

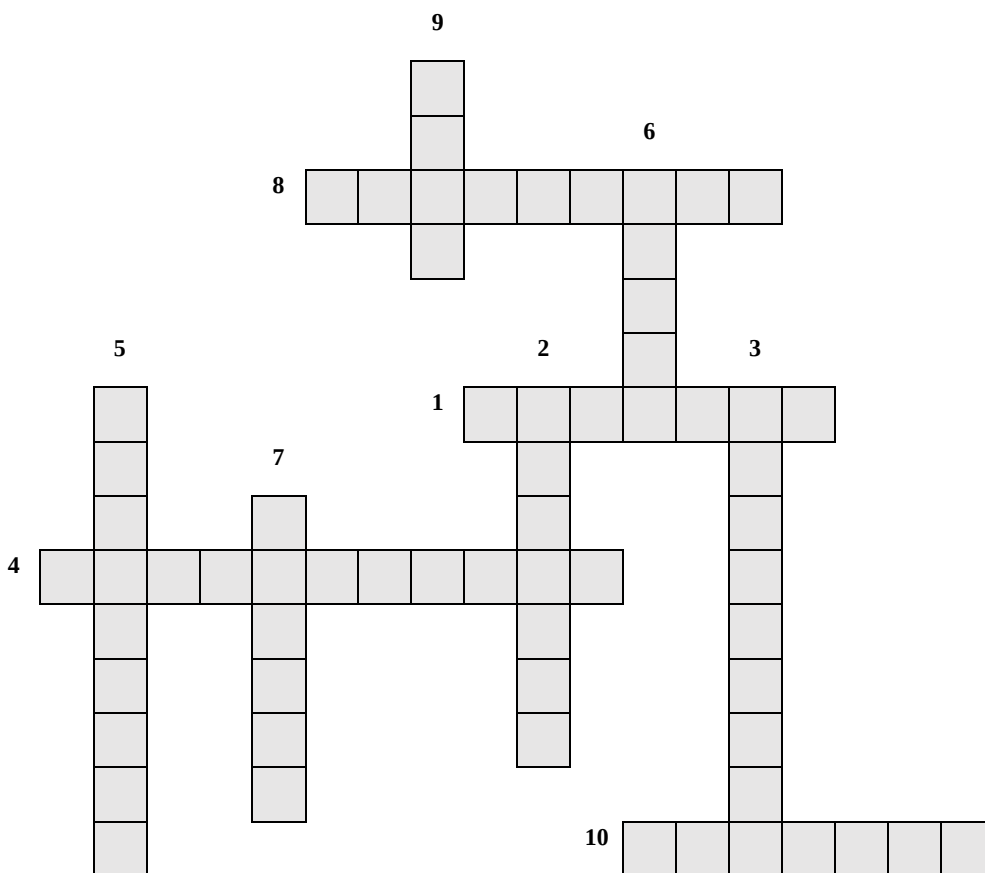
## Большая олимпиада Росхим по химии и химической технологии

2024-2025 учебный год  
Задания отборочного этапа  
9 класс

### Задача 1. Кроссворд.

Мы предлагаем решить вам небольшой кроссворд, некоторые ответы из которого тесно связаны с производствами АО «Росхим».

Слова-ответы должны быть в именительном падеже и единственном числе.



Вопросы по горизонтали:

1. Основной побочный продукт производства соды в «Башкирской содовой компании» – хлорид [...]. Кроме того, карбонат [...] часто встречается в природе в виде известковых и меловых пластов.
4. Сильные окислительные свойства этого иона, содержащего металл в степени окисления +7, нашли применение даже в медицине в виде разбавленных растворов в качестве антисептика.
8. Вещества, используемые для питания растений и повышения плодородия почв, продукты многих предприятий АО «Росхим».
10. Название соли муравьиной кислоты. Натриевая соль муравьиной кислоты – один из продуктов «Метафракс Кемилакс» АО «Росхим». Кислота обязана своим названием обычным муравьям (лат. Formicidae), из которых её впервые выделили в 1670 году.

Вопросы по вертикали:

2. Вид дорожного покрытия – смесь щебня, песка, минерального порошка и битума.
3. Вещество, замедляющее или останавливающее протекание реакции.
5. Вид топлива для транспорта, использующийся в основном в строительной, военной и грузовой технике.
6. Одно из важнейших природных ископаемых, сырьё для производства топлива, полимеров, кокса и других продуктов. Добывается в жидком виде, бывает различных цветов, но чаще всего имеет чёрный цвет.
7. Натуральный или синтетический эластичный материал, нашедший применение в производстве резины.
9. Химический элемент, соединения которого используются для обеззараживания воды и отбеливания бумаги.

## Задача 2. Хлеб химической промышленности

*“Едва найдётся другое искусственно добываемое вещество, столь часто применяемое в технике как ... (вещество X) Где нет заводов для её добывания - невысказанно выгодное производство многих других веществ, имеющих важное техническое значение.”*

*Д.И. Менделеев*

1. Приведенная цитата Дмитрия Ивановича относится к веществу X, «хлебу химической промышленности». Процесс его получения реализован и в компании АО «Росхим»: одна из его стадий предполагает окисление сернистого газа кислородом на ванадиевом катализаторе. О каком веществе идёт речь? В качестве ответа запишите формулу вещества X в формате:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .
2. Какими физическими свойствами обладает это вещество? Выберите подходящие варианты ответа: маслянистая консистенция; плотность больше плотности воды в 2 раза; металлический блеск; гидрофобные свойства; летучесть; мылкость на ощупь.

Юный химик Миша решил попрактиковаться в лабораторных навыках, а заодно и вспомнить химические свойства вещества X.

X растворяется в воде в любых соотношениях, поэтому распространены как разбавленные, так и концентрированные растворы этого вещества. В лаборатории было немного концентрированного (98 % по массе) раствора X. Для начала Миша решил его разбавить.

3. Сколько 98 % раствора вещества X ( $\rho = 1,84$  г/мл) нужно смешать с водой, чтобы получить 400 г 50 % раствора X ( $\rho = 1,40$  г/мл)?  
*Ответ укажите в мл с точностью до десятых.*
4. С каким объёмом воды нужно смешать 20 мл 50 % раствора X ( $\rho = 1,40$  г/мл), чтобы получить 5 % раствор вещества X ( $\rho = 1,03$  г/мл)?  
*Ответ укажите в мл с точностью до целых.*
5. Миша отлично знает технику безопасности и легко справился с этой задачей. Напомните восьмиклассникам из соседней аудитории, как правильно готовить растворы вещества X: нужно наливать X в воду, или же воду в X.

Первые опыты Миша решил провести с 5 % раствором вещества X. В один стаканчик он положил гранулу цинка, а в другой гранулу меди, после чего налил в каждый из них по 10 мл раствора.

6. Какие аналитические эффекты Миша ожидает увидеть в каждом из случаев? Выберите из следующих вариантов ответов:

*Для цинка:*

- выделение газа без запаха;
- выделение газа с запахом;
- выпадение осадка;
- изменение цвета раствора;
- застывание раствора;
- отсутствие видимых изменений.

*Для меди:*

- выделение газа без запаха;
- выделение газа с запахом;
- выпадение осадка;
- изменение цвета раствора;
- застывание раствора;
- отсутствие видимых изменений.

Дальше он использовал 50 % раствор вещества X. Кроме цинка и меди, в лаборатории нашлась алюминиевая фольга. Со всеми ними Миша провёл три аналогичных эксперимента. На удивление газ выделялся только в одном стаканчике из трёх.

7. В каком из стаканчиков выделялся газ? Выберите из следующих вариантов ответов:

- в стаканчике с цинком,
- в стаканчике с медью,
- в стаканчике с алюминием.

Через несколько минут Миша заметил, что в одном из стаканчиков, в которых не выделился газ, появилось помутнение.

8. В стаканчике с каким металлом появилось помутнение? Выберите из следующих вариантов ответов:

- в стаканчике с цинком,
- в стаканчике с медью,
- в стаканчике с алюминием.

В последнем оставшемся стаканчике ничего не происходило. Но Миша далеко не из тех, кто быстро сдаётся. Он начал медленно нагревать раствор, и как только из стаканчика запахло тухлыми яйцами, он сразу же снял раствор с плитки.

9. Какая реакция начала протекать в этом стаканчике? В ответе укажите сумму *минимально возможных* целочисленных коэффициентов для этого уравнения реакции.

10. По какой причине в начале опыта эта реакция не протекала? Выберите из следующих вариантов ответа: девальвация; инактивация; колликвация; пассивация.

В конце своих опытов Миша решил найти применение застоявшемуся пузырьку с перманганатом калия. Приготовив его концентрированный раствор, Миша прикапал к нему несколько миллилитров разбавленного вещества X, после чего прилил раствор нитрита калия. Окраска раствора постепенно исчезла.

11. Запишите уравнение протекающей реакции. В качестве ответа приведите сумму *минимально возможных* целочисленных коэффициентов для этого уравнения реакции.

### Задача 3. Минеральные удобрения

Производство минеральных удобрений — важная часть производственного процесса ООО «Газпром нефтехим Салават». Производство минеральных удобрений осуществляется на Газохимическом заводе и представлено аммиаком и карбамидом.



Производимая продукция не раз удостоивалась высоких наград, подтверждающих её отличное качество и высокую репутацию предприятия. Значение предприятия в обеспечении минеральными удобрениями в Приволжском и Уральском регионах огромно. Кроме того, продукция активно экспортируется в многие страны Европы и Азии. Карбамид (мочевина) применяется в качестве концентрированного азотного удобрения для многих сельскохозяйственных культур на любых почвах, а также как заменитель естественного белка в кормах для жвачных животных.

В состав карбамида входят четыре элемента. Массовые доли трёх из них:  
 $\omega(\text{N}) = 46,67 \%$ ,  $\omega(\text{O}) = 26,67 \%$ ,  $\omega(\text{H}) = 6,67 \%$ .

1. Определите брутто-формулу карбамида. В качестве ответа укажите недостающий элемент и число его атомов в молекуле.

Процесс промышленного синтеза карбамида протекает в две стадии. На первой стадии при взаимодействии аммиака и углекислого газа в отношении 2:1 образуется *карбамат* аммония (*реакция 1*). На второй стадии происходит дегидратация *карбамата* аммония при нагревании и давлении с образованием карбамида (*реакция 2*).

2. Запишите реакции, описывающие процесс синтеза карбамида. В качестве ответа приведите сумму минимально возможных целочисленных коэффициентов для каждого из уравнений реакций.

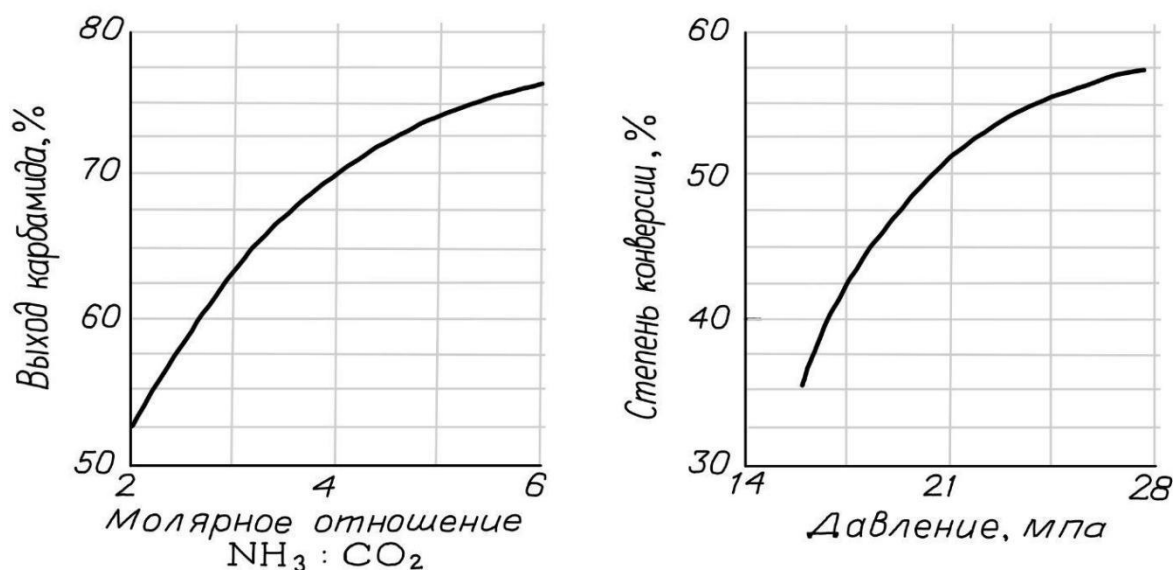


**График 1:** выход карбамида в зависимости от молярного соотношения аммиака и углекислого газа в реакционной смеси.

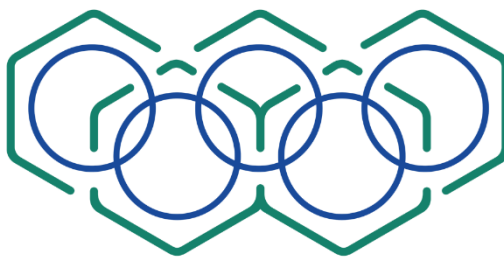
**График 2:** степень конверсии карбамата аммония в карбамид на второй стадии синтеза в зависимости от давления.

В колонну синтеза подаются сжатые аммиак и углекислый газ. В начальный момент реакции плотность газов в колонне составляет  $145,5 \text{ кг/м}^3$  при давлении 25 МПа и температуре  $190^\circ\text{C}$ . Для расчётов вам может понадобиться уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$pV = nRT$$

$p$  – давление в системе [кПа]       $R$  – газовая постоянная,  $8,314 \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}} \right]$   
 $V$  – объём системы [л]       $T$  – температура [К]  
 $n$  – количество вещества [моль]

- Какова средняя молярная масса газов (г/моль) в смеси в начальный момент? *Ответ укажите с точностью до десятых.*
- В каком мольном соотношении газы подаются в колонну? В качестве ответа укажите соотношение в формате: 15:7.
- По *графику 1* определите, какой выход карбамида (%) ожидается в данных условиях? *Ответ укажите с точностью до целых.*
- Какая степень конверсии карбамата в карбамид в соответствии с *графиком 2*? В качестве ответа выберите один из следующих вариантов: 40%; 47,5%; 51%; 56%.
- Как вы думаете, с чем связана необходимость использования избытка аммиака? В качестве ответа выберите один из следующих вариантов:
  - он связывается с водой;
  - он смещает равновесие второй стадии в сторону продуктов;
  - он уменьшает коррозию аппаратуры;
  - всё вышеперечисленное.



## **Большая олимпиада Росхим по химии и химической технологии**

2024-2025 учебный год  
Решения отборочного этапа  
9 класс

### **Задача 1. Кроссворд**

1. Кальций
2. Асфальт
3. Ингибитор
4. Перманганат
5. Дизельное
6. Нефть
7. Каучук
8. Удобрение
9. Хлор
10. Формиат

### **Система оценивания:**

1. Ответы по 1 баллу

**10 баллов**

**ИТОГО 10 баллов**

## Задача 2. Хлеб химической промышленности.

1. Формула кислоты –  $\text{H}_2\text{SO}_4$
2. Правильные ответы: маслянистая консистенция, плотность больше плотности воды в 2 раза.

3. Рассчитаем объем 98 %-ной кислоты:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 400 \text{ г} \times 0,5 = 200 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{98\% \text{ р-р}} = \frac{200 \text{ г}}{0,98} = 204 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4)_{98\% \text{ р-р}} = \frac{204 \text{ г}}{1,84 \text{ г/мл}} = 110,9 \text{ мл}$$

4. Рассчитаем объём воды:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{50\% \text{ р-р}} = 20 \text{ мл} \cdot 1,4 \text{ г/мл} = 28 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 28 \text{ г} \cdot 0,5 = 14 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{5\% \text{ р-р}} = \frac{14 \text{ г}}{0,05} = 280 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) = 280 \text{ г} - 28 \text{ г} = 252 \text{ г} = 252 \text{ мл}$$

5. По правилам техники безопасности необходимо приливать серную кислоту к воде, а не наоборот. При добавлении небольших порций концентрированной серной кислоты к большому количеству воды кислота, имеющая большую плотность, тонет в воде, а выделяющаяся теплота поглощается большим количеством окружающей воды. Если добавлять воду к кислоте, то вода, имеющая меньшую плотность, останется на поверхности и может закипеть, что может привести к выбросу кислоты.

6.  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб.})} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$  – выделение газа без запаха

$\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб.})} \nrightarrow$  – отсутствие видимых изменений. Разбавленная серная кислота не реагирует с металлами, которые стоят правее водорода в ряду электрохимических напряжений металлов

7.  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  – выделение газа

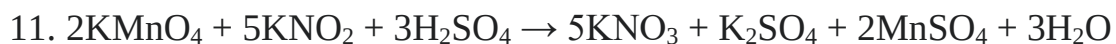
8.  $3\text{Zn} + 4\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow 3\text{ZnSO}_4 + \text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$  – выпадение осадка коллоидной серы

9.  $8\text{Al} + 15\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow 4\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow + 12\text{H}_2\text{O}$

Сумма всех коэффициентов в реакции: 42

10. Правильный ответ: пассивация – это переход поверхности металла в неактивное, пассивное состояние, связанное с образованием тонких поверхностных слоёв соединений, препятствующих коррозии.

Девальвация – снижение курса национальной валюты по отношению к твёрдым валютам. Инактивация – потеря или уменьшение активности чего-либо. Колликвация – дегенеративный процесс, включающий разжижение ткани.



Сумма всех коэффициентов в реакции: 21

**Система оценивания:**

|                                                      |         |
|------------------------------------------------------|---------|
| 1. Формула кислоты                                   | 2 балла |
| 2. Правильные ответы <i>по 1 баллу</i>               | 2 балла |
| 3-4. Расчет объёмов кислоты и воды <i>по 2 балла</i> | 4 балла |
| 5-8. Правильные ответы <i>по 1 баллу</i>             | 4 балла |
| 9. Сумма коэффициентов в реакции                     | 3 балла |
| 10. Правильный ответ                                 | 2 балла |
| 11. Сумма коэффициентов в реакции                    | 3 балла |

**ИТОГО 20 баллов**

### Задача 3. Минеральные удобрения.

1. Найдём формулу карбамида, для этого необходимо рассчитать отношение атомов в молекуле:

$$N:O:H = \frac{46,67}{14} : \frac{26,67}{16} : \frac{6,67}{1} = 2 : 1 : 4$$

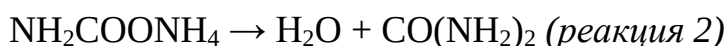
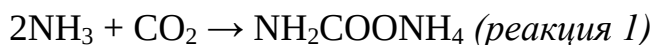
Предположим, у нас в молекуле 1 атом кислорода.

$$\text{Тогда } M_r (\text{карбамида}) = \frac{16 \text{ г/моль}}{0,2667} = 60 \text{ г/моль.}$$

$60 - (14 \cdot 2 + 16 + 4) = 12 \text{ г/моль}$ , что соответствует атомной массе углерода.

Формула карбамида:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , число атомов углерода в молекуле – 1.

2. Уравнения реакций:



Сумма коэффициентов в реакции 1: 4

Сумма коэффициентов в реакции 2: 3

3. Рассчитаем среднюю молярную массу газа:

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$p = \frac{m}{VM}RT$$

$$p = \frac{\rho}{M}RT$$

$$M = \frac{145,5 \text{ г/л}}{25000 \text{ кПа}} \times 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \times 463 \text{ К} = 22,4 \text{ г/моль} - \text{средняя молярная масса газа.}$$

4. Найдём отношение молей аммиака и углерода:

Пусть у нас  $x$  долей  $\text{NH}_3$  и  $y$  долей  $\text{CO}_2$ . Тогда получится система уравнений:

$$x + y = 1$$

$$17x + 44y = 22,4,$$

Откуда  $x = 0,8$  и  $y = 0,2$ , следовательно  $x : y = 4 : 1$

5. Соотношение реагентов 4:1 согласно графику соответствует выходу карбамида 70 %.

6. По условию задачи давление реакции равно 25 МПа, что по графику лучше всего соответствует 56% конверсии карбамата в карбамид.
7. Избыточный аммиак связывает воду, благодаря чему равновесие реакции 2 смещается в сторону образования продуктов превращения карбамата аммония в карбамид. Также замедляется коррозия аппарата. Всё вышеперечисленное.

**Система оценивания:**

- |                                                               |                |
|---------------------------------------------------------------|----------------|
| 1. Определение атома и его числа в молекуле <i>по 2 балла</i> | <b>4 балла</b> |
| 2. Суммы коэффициентов в реакциях 1-2 <i>по 2 балла</i>       | <b>4 балла</b> |
| 3. Расчёт средней молярной массы                              | <b>4 балла</b> |
| 4. Определение отношения молей газов                          | <b>2 балла</b> |
| 5. Определение выхода карбамида                               | <b>2 балла</b> |
| 6. Определение степени конверсии                              | <b>2 балла</b> |
| 7. Правильный ответ                                           | <b>2 балла</b> |

**ИТОГО 20 баллов**