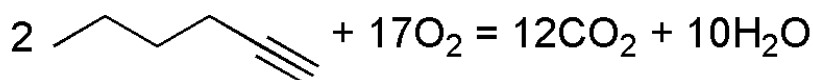
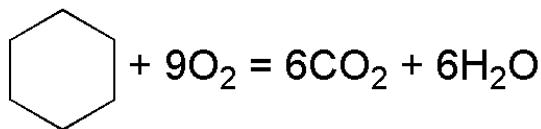


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
2022-2023 УЧЕБНЫЙ ГОД
10 КЛАСС
 Решения

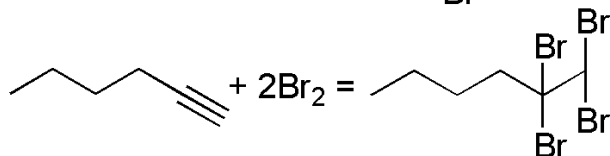
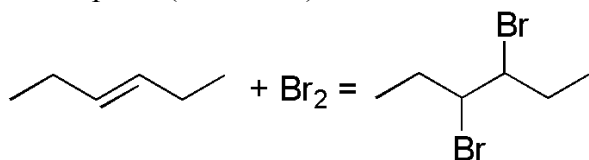
Задача 1.

Запишем уравнения всех протекающих реакций.

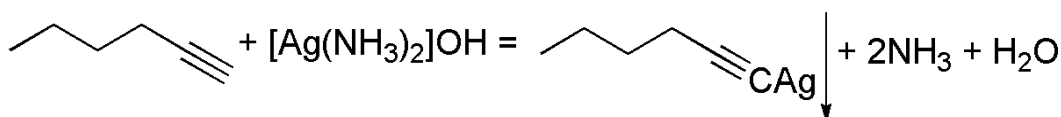
Сжигание:



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:

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

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

Зная, что исходная смесь способна присоединить 112 г Br_2 , установим $\nu(\text{гексена-3})$:

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

На реакцию с гексином-1 нужно вдвое больше брома. Количество вещества брома, пошедшего на реакцию с гексином-1 в таком случае равно $0,2 \text{ моль} * 2 = 0,4 \text{ моль}$. 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:

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

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

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

Найдем массовые доли углеводородов в исходной смеси:

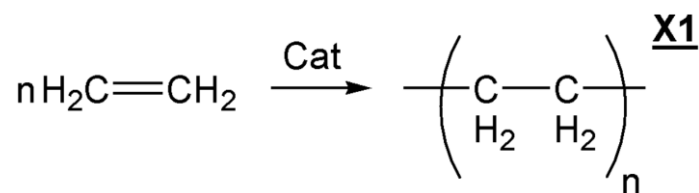
$$w(\text{циклогексана}) = 8,4 \text{ г} / (8,4 + 25,2 + 16,4 \text{ г}) = 0,168$$

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

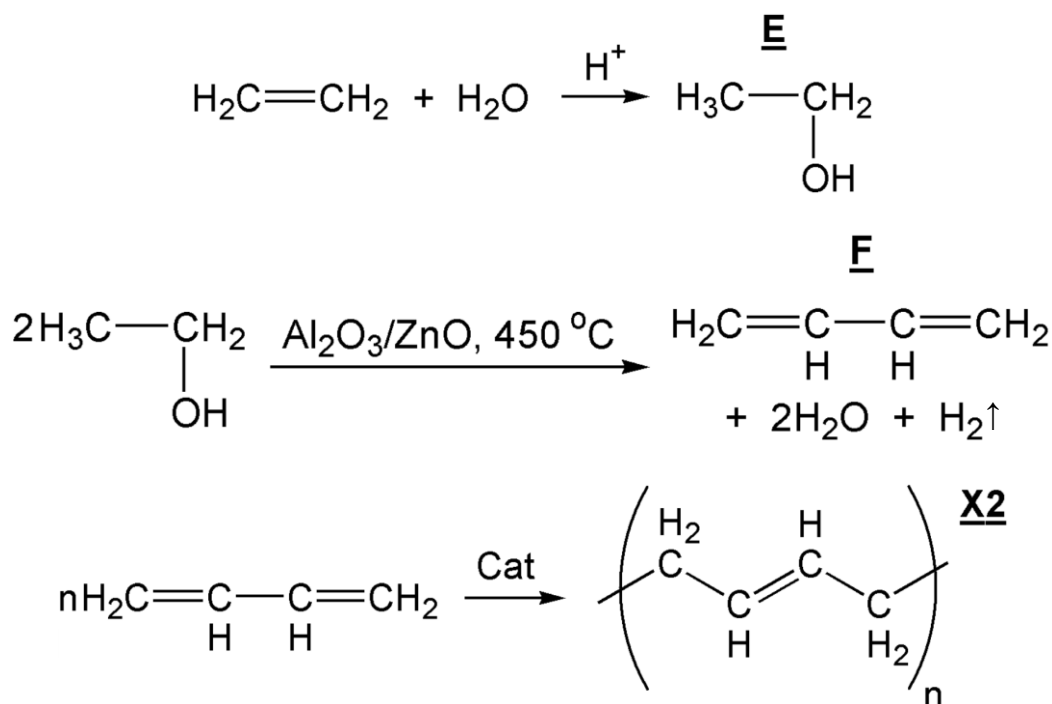
$$w(\text{гексина-1}) = 16,4 \text{ г} / (8,4 + 25,2 + 16,4 \text{ г}) = 0,328$$

Задача 2.

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

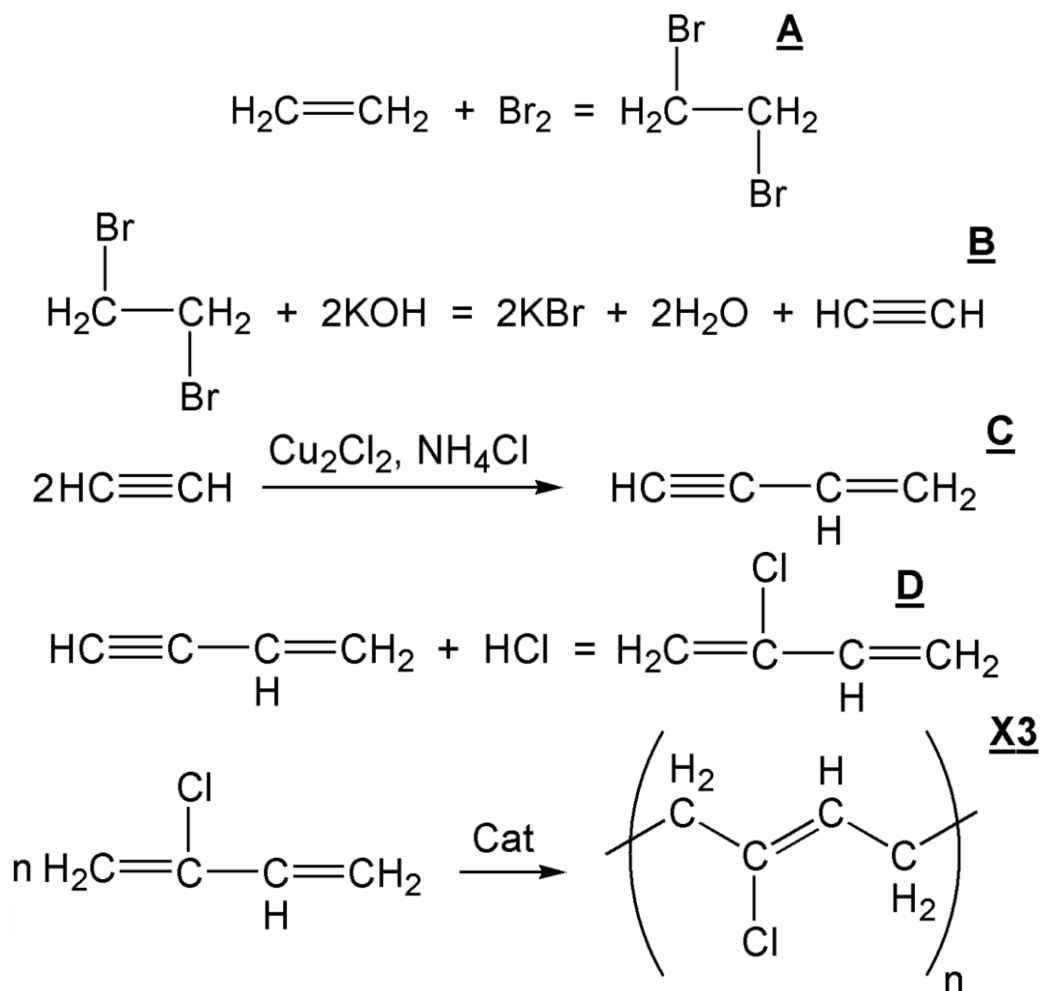


При обработке этилена водой в кислой среде происходит его гидратация с образованием этанола **E**. При пропускании паров **E** над оксидными катализаторами при нагревании он вступает в реакцию Лебедева с образованием бутадиена-1,3 – соединения **F**. Последний полимеризуется по типу «голова к хвосту» 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 HBr с образованием ацетилена **B**. Катализируемая Cu_2Cl_2 и NH_4Cl димеризация ацетилена приводит к винилацетилену **C**, далее присоединяющему HCl с образованием хлоропрена **D** – важного мономера, образующего в процессе полимеризации неопрен **X3**:



(11 баллов)

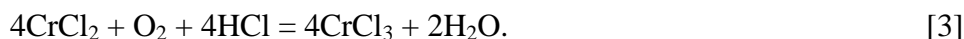
Задача 3.

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 Na_2XO_4 – это хром. Он реагирует с разбавленными HCl и H_2SO_4 с образованием солей Cr(II) и выделением водорода:



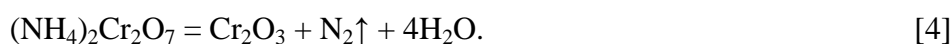
(6 баллов)

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 Cr_2O_3 , азота и воды:



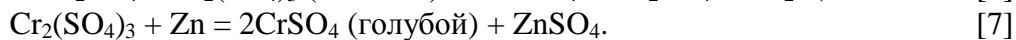
(4 балла)

При добавлении серной кислоты к водному раствору хромата натрия Na_2CrO_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 CrCl_3 , который затем восстанавливается дальше с образованием голубого раствора CrCl_2 :



(4 балла)

Если же к дихромату добавить NaOH , он снова перейдёт в хромат:



(3 балла)

Задача 4.

1. Установим формулу соединения **A**:

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

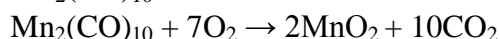
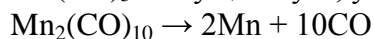
$$x : y : z = 28,2/55 : 30,8/12 : 41,0/16$$

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

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

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

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



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

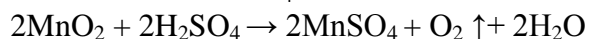
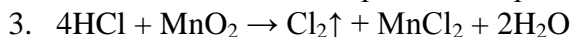
B – Mn, марганец

C – CO, монооксид углерода, угарный газ

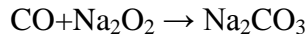
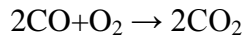
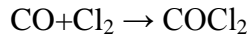
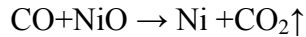
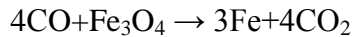
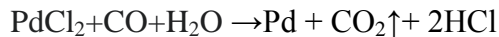
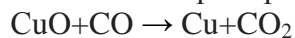
D – MnO_2 , диоксид марганца

E – CO_2 , диоксид углерода, углекислый газ

2. Степень окисления марганца в карбониле марганца составляет 0.



4. Возможные примеры, демонстрирующие восстановительную способность CO:



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

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

По условию задачи известно, что при разложении **F** масса образующегося металла **G** меньше массы **F** 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 **G** – железо (Fe) \Rightarrow **F** – $Fe(CO)_5$.

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}S (период полураспада - 2100 часов = 87,5 дней), ^{192}Ir (период полураспада - $6,4 \cdot 10^6$ секунд = 74,1 день) и ^{210}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}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}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}S :

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

Соответственно для ^{192}Ir :

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

Соответственно для ^{210}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.

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

Критерии оценивания

Задача 1.

1. Уравнения реакций по условию задачи – *по 1,5 балла (всего 9 баллов)*.
2. Определение массовых долей циклогексана, гексена-3 и гексина-1 в исходной смеси – *по 3 балла (всего 9 баллов)*.

Итого 18 баллов

Задача 2.

1. Установление строения соединений **A, B, C, D, E, F, X1** – *по 1 баллу (всего 7 баллов)*.
2. Уравнения реакций образования **A, B, C, D, E, F, X1** – *по 1 баллу (всего 7 баллов)*.
3. Установление строения соединений **X2** и **X3** – *по 1,5 балла (всего 3 балла)*.
4. Уравнения реакций образования **X2** и **X3** – *по 1,5 балла (всего 3 балла)*.

Итого 20 баллов

Задача 3.

1. Установление элемента **X** – *2 балла*.
2. Уравнения реакций 1, 2, 3, 4, 6 и 7 – *по 2 балла (всего 12 баллов), без коэффициентов – по 1 баллу*.
3. За название дихромата аммония – *2 балла*.
4. Уравнение реакций 5 и 8 – *по 3 балла (всего 6 баллов), без коэффициентов – по 1,5 балла*.

Итого 22 балла

Задача 4.

1. За верное установление формулы соединения **A** – 4 балла; За верное установление веществ **B, C, D, E** – по 1 баллу – 4 балла;
2. За верное указание степени окисления металла, входящего в состав карбонила марганца – 2 балла;
3. За верное написание уравнения реакции **D** с концентрированными соляной и серной кислотами – по 2 балла – 4 балла;
4. За верное указание трех примеров, в которых **C** проявляет свойства восстановителя – по 1 баллу – 3 балла;
5. За верное установление формулы веществ **F** и **G** – за **F** – 2 балла, за **G** – 1 балл – 3 балла.

Итого: 20 баллов

Итого 20 баллов

Задача 5.

1. За верное установление периода полураспада (в днях) – 2 балла (без расчета – 1 балл);
2. За верное установление времени, за которое распадется 90% ядер – 2 балла (без расчета – 1 балл);
3. За верное установление, какого изотопа останется меньше всех через некоторое время – 2 балла (без расчета – 1 балл);

За верное установление, какого изотопа останется больше всех через некоторое время – 2 балла (без расчета – 1 балл);

За верное установление времени, необходимого распада 85% атомов для каждого из изотопов – по 2 балла (без расчета – по 1 баллу) – 6 баллов.

Итого за пункт – 10 баллов.

4. За верное установление времени, за которое количество изотопа плутоний-238 будет в два раза превышать плутоний-241– 3 балла (без расчета – 1,5 балла);

За верное установление соотношения изотопов плутоний-238 и плутоний-241, которое нужно взять, чтобы через 20 лет их соотношение составило бы 1 к 1 – 3 балла (без расчета – 1,5 балла).

Итого за пункт – 6 баллов.

Итого 20 баллов