

**Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии  
для 11 класса**

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

**Задание № 1.1**

**Общее условие:**

*«Слово ром и слово смерть для вас означают одно и то же»*

Добродушный доктор Ливси предостерёг старого пирата Билли Бонса от употребления рома. Однако морской волк пренебрёг советом доктора и продолжил пить ром. Организм Билли Бонса перерабатывает физиологически активный компонент рома по реакции нулевого порядка, для которой выполняется соотношение  $C = C_0 - kt$ , где  $C$  — концентрация компонента в жидкостях организма в объёмных процентах в момент времени  $t$ ,  $C_0$  — его начальная концентрация,  $k$  — константа скорости реакции, равная  $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$ ,  $t$  — прошедшее время. Объём жидкости в организме старого пирата равен 45 литрам; известно, что Бонс осушил бутылку с 400 мл рома с концентрацией 60 % по объёму.



Доктор Ливси предупредил, что если концентрация активного компонента в организме будет выше 0.5 % по объёму, то пирату несдобровать.

**Условие:**

Превысил ли Билли Бонс порог, о котором говорил доктор Ливси?

**Ответ:**

- Да
- Нет
- Невозможно определить

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Через какое время концентрация активного компонента в организме упадет вдвое? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [17; 18]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение.*

Найдём концентрацию активного компонента рома в теле Билли Бонса после употребления напитка:  $C_0 = \frac{0.4 \cdot 0.6}{45 + 0.4} = 0.0053 = 0.53\%$  по объёму => старому пирату несдобровать, так как он превысил порог, о котором говорил доктор Ливси.

Рассчитаем, через какое время концентрация активного компонента рома в теле Билли Бонса упадёт вдвое:

$$C = C_0 - kt, \text{ но } C = 0.5C_0 \Rightarrow 0.5C_0 = kt \Rightarrow t = 1060 \text{ мин} \sim 18 \text{ ч}$$

## Задание № 1.2

---

### Общее условие:

*«Слово ром и слово смерть для вас означают одно и то же»*

Добродушный доктор Ливси предостерёг старого пирата Билли Бонса от употребления рома. Однако морской волк пренебрёг советом доктора и продолжил пить ром. Организм Билли Бонса перерабатывает физиологически активный компонент рома по реакции нулевого порядка, для которой выполняется соотношение  $C = C_0 - kt$ , где  $C$  — концентрация компонента в жидкостях организма в объёмных процентах в момент времени  $t$ ,  $C_0$  — его начальная концентрация,  $k$  — константа скорости реакции, равная  $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$ ,  $t$  — прошедшее время. Объём жидкости в организме старого пирата равен 55 литрам; известно, что Бонс осушил бутылку с 600 мл рома с концентрацией 60 % по объёму.



Доктор Ливси предупредил, что если концентрация активного компонента в организме будет выше 0.5 % по объёму, то пирату несдобровать.

### Условие:

Превысил ли Билли Бонс порог, о котором говорил доктор Ливси?

**Ответ:**

- Да
- Нет
- Невозможно определить

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Через какое время концентрация активного компонента в организме упадет вдвое? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [21; 22]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 1.1*

### Задание № 1.3

---

#### Общее условие:

*«Слово ром и слово смерть для вас означают одно и то же»*

Добродушный доктор Ливси предостерёг старого пирата Билли Бонса от употребления рома. Однако морской волк пренебрёг советом доктора и продолжил пить ром. Организм Билли Бонса перерабатывает физиологически активный компонент рома по реакции нулевого порядка, для которой выполняется соотношение  $C = C_0 - kt$ , где  $C$  — концентрация компонента в жидкостях организма в объёмных процентах в момент времени  $t$ ,  $C_0$  — его начальная концентрация,  $k$  — константа скорости реакции, равная  $2.5 \cdot 10^{-4}$  мин<sup>-1</sup>,  $t$  — прошедшее время. Объём жидкости в организме старого пирата равен 60 литрам; известно, что Бонс осушил бутылку с 700 мл рома с концентрацией 60 % по объёму.



Доктор Ливси предупредил, что если концентрация активного компонента в организме будет выше 0.5 % по объёму, то пирату несдобровать.

#### Условие:

Превысил ли Билли Бонс порог, о котором говорил доктор Ливси?

**Ответ:**

- Да
- Нет
- Невозможно определить

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Через какое время концентрация активного компонента в организме упадет вдвое? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [23; 24]

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 1.1*

## Задание № 2

### Условие:

Установите соответствие между анаграммами названий (систематических или тривиальных) химических веществ и их формулами. Например: курносый мопед —  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (анаграмма тривиального названия «медный купорос»).

*Анаграммы — перестановки букв в словах или словосочетаниях, приводящие к появлению новых слов или словосочетаний, при этом слов может стать больше или меньше, строчные буквы могут стать заглавными или наоборот.*

### Ответ:

Красноярская вольная	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
Обслуга вольера	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Дом Хиллари	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$
Неофитка Ляля	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}$
Свирепый Днестр	$\text{CH}_3\text{OH}$
Дикая Лиза	$\text{KN}_3$

**За каждую верную пару — 1 балл, всего — 6 баллов**

*Решение.*

Красноярская вольная — красная кровяная соль —  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Обслуга вольера — глауберова соль —  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Дом Хиллари — амилхлорид —  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$

Неофитка Ляля — фенолят калия —  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}$

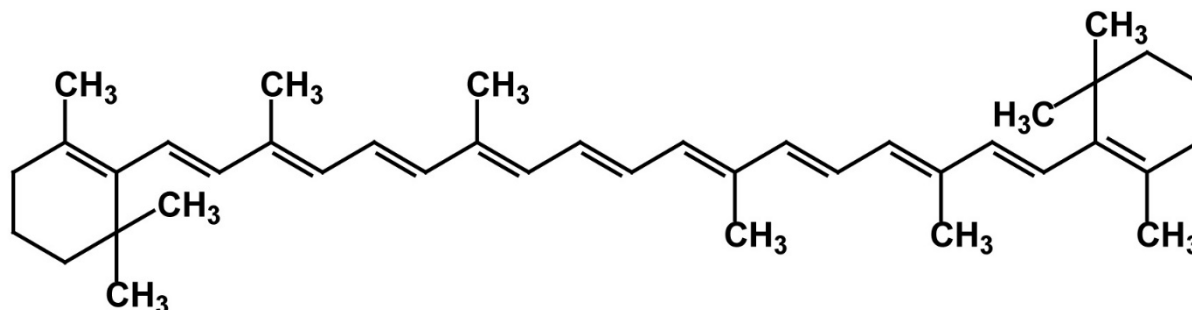
Свирепый Днестр — древесный спирт —  $\text{CH}_3\text{OH}$

Дикая Лиза — азид калия —  $\text{KN}_3$

### Задание № 3

#### Условие:

Дана структурная формула  $\alpha$ -каротина, предшественника витамина А.



Выберите реактивы, с которыми способен взаимодействовать  $\alpha$ -каротин:

#### Ответ:

- $\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{Ag}_2\text{O}/\text{NH}_3$
- $\text{PCl}_5$
- $\text{H}_2/\text{Pd}$
- $\text{Br}_2/\text{CCl}_4$
- $\text{NaOH}$
- $\text{O}_2$
- $\text{Cu}(\text{OH})_2$

За каждый верный ответ — 1 балл

При выборе более 4 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 4 баллов

*Решение.*

Молекула  $\alpha$ -каротина содержит большое число двойных связей, поэтому для неё будут характерны реакции алкенов: окисление перманганатом калия,

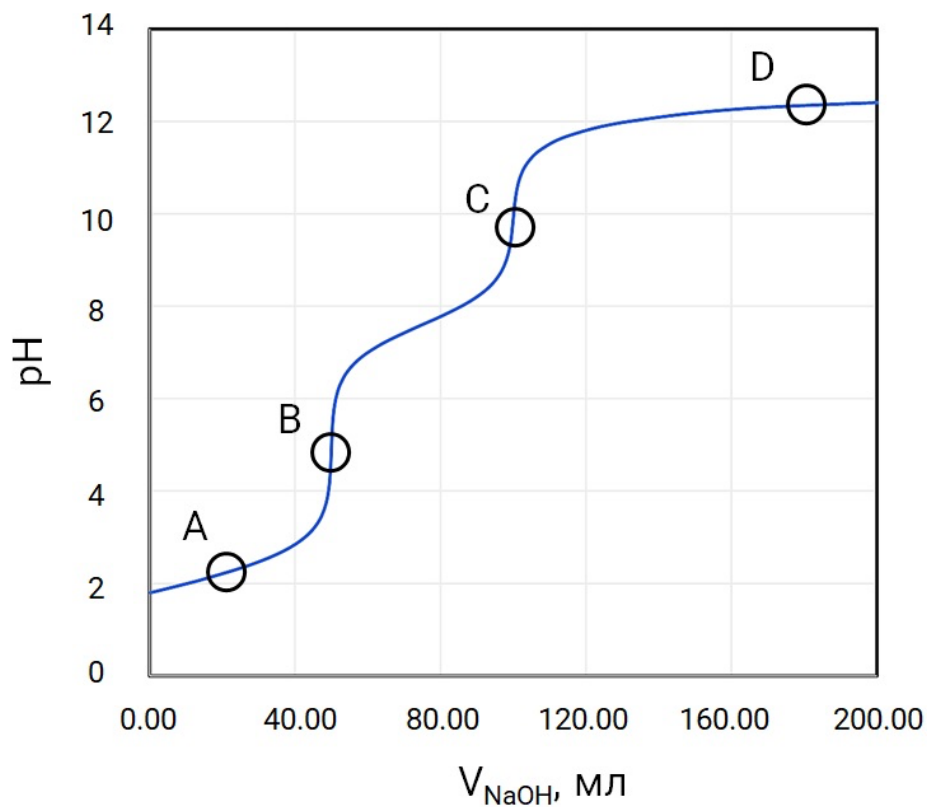


гидрирование, присоединение брома. Как и практически любая органическая молекула, она также способна гореть в присутствии кислорода.

## Задание № 4

### Общее условие:

Дана кривая титрования щелочью трёхосновной кислоты  $H_3A$ .



### Условие:

Установите соответствие между точками на кривой титрования и формой кислоты с наибольшей концентрацией в растворе.

### Ответ:

$A^{3-}$	D
$HA^{2-}$	C
$H_2A^-$	B
$H_3A$	A

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 4 балла

**Условие:**

Какая из этих точек соответствует буферному раствору?

**Ответ:**

- A
- B
- C
- D

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение.*

По мере добавления щёлочи происходит последовательное отщепление протонов от молекулы кислоты в порядке  $\text{H}_3\text{A} \rightarrow \text{H}_2\text{A}^- \rightarrow \text{HA}^{2-} \rightarrow \text{A}^{3-}$ .

Точки эквивалентности B и C соответствуют превращению кислоты в  $\text{H}_2\text{A}^-$  и  $\text{HA}^{2-}$  соответственно. В точке D в растворе содержится избыток щёлочи и преобладает форма  $\text{A}^{3-}$ . В точке A к раствору кислоты добавлено меньше половины от эквимольного количества щёлочи, поэтому в растворе преобладает форма  $\text{H}_3\text{A}$ .

## Задание № 5

---

### Условие:

Ваша мама нашла в кладовой чайник, который вы теперь хотите приспособить на даче. Однако из-за длительного использования для кипячения воды из-под крана на стенках чайника образовался налёт. Из перечисленных подручных средств выберите все те, которые помогут избавиться от налёта:



### Ответ:

- Уксусная кислота
- Нашатырный спирт
- Ром
- Лимонная кислота
- Поваренная соль
- Сахар

**За каждый верный ответ — 1.5 балла**

**Штраф за каждый неверный ответ — 1.5 балла**

**При выборе более 3 пунктов — 0 баллов**

**Максимальный балл за задание — 3 балла**

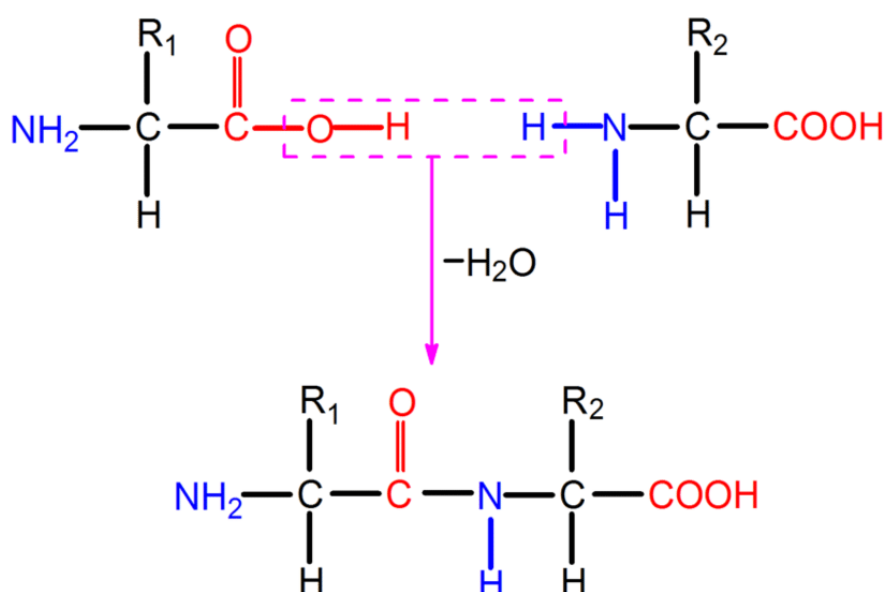
*Решение.*

Накипь преимущественно состоит из карбонатов магния и кальция, которые растворимы в кислотах. Поэтому следует взять уксусную или лимонную кислоту, остальные вещества не смогут растворить накипь.

## Задание № 6

### Общее условие:

20 природных аминокислот, кодируемых стандартным генетическим кодом и различающихся строением заместителя R при  $\alpha$ -атоме углерода, называют каноническими или протеиногенными. При конденсации аминокислот друг с другом с отщеплением воды образуются пептиды. Из двух аминокислот получают дипептиды, из трёх — трипептиды и т.д.



### Условие:

Сколько линейных дипептидов можно составить, используя только канонические аминокислоты?

**Ответ:** 400

**Точное совпадение ответа — 1.5 балла**

### Условие

Сколько циклических дипептидов, которые получают при отщеплении воды от концевых групп линейных дипептидов, можно составить, используя только канонические аминокислоты?

**Ответ:** 210

**Точное совпадение ответа — 1.5 балла**

**Условие:**

Сколько существует линейных пентапептидов, образованных каноническими аминокислотами без повторений аминокислот внутри одного пептида?

**Ответ:** 1860480

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение.*

В первом случае есть 20 вариантов выбрать первую аминокислоту и 20 вариантов выбрать вторую, что даёт 400 комбинаций.

В случае циклизации таких дипептидов последовательности А–В и В–А, различимые в первом варианте, дадут одинаковые циклические дипептиды. Это не будет распространяться на симметричные дипептиды А–А, которые имеет смысл посчитать отдельно. Тогда число вариантов —  $20$  (симметричные) +  $20 \cdot 19 / 2 = 210$ .

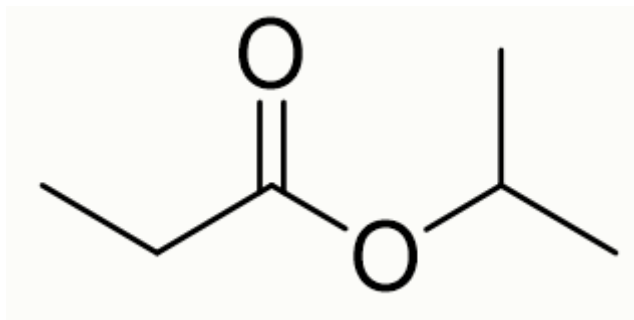
В третьем случае есть 20 вариантов выбрать первую аминокислоту, 19 — выбрать вторую, 18 — выбрать третью, 17 — выбрать четвёртую и 16 — выбрать пятую. Число комбинаций равно произведению этих чисел — 1860480.

## Задание № 7

---

### Общее условие:

Алкен **A** окислили перманганатом калия в кислой среде с образованием продуктов **B** и **C**. Продукт **C** восстановили с образованием вещества **D**. В реакции **D** с веществом **B** в присутствии небольшого количества серной кислоты образуется **E**, структура которого изображена ниже:



### Условие:

Что представляют из себя вещества **B** и **C**?

### Ответ:

- кислота и спирт
- кислота и кетон
- кислота и альдегид
- две кислоты

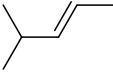
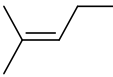
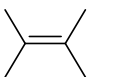
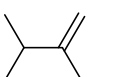
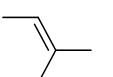
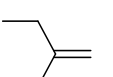
**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Выберите возможную структуру алкена **A**:



**Ответ:**

- 
- 
- 
- 
- 
- 

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Сложные эфиры образуются в ходе взаимодействия спирта и карбоновой кислоты. Если гидролизовать приведённый в условии эфир, образуются пропановая кислота и пропанол-2. Продуктом восстановления может быть только спирт, тогда D — это пропанол-2. Это вещество может быть продуктом восстановления ацетона (C).

Чтобы в результате окисления алкена образовались ацетон и пропановая кислота, алкен А должен иметь структуру 2-метилпентена-2.

## Задание № 8

---

### Общее условие:

Образец бесцветной соли массой 0.228 г нагрели до температуры чуть больше 100 °С, в результате чего она разложилась со взрывом с образованием газа и 0.162 г твёрдого остатка металла, легко растворяющегося в разбавленной азотной кислоте. Выделившийся при разложении газ объёмом 33.6 мл (н.у.) вызывает помутнение известковой воды.

### Условие:

Запишите формулу выделившегося при разложении газа.

**Ответ:** CO<sub>2</sub>

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

### Условие:

Запишите химический символ выделившегося при разложении металла.

**Ответ:** Ag

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Запишите первую букву в русском тривиальном названии кислоты, которой образована исходная соль.

**Ответ:** Щ

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Проще всего сразу предположить, что при разложении соли выделился углекислый газ  $\text{CO}_2$ . Из объёма газа найдём его количество:

$$v_{\text{(газа)}} = \frac{0.0336}{22.4} = 0.0015 \text{ моль.}$$

Таким образом, соль состоит только из атомов металла, углерода и кислорода.

Найдём массовую долю металла и « $\text{CO}_2$ » фрагмента:

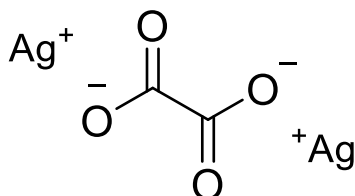
$$\omega_{\text{металла}} = \frac{0.162}{0.228} = 0.711, \quad \omega(\text{CO}_2) = 1 - 0.711 = 0.289.$$

Найдём молярную массу исходной соли:

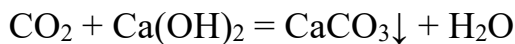
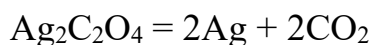
$$M_{\text{(соли)}} = \frac{0.228}{0.0015} = 152 \text{ г/моль, что соответствует одному «CO}_2\text{» фрагменту}$$

и металлу с молярной массой:  $M_{\text{(соли)}} = 152 - 44 = 108 \text{ г/моль}$ . Это молярная масса серебра Ag.

Таким образом, соль имеет состав  $\text{AgCO}_2$ . Такого соединения нет, разумно, что это — серебро, присоединённое к карбоксильной группе. Тогда эти группы логично соединить друг с другом и получить оксалат серебра — соль щавелевой кислоты.



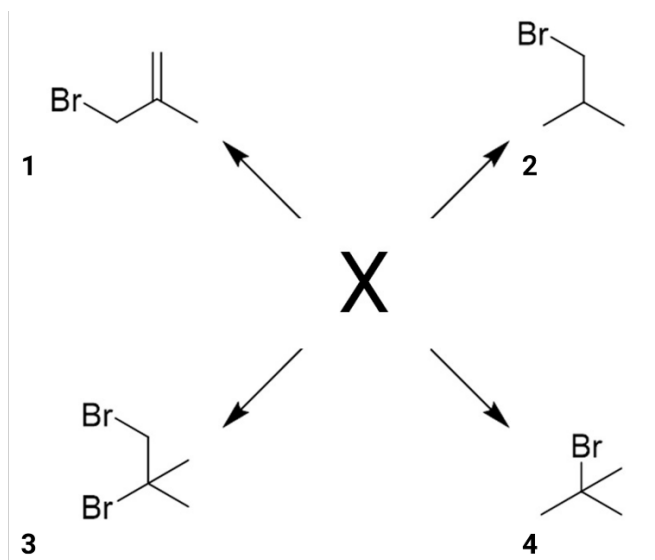
Уравнения реакций:



## Задание № 9

### Условие:

При обработке некоторого вещества X различными реагентами были получены следующие органические продукты:



Установите соответствие между продуктом и условиями, в которых он образуется.

### Ответ:

1	$\text{Br}_2/\text{t}$
2	$\text{HBr}/\text{ROOR}$
3	$\text{Br}_2/\text{CCl}_4$
4	$\text{HBr}/\text{H}_2\text{O}$

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 4 балла

### Решение.

Во всех продуктах угадывается углеродный скелет 2-метилпропана. При этом наличие двойной связи в одном из продуктов, а также условия протекания

многих реакций позволяют предположить, что речь идёт об алкене. Исходное вещество — 2-метилпропен.

Среди продуктов легко узнаётся продукт электрофильного присоединения HBr (HBr/H<sub>2</sub>O). Последнее протекает в соответствии с правилом Марковникова и даёт 2-бром-2-метилпропан.

В продуктах есть ещё один результат присоединения HBr — 1-бром-2-метилпропан. Антимарковниковский продукт образуется при смене механизма реакции на радикальный, что достигается в присутствии перекиси (HBr/ROOR).

1,2-дибром-2-метилпропан — классический продукт электрофильного присоединения брома; реакция осуществляется в инертном растворителе (Br<sub>2</sub>/CCl<sub>4</sub>).

Наконец, оставшийся продукт — 3-бром-2-метилпропен-1 — образуется в радикальных условиях как продукт аллильного замещения водорода с участием радикалов брома. Для проведения этой реакции требуется высокая температура (Br<sub>2</sub>/t).

## Задание № 10

---

### Условие:

Выберите брутто-формулы, которые НЕ могут иметь устойчивые при обычных условиях индивидуальные органические соединения?

### Ответ:

- ✓  $C_3H_7ON_2$
- ✓  $C_2H_{10}O_2$
- $C_3H_7ON_3$
- $C_{20}H_2$
- $C_4H_{13}ON$
- ✓  $C_2H_2O_{10}$

**За каждый верный ответ — 1 балл**

**При выборе более 4 пунктов — 0 баллов**

**Максимальный балл за задание — 3 балла**

### *Решение.*

Алканы имеют формулу  $C_nH_{2n+2}$ . В результате образования двойных связей, циклов и т.д. количество атомов водорода может только уменьшаться. При введении в молекулу трёхвалентного атома азота появляется возможность присоединить дополнительный атом водорода, что нарушает чётность количества водорода в соединении. Введение двухвалентного кислорода никак не влияет на соотношение углерод/водород.

Рассмотрим каждое из веществ подробно.  $C_3H_7ON_2$  содержит нечётное число атомов водорода, но два атома азота — это явное противоречие, так как введение двух атомов азота вновь делает число атомов водорода чётным. Такое вещество существовать не может.

В соединении  $C_2H_{10}O_2$  количество атомов водорода больше, чем в соответствующем алкане  $C_2H_6$ , чего нельзя достичь за счёт валентных возможностей кислорода. Такое вещество существовать не может.

$C_3H_7ON_3$  содержит нечётное количество атомов водорода и азота, что удовлетворяет требованиям валентности. Это вещество существует.

$C_{20}H_2$  может быть получено из соответствующего алкана за счёт образования большого количества тройных связей. Это вещество существует.

$C_4H_{13}ON$  содержит на 3 атома водорода больше, чем соответствующий алкан. Если считать азот трёхвалентным, такая формула не реализуется. Однако азот может проявлять условную валентность V за счёт участия НЭП в образовании связи и образования ионной связи с гидроксид-ионом:  $(CH_3)_4N^+ OH^-$ . Фактическая валентность азота здесь IV, ионные связи не подсчитываются при определении валентности элемента. Это вещество существует.

$C_2H_2O_{10}$  содержит крайне большое число атомов кислорода при небольшом количестве атомов углерода. Хотя формально структуру можно построить с использованием нормальных валентностей элементов, она неизбежно будет содержать множественные пероксидные связи O-O, что обуславливает низкую стабильность. Такое вещество существовать не может.

## Задание № 11.1

---

### Общее условие:

Константа равновесия реакции газофазной реакции:



при некоторых условиях равна 5, а реакции:



при тех же условиях равна 3.

### Условие:

Чему равна константа равновесия реакции:  $2A + 4B = 6C$  при тех же условиях?

**Ответ:** 25

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Чему равна константа равновесия реакции  $2C = 2B + D$  при тех же условиях?

**Ответ:** 0.6

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Если коэффициенты в уравнении реакции изменяются в  $n$  раз, то величина константы равновесия реакции возводится в степень  $n$ . Поэтому константа равна  $5^2 = 25$ .

Уравнение третьей реакции можно получить вычитанием из второго уравнения первого. Константа равновесия третьей реакции может быть получена делением константы равновесия второй реакции на константу равновесия первой:  $K_3 = K_2/K_1 = 0.6$ .

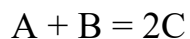


## Задание № 11.2

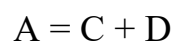
---

**Общее условие:**

Константа равновесия реакции газофазной реакции:



при некоторых условиях равна 10, а реакции:



при тех же условиях равна 15.

**Условие:**

Чему равна константа равновесия реакции:  $2A + 2B = 4C$  при тех же условиях?

**Ответ:** 100

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Чему равна константа равновесия реакции  $C = B + D$  при тех же условиях?

**Ответ:** 1.5

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 11.1*

### Задание № 11.3

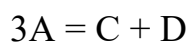
---

**Общее условие:**

Константа равновесия реакции газофазной реакции:



при некоторых условиях равна 8, а реакции:



при тех же условиях равна 4.

**Условие:**

Чему равна константа равновесия реакции:  $4A + 2B = 2C$  при тех же условиях?

**Ответ:** 64

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Чему равна константа равновесия реакции  $A = B + D$  при тех же условиях?

**Ответ:** 0.5

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

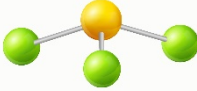
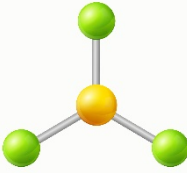
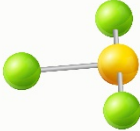
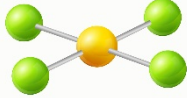
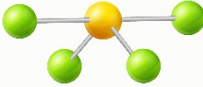
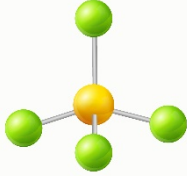
*Решение по аналогии с заданием № 11.1*

## Задание № 12

### Условие:

На рисунке приведены структуры молекул фторидов некоторых элементов. Установите соответствие между структурами и элементами, образующими их центральные атомы.

### Ответ:

P	
B	
Cl	
Xe	
Se	
Ge	

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 3 балла

*Решение.*

Имеющиеся элементы можно сразу разбить на трёх- и четырёхвалентные. Так, Se, Ge и Xe будут образовывать молекулы  $\text{ЭF}_4$ , а Cl, B и P — молекулы  $\text{ЭF}_3$ .

Изображённые структуры значительно отличаются геометрией.

Рассмотрим сначала молекулы  $\text{ЭF}_4$ . Простейшая тетраэдрическая геометрия реализуется, когда у центрального атома не остаётся неподелённых электронных пар (НЭП), что справедливо для германия. При переходе к Se у центрального атома появляется одна НЭП. В этом случае реализуется  $\text{sp}^3\text{d}$ -гибридизация, которая в случае четырёх заместителей даёт геометрию дисфеноида. В случае ксенона (2 НЭП) —  $\text{sp}^3\text{d}^2$ -гибридизация и геометрия «плоский квадрат».

В случае  $\text{ЭF}_3$  форма плоского треугольника реализуется, когда центральный атом не имеет НЭП — это бор. Появление одной НЭП выводит атомы фтора из плоскости, приводя к пирамидальной молекуле — фосфор. Наконец, Т-образная геометрия реализуется при наличии двух НЭП и трёх заместителей у центрального атома — это случай хлора.