

## Химия. 11 класс

### Задача 1. (20 баллов)

Перманганат калия прокалили. Твердый продукт реакции обработали достаточным количеством концентрированной соляной кислоты, а выделившийся газ **X** ввели во взаимодействие с 0,5 М угарного газа. Через некоторое время в газовой системе установилось равновесие (константа равновесия  $K = 1$ ). Определить:

1. исходную и равновесную концентрации газа **X**, если равновесная концентрация продукта его взаимодействия с CO равна 0,35 М;
2. массу прокаленного перманганата калия
3. объем выделившегося при прокаливании газа при температуре 27° С.

Решение и критерии оценивания.

Решение	Баллы
Приведены правильные уравнения протекающих реакций: $2\text{KMnO}_4 = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$ (1) – 1 балл $\text{K}_2\text{MnO}_4 + 8\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (2) – 1 балл $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (3) – 1 балл $\text{Cl}_2 + \text{CO} = \text{COCl}_2$ (4) – 1 балл	4 балла
Проведен расчет равновесной и исходной концентрации хлора: по условию задачи равновесная концентрация фосгена равна 0,35. По уравнению (4) в реакцию вступило по 0,35 М хлора и угарного газа. Пусть исходная концентрация хлора равна $X$ , тогда его равновесная концентрация $(X-0,35)$ М, а равновесная концентрация CO равна: $0,5-0,35=0,15$ М. По закону действующих масс: $K = [\text{COCl}_2]/([\text{Cl}_2] \cdot [\text{CO}])$ $1 = 0,35 / (0,15 \cdot (X-0,35))$ , откуда следует, что $X = 1,98$ моль – исходная концентрация хлора, а $1,98-0,35 = 1,63$ моль – равновесная.	7 баллов
Проведен расчет массы прокаленного перманганата калия: $n(\text{MnO}_2) = n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = n(\text{Cl}_2)/3 = 1,98/3 = 0,66$ моль $n(\text{KMnO}_4) = 2n(\text{MnO}_2) = 0,66 \cdot 2 = 1,32$ моль $m(\text{KMnO}_4) = 1,32 \text{ моль} \cdot 158 \text{ г/моль} = 208,56 \approx 209 \text{ г}$	7 баллов
Рассчитан объем выделившегося кислорода при температуре 27° С: $n(\text{MnO}_2) = n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = n(\text{O}_2) = 0,66$ моль $V_0(\text{н.у.}) = 0,66 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 14,784 \text{ л}$ По закону Гей-Люссака: $V_0/T_0 = V/T$ ; $V = V_0 \cdot T/T_0 = 14,784 \cdot 300/273 = 16,246 \text{ л}$	2 балла
Итого:	20

### Задача 2. (20 баллов)

К 44,5 мл раствора соляной кислоты с массовой долей 12,9 % и плотностью 1,06 г/мл медленно по каплям добавили 45%-ный раствор гидроксида натрия ( $\rho = 1,48$  г/мл) до полной нейтрализации. Полученный раствор охладили до 0° С. Известно, что массовая доля соли в насыщенном при данной температуре растворе равна 22, 2%. Определить:

1. Объем введенного в реакцию раствора гидроксида натрия.
2. Выпал ли осадок соли при охлаждении раствора?
3. Какую массу 12%-ного раствора нитрата серебра нужно внести в реакционную смесь для полного осаждения имеющегося хлорид-иона?

### Решение и критерии оценивания.

Решение	Баллы
Приведены правильные уравнения протекающих реакций: $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (1) $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$ (2)	2
Проведен расчет количества соляной кислоты, гидроксида натрия и его объема, а также масс обоих растворов и массы хлорида натрия: $n(\text{HCl}) = 44,5 \cdot 1,06 \cdot 0,129 / 36,5 = 0,167$ моль; $m(\text{HCl})_{\text{р-р}} = 47,17$ г $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) = n(\text{NaCl}) = 0,167$ моль $V(\text{NaOH}) = 0,167 \cdot 40 / (0,45 \cdot 1,48) = 10$ мл; $m(\text{NaOH})_{\text{р-р}} = 14,82$ г $m(\text{NaCl}) = 0,167 \cdot 58,5 = 9,77$ г	4
Определена растворимость хлорида натрия при 0°C и показано, что осадок при охлаждении раствора не образуется: $0,222 = X / (100 + X)$ ; $X = 28,53$ г Масса исходного раствора: $m_{\text{р-ра}} = m(\text{NaOH})_{\text{р-р}} + m(\text{HCl})_{\text{р-р}} = 47,17 + 14,82 = 61,99 = 62$ г $m(\text{H}_2\text{O}) = 62 - 9,77 = 52,23$ г В 100 воды растворяется 28,53 г В 52,23 – X; $X = 14,9$ . $9,77 < 14,9$ – раствор ненасыщенный, осадок не выпадает	10
Рассчитана масса раствора нитрата серебра, необходимого для осаждения хлорида: $n(\text{NaCl}) = n(\text{AgNO}_3) = 0,167$ моль $m(\text{AgNO}_3)_{\text{р-р}} = 0,167 \cdot 170 / 0,12 = 236,6$ г	4
Итого:	20

### Задача 3. (20 баллов)

Смесь кальция и алюминия массой 18,8 г прокалили без доступа воздуха с избытком графита. Продукты реакции обработали избытком разбавленной соляной кислоты, при этом выделилось 11,2 л газа (н.у.). Газ пропустили через 80 г 20%-ной бромной воды, при этом объем газа уменьшился до 8,96 л. Приведите необходимые уравнения реакций и определите:

1. Массовые доли металлов в исходной смеси.
2. Плотность смеси газов по азоту до и после ее пропускания через бромную воду.

### Решение и критерии оценивания.

Решение	Баллы
Приведены правильные уравнения протекающих реакций: $2\text{C} + \text{Ca} = \text{CaC}_2$ (1) $3\text{C} + 4\text{Al} = \text{Al}_4\text{C}_3$ (2) $2\text{HCl} + \text{CaC}_2 = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{CaCl}_2$ (3) $12\text{HCl} + \text{Al}_4\text{C}_3 = 3\text{CH}_4 + 4\text{AlCl}_3$ (4) $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{Br}_2 = \text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_2$ (5a) и $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_2 + \text{Br}_2 = \text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$ (5b)	5
Проведен расчет количества кальция, алюминия и установлены их массовые доли в смеси: $n(\text{газ.см}) = 11,2 / 22,4 = 0,5$ моль; пусть x моль в смеси ацетилен, тогда $n(\text{CH}_4) = (0,5 - x)$ моль $n(\text{Ca}) = n(\text{CaCl}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2)$ $n(\text{Al}) = 4(0,5 - x) / 3$ ; $27 \cdot 4(0,5 - x) / 3 + 40x = 18,8$ ; $x = 0,2$ моль = $n(\text{Ca})$ ;	5

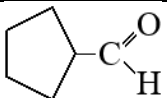
$m(\text{Ca})=0,2 \cdot 40=8\text{г}$ ; $m(\text{Al})=18,8-8=10,8\text{ г}$ ; $w(\text{Ca})=8/18,8=0,4255$ или $42,55\%$ ; $w(\text{Al})=100-42,55=57,45\%$	
Определена плотность по азоту смеси метана с ацетиленом до пропускания через бромную воду: Молярная масса газовой смеси: $M=(0,2 \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2)+0,3 \cdot M(\text{CH}_4))/0,5=20,6\text{ г/моль}$ $D_{\text{N}_2}=20,6/28=0,74$	5
Рассчитаны количество брома, вступившего в реакцию, состав газовой смеси и ее плотность по азоту после реакции: $n(\text{Br}_2)=80 \cdot 0,2 / 160=0,1\text{ моль}$ – недостаток, взаимодействие протекает по реакции 5а. В газовую смесь после реакции входит 0,1 моль ацетилена и 0,3 моль метана. $M=(0,1 \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2)+0,3 \cdot M(\text{CH}_4))/0,4=19,25\text{ г/моль}$ $D_{\text{N}_2}=19,25/28=0,6875$	5
Итого баллов:	20

#### Задача 4 (20 баллов)

Органическое вещество, состоящее из углерода, водорода и кислорода, вступает в реакцию серебряного зеркала и не присоединяет галоген. Известно, что молекула этого вещества содержит 54 протона и 44 нейтрона.

- 1) Найдите молекулярную формулу.
- 2) Запишите структурную формулу вещества и напишите уравнение реакции серебряного зеркала с его участием.
- 3) Рассчитайте массу серебра, которая образуется при взаимодействии 14,7 грамм данного органического вещества.
- 4) Напишите уравнение реакции окисления данного органического вещества подкисленным раствором перманганата калия.

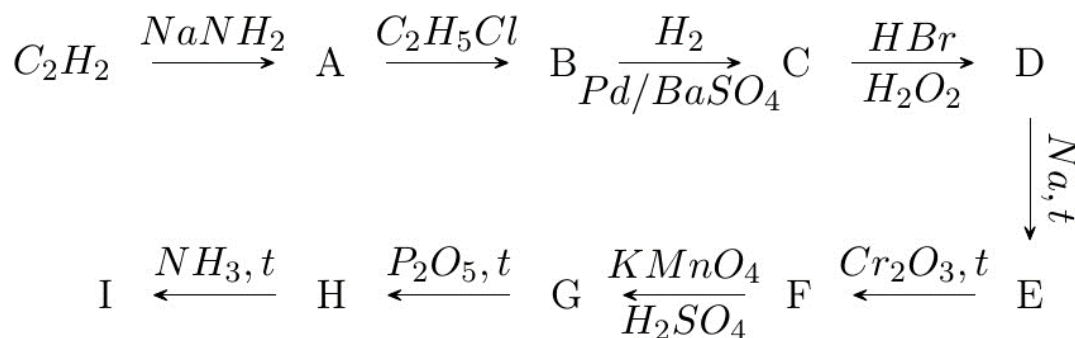
#### Решение и критерии оценивания:

Решение	Баллы
Атомы кислорода и углерода содержат равное число протонов и нейтронов, следовательно, превышение числа протонов над нейтронами должно быть отнесено на атомы водорода. Таким образом, молекула содержит 10 атомов водорода. Или для $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ $6x + y + 8z = 54$ $6x + 8z = 44$ Откуда $y=10$ , т.е. число атомов водорода (H) = 10	3 балла
Для уравнения $6x + 8z = 44$ задаем $x=1,2,\dots$ ; рассчитываем $y$ и выбираем разумные значения. Целые значения получаются для $x=2$ ( $y=4$ , не существует соединения $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_4$ ), а для $x=6$ получаем $y=1$ , т.е. $\text{C}_6\text{H}_10\text{O}$	4 балла
Из предположения, что реакция серебряного зеркала получается с альдегидами, находим количество углерода и водорода в радикале. С учетом химических свойств заключаем, что это предельный альдегид $\text{R-CHO}$ , где $\text{R}=\text{C}_5\text{H}_9$ , т.е. циклопентил	3 балла
 структурная формула	2 балла

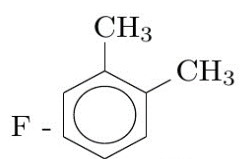
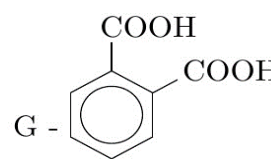
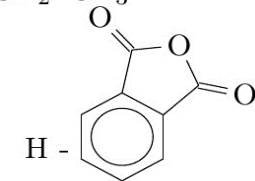
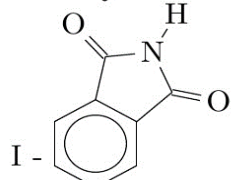
$\text{Cyclopentane-C(=O)H} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow$ $\text{Cyclopentane-C(=O)ONH}_2 + 2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	3 балла (1 балл при использовании и $\text{Ag}_2\text{O}$ )
$n(\text{Ag}) = 2n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) = 2 \cdot \frac{14,7}{98} = 0,3 \text{ моль}$ $m(\text{Ag}) = 32,4 \text{ г}$	2 балла
$5 \text{ Cyclopentane-C(=O)H} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ $5 \text{ Cyclopentane-C(=O)OH} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	3 балла

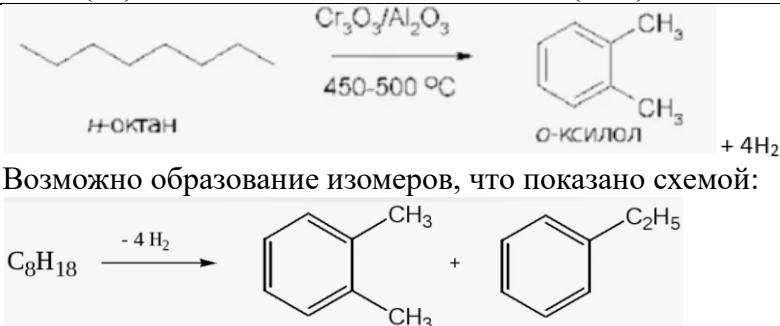
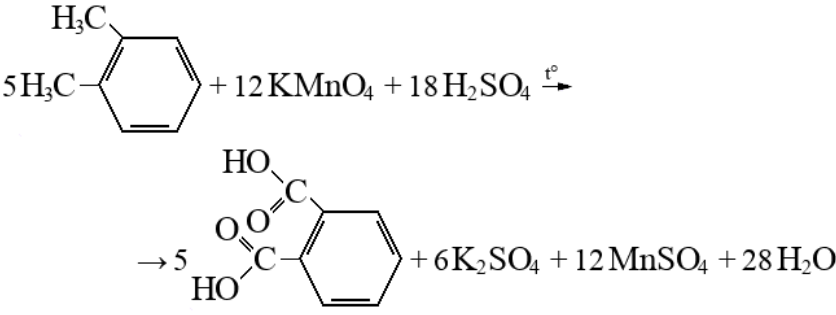
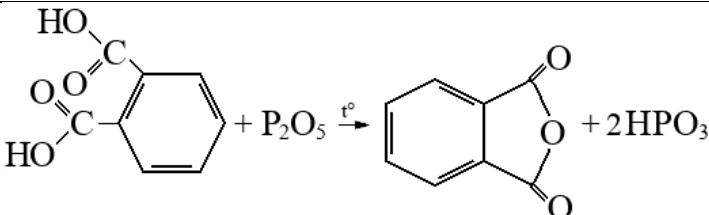
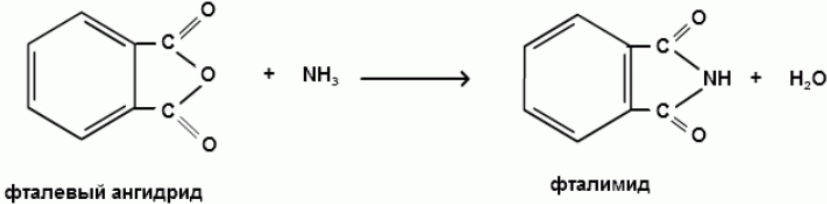
### Задача 5 (20 баллов)

Осуществите превращения по схеме, напишите структурные формулы соединений А – I, уравнения реакций соответствующие превращениям. Учтите, что массовая доля углерода в соединении С равна 85,7%, а массовая доля кислорода в соединении G равна 38,6% , а также наряду с соединением F образуется его изомер.



### Решение:

Структурные формулы	<p>A - <math>\text{NaC}\equiv\text{CH}</math>          B - <math>\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}</math>          C - <math>\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}=\text{CH}_2</math>          D - <math>\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Br}</math>          E - <math>\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3</math></p> <p>F - </p> <p>G - </p> <p>H - </p> <p>I - </p>	9 баллов (1 балл за каждую формулу)
Уравнения реакций		

1	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{H} + \text{Na NH}_2 \rightarrow \text{HC}\equiv\text{CNa} + \text{NH}_3$ <p style="text-align: center;"><i>ацетиленид натрия</i></p>	1 балл
2	$\text{HC}\equiv\text{CNa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}_2\text{H}_5 + \text{NaCl}$	1 балл
3	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}_2\text{H}_5 + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_5$ (катализатор Pd/BaSO <sub>4</sub> )	1 балл
4	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_5 + \text{HBr} \rightarrow \text{H}_2\text{C}(\text{Br})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <p>(в прис. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)</p>	1 балл
5	$2 \text{H}_2\text{C}(\text{Br})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 2\text{Na} \rightarrow \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_3 + 2\text{NaBr}$	1 балл
6	 <p>Возможно образование изомеров, что показано схемой:</p> $\text{C}_8\text{H}_{18} \xrightarrow{-4\text{H}_2} \text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2 + \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$	1 балл
7		2 балла
8	 <p>Засчитывать реакцию, где образуется + H<sub>2</sub>O, а оксид фосфора в условиях</p>	2 балла
9	<p>Реакция идет при нагревании фталевого ангидрида с аммиаком:</p>  <p style="text-align: center;">фталевый ангидрид <span style="margin-left: 150px;"></span> фталимид</p>	1 балл
		Итого 20 баллов