

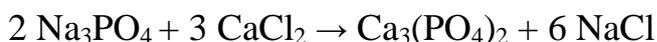
Решения. 11 класс — Химический профиль

Неорганическая химия

1. К 4,0 мл 6%-ного раствора фосфата натрия добавили 4,5 мл 0,2 М раствора хлорида кальция. Какова будет масса выпавшего осадка? Ответ приведите в миллиграммах с точностью до десятых.

Ответ: 93,0

Запишем уравнение реакции:



Рассчитаем количество реагентов (плотность первого раствора нам не дана, но разумно принять ее за единицу):

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = V\rho cM = 0,00146 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaCl}_2) = Vc = 0,0009 \text{ моль}$$

$n(\text{CaCl}_2)/3 < n(\text{Na}_3\text{PO}_4)/2$, значит фосфат натрия в избытке, ведём расчет по хлориду кальция

$$n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = n(\text{CaCl}_2)/3 = 0,0003 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = nM = 3 \cdot 10^{-4} \cdot (40 \cdot 3 + 95 \cdot 2) = 93,0 \text{ мг}$$

Важно обратить внимание, что в задании просят округлить ответ до десятых миллиграмма, то есть следует указать 93,0, а не просто 93.

2. Рассчитайте сумму коэффициентов в реакции $\text{KMnO}_4 + \text{HCl}_{(\text{конц})} \rightarrow \dots$

Уравнение должно содержать минимальные целочисленные коэффициенты.

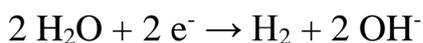
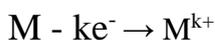
Ответ: 35



3. При действии избытка разбавленной щёлочи на 32,7 г неизвестного металла, широко используемого в быту, выделилось 11,2 л (н.у.) водорода. Приведите название этого металла.

Ответ: цинк

В процессе этого взаимодействия происходят следующие окислительно-восстановительные процессы:



Суммарно:



Следовательно, количество металла равно

$$n(M) = 2/k \cdot V(H_2)/V_m = 2/k \cdot 11,2/22,4 = 1/k$$

Тогда молярная масса металла

$$M(M) = m/n = 32,7k$$

Перебирая целые значения k , находим, что при $k = 2$ $M(M) = 65,4$ г/моль, что соответствует цинку

4. Соотнесите вещества и их тривиальные названия (два варианта лишние):

- | | |
|----------------------|--|
| А. Негашёная известь | 1. CaO |
| Б. Лисий хвост | 2. Ca(OH) ₂ |
| В. Сапожный купорос | 3. K ₂ Cr ₂ O ₇ |
| Г. Каустическая сода | 4. FeSO ₄ |
| | 5. NO ₂ |
| | 6. NaOH |

Ответ: А1, Б5, В4, Г6

5. Вещество состоит из двух элементов, в его молекуле – 5 атомов. Масса одного из атомов в 3 раза больше суммарной массы всех остальных атомов. Определите его плотность по водороду.

Ответ: 8

Кончено, проще всего решить эту задачу методом пристального взгляда.

Однако приведем строгое решение. Пусть формула соединения A_xB_y , при этом $x + y = 5$.

Тогда условие на отношение масс запишется так (A — молярная масса A , B — молярная масса B):

$$A/((x - 1)A + yB) = 3$$

Преобразуем:

$$A(4 - 3x) = 3yB$$

Молярные массы — положительные величины, $3yB$ — всегда положителен.

Значит, правая часть уравнения положительна, следовательно должна быть положительна и левая. Отсюда следует, что x не может быть больше 1.

Меньше 1 тоже не может быть — так как обязан быть натуральным числом.

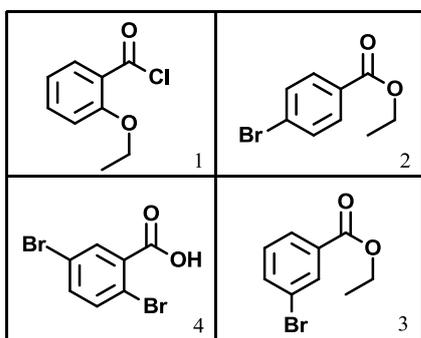
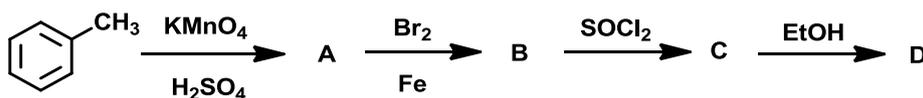
Значит $x = 1$. Значит $y = 4$. Тогда $A = 12B$. Единственный разумный вариант пары элементов с таким отношением молярных масс — водород и углерод.

Тогда вещество — метан. Его молярная масса 16 г/моль и плотность по водороду 8.



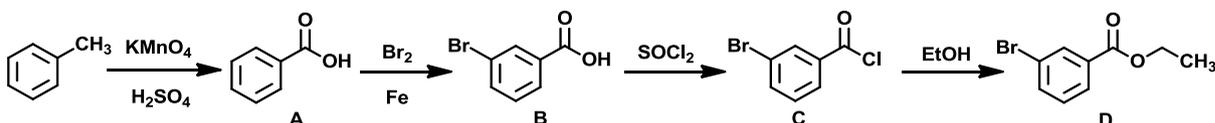
Органическая химия

1. Расшифруйте приведенную цепочку. В ответе укажите верную формулу вещества **D**, если известно, что вещество **B** имеет молярную массу 201 г/моль.

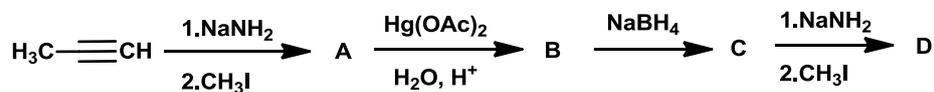


Ответ: 3

Решение:

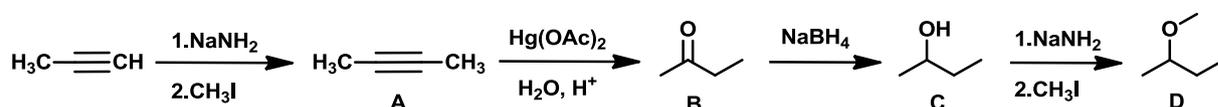


2. Расшифруйте приведенную цепочку. В ответе укажите молярную массу вещества **D** (в граммах с точностью до целых).

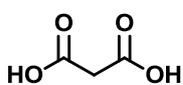


Ответ: 88

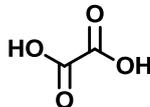
Решение:



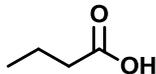
3. Исходя их представлений об электронных эффектах заместителей, установите ряд увеличения кислотности следующих соединений:



A



B



C



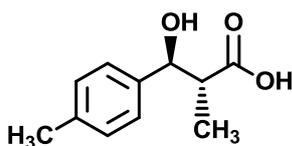
D

Ответ: CDAB

Решение:

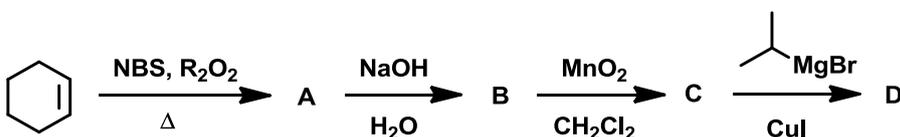
Наличие метильного заместителя при карбоксиле в **D** ведёт к уменьшению кислотности за счёт положительного индуктивного эффекта. В **C** пропильный заместитель обладает ещё большим положительным индуктивным эффектом. Малоновая кислота **A** сильнее и масляной **C** и уксусной, поскольку в **A** есть ещё одна карбоксильная группа, обладающая отрицательным индуктивным эффектом. Самой сильной кислотой среди вышеперечисленных является щавелевая **B**, так как обе карбоксильные группы оказывают друг на друга отрицательный индуктивный эффект. Конечная цепочка соединений по мере увеличения кислотности выглядит следующим образом: **CDAB**

4. Используя номенклатуру ИЮПАК и номенклатуру Кана-Ингольда-Прелога установите название следующего соединения, учитывая абсолютную конфигурацию асимметрических атомов углерода.



1. (2R,3S)-3-гидрокси-2-метил-3-(п-толил)пропановая кислота
2. (2S,3R)-3-гидрокси-2-метил-3-(п-толил)пропановая кислота
3. (2S,3R)-3-гидрокси-2-метил-3-(п-метил)пропановая кислота
4. (3S,2R)-2-гидрокси-3-метил-1-(п-толил)пропановая кислота

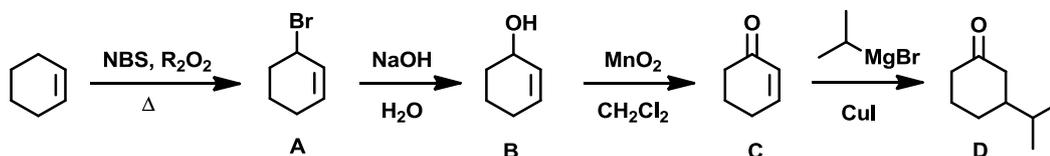
5. Расшифруйте приведенную цепочку. В ответе укажите молярную массу вещества **D** (в граммах с точностью до целых).





Ответ: 140

Решение:

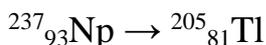


Общая химия

1. Радиоактивный ряд нептуния начинается с нептуния-237 и завершается стабильным изотопом таллия-205. Сколько актов бета-распада происходит при данном превращении?

Ответ: 4

Суммарное превращение описывается схемой:



Массовое число меняется только при α -распадах (на 4 единицы за один распад), значит всего их было $(237 - 205)/4 = 8$.

При каждом из таких распадов заряд ядра изменяется на 2 единицы, то есть если бы происходили только α -распады, то заряд ядра стал бы $93 - 2 \cdot 8 = 77$.

Полученный результат отличается от заряда ядра таллия на $81 - 77 = 4$ единицы. При каждом β -распаде заряд ядра меняется на 1. Значит таких распадов было 4.

2. При реакции тёмно-коричневого оксида с массовой долей металла 86.62% с некоторой кислотой выделяется жёлто-зелёный газ. Какой объём газа при ст. усл. (в литрах, округление до десятых) можно получить из 1 г данного оксида?

Ответ: 0.1

Пусть оксид имеет формулу M_xO_y . Тогда массовая доля кислорода равна (M — молярная масса металла):

$$\omega(\text{O}) = 16y/(16y + xM) = 1 - 0.8662 = 0.1338$$

Перевернем обе части выражения и почленно разделим в левой части:



$$1 + xM/16y = 1/0.1338$$

Тогда:

$$M = 103.58y/x$$

Перебирая целые значения x и y , находим $M = 207.2$ г/моль при $x=1$, $y=2$. В таком случае искомый оксид это PbO_2 .

Кислота, из которой может выделиться желто-зеленый газ при взаимодействии с окислителем — соляная.

Запишем уравнение реакции:



$$n(PbO_2) = m/M = 0.0042 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } n(Cl_2) = n(PbO_2) = 0.0042 \text{ моль}$$

И искомый объем:

$$V(Cl_2) = n(Cl_2)V_m = 0.1 \text{ л}$$

3. Оцените энергию сопряжения в молекуле бензола (кДж/моль, округление до целых), если теплоты гидрирования бензола и циклогексена до циклогексана составляют 208 и 120 кДж/моль, соответственно?

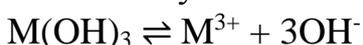
Ответ: 152

Теплота гидрирования циклогексена соответствует теплоте гидрирования одной изолированной двойной связи. Если бы в бензоле связи не были сопряжены, то его теплота гидрирования была бы в три раза больше (три двойных связи), то есть 360 кДж/моль. Разница между полученной величиной и экспериментальным значением обусловлена именно энергией сопряжения. То есть искомая энергия равна $360 - 208 = 152$ кДж/моль

4. Каков pH (округление до десятых) насыщенного раствора некоторого малорастворимого трёхосновного гидроксида металла, если его произведение растворимости составляет $6.5 \cdot 10^{-20}$? Вклад ионного произведения воды не учитывайте.

Ответ: 9.3

В системе устанавливается равновесие:



$$PР = [M^{3+}][OH^-]^3$$

Пусть равновесная концентрация гидроксид-ионов составила x моль/л. Тогда концентрация ионов металла $x/3$ моль/л.

$$PР = x/3 \cdot x^3$$

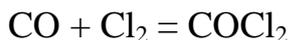
$$\text{Отсюда } x = 2.101 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} = [OH^-]$$

$$\text{Тогда } pH = 14 + \lg[OH^-] = 9.3$$

5. Угарный газ реагирует с хлором с образованием фосгена. Какая часть угарного газа связалась с хлором в условиях равновесия (округление до сотых), если для реакции был взят двукратный избыток хлора, а константа равновесия, выраженная через мольные доли веществ, составила 5.4?

Ответ: 0.75

Запишем уравнение реакции:



Пусть изначально было 1 моль CO и 2 моль Cl₂. При равновесии образовалось x моль фосгена. Тогда количества CO и хлора при равновесии (1 - x) и (2 - x) моль, соответственно. Общее количество веществ при равновесии x + (1 - x) + (2 - x) = 3 - x моль. Тогда мольные доли CO, хлора и фосгена равны (1 - x)/(3 - x), (2 - x)/(3 - x), x/(3 - x), соответственно. Запишем константу равновесия через мольные доли:

$$K = \frac{x/(3 - x)}{(1 - x)/(3 - x) \cdot (2 - x)/(3 - x)}$$

Преобразуем выражение и решим полученное квадратное уравнение:

$$x^2 - x(3K + 3)/(K + 1) + 2K/(K + 1) = 0$$

$$x^2 - 3x + 1.6875 = 0$$

$$x_1 = 0.75; \quad x_2 = 2.25$$

Второй корень не подходит, так как тогда концентрации в равновесных условиях окажутся отрицательными. Значит, в реакцию вступило 0.75 моль CO. Так как мы полагали, что изначально его 1 моль, степень расходования составила 0.75.