



**ЗОЛОТОЕ  
СЕЧЕНИЕ**

ФОНД ПОДДЕРЖКИ  
ТАЛАНТЛИВЫХ ДЕТЕЙ  
И МОЛОДЕЖИ

# Разбор заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии для 10 класса

## 2024/2025 учебного года в Свердловской области

Разработчик –  
Усачев Сергей Александрович,  
к.х.н., доцент, ИЕНиМ УрФУ

**ВС{ }Ш**



# Задача 1



# Вопрос 1

Определите массу маточного раствора, необходимую для полного извлечения  $KCl$ , в расчете на тонну породы.

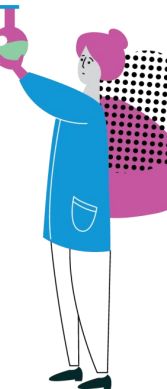


## Вопрос 1

Доля растворенного NaCl при охлаждении только увеличивается, значит кристаллизоваться будет только KCl. Масса NaCl и воды до и после охлаждения тогда должна быть одинаковой. Если принять массу изначального горячего раствора, за 100 г, будем иметь 16,9 г NaCl. Массу раствора после охлаждения, содержащую такое же количество найдем по пропорции.

$$16,9 \cdot 100 = 18,8 \cdot x,$$

откуда  $x = 89,9$  г.



## Вопрос 1

Масса раствора теряется только за счет KCl, следовательно его выделилось

$$100 - 89,9 = 10,1 \text{ г.}$$

Массу сильвинита, содержащую такое же количество найдем по формуле

$$m(\text{общ}) = m(\text{KCl}) : \omega(\text{KCl})$$
$$m(\text{общ}) = 10,1 : 0,236 = 42,8 \text{ г.}$$

Тогда на 1 г породы приходится

$$89,9 : 42,8 = 2,1 \text{ (г)}$$

маточного раствора. Аналогичное значение в тоннах.

## Вопрос 2

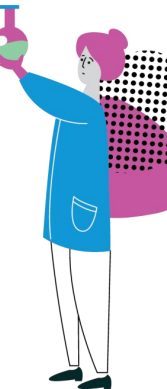
Какое негативное последствие для производства будет иметь использование большего, чем рассчитано, количества маточного раствора для извлечения, а какое меньшего?



## Вопрос 2

При использовании большего количества маточного раствора он не насытится хлоридом калия при выщелачивании, значит будет насыщаться дополнительным хлоридом натрия, который попадет в осадок при охлаждении.

При использовании меньшего количества маточного раствора не весь хлорид калия сможет раствориться, часть его будет отброшена с другими ненужными компонентами.



## Вопрос 3

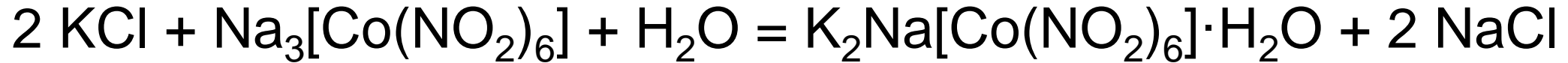


Определите содержание (в % по массе)  $KCl$  в образце по приведенным данным. Ответ округлите до целых, в расчетах используйте точные атомные массы.



## Вопрос 3

Образование осадка происходит по реакции:



Тогда количество вещества осадка в два раза меньше количества вещества KCl. При получении осадка брали только 10 мл из 100 мл общего раствора, то есть общее количество будет в 10 раз больше найденного.

$$\omega = \frac{\frac{m(\text{осадка})}{M(\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \cdot \text{H}_2\text{O})} \cdot M(\text{KCl}) \cdot 10 \cdot 2}{m(\text{образца})}$$

$$\omega = (0,2815 \cdot 74,55 \cdot 10 \cdot 2) : (454,16 \cdot 0,9527) = 0,97 = 97\%$$



## Вопрос 4

Почему в данном случае нельзя использовать более популярный метод определения хлорида калия по образованию осадка хлорида серебра?

Основная примесь, хлорид натрия, будет также образовывать осадок хлорида серебра и исказить ответ.



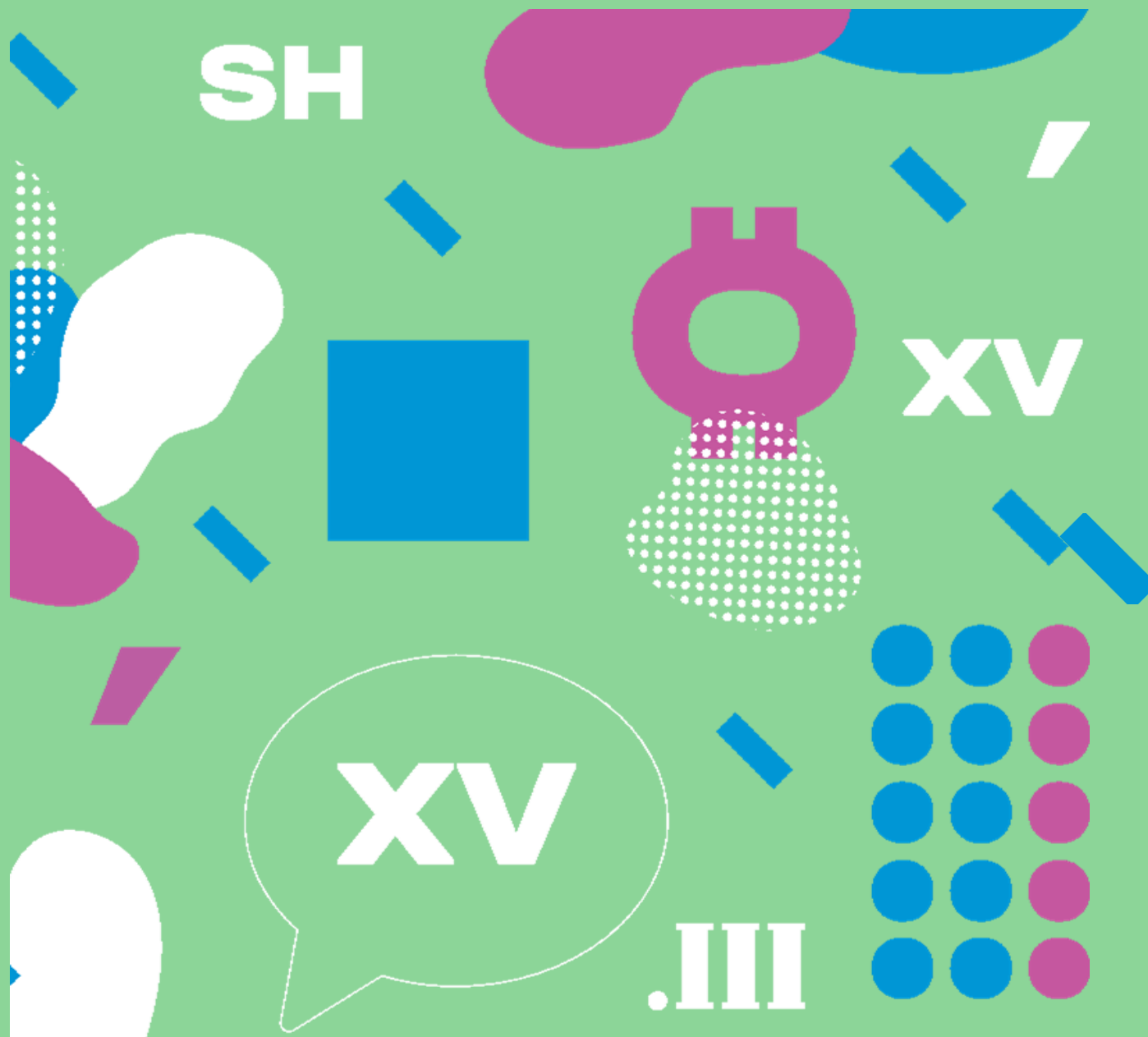
## Вопрос 5



Почему нитрат аммония зачастую является более доступным, чем нитрат калия?

Азотная кислота, необходимая для синтеза нитратов, получается каталитическим окислением аммиака, поэтому фиксация её в виде соли аммония не будет требовать дополнительного сырья.

# Задача 2



# Вопрос 1

Напишите формулы соединений А–И.



## Вопрос 1

По большому содержанию элемента **X** в соединении **Б** можно предположить, что второй элемент в нем водород, особенно учитывая, что получается оно под действием серной кислоты. Тогда молярная масса его будет равна

$$M = \frac{n(H) \cdot M(H)}{\omega(H)} = 20 \cdot n(H),$$

что хорошо согласуется с фтороводородом, т. е. **X = F**.

По большому содержанию элемента X в соединении Б можно предположить, что второй элемент в нем водород, особенно учитывая, что получается оно под действием серной кислоты. Тогда молярная масса его будет равна

$$M = \frac{n(H) \cdot M(H)}{\omega(H)} = 20 \cdot n(H),$$

что хорошо согласуется с фтороводородом, т. е. X = F.

# Вопрос 1

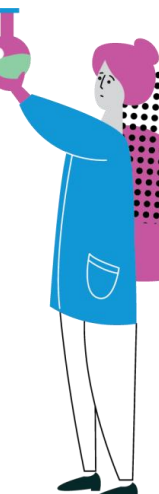


Для других соединений можно рассчитать молярную массу в пересчете на один атом фтора и по массе остатка предположить формулу, учитывая реагенты в цепочке.

Вещество	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
$\omega(\text{F}), \%$	48,7	95,0	33,6	54,3	79,2	51,8	68,7	73,1	61,3
$M/n(\text{F})$	39,0	20,0	56,5	35,0	24,0	36,68	27,66	26,0	31,0
$M_{\text{ост}}/n(\text{F})$	20	1	37,5	16	5	17,68	8,66	7	12

# Вопрос 1

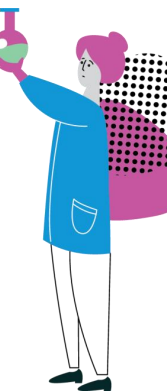
Вещество	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
$M_{\text{ост}}$ (1F)	20	1 (H)	37,5	16	5	17,68	8,66	7	12
$M_{\text{ост}}$ (2F)	<b>40 (Ca)</b>	2	75,0	32	10	35,36	17,32	14	<b>24 (Mg)</b>
$M_{\text{ост}}$ (3F)	60	3	112,5	48	15	53,0	26,0	21	36
$M_{\text{ост}}$ (4F)	80	4	150,0	64	20	70,72	34,64	<b>28 (Si)</b>	48
$M_{\text{ост}}$ (5F)	100	5	187,5	80	25	88,4	43,3	35	60
$M_{\text{ост}}$ (6F)	120	6	225,0	<b>96</b> (Al+3Na)	<b>30</b> (Si+2H)	<b>106</b> (Si+Mg)	<b>52,0</b> (Si+Mg)	42	72





## Вопрос 1

Наибольшую проблему составляет формула соединения **В**. Для её расшифровки необходимо предположить, что при взаимодействии фторида с фтороводородом может образоваться кислая соль с анионом  $\text{HF}_2^-$ , который хорошо стабилизируется водородной связью сильно дефицитного атома водорода и относительного основного аниона фтора. Но формула  $\text{Ca}(\text{HF}_2)_2$ , дает молярную массу 118, без учета фтора – 42, что не согласуется с вычисленным значением 150. Разница может быть обусловлена кристаллизационной водой. На 108 г/моль приходится ровно 6 молекул.



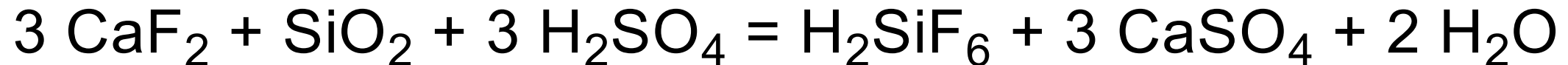
# Вопрос 1

Итоговая таблица с формулами соединений выглядит следующим образом.

Вещество	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>		<b>Г</b>
Формула	$\text{CaF}_2$	$\text{HF}$	$\text{Ca}(\text{HF}_2)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		$\text{Na}_3\text{AlF}_6$
Вещество	<b>Д</b>	<b>Е</b>	<b>Ж</b>	<b>З</b>	<b>И</b>
Формула	$\text{H}_2\text{SiF}_6$	$\text{K}_2\text{SiF}_6$	$\text{MgSiF}_6$	$\text{SiF}_4$	$\text{MgF}_2$

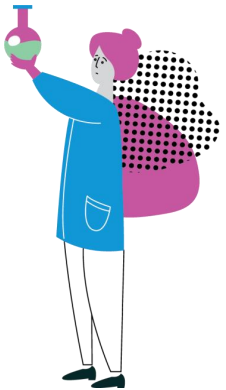
## Вопрос 2

Уравнения реакций:



## Вопрос 2

Уравнения реакций:



## Вопрос 3

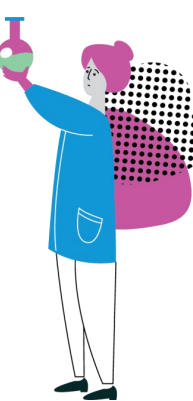
Напишите названия минералов **А** и **Г**.

Соединение **А** – флюорит или плавиковый шпат,  
соединение **Г** – криолит.

## Вопрос 4

Среди аналогичных соединений других элементов, стоящих в одной подгруппе с **X**, **A** имеет наибольшую температуру кипения. Кратко объясните этот факт.

Более сильные межмолекулярные взаимодействия у HF в ряду галогеноводородов обеспечивает самая прочная водородная связь, что связано как с наибольшей полярностью связи, так и с наибольшей плотностью заряда на атоме фтора из-за его малого размера.



# Задача 3



Проведите мысленный эксперимент. Представьте, что у вас есть растворы гидрофосфата аммония, хлорида алюминия, гидрокарбоната натрия, нитрата серебра и сульфата железа(II) в неподписанных емкостях. Попробуйте определить в какой ёмкости находится каждое из соединений, при этом никаких других реагентов в доступе нет.





# Таблица предполагаемых наблюдений

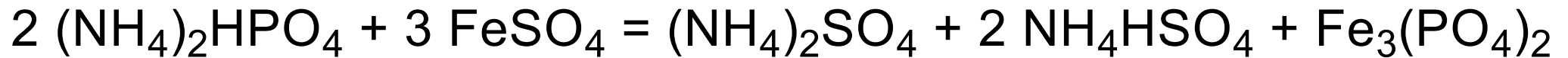
Реагенты	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	$\text{AlCl}_3$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{AgNO}_3$	$\text{FeSO}_4$
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$		белый ↓	—	желтый ↓	коричн. ↓
$\text{AlCl}_3$	белый ↓		бесцв. ↑	белый ↓	—
$\text{NaHCO}_3$	—	бесцв. ↑		бесцв. ↑ и белый ↓	бесцв. ↑ и зелено-коричн. ↓
$\text{AgNO}_3$	желтый ↓	белый ↓	бесцв. ↑ и белый ↓		белый ↓
$\text{FeSO}_4$	коричн. ↓	—	зелено-коричн. ↓	белый ↓	



# Уравнения реакций

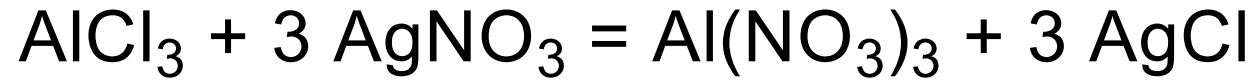


*допускается написание уравнения с образованием HCl*



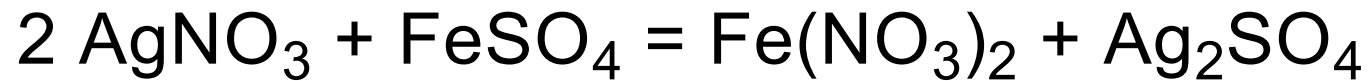
*допускается написание уравнения с другой степенью гидролиза*

# Уравнения реакций



# Уравнения реакций

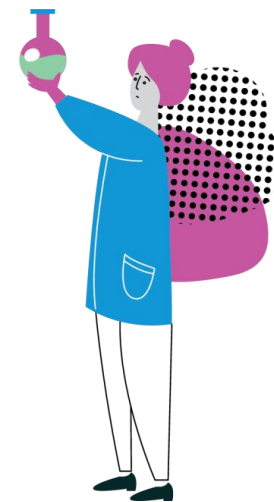
В одной из комбинаций веществ вслед за выпадением одного осадка, при добавлении избытка одного из реагентов, будет выпадать другой. Напишите уравнения реакций обеих стадий.





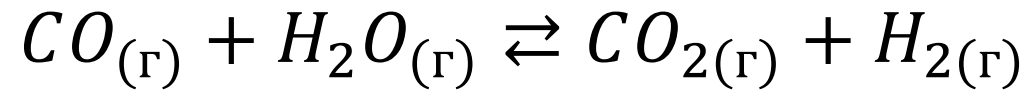
# Вопрос 1

Запишите реакцию взаимодействия угарного газа с парами воды. Приведите пример области использования наиболее ценного продукта этой реакции.



# Вопрос 1

Реакция взаимодействия угарного газа с парами воды происходит следующим образом:



Наиболее ценным продуктом данной реакции является водород. Водород находит широкое применение в химической промышленности (синтез аммиака и метанола, получение металлов из оксидов), топлива в топливных элементах и пр.



## Вопрос 2



Используя термодинамические данные, представленные в таблице 1, рассчитайте изменение энтальпии и энтропии для реакции взаимодействия угарного газа с парами воды при 298 К. Определите, будет ли протекать самопроизвольно реакция между угарным газом и парами воды при 298 К.



## Вопрос 2

Изменение энтальпии при протекании реакции можно определить как разницу между суммой энтальпий образования продуктов реакций из исходных веществ и суммой энтальпий образования исходных реагентов из исходных веществ с учетом коэффициентов химической реакции:

$$\Delta H_{r,298}^0 = \sum_j \Delta H_{f,298}^{0,\text{прод}} - \sum_i \Delta H_{f,298}^{0,\text{исх}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{r,298}^0 &= \Delta H_{f,298}^0(\text{CO}_{2(\text{г})}) + \Delta H_{f,298}^0(\text{H}_{2(\text{г})}) - \Delta H_{f,298}^0(\text{CO}_{(\text{г})}) - \Delta H_{f,298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}) \\ \Delta H_{r,298}^0 &= -393.51 - 0 + 110.53 + 241.83 = -41.15 \text{ кДж/моль} \end{aligned}$$



## Вопрос 2

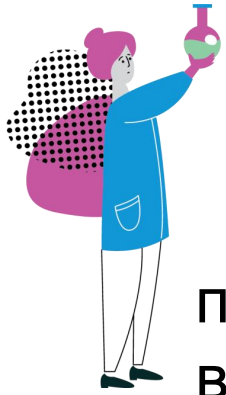
Аналогично можно рассчитать и изменение энтропии при протекании реакции:

$$\Delta S_{r,298}^0 = \sum_j S_{298}^{0,\text{прод}} - \sum_i S_{298}^{0,\text{исх}}$$

$$\Delta S_{r,298}^0 = S_{298}^0(\text{CO}_{2(\text{г})}) + S_{298}^0(\text{H}_{2(\text{г})}) - S_{298}^0(\text{CO}_{(\text{г})}) - S_{298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})})$$
$$\Delta S_{r,298}^0 = 213.80 + 130.68 - 197.65 - 188.83 = -42 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$$



## Вопрос 2



Определить направление протекания химической реакции можно при помощи знака изменения энергии Гиббса реакции  $\Delta G_r^0$ . Данная величина связана с изменением энтальпии и энтропии реакции следующим соотношением:

$$\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T\Delta S_r^0$$

Для  $T = 298 \text{ K}$  получаем:

$$\Delta G_{r,298}^0 = -41150 + 42 * 298 = -28634 \text{ Дж/моль}$$

Отрицательное значение изменения энергии Гиббса реакции свидетельствует о самопроизвольном протекании реакции в прямом направлении при 298 К.

## Вопрос 3

Рассчитайте константу равновесия  $K$  рассматриваемой реакции при  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Как влияет повышение температуры на величину константы равновесия?



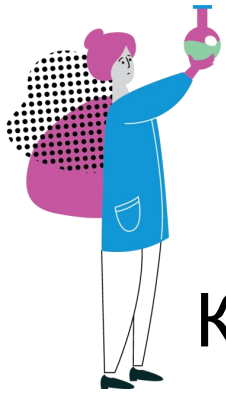
## Вопрос 3

Константу равновесия химической реакции можно записать как отношение произведения парциальных давлений продуктов реакции к произведению парциальных давлений исходных веществ в степенях, соответствующих стехиометрическим коэффициентам реакции. Для реакции взаимодействия угарного газа с парами воды константа равновесия записывается следующим образом:

$$K = \frac{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)}{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}$$



## Вопрос 3



В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона ( $p_i = n_i RT / V$ ) давление газа при постоянных температуре и объеме пропорционально количеству газа. Значит, выражение для константы равновесия можно переписать следующим образом:

$$K = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}$$

## Вопрос 3

Для нахождения равновесных количеств участников реакции составим следующую таблицу

Вещество	Начальное количество вещества, моль	Прореагировавшее количество вещества, моль	Равновесное количество вещества, моль
$CO$	1	$x$	$1 - x$
$H_2O$	1	$x$	$1 - x$
$CO_2$	0	0	$x$
$H_2$	0	0	$x$



## Вопрос 3

По условию задачи прореагировало 76 % угарного газа. Значит,  $x = 0.76 \cdot 1 = 0.76$  моль. Имеющиеся данные позволяют рассчитать  $K$ :

$$K = \frac{0.76 \cdot 0.76}{(1 - 0.76) \cdot (1 - 0.76)} = 10$$





## Вопрос 3



Влияние температуры на величину константы равновесия химической реакции определяется знаком теплового эффекта химической реакции: для экзотермических реакций ( $\Delta H_{r,298}^0 < 0$ ) увеличение температуры приводит к уменьшению величины  $K$ , а для эндотермических реакций ( $\Delta H_{r,298}^0 > 0$ ) – к увеличению  $K$  (следствие принципа Ле-Шателье). Рассматриваемая в задаче реакция является экзотермической, вследствие чего повышение температуры приводит к уменьшению  $K$ .

# Задача 5



# Вопрос 1

Рассчитайте количество вещества бензойной кислоты, полученной после окисления соединений А–Д перманганатом калия.



# Вопрос 1

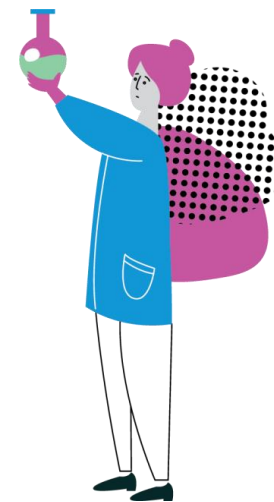
Количество бензойной кислоты равно количеству затраченного на её нейтрализацию гидроксида, то есть  $v(\text{б.к.}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$ .

	А	Б	В	Г	Д
$v$ (бензойной кислоты), ммоль	10,87	9,615	8,475	10,204	9,615



## Вопрос 2

Изобразите структурные формулы соединений А–Д.



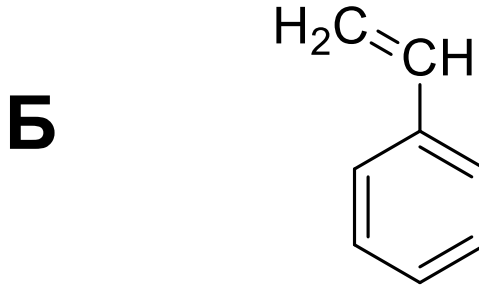
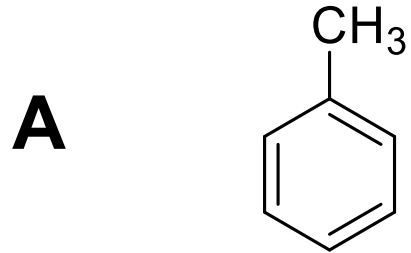
## Вопрос 2

Исходя из количества бензойной кислоты можно рассчитать молярную массу неизвестных веществ в расчете на одну фенильную группу и молярную массу молекулы без учета фенильных групп. В эти остатки должно входить целое количество атомов углерода и водорода.

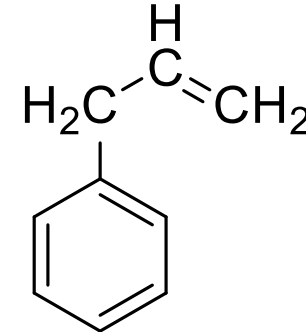
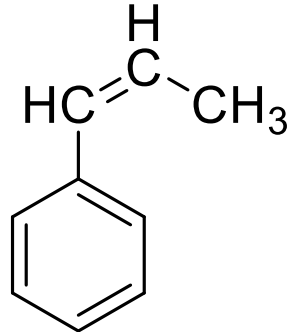
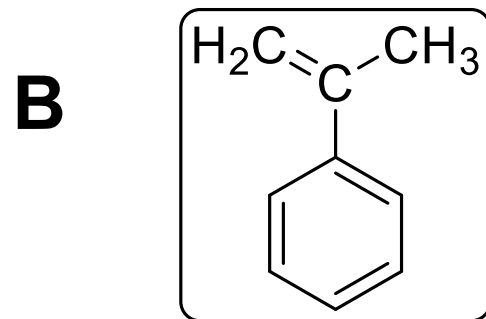
	А	Б	В	Г	Д
M/n(Ph)	92	104	118	98	104
M/n(Ph) остатка без учета фенильных групп	15	27	41	21	27
Формула остатка	CH <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub>	CH <sub>9</sub> (n = 1) C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> (n = 2)	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> (n = 1) C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> (n = 2)



## Вопрос 2



Соединения **А** и **Б** имеют только один вариант структуры.



Из всех возможных изомеров **В** только один будет давать при озоноллизе кетон.

## Вопрос 2

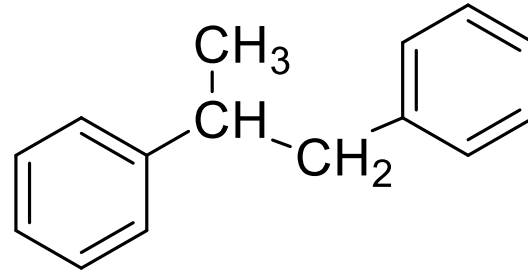
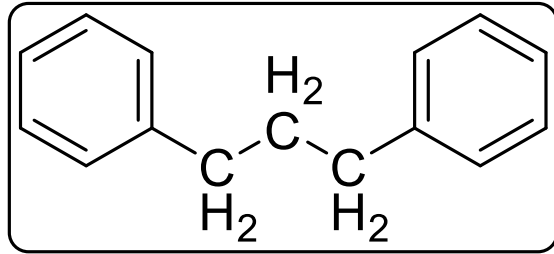
Фрагмент соединения **Г** при  $n(\text{Ph}) = 1$  имеет невозможный состав, а для **Д** получен тот же результат, что и для **Б**. Изомеров у **Б** быть не может (при условии сохранения бензольного кольца), значит в **Г** и **Д**, вероятнее всего, будет две фенильных группы.





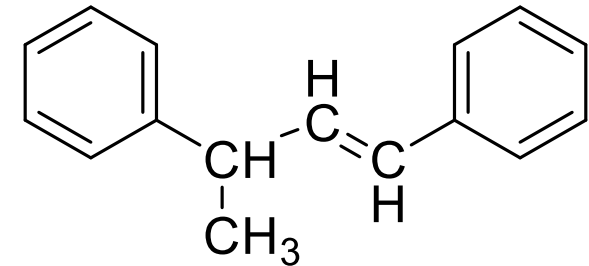
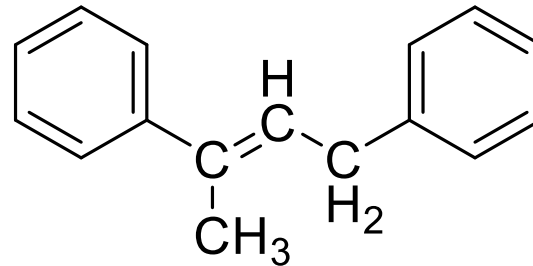
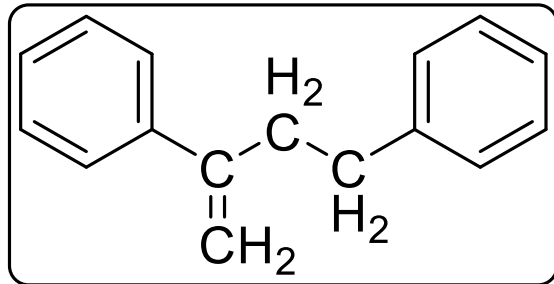
## Вопрос 2

Г



Выбрать правильную структуру можно, сравнив их с исходным полимером. Рядом стоящих фенильных групп в продуктах быть не должно.

Д



Структура **Д** должна характеризоваться и отсутствием соседних фенилов, и образованием кетона при озоноллизе.

## Вопросы 3 и 4

Напишите уравнение реакции окисления соединения **Б** перманганатом калия.



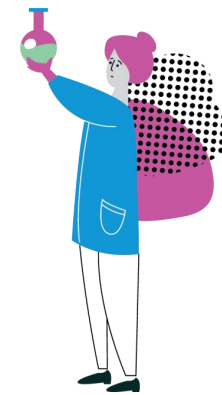
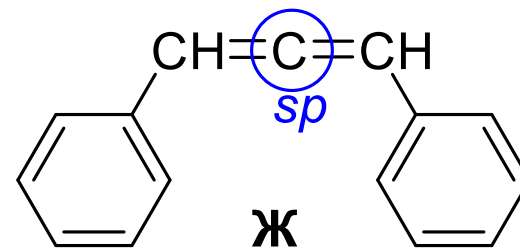
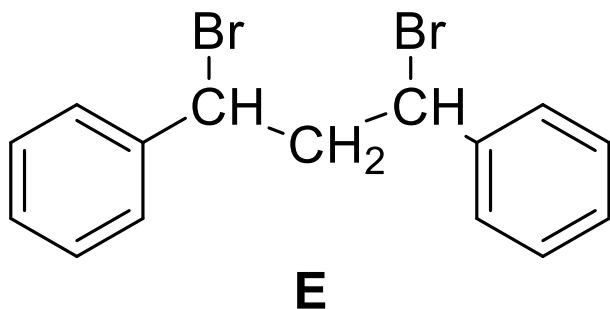
Какой газ выделялся при добавлении соляной кислоты?

Из карбоната калия будет образовываться углекислый газ.



## Вопрос 5

Изобразите структурные формулы соединений **Е** и **Ж**.  
Укажите  $sp$ -гибридный атом углерода на структуре **Ж**.



## Вопрос 5



При облучении светом бромирование ароматических соединений идет в боковую цепь. Из соображений пространственной доступности два брома должны присоединяться к разным атомам углерода. Спиртовой раствор щелочи будет давать продукт отщепления, при этом образуется кумулированный диен. *sp*-Гибридизацию имеет центральный углерод, так как у него только два соседних атома.