

Министерство образования и науки УР
АОУ ДПО УР «Институт развития образования»
Муниципальный этап ВСОШ по химии 2024-2025 учебный год
г. Ижевск
11 класс

Максимальное количество баллов – баллов

Задача № 1 Задача про мамонта

Скорее всего вы слышали про закон Вант-Гоффа, который гласит, что при повышении температуры на каждые 10 градусов, скорость реакции ускоряется в 2-4 раза.

Считайте, что у вас в холодильнике находится мамонт (да, вам привезли мамонта из районов с вечной мерзлотой, да, у вас очень большой холодильник). Вас предупредили о том, что если вы будете держать мамонта в основной камере холодильника (температура 5°C), то мамонт испортится через 1 сутки. Если вы положите мамонта в морозильник (температура -6°C), то мамонт испортится через 1 неделю, а если настроите температуру морозилки на -18°C , то мамонт будет в сохранности 3 месяца (считайте для удобства, что это 30 дней).

1. Определите температурные коэффициенты скорости порчи мяса мамонта (да, вы знаете, что это очень сложный процесс с участием белков и ферментов, но мы немного схитрим и будем считать, что реакция называется «порча мяса мамонта» и у нее есть скорость) при повышении температуры от 5°C до -6°C и от 5°C до -18°C . Скорость реакции обратно пропорциональна времени «порчи».

2. Скорее всего вы заметили, что температурные коэффициенты не укладывается в интервал 2-4 и полученные значения сильно отличаются друг от друга. Все верно, закон Вант-Гоффа нельзя применять в широком интервале температур. Чтобы правильнее описывать влияние температуры на скорость химической реакции, лучше использовать уравнение Аррениуса, в которое входит такая величина, как энергия активации. Согласно простой модели столкновений, химическая реакция между двумя исходными веществами может происходить только в результате столкновения молекул этих веществ. Но не каждое столкновение ведёт к химической реакции. Необходимо преодолеть определённый энергетический барьер, чтобы молекулы начали друг с другом реагировать. То есть молекулы должны обладать некой минимальной энергией (энергия активации E_a), чтобы этот барьер преодолеть.

Используя уравнение Аррениуса, посчитайте энергию активации реакции «порчи мяса мамонта» при повышении температуры от 5°C до -6°C и от 5°C до -18°C .

3. Определите среднее значение энергии активации.

4. Используя полученное среднее значение энергии активации, определите, какую температуру (в градусах Цельсия и в градусах Кельвина) нужно создать в морозильнике, чтобы мамонт сохранялся в нем 3 года (да, мы будем верить в тот факт, что через три года ученые научатся воссоздавать мамонтов, и ваш из холодильника им точно пригодится. Для простоты считайте, что эти три года не високосные).

Справочные материалы: уравнение Вант-Гоффа

$$\frac{V_{T_2}}{V_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

V_{T_1} , V_{T_2} – скорости при температурах T_1 , T_2

γ – температурный коэффициент

$T = t + 273$

T – температура в градусах Кельвина

t – температура в градусах Цельсия

уравнение Аррениуса

$$\ln \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} = \frac{E_a}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

E_a – энергия активации в Дж/моль

R – газовая постоянная, 8,31 Дж/моль·К

K_{T_1} , K_{T_2} – константы скорости реакции при температурах T_1 и T_2

Скорость реакции и константа скорости реакции обратно пропорциональны времени «порчи мяса мамонта».

Задача № 2

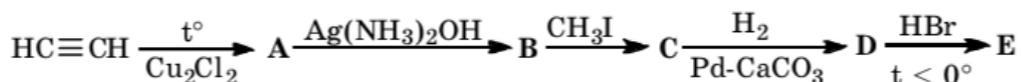
В одном из практикумов по органической химии описан следующий синтез: в колбу помещают 32 г нафталина (ароматический углеводород состава $C_{10}H_8$), приливают 16 мл этанола (плотность 0,8 г/мл) и при нагревании до $40^\circ C$ добавляют по каплям 16 мл брома (плотность 3,1 г/мл). Напишите уравнение реакции, протекающей при взаимодействии нафталина с бромом с образованием основного для данных условий продукта реакции. Объясните, почему основным продуктом является именно этот изомер.

Далее температуру повышают до $55^\circ C$ и из реакционной смеси отгоняют (удаляют) летучее вещество, содержащее 22,0% углерода, 4,6% водорода и 73,4% брома. Определите его формулу и запишите уравнение реакции, согласно которой оно образуется в реакционной смеси.

Продукт взаимодействия нафталина с бромом выделяют и очищают, его масса оказывается равной 26 г. Рассчитайте массовую долю выхода продукта от теоретически возможного. Предположите, с какой целью в реакционную систему добавляется этанол?

Задача № 4

Определите строение веществ А – Е:



В реакции получения вещества А участвует 2 моль ацетилена.

Вещество В представляет собой осадок.

Продукт С имеет состав C_5H_6 .

При получении вещества D происходит только гидрирование тройной связи до двойной.

Конечное вещество Е – продукт присоединения 1 моль HBr.

Дополнительно выполните следующие задания:

- Определите геометрическую конфигурацию вещества D.
- Объясните направление присоединения HBr к молекуле вещества D.
- Запишите уравнение реакции окисления вещества D избытком подкисленного раствора перманганата калия при нагревании.

Задача № 5

Практические основы производства соды аммиачным способом были заложены в конце 19 века Эрнестом Сольве. Получение соды по способу Сольве – это типичный пример крупнотоннажного производства из природного сырья. Ниже описан химизм процесса.

В адсорбционных колоннах через раствор поваренной соли пропускают аммиак и газ А (реакция 1). В результате образуется целевой продукт Б, который выпадает в осадок, а в растворе остается продукт В. Продукт Б отфильтровывают и направляют на стадию прокаливания, в результате чего образуется сухой остаток Г (реакция 2). Фильтрат, содержащий компонент В, смешивают с известковым молоком. Результатом реакции является выделение газа Д, который вновь направляют в адсорбционную колонну (реакция 3).

1. Расшифруйте все компоненты, обозначенные буквами, и напишите реакции, протекающие на всех стадиях.

2. Через 10 м^3 рассола с $C_M(\text{NaCl}) = 5,3 \text{ моль/л}$ пропустили 2300 м^3 эквимольной смеси газа А и Д. В результате выпал осадок, после прокаливания которого получили 2,65 т сухого остатка. Рассчитайте степень превращения X хлорида натрия (ответ приведите в процентах с точностью до сотых). Какой объем смеси газов не прореагирует?

3. Вещество Г используют в аналитической химии при стандартизации раствора соляной кислоты. Какую массу вещества Г нужно взять для приготовления раствора объемом 500,0 мл, чтобы на титрование 10,0 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 0,05000 моль/л в присутствии индикатора

метилоранжевый (интервал перехода окраски индикатора 3,1-4,4) расходовалось не более 10,0 мл раствора вещества Г.

- 1) При проведении расчетов используйте значения относительных атомных масс элементов, округленных до второго знака после запятой.
- 2) Точность указания концентраций растворов и их объемов определяется условием задачи.
- 3) Массы веществ в количественном химическом анализе указываются с точностью до четвертого знака после запятой.
- 3) Титрование – это метод количественного химического анализа, основанный на химической реакции между раствором, содержащим определяемое (анализируемое) вещество, и раствором другого вещества, концентрация которого точно известна (титрантом). Процесс титрования представляет собой пошаговое добавление титранта к анализируемому раствору, с наблюдением за химической реакцией до ее завершения.