

Задания

Задание 1. Не все реактивы хранятся вечно (14 баллов)

Один из химических реактивов, долго хранившийся в лаборатории и представляющий собой белый порошок (X), при использовании повёл себя так, что возникли сомнения в его чистоте. Чтобы установить его действительный состав, лаборант взял 0,5280 г порошка X, растворил его в воде и добавил избыток раствора нитрата бария. Выпал белый осадок (Y), масса которого после высушивания составила 0,8920 г. Далее осадок Y обработали избытком соляной кислоты, в результате чего часть осадка растворилась и выделился газ. Масса оставшегося осадка Z составила после высушивания 0,3495 г.

Другую такую же навеску порошка X растворили в воде и стали добавлять по каплям раствор перманганата калия, подкисленный серной кислотой. Перманганат калия при этом обесцвечивался. Обесцвечивание прекратилось после добавления 10,0 мл раствора перманганата, 1 литр которого содержит 0,1 моль KMnO_4 . Дополнительно известно, что пламя при внесении в него X окрашивается в жёлтый цвет.

Установите качественный и количественный состав порошка X и осадков Y, Z. Напишите уравнения всех упомянутых в задаче реакций. Из какого реактива и в результате какой реакции при хранении мог получиться порошок X? Какой газ выделялся в реакции с соляной кислотой?

Задание 2. Химия одного элемента (20 баллов)

9,7 г вещества А, представляющего собой пентагидрат нитрата металла с массовой долей кислорода 46,19 %, растворили в 100 г воды. Раствор сразу помутнел. Далее к этому раствору добавили избыток раствора $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ в этаноле и прокипятили полученную смесь (реакция 1). Выпало 5,1 г осадка Б. Вещество Б можно также получить добавлением к раствору А, подкисленному азотной кислотой, карбоната натрия (реакция 2).

При нагревании Б разлагается с образованием двух веществ — твёрдого В и газообразного при обычных условиях Г в массовом соотношении 10,591:1 (реакция 3).

Если через суспензию В в 40% водном растворе КОН пропускать хлор, то в осадок выпадет вещество Д с массовой долей калия 13,18% (реакция 4).

1. Определите вещества А-Д. Составьте уравнения реакций (1-4).
2. Поясните, почему раствор А в воде мутнеет. Напишите соответствующее уравнение реакции в ионной и молекулярной форме.
3. Приведите тривиальное название $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, его структурную формулу и главную область применения.

Задание 3. Кубан (10 баллов)

Кубан – углеводород, не содержащий кратных связей. Его углеродный скелет представляет собой куб, в вершинах которого находятся атомы углерода. Его плотность (20°C) равна $1,29 \text{ г/см}^3$. При сгорании 1 дм^3 кубана выделяется в 1,8 раз больше теплоты, чем при сгорании 1 л октана (плотность $0,703 \text{ г/см}^3$ при 20°C), и в 6,06 раз больше, чем при сгорании 1 л жидкого водорода (плотность $0,070 \text{ г/см}^3$).

Известно, что теплоты образования углекислого газа и октана составляют 393,5 и 250,0 кДж/моль соответственно.

Рассчитайте: а) теплоты сгорания жидкого водорода, октана и кубана в кДж/моль; б) теплоту образования кубана.

При сгорании 1 моля какого вещества – кубана или стирола (винилбензола) – выделится больше теплоты? Ответ обоснуйте.

Задание 4. Ацилирование (14 баллов)

Химик Пробиркин изучал кинетику реакции ацилирования по Фриделю-Крафтсу. Для этого он растворил 30 г бензола, 20 г ацетилхлорида и небольшое количество хлорида алюминия в нитробензоле, присоединил к горлышку колбы обратный холодильник и начал нагрев.

1) Напишите уравнение протекающей реакции

Спустя 40 минут Пробиркин снял колбу с плитки, выделил продукт реакции и взвесил его. Затем он ещё несколько раз повторил эксперимент и занёс данные в таблицу. К несчастью, во время очередного опыта колба «выплюнула» реакционную смесь прямо на записи Пробиркина:

| Температура T, °C | Время протекания реакции t, мин | Масса продукта m, г |
|-------------------|---------------------------------|---------------------|
| 40 | 40 | 0,3 |
| 50 | 40 | |
| 55 | | 1,8 |
| 60 | 40 | 1,875 |

2) Помогите Пробиркину восстановить недостающие данные, если известно, что для реакции ацилирования бензола выполняется правило Вант-Гоффа:

$$r_2 = r_1 * \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}},$$

где r_1, r_2 - скорости реакции при температурах T_1, T_2 соответственно; γ – температурный коэффициент.

3) Используя уравнение Аррениуса, $k = A \cdot e^{\frac{-E_{акт}}{RT}}$ вычислите энергию активации реакции ацилирования бензола.

Задание 5. Этерификация (12 баллов)

Смешали 11,5 г безводного этанола и 15 г безводной уксусной кислоты. К полученной смеси добавили каталитическое количество серной кислоты и нагрели. После установления равновесия и быстрого охлаждения из реакционной смеси было выделено 8,8 г сложного эфира.

- 1) Напишите уравнение реакции.
- 2) Рассчитайте константу равновесия реакции.
- 3) Увеличится или уменьшится выход эфира, если при тех же условиях смешать 23 г этанола и 15 г уксусной кислоты? Ответ обоснуйте.
- 4) Вычислите массу сложного эфира и его выход при условиях, указанных в п. 3.