимпиады. Их можно найти на сайте химического факультета МГУ

- <http://www.chem.msu.su/rus/olimp/welcome.html>

Задачи прошлых республиканских и областных олимпиад можно найти:

- На официальном ресурсе РНПЦ Дарын: <https://t.me/kazolympbot>

Также рекомендуем ознакомиться с задачами Международных Химических Олимпиад (IChO). Их, как правило, можно найти на сайте олимпиады. Например, можете посетить сайт IChO 2021:

- <https://www.icho2021.org/problems/>

Более подробный план подготовки, советы олимпийцев прошлых лет и другие олимпиадные задачи можно найти на сайте, посвященном олимпиадам в РК:

- <https://olympiads.bc-pf.org>

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021
Комплект решений I-тура для 9 класса (kazolymp.kz)

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 -

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021
Комплект решений I-тура для 9 класса (kazolymp.kz)

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⁺																
OH ⁻	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 ⁻	ПЕРМАНГАНАТ-	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		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																				
РАДИКАЛЫ		ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ										РЯД ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ																																
		-H	-Cl	-Br	-OH	-NO ₂	-NH ₂	-CHO	-COOH	-C ₆ H ₅	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
CH ₃ -	МЕТИЛ-	16	50	95	32	61	31	44	60	92	Х	0,63	0,69	0,72	0,80	0,82	0,86	0,86	1,08	1,1	2,21	2,81	2,91	3,11	3,51	4,31	5,71	6,31	6,61	8,21	8,61	9,21	9,82	0,72	2,72	4,12	4,52	5,02	5,82	6,02	8,22	8,63	9,14	2,9
C ₂ H ₅ -	ЭТИЛ-	30	65	109	46	75	45	58	74	106	Е _c	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
C ₃ H ₇ -	ПРОПИЛ-	44	79	123	60	89	59	72	88	120	Х - ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ		Составитель - Г.П. Лапеев; © Составление, дизайн - Г.П. Лапеев, 1997										129041, Москва, Проспект мира, д.68 ООО "Каллиграф", 2002 Подл. в печать 02.09.2002. Печать офс. Зак. 542 Тип. "Р-Мастер".																					
C ₄ H ₉ -	БУТИЛ-	58	93	137	74	103	73	86	102	134	Е _c - СРОДСТВО К ЭЛЕКТРОНУ, в дЖ/МОЛЬ		Компьютерный набор - Р.Р. Фейзулин										Изд. 2*, испр. и доп.																					
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																																		

Задача 1. АБВ

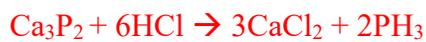
Пункт	1.1	1.2	1.3	Всего	Вес
Макс.	1.5	2	4.5	8	7

Смесь гидрида, фосфида, и сульфида кальция массой 10 грамм, растворили в избытке разбавленной соляной кислоты, в результате которой выделилось смесь трех газов, А, Б и В объемом 3,391 литров (н.у.). Так же известно, что газ А используется как топливо, а газ В имеет запах тухлых яиц. Смесь полученных газов пропустили через раствор гидроксида кальция и объем оставшихся газов составил 2,51 литров при 25 С, 740 мм. рт. ст.

1. Найдите газы А, Б, и В. (1.5 балла)

Газ А который используется как топливо, это очевидно – H_2 . Газ Б с запахом тухлых яиц это H_2S . В – PH_3 (0,5 балла * 3 = 1.5 балла)

2. Напишите уравнения всех реакции. (2 балла)



3. Найдите массовые доли компонентов в начальной смеси. (4.5 балла)

Возьмем моль каждого из компонентов как x , y , и z . Тогда моль водорода будет $2x$, моль фосфина будет $2y$, а также моль сероводорода z . После пропускания газов через раствор гидроксида кальция, остается смесь водорода и фосфина и объем этой смеси равняется $PV/RT=n$. Где $P=740/760=0.973$ атм. , $T=298K$, $V=2.51$ литров, а $R=0.082$.

Составим систему из трех уравнений:

$$42x + 182y + 72z = 10$$

$$2x + 2y + z = 0.1514$$

$$2x + 2y = 0.1$$

(2 балла за правильную систему уравнений)

$$x = 0.02 \text{ моль } CaH_2$$

$$y = 0.03 \text{ моль } Ca_3P_2$$

$$z = 0.0514 \text{ моль } CaS \quad (1 \text{ балл за правильные моли})$$

Ответ:

$$w(CaH_2) = [(0.02*42)/10]*100 = 8.4\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$w(Ca_3P_2) = [(0.03*182)/10]*100 = 54.6\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$w(\text{CaS}) = [(0.0514 \cdot 72) / 10] \cdot 100 = 37\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

Задача 2. Каменный мир

Пункт	2.1	2.2	2.3	Всего	Вес
Макс.	1	8	4	13	

Доктор Стоун попал в каменный мир, где все люди планеты земли окаменели. Однако юный вундеркинд для того, чтобы оживить людей начал изготавливать “зелье оживления”. Для того, чтобы приготовить это зелье он нашёл твердое вещество **A** массой 11,37 г и пропустил его через хлорную трубку, изготовленную из бамбука и образовалась жидкость **B** с резким запахом. Во время реакции пошёл резкий дождь, образовавшаяся жидкость **B** среагировала с водой (предположить, что дождь – чистая вода) и образовалось исходное вещество **A** с массой 8,5275 г и смесь сильных кислот. При нагревании получившегося раствора выделяется газ **B** с плотностью по аргону 1,6. Также известно, что при поджигании с кислородом исходной навески вещества **A**, можно получить в 2.667 раза больше газа **B**, чем при нагревании продуктов реакции взаимодействия **B** с водой.

1. Вычислите молекулярную массу газа **B**. (1 балл)

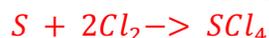
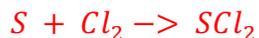
$$\text{Молекулярная масса газа } 1.6 \cdot 40 = 64 \text{ г/моль. (1 балл)}$$

2. Определите вещества **A**, **B**, **B**. (8 баллов)

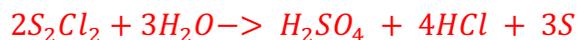
64 г/моль это соответствует молекулярной массе оксида серы (IV) - SO_2 , (2 балла)

тогда исходное соединение **A**, которое реагирует с хлором - сера. (2 балла)

Всевозможные реакций серы с хлором:



A при реакции жидкости **B** с водой:



Вещество **B** это не SCl_4 так как в условии сказано, что образовалась смесь сильных кислот, а H_2SO_3 это не сильная кислота.

Найдем начальное количество вещества:

$$n(S) = \frac{11.37}{32} = 0.3553 \text{ моль}$$

конечное количество вещества:

$$n(S) = \frac{8.5275}{32} = 0.266475 \text{ моль}$$

Если предположим, что Б у нас это - SCl_2 , тогда конечное количество серы = $0.3553 / 2 = 0.17765$ моль, что не соответствует нашим данным в условии.

А теперь рассмотрим второй вариант что Б – это S_2Cl_2 , тогда конечное количество серы = $0.3553 * 0.5 * 0.5 * 3 = 0.266475$ моль

По массовым/мольным соотношениям, мы находим что вещество Б это - S_2Cl_2

Находим соответствующие количества кислот:

$$n(H_2SO_4) = 0.3553/4 = 0.088825 \text{ моль}$$

$$n(HCl) = 0.3553 \text{ моль}$$

При нагревании раствора протекает реакция:

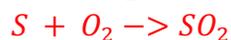


После реакции образовалось $(0.088825/2) * 3 = 0.1332375$ моль SO_2 , потому что серная кислота находилась в недостатке

А теперь найдем массу выделившегося SO_2 после реакции с кислотой:

$$m(SO_2) = 0.1332375 * 64 = 8.5272 \text{ г}$$

При поджигании с кислородом образуется SO_2 :



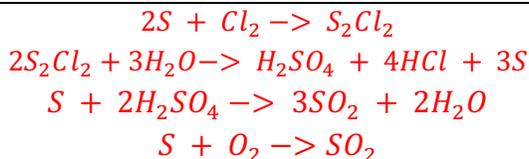
Находим массу SO_2 :

$$m(SO_2) = 0.3553 * 64 = 22.74 \text{ гр}$$

Теперь проверяем соотношение выделившегося SO_2 :

$$\text{соотношение} = (22.74/8.5272) = 2.666667. \text{ Все сходится}$$

3. Напишите уравнения всех реакции. (4 балла)



по 1 баллу за реакцию.

Задача 3

Пункт	3.1	3.2	3.3	3.4	Всего	Вес
Макс.	1	2	3	2	8	

Юный химик Азамат нашел в лаборатории старую банку десяти летней давности с надписью $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$. Он решил проверить соответствует ли формула заданной на этикетке. Сначала он решил прокалить кристаллогидрат и узнать точное количество воды в нем. Но, после прокаливания, он удивился тем что вместо 10 молекул воды там было не целое количество H_2O . В результате прокаливания, масса навески уменьшилось на 62.15%.

1. Найдите точную формулу кристаллогидрата. (1 балл)



$$18x / (106 + 18x) = 0.6215$$

$$x = 9.67$$

Кристаллогидрат: $Na_2CO_3 \cdot 9.67H_2O$ (1 балл)

Далее, Азамат решил приготовить раствор карбоната натрия с точной концентрацией для дальнейших опытов. Сначала он растворил кристаллогидрат в воде и довел объем раствора до 250 мл. Он сразу же вспомнил то что карбонат натрия можно оттитровать с помощью соляной кислоты. На титрование 10 мл аликвоты потратилось 2.481 мл 2.3 М HCl.

2. Найдите точную массу кристаллогидрата, которую он использовал для титрования. (2 балла)



$$n(HCl) = 2.481 \cdot 10^{-3} \cdot 2.3 = 5.707 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(Na_2CO_3) = 5.707 \cdot 10^{-3} / 2 = 2.854 \cdot 10^{-3} \text{ моль в 10 мл аликвоты,}$$

(1 балла за правильное титрование)

$$\text{а в 250 мл } 2.854 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 0.07134 \text{ моль } Na_2CO_3.$$

$$m(Na_2CO_3 \cdot 9.67H_2O) = 280.06 \cdot 0.07134 = 19.98 \text{ г. (1 балл)}$$

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021
Комплект решений I-тура для 9 класса (kazolymp.kz)

Точно такую навеску кристаллогидрата он растворил в воде и довел объем до 200 мл, (плотность = 1.08г/мл). Потом он ровно поделил его на два стакана и поставил на чаши весов. В первый стакан он добавил 100 г 7% раствор сульфата меди, а во второй решил добавить 100 г 35% раствора сульфата алюминия. После всех реакций, твердые остатки отделили от раствора, прокалили и взвесили.

3. Найдите массовые доли веществ в обоих растворах и также количественно покажите какая чаша весов окажется тяжелее. (3 балла)

$$m(\text{CuSO}_4) = 100 \cdot 0.07 = 7 \text{ г}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 100 \cdot 0.35 = 35 \text{ г}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = 0.04375 \text{ моль}$$

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0.1023 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ в стакане}) = 0.07134/2 = 0.03567 \text{ моль}$$

$$m(\text{раствора Na}_2\text{CO}_3 \text{ в стакане}) = 200/2 \cdot 1.08 = 108 \text{ г.}$$

стакан 1:



$$m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 222 \cdot 0.03567/2 = 3.96 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 0.03567/2 = 0.785 \text{ г}$$

$$m_{\text{к}} = 100 + 108 - 3.96 - 0.785 = 203.255 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.03567 \cdot 142 = 5.065 \text{ г}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \text{ (ост.)}) = (0.04375 - 0.03567) \cdot 160 = 1.2928 \text{ г}$$

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = (5.065/203.255) \cdot 100 = 2.49\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$w(\text{CuSO}_4) = (1.2928/203.255) \cdot 100 = 0.636\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

стакан 2:



$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \cdot 0.03567 \cdot 2/3 = 1.855 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 0.03567 = 1.569 \text{ г}$$

$$m_{\text{к}} = 100 + 108 - 1.855 - 1.569 = 204.576 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.03567 \cdot 142 = 5.065 \text{ г}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ (ост.)}) = (0.1023 - 0.03567/3) \cdot 342 = 30.92 \text{ г}$$

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = (5.065/204.576) \cdot 100 = 2.476\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$w(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ (ост.)}) = (30.92/204.576) \cdot 100 = 15.114\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

Стакан с сульфатом алюминия оказался тяжелее. (1 балл)

4. На сколько процентов уменьшится масса твердого остатка в обоих стаканах. (2 балла)



$$w(\text{изменение массы малахита}) = [(222-160)/222] \cdot 100 = 27.93\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

$w(\text{изменение массы гидроксида алюминия}) = [(78-0.5 \cdot 102)/(78)] \cdot 100 = 34.6\%$ (0.5 балла)

Задача 4. Пропан, бутан, ...

Пункт	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	Всего	Вес
Макс.	3	3	3	4	2	15	

Пропан-бутановая смесь, часто коротко именуемая «пропан», широко используется в качестве топлива при дорожных работах, при выполнении газопламенных работ на предприятиях и для коммунально-бытового потребления. «Пропан» представляет собой смесь пропана и бутана, добываемых из нефти и других видов углеводородного сырья, а также небольшого количества примесей. Для хранения такую газовую смесь обычно сжижают при -43°C под давление 1.6 МПа, а далее транспортируют смесь в цистернах.

Цистерну с жидким «пропаном» объемом 86.7 м^3 привезли на завод. В условиях хранения плотность жидкой смеси была равна 0.547 г/см^3 , а плотность этой же смеси, но уже в газообразном виде, составила 4.03 г/л (при 20°C и 2 атм).

1. Считая, что привезенная на завод смесь состояла только из пропана и бутана, рассчитайте мольные и массовые доли каждого газа в смеси.

$$pV = nRT$$

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{4.03 \cdot 8.314 \cdot (20 + 273)}{2 \cdot 101.325} = 48.44 \text{ г/моль (1 балл)}$$

$$M_{\text{ср}} = M(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8) + M(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot x(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 44 \cdot x + 58 \cdot (1 - x) = 48.44$$

$$x = x(\text{C}_3\text{H}_8) = 0.683 \rightarrow x(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0.317$$

Возьмем 1 моль смеси, тогда $n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0.683 \text{ моль}$, $n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0.317 \text{ моль}$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_8)}{m(\text{C}_3\text{H}_8) + m(\text{C}_4\text{H}_{10})} = \frac{0.683 \cdot 44}{0.683 \cdot 44 + 0.317 \cdot 58} = 62\% \text{ (1 балл)}$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 38\% \text{ (1 балл)}$$

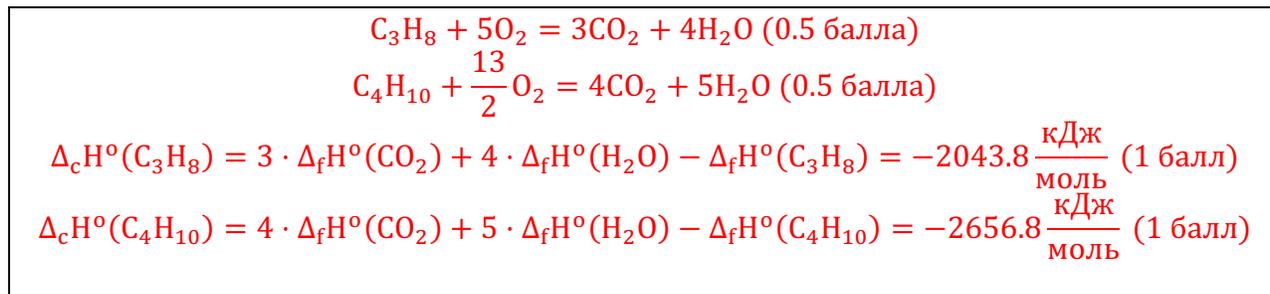
Примечание: если вы не смогли рассчитать массовые доли газов, то можете использовать $\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = 55\%$ и $\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 45\%$ для дальнейших расчетов.

2. Используя данные из таблицы, вычислите изменения энтальпии реакций сжигания пропана и бутана.

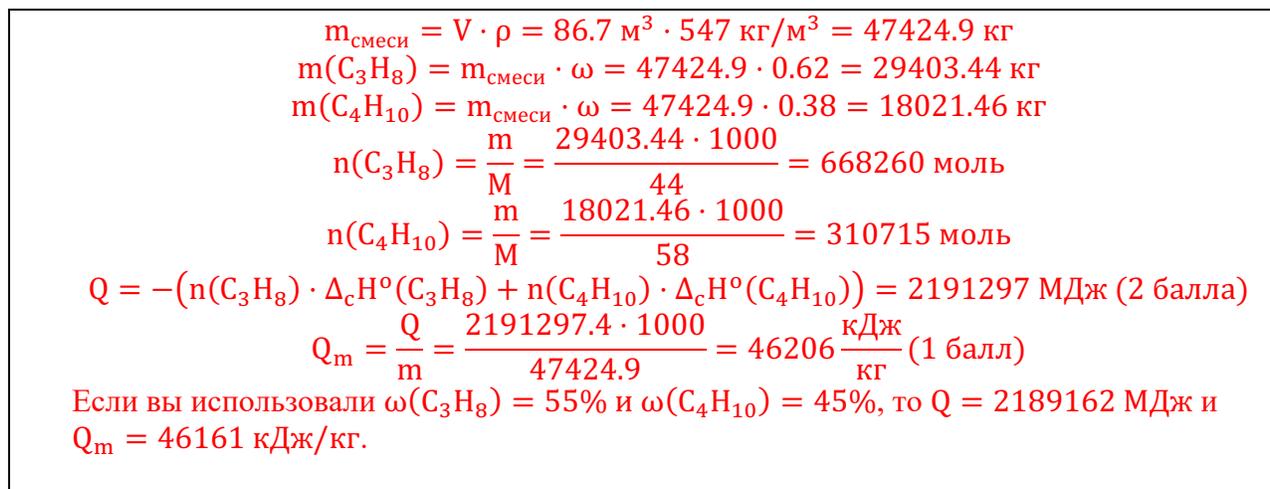
Вещество	$\text{CO}_{2(\text{r})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	$\text{C}_3\text{H}_{8(\text{r})}$	$\text{C}_4\text{H}_{10(\text{r})}$
----------	---------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021
Комплект решений I-тура для 9 класса (kazolymp.kz)**

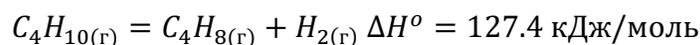
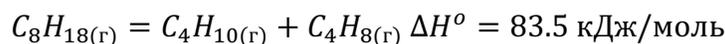
$\Delta_f H^\circ$, кДж/моль	-393.5	-241.8	-103.9	-126.2
-------------------------------	--------	--------	--------	--------



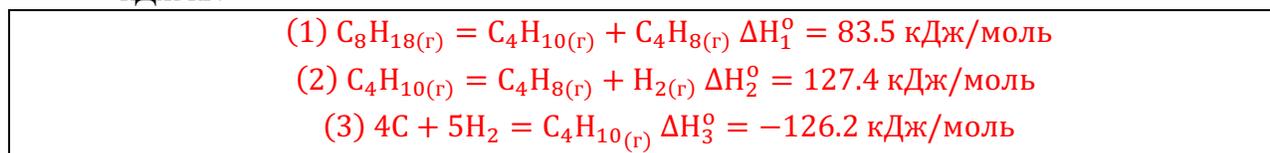
3. Рассчитайте удельную теплоту сжигания данной смеси в кДж/кг. Какое количество тепла (МДж) выделится при сжигании всей смеси в цистерне?



В последнее время «пропан» стали использовать в качестве автомобильного топлива, поскольку он дешевле бензина. В условиях данной задачи примите, что бензин состоит из чистого октана. Энтальпия испарения октана равна 41.4 кДж/моль. Дополнительно известны энтальпии следующих процессов:



4. Используя приведенные выше данные, вычислите стандартную энтальпию образования жидкого октана, а также удельную теплоту его сгорания кДж/моль и кДж/кг.



$$(4) C_8H_{18(ж)} = C_8H_{18(г)} \Delta H_4^{\circ} = 41.4 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$(5) 8C + 9H_2 = C_8H_{18(ж)} \Delta H_5^{\circ} = ?$$

Согласно закону Гесса: (5) = -(1) + (2) + 2 · (3) - (4) → $\Delta H_5^{\circ} = -\Delta H_1^{\circ} + \Delta H_2^{\circ} + 2 \cdot \Delta H_3^{\circ} - \Delta H_4^{\circ} = -249.9 \text{ кДж/моль}$ (2.5 балла)



$$\begin{aligned} \Delta_c H^{\circ} (C_8H_{18(ж)}) &= 8 \cdot \Delta_f H^{\circ} (CO_2) + 9 \cdot \Delta_f H^{\circ} (H_2O) - \Delta_f H^{\circ} (C_8H_{18(ж)}) = \\ &= -5074.3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \text{ (1 балл)} \end{aligned}$$

5. Установите, во сколько раз больше энергии выделяется при сжигании описанного в задаче «пропана», чем бензина, купленного за ту же цену, если соотношение цен за килограмм «пропана» к бензину составляет 2:7.

Исходя из условия задачи, за цену 1 кг бензина можно купить 3.5 кг «пропана», тогда:

$$n(C_8H_{18}) = \frac{m}{M} = \frac{1000}{114} = 8.772 \text{ моль}$$

$$Q(\text{бензин}) = -n \cdot \Delta_c H^{\circ} (C_8H_{18(ж)}) = 44512 \text{ кДж (0.5 балла)}$$

$$Q(\text{пропана}) = m \cdot Q_m = 3.5 \cdot 46206 = 161721 \text{ кДж (0.5 балла)}$$

$$\frac{Q(\text{пропана})}{Q(\text{бензин})} = \frac{161721}{44512} = 3.633 \text{ (1 балл)}$$

Если вы использовали $\omega(C_3H_8) = 55\%$ и $\omega(C_4H_{10}) = 45\%$, то $\frac{Q(\text{пропана})}{Q(\text{бензин})} = 3.630$

Задача 5. Химия соединений кобальта

Пункт	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	Всего	Вес
Макс.	3	7	4	5	4	23	

При растворении в 100 г воды 10 г кристаллогидрата сульфата кобальта был получен 5.0% раствор $CoSO_4$. С помощью концентрированной серной кислоты раствор закислили и при охлаждении сосуда с раствором льдом провели электролиз с использованием платиновой пластинки общей площадью 32 см² в качестве анода при плотности тока 0.055 А/см². С выходом по току 93% на аноде был получен серо-голубой осадок вещества X.

При хранении X в воде выделяются пузырьки газа Y (*реакция 1*) без цвета и запаха, поддерживающего горение. Газ Z с таким же качественным составом, что и Y, является одним из побочных продуктов, выделяющихся в небольших количествах на аноде при

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021
Комплект решений I-тура для 9 класса (kazolymp.kz)

получении **X**. При этом взаимодействие сернокислого раствора сульфата кобальта(II) с газом **Z** также приводит к **X** (*реакция 2*). По данным элементного анализа, **X** содержит 16.14% Co, 13.17% S, 65.75% O.

Интересно, что если при электролизе сульфата кобальта в раствор добавить сульфат одновалентного катиона M_2SO_4 , то образуется синее вещество **Q**, имеющее структуру квасцов (параметр кубической кристаллической решетки $a = 12.29 \text{ \AA}$, число катионов **M** в элементарной ячейке равно 4, кристаллографическая плотность **Q** равна 2.146 г/см^3).

1. Определите формулу исходного кристаллогидрата сульфата кобальта(II). Ответ подтвердите расчетом. (3 балла)

Масса безводной соли: $m(\text{CoSO}_4) = (100 + 10) \cdot 0.05 = 5.5 \text{ г}$	1 балл
$n(\text{CoSO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{5.5}{155.0} = 0.0355 \text{ моль} = n(\text{CoSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O})$	
$M(\text{CoSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{n} = \frac{10}{0.0355} = 281.8 \text{ г/моль} = 58.9 + 32 + 64 + 18n$	1 балл
$n = 7$	1 балл
При ином способе решения и верном ответе выставляется полный балл (3 балла). При отсутствии расчетов и верном ответе – 1 балл из трёх.	

2. Определите вещества **X**, **Y**, **Z**. Состав **X** подтвердите расчетом. (7 баллов)

Найдём соотношение элементов Co : S : O в X .
$n(\text{Co}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = \frac{w(\text{Co})}{M(\text{Co})} : \frac{w(\text{S})}{M(\text{S})} : \frac{w(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{16.14}{58.93} : \frac{13.17}{32.07} : \frac{65.75}{16} = 2 : 3 : 30$
Молярная масса X в таком случае равна $2 \cdot 58.93 + 3 \cdot 32.07 + 30 \cdot 16 = 730.2 \text{ г/моль}$. За вычетом 2 атомов Co, 3 атомов S и 30 атомов O остается 36 г/моль, что может соответствовать только 36 атомам водорода. Тогда брутто-формула X – $\text{Co}_2\text{S}_3\text{H}_{36}\text{O}_{30}$. Это гидрат сульфата кобальта(III) – $\text{Co}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.
Co^{3+} в отсутствие сильных комплексообразователей – очень сильный окислитель, поэтому способен окислять воду. Тогда Y – кислород, O_2 .
Такой же качественный состав, как и O_2 , имеет только озон. Z – это O_3 .
Формулы 3 веществ – по 2 балла , расчет – 1 балл .

3. Запишите уравнения *реакций 1* и *2*. (4 балла)

Уравнение <i>реакции 1</i> : $2\text{Co}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{CoSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$	2 балла
Уравнение <i>реакции 2</i> : $2\text{CoSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_3 \rightarrow \text{Co}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	2 балла

4. Определите металл **M** и формулу квасцов **Q**, если дополнительно известно, что квасцы имеют общую формулу $A^+B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. Ответ подтвердите расчетом. (5 баллов)

Q имеет формулу $MCo(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. Поскольку в каждой ячейке по 4 атома **M**, то и всего формульных единиц в ячейке 4. Тогда:

$$M(Q) = \frac{1}{4} \rho N_A a^3 = 0.25 \cdot 2.146 \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \cdot (12.29 \cdot 10^{-8})^3 = 599.7 \text{ г/моль}$$

За вычетом двух сульфат-ионов, 1 иона кобальта и 12 молекул воды остается 132.8 г/моль, то есть **M** – это **Cs**, **Q** – это $CsCo(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

Расчет молярной массы – **3 балла**, формула **M** и **Q** – по **1 баллу**.

5. Какое время необходимо проводить электролиз для получения **X** описанным способом, чтобы превратить в **X** 90% кобальта? Постоянная Фарадея $F = 96485$ Кл/моль (4 балла)

Закон Фарадея запишем в виде

$$n(Co^{3+}) = \frac{It\eta}{zF}$$

$z = 1$, так как в полуреакции $Co^{2+} - e^- \rightarrow Co^{3+}$ передается 1 электрон.

$$n(Co^{3+}) = 0.9 \cdot 0.0355 = 0.03195 \text{ моль.}$$

$$t = \frac{n(Co^{3+})zF}{I\eta} = \frac{0.03195 \cdot 1 \cdot 96485}{32 \cdot 0.055 \cdot 0.93} = 1883 \text{ с}$$

Учёт $z = 1$ – **1 балл**, верный ответ – **2 балла**, верные единицы измерения ответа – **1 балл**.

Задача 6. Равновесия в растворах

Пункт	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	Всего	Вес
Макс.	2	2	2	3	1	10	

С начала XIX наблюдается стремительное увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере за счет сжигания ископаемого топлива и вырубки лесов. Активная эмиссия углекислого газа не только приводит к увеличению температуры планеты но и активно влияет на экосистему океанов за счет уменьшения рН. В этот раз вам предстоит

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021
Комплект решений I-тура для 9 класса (kazolymp.kz)**

примерить роль химика-эколога и оценить влияние углекислого газа, и произвести необходимые расчеты.



1) Растворимость углекислого газа при температуре 25 °С и давлении 1 атм равна 0.034М. Учитывайте диссоциацию только по первой ступени. Расчитайте рН этого раствора. Как давление и температура будут влиять на рН? (2 балла)

$$[CO_2(\text{водн})] = 0.034M$$

$$[CO_2(\text{водн})] = [H_2CO_3]$$



$$0.034-x \quad x \quad x$$

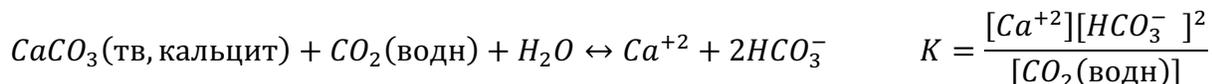
$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = \frac{x^2}{0.034 - x} = 4.46 \times 10^{-7} \quad (1.5 \text{ балла})$$

$$[H^+] = 1.23 \times 10^{-4}$$

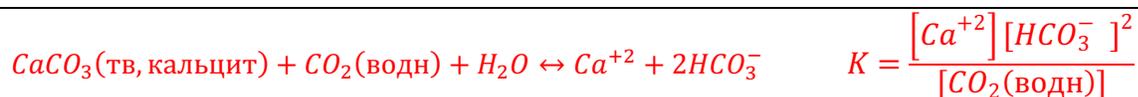
$$pH = -\log(1.23 \times 10^{-4}) = 3.91$$

При уменьшении температуры и увеличении давления растворимость углекислого газа увеличится, что соответственно приведет к уменьшению рН. (0.5 баллов)

2) Одним из основных ионов содержащихся в реках являются ионы кальция. В основном Ca^{+2} попадает в реки за счет растворения минерала кальцита $CaCO_3$ благодаря углекислому газу. Уравнение для растворения кальцита может быть выражена как:



Найдите значение константы равновесия для этой реакции, выразив К через другие константы. (2 балла)

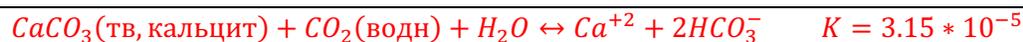


$$K = \frac{[Ca^{+2}][HCO_3^-]^2}{[CO_2(\text{водн})]}$$

$$K = [Ca^{+2}][CO_3^{-2}] * \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[CO_2(\text{водн})]} * \frac{[HCO_3^-]}{[H^+][CO_3^{-2}]} = \frac{[Ca^{+2}][HCO_3^-]^2}{[CO_2(\text{водн})]}$$

$$K = \frac{K_{sp1} * K_1}{K_2} = \frac{3.31 \times 10^{-9} * 4.46 \times 10^{-7}}{4.69 \times 10^{-11}} = 3.15 * 10^{-5}$$

3) Концентрация ионов кальция в реке составляет примерно $2.30 * 10^{-3} M$. Рассчитайте значение для P_{CO_2} который находится в равновесии с этим количеством кальция, если известно что $[HCO_3^-] = 2[Ca^{+2}]$. (Если не смогли найти значение K в п.2, возьмите $K = 5.00 * 10^{-5}$; -0.5 баллов) (2 балла)



$$[Ca^{+2}] = 2.30 * 10^{-3} M$$

$$[HCO_3^-] = 2[Ca^{+2}]$$

$$[HCO_3^-] = 2 * 2.30 * 10^{-3} = 4.60 * 10^{-3} M$$

$$K = \frac{[Ca^{+2}][HCO_3^-]^2}{[CO_2(\text{водн})]} \quad (1)$$

$$K_{CO_2} = \frac{[CO_2(\text{водн})]}{P_{CO_2}} \quad (2)$$

Для нахождения P_{CO_2} объединяем уравнения (1) и (2)

$$K = \frac{[Ca^{+2}][HCO_3^-]^2}{K_{CO_2} * P_{CO_2}} \quad (1 \text{ балл})$$

$$3.15 * 10^{-5} = \frac{(2.30 * 10^{-3}) * (4.60 * 10^{-3})^2}{3.44 * 10^{-2} * P_{CO_2}}$$

$$P_{CO_2} = 0.045 \text{ атм (1 балл)}$$

Если не смогли найти K в п.2 \sum 1.5 балла

$$K = \frac{(2.30 \cdot 10^{-3}) \cdot (4.60 \cdot 10^{-3})^2}{3.44 \cdot 10^{-2} \cdot P_{CO_2}} = 5.00 \cdot 10^{-5}$$

$$P_{CO_2} = 0.028 \text{ атм}$$

Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере так же влияет на жизнь морских существ, жизнь которых зависит от минералов состоящих из кальция. Раковины многих видов моллюсков и кораллов состоят из минерала агонита, являющийся одним из полиморфов карбоната кальция.

4) Растворимость агонита зависит от концентрации $[CO_3^{-2}]$, при уменьшении которого агонит начинает растворяться в воде. Выразите уравнение для нахождения $[CO_3^{-2}]$ через P_{CO_2} и $[H^+]$ комбинируя выражения K_{CO_2} , K_1 и K_2 . Найдите концентрацию, если известно что парциальное давление углекислого газа в океане равно $6.00 \cdot 10^{-4}$ атм, и pH равен 8.0. (3 балла)

$$[CO_3^{-2}] = \frac{K_2[HCO_3^-]}{[H^+]} \quad (3)$$

$$[HCO_3^-] = \frac{K_1[CO_2(\text{водн})]}{[H^+]} \quad (4)$$

$$[CO_2(\text{водн})] = K_{CO_2} \cdot P_{CO_2} \quad (5)$$

Объединив уравнения (3),(4) и (5) получаем выражение для $[CO_3^{-2}]$.

$$[CO_3^{-2}] = \frac{K_1 K_2 K_{CO_2} P_{CO_2}}{[H^+]^2} \quad (2 \text{ балла})$$

$$[CO_3^{-2}] = \frac{4.46 \cdot 10^{-7} \cdot 4.69 \cdot 10^{-11} \cdot 3.44 \cdot 10^{-2} \cdot 600 \cdot 10^{-6}}{(10^{-8})^2} = 4.32 \cdot 10^{-6} \text{ М (1 балл)}$$

5) Будет ли растворяться агонит в этих условиях, если концентрация кальция в океане составляет 0.0103 М? Ответ обоснуйте расчетами. (1 балл)



$$[Ca^{+2}] = 0.0103 \text{ М}$$

$$[Ca^{+2}][CO_3^{-2}] = 0.0103 * 4.32 * 10^{-6} = 4.45 * 10^{-8} (0.5 \text{ баллов})$$

$$4.45 * 10^{-8} < K_{sp2} = 5.87 * 10^{-8}$$

Значение $4.45 * 10^{-8}$ меньше чем значение K_{sp2} значит агонит начинает растворяться в этих условиях. (0.5 баллов)

Ответ без решения 0 баллов.

Задача 7. Лекарственные препараты

Пункт	7.1	7.2	7.3	7.4	Всего	Вес
Макс.	2	9	2	4	17	

«Хорошее лекарство горько на вкус»,

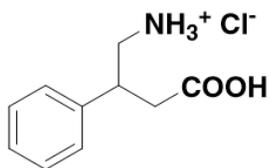
- Японская пословица.

Некий лекарственные препарат **Ж** (гидрохлорид 4-амино-3-фенилбутановой кислоты) применяют как успокаивающее средство при хирургических вмешательствах, при беспокойстве, тревоге, страхе, и бессонице. Ниже преведена одна из промышленных схем его синтеза.

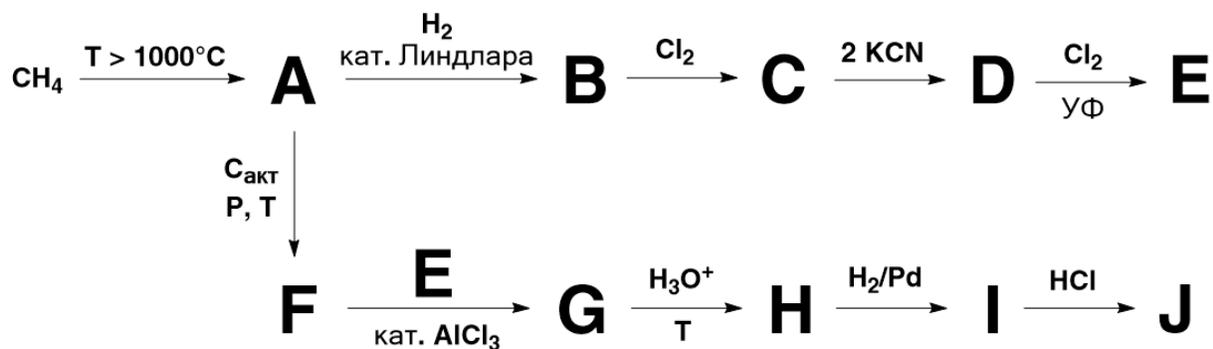
Известно что вещество **Ж** – органическая соль, а в присутствии катализатора Линдлара восстановление вещества **А** происходит не полностью.

1) Нарисуйте структуру искомого препарата **Ж** исходя из его номенклатурного названия. (2 балла)

Ж 2 балла

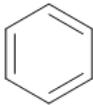
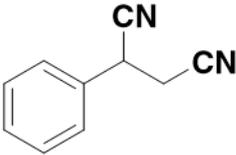
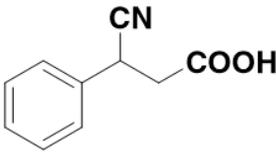
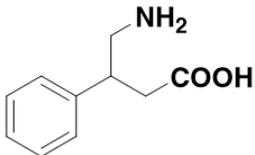


Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021
Комплект решений I-тура для 9 класса (kazolymp.kz)



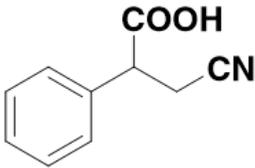
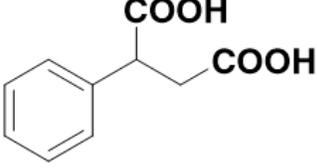
2) Нарисуйте структуру каждого из зашифрованных веществ А – I. Стереохимией на оптических центрах можно пренебречь. (9 баллов)

Каждое вещество по 1 баллу. Суммарно 9 баллов за пункт.

A $\text{HC}\equiv\text{CH}$	B $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	C $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$
D $\text{NC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN}$	E $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{NC}-\text{CH}-\text{CN} \end{array}$	F 
G 	H 	I 

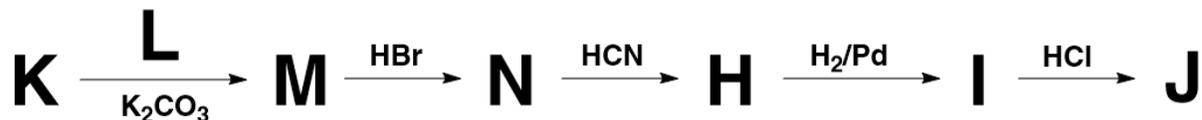
3) На самом деле, при действии сильной кислоты на **G** при высокой температуре наряду с **H** образуются его изомер **Н_а** и продукт **Н_б**, способный реагировать с двумя эквивалентами гидроксида натрия. Нарисуйте структуры **Н_а** и **Н_б**. (2 балла)

Каждое вещество по 1 баллу. Суммарно 2 балла за пункт.

Н_а 	Н_б 
---	---

Для того что бы уменьшить производственные потери из-за вышеупомянутых побочных продуктов, препарат **Ж** стали синтезировать другим путем исходя из веществ **К** и **Л** содержащих 79.22% и 47.06% углерода, а также 5.70% и 5.92% водорода по массе соответственно.

4) Нарисуйте структуры зашифрованных веществ **К – Н**. Вещество **М** представляет из себя транс-изомер. (4 балла)



Каждое вещество по 1 баллу. Суммарно 4 балла за пункт.

