

**Задания для очного тура Олимпиады «Агро»
2022-23 г.**

Задание 1. Тестовые задания (20 баллов)

Вопросы 1-2 – выберите один вариант ответов

Вопросы 3-5 – выберите несколько вариантов ответов

Вопросы 6-9 – задания с открытым ответом

Вопрос 10 – задание на соответствие

1) В технологическом процессе получения аммиака из простых веществ в качестве катализатора используют:

- 1) серную кислоту
- 2) оксид кальция
- 3) V_2O_5
- 4) никель
- 5) губчатое железо

Ответ: 5

2) Выберите вещество, получающееся при взаимодействии оксида кальция с гексадиовой кислотой:

- 1) 1,4-дицианобутан
- 2) циклопентанон1
- 3) бутандиол-1,4
- 4) бутандиовая кислота

Ответ: 2

3) Выберите соединения, которые могут сыграть роль окислителя для альдегидов:

1. Водный раствор брома
2. Пропаналь
3. Водород
4. Гидроксид меди (II)
5. Гидроксид диамминсеребра (I).

Ответы: 145

4) Выберите те соединения, в которых присутствуют только сигма-связи:

- 1) аминокпропионовая кислота
- 2) этиламин
- 3) анилин
- 4) диэтиловый эфир
- 5) пентен-2

Ответы: 24

5) Выберите все факторы из предложенного перечня, от которых зависит скорость реакции между растворами серной кислоты и карбоната натрия.

- 1) концентрация карбонат-ионов
- 2) температура
- 3) концентрация углекислого газа в растворе
- 4) давление над раствором
- 5) кислотность среды

Ответы: 125

6. Технический образец сульфида железа массой 50 г растворили в соляной кислоте. При этом при выделился газ объемом 11,2 л. С точностью до целых рассчитайте массовую долю примесей в техническом образце (%).

Дано:

$$m(\text{FeS})_{\text{техн}} = 50 \text{ г}$$

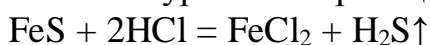
$$V(\text{газа}) = 11,2 \text{ л}$$

ω (примесей) - ?

$$M(\text{FeS}) = 88 \text{ г/моль}$$

Решение:

Запишем уравнение реакции:



Рассчитаем число молей газа (сероводород):

$$n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль}$$

По уравнению реакции $n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{FeS}) = 0,5 \text{ моль}$

Найдем массу чистого сульфида железа

$$m(\text{FeS}) = n \cdot M = 0,5 \cdot 88 = 44 \text{ г.}$$

По разнице рассчитаем массу примесей

$$m(\text{примесей}) = 50 - 44 = 6 \text{ г}$$

Рассчитываем массовую долю примесей:

$$\omega(\text{примесей}) = \frac{m_{\text{примесей}}}{m_{\text{техн.обр}}} = \frac{6}{50} 100\% = 12\%$$

Ответ: 12

7. Раствор хлорида натрия подвергли электролизу, при этом на аноде выделилось 5,6 л газа (н.у.). Определите количество вещества соли, подвергшейся электролизу (с точностью до десятых).

Дано:

$V(\text{газа})_{\text{анод}} = 5,6 \text{ л.}$

$n(\text{NaCl}) - ?$

Решение:

Электролиз раствора хлорида натрия:

катод (-) : $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

анод (+) , $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$

Суммарное уравнение: $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$.

Газ, выделяющийся на аноде – хлор.

Рассчитаем количество вещества хлора:

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ моль}$$

По уравнению реакции рассчитаем количество вещества хлорида натрия:

$$n(\text{NaCl}) = 2n(\text{Cl}_2) = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ моль}$$

Ответ: 0,5.

8. Какую массу хлорида кальция необходимо растворить в мерной колбе 100 мл для получения 2 н раствора?

Дано:

$C_{\text{н}}(\text{CaCl}_2) = 2 \text{ н}$

$V = 100 \text{ мл} = 0,1 \text{ л}$

$m(\text{CaCl}_2) - ?$

$M(\text{CaCl}_2) = 111 \text{ г/моль}$

Решение:

Нормальная концентрация (молярная концентрация эквивалентов) показывает, сколько эквивалентов вещества содержится в одном литре раствора.

По определению:

$$C_{\text{н}} = \frac{n_{\text{экв.}}}{V},$$

где $n_{\text{экв}}$ – число эквивалентов растворенного вещества; V – объем раствора, л,

$$\text{или } C_{\text{н}} = \frac{m}{M_{\text{экв}}V},$$

где $M_{\text{экв}}$ – молярная масса эквивалента вещества.

Молярную массу эквивалента хлорида кальция рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{экв}} = \frac{M}{z} = \frac{111}{2} = 55,5 \text{ г/моль}$$

Рассчитаем массу хлорида кальция:

$$m(\text{CaCl}_2) = C_{\text{н}} \cdot M_{\text{экв}} \cdot V = 2 \cdot 55,5 \cdot 0,1 = 11,1 \text{ г}$$

Ответ: 11,1.

9. Рассчитайте, какую массу 10%-го раствора хлорида кальция необходимо добавить к 120 г 30%-го раствора этого же вещества, чтобы получить 16%-й раствор? (Запишите число с точностью до целых.)

Дано:

$$\omega_{1\text{р-ра}}(\text{CaCl}_2) = 30\% = 0,3$$

$$m_{1\text{р-ра}}(\text{CaCl}_2) = 120 \text{ г}$$

$$\omega_{2\text{р-ра}}(\text{CaCl}_2) = 10\% = 0,1$$

$$\omega_{3\text{р-ра}}(\text{CaCl}_2) = 16\% = 0,16$$

$$m_{2\text{р-ра}}(\text{CaCl}_2) = ?$$

Решение:

Массовую долю хлорида кальция рассчитываем по формуле:

$$\omega(\text{CaCl}_2) = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}}$$

Пусть x – масса вещества хлорида кальция в порции прибавляемого 10%-ного раствора,

тогда $x/0,1$ – масса прибавляемого 10% раствора.

Так как 16% -ный раствор готовился из 30%-ного, найдем массу вещества хлорида кальция в 30%-ном растворе:

$$m_{\text{в-ва}}(\text{CaCl}_2) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,3 \cdot 120 = 36 \text{ г}$$

Составим выражение массовой доли для 16%-ного раствора:

$$0,16 = \frac{36+x}{120+\frac{x}{0,1}}$$

$$36 + x = 0,16 \left(120 + \frac{x}{0,1}\right)$$

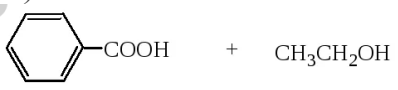
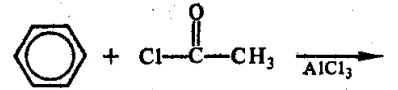
$$0,6x = 16,8$$

$$x = 28$$

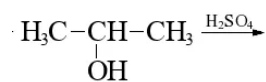
Масса 10%-ного раствора $28/0,1 = 280 \text{ г}$

Ответ: 280.

10. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

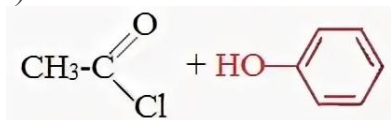
РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) 	1) пропанол-1 2) диизопропиловый эфир 3) фенилацетат
Б) 	4) этилбензол 5) этилбензоат

В)



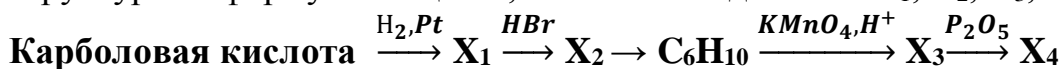
б) метилфенилкетон

Г)

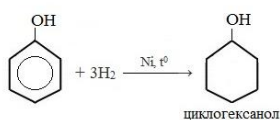


Ответ:

11. Осуществите превращения, написав уравнения реакции. Используйте структурные формулы веществ, назовите соединения X₁, X₂, X₃, X₄.



1)



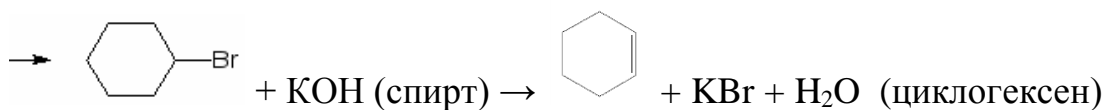
(X₁ - циклогексанол)

2)

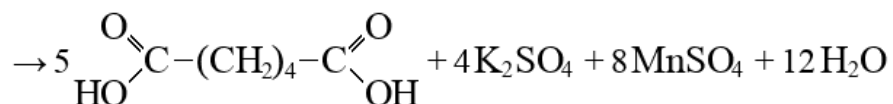
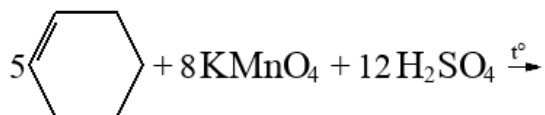


(X₂ - бромциклогексан)

3)

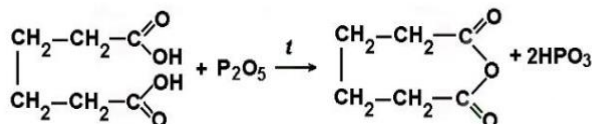


4)



X₃ - гексадиовая (адипиновая кислота)

5)



X₄ - циклогексанон

11. В известковой воде объемом 2,5 л (плотность принять за 1 г/см³) и массовой долей катиона 0,04% полностью растворили некоторую массу хлорида фосфора (V). При этом масса раствора увеличилась на 0,537 г. Выпавший осадок отфильтровали. Через отфильтрованный раствор пропустили углекислый газ. Наблюдали выпадение белого осадка, затем его частичное растворение. Конечная масса осадка составила 0,5 г. Определите, какие соли остались в растворе, рассчитайте их массовые доли.

Дано:

$$V_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 2,5 \text{ л} = 2500 \text{ г}$$

$$\rho(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1 \text{ г/см}^3$$

$$\omega(\text{катиона}) = 0,04\% = 0,0004$$

$$\Delta m(\text{р-ра}) = + 0,537 \text{ г}$$

$$m(\text{осадка}) = 0,5 \text{ г}$$

$$\omega(\text{солей}) - ?$$

$$M(\text{Ca}^{2+}) = 40 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{PCl}_5) = 208,5 \text{ г/моль}$$

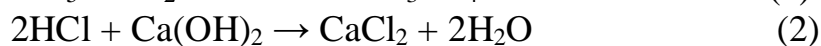
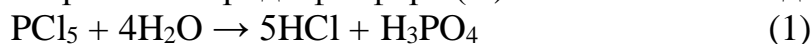
$$M(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 162 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CaCl}_2) = 111 \text{ г/моль}$$

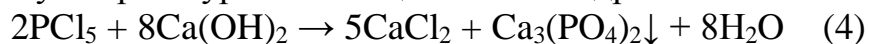
$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

Решение:

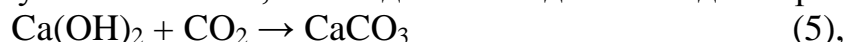
Запишем уравнения реакций щелочного гидролиза, протекающих при растворении хлорида фосфора (V) в известковой воде:



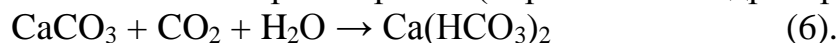
Суммарное уравнение щелочного гидролиза:



После отфильтровывания осадка фосфата кальция через раствор пропустили углекислый газ, наблюдали выпадение осадка карбоната кальция:



а затем его частичное растворение (образование гидрокарбоната кальция)



Рассчитаем массу раствора известковой воды (гидроксида кальция):

$$m_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = V \cdot \rho = 2500 \cdot 1 = 2500 \text{ г.}$$

Найдем массу катионов кальция в растворе известковой воды:

$$m_{\text{в-ва}}(\text{Ca}^{2+}) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,0004 \cdot 2500 = 1,0 \text{ г}$$

Определим количество вещества катиона кальция:

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m}{M} = \frac{1,0}{40} = 0,025 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = n(\text{Ca}^{2+}) = 0,025 \text{ моль}$$

Учитывая, что в осадок после пропускания углекислого газа выпало 0,5 г карбоната кальция, найдем его количество вещества:

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0,5}{100} = 0,005 \text{ моль}$$

В растворе осталось неизрасходованным:

$n_{\text{ост}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,025 - 0,005 = 0,020$ моль (участвовало в уравнении реакции 5).

Рассчитаем количество вещества углекислого газа, пропущенного через отфильтрованный раствор (обозначим за y).

По уравнению реакции (5) найдем количество вещества гидроксида кальция и количество вещества углекислого газа, затраченного на образование осадка карбоната кальция и количество вещества образовавшегося карбоната кальция:

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,020 \text{ моль.}$$

По условию задачи, карбонат кальция растворился частично, тогда на его растворение по уравнению (6) было затрачено углекислого газа $n(\text{CO}_2) = n(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = (y - 0,020)$ моль.

Оставшийся в растворе после пропускания углекислого газа осадок карбоната кальция является разницей между образовавшимся и растворившимся карбонатом кальция

$$n(\text{CaCO}_3)_{\text{ост}} = n(\text{CaCO}_3)_{\text{обр}} - n(\text{CaCO}_3)_{\text{раств}}$$

Составим уравнение для расчета y :

$$0,005 = 0,020 - (y - 0,020)$$

$$y = 0,035 \text{ моль (общее количество вещества затраченного } n(\text{CO}_2)).$$

Рассчитаем массу углекислого газа:

$$m(\text{CO}_2) = n \cdot M = 0,035 \cdot 44 = 1,54 \text{ г}$$

Найдем количество вещества и массу образующегося гидрокарбоната кальция:

$$n(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = (y - 0,020) = 0,035 - 0,020 = 0,015 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = n \cdot M = 0,015 \cdot 162 = 2,43 \text{ г}$$

Рассмотрим изменение массы раствора известковой воды на 0,537 г.

$$\Delta m(\text{р-ра}) = + m(\text{PCl}_5) - m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$$

Пусть x моль – $n(\text{PCl}_5)$,

тогда по уравнению реакции (4) $n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = x/2$ моль

$$m(\text{PCl}_5) = n \cdot M = 208,5 \cdot x \text{ г;}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = n \cdot M = 310 \cdot x/2 = 155 x$$

Составим уравнение для расчета x :

$$208,5x - 155x = 0,537$$

$$53,5x = 0,537$$

$$X = 0,01 \text{ моль } (n(\text{PCl}_5)).$$

По уравнению (4) количество вещества образовавшейся соли хлорида кальция равно:

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{n(\text{PCl}_5) \cdot 5}{2} = \frac{0,01 \cdot 5}{2} = 0,025 \text{ моль}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = n \cdot M = 0,025 \cdot 111 = 2,78 \text{ г}$$

Найдем конечную массу раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{Ca(OH)}_2) + \Delta m(\text{р-ра}) + m(\text{CO}_2) - m(\text{CaCO}_3) = 2500 + 0,537 + 18,26 - 0,5 = 2518,30 \text{ г}$$

Рассчитаем массовые доли солей гидрокарбоната кальция и хлорида кальция:

$$\omega(\text{CaCl}_2) = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} 100\% = \frac{2,78}{2518,30} 100\% = 0,11\%$$

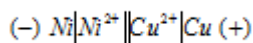
$$\omega(\text{Ca(НСO}_3)_2) = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} 100\% = \frac{2,43}{2518,30} 100\% = 0,096\%$$

Ответ: $\omega(\text{CaCl}_2) = 0,11\%$, $\omega(\text{Ca(НСO}_3)_2) = 0,096\%$.

13. Никелиевую пластинку опустили в раствор сульфата никеля 0,1М. Медную пластинку опустили в 0,5М раствор сульфата никеля. Растворы соединили электролитическим мостиком, заполненным насыщенным раствором хлорида калия. Что за устройство образовалось? Опишите химическими уравнениями процессы, протекающие в этом устройстве. Рассчитайте напряжение в цепи.

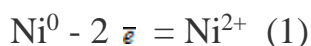
Гальванический элемент – устройство, преобразующее энергию химической реакции, протекающей в элементе, в электрическую энергию. Гальванический элемент состоит из двух полугальванических элементов – металлических пластинок, опущенных в раствор своей соли.

Схема гальванического элемента, в котором никель является анодом, а медь катодом:

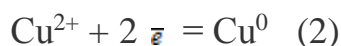


Вертикальная линейка обозначает поверхность раздела между металлом и раствором, а две линейки - границу раздела двух жидких фаз - пористую перегородку (или соединительную трубку, заполненную раствором электролита).

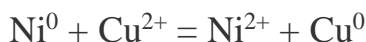
Никель имеет меньший потенциал (-0,25 В) и является анодом, на котором протекает окислительный процесс:



Медь, потенциал которой (+0,34 В) - катод, т.е. электрод, на котором протекает восстановительный процесс:



Уравнение окислительно-восстановительной реакции, характеризующее работу данного гальванического элемента, можно получить, сложив электронные уравнения анодного (1) и катодного (2) процессов:



Электродный потенциал металла (φ) зависит от концентрации его ионов в растворе. Эта зависимость выражается уравнением Нернста:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg C$$

φ^0 – стандартный электродный потенциал металла; n – число электронов, принимающих участие в процессе; C – концентрация ионов металла в растворе его соли (моль/л).

Определим электродные потенциалы никеля и меди при заданных концентрациях:

$$\varphi_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = -0,25 + \frac{0,059}{2} \lg 0,1 = -0,28 \text{ В}$$

$$\varphi_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,34 + \frac{0,059}{2} \lg 0,5 = 0,25 \text{ В}$$

Для определения напряжения E (ЭДС) гальванического элемента из потенциала катода следует вычесть потенциал анода, получим:

$$E = \varphi_{\text{катода}} - \varphi_{\text{анода}} = 0,25 - (-0,28) = 0,53 \text{ В}$$

Критерии оценивания ответов:

За правильный ответ на задания 1-3 ставится 1 балл

За правильный ответ на задания 4-6, 10 ставится 2 балла

За правильный ответ на задания 7-9 ставится 3 балла.

Задание 11. Верно написаны все уравнения, расставлены коэффициенты, названы вещества – 30 баллов (за каждое уравнение 5 баллов, за каждое названное соединение – продукт реакции – 1 балл)

Задание 12. Выполнены элементы :

- правильно написаны все уравнения реакций, расставлены коэффициенты,
- приведены формулы, расчёты, указаны размерности,
- продемонстрирована логическая последовательность решения,
- верно определена искомая величина,
- оформление задачи. - 30 б

Задание 13. Определено устройство – гальванический элемент, записаны уравнения процессов на катодах и анодах, рассчитано напряжение цепи – 20 баллов