

1.1.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

Получение серной кислоты в промышленности протекает по нескольким стадиям. Одной из них является каталитическое окисление оксида серы (IV). В настоящее время катализатором данной реакции выступает оксид ванадия (V).

Раньше процесс окисления оксида серы (IV) и кислорода протекал в присутствии воды и летучего бинарного катализатора **А**, причем образовывались промежуточные вещества **Б** и **В**, которые распадались с образованием H_2SO_4 .

Массовая концентрация кислорода в веществе **Б** составляет 62,95 %, оно легко окисляет оксид серы (IV) в присутствии воды, превращаясь при этом в вещество **В**, некоторые источники называют его фиолетовой кислотой из-за темно-фиолетовой окраски. Массовая концентрация кислорода в **В** равна 62,46 %.

1. Приведите уравнения химических реакций, лежащих в основе промышленного получения серной кислоты (3 реакции).
2. Установите состав и названия веществ **А-В**, если содержание кислорода в **А** составляет 53,33 % масс.
3. Приведите уравнения реакции получения серной кислоты из оксида серы (IV) при помощи катализатора **А** с последовательным образованием промежуточных веществ **Б** и **В** (3 реакции).

Задача №11-2

Соль **А** содержит 22,73% кальция, 27,27% углерода, 4,55% водорода и кислород. При осторожном нагревании она теряет 10,23% массы и образует соль **Б** (реакция 1), которая при дальнейшем нагревании выше $160^{\circ}C$ разлагается с образованием паров органического вещества **В** и соли **Г** (реакция 2). Пары **В** массой 14,5 г при $58^{\circ}C$ и 99,7 кПа занимают объем 6,9 л, обладают специфическим запахом, легко воспламеняются, а при охлаждении конденсируются, образуя прозрачную жидкость, широко используемую в качестве растворителя.

1. Выведите брутто-формулу соли **А**, назовите ее.
2. Рассчитайте молярную массу вещества **В**. Определите вещества **Б-Г**, приведите структурные формулы **Б** и **В**.
3. Запишите уравнения реакций 1 и 2.
4. Предложите способ превращения соли **Г** в соль **А**, кратко опишите процесс и запишите уравнение соответствующей реакции.

Задача № 11-3

Использование соединения **А** в органической химии сводится как к установлению структуры органических соединений, так и применению этого реагента для получения альдегидов и кетонов. Соединение **А** можно получить в лаборатории из воздуха

(реакция 1) приложив для этого несколько киловольт. Проверить, что соединение **A** образуется, возможно прибавляя его к смеси растворов нитрата свинца и сульфида натрия, при этом наблюдается изменение черного цвета осадка на белый с массовой долей кислорода 21,10% (реакция 2).

Применение соединения **A** в качестве реагента для получения альдегидов и кетонов возможно при действии его на органическое бинарное соединение **B**, массовая доля водорода в котором – 14,37%. В результате реакции соединений **A** и **B**, с последующим гидролизом, получен единственный продукт, в котором массовая доля водорода на 3,19% меньше, чем в **B**, а массовая доля кислорода на 22,19% больше (реакция 3). Получившийся продукт не вступает во взаимодействие с реактивом Толленса – $[Ag(NH_3)_2](OH)$.

Установление строения соединения **C** с помощью соединения **A** проводили при их первоначальном взаимодействии с последующим гидролизом промежуточного соединения. В результате реакции в реакционной массе обнаружены формальдегид, пропандиаль и ацетон (реакция 4).

1. Напишите формулу и название соединения **A**, если известно, что проверить его образование возможно не только реакцией с смесью сульфида натрия и нитрата свинца, а также смоченной в воде йодкрахмальной бумагой.

2. Напишите уравнения реакций 1-4.

3. Напишите структурные формулы и названия соединений **B** и **C**.

4. В результате реакции 4 возможно образование побочных соединений. Для предотвращения этого рекомендуется проводить реакцию в уксуснокислой среде с добавлением цинка. Укажите роль цинка и уксусной кислоты в этой реакции?

Задача №11-4

Фармацевтический препарат «Муравьиный спирт» является жидкой смесью трех веществ: муравьиной кислоты, **X** и воды. В лаборатории был проведен анализ образца данного препарата, который показал, что на нейтрализацию (реакция 1) 10 мл «муравьиного» спирта ($\rho = 0,8$ г/мл) требуется 24,35 мл 0,1 М раствора гидроксида натрия. При добавлении к такой же порции «муравьиного» спирта избытка гидроксида диамминсеребра (реакция 2) выпадает темный осадок **Y**.

Если к такой же порции «муравьиного спирта» добавить раствор перманганата калия, подкислить серной кислотой и нагреть (реакции 3 и 4), то раствор обесцвечивается, и в нем обнаруживается только одно органическое соединение массой 7,2 г, являющееся ближайшим гомологом муравьиной кислоты.

1. Установите формулу и название вещества **X**.

2. Напишите уравнения реакций 1–4.

3. Рассчитайте массу осадка **Y**.

4. Установите массовые доли всех веществ (%) в исследованном образце «муравьиного» спирта.

5. Напишите два уравнения реакций, которые могут протекать при нагревании **X** в присутствии концентрированной серной кислоты, укажите условия их протекания.

Задача №11-5

Технология важнейшего промышленного процесса синтеза аммиака была предложена Ф. Габером и К. Бошем более 100 лет назад, но с тех пор она не претерпела значительных изменений. Исходным сырьем для получения аммиака в методе Габера являются атмосферный азот и природный газ, который подвергают конверсии с водяным паром (реакция 1). Далее газовую смесь из азота и водорода нагревают до 450°C и под давлением 20-30 МПа пропускают через колонну синтеза, содержащую катализатор – губчатое железо (реакция 2). Данная реакция обратимая, и за один проход через колонну синтеза выход аммиака составляет только 10–20%.

1. Запишите уравнение реакции 1 и рассчитайте ее тепловой эффект, если теплоты образования метана, газообразной воды и угарного газа составляют 74.8, 241.8 и 110.5 кДж/моль, соответственно.
2. При получении 1 кг аммиака по методу Габера выделяется 2706 кДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект в кДж на 1 моль синтезируемого аммиака и запишите термохимическое уравнение реакции 2.
3. В колонну синтеза аммиака была введена смесь азота и водорода с начальными концентрациями 0.5 моль/л и 2 моль/л. После установления равновесия концентрация аммиака составила 0.15 моль/л. Рассчитайте выход аммиака в данных условиях (%), равновесные концентрации азота и водорода и значение константы равновесия.
4. Как повлияет на выход аммиака в данном процессе: а) повышение давления; б) повышение температуры; в) увеличение количества катализатора? Ответы аргументируйте, используя принцип Ле Шателье.
5. Рассчитайте, во сколько раз увеличится скорость реакции синтеза аммиака, если повысить температуру реакционной смеси от 450 до 500 °С, если температурный коэффициент Вант-Гоффа равен трем. Почему в реальном процессе не повышают температуру синтеза выше 450 °С?