

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>Химия</i>	<i>7-8 класс</i>	<i>14 ноября 2024 г</i>	<i>10-00</i>	<i>13-55</i>

Задание 1. «Голодные аборигены» (31 балл).

«Планета Шелезяка. Полезных ископаемых нет. Воды нет. Растительности нет. Населена роботами.»

Кир Булычёв. «Путешествие Алисы».

Для аборигенов планеты Шелезяка, которым не рады ни в одном из самых захудалых ресторанов Галактики «Млечный путь», автор задачи разработал специальное меню, блюда из которого они могут заказать в оргкомитете олимпиады:



Блюдо	Состав [в скобках - массовая доля Fe в указанном компоненте блюда, %]	Масса, г*	у.е.ш.**
Винегрет	Стружка стальная [97], магнетит кусочками [72,4], петли дверные вывороченные и мелко порубленные [100], гвозди гнутые тупые (слегка ржавые) [95], масло машинное [0]	60/50/ 30/30/ 15	160
Салатик грибной «Остренький»	Кнопки строительные кровельные [100], гвозди жареные [98], проволока стальная колечками (пассивированная) [95], масло рапсовое [0]	75/60/ 30/15	170
Макароны по-флотски	Леска капроновая толстая (на сома) [0] с жареным фаршем из опилок железных [100]	120/ 150	160
Манты «Гурман» пикантные на пару	Тесто из замазки Менделеевской [12,6], начинка из рубленой колючей проволоки [100]	100/ 130	150
Стейк слабо прожаренный с вермишелью «Паутинка»	Пирит слегка обожженный [46,5], нить шелковая (свежезапутанная) [0]	300/ 100	200
Майонез «Лимонный»	Лимонит тонкорастертый [62,9], в силиконовом масле [0]	4/26	10
Кетчуп «Особый»	Водный 36 % раствор хлорного железа [34,4], водный 65 % раствор роданида калия [0]	15/15	8
Напиток газированный «Гархун»	Раствор сидерита [48,2] в 2 % соляной кислоте [0]	5/200	24
Коктейль «Турнбулева Синь»	Водный 8 % раствор соли Мора [19,7], водный 7 % раствор красной кровяной соли [17,0]	80/ 120	27

* - масса компонентов порции дана в порядке их упоминания в столбце «Состав»;

** - цена блюда в условных единицах Шелезяки.

1. Вычислите массу элемента железа, содержащуюся в одной порции каждого блюда (с точностью до десятых долей грамма).

1. Вычислим общую массу элемента железа в каждом блюде.

$$\text{Винегрет: } 60 \cdot 0,97 + 50 \cdot 0,724 + 30 \cdot 1 + 30 \cdot 0,95 + 15 \cdot 0 = 152,9 \text{ г.}$$

$$\text{Салатик грибной: } 75 \cdot 1 + 60 \cdot 0,98 + 30 \cdot 0,95 + 15 \cdot 0 = 162,3 \text{ г.}$$

$$\text{Макароны по-флотски: } 120 \cdot 0 + 150 \cdot 1 = 150 \text{ г.}$$

$$\text{Манты «Гурман»: } 100 \cdot 0,126 + 130 \cdot 1 = 142,6 \text{ г.}$$

Стейк: $300 \cdot 0,465 + 100 \cdot 0 = 139,5$ г.

Майонез «Лимонный»: $4 \cdot 0,629 + 26 \cdot 0 = 2,5$ г.

Кетчуп «Особый»: $15 \cdot 0,36 \cdot 0,344 + 15 \cdot 0,65 \cdot 0 = 1,9$ г.

Напиток «Тархун»: $5 \cdot 0,482 + 200 \cdot 0,02 \cdot 0 = 2,4$ г;

Коктейль «Турнбулева Синь»: $80 \cdot 0,08 \cdot 0,197 + 120 \cdot 0,07 \cdot 0,17 = 2,7$ г.

1. Расчет массы железа в каждом блюде по 1 б. (1б*9 = 9 баллов).

Два голодных робота **Шеля** и **Зяка** на днях заказали обеда в нашем оргкомитете:

Шеля: винегрет, макароны по-флотски, стейк, две порции майонеза и напиток «Тархун»;

Зяка: салатик грибной, манты, стейк, две порции кетчупа и коктейль «Турнбулева Синь».

2. Установите, сколько железа заказал каждый из роботов. Какую сумму в итоге заплатил каждый из них и кто сделал более выгодный заказ, в среднем получив больше железа на каждую вложенную у.е.ш.?

2. **Шеля:** винегрет (152,9 г Fe; 160 у.е.ш.), макароны по-флотски (150; 160), стейк (139,5; 200), две порции майонеза (2*2,5; 2*10) и напиток «Тархун» (2,4; 24).

Общая масса железа $152,9 + 150 + 139,5 + 2 \cdot 2,5 + 2,4 = 449,8$ г.

Общая стоимость $160 + 160 + 200 + 2 \cdot 10 + 24 = 564$ у.е.ш.

Получается $564 / 449,8 = 1,254$ у.е.ш. за 1 г Fe.

Зяка: салатик грибной (162,3 г Fe; 170 у.е.ш.), манты (142,6; 150), стейк (139,5; 200), две порции кетчупа (2*1,9; 2*8) и коктейль «Турнбулева Синь» (2,7; 27).

Общая масса железа $162,3 + 142,6 + 139,5 + 2 \cdot 1,9 + 2,7 = 450,9$ г.

Общая стоимость $170 + 150 + 200 + 2 \cdot 8 + 27 = 563$ у.е.ш.

Получается $563 / 450,9 = 1,249$ у.е.ш. за 1 г Fe.

Таким образом, немного больше железа (всего на 1,1 г) в результате досталось Зяке. Поскольку он потратил на 1 у.е.ш. меньше, он же и сделал относительно более выгодный заказ, в среднем получив больше железа на каждую вложенную у.е.ш. Правда разница в оплате каждого приобретенного грамма железа получилась очень и очень незначительной.

2. Расчет массы железа у каждого робота по 1 б., стоимость каждого заказа по 1 б., вывод о том, что у Зяки покупка выгоднее 1 б. (1б*2+1б*2+1б = 5 баллов).

3. Пользуясь данными о массовых долях железа в этих веществах, установите формулы хлорного железа, магнетита (в его состав еще входит кислород), пирита (сера) и лимонита (кислород и водород). Обязательно подтвердите ответы расчетами. Назовите эти вещества по традиционной номенклатуре.

3. Посчитайте соотношения количества атомов элементов в формулах, взяв по 100 г вещества:

Хлорное железо: $n(\text{Fe}) : n(\text{Cl}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) : m(\text{Cl})/M(\text{Cl}) = 34,4/56 : (100-34,4)/35,5 = 0,614 : 1,848 = 1 : 3$. Формула FeCl_3 , название хлорид железа(III) или трихлорид железа.

Магнетит: $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) : m(\text{O})/M(\text{O}) = 72,4/56 : (100-72,4)/16 = 1,293 : 1,725 = 1 : 1,334 = 3 : 4$. Формула Fe_3O_4 , название оксид железа(II, III) или тетраоксид дижелеза.

Пирит: $n(\text{Fe}) : n(\text{S}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) : m(\text{S})/M(\text{S}) = 46,5/56 : (100-46,5)/32 = 0,830 : 1,672 = 1 : 2$. Формула вещества FeS_2 , название дисульфид железа(II) или дисульфид железа.

Поскольку в состав лимонита входит 3 элемента, а у нас есть только массовая доля железа, попробуем вычислить молекулярную массу лимонита: $M = 56/0,629 = 89$ а.е.м., из которых 56 приходится на железо. Остается $89-56 = 33$ а.е.м., что соответствует двум атомам кислорода и одному атому водорода. Тогда формула лимонита FeHO_2 или, что более привычно, FeOОН , название оксид-гидроксид железа(III) или метагидроксид железа.

3. Формулы и названия веществ по 1 б. (можно без расчета, на знание, 2б*4 = 8 баллов).

Растворение сидерита в соляной кислоте сопровождается образованием зеленого раствора, насыщенного углекислым газом и очень похожего на «Тархун».

4. Установите формулу сидерита (не забудьте про массовую долю железа), назовите его по традиционной номенклатуре и напишите уравнение реакции его растворения в соляной кислоте.

4. Вычислим молекулярную массу сидерита: $M = 56/0,482 = 116$ а.е.м., из которых 56 приходится на железо. Остается $116-56 = 60$ а.е.м. Углекислый газ получается при растворении в кислотах карбонатов, причем 60 а.е.м. как раз соответствует карбонат-иону. Даже не зная этого свойства карбонатов, можно догадаться, что в состав сидерита входит углерод, поскольку в напитке оказался углекислый газ. В любом случае, формула сидерита $FeCO_3$ – карбонат железа(II). Уравнение реакции: $FeCO_3 + 2HCl = FeCl_2 + CO_2\uparrow$.

4. Формула сидерита 2 б., название и уравнение реакции по 1 б. (2б+1б+1б = 4 балла).

5. Как Вы думаете, почему смесь, полученная взаимодействием бурого и бесцветного растворов, называется в нашем ресторане кетчупом, а коктейль, полученный смешиванием зеленого и желтого растворов – Турнбулевой Синью? Уравнения реакций приводить не обязательно.

5. Поскольку уравнения реакций от школьников не просят, можно догадаться, что все дело во внешних признаках этих смесей. Действительно, взаимодействие растворов, содержащих соли железа(III) и роданид-ионы, является качественной реакцией на ионы Fe^{3+} и приводит к образованию комплексных роданидов железа(III), имеющих интенсивную кроваво-красную окраску: $Fe^{3+} + nSCN^- = [Fe(SCN)_n]^{3-n}$. Смесь наших концентрированных вязких растворов кроваво-красного цвета внешне вполне похожа на кетчуп.

А взаимодействие растворов, содержащих соли железа(II) и гексацианоферрат(III)-ионы, является качественной реакцией на ионы Fe^{2+} и приводит к образованию смеси комплексных цианидов железа(II, III), имеющих интенсивную синюю окраску: $3Fe^{2+} + 2[Fe(CN)_6]^{3-} = Fe_3[Fe(CN)_6]_2$.

5. Красный и синий цвет смесей (без уравнений реакций) по 1 б. (1б*2 = 2 балла).

Старинный рецепт Менделеевской замазки, из которой готовят тесто для мант, включает 305 г канифоли, 80 г воска, 20 г льняной олифы, 5 г льняного масла и 90 г загадочной «мумии», которая является единственным компонентом замазки, содержащей железо.

6. «На закуску» Вам предлагается установить формулу той самой загадочной «мумии». Известно, что это соединение бинарное (двухэлементное), причем в его составе точно нет углерода.

6. Масса замазки, приготовленной по рецепту, 500 г. Железа в ней $0,126*500 = 63$ г, причем все оно содержится в 90 г «мумии». Следовательно, массовая доля железа в «мумии» $63/90 = 0,7$. Попробуем вычислить ее формулу. Если в состав молекулы «мумии» входит 1 атом железа, то ее масса $56/0,7 = 80$ а.е.м., из которых 56 приходится на железо. Остается $80-56 = 24$ а.е.м., что могло бы соответствовать двум атомам углерода, но углерод не подходит по условию. Если в состав молекулы «мумии» входит 2 атома железа, то ее масса $56*2/0,7 = 160$ а.е.м., из которых 112 приходится на железо. Остается $160-112 = 48$ а.е.м., что соответствует трем атомам кислорода. Таким образом, формула вещества Fe_2O_3 .

6. Формула мумии с расчетом 3 б., без расчета 1 б. (3 балла).

Всего 31 балл.

Задание 2. «Редкий металл» (32 балла).

Единственное в России крупное предприятие по извлечению и переработке солей редкого металла **М** находится в г. Новосибирске и называется «Завод редких металлов». Завод, в частности, производит такие соли **М**, как гидроксид и фторид, нитрит и нитрат, сульфат и гидросульфат, перхлорат и хлорат, хромат и дихромат, дигидрофосфат и перманганат, а также многие другие.

1. Допустив, что металл **М** одновалентен, напишите формулы солей, производимых на заводе (например, хлорид – MCl и т.д.).

1. Формулы соединений металла **М**, производимых на заводе: гидроксид – MOH , фторид – MF , нитрит – MNO_2 , нитрат – MNO_3 , сульфат – M_2SO_4 , гидросульфат – $MHSO_4$, перхлорат – $MClO_4$, хлорат – $MClO_3$, хромат – M_2CrO_4 , дихромат – $M_2Cr_2O_7$, дигидрофосфат – MH_2PO_4 , перманганат – $MMnO_4$.

1. Формулы соединений по 0,5 б (0,5б*12 = 6 баллов).

Металл **М** был открыт в 1860 году немецкими учёными Бунзенем и Кирхгофом в водах минерального источника методом спектрального анализа. В металлическом состоянии он впервые был выделен в 1882 году шведским химиком Сеттербергом с помощью электролиза. Температу-

ра плавления **М** близка к комнатной, и не очень чистый металл при нормальных условиях может оказаться жидким. Чистый **М** – очень мягкий вязкий металл, являющийся одним из трех интенсивно окрашенных в свободном виде металлов. По окраске он больше всего напоминает хорошо известный благородный металл, но вот по реакционной способности является его полной противоположностью. Активность его настолько высока, что он самовоспламеняется на воздухе (образуется надпероксид MO_2) [реакция 1] и взрывается при контакте с водой (получается гидроксид и водород) [2]. Уже при комнатной температуре или слабом нагревании он легко реагирует с хлороводородом [3], бромом [4], серой [5], водородом [6] и иодом [7] (продукты реакций [3]-[7] – бинарные (двухэлементные соединения)).

Несмотря на сообщения, встречающиеся в средствах массовой информации, обычный, природный **М** и его соединения не радиоактивны. Радиоактивен только искусственно получаемый изотоп ^{137}M , который претерпевает бета-распад (период полураспада 30,17 лет) с образованием устойчивого изотопа следующего за ним в Периодической системе элемента с такой же массой (137 а.е.м.).

2. Назовите два других (очень известных) металла, имеющих интенсивную окраску, и укажите их цвет. Как Вы думаете, в какой цвет окрашен металл **М**? Какими словами обычно описывают цвет всех остальных металлов?

2. Медь – красная (розовая засчитывается), золото – желтое (есть еще один металл, окрашенный в синий цвет – осмий). Хорошо известным благородным металлом является золото, следовательно, **М** имеет желтый цвет. Цвет всех остальных металлов обычно характеризуют как серебристо-серый (засчитываются любые сочетания слов, содержащие слова серый или серебристый. Например, металлический или блестящий металл не засчитывается, но серый металл засчитывается, как и блестящий серый или серебристо-белый).

2. Названия меди и золота по 1 б., их цвета, цвет металла **М** и остальных металлов по 1 б. ($16*2+16*4 = 6$ баллов).

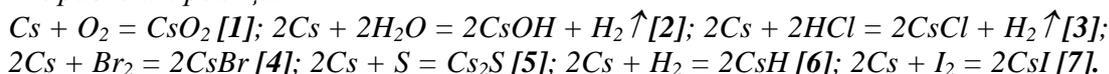
3. Назовите металл, имеющий устойчивый изотоп с массой 137 а.е.м., а также, наконец, металл **М**, о котором идет речь в задаче. Как называются семейства металлов, к которым они относятся?

3. Устойчивый атом с массой 137 легко обнаруживается в ПС – это барий, представляющий семейство щелочно-земельных металлов. Соответственно, **М**, предшествующий барию в ПС, – это цезий (семейство щелочных металлов).

3. Барий 1 б., цезий 2 б., семейства металлов по 1 б. ($16+26+16*2 = 5$ баллов).

4. Напишите уравнения реакций [1-7], с помощью которых в задаче охарактеризована химическая активность **М**.

4. Уравнения реакций:



4. Уравнения реакций [1-7] по 1 б. ($16*7 = 7$ баллов).

5. Основной природный источник **М** – минерал поллуцит состава $\text{M}_x\text{Na}_{1-x}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($0,5 \leq x \leq 0,7$), из которого завод и получает все соединения этого металла. Рассчитайте минимальное и максимальное значения массы металла **М**, содержащегося в 3 тоннах поступившего на завод поллуцита.

5. Минимальное содержание **М** в поллуците будет при $x=0,5$, максимальное – при $x=0,7$. Посчитаем массовую долю **М** в минерале при разных x , т. е. отношение массы **М** к молярной массе:

$$\omega = 133x / (133x + 23(1-x) + 27 + 2*28 + 6*16 + 18) = 133x / (110x + 220).$$

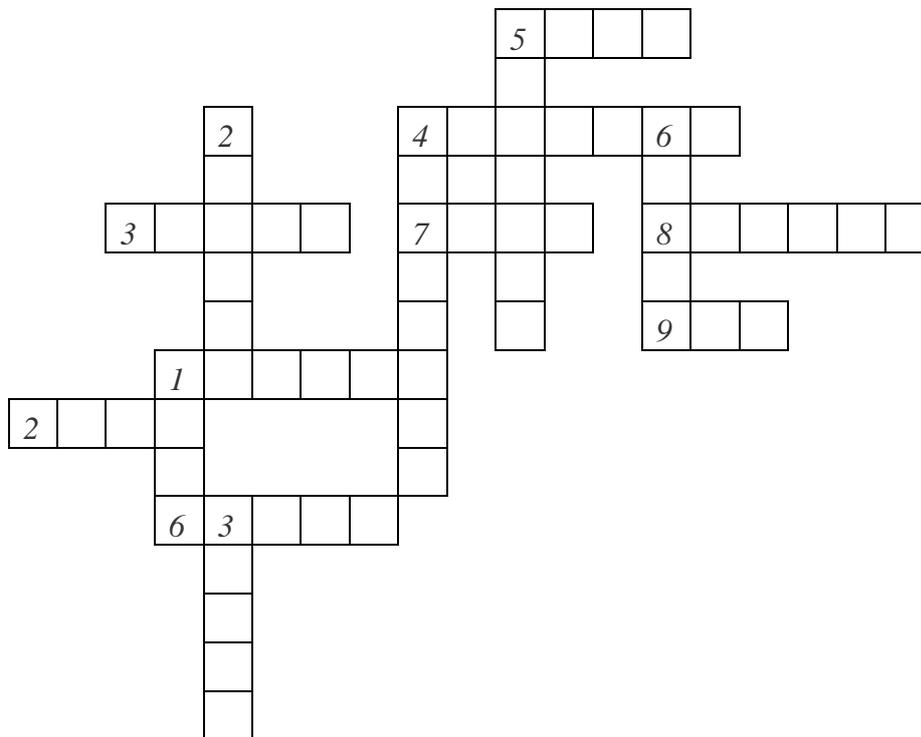
Для $x = 0,5$ получаем $\omega_{\min} = 0,242$, для $x = 0,7$ получаем $\omega_{\max} = 0,313$. Минимальное значение массы металла **М**, содержащегося в 3 т поступившего на завод поллуцита $0,242*3 = 0,726$ т или 726 кг, максимальное $0,313*3 = 0,939$ т или 939 кг.

5. Расчет значений массы по 4 б. ($46*2 = 8$ баллов).

Всего 32 балла.

Задание 3. «Химические элементы в кроссворде» (37 баллов).

На сегодняшний день известно 112 химических элементов. Каждый из них имеет свое название и обозначается своим символом. В предлагаемом Вашему вниманию кроссворде зашифрованы названия некоторых из этих химических элементов.



По вертикали:

1. Простое вещество, образованное этим элементом, является чрезвычайно активным газом бледно-желтого цвета с резким запахом. Соединения, имеющие в составе этот элемент, есть почти в каждой зубной пасте.
2. Этот элемент является вторым по распространенности металлом в земной коре. Основное количество этого металла в промышленности получают из минералов гематит и магнетит.
3. Простое вещество, образованное этим элементом, является одним из самых легких и прочных металлов. Металл является важнейшим конструкционным материалом в авиа-, ракето- и кораблестроении.
4. Простое вещество, образованное этим элементом, содержится в воздухе (около 1/5 по объему). Растения вырабатывают его в процессе фотосинтеза.
5. В 1996 г. была присуждена Нобелевская премия по химии за открытие новой аллотропной модификации этого элемента. В 2010 г. присуждена Нобелевская премия по физике за получение и исследование свойств другой его аллотропной модификации. Простое вещество, образованное этим элементом, встречается в свободном состоянии в природе и издавна используется в качестве топлива.
6. Свое название этот элемент получил от цвета индиго, который имеет линия в его спектре. Простое вещество, образованное этим элементом, представляет собой мягкий серебристо-белый металл. Самостоятельных месторождений этот металл не образует, а присутствует в качестве примесей в других рудах.

По горизонтали:

1. Этот элемент тоже входит в состав зубной пасты, и кроме того, костей млекопитающих. В свободном состоянии он не встречается в природе из-за высокой химической активности. Его получают нагреванием апатитов с коксом и кремнеземом при температуре 1600 °С.

2. Простое вещество, образованное этим элементом, является довольно инертным при н. у. газом без цвета, вкуса и запаха. Название этого элемента с греческого языка переводится как безжизненный, хотя он крайне необходим для всех живых существ.
3. Простое вещество, образованное этим элементом, является очень активным в большинстве химических реакций. Бурно реагирует с водой. В свободном состоянии в природе не встречается, входит в состав таких минералов как сильвинит и карналлит.
4. Карбонат этого элемента есть в каждой школе. Ввиду высокой активности этот элемент не встречается в природе в свободном виде. Довольно распространенными минералами, содержащими этот элемент, являются кальцит (мел) и гипс.
5. Элемент назван в честь одной из планет Солнечной системы. Диоксид этого элемента используется в качестве компонента ядерного топлива для АЭС.
6. Простое вещество, образованное этим элементом, при стандартных условиях является жидкостью, пары которой чрезвычайно ядовиты. Тем не менее, до недавнего времени это вещество широко использовалось в термометрах. В природе встречается как в самородном состоянии, так и в виде минералов, самым распространенным из которых является киноварь.
7. Это простое вещество встречается в самородном состоянии в природе и представляет собой желтые кристаллы. Важнейшими природными минералами, содержащими этот элемент, являются пирит, халькопирит, сфалерит и галенит.
8. Этот элемент впервые был получен в крупнейшем ядерном центре СССР в 1970 г. Согласно окончательному решению *IUPAC*, в 1997 г. этот элемент получил название в честь Российского наукограда, в котором и был открыт.
9. В виде водно-спиртового раствора простого вещества этот элемент можно найти в каждой медицинской аптечке. Некоторые растения способны накапливать этот элемент, например, в 1 т высушенной морской капусты (ламинарии) содержится до 5 кг этого элемента. Недостаток этого элемента в пище может привести к заболеваниям щитовидной железы.

1. Разгадайте этот кроссворд. Укажите символы элементов. Ответы перепишите на лист ответов в формате «номер – слово, химический символ элемента».

1. По вертикали: 1 – фтор, F; 2 – железо, Fe; 3 – титан, Ti; 4 – кислород, O; 5 – углерод, C; 6 – индий, In. По горизонтали: 1 – фосфор, P; 2 – азот, N; 3 – калий, K; 4 – кальций, Ca; 5 – уран, U; 6 – ртуть, Hg; 7 – сера, S; 8 – дубний, Db; 9 – иод, I.

1. Названия элементов по 0,5 б., символы по 0,5 б. ((0,5б+0,5б)*15 = 15 баллов).

2. Какие из этих элементов относятся к металлами, а какие – к неметаллам?

2. Металлы: железо, титан, индий, калий, кальций, уран, ртуть, дубний. Неметаллы: фтор, кислород, углерод, фосфор, азот, сера, иод.

2. Верное указание металл/неметалл по 0,5 б. (0,5б*15 = 7,5 баллов).

3. Перечислите названия трех аллотропных модификаций элемента, зашифрованного в нашем кроссворде под № 5 по вертикали.

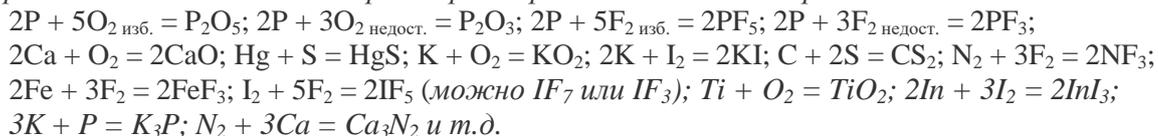
3. Элемент № 5 по вертикали – это углерод, имеющий около десятка аллотропных модификаций, самыми известными из которых являются алмаз, графит, карбин, фуллерены, лонсдейлит и нанотрубки.

3. Названия трех аллотропных модификаций углерода по 1,5 б. (1,5б*3 = 4,5 балла).

Многие из перечисленных в кроссворде простых веществ реагируют друг с другом с образованием различных продуктов, причем состав продуктов таких реакций зачастую зависит от условий их проведения, в частности, от соотношения реагентов. Большинство этих реакций требует предварительного нагревания, но в целом протекает с выделением тепла.

4. Напишите десять уравнений реакций, в которых участвуют только простые вещества, образованные элементами из кроссворда.

4. Можно записать довольно много уравнений реакций, в которых участвуют эти простые вещества, образованные элементами из кроссворда. Приведем лишь некоторые из них:



4. Десять уравнений реакций по 1 б. (1б*10= 10 баллов).

Всего **37 баллов.**

Итого **100 баллов.**