

# 11 класс

## № 1

### I вариант

#### 1. Уравнения реакций:

- 1)  $\text{Zn} + 2\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $3\text{Zn} + 8\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow 3\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{CrO} + 2\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{CrCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{CrO} + 4\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 6)  $\text{MnO}_2 + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \not\rightarrow$
- 7)  $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 6\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{H}_2[\text{PbCl}_4] + 2\text{NaCl} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 8)  $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 4\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow 2\text{NaNO}_3 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

#### 2. Взаимодействие с платиной

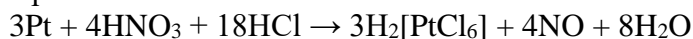
$$\omega(\text{Pt}) = \frac{A_r(\text{Pt})}{M_r(\text{X})}$$
$$M_r(\text{X}) = \frac{A_r(\text{Pt})}{\omega(\text{Pt})} = \frac{195.1}{0.476} = 410$$

$\text{X} - \text{H}_2[\text{PtCl}_6]$

$$D_{\text{He}}(\text{Y}) = \frac{M(\text{Y})}{M(\text{He})}$$
$$M(\text{Y}) = M(\text{He}) \cdot D_{\text{He}}(\text{Y}) = 4 \cdot 7.5 = 30 \text{ г/моль}$$

$\text{Y} - \text{NO}$

Уравнение:



### II вариант

#### 1. Уравнения реакций:

- 1)  $\text{Mn} + 2\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $3\text{Mn} + 8\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow 3\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{FeO} + 2\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{FeO} + 4\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 6)  $\text{PbO}_2 + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \not\rightarrow$
- 7)  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4] + 6\text{HCl}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{H}_2[\text{SnCl}_4] + 2\text{NaCl} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 8)  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4] + 4\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow 2\text{NaNO}_3 + \text{SnO}_2 + 2\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

#### 2. Взаимодействие с палладием

$$\omega(\text{Pd}) = \frac{A_r(\text{Pd})}{M_r(\text{X})}$$
$$M_r(\text{X}) = \frac{A_r(\text{Pd})}{\omega(\text{Pd})} = \frac{106.4}{0.3314} = 320$$

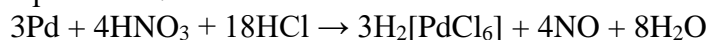
X – H<sub>2</sub>[PdCl<sub>6</sub>]

$$\rho(Y) = \frac{M(Y)}{V_m}$$

$$M(Y) = \rho(Y) \cdot V_m = 1.34 \cdot 22.4 = 30 \text{ г/моль}$$

Y – NO

Уравнение:



### Критерии оценивания:

1. Уравнения реакций по 0.5 балла 4 балла  
Указание на отсутствие взаимодействия с PbO<sub>2</sub> (MnO<sub>2</sub>) – 0.5 балла
2. Уравнения реакции с Pd (Pt) – 1 балл 1 балл  
(доказательства расчетов веществ X и Y необязательны)


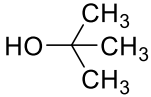
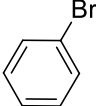
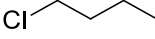
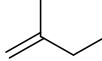
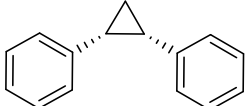
**Замечание:** ввиду неверного значения массовой доли в условии 1 балл за этот пункт выставляется в случае, если участник рассчитал значение молекулярной массы и были приведены попытки подбора молекулярной формулы X

**ИТОГО: 5 баллов**

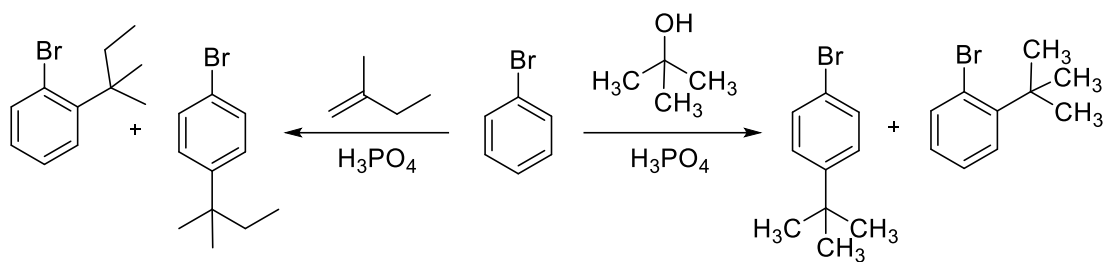
## № 2

### I вариант

Неэквивалентными называются такие атомы или группы атомов, которые не могут быть сопоставлены друг с другом путём применения к ним операций симметрии. Для того, чтобы определить количество неэквивалентных протонов (химически неэквивалентных) применим к данным структурам операции симметрии. Так, последовательный поворот молекулы цикlopentана **Б** на 72° вокруг проходящей через центр молекулы оси показывает, что все протоны молекулы «превращаются» друг в друга (примем, что конформации кольца изменяются быстро). Рассмотрим молекулу 1-хлорбутана **В**: видно, что все четыре группы протонов неэквивалентны друг другу, в то время как протоны внутри каждой из метиленовых групп эквивалентны. Обратимся к молекуле бромбензола **Г**: при повороте этой молекулы на 180° вокруг оси, проходящей через атом брома и протон в *para*-положении, *орто*- и *мета*-протоны соответственно переходят друг в друга, а *para*-протон переходит сам в себя. Поэтому в молекуле бромбензола содержатся 3 типа неэквивалентных протонов. Рассмотрим отдельно случай **А** – молекулу *цис*-1,2-дифенилциклопропана. Протоны, занимающие *орто*-, *мета*- и *para*-положения в одном из фенильных колец являются эквивалентными протонам из другого кольца; эквивалентны друг другу и метиновые протоны. В то же время, протоны метиленовой группы не эквивалентны друг другу, так как один из них находится в пространстве ближе к ароматическим заместителям, а другой – к метиновым протонам, и, таким образом, в молекуле **А** содержатся 6 неэквивалентных типов протонов.

	<b>Б</b>	<b>Д</b>	<b>Г</b>	<b>В</b>	<b>Е</b>	<b>А</b>
Структурная формула						
Количество неэквивалентных атомов водорода	1	2	3	4	5	6

Возможные варианты химических реакций между приведёнными соединениями:



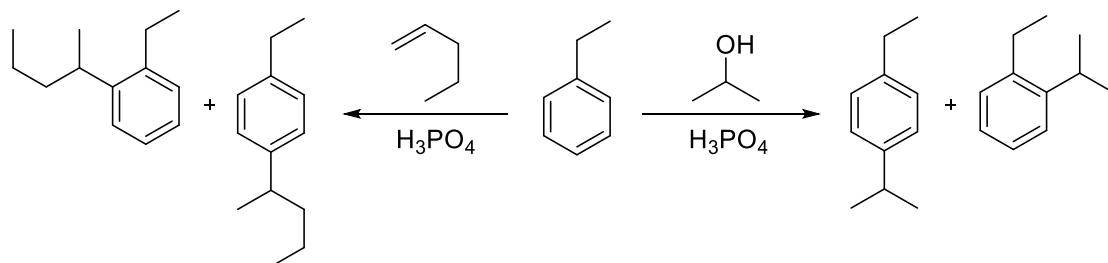
Допустимо указание *орто*-замещённого продукта, *пара*-замещённого продукта и *орто,пара*-дизамещённого продукта.

### II вариант

Неэквивалентными называются такие атомы или группы атомов, которые не могут быть сопоставлены друг с другом путём применения к ним операций симметрии. Для того, чтобы определить количество неэквивалентных протонов (химически неэквивалентных) применим к данным структурам операции симметрии. Так, последовательный поворот молекулы циклогексана **Г** на  $60^\circ$  вокруг проходящей через центр молекулы оси показывает, что все протоны молекулы «превращаются» друг в друга (примем, что конформации кольца изменяются быстро). Перейдём к случаю **Б**: видно, что при повороте молекулы изопропанола на  $180^\circ$  вокруг оси, проходящей через атом кислорода и метиновый атом углерода, протоны метильных групп переходят друг в друга. В то же время, протон метиновой группы и гидроксильный протон «уникальны». Обратимся к молекуле **В**, где поворот молекулы этилбензола на  $180^\circ$  вокруг оси, проходящей углерод метиленовой группы и четвертичный атом углерода, приводит к «превращению» друг в друга атомов водорода в *орто*- и *мета*-положениях, в то время, как *пара*-протон уникален. Рассмотрим отдельно случай **А** – молекулу *цис*-1,2-диметилциклопропана. Протоны метильных групп в ней являются эквивалентными; эквивалентны друг другу и метиновые протоны. В то же время, протоны метиленовой группы не эквивалентны друг другу, так как один из них находится в пространстве ближе к метильным группам, а другой – к метиновым протонам, и, таким образом, в молекуле **А** содержатся 4 неэквивалентных типа протонов.

	<b>Г</b>	<b>Д</b>	<b>Б</b>	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>Е</b>
Структурная формула						
Количество неэквивалентных атомов водорода	1	2	3	4	5	6

Возможные варианты химических реакций между приведёнными соединениями:



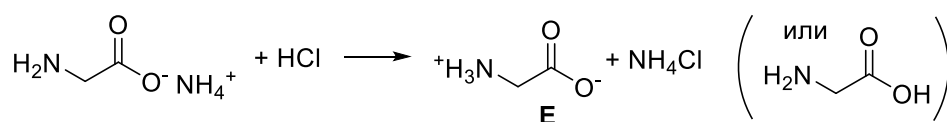
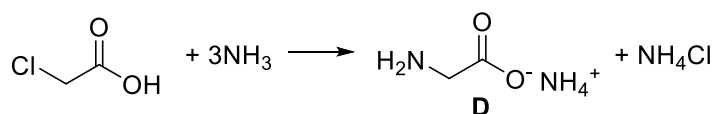
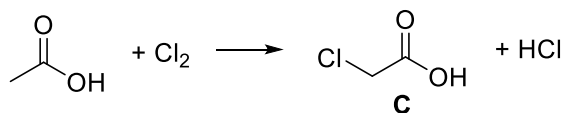
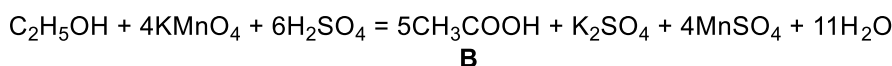
Допустимо указание *орто*-замещённого продукта, *пара*-замещённого продукта и *орто,пара*-дизамещённого продукта.

**Критерии оценивания:**

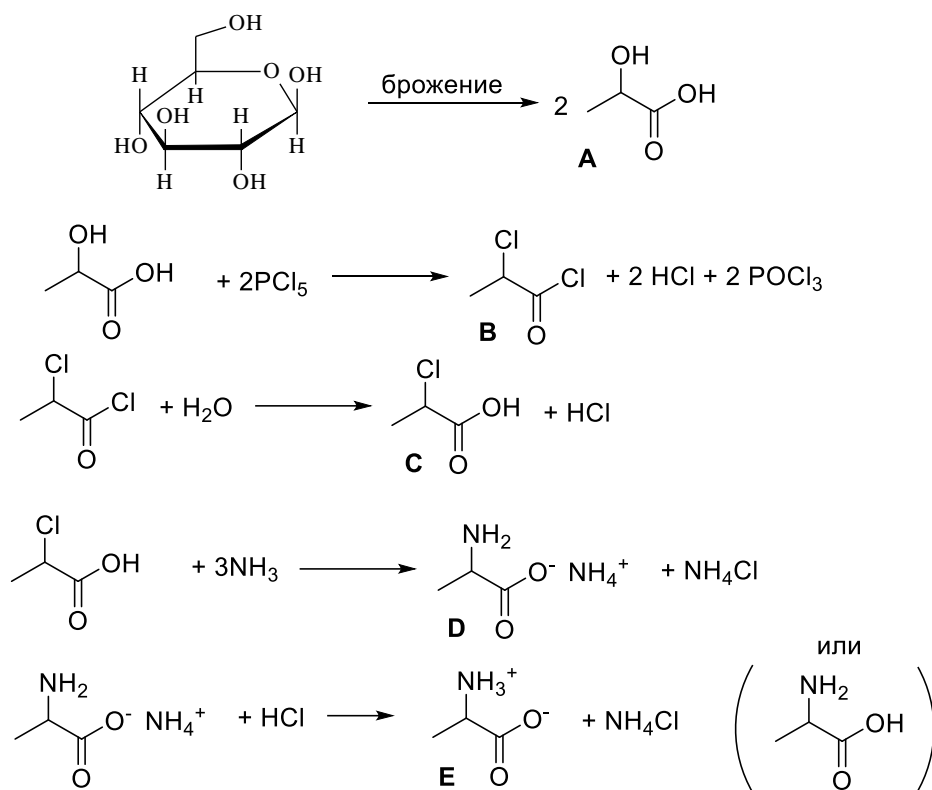
1. Количество неэквивалентных протонов для молекул **Б, В, Г, Д** по 0.5 балла 2 балла
2. Количество неэквивалентных протонов для молекул **А, Е** по 1 баллу 2 балла
3. Возможные реакции по 0.5 балла 1 балл

**ИТОГО: 5 баллов****№ 3****I вариант**

Среди множества видов брожения выделяют спиртовое и молочнокислое брожение глюкозы, приводящие к образованию этилового спирта и молочной кислоты, соответственно. В данной задаче речь идёт именно про спиртовое брожение, что может быть определено с помощью последующего окисления перманганатом калия в кислой среде, а также по массовой доле хлора в молекуле **С**:

**II вариант**

Среди множества видов брожения выделяют спиртовое и молочнокислое брожение глюкозы, приводящие к образованию этилового спирта и молочной кислоты, соответственно. В данной задаче речь идёт именно про молочнокислое брожение. Это можно определить по тому, что за реакцией с пентахлоридом фосфора следует гидролиз образующегося хлорангирида **В**. В пользу молочнокислого типа брожения указывает и массовая доля хлора в молекуле **В**.



### Критерии оценивания:

1. Структурные веществ А – Е по 0.5 балла 2.5 балла
2. Уравнения реакций по 0.5 балла 2.5 балла  
(допускается любая структурная формула глюкозы – в циклической  $\alpha$ - или  $\beta$ -форме, или открыто-цепной форме, но не  $C_6H_{12}O_6$ )

**ИТОГО: 5 баллов**

## № 4

### I вариант

1) Можно напрямую решить кубическое уравнение Гелланд-Ганзена и найти значение солёности, однако для простоты решим перебором, подставив три значения 18, 28, 41 ‰, тогда получим -0.97, -1.52 и -2.26 °C соответственно. Таким образом, образец морской воды, вероятнее всего, был взят из **Белого моря**.

2) Подставим в приведенную формулу  $s(h)$  два значения: 23 и 60 м, тогда получим 22.5 и 28.5 ‰ соответственно. Это означает, что солёность воды **увеличится на 6.0 ‰**. Тенденция увеличения солёности морской воды с глубиной может быть объяснена **различной плотностью** разных слоев морской воды: чем ближе к поверхности, тем плотность и содержание растворенных веществ воды меньше.

3) Будет заметна видимая граница раздела двух прозрачных жидкостей из-за различия в плотностях пресной и соленой воды. Такой эффект наблюдается из-за **различных коэффициентов преломления** двух водных сред.

### II вариант

1) Можно напрямую решить кубическое уравнение Гелланд-Ганзена и найти значение солёности, однако для простоты решим перебором, подставив три значения 18, 28, 41 ‰, тогда получим -0.97, -1.52 и -2.26 °C соответственно. Таким образом, образец морской воды, вероятнее всего, был взят из **Красного моря**.

2) Подставим в приведенную формулу  $s(h)$  два значения: 36 и 70 м, тогда получим 24.4 и 30.4 ‰ соответственно. Это означает, что солёность воды **увеличится на 6.0 ‰**. Тенденция

увеличения солености морской воды с глубиной может быть объяснена **различной плотностью** разных **слоев морской воды**: чем ближе к поверхности, тем плотность и содержание растворенных веществ воды меньше.

3) Будет заметна видимая граница раздела двух прозрачных жидкостей из-за **различия в плотностях** пресной и соленой воды. Такой эффект наблюдается из-за **различных коэффициентов преломления** двух водных сред.

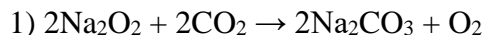
#### Рекомендации к оцениванию:

1. Определение моря (без расчетов – 0 баллов) 2 балла
2. Расчет изменения солености (увеличение на 6.0 ‰) – 1 балл 2 балла  
**Замечание: 1 балл выставляется также и в том случае, если в функцию косинуса подставляется величина в градусах, а не радианах**  
Объяснение изменения солености с глубиной – 1 балл
3. Указание на границу раздела – 0.5 балла 1 балл  
Объяснение – 0.5 балла

**ИТОГО: 5 баллов**

### № 5

#### I вариант



$$v(\text{Na}_2\text{O}_2) = \frac{1.2}{78} = 0.0154 \text{ моль} = v(\text{CO}_2)_{\text{реак.}}$$

$$v(\text{O}_2) = \frac{0.0154}{2} = 0.0077 \text{ моль}$$

Пусть изначально в сосуде объемом  $V$  л содержалось  $x$  моль  $\text{CO}_2$ , тогда:

$$v(\text{CO}_2)_{\text{ост.}} = (x - 0.0154) \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) + v(\text{CO}_2)_{\text{ост.}} = 0.0077 + x - 0.0154 = x - 0.0077 \text{ моль}$$

Воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона  $pV = \nu RT$  и запишем в систематических единицах измерения соответствующие выражения до и после протекания реакции:

$$\begin{cases} \frac{101325 \cdot 780}{760} \cdot V = x \cdot 8.314 \cdot 273 \\ \frac{101325 \cdot 650}{760} \cdot V = (x - 0.0077) \cdot 8.314 \cdot 273 \end{cases}$$

Решая полученную систему, найдем:

$$\begin{cases} x = 0.0462 \\ V = 0.001 \end{cases}$$

Таким образом, **объем сосуда** составлял **1 л**.



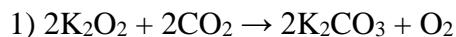
$$v(\text{Na}_2\text{O}_2) = 0.0154 \text{ моль} = v(\text{CO})_{\text{реак.}}$$

Других газов не образуется, значит, давление будет определяться оставшимся количеством угарного газа:

$$v(\text{CO})_{\text{ост.}} = 0.0462 - 0.0154 = 0.0308 \text{ моль}$$

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона, давление прямо пропорционально количеству газа. Следовательно, давление **уменьшится в  $\frac{0.0462}{0.0308} = 1.5$  раза**.

#### II вариант



$$v(\text{K}_2\text{O}_2) = \frac{5.43}{110} = 0.0494 \text{ моль} = v(\text{CO}_2)_{\text{реак.}}$$

$$v(\text{O}_2) = \frac{0.0494}{2} = 0.0247 \text{ моль}$$

Пусть изначально в сосуде объемом  $V$  л содержалось  $x$  моль  $\text{CO}_2$ , тогда:

$$v(\text{CO}_2)_{\text{ост.}} = (x - 0.0494) \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) + v(\text{CO}_2)_{\text{ост.}} = 0.0247 + x - 0.0494 = x - 0.0247 \text{ моль}$$

Воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона  $pV = \nu RT$  и запишем в систематических единицах измерения соответствующие выражения до и после протекания реакции:

$$\begin{cases} \frac{101325 \cdot 720}{760} \cdot V = x \cdot 8.314 \cdot 273 \\ \frac{101325 \cdot 510}{760} \cdot V = (x - 0.0247) \cdot 8.314 \cdot 273 \end{cases}$$

Решая полученную систему, найдем:

$$\begin{cases} x = 0.0847 \\ V = 0.002 \end{cases}$$

Таким образом, **объем сосуда составлял 2 л.**



$$v(\text{K}_2\text{O}_2) = 0.0494 \text{ моль} = v(\text{SO}_2)_{\text{реак.}}$$

Других газов не образуется, значит, давление будет определяться оставшимся количеством сернистого газа:

$$v(\text{SO}_2)_{\text{ост.}} = 0.0847 - 0.0494 = 0.0353 \text{ моль}$$

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона, давление прямо пропорционально количеству газа. Следовательно, давление **уменьшится в  $\frac{0.0847}{0.0353} = 2.4$  раза.**

#### **Критерии оценивания:**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Уравнение реакции   | 1 балл  |
| 2. Расчет объема сосуда – 3 балла<br>(при верном решении, но с вычислительной ошибкой – 1.5 балла) | 3 балла |
| 3. Расчет изменения давления   | 1 балл  |

**ИТОГО: 5 баллов**