

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
ОТВЕТЫ

XVI Российской дистанционной олимпиады школьников по химии-2016
(XIV Международной дистанционной олимпиады школьников «Интер-Химик-Юниор-2016»)

При составлении ответов использовались работы участников Олимпиады

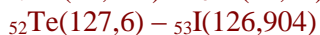
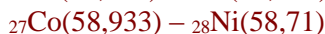
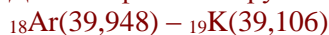
1. В периодической системе элементов Д.И. Менделеева теллур (относительная атомная масса 127,60) и йод (относительная атомная масса 126,90) расположены не в порядке увеличения атомных масс элементов. Означает ли это, что нарушается Периодический закон Д.И. Менделеева? Предложите Ваше объяснение данному факту.

Ответ. Кажущееся несоответствие в расположении некоторых элементов в периодической системе Д.И. Менделеева вызвано распространением на Земле изотопов этих элементов. У теллура имеются шесть стабильных и относительно легких (с относительной атомной массой от 120 до 126), а также два тяжелых радиоактивных изотопа (с относительной атомной массой 128 до 130). Содержание легких изотопов не превышает 33,3 %. Поскольку период полураспада тяжелых изотопов очень велик ($\sim 10^{21} - 10^{24}$ лет), атомная масса теллура больше 127. Единственным стабильным изотопом йода является йод-127. Остальные изотопы – со сравнительно малыми величинами периода полураспада.

Распространенность же элементов и их изотопов во Вселенной отличается от их распространенности на нашей планете. Считается, в частности, что при образовании планет из межзвездной пыли легкие изотопы остались в космическом пространстве.

Дополнение в ответах участников олимпиады из Гимназии г. Ливны, Орловская область:

Данный факт не нарушает Периодический закон. Таких пар элементов в Периодической системе несколько:



Относительная атомная масса элемента равна среднему значению относительных масс всех его природных изотопов с учётом их распространённости. У этих пар для элемента с меньшим порядковым номером содержание тяжёлых изотопов больше. Поэтому значение относительной атомной массы будет немного больше. Для элемента с большим порядковым номером содержание более лёгких изотопов больше. Поэтому и значение относительной атомной массы будет меньше.

В соответствии с современной формулировкой Периодического закона, свойства химических элементов и, соответственно, их положение в периодической системе химических элементов определяются не столько их атомной массой, сколько зарядом атомных ядер. А это свойство у данных пар элементов не нарушено.

2. В химическом соединении кислорода по массе в 12 раз больше, чем водорода, а азота – в 7 раз больше, чем водорода. Определите химическую формулу этого соединения. Как оно разлагается при нагревании?

Решение. Содержание водорода X, азота – 7X, кислорода – 12X. $20X=100$. X=5,0 мас.%. Азота 35%, Кислорода – 60%. N:H:O=35/14:5/1:60/16=2,5:5:3,75=2:4:3. NH_4NO_3 . Термическое разложение:

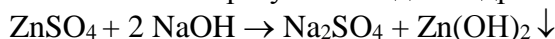


Оценка за это задание снижалась, если не представлены обе реакции термического разложения не указаны температуры, при которых они протекают.

3. В двух пробирках без этикеток находятся концентрированные растворы едкого натра и сульфата цинка. Как не используя химических реактивов, а лишь одну чистую пустую пробирку определить в какой из пробирок находится сульфат цинка?

Ответ (здесь и в ответах на другие задания приводятся возможные варианты уравнений химических реакций; в ряде случаев можно использовать и другие варианты, которые также являются правильными).

Для определения в какой из пробирок содержится ZnSO_4 , а в какой NaOH , в чистую пробирку наливаем небольшое количество раствора, например из пробирки № 1. К этому раствору добавляем раствор из пробирки № 2. При этом сначала образуется осадок гидроксида цинка:



Если при дальнейшем добавлении раствора № 2 происходит растворение осадка, значит в пробирке № 2 находится щелочь. В данной реакции образуется гидроксоцинкат:



Если осадок гидроксида цинка не растворяется при добавлении раствора из пробирки № 2, значит в этой пробирке находится сульфат цинка.

4. Определите, какие два вещества и при каких условиях вступили в химические реакции, если в их результате получены следующие продукты (указаны без коэффициентов):

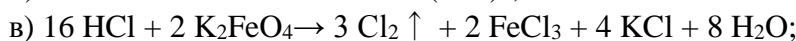
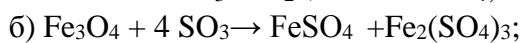
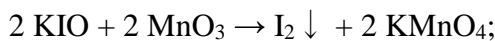




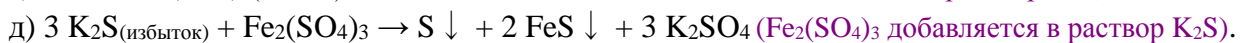
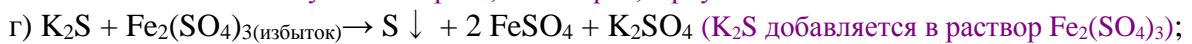
Напишите уравнения этих реакций.

Ответ.

а) Поскольку перманганат образуется в кислой среде, то теоретически можно предложить несколько вариантов:



Луныков Сергей, г. Ангарск, Иркутская область:



5. 24,64 л (н.у.) аммиака полностью растворили в 334 мл 16 мас. % раствора ортофосфорной кислоты (плотность 1,1003 г/мл). Определите состав полученного раствора и массовые доли веществ (в %) в этом растворе.

Решение. $v(NH_3) = 24,64 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 1,1 \text{ моль}$; $m(NH_3) = 18,7 \text{ г}$;

$m(H_3PO_4)_{\text{раствор}} = 367,5 \text{ г}$; $m(H_3PO_4) = 58,8 \text{ г}$. $v(H_3PO_4) = 0,6 \text{ моль}$.

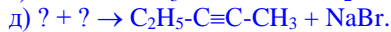
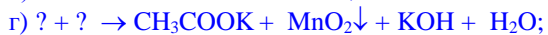
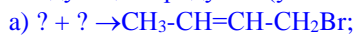
1) $NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4$. Остается $1,1 - 0,6 = 0,5 \text{ моль } NH_3$.

2) $NH_3 + NH_4H_2PO_4 \rightarrow (NH_4)_2HPO_4$ прореагировало 0,5 моль $NH_4H_2PO_4$ и 0,5 моль NH_3 .

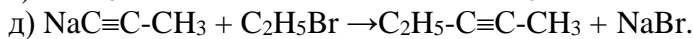
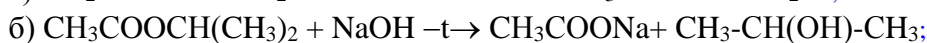
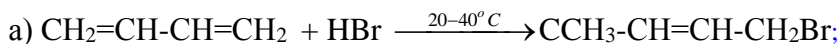
Осталось 0,1 моль $NH_4H_2PO_4$. Масса: $NH_4H_2PO_4$, - 11,5 г. Масса $(NH_4)_2HPO_4$ - 66 г. Масса раствора $367,5 + 18,7 = 386,2 \text{ г}$. Массовые доли $NH_4H_2PO_4$, $11,5 / 386,2 = 2,98 \%$; $(NH_4)_2HPO_4$ - $66 / 386,2 = 17,1 \%$.

Ответ: 0,1 моль $NH_4H_2PO_4$ (2,98 %) 0,5 моль $(NH_4)_2HPO_4$ (17,1 %).

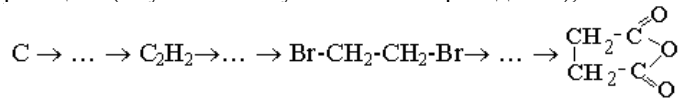
6. Определите, какие два вещества и при каких условиях вступили в химические реакции, если в их результате получены следующие продукты (указаны без коэффициентов):



Ответ.

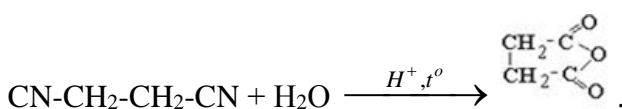
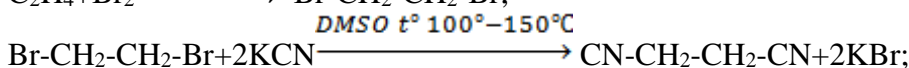
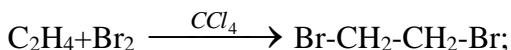
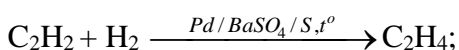
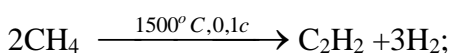
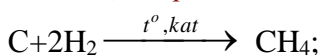


7. Напишите уравнения реакций (с указанием условий их проведения), с помощью которых можно осуществить

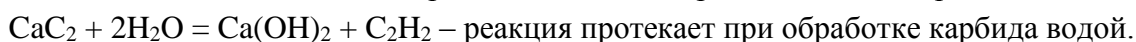
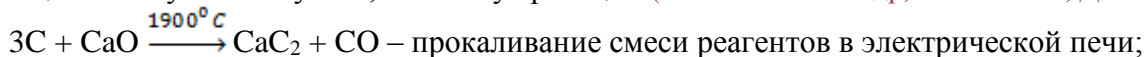


следующие превращения:

Ответ (Назаров Равшан, г. Ташкент, Республика Узбекистан).

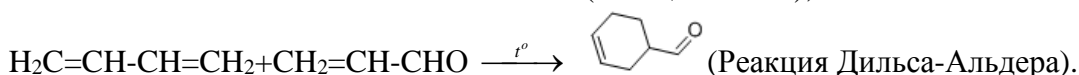
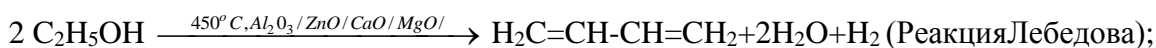
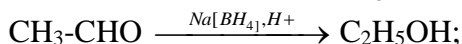
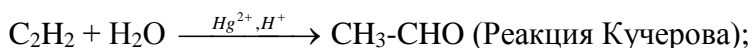
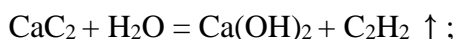
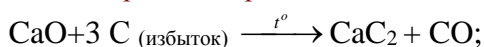


Ацетилен лучше получать, используя реакции (Елисеев Александр, г. Макеевка, Донецкая область):



8. Предложите наиболее оптимальный способ получения 1-формилциклогексен-3, используя только неорганические реагенты. В Вашем распоряжении любые установки и катализаторы. Напишите уравнения всех химических реакций с указанием условий их проведения.

Ответ (Шокодир Шоанваров, г. Ташкент, Республика Узбекистан).

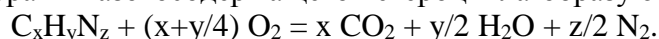


9. Определите общую формулу гомологического ряда углеводородов, содержащих четыре двойных, три тройных связи и четыре насыщенных цикла.

Ответ. Как известно, одна двойная связь «отнимает» у углеводорода 2 атома водорода, значит четыре двойные связи «отнимают» 8 атомов водорода. Одна тройная связь заменяет 4 атома водорода, а три тройные связи – 12 атомов. Один цикл лишает молекулу двух атомов водорода, а четыре цикла – 8 атомов. Итого, молекула предельного углеводорода лишается $8+12+8=28$ атомов водорода. Общая формула гомологического ряда предельных ациклических углеводородов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, а формула рассматриваемого углеводорода – $\text{C}_n\text{H}_{2n-26}$.

10. В результате сгорания азотсодержащего гетероцикла объем полученной газовой смеси составил **6,16** л (н.у.). Относительная плотность полученной газовой смеси **по воздуху** равна **1,467**. Определите строение этого гетероцикла и массу образца, взятого для сжигания, если известно, что плотность паров гетероцикла в **1,904** раза больше плотности конечной газовой смеси. Является ли гетероцикл ароматическим соединением? Ответ объясните.

Решение. В результате сгорания азотсодержащего гетероцикла образуются оксид углерода (IV) и азот:



Молярная масса полученной газовой смеси: $M_{(\text{газ. смеси})} = 1,467 \cdot 29 = 42,543$ г/моль.

Количество вещества газовой смеси: $n(\text{смеси}) = 6,16 : 22,4 = 0,275$ моль.

Молярная масса гетероцикла: $M_{(\text{гетероцикла})} = 42,543 \cdot 1,904 = 81$ г/моль.

Составляем систему уравнений: $x + z = 0,055$; $(44x + 28z) / 0,055 = 42,543$, решая которую получаем: $x = 0,05$; $z = 0,005$. $n(\text{CO}_2) = 0,05$ моль; $n(\text{C}) = 0,05$ моль; $n(\text{N}_2) = 0,005$ моль; $n(\text{N}) = 0,01$ моль. $n(\text{C}) / n(\text{N}) = 0,05 / 0,01 = 5 / 1$. Формула гетероцикла $\text{C}_5\text{H}_y\text{N}$. Находим число атомов водорода в гетероцикле (y):

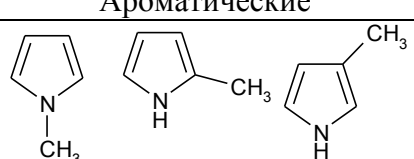
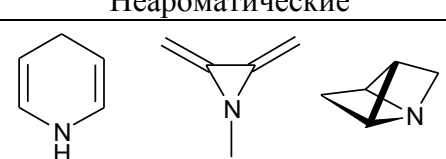
$M(\text{C}_5\text{H}_y\text{N}) = 12 \cdot 5 + y + 14 = 81$ г/моль; откуда $y = 7$. Искомая формула гетероцикла – $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$.

Уравнение процесса сгорания гетероцикла: $4\text{C}_5\text{H}_7\text{N} + 27\text{O}_2 = 20\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + 14\text{H}_2\text{O}$.

Количество вещества сгоревшего гетероцикла составляет: $n(\text{N}) = n(\text{C}_5\text{H}_7\text{N}) = 0,05$ моль.

Масса сгоревшего гетероцикла равна: $m(\text{C}_5\text{H}_7\text{N}) = nM = 0,05 \cdot 81 = 4,05$ г.

Возможные структуры гетероциклов с различным расположением двойных связей в кольце:

Ампилова Полина, г. Брянск	
Ароматические	Неароматические
	

В первых трех случаях электронная пара азота по донорно-акцепторной связи образует с другими π-электронными парами кольца ароматическую систему. В третьем, четвертом и пятом случаях ароматическая система не образуется, так как двойные связи не сопряжены между атомами.