

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Московский государственный текстильный университет  
имени А.Н. Косыгина»  
Олимпиада школьников «Шаг в будущее»  
Профиль «Химия»  
Направление «Экологически-чистые химические технологии – «зеленая» химия»  
Предмет химия**

**Типовой вариант билета по химии  
заключительного (очного) этапа  
с ответами**

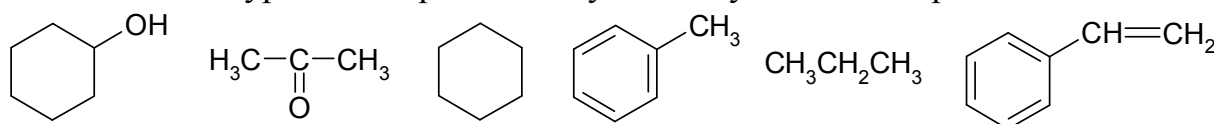
---

1. Для элементов с порядковым номером 15 и 23 составьте электронные формулы атомов в нормальном состоянии; с помощью электронного строения определите сходства и отличия этих элементов.
2. Степени диссоциации ортофосфорной кислоты при концентрации 0,012 моль/л равны  $\alpha_1 = 77\%$ ,  $\alpha_2 = 0,001\%$ ,  $\alpha_3 = 0,00000003\%$ . Какие ионы находятся в растворе ортофосфорной кислоты. Докажите это написав уравнения соответствующих ступеней диссоциации. Расположите ионы в ряд по мере увеличения их числа в растворе.
3. Определите массу твердого остатка, образующегося при прокаливании 9г нитрата железа(II).
4. Предложите цепочку превращений, позволяющую получить сульфат аммония из простых веществ и продуктов их взаимодействия. Напишите уравнения необходимых реакций с указанием условий их протекания.
5. В какой цвет окрасится раствор лакмуса, если через него пропускают: а) азот; б) оксид азота (I); в) оксид азота (II); г) оксид азота (III); д) оксид азота (IV); е) оксид азота (V); ж) аммиак? Обоснуйте ответы.
6. Составьте уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:  
$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2$$
7. В избытке молекулярного хлора сожгли 3,1 г фосфора. Полученное соединение полностью растворили в 500 мл водного раствора 8% по

массе NaOH, имеющего плотность 1,09 г/мл. Определите концентрацию хлорида натрия (масс.%) в полученном растворе.

8. Как считали самые знаменитые химики начала XIX века, органические вещества нельзя получить из неорганических веществ. Опровергните это мнение, написав уравнения реакций, с помощью которых можно получить из мрамора уксусную кислоту, используемую при производстве ацетатного волокна. Укажите условия осуществления каждой реакции.

9. Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с водородом? Напишите уравнения реакций и укажите условие их протекания.



10. Анилин может быть принципиально получен из бензола в две стадии. Определить, сколько граммов анилина можно получить из 117 г бензола, если выход целевого вещества составляет в первой стадии 75%, а во второй — 80%. Какими способами может быть реализована вторая стадия синтеза? Приведите необходимые уравнения реакций.

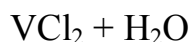
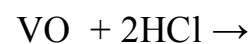
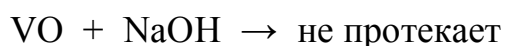
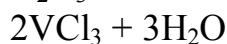
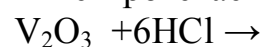
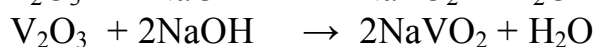
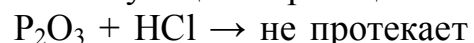
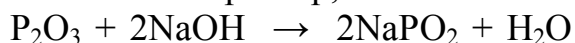
## ОТВЕТЫ:

1. №15 фосфор –  ${}_{15}^{31}\text{P}^0 - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  №23 ванадий –  ${}_{23}^{51}\text{V}^0 - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$ .

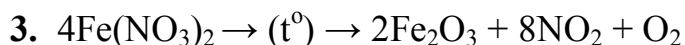
С точки зрения строения электронной оболочки атомов:

**Сходство** этих элементов состоит в том, что они имеют одинаковое число валентных электронов и находятся в 5 группе системы элементов. Они имеют высшие оксиды  $\text{Э}_2\text{O}_5$ , проявляющие кислотные свойства, реакция взаимодействия со щелочью доказывает это  $\text{Э}_2\text{O}_5 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaЭO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Данные элементы имеют степени окисления  $3+$  и оксиды  $\text{Э}_2\text{O}_3$ , однако, характер этих оксидов различный.

**Отличия** этих элементов: период P – III, а V – IV; семейства P – p, а V – d; подгруппа P – A, а V – B. Атомы разных элементов отличаются числом протонов, нейтронов, электронов. P – неметалл (15 протонов, 16 нейтронов, 15 электронов), а V – металл (23 протона, 28 нейтронов, 23 электрона). Имеют разные степени окисления P –  $3-$  минимальная, а у V минимальная 0, кроме того ванадий может иметь степень окисления  $2+$  (число электронов последнего энергетического уровня). У ванадия и фосфора число электронов последнего энергетического уровня разное. Оксид фосфора (III) имеет кислотный характер, оксид ванадия (III) имеет амфотерный характер, а оксид ванадия (II) имеет основной характер, что можно подтвердить соответствующими реакциями.



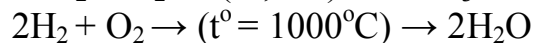
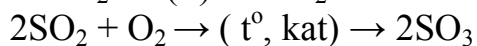
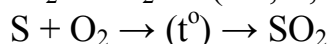
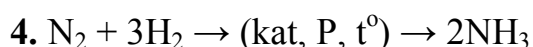
2. Степень диссоциации –  $\alpha$  – показывает отношение числа распавшихся на ионы молекул к общему числу молекул в растворе.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  диссоциирует ступенчато. 1.  $\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$  2.  $\text{H}_2\text{PO}_4^- = \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$  3.  $\text{HPO}_4^{2-} = \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ . По условию степень диссоциации при последовательной диссоциации уменьшается, можно сделать вывод, что диссоциация электролита затрудняется.  $\alpha_3 < \alpha_2 < \alpha_1$ .  $\text{PO}_4^{3-} < \text{HPO}_4^{2-} < \text{H}_2\text{PO}_4^- < \text{H}^+$



$$n\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 = m/M = 9/180 = 0,05 \text{ моль}$$

Реакция идет 2 : 1, поэтому  $n\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 = 0,025 \text{ моль}$

$$m\text{Fe}_2\text{O}_3 = n \cdot M = 0,025 \cdot 160 = 4\text{г}$$



5. Лакмус является универсальным индикатором кислотного-основного действия. В нейтральной среде он фиолетовый, в кислой среде ( $H^+$ ) – красный, в щелочной среде ( $OH^-$ ) – синий.

$N_2 + H_2O \rightarrow$  реакция не идет,  $N_2O$  и  $NO \rightarrow$  несолеобразующие оксиды, кислот не дают.

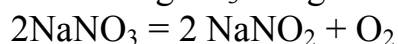
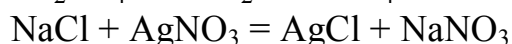
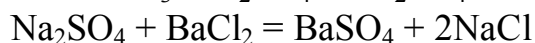
$N_2O_3 + H_2O = 2 HNO_2$  азотистая кислота – лакмус красный.

$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$  азотистая и азотная кислоты – лакмус красный.

$N_2O_5 + H_2O = 2 HNO_3$  азотная кислота – лакмус красный.

$NH_3 + H_2O = NH_4OH$  основание – лакмус синий.

6.  $Na_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow NaNO_3 \rightarrow NaNO_2$



Возможны варианты химических реакций.

7.  $2P + 5Cl_2(\text{избыток}) = 2PCl_5$

$n = m/M$ ;  $nP = 3,1 / 31 = 0,1$  моль,  $n PCl_5 = 0,1$  моль, т.к. реакция протекает в соотношении 1:1.  $PCl_5$  подвергается в водных растворах полному гидролизу

$PCl_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HCl$ , но так как реакция идет в присутствии щелочи,

то происходит

последующая нейтрализация  $PCl_5 + 8NaOH = Na_3PO_4 + 5NaCl + 4H_2O$

Определим число молей щелочи в растворе:

$\omega = m_b \cdot 100\% / V \cdot \rho$ ,  $m NaOH = V \cdot \rho \cdot \omega / 100\%$ ,  $M NaOH = 40$  г/моль

$n NaOH = m/M = 500 \cdot 1,09 \cdot 8 / 100 \cdot 40 = 1,09$  моль.

Из расчета видно, что  $NaOH$  в избытке по отношению к  $PCl_5$ , поэтому получается средняя

соль. По уравнению из 1 моля  $PCl_5$  получается 5 молей  $NaCl$ , следовательно 0,1 моль  $PCl_5$

дает 0,5 моль  $NaCl$ .  $MPCl_5 = 208,5$  г/моль

Масса раствора =  $m_{\text{раствора}} NaOH + m PCl_5 = V \cdot \rho + n \cdot MPCl_5 = 500 \cdot 1,09 + 0,1 \cdot 208,5 = 565,9$  г

$\omega = m_b \cdot 100\% / m_{\text{раствора}}$ ,  $m = n \cdot M$ ,  $M_{NaCl} = 58,5$  г/моль

$\omega NaCl = 0,5 \cdot 58,5 \cdot 100\% / 565,9 = 5,17\%$

Возможны варианты при решении.

8. Мрамор содержит  $CaCO_3$ .

$CaCO_3 + \text{температура} \rightarrow CaO + CO_2$

$CO_3 + 3C \rightarrow \text{температура} \rightarrow CaC_2 + CO$

$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$

$C_2H_2 + H_2O \rightarrow$  в присутствии  $Hg^{2+} \rightarrow CH_3 -CHO$

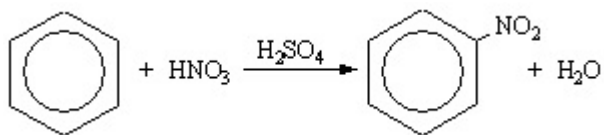
$CH_3 -CHO + 2Cu(OH)_2 \rightarrow \text{температура} \rightarrow CH_3 -COOH + Cu_2O + 2H_2O$

9. Реакции с  $H_2$  называются реакциями гидрирования и протекают при использовании катализаторов ( $Ni$ ,  $Pd$  или  $Pt$ ) и повышенных давлении и

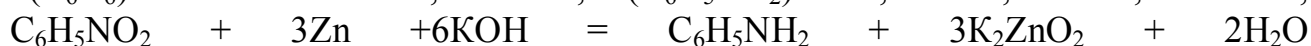
температуре. Данной реакции в основном подвергаются органические вещества, имеющие кратные связи и реакция протекает по разрыву  $\pi$  – связи с присоединением водорода. Вещества, не имеющие кратную связь, в реакцию присоединения не вступают. Однако, для циклоалканов может протекать реакция гидрирования с разрывом циклов. В реакции гидрирования не будет принимать участие только  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  из данных в условии веществ.

(в ответе следует написать реакции гидрирования)

10.



$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = 117 / 78 = 1,50 \text{ моль}, \quad n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 1,50 \cdot 0,75 = 1,125 \text{ моль},$$



$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 1,125 \cdot 0,800 = 0,900 \text{ моль} \quad m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,900 \cdot 93 = 83,7 \text{ г}$$

Варианты второго процесса:

