

404



Σ = 50

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ

2018–2019

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ХИМИЯ (9 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада Саратов

Дата 13.03.2019

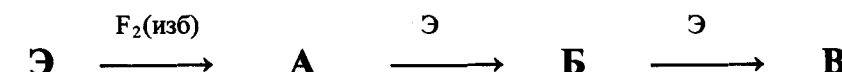
ВАРИАНТ 3

Задача 1. Непривычные молекулы. (20 баллов)

Элемент X образует с кислородом несколько бинарных соединений, наиболее известными являются А (массовая доля элемента X, $\omega_X=42,86\%$) и В ($\omega_X=27,27\%$). Однако, существуют и другие бинарные соединения элемента X с кислородом, например, С ($\omega_X=20,0\%$) и D ($\omega_X=52,94\%$). Установите состав веществ А, В, С и D, нарисуйте их структурные формулы. Опишите химические свойства этих бинарных соединений. Какие еще бинарные соединения элемента X с кислородом Вам известны?

Задача 2. Реакции элемента Э. (20 баллов)

Реакции некоторого простого вещества Э показаны на схеме. Предложите два простых вещества, удовлетворяющих указанной схеме, а также напишите формулы соответствующих им соединений А, Б, В. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения. Что произойдет, если А растворить а) в воде; б) в водном растворе щелочи; в) в кислоте? Напишите уравнения возможных реакций.



Задача 3. «Нано» (20 баллов)

Среди многочисленных типов наноматериалов одним из важнейших являются так называемые *квантовые точки* – фрагменты проводника или полупроводника с размером, близким к длине волны электрона. К таковым относятся, например, нанокристаллы селенида кадмия. Для их приготовления в инертной атмосфере к водному раствору хлорида кадмия добавляют водный раствор селенита натрия и раствор органического соединения (например, меркаптоэтанола) для предотвращения агрегации частиц. Для полученных наночастиц положение максимума поглощения в электронных спектрах зависит от размера частиц. Увеличение диаметра частиц при увеличении температуры синтеза сопровождается следующим сдвигом полосы поглощения:

t, °C	10	22	30	40	50	60	70
λ, нм	420	421	421	425	433	440	448
d, нм	2.78	2.78	2.78	2.83	2.90	?	3.03

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1 H 1,00795 водород	Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева						2 He 4,002602 гелий
2 Li 6,9412 литий	3 Be 9,01218 бериллий	4 B 10,812 бор	5 C 12,0108 углерод	6 N 14,0067 азот	7 O 15,9994 кислород	8 F 18,99840 фтор	9 Ne 20,179 неон
10 Na 22,98977 натрий	11 Mg 24,305 магний	12 Al 26,98154 алюминий	13 Si 28,086 кремний	14 P 30,97376 фосфор	15 S 32,06 сера	16 Cl 35,453 хлор	17 Ar 39,948 аргон
18 K 39,0983 калий	19 Ca 40,08 кальций	20 Sc 44,9559 скандий	21 Ti 47,90 титан	22 V 50,9415 ванадий	23 Cr 51,996 хром	24 Mn 54,9380 марганец	25 Fe 55,847 железо
26 Co 58,9332 кобальт	27 Ni 58,70 никель	28 Cu 63,546 медь	29 Zn 65,38 цинк	30 Ga 69,72 галлий	31 Ge 72,59 германий	32 As 74,9216 мышьяк	33 Se 78,96 селен
34 Br 79,904 бром	35 Kr 83,80 криптон	36 Rb 85,4678 рубидий	37 Sr 87,62 стронций	38 Y 88,9059 иттрий	39 Zr 91,22 цирконий	40 Nb 92,9064 ниобий	41 Mo 95,94 молибден
42 Tc 98,9062 технеций	43 Ru 101,07 рутений	44 Rh 102,9055 родий	45 Pd 106,4 палладий	46 Ag 107,868 серебро	47 Cd 112,41 кадмий	48 In 114,82 индий	49 Sn 118,69 олово
50 Sb 121,75 сурьма	51 Te 127,60 теллур	52 I 126,9045 йод	53 Xe 131,30 ксенон	54 Cs 132,9054 цезий	55 Ba 137,33 барий	56 La 138,9 лантан *	57 Hf 178,49 гафний
58 Ta 180,9479 тантал	59 W 183,85 вольфрам	60 Re 186,207 рений	61 Os 190,2 осмий	62 Ir 192,22 иридий	63 Pt 195,09 платина	64 Au 196,9665 золото	65 Hg 200,59 ртуть
66 Tl 204,37 таллий	67 Pb 207,2 свинец	68 Bi 208,9 висмут	69 Po [209] полоний	70 At [210] астат	71 Rn [222] радон	72 Fr [223] франций	73 Ra [226] радий
74 Ac [227] актиний **	75 Th [232] торий	76 Pa [231] протактиний	77 U 238,0 уран	78 Np [237] нептуний	79 Pu [244] плутоний	80 Am [243] америций	81 Cm [247] курий
82 Bk [247] берклий	83 Cf [251] калфорний	84 Es [252] эйнштейний	85 Fm [257] фермий	86 Md [258] менделевий	87 No [259] нобеллий	88 Lr [262] лоуренсий	89 La [262] лантан

* лантаноиды

Ce 58 140,1 церий	Pr 59 140,9 празеодим	Nd 60 144,2 неодим	Pm 61 [145] прометий	Sm 62 150,4 самарий	Eu 63 151,9 европий	Gd 64 157,3 гадолиний	Tb 65 158,9 тербий	Dy 66 162,5 диспрозий	Ho 67 164,9 гольмий	Er 68 167,3 эрбий	Tm 69 168,9 тулий	Yb 70 173,0 иттербий	Lu 71 174,9 лютеций
-------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------------	---------------------------

** актиноиды

Th 90 232,0 торий	Pa 91 231,0 протактиний	U 92 238,0 уран	Np 93 [237] нептуний	Pu 94 [244] плутоний	Am 95 [243] америций	Cm 96 [247] курий	Bk 97 [247] берклий	Cf 98 [251] калфорний	Es 99 [252] эйнштейний	Fm 100 [257] фермий	Md 101 [258] менделевий	No 102 [259] нобеллий	Lr 103 [262] лоуренсий
-------------------------	-------------------------------	-----------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------------	-----------------------------	------------------------------

Ряд активности металлов / электрический ряд напряжений
Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au

активность металлов уменьшается

Растворимость кислот, солей и оснований в воде

Ионы	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Hg ₂ ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
F ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SiO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

Р — растворимое (больше 10 г на 1000 г воды)

М — малорастворимое (от 10 г до 0,01 г на 1000 г воды)

Н — нерастворимое (меньше 0,01 г на 1000 г воды)

— — вещество разлагается водой или не существует

- 1) Напишите уравнение реакции, лежащей в основе синтеза селенида кадмия;
- 2) Для чего требуется проводить синтез в инертной атмосфере? По возможности проиллюстрируйте ответ уравнением реакции.
- 3) Оцените диаметр наночастиц при 60 °C;
- 4) В растворе происходит мономолекулярная адсорбция молекул тиола на поверхности наночастиц. Во сколько раз изменится количество сорбированного тиола при изменении температуры синтеза с 22 °C до 70 °C?

Для справки: площадь сферы может быть рассчитана по уравнению $S = 4\pi r^2$, объем шара связан с радиусом согласно соотношению: $V = 4/3\pi r^3$

Задача 4. «Минерал»

(20 баллов)

При прокаливании бесцветного природного минерала его масса уменьшается на 21,56%, а выделяющийся продукт полностью поглощается концентрированной серной кислотой. Проба минерала окрашивает пламя в оранжевый цвет. Минерал полностью растворяется в воде, образуя бесцветный раствор. При действии на раствор минерала избытком растворов хлорида бария, гидроксида бария и фосфата натрия, соответственно, выпадают белые осадки, массы которых соотносятся как 1 : 1.124 : 0.187. Первый из осадков в кислотах нерастворим, второй при обработке концентрированной соляной кислотой растворяется частично, третий – растворяется. Определите состав минерала, приведите уравнения всех указанных в условии задачи реакций.

Задача 5. «Старый реактив»

(20 баллов)

Студент Никита нашел на полке 2 склянки с неизвестными растворами без крышки. Он спросил у лаборанта, что это за реактивы, а тот ответил, что в точности не помнит, помнит только, что в обеих банках находятся растворы одной и той же соли щелочного металла с массовой долей катиона 33.18% и одна из банок стоит здесь довольно давно, а другая недавно. В распоряжении Никиты оказались только раствор щелочи (NaOH), а также баритовая вода и соляная кислота. При добавлении к неизвестным растворам щелочи видимых изменений не произошло. При добавлении кислоты к давно стоящему раствору выделился газ без цвета и запаха, а при добавлении к свежему раствору – газ не выделился. Никита очень удивился и провел еще один эксперимент. Он отобрал по 100 мл каждого из растворов и упарил их. Масса твердого остатка в первом случае оказалась 11.68 г, а во втором 8.32 г. Твердые остатки Никита снова растворил и обработал растворы баритовой водой. В результате в первом случае выпало 35.52 г осадка, а во втором 27.60 г. Остатки после упаривания растворов Никита прокалил, в результате масса одного уменьшилась на 0.72 г, а второго не изменилась. Выпавшие после обработки баритовой водой осадки Никита так же прокалил, в результате масса одного уменьшилась на 1.76 г, а второго не изменилась. Предложите возможный состав соли. Определите молярные концентрации и массовые доли веществ в исходных растворах (плотность растворов примите равной 1 г/мл).

Чистовик

N1

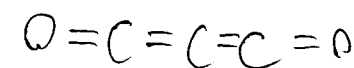
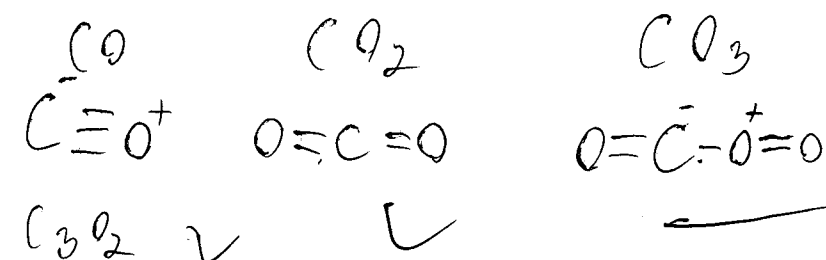
Это предположение $X = \text{C}$, масса

$$A - \text{CO} \quad w(\text{C}) = \frac{12}{28} = 0,4286 (42,86\%)$$

$$B - \text{CO}_2 \quad w(\text{C}) = \frac{12}{44} = 0,2727 (27,27\%)$$

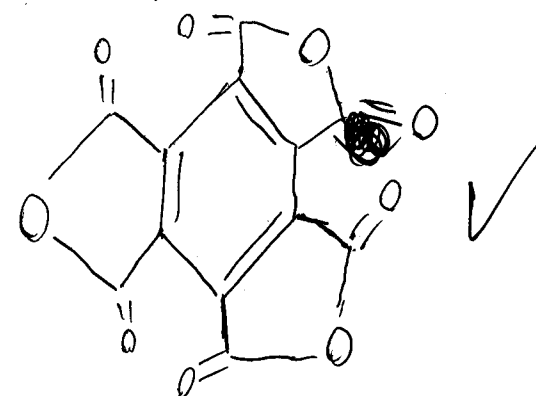
$$C - \text{CO}_3 \quad w(\text{C}) = \frac{12}{60} = 0,2 (20\%)$$

$$D - \text{C}_3\text{O}_2 \quad w(\text{C}) = \frac{36}{68} = 0,5294 (52,94\%)$$



CO – газ без цвета и запаха (восстановитель)
 CO₂ – газ без цвета и запаха (не окислитель и не восстановитель)
 CO₃ – газ без цвета с неприятным запахом (окислитель)
 C₃O₂ – жидкость без цвета с неприятным запахом (восстановитель)

C₁₂O₉ – мелитовый ангидрид (восстановитель)



15

N2

Э. Морсем думает S или A.

$$A - AF_5$$

$$B - AF_3$$

$$B - AF_1$$

$$Cl_2 + SF_2 = 2AF_5$$

$$3ClF_5 + Cl_2 = 5ClF_3$$

$$ClF_3 + Cl_2 = 3ClF$$

$$S + 3F_2 = SF_6$$

$$2SF_6 + S = 3SF_4$$

$$SF_4 + S = 2SF_2$$

✓

$$SF_6 + 4H_2O = 6HF + H_2SO_4$$

$$SF_6 + 8NaOH = Na_2SO_4 + 6NaF + 4H_2O$$

$$SF_6 + H^+ \neq$$

$$CF_5 + H^+ \neq$$

$$CF_5 + H_2O = HCO_3H + HF$$

✓

$$CF_5 + NaOH = NaCO_3 + NaF + 3H_2O$$

13



Университет