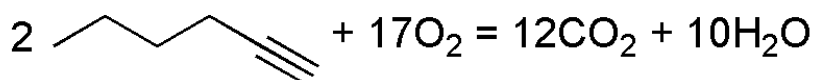
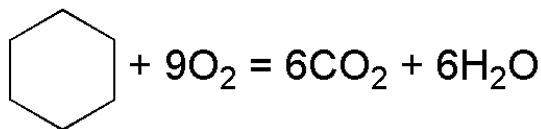


**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**2022-2023 УЧЕБНЫЙ ГОД**  
**10 КЛАСС**  
Решения

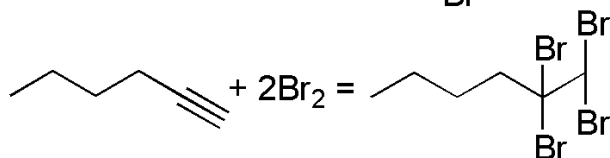
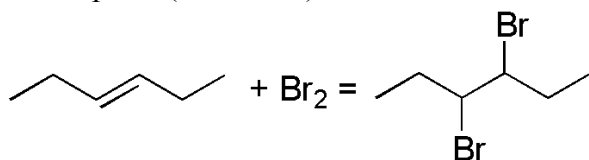
**Задача 1.**

Запишем уравнения всех протекающих реакций.

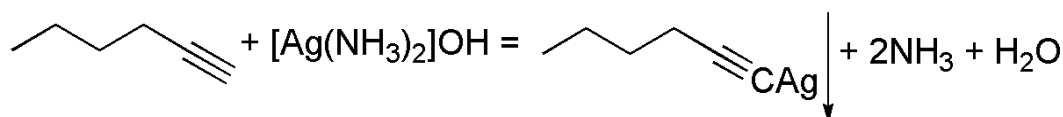
Сжигание:



К присоединению брома способны гексен-3 и гексин-1, причем во втором случае требуется в два раза больше брома (по молям):



C  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  реагирует только алкин:



Найдем  $\nu(\text{гексина-1})$ , зная, что количество вещества осадка равно количеству вещества исходного гексина-1:

$$\nu(\text{осадка}) = m(\text{осадка}) / M(\text{осадка}) = 37,8 \text{ г} / 189 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{гексина-1}) = \nu(\text{осадка}) = 0,2 \text{ моль.}$$

Зная, что исходная смесь способна присоединить 112 г  $\text{Br}_2$ , установим  $\nu(\text{гексена-3})$ :

$$\nu(\text{Br}_2) = 112 \text{ г} / 160 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,7 \text{ моль.}$$

На реакцию с гексином-1 нужно вдвое больше брома. Количество вещества брома, пошедшего на реакцию с гексином-1 в таком случае равно  $0,2 \text{ моль} \cdot 2 = 0,4 \text{ моль}$ . Оставшийся бром ( $0,3 \text{ моль}$ ) полностью реагирует с гексеном-3. Отсюда:

$$\nu(\text{гексена-3}) = 0,3 \text{ моль.}$$

На сжигание всей смеси расходуется 5,3 моль кислорода. Учитывая соотношение углеводород : кислород в каждой из реакций сгорания, определим  $\nu(\text{O}_2)$ , пошедшее на сжигание каждого углеводорода:

$$\nu(\text{O}_2) \text{ на сжигание гексена-3} = 2,7 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) \text{ на сжигание гексина-1} = 1,7 \text{ моль,}$$

тогда

$\nu(\text{O}_2)$  на сжигание циклогексана =  $5,3 - 2,7 - 1,7 = 0,9$  моль.  
 Отсюда  $\nu(\text{циклогексана}) = 0,1$  моль.

Найдем массы всех углеводородов:

$$m(\text{циклогексана}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 8,4 \text{ г}$$

$$m(\text{гексена-3}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 25,2 \text{ г}$$

$$m(\text{гексина-1}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 16,4 \text{ г}$$

Найдем массовые доли углеводородов в исходной смеси:

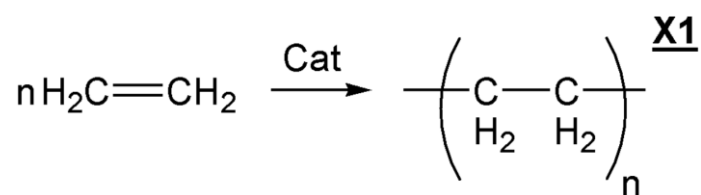
$$w(\text{циклогексана}) = 8,4 \text{ г} / (8,4 + 25,2 + 16,4 \text{ г}) = 0,168$$

$$w(\text{гексена-3}) = 25,2 \text{ г} / (8,4 + 25,2 + 16,4 \text{ г}) = 0,504$$

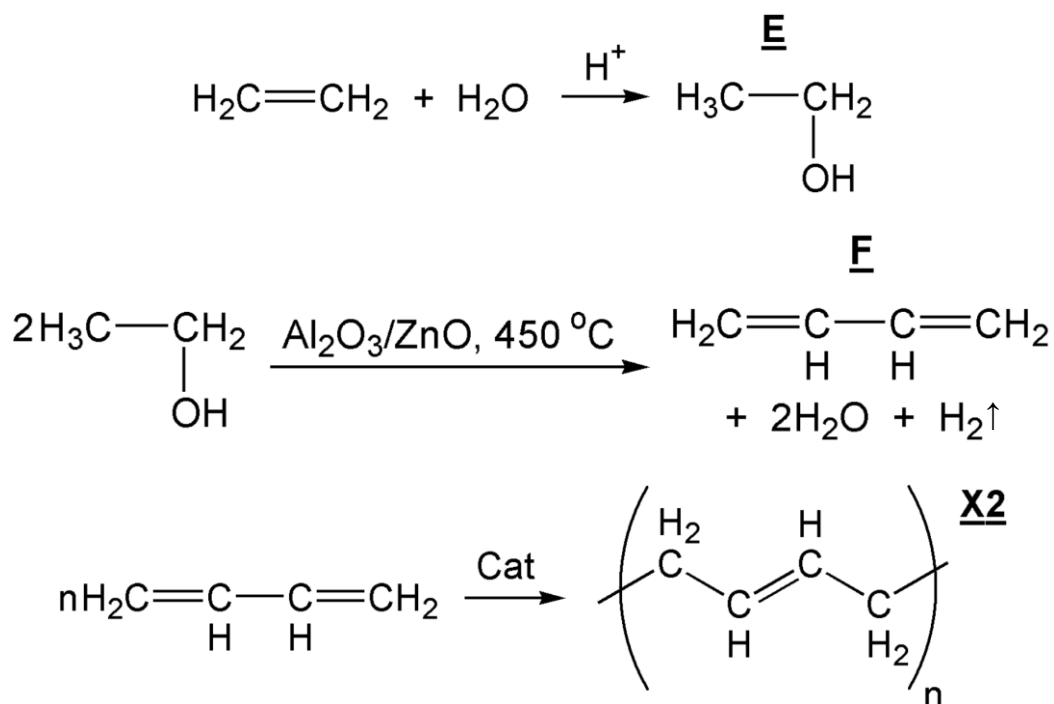
$$w(\text{гексина-1}) = 16,4 \text{ г} / (8,4 + 25,2 + 16,4 \text{ г}) = 0,328$$

## Задача 2.

Этилен легко полимеризуется под действием радикальных инициаторов или катализаторов Циглера-Натта с образованием полиэтилена **X1**:

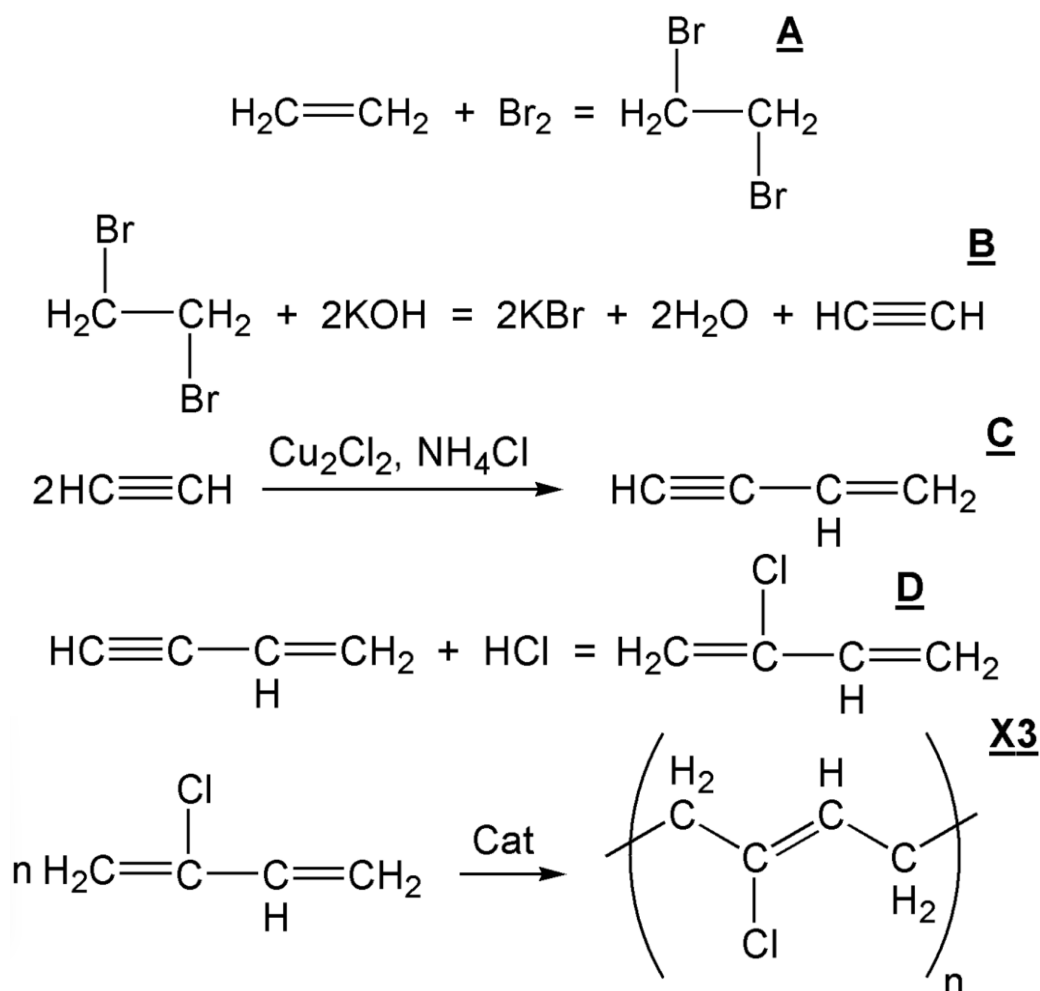


При обработке этилена водой в кислой среде происходит его гидратация с образованием этанола **Е**. При пропускании паров **Е** над оксидными катализаторами при нагревании он вступает в реакцию Лебедева с образованием бутадиена-1,3 – соединения **F**. Последний полимеризуется по типу «голова к хвосту» и образует полибутадиен **X2** – синтетический каучук:



(7 баллов)

Обработка этилена бромом приводит к 1,2-дибромэтану **A**. Последний под действием сильного основания – спиртового раствора щёлочи – легко элиминирует две молекулы  $\text{HBr}$  с образованием ацетилена **B**. Катализируемая  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  димеризация ацетилена приводит к винилацетилену **C**, далее присоединяющему  $\text{HCl}$  с образованием хлоропрена **D** – важного мономера, образующего в процессе полимеризации неопрен **X3**:



(11 баллов)

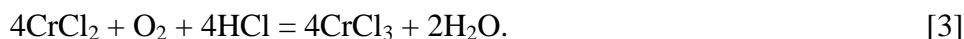
### Задача 3.

Элемент **X**, наиболее часто проявляющий в соединениях степени окисления +3 и +6, в виде простого вещества пассивирующийся в растворах азотной кислоты и образующий жёлтую соль  $\text{Na}_2\text{XO}_4$  – это хром. Он реагирует с разбавленными  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с образованием солей  $\text{Cr(II)}$  и выделением водорода:



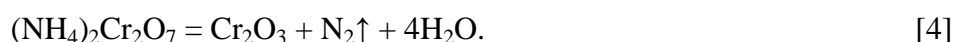
(6 баллов)

$\text{CrCl}_2$  проявляет выраженные восстановительные свойства и легко окисляется кислородом в соляной кислоте:



(2 балла)

Соль  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  – дихромат аммония – разлагается при нагревании с выделением  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , азота и воды:



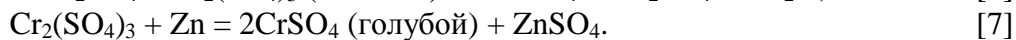
(4 балла)

При добавлении серной кислоты к водному раствору хромата натрия  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  жёлтого цвета последний переходит в оранжевый дихромат  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ :



(3 балла)

При восстановлении дихромата натрия цинком в серной кислоте сначала происходит образование зелёного раствора  $\text{CrCl}_3$ , который затем восстанавливается дальше с образованием голубого раствора  $\text{CrCl}_2$ :



(4 балла)

Если же к дихромату добавить  $\text{NaOH}$ , он снова перейдёт в хромат:



(3 балла)

#### Задача 4.

1. Установим формулу соединения А:

$$\omega(\text{Mn}): \omega(\text{C}): \omega(\text{O}) = x \text{ Ar}(\text{Mn}): y \text{ Ar}(\text{C}): z \text{ Ar}(\text{O})$$

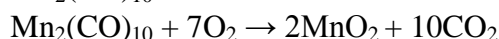
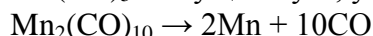
$$x:y:z = 28,2/55 : 30,8/12 : 41,0/16$$

$$x:y:z = 0,51:2,56:2,56$$

$$x:y:z = 1:5:5$$

Составим брутто-формулу соединения А:  $\text{Mn}(\text{CO})_5$

$\text{Mn}(\text{CO})_5$  не существует, устойчивым является его димер (см. рисунок в задаче),  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$ .



**А** –  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$ , карбонил марганца

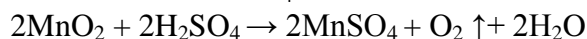
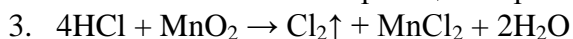
**В** –  $\text{Mn}$ , марганец

**С** –  $\text{CO}$ , монооксид углерода, угарный газ

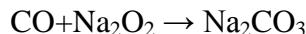
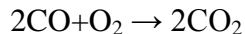
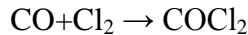
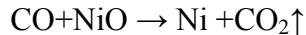
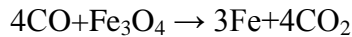
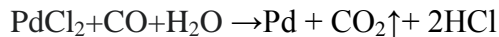
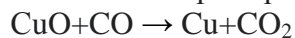
**Д** –  $\text{MnO}_2$ , диоксид марганца

**Е** –  $\text{CO}_2$ , диоксид углерода, углекислый газ

2. Степень окисления марганца в карбониле марганца составляет 0.



4. Возможные примеры, демонстрирующие восстановительную способность  $\text{CO}$ :



5. Так как вещество **А** – карбонил марганца  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$ , а по условию задачи вещество **Г** является аналогом **А**, можно предположить, что **Г** тоже является комплексом переходного металлов с монооксидом углерода в качестве лиганда, т.е является карбонилем.

Установим теперь формулу вещества **Г**. Запишем его формулу как  $\text{G}(\text{CO})_n$

По условию задачи известно, что при разложении **Г** масса образующегося металла **Г** меньше массы **Г** в 3,51 раза, тогда  $(\text{M}(\text{G}) + n\text{M}(\text{CO}))/\text{M}(\text{G}) = 3,51$ . Решим теперь это уравнение.

$$(\text{M}(\text{G}) + 28n)/\text{M}(\text{G}) = 3,51$$

$$M(G) + 28n = 3,51M(G)$$

$$28n = 2,51M(G)$$

$$M(G) = 11,16n$$

При  $n = 1$   $M(G) = 11,6$  г/моль, ближе всего по молярной массе подходит бор (В), но не удовлетворяет условиям задачи;

При  $n = 2$   $M(G) = 22,32$  г/моль, ближе всего по молярной массе подходит натрий (Na), но не удовлетворяет условиям задачи;

При  $n = 3$   $M(G) = 34,8$  г/моль, ближе всего по молярной массе подходит хлор (Cl), но не удовлетворяет условиями задачи;

При  $n = 4$   $M(G) = 44,64$  г/моль, ближе всего по молярной массе подходит скандий (Sc), но не удовлетворяет условиям задачи;

При  $n = 5$   $M(G) = 55,8$  г/моль  $\Rightarrow \mathbf{G}$  – железо (Fe)  $\Rightarrow \mathbf{F}$  –  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ .

### Задача 5.

1. Найдем период полураспада:

$$N = N_0 * 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = \ln(2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{T} \ln 2$$

$$T = \frac{-t * \ln 2}{\ln \frac{N}{N_0}} = \frac{-6 * \ln 2}{\ln \frac{0,25N_0}{N_0}} = 3 \text{ дня}$$

Можно и проще:

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\frac{0,25N_0}{N_0} = 2^{-\frac{6}{T}}$$

$$\frac{1}{4} = 2^{-\frac{6}{T}}$$

$$2^{-2} = 2^{-\frac{6}{T}}$$

$$T = \frac{-6}{-2} = 3 \text{ дня}$$

2. Рассчитаем время:

$$N = N_0 * 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = \ln(2^{-\frac{t}{T}})$$

$$\ln \frac{0,1N_0}{N_0} = -\frac{t}{8 \text{ дней}} \ln 2$$

$$t = -\frac{\ln(0,1) * 8 \text{ дней}}{\ln 2} = 26,6 \text{ дней}$$

3. Чтобы ответить на вопрос, какого из изотопов окажется меньше, а какого больше – надо сравнить периоды полураспада, но так как в данном случае они все даны в разных единицах, их нужно привести к одной единице измерения, удобнее всего перевести в дни:  $^{35}\text{S}$  (период полураспада - 2100 часов = 87,5 дней),  $^{192}\text{Ir}$  (период полураспада -  $6,4 \cdot 10^6$  секунд = 74,1 день) и  $^{210}\text{Po}$  (период полураспада – 0,379 лет = 138,3 дня). Очевидно, у кого период полураспада меньше всех, значит, этот изотоп и распадается быстрее всех, а значит, его и останется меньше всех, такой изотоп  $^{192}\text{Ir}$ . Такая же логика и с тем изотопом, которого останется больше всех: тот изотоп, у которого самый большой период полураспада, распадается медленнее всех, значит, его и останется больше всех, в нашем случае таким изотопом является  $^{210}\text{Po}$ .

Также нам необходимо рассчитать для каждого из изотопов время, необходимое для распада 85% атомов:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{T} \ln 2$$

$$t = \frac{-T * \ln \frac{N}{N_0}}{\ln 2} = \frac{-T * \ln \frac{0,15N_0}{N_0}}{\ln 2} = \frac{1,9 * T}{0,69} = 2,74 * T$$

Соответственно для  $^{35}\text{S}$ :

$$t = 2,74 * 87,5 \text{ дней} = 239,8 \text{ дней} = 5755,2 \text{ часа}$$

Соответственно для  $^{192}\text{Ir}$ :

$$t = 2,74 * 74,1 \text{ дней} = 203 \text{ дня} = 1,75 * 10^7 \text{ секунд}$$

Соответственно для  $^{210}\text{Po}$ :

$$t = 2,74 * 138,3 \text{ дней} = 378,9 \text{ дней} = 1,04 \text{ года}$$

(Можно рассчитать и в других единицах измерения, например, которые были указаны в условии, это ошибкой не является).

4. Рассчитаем время:

$$\frac{N_{238\text{Pu}}}{N_{241\text{Pu}}} = \frac{2}{1} = \frac{N_0 * 2^{-\frac{t}{87,74}}}{N_0 * 2^{-\frac{t}{14,4}}}$$

$$2^1 = 2^{-\frac{t}{87,74} + \frac{t}{14,4}}$$

$$1 = -\frac{t}{87,74} + \frac{t}{14,4} = \frac{87,74t - 14,4t}{87,74 * 14,4}$$

$$1263,5 = 73,34t$$

$$t = 17,2 \text{ лет}$$

А теперь рассчитаем соотношение:

$$\frac{N_{238\text{Pu}}}{N_{241\text{Pu}}} = 1 = \frac{N_{0(238\text{Pu})} * 2^{-\frac{20}{87,74}}}{N_{0(241\text{Pu})} * 2^{-\frac{20}{14,4}}}$$

$$\frac{N_{0(238\text{Pu})}}{N_{0(241\text{Pu})}} = \frac{2^{-\frac{20}{14,4}}}{2^{-\frac{20}{87,74}}} = \frac{2^{-1,39}}{2^{-0,23}} = 2^{-1,39+0,23} = 2^{-1,16} = 0,45$$

$$\frac{N_{0(241\text{Pu})}}{N_{0(238\text{Pu})}} = \frac{1}{0,45} = 2,22$$

То есть, плутония-241 надо взять в 2,22 раза больше, чем плутония-238.