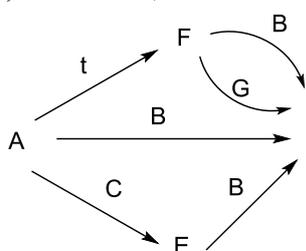


Общие указания:

- если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается;
- из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом.

Задача № 1.

Вещества **A**, **B** и **C** имеют одинаковое значение молярной массы. Вещество **A** синего цвета, нерастворимо в воде. При взаимодействии вещества **A** с водным раствором вещества **B** происходит образование прозрачного раствора вещества **D**, а при взаимодействии **A** с водным раствором вещества **C** происходит медленное изменение оттенка окраски осадка. Полученное вещество **E** нерастворимо в воде, но растворяется в водном растворе **B** с образованием раствора вещества **D**. Прокаливание вещества **A** приводит к образованию твердого вещества **F** черного цвета, которое так же реагирует с раствором вещества **B**, давая раствор вещества **D**. Вещество **D** может быть также получено при взаимодействии вещества **F** и вещества **G** (бесцветная дымящая жидкость при комнатной температуре), имеющей ту же молекулярную массу, что и вещество **F**.



1. Определите формулы веществ **A – F**
2. Дайте веществам **A – F** названия по международной номенклатуре неорганических веществ
3. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

Решение.

То, что **A** – синее нерастворимое в воде вещество, при прокаливании дающее черный порошок **F**, наводит на мысль, что перед нами гидроксид и оксид меди (II) соответственно. Остальные вещества подбираются исходя из их предполагаемого класса и требуемой молярной массы. Полезно, как и в любой «угадайке», нарисовать схему протекающих процессов (см. ниже)

A – гидроксид меди(II) $Cu(OH)_2$

B – серная кислота H_2SO_4

C – (орто)фосфорная кислота H_3PO_4

D – сульфат меди(II) $CuSO_4$

E – (орто)фосфат меди(II) $Cu_3(PO_4)_2$

F – оксид меди(II) CuO



Критерии оценивания.

За каждую правильную формулу веществ **A-F** - 1 балл (всего 6 баллов)

За каждое правильное (систематическое, с указанием валентности) название **A-F** - 1 балл (всего 6 баллов, если все верно, но не указаны валентности - 3 балла)

За каждое верное уравнение реакции 1 балл или 2 балла, (см. выше), без коэффициентов 0,5 балла, всего 8 баллов)

Итого: 20 баллов

Задача № 2.

Образец бесцветного газа **Y** разделили на две равные части. При пропускании первой части через избыток раствора нитрата свинца выпадает желтый осадок массой 78,37 г. Вторую часть смешали с бесцветным газом **X**, при этом объемные доли компонентов полученной смеси оказались равны, а массовая доля газа **X** составила 1/3.

1. Определите вещества **X** и **Y**, учитывая, что оба газа окрашивают раствор лакмуса в красный цвет.
2. Определите массу осадка, полученного при пропускании полученной газовой смеси через избыток известковой воды. Приведите в ответе уравнения всех описанных в задаче реакций.
3. Напишите не более 2 уравнений химических реакций, приводящих к получению газа **X**, и не более 2 уравнений химических реакций, иллюстрирующих его химические свойства.

Решение.

1. Газ **Y** по описанию химических свойств - иодоводород, осадок - иодид свинца. (3 балла)

Если объемные веществ в смеси равны, а массовая доля вещества **Y** вдвое больше, то молярная масса **X** вдвое меньше, чем у иодоводорода (2 балла), и составляет $128/2 = 64$ г/моль.

(1 балл) Количества вещества газов при этом равны. Так как реакция иодоводорода с известковой водой к образованию осадка не приводит, то реагирует с образованием осадка именно газ **X**, скорее всего с кислотными свойствами (1 балл). По описанию и молярной массе подходит сернистый газ SO_2 . (2 балла, всего за вывод формулы **X** с логичным обоснованием 6 баллов)



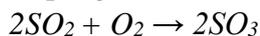
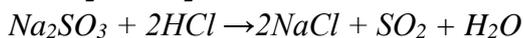
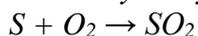
$$n(PbI_2) = 78,37/461 = 0,17 \text{ моль, тогда } n(HI) = 0,34 \text{ моль (1 балл)}$$

так как объемные доли равны, то $n(SO_2) = 0,34$ моль. (1 балл)

$$n(CaSO_3) = n(SO_2) = 0,34 \text{ моль (1 балл)}$$

$$m = 0,34 * 120 = 40,8 \text{ г (1 балл)}$$

3. Зачитываем **любые два** первых написанных и имеющие химический смысл уравнений по каждому из пунктов (получение и свойства), допустим



Каждое уравнение 1 балл, всего 4 балла (2 балла за реакции получения, 2 балла за иллюстрацию свойств).

Итого: 20 баллов

Задача № 3.

На этикетке старой упаковки со смесью двух сухих веществ указано, что смесь содержит калий азотнокислый и аммоний фосфорнокислый однозамещенный. Также на этикетке имеется надпись: «Содержание действующих компонентов составляет (в % по массе): калия – 10,5 (в пересчете на K_2O), фосфора – 47,8 (в пересчете на P_2O_5)».

1. Приведите современные названия и формулы компонентов смеси.
2. Для чего может применяться данная смесь солей?
3. Определите молярные соотношения солей в смеси.
4. Определите массовые доли калия, фосфора, азота (как химических элементов), а также массовые доли солей в этой смеси.
5. С какой максимальной массой 20% раствора едкого натра может прореагировать 223 г такой смеси солей?

Решение.

1. Нитрат калия KNO_3 , дигидро(орто)фосфат аммония $NH_4H_2PO_4$ (названия и формулы по 0,5 баллов, всего 2 балла)

2. Смесь – комплексное удобрение, содержащее все три макроэлемента, необходимые для развития растений – азот, фосфор и калий. (1 балл)

3. Возьмем 100 г смеси (можно любую другую), тогда $m(P_2O_5) = 47,8$ г, $n(P_2O_5) = 47,8/142 = 0,336$ моль, $m(K_2O) = 10,5$ г, $n(K_2O) = 10,5/94 = 0,1117$ моль

(найлены количества вещества P_2O_5 , K_2O для выбранной участником массы смеси - по 1 баллу, всего 2 балла)

$n(K) = 2 n(K_2O) = 0,2234$ моль; (1 балл за верное соотношение количеств атомов и формульных единиц)

$n(P) = 2 n(P_2O_5) = 0,6732$ моль (1 балл за верное соотношение)

$n(KNO_3): n(NH_4H_2PO_4) = n(K):n(P) = 0,2234:0,6732 = 1:3$ (1 балл за принцип, что количества солей относятся как количества атомов калия и фосфора, 2 балла за найденные соотношения), то есть мольное соотношение солей в исходной смеси равно 1:3 (этот любой другой верный способ решения, подтвержденный расчетами – всего 7 баллов)

4. $m(K) = 39 * 0,2234 = 8,7$ г, отсюда $\omega(K) = 8,7\%$ (1 балл)

$m(P) = 31 * 0,6732 = 20,9$ г, отсюда $\omega(P) = 20,9\%$ (1 балл)

$n(N) = n(K) + n(P) = 0,2234 + 0,6732 = 0,8966$ моль

$m(N) = 14 * 0,8966 = 12,6$ г, отсюда $\omega(N) = 12,6\%$ (2 балла)

$n(KNO_3) = n(K)$, $m(KNO_3) = 101 * 0,2234 = 22,6$ г, отсюда $\omega(KNO_3) = 22,6\%$, $\omega(NH_4H_2PO_4) = 77,4\%$ (2 балла за массовые доли солей, всего 6 баллов)

5. Со щелочью реагирует только дигидрофосфат аммония

$NH_4H_2PO_4 + 3NaOH \rightarrow Na_3PO_4 + NH_3 + 3H_2O$ (1 балл)

$m(NH_4H_2PO_4) = 0,774 * 223 = 172,6$ г, значит $n(NH_4H_2PO_4) = 172,6/115 = 1,5$ моль (1 балл)

$n(NaOH) = 3n = 4,5$ моль, $m(NaOH) = 40 * 4,5 = 180$ г, (1 балл)

тогда $m(p-pa) = m(NaOH)/\omega = 0,2 = 900$ г (1 балл, всего 4 балла)

Итого: 20 баллов

Задача № 4.

Имеются 2 колбы (для определенности **А** и **В**) с бесцветным раствором в каждой из них. Если содержимое колбы **В** медленно переливать в колбу **А**, то раствор в колбе **А** сначала окрасится в малиновый цвет, а затем, по мере дальнейшего приливания, окраска исчезнет. Если содержимое колбы **А** переливать в колбу **В**, устойчивого изменения цвета ни в одной из колб не произойдет.

1. Предложите 2 варианта состава каждой колбы, при которых возможны описываемые наблюдения.

2. Можно ли подобрать состав растворов в колбах **А** и **В** таким образом, чтобы в дополнение к описанным явлениям а) образовывался бы осадок б) выделялся бы газ в) происходило бы разогревание конечного раствора? В каждом случае, если такое, по Вашему мнению, возможно, приведите один пример, если нет – объясните, почему Вы так считаете.

3. Напишите уравнения всех протекающих химических реакций с предложенными Вами веществами

Решение.

1. Сюжет задачи составлен на основе популярного фокуса в разнообразных химических шоу. Обратимое появление и исчезновение окраски раствора наводит на мысль о присутствии в системе вещества – индикатора (1 балл за наличие идеи об этом в тексте решения), индикаторы, которые известны в 8 классе – кислотно-основные, с учетом окраски,

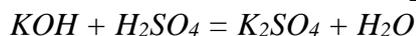
в задаче присутствует фенолфталеин (1 балл за указание на него), бесцветный в кислой и нейтральной средах и малиновый – в щелочной. В колбе А находится раствор щелочи, а в колбе В – раствор кислоты с добавлением индикатора фенолфталеина. Количества веществ в колбах подобраны таким образом, что в конце приливания содержимого колбы В к раствору в колбе А вся щелочь оказывается нейтрализована и индикатор меняет свою окраску обратно на бесцветную. Пример ответа участника: 1) А = NaOH, В = HCl + фенолфталеин 2) А = KOH, В = H₂SO₄ + фенолфталеин. (по 3 балла за каждый состав, максимально 6 баллов за пункт, объяснение принципа работы системы от участника не требуется)

2. Можно во всех случаях:

а. Если взять Ca(OH)₂ и H₂SO₄, при их взаимодействии будет выпадать осадок сульфата кальция (3 балла)

б. Если взять Na₂CO₃ вместо щелочи и HCl, будет выделяться газ (3 балла)

с. Реакция между кислотой и щелочью – экзотермическая, поэтому достаточно взять концентрированные растворы, чтобы эффект был более явным (пример - KOH + H₂SO₄) (3 балла)



(по 1 баллу за реакцию, всего 5 баллов. Написанных реакций может быть меньше – 4 или 3, если предложенные варианты составов для различных пунктов совпадают)

Итого: 20 баллов

Задача №5.

Основным материалом каркаса и наружной обшивки корпусов вагонов электропоезда ЭГ2Тв «Иволга», используемых на московских центральных диаметрах, является нержавеющая сталь. Точный состав именно этой стали не раскрывается, однако обычно она содержит около 15% по массе металла X, находящегося в IV периоде, способного образовывать все виды солеобразующих оксидов. Один из таких оксидов образует 2 вида средних солей натрия (А и В), ниже в таблице приведены цвет и содержание металлов в этих солях:

	Цвет соли	ω(Na), %	ω(X), %
Соль А	Желтый	28,4	32,1
Соль В	Оранжевый	17,6	39,7

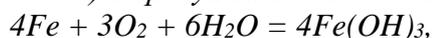
1. Какой металл является основным в этом сплаве? Напишите одно (любое) уравнение реакции его ржавления

2. Установите состав металла X и солей А и В.

3. Известно, что раствор соли В под действием едкого натра способен переходить в раствор соли А, а последний может быть переведен в раствор соли В под действием соляной кислоты, при этом происходит изменение цвета раствора. Напишите уравнения описанных реакций.

Решение

1. Ржавление – процесс окисления **железа**, являющимся основным компонентом стали (2 балла) в присутствии воды и воздуха. Возможные уравнения:



$4Fe + 3O_2 + 2H_2O = 4FeO(OH)$ – 3 балла за любое верное уравнение, 2 балла – без коэффициентов, 1 балл, если в продуктах указаны соединения железа (II).

2. Судя по всему соли имеют состав $Na_aX_bO_c$, где X – переходный металл (имеет много оксидов различного характера, а также участвует в образовании окрашенных солей). Если $a=1$, то $M(A) = 23/0.284 = 81$ г/моль, т.е. в соли A на кислотный остаток приходится $81 \cdot 23 = 58$ г/моль. Перебор значений с от 1 до 3 (молярная масса 4 атомов кислорода уже превышает 58 г/моль) не дает адекватного X . Если $a=2$, то $M(A) = 162$ г/моль, тогда $b \cdot M(X) = 52$ г/моль, при $b=1$ металл X – хром, формула соли A – Na_2CrO_4 . Зная X , формулу соли B можно найти, решив стандартную задачу на нахождение формулы вещества по массовым долям составляющих его элементов (Na – 17.6%, Cr – 39.7%, O – $100 - 17.6 - 39.7 = 42.7\%$), B – это $Na_2Cr_2O_7$.

2 балла за идею о 3 элементах в составе, **1 балл** – за идею кислорода в качестве третьего элемента, по **2 балла** – за каждую формулу A и B , по **2 балла** за обоснование каждой формулы, всего за п.2 **11 баллов** максимум.

3. $Na_2Cr_2O_7 + 2NaOH = 2Na_2CrO_4 + H_2O$ (**2 балла**, без коэффициентов – **1 балл**)
 $2Na_2CrO_4 + 2HCl = 2NaCl + Na_2Cr_2O_7 + H_2O$ (**2 балла**, без коэффициентов – **1 балл**)

Итого: 20 баллов

Задача № 6.

Газы A и B имеют одинаковую относительную молекулярную массу и содержат одинаковое число протонов в молекуле. Шарик, наполненный газом A , поднимается вверх в воздухе. Газ A – негорючий, без цвета и запаха, очень плохо растворим в воде. Газ B растворяется в воде очень хорошо, полученный раствор окрашивает индикатор лакмус в розовый цвет и должен храниться исключительно в пластиковой таре.

1. Установите состав газов A и B , укажите значения относительной молекулярной массы и числа протонов в молекулах этих газов.
2. Как при одинаковых внешних условиях относятся массы шариков, наполненные до одинакового объема газом A и воздухом?
3. Почему раствор газа B должен храниться в пластиковой таре? Запишите уравнение соответствующей реакции.
4. Какова природа химической связи в молекуле B ? Чем объясняется его хорошая растворимость в воде?
5. Предложите формулу еще одного газа, имеющего такие же значения числа протонов и относительной молекулярной массы, что и газы A и B .

Решение.

1. Молекулярные массы газов меньше 29. Газ B – кислый, разъедающий стекло. Очевидно, что это фтороводород. Молекула содержит 10 протонов и имеет массу 20 а.е.м. Второй газ – неон. (по **4 балла** за каждую формулу, **1 балл** за относительную молекулярную массу, **1 балл** за число протонов)

2. Поскольку объемы шариков одинаковы, ответ численно будет совпадать с относительной плотностью газа A по воздуху: $D = M(A)/M(\text{возд}) = 20/29 = 0,69$ (**2 балла**, допустима любая другая верная формулировка решения)

3. $SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$ фтороводород разрушает стекло (**2 балла**)

4. Связь в молекуле фтороводорода ковалентная полярная, молекула полярна и хорошо растворяется в полярном растворителе – воде. (**2 балла**)

5. Подходят дейтерированные молекулы, например, ND_3 , CD_4 (**4 балла**)

Итого: 20 баллов