

## Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 11 класса

2024/25 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

### Задание № 1.1

---

#### Общее условие:

В основе демонстрационного опыта «фонтан», который так любят проводить на различных студенческих практикумах, лежит способность газа X растворяться в воде. Для получения этого газа к поваренной соли добавляют концентрированную серную кислоту и выделяющийся газ X собирают в колбу. В горлышко колбы вставляют пробку с газоотводной резиновой трубкой, которую затем опускают в сосуд с водой, обычно подкрашенной лакмусом или другим кислотно-основным индикатором.



#### Условие:

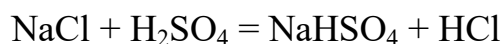
Запишите формулу газа X.

**Ответ:** HCl

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

*Решение:*

При взаимодействии NaCl и концентрированной серной кислоты может выделиться только один газ — хлороводород  $X = \text{HCl}$ .



**Условие:**

Выберите цвет лакмуса в чистой воде.

**Ответ:**

- Красный
- Фиолетовый
- Синий

**Точное совпадение ответа — 0.5 балла**

**Условие:**

Выберите цвет лакмуса после растворения газа X:

**Ответ:**

- Красный
- Фиолетовый
- Синий

**Точное совпадение ответа — 0.5 балла**

**Максимальный балл за задание — 2.5**

*Решение:*

В нейтральной среде (чистая вода) лакмус фиолетовый, а в кислой среде (после растворения HCl) — красного цвета.

## Задание № 2.1

---

### Общее условие:

В скорую медицинскую помощь (СМП) поступил вызов: мужчина 32 года, внезапная потеря сознания, страдает сахарным диабетом, использует инсулин. Звонивший считает, что потеря сознания связана с недавней физической нагрузкой пострадавшего. Исходя из анамнеза, врач СМП предположил, что у пациента гипогликемическая кома. Врачу скорой помощи необходимо ввести пациенту раствор глюкозы объёмом 50 мл. Плотности всех жидкостей, кроме раствора глюкозы, считайте равными 1 г/мл.

### Условие:

Определите массу глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ), необходимую для приготовления 50 мл её раствора с концентрацией 400 мг/мл плотностью 1.1475 г/мл. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 20

**Точное совпадение ответа — 2.5 балла**

*Решение.*

Массу глюкозы можно рассчитать исходя из её концентрации:

$$m(C_6H_{12}O_6) = 50 \cdot 400 \div 1000 = 20 \text{ г.}$$

### Условие:

Определите массовую долю глюкозы в этом растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

**Ответ:** 34.9

**Точное совпадение ответа — 2.5 балла**

**Максимальный балл за задание — 5**

*Решение.*

Зная массу раствора  $m_{\text{р-ра}} = 50 \cdot 1.1475 = 57.4$  г, можно найти массовую долю ГЛЮКОЗЫ:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 20 \div 57.4 = 34.9 \%$$

## Матрица ответов к версиям задания 2

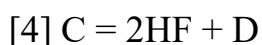
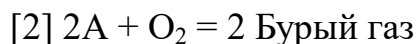
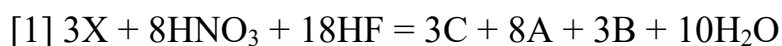
<b>№ задания</b>	<b>Плотность раствора</b>	<b>Ответ</b>
2.1	1.1	36.4
2.2	1.11	36.0
2.3	1.12	35.7
2.4	1.13	35.4
2.5	1.14	35.1
2.6	1.15	34.8

### Задание № 3.1

---

#### Общее условие:

Бинарное вещество X — основной компонент редчайшего минерала, который можно найти только в ничтожных количествах в некоторых метеоритах и горных породах. Вещество X химически весьма инертное, его мелкий порошок медленно растворяется [1] в силициевой водке (смесь концентрированных кислот  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HF}$ ) с образованием бесцветного газа A чуть легче воздуха, моментально буреющего [2] при соприкосновении с атмосферой. Помимо газа A, в этой реакции образуется бесцветный газ B, при пропускании которого через избыток известковой воды образуется белый осадок [3] с массовым содержанием кальция 40.00 %. Наконец, помимо газов A и B, в растворе образуется двухосновная комплексная кислота C, которая не может существовать в чистом виде. При упаривании раствора эта кислота разлагается [4] с образованием двухэлементного газа D с массовым содержанием фтора 73.08 %. Уравнения протекающих реакций приведены ниже.



#### Условие:

Определите формулы веществ A — D. Запишите молярную массу каждого соединения.

#### Ответ:

A	30
B	44
C	144
D	104

**За каждый верный ответ — 1 балл**

*Решение.*

Единственным газом легче воздуха, буреющим на воздухе является оксид азота (II)  $A = NO$ , который к тому же является продуктом восстановления азотной кислоты. Отметим, что в продуктах реакции [1] находится и значительное количество оксида азота (IV), соотношение и природа продуктов восстановления азотной кислоты сильно зависит от условий проведения реакции, таких как температура или концентрации кислот. При взаимодействии газа В с гидроксидом кальция образуется осадок с молярной массой равной  $40 \div 0.4 = 100$  г/моль в расчёте на 1 атом кальция, что соответствует карбонату кальция, тогда  $B = CO_2$ . Определим вещество D, его молярная масса в расчёте на  $x$  атомов фтора равна  $19x \div 0.7308 = 26x$ . Поскольку D — бинарное вещество, то его формулу можно записать как  $\text{ЭF}_x$ , где Э — неизвестный элемент. Тогда  $M(D) = M(\text{Э}) + 19x = 26x \Rightarrow M(\text{Э}) = 7x$ . Единственный разумный вариант получаем при  $x = 4$  и тогда  $D = SiF_4$ . Тогда кислота  $C = H_2[SiF_6]$ .

**Условие:**

Запишите формулу вещества X, если из его навески массой 10 г можно получить 5.6 л газа В и 5.6 л газа D. Объёмы измерены при нормальных условиях.

**Ответ:** SiC

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 6**

*Решение.*

Известно, что из 10 г вещества X можно получить  $5.6 \div 22.4 = 0.25$  моль  $CO_2$  и 0.25 моль  $SiF_4$  из чего следует  $X = SiC$ , поскольку элементы находятся в эквимолярном количестве, X — бинарное вещество, а кремний и углерод могут взяться только из вещества X.

## Задание № 4.1

---

### Условие:

На рынке представлено большое количество различных газированных лимонадов. В их составе можно обнаружить разнообразные органические и неорганические соединения. Выберите вещества, которые можно встретить в составе среднестатистического газированного лимонада.

### Ответ:

- Этиловый спирт
- Бензоат натрия
- Фосфорная кислота
- Аспартам
- Углекислый газ
- Крахмал
- Карбонат кальция
- Анилиновый чёрный
- Лимонная кислота
- Сахар
- Азот
- Умами

**За каждый верный ответ — 0.5 балла**

**За каждую ошибку снимается 0.5 балла**

**Максимальный балл за задание — 3**

### *Решение.*

В состав напитков часто входит бензоат натрия, использующийся как консервант. Лимонная и фосфорная кислота придают напиткам кислый и терпкий вкус. Газацию напитка проводят с помощью углекислого газа, сладость напитка обеспечивается сахаром или подсластителем, например аспартамом.



## Задание № 5.1

---

### Общее условие:

Один из основоположников химической кинетики, знаменитый учёный Якоб Хендрик Вант-Гофф предложил простое эмпирическое правило, учитывающее влияние температуры на скорость химической реакции (теперь оно известно, как правило Вант-Гоффа): «При изменении температуры на 10 градусов скорость гомогенной реакции может изменяться в 2 – 4 раза (коэффициент  $\gamma$ ) в зависимости от природы реагирующих веществ и выбранного интервала температур». Это правило выражает уравнение:

$$W(T_2) = W(T_1) \cdot \gamma^{(T_2 - T_1) / 10}$$

где  $W(T_1)$  и  $W(T_2)$  — скорости реакции при температурах  $T_1$  и  $T_2$ . На бутылке с молоком указан срок годности 2 недели при температуре 4 °С. Скорость скисания обратно пропорциональна сроку годности  $W \sim 1 / t$ , где  $t$  — срок годности.

### Условие:

За сколько дней испортится молоко при стоянии на солнце при температуре 30 °С? Считайте, что скорость прокисания молока увеличивается в 2.5 раза при увеличении температуры на 10 градусов Цельсия. Ответ выразите в сутках, округлите до целых.

**Ответ:** 1.0

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

Подставим данные задачи в уравнение правила Вант-Гоффа:

$$W(T_2) = W(T_1) \cdot \gamma^{(T_2 - T_1) / 10} \Rightarrow 1 / t = 1 / 14 \cdot 2.5^{(30 - 4) / 10} \Rightarrow t = 1.3 \text{ дня.}$$

### Матрица ответов к версиям задания 5

<b>№ задания</b>	<b>Температура</b>	<b>Ответ</b>
<b>5.1</b>	24	2.2
<b>5.2</b>	26	1.9
<b>5.3</b>	28	1.6
<b>5.4</b>	30	1.3
<b>5.5</b>	32	1.1
<b>5.6</b>	34	0.9
<b>5.7</b>	36	0.7

## Задание № 6.1

---

### Общее условие:

подавляющее большинство химических реакций являются обратимыми, то есть протекающими в двух противоположных направлениях. Например, кажущаяся необратимой реакция образования хлорида серебра при взаимодействии водных растворов хлорида натрия и нитрата серебра на самом деле тоже является обратимой. При добавлении к хлориду серебра крепкого раствора щёлочи хлорид серебра превращается в тёмно-коричневый осадок X.

### Условие:

Запишите формулу вещества X.

**Ответ:** Ag<sub>2</sub>O

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

*Решение.*

При взаимодействии хлорида серебра со щёлочью образуется оксид серебра по реакции:



### Условие:

Выберите реагенты, которые приводят к растворению осадка X. Среди продуктов реакции не должно быть осадка.

### Ответ:

- Водный раствор аммиака
- Ацетилен
- Тиосульфат натрия
- Разбавленная серная кислота

- Сульфид натрия
- ✓ Концентрированная соляная кислота

**За каждый верный ответ — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

Хлорид серебра можно растворить за счёт связывания серебра в комплекс, например,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{AgCl}_2]^-$  и  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ .

## Задание № 7.1

---

### Общее условие:

Ниже представлено описание реакций получения четырёх газов  $X_1$  —  $X_4$ , плотность которых одинакова при нормальных условиях и равняется 1.25 г/л.

$X_1$ : гидрирование ацетилена на отравленном катализаторе;

$X_2$ : проведение обменной реакции между гидридом натрия и фторидом бора;

$X_3$ : кипячение водного раствора нитрита аммония;

$X_4$ : нагревание смеси муравьиной кислоты с концентрированной серной кислотой.

### Условие:

Запишите формулы веществ  $X_1$  —  $X_4$ .

### Ответ:

$X_1$	$C_2H_4$
$X_2$	$B_2H_6$
$X_3$	$N_2$
$X_4$	$CO$

За каждый верный ответ — 1 балл

### Решение.

Один моль газа будет иметь массу  $1.25 \cdot 22.4 = 28$  г, что и является его молярной массой по определению. Гидрирование ацетилена на отравленном катализаторе ( $Pd/BaSO_4$ , хинолин) приводит к образованию этилена:  $C_2H_2 + H_2 = C_2H_4$ .

Указание на обменную реакцию между  $NaNH_2$  и  $BF_3$  наводит на мысль об образовании  $BH_3$ , но последний существует в виде димера  $B_2H_6$ :  $6NaNH_2 + 2BF_3 = B_2H_6 + 6NaF$ . Известно, что при нагревании нитрита аммония образуется азот.

Об азоте также нетрудно догадаться, учитывая, что молярная масса газа

должна быть равна 28 г/моль:  $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ . Наконец, в последней реакции концентрированная серная кислота выступает в качестве водоотнимающего агента:  $\text{HCOOH} = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ .

**Условие:**

Ещё один необычный газ Y может быть получен при взаимодействии бинарных газов  $Y_1$  и  $Y_2$  с плотностями по водороду 18.25 и 17 соответственно. Вещество Y является продуктом реакции соединения. Запишите формулы веществ Y,  $Y_1$  и  $Y_2$ .

**Ответ:**

Y	$\text{PH}_4\text{Cl}$ (1 балл)
$Y_1$	$\text{HCl}$ (0.5 балла)
$Y_2$	$\text{PH}_3$ (0.5 балла)

*Решение.*

Рассчитаем молярные массы газов:  $M(Y_1) = 18.25 \cdot 2 = 36.5$  г/моль,  $M(Y_2) = 17 \cdot 2 = 34$  г/моль. Молярная масса  $Y_1$  намекает на присутствие хлора, тогда  $Y_1 = \text{HCl}$ . Предположим, что в состав второго газа также входит водород, тогда это  $\text{H}_2\text{S}$  или  $\text{PH}_3$ . Поскольку сульфид и гидросульфид аммония не являются газами, то  $Y_2 = \text{PH}_3$ ,  $Y = \text{PH}_4\text{Cl}$ .

**Условие:**

Какой тип кристаллической решетки имеет твёрдое вещество Y?

**Ответ:**

- Металлическая
- Атомная
- Ионная
- Молекулярная

**Точное совпадение ответа — 0.5 балла**

**Максимальный балл за задание — 6.5**

*Решение.*

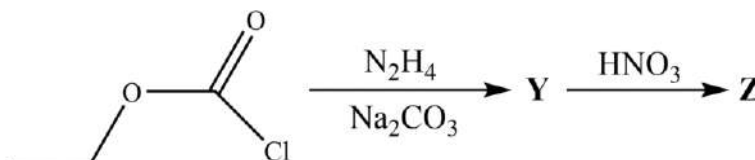
В твёрдом состоянии хлорид фосфония состоит из ионов  $\text{PH}_4^+$  и  $\text{Cl}^-$  и имеет ионную кристаллическую решётку.

## Задание № 8.1

### Общее условие:

Порообразователи (вспенивающие агенты) — индивидуальные вещества или смеси, предназначенные для получения газонаполненных материалов посредством создания в них системы открытых (сообщающихся) и/или закрытых (изолированных) ячеек, или пор.

Вещество X — несуществующая в свободном виде дикарбоновая кислота, которая представляет собой производное диимида ( $R - N = N - R$ ). Для неё известны производные, например, её диэтиловый эфир Z может быть получен в две стадии по приведённой ниже схеме.



### Условие:

Запишите брутто-формулы веществ X, Y, Z, если при сжигании 17.4 г вещества Z образуется 13.44 л (н.у.) углекислого газа и 9.00 мл воды.

### Ответ:

Z	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_4$
X	$\text{C}_2\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_4$



Y	$C_6H_{12}N_2O_4$
---	-------------------

**За каждый верный ответ — 1 балл**

*Решение.*

При сжигании навески 17.4 г вещества Z образуется  $13.44 \div 22.4 = 0.6$  моль  $CO_2$  и  $9 \div 18 = 0.5$  моль  $H_2O$ , что позволяет получить соотношение  $C : H = 0.6 : 1 = 3 : 5$ . Заметим, что это соотношение соответствует таковому в исходном этилхлорформиате. Поскольку Z — диэтиловый эфир и является производным диимида, то это вещество содержит в своём составе кислород, азот, углерод и водород. Тогда  $m(O) + m(N) = 17.4 - 0.6 \cdot 12 - 1 \cdot 1 = 9.2$  г. Логично предположить соотношение  $N : O = 2 : 4 = 1 : 2$ , поскольку Z, как производное диимида скорее всего содержит 2 атома азота и как диэтиловый эфир должно содержать 4 атома кислорода. Тогда получим  $16n(O) + 14n(N) = 9.2$ ;  $n(O) \div n(N) = 2$ . Решая систему, получаем  $n(N) = 0.2$  моль,  $n(O) = 0.4$  моль. Тогда с учётом наличия двух атомов азота в Z получаем  $Z = C_6H_{10}N_2O_4$ . Тогда  $X = C_2H_2N_2O_4$  и  $Y = C_6H_{12}N_2O_4$ .

**Условие:**

Диамид кислоты X нашёл применение в качестве одного из самых эффективных органических вспенивателей. Выделяемые при разложении этого вещества газы неядовиты, негорючи, а само вещество дешёвое, безопасное и имеет высокий коэффициент газообразования (газовое число, мл/г).

Запишите формулу газа чуть легче воздуха, который является основным продуктом разложения диамида кислоты X.

**Ответ:**  $N_2$

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

Молярная масса газа около 29 г/моль, под неядовитое и негорючее вещество отлично подходит азот  $N_2$ .

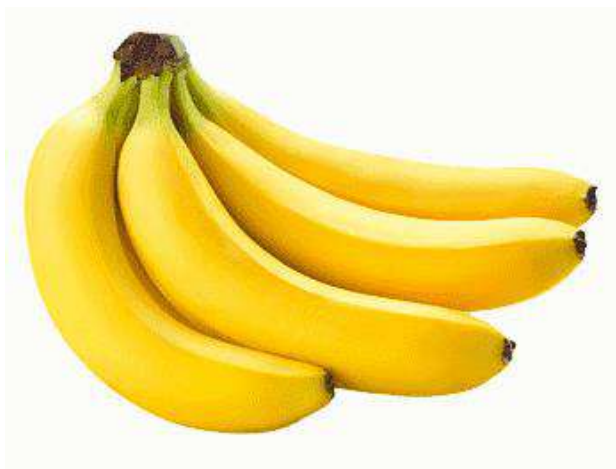
## Задание № 9.1

---

### Условие:

Этилен — самое производимое органическое соединение в мире; общее мировое производство этилена превышает 200 млн тонн в год.

Весьма полезное вещество А ( $\omega(\text{O}) = 37.2\%$ ) в промышленности получают окислительным (под действием кислорода) присоединением этилена к уксусной кислоте в присутствии солей  $\text{Pd}^{2+}$ . Запишите формулу вещества А.



**Ответ:**  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

*Решение.*

Получим молярную массу вещества А в расчёте на  $x$  атомов кислорода:  $M(\text{A}) = 16x \div 0.372 = 43x$ . Заметим, что  $M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28$  г/моль,  $M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = 60$  г/моль и  $28 + 60 = 88$  г/моль, что сравнимо с  $M(\text{A}) = 86$  г/моль при  $x = 2$ . Тогда формулу вещества А можно получить из схемы  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 = \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2 + 2\text{H}$ .

Действительно, А —  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ , винилацетат.

### Условие:

В некоторых условиях при взаимодействии этилена с веществом А в качестве единственного продукта реакции образуется твёрдое вещество В, состоящее

из полимерных молекул. При сжигании навески 1.00 г вещества В в избытке кислорода образуется 1.50 л (н.у.) углекислого газа.

Сколько молекул этилена приходится на одну молекулу вещества А в реакции синтеза полимера В? Ответ округлите до целых.

**Ответ:** 14

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

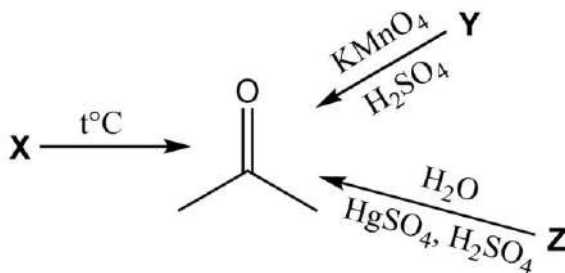
Вещество **В** (сэвилен) содержит  $12 \cdot (1.50 \div 22.4) \div 1 = 80.36$  % углерода по массе.

Задача решается путём составления системы из двух уравнений:  $m(\text{C}_2\text{H}_4) + m(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2) = 1.00$ ;  $m(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot (24 \div 28) + m(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2) \cdot (48 \div 86) = 0.8036$ . Решением системы является пара  $m(\text{C}_2\text{H}_4) = 0.8209$  г и  $m(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2) = 0.1791$  г. Рассчитаем мольное соотношение между этиленом (строительный блок полимера 1 типа) и винилацетатом (строительный блок полимера второго типа):  $(0.8209 \div 28) : (0.1791 \div 86) = 0.02932 : 0.002083 = 14.08 : 1 \approx 14 : 1$ .

## Задание № 10.1

### Общее условие:

Простейший алифатический кетон — ацетон — впервые получен в 1595 году немецким химиком Андреасом Либавием в процессе сухой перегонки вещества X. Однако точно определить химический состав ацетона удалось только в 1832 году Юстусу фон Либиху и Жану-Батисту Дюма. Ниже представлена схема получения ацетона из веществ X, Y и Z.



### Условие:

Вещество X является солью монокарбоновой кислоты с массовым содержанием свинца в 63.69 %. Плотность паров Y по Z равна 2.1, причём Z является ближайшим гомологом ацетилена. При окислении Y сернокислым раствором перманганата калия ацетон образуется в качестве единственного углеродсодержащего продукта. Определите формулы веществ X, Y, Z. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

### Ответ:

X	325 (1.5 балла)
Y	40 (1.5 балла)
Z	84 (1 балл)

Максимальный балл за задание — 4

*Решение.*

Расчёт по массовой доле свинца даёт молярную массу  $X$  равную  $207 \div 0.6369 = 325$  г/моль, тогда на кислотный остаток  $\text{RCOO}^-$  приходится  $(325 - 207) \div 2 = 59$  г/моль, если степень окисления свинца равна  $+2$ . Тогда молярная масса  $R$  равна  $59 - 44 = 15$  г/моль, что соответствует  $\text{CH}_3$  группе, тогда  $X$  — ацетат свинца(II). Ближайший гомолог ацетилена — пропин =  $Z$ , тогда молярная масса  $Y$  равна  $2.1 \cdot 40 = 84$  г/моль, что соответствует алкену  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ . Если ацетон — единственный углеродсодержащий продукт окисления, то  $Y = 2.3$  — диметилбутен-2.

## Задание № 11.1

### Условие:

Установите соответствие между реагентами, условиями, субстратами и продуктами, которые образуются при соответствующих химических превращениях.

### Ответ:

Субстрат	Реагенты, условия	Продукты
Бензолсульфокислота	✓ NaOH <sub>р-ор</sub>	Бензолсульфонат натрия
Бутадиен-1,3	✓ HBr, 0 °С	3-бромбутен-1
Толуол	✓ Cl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub>	Пара-хлортолуол
Ацетат аммония	✓ Нагревание	Амид уксусной кислоты
Изобутилен	✓ Cl <sub>2</sub> , 150 °С	2-метил-3-хлорпропен
Уксусная кислота	✓ Br <sub>2</sub> , P <sub>(красн., изб.)</sub>	Бромангидрид бромуксусной кислоты

За каждый верный ответ — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 3

### Решение.

При взаимодействии бензолсульфокислоты с водным раствором гидроксида натрия образуется соль, фенол образуется лишь при сплавлении солей бензолсульфокислоты со щелочами. Бутадиен-1,4 гидробромируется на холоде с образованием 3-бромбутена-1 (выход 71 %), как продукта кинетического контроля. Хлорирование толуола в присутствии кислоты Льюиса (акцептора электронной пары) приводит к образованию пара-хлортолуола, хлорирование метильного фрагмента протекает при хлорировании на свету. Ацетат аммония

разлагается с образованием ацетамида. Хлорирование изобутилена при нагревании приводит к замещению водорода в аллильном положении, присоединение хлора к двойной связи протекает при комнатной температуре (при нагревании хлорирование аллильного положения протекает намного быстрее реакции присоединения). Наконец, введение уксусной кислоты в реакцию Гельмгольца-Зелинского позволяет получить бромуксусную кислоту, однако в избытке фосфора протекает взаимодействие кислоты с образующимся бромидом фосфора с образованием бромангидрида.

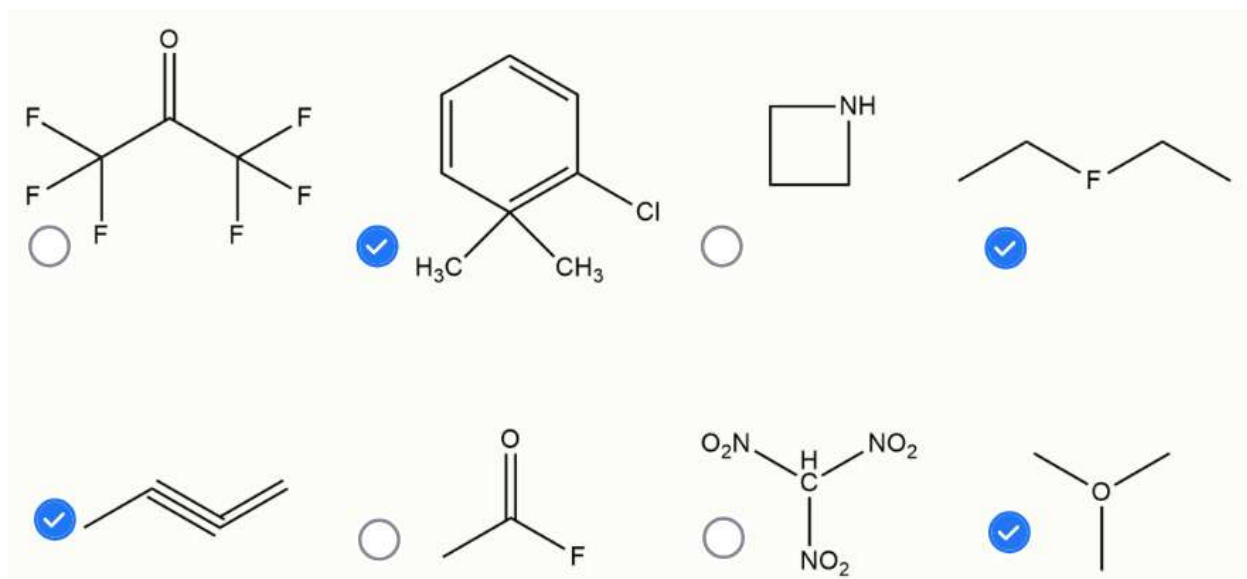


## Задание № 12.1

### Условие:

На рисунках изображены структурные формулы органических соединений. Выберите те, которые **НЕ** могут соответствовать реально существующему стабильному индивидуальному органическому веществу:

### Ответ:



За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 4