

## Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

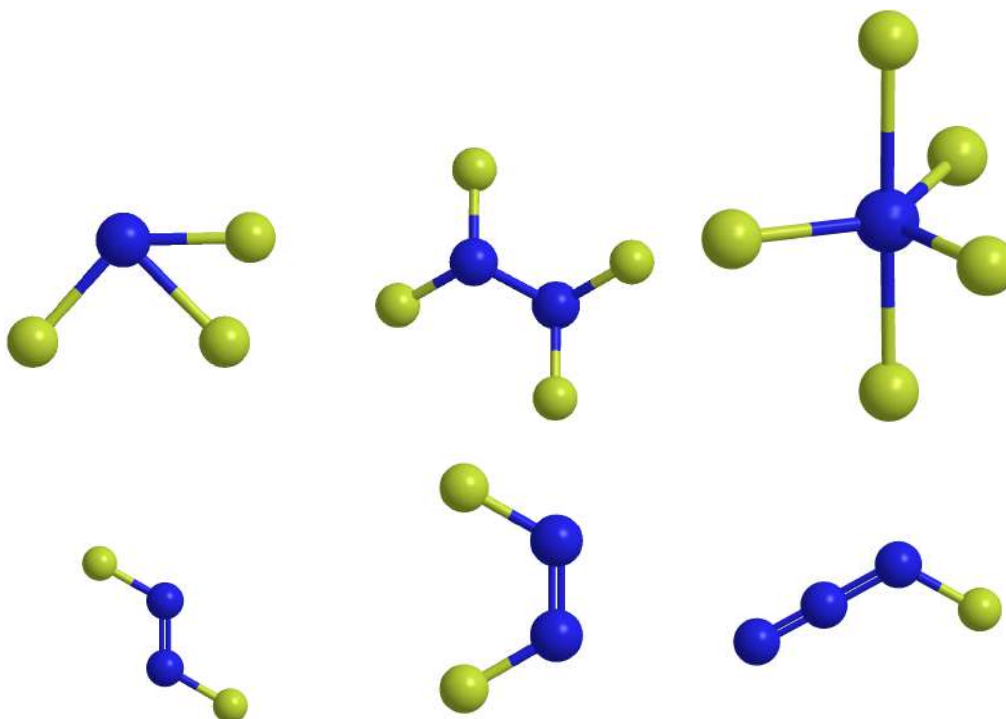
## Задание 1.

Какие процессы **всегда** происходят с выделением тепла?

- реакция нейтрализации;
- кипение жидкости;
- кристаллизация жидкости;
- растворение в воде;
- горение на воздухе;
- электролиз.

## Задание 2.

Даны модели молекул, состоящих из одной и той же пары элементов. Пять из них соответствуют реальным газообразным при н. у. соединениям, а одна не существует. Какой именно?



## Задание 3.

Запишите символы элементов в составе этих молекул. Порядок неважен.

## Задание 4.

С помощью изображённых на фото предметов начинающий химик Владислав собрался выполнить одну из лабораторных операций.



Какую именно операцию он хотел провести?

**Задание 5.**

Какие два предмета лабораторной посуды представлены на фото?

- Воронка Бюхнера
- Колба Бунзена
- Колба Эрленмейера
- Аппарат Кипша
- Делительная воронка
- Холодильник Либиха

**Задание 6.**

Загадка. *Сидят детки в тесной клетке, один из них меченый. Тот, чьё имя носит меченый, тоже томился в неволе недалеко от Сириуса. А сам меченый нашёл себе применение в виде соединения из двух элементов, в котором 57.7% металла по массе.*



Запишите формулу этого соединения.

**Задание 7.****Вариант 1.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7.94, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8.42.

- Запишите формулу второго компонента исходной смеси.
- Запишите формулу продукта реакции.
- Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Задание 7. Вариант 2.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7.86, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8.49.

- Запишите формулу второго компонента исходной смеси.
- Запишите формулу продукта реакции.
- Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Задание 7. Вариант 3.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7.75, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8.29.

- Запишите формулу второго компонента исходной смеси.
- Запишите формулу продукта реакции.
- Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Задание 7. Вариант 4.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7,62, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8,00.

- Запишите формулу второго компонента исходной смеси.
- Запишите формулу продукта реакции.
- Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Задание 7. Вариант 5.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7,86, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8,57.

- Запишите формулу второго компонента исходной смеси.
- Запишите формулу продукта реакции.
- Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

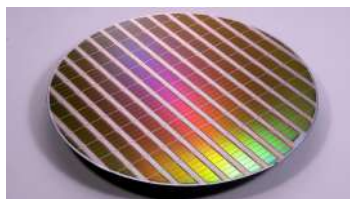
**Задание 7. Вариант 6.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7,91, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8,23.

- Запишите формулу второго компонента исходной смеси.
- Запишите формулу продукта реакции.
- Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Задание 8.**

Некоторые элементы и их соединения, будучи добавленными в небольшом количестве, способны заметно улучшить свойства материалов. Установите соответствие между элементами и предметами, при производстве которых эти элементы используются в качестве добавок.



А



Б



В



Г



Д



Е

Элементы: иод, сера, ванадий, цинк, фтор, мышьяк.

**Ответ:**

Иод	
Сера	
Ванадий	
Цинк	
Фтор	
Мышьяк	

**Задание 9.****Вариант 1.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 20 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 2.6 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Задание 9. Вариант 2.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 20 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 3.0 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Задание 9. Вариант 3.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 23 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 3.5 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Задание 9. Вариант 4.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 20 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 2.2 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

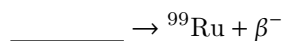
б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Задание 10.**

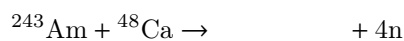
Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:

**Задание 11.**

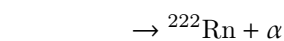
Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:

**Задание 12.**

Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:

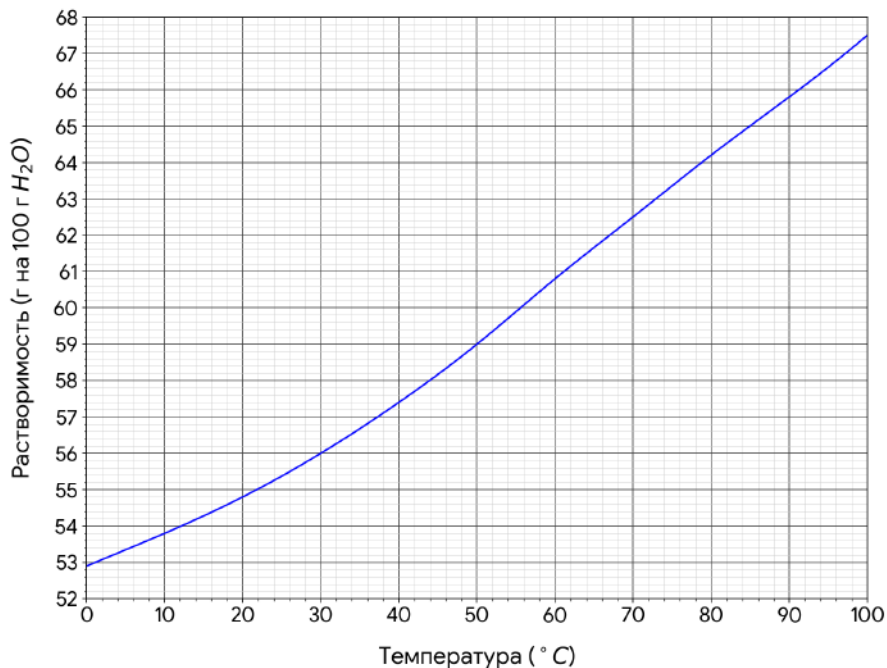
**Задание 13.**

Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:



**Задание 14.****Вариант 1.**

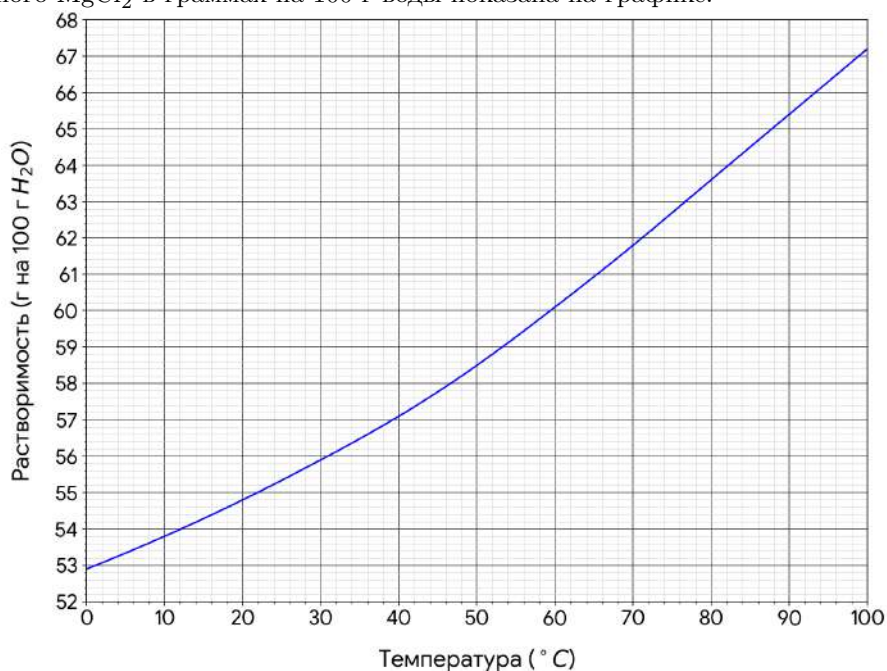
Хлорид магния выпадает из водного раствора при охлаждении в виде гексагидрата. Температурная зависимость растворимости безводного  $\text{MgCl}_2$  в граммах на 100 г воды показана на графике.



Сколько осадка выпадет при охлаждении 450 г насыщенного при  $90^{\circ}\text{C}$  раствора хлорида магния до  $20^{\circ}\text{C}$ ? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Задание 14. Вариант 2.**

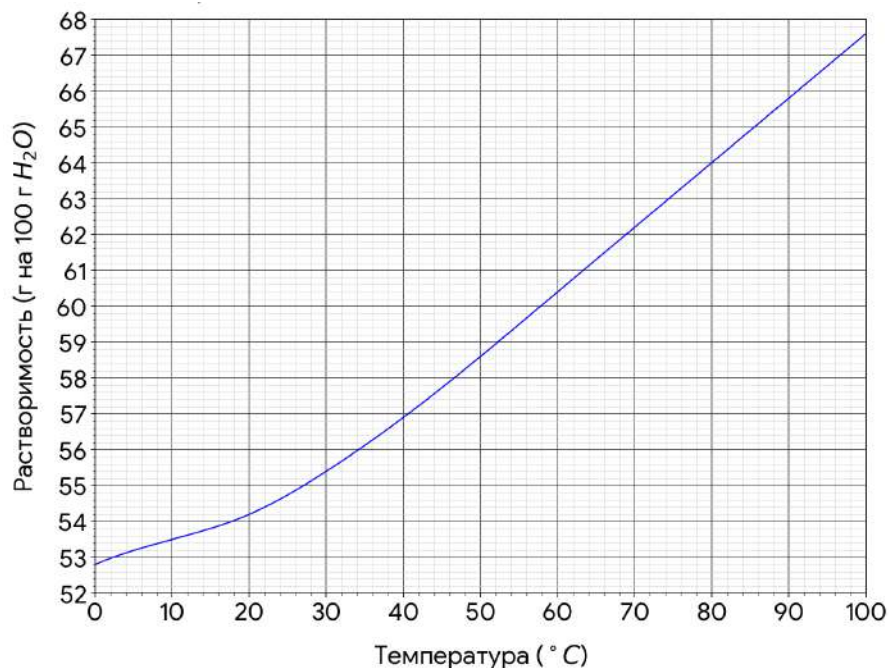
Хлорид магния выпадает из водного раствора при охлаждении в виде гексагидрата. Температурная зависимость растворимости безводного  $\text{MgCl}_2$  в граммах на 100 г воды показана на графике.



Сколько осадка выпадет при охлаждении 450 г насыщенного при  $90^{\circ}\text{C}$  раствора хлорида магния до  $20^{\circ}\text{C}$ ? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Задание 14. Вариант 3.**

Хлорид магния выпадает из водного раствора при охлаждении в виде гексагидрата. Температурная зависимость растворимости безводного  $MgCl_2$  в граммах на 100 г воды показана на графике.



Сколько осадка выпадет при охлаждении 450 г насыщенного при 90 °С раствора хлорида магния до 20 °С? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Задание 15.****Вариант 1.**

Заполните пропуски формулами веществ. Выберите вещество, участвующее в реакции, из списка:

- В
- С
- N<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- Si
- P
- S
- Cl<sub>2</sub>

При реакции магния и \_\_\_\_\_ образуется порошок вещества \_\_\_\_\_, который растворяется в разбавленной соляной кислоте с выделением газа \_\_\_\_\_ с массовой долей одного из элементов 87.4%. При упаривании полученного раствора из него выделяются кристаллы соли состава \_\_\_\_\_.

**Ответ:**

Элемент	Образующееся вещество	Выделяющийся газ	Кристаллогидрат

**Задание 15. Вариант 2.**

Заполните пропуски формулами веществ. Выберите вещество, участвующее в реакции, из списка:

- В
- С
- N<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- Si
- P
- S
- Cl<sub>2</sub>

При реакции магния и \_\_\_\_\_ образуется порошок вещества \_\_\_\_\_, который растворяется в разбавленной соляной кислоте с выделением газа \_\_\_\_\_ с массовой долей одного из элементов 91.1%. При упаривании полученного раствора из него выделяются кристаллы соли состава \_\_\_\_\_.

**Ответ:**

Элемент	Образующееся вещество	Выделяющийся газ	Кристаллогидрат

**Задание 15. Вариант 3.**

Заполните пропуски формулами веществ. Выберите вещество, участвующее в реакции, из списка:

- В
- С
- N<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- Si
- P
- S
- Cl<sub>2</sub>

При реакции магния и \_\_\_\_\_ образуется порошок вещества \_\_\_\_\_, который растворяется в разбавленной соляной кислоте с выделением газа \_\_\_\_\_ с массовой долей одного из элементов 94.1%. При упаривании полученного раствора из него выделяются кристаллы соли состава \_\_\_\_\_.

**Ответ:**

Элемент	Образующееся вещество	Выделяющийся газ	Кристаллогидрат

**Задание 16.**

При пропускании тока углекислого газа через раствор гидроксида натрия выпал осадок **X**, который не растворился при дальнейшем пропускании углекислого газа. А при пропускании углекислого газа через раствор гидроксида кальция выпал осадок **Y**, который растворился при дальнейшем пропускании углекислого газа.

Запишите формулу осадка X:

Запишите формулу осадка Y:

**Задание 17.**

Элемент А и его сосед по периоду — элемент Б — образуют газообразное соединение с плотностью при н. у. 2.32 г/л. Со своим соседом по группе, элементом В, элемент А образует соединение, представляющее собой сверхпрочный материал. Сосед элемента В по периоду, элемент Г, образует несколько аллотропных модификаций. Запишите химические символы элементов А–Г.

**Ответ:**

А	Б	В	Г

## Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

## Задание 1.

Какие процессы **всегда** происходят с выделением тепла?

- реакция нейтрализации;
- кипение жидкости;
- кристаллизация жидкости;
- растворение в воде;
- горение на воздухе;
- электролиз.

**Ответ:**

- ✓ Реакция нейтрализации
- ✓ Кристаллизация жидкости
- ✓ Горение на воздухе

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла; за каждый неверный ответ снимается 2 балла

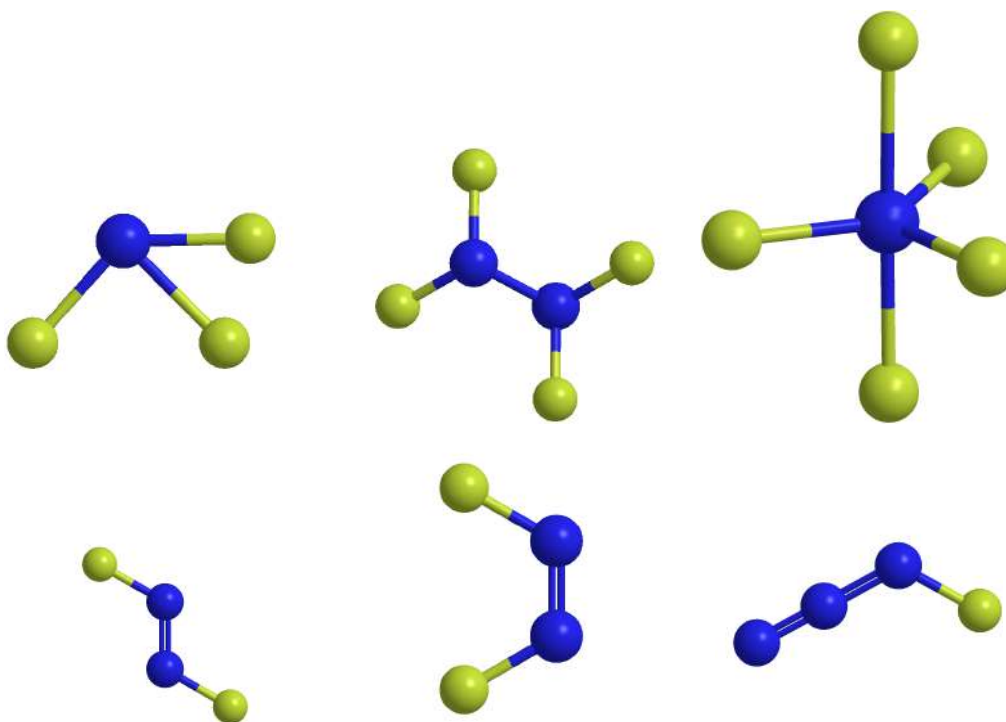
**Максимальный балл за задание — 6**

**Решение.**

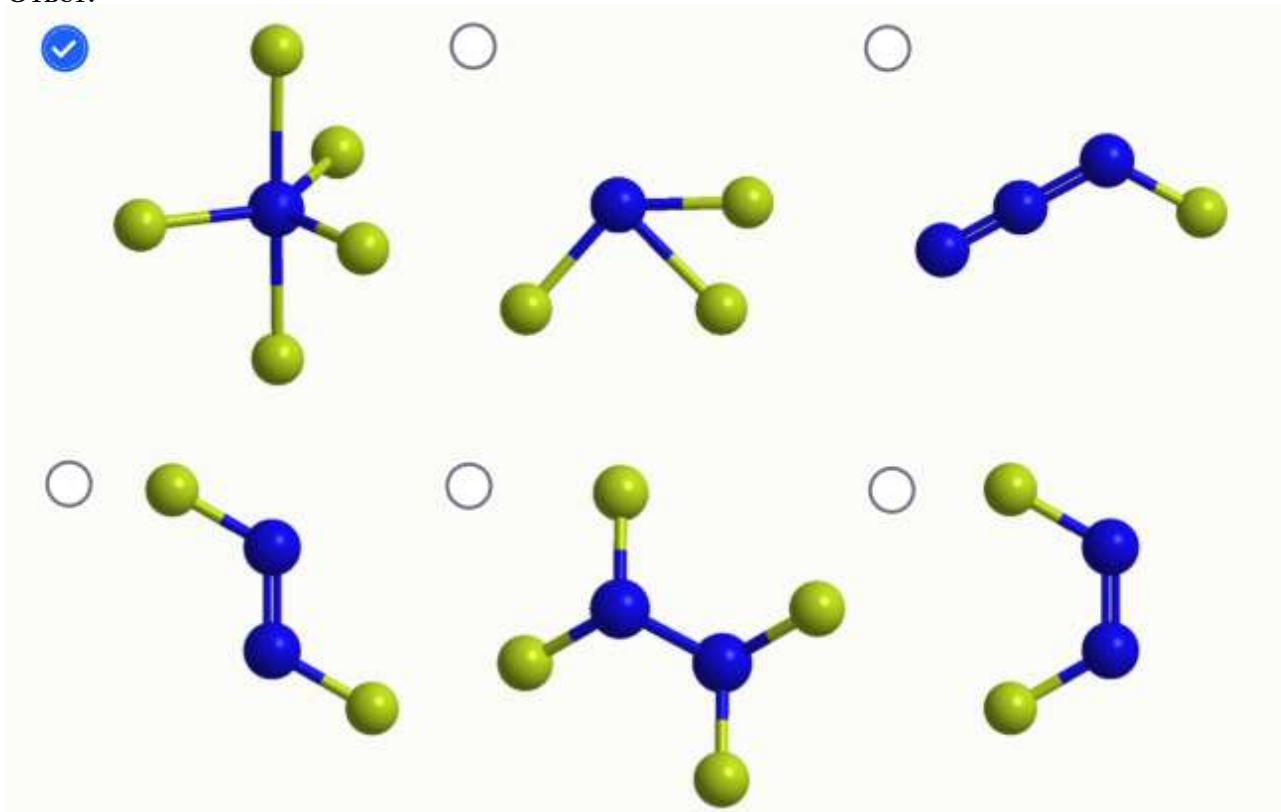
Из перечисленных процессов с выделением тепла всегда протекают нейтрализация кислоты щёлочью, кристаллизация жидкости и горение на воздухе. Кипение всегда происходит с поглощением тепла, электролиз, как правило, тоже эндотермичен, а растворение может быть как экзо-, так и эндотермичным.

## Задание 2.

Даны модели молекул, состоящих из одной и той же пары элементов. Пять из них соответствуют реальным газообразным при н. у. соединениям, а одна не существует. Какой именно?



Ответ:



**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

**Максимальный балл за задание — 4**

### Задание 3.

Запишите символы элементов в составе этих молекул. Порядок неважен.

Ответ:

✓ N

✓ F

**Критерий оценивания:** за каждый верный символ — 2 балла; более 3-х ответов-0 баллов

**Максимальный балл за задание — 4**

**Решение. Задания 2–3**

Во всех структурах синие атомы соответствуют трёхвалентному элементу, а жёлтые — одновалентному. Из условия их газообразного состояния при н. у. можно понять, что это самые лёгкие элементы III и VII групп периодической системы — азот и фтор. Реальные соединения здесь —  $\text{NF}_3$ ,  $\text{N}_3\text{F}$ , *транс*- и *цис*- $\text{N}_2\text{F}_2$ ,  $\text{N}_2\text{F}_4$ . Структура 3 соответствует  $\text{NF}_5$ , а такой высший фторид азота не существует. Соответствующие соединения с водородом тоже существуют, но гидразин  $\text{N}_2\text{H}_4$  и азотистоводородная кислота  $\text{HN}_3$  при комнатной температуре являются жидкостями.

### Задание 4.

С помощью изображённых на фото предметов начинающий химик Владислав собрался выполнить одну из лабораторных операций.

Какую именно операцию он хотел провести?

Ответ: вакуумное фильтрование (фильтрование под вакуумом, отсасывание)

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 6 баллов

**Максимальный балл за задание — 6**

### Задание 5.

Какие два предмета лабораторной посуды представлены на фото?

- Воронка Бюхнера
- Колба Бунзена
- Колба Эрленмейера
- Аппарат Кипша
- Делительная воронка
- Холодильник Либиха

Ответ:

✓ Воронка Бюхнера

✓ Колба Бунзена



**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла; за каждый неверный ответ снимается 2 балла  
**Максимальный балл за задание — 4**

**Задание 6.**

Загадка. *Сидят детки в тесной клетке, один из них меченый. Тот, чьё имя носит меченый, тоже томился в неволе недалеко от Сириуса. А сам меченый нашёл себе применение в виде соединения из двух элементов, в котором 57.7% металла по массе.*



Запишите формулу этого соединения.

**Ответ:**  $\text{PmCl}_3$

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

«Детки» в этой загадке — лантаноиды, которые часто помещаются в одну строку сокращённой таблицы Менделеева вместе с лантаном. «Меченый» — прометий, единственный радиоактивный лантаноид. Прометий назван в честь Прометея, которого, согласно мифу, приковали к Кавказским горам недалеко от современной федеральной территории Сириус. Для бинарного соединения с массовой долей  $\omega(\text{Pm}) = 57.7\%$  получаем молярную массу соединения:

$$M = \frac{145}{0.577} \approx 251.3 \text{ г/моль.}$$

Тогда на анионы приходится  $251.3 - 145 = 106.3$  г/моль. Для лантаноидов характерна степень окисления +3, значит, масса одного одновалентного аниона равна  $106.3/3 \approx 35.4$  г/моль, что соответствует хлору. Следовательно, формула вещества —  $\text{PmCl}_3$ .

**Задание 7.**

**Вариант 1.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7.94, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8.42.

а) Запишите формулу второго компонента исходной смеси.

**Ответ:** He

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

б) Запишите формулу продукта реакции.

**Ответ:**  $\text{O}_3$

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

в) Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 12

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

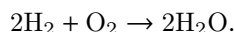
**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Из плотности по водороду получаем среднюю молярную массу исходной смеси:

$$M = 2 \cdot 7.94 = 15.88 \text{ г/моль.}$$

Так как один компонент — кислород с молярной массой 32 г/моль, второй должен иметь молярную массу меньше 16 г/моль. Подходят только водород и гелий. Если бы смесь содержала водород, при пропускании разряда шла бы реакция



Тогда на выходе получилась бы смесь водяного пара с кислородом, что не согласуется с новой средней молярной массой. Следовательно, второй компонент — гелий.

Тогда в системе протекает реакция  $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$ . Пусть исходно было 1 моль смеси. Тогда количество кислорода равно

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{15.88 - 4}{32 - 4} = 0.424 \text{ моль,}$$

а гелия — 0.576 моль. Пусть в реакцию вступило  $3y$  моль кислорода. Тогда после реакции имеем  $0.424 - 3y$  моль  $\text{O}_2$ , 0.576 моль He и  $2y$  моль  $\text{O}_3$ . Общее количество вещества равно  $1 - y$  моль. Из условия для средней молярной массы конечной смеси:

$$\frac{32(0.424 - 3y) + 4 \cdot 0.576 + 48 \cdot 2y}{1 - y} = 16.84.$$

Отсюда  $y = 0.06$ , поэтому объёмная доля озона в конечной смеси равна

$$\varphi(\text{O}_3) = \frac{2y}{1 - y} \cdot 100\% = \frac{0.12}{0.94} \cdot 100\% \approx 12.8\% \approx 12\%.$$

**Задание 7. Вариант 2.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7.86, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8.49.

а) Запишите формулу второго компонента исходной смеси.

б) Запишите формулу продукта реакции.

в) Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:**

а) He

б)  $\text{O}_3$

в) 16%

**Критерии оценивания и Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 7. Вариант 3.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7.75, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8.29.

а) Запишите формулу второго компонента исходной смеси.

б) Запишите формулу продукта реакции.

в) Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:**

а) He

б)  $\text{O}_3$

в) 14%

**Критерии оценивания и Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 7. Вариант 4.**

Через газовую смесь с плотностью по водороду 7.62, состоящую из кислорода и ещё одного газа, пропустили электрические разряды. В результате плотность смеси по водороду увеличилась до 8,00.

а) Запишите формулу второго компонента исходной смеси.

б) Запишите формулу продукта реакции.

в) Определите объёмную долю продукта реакции в конечной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:**

а) He

б)  $\text{O}_3$

в) 10%

**Критерии оценивания и Решение по аналогии с вариантом 1**



**Решение.**

А — мышьяк (добавка к полупроводниковому кремнию), Б — сера (вулканизация резины), В — фтор (в виде фторидов добавляется в зубную пасту), Г — цинк (цинкование стали, оцинкованное ведро), Д — ванадий (легирование стали), Е — иод (добавляется в виде иодидов или иодатов в поваренную соль).

**Задание 9.****Вариант 1.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 20 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 2.6 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Ответ:** а) 1.3

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 5 баллов

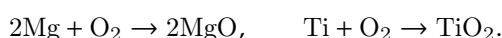
**Ответ:** б) Ca, Sr, Li

**Критерий оценивания:** за каждый верный вариант — 1 балл; за каждый неверный ответ снимается 1 балл

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

При сгорании смеси протекают реакции



Для обоих металлов расход кислорода на 1 г вещества одинаков, поэтому количество израсходованного окислителя определяется только общей массой смеси. Во второй части задания одинаковый оттенок красного цвета дают ионы кальция, стронция и лития.

**Задание 9. Вариант 2.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 20 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 3.0 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Ответ:** а) 1.5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 5 баллов

**Ответ:** б) Ca, Sr, Li

**Критерий оценивания:** за каждый верный вариант — 1 балл; за каждый неверный вариант снимается 1 балл

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 9. Вариант 3.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 23 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 3.5 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Ответ:** а) 1.8

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 5 баллов

**Ответ:** б) Ca, Sr, Li

**Критерий оценивания:** за каждый верный вариант — 1 балл; за каждый неверный вариант снимается 1 балл

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 9. Вариант 4.**

а) Сколько кислорода, взятого при температуре 20 °С и давлении 750 мм рт. ст., израсходуется на горение 2.2 г смеси порошков магния и титана? Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

б) Ионы каких трёх металлов, окрашивают пламя в оттенки одного и того же цвета: Ca, Na, K, Sr, Ba, Li.

**Ответ:** а) 1.1

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 5 баллов

**Ответ:** б) Ca, Sr, Li

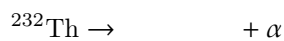
**Критерий оценивания:** за каждый верный вариант — 1 балл; за каждый неверный вариант снимается 1 балл

**Максимальный балл за задание — 8**

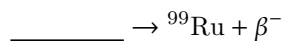
**Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 10.**

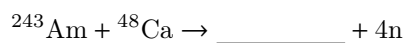
Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:

**Ответ:**  ${}^{228}\text{Ra}$ **Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла**Максимальный балл за задание — 2****Задание 11.**

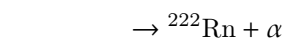
Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:

**Ответ:**  ${}^{99}\text{Tc}$ **Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла**Максимальный балл за задание — 2****Задание 12.**

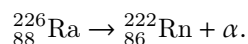
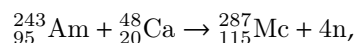
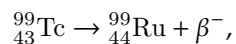
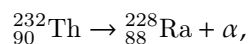
Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:

**Ответ:**  ${}^{287}\text{Mc}$ **Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла**Максимальный балл за задание — 2****Задание 13.**

Заполните пропуски в уравнениях ядерных реакций:

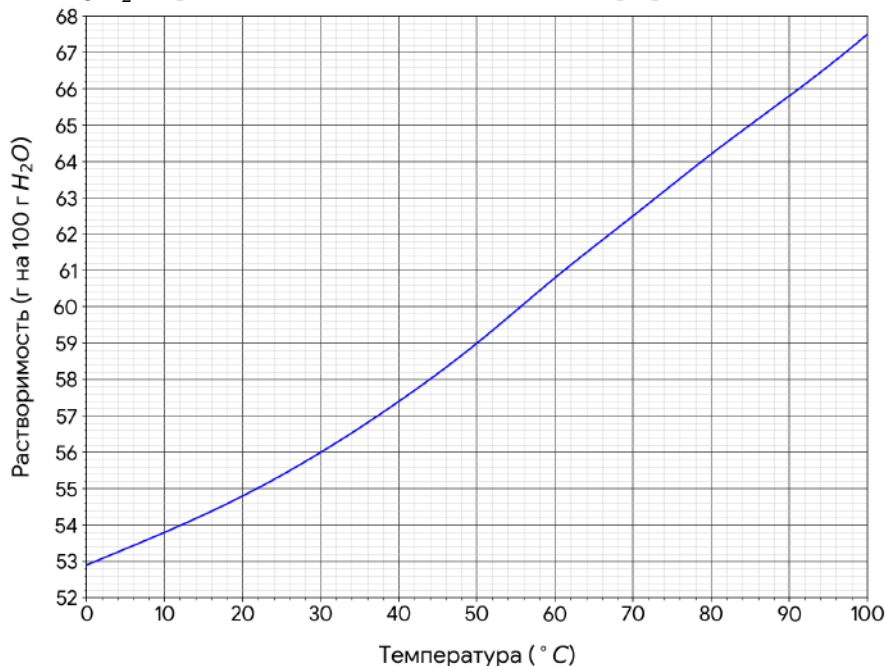
**Ответ:**  ${}^{226}\text{Ra}$ **Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла**Максимальный балл за задание — 2****Решение. Задания 10–13**

$\alpha$ -частицы — это ядра гелия с массовым числом 4 и зарядом +2,  $\beta^-$ -частицы — электроны с нулевым массовым числом и зарядом  $-1$ , нейтроны имеют заряд 0 и массовое число 1. В ядерных реакциях выполняются законы сохранения заряда и массового числа, поэтому получаем:



**Задание 14.****Вариант 1.**

Хлорид магния выпадает из водного раствора при охлаждении в виде гексагидрата. Температурная зависимость растворимости безводного  $\text{MgCl}_2$  в граммах на 100 г воды показана на графике.



Сколько осадка выпадет при охлаждении 450 г насыщенного при 90 °С раствора хлорида магния до 20 °С? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 169

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Согласно графику, растворимость безводного  $\text{MgCl}_2$  при 20 °С составляет 54.8 г на 100 г воды, а при 90 °С — 65.8 г на 100 г воды.

Следовательно, 450 г насыщенного при 90 °С раствора содержат

$$450 \cdot \frac{65.8}{165.8} = 178.6 \text{ г } \text{MgCl}_2.$$

Массовая доля хлорида магния в растворе при 20 °С равна

$$\omega = \frac{54.8}{154.8} = 0.354.$$

Пусть при охлаждении выпало  $x$  моль  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Тогда

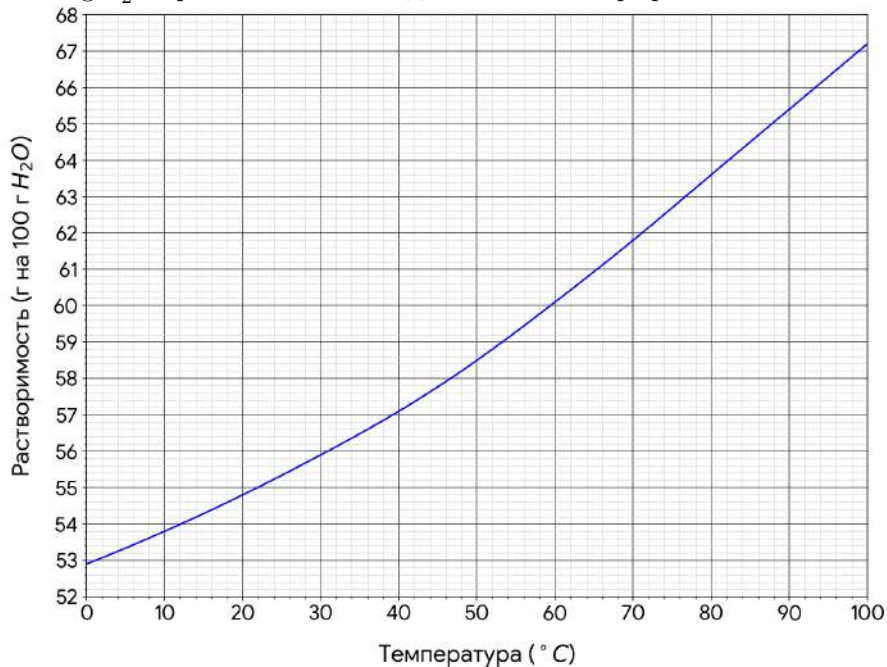
$$\frac{178.6 - x(24 + 35.5 \cdot 2)}{450 - x(24 + 35.5 \cdot 2 + 18 \cdot 6)} = 0.354.$$

Отсюда  $x \approx 0.83$  моль, и масса осадка равна

$$m = 0.83 \cdot (24 + 71 + 108) \approx 169 \text{ г}.$$

**Задание 14. Вариант 2.**

Хлорид магния выпадает из водного раствора при охлаждении в виде гексагидрата. Температурная зависимость растворимости безводного  $\text{MgCl}_2$  в граммах на 100 г воды показана на графике.



Сколько осадка выпадет при охлаждении 450 г насыщенного при 90 °С раствора хлорида магния до 20 °С? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 163

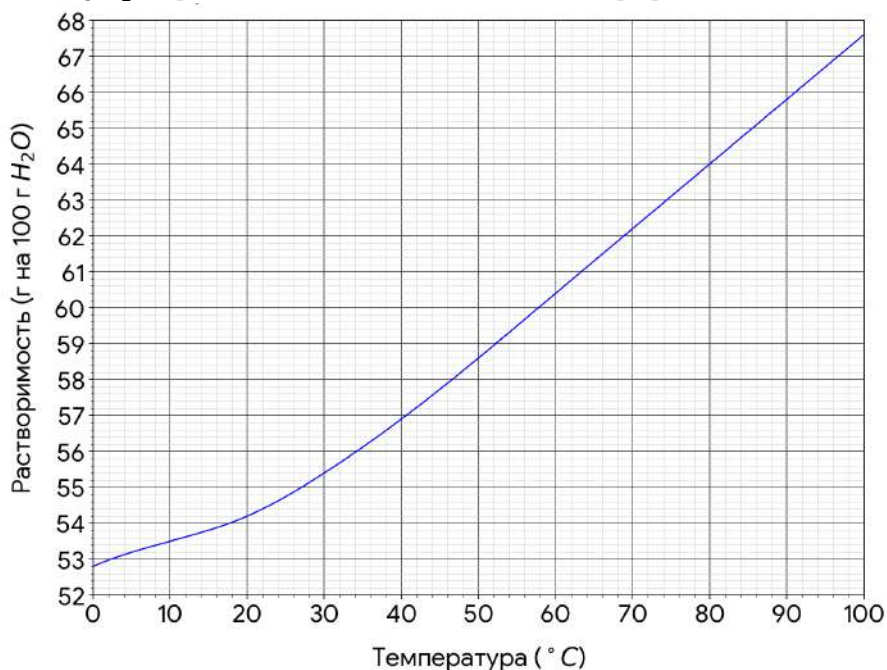
**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 балла

**Максимальный балл за задание — 8.**

**Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 14. Вариант 3.**

Хлорид магния выпадает из водного раствора при охлаждении в виде гексагидрата. Температурная зависимость растворимости безводного  $\text{MgCl}_2$  в граммах на 100 г воды показана на графике.



Сколько осадка выпадет при охлаждении 450 г насыщенного при 90 °С раствора хлорида магния до 20 °С? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 175

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 балла

**Максимальный балл за задание — 8.**

**Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 15.****Вариант 1.**

Заполните пропуски формулами веществ. Выберите вещество, участвующее в реакции, из списка:

- В
- С
- N<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- Si
- P
- S
- Cl<sub>2</sub>

При реакции магния и \_\_\_\_\_ образуется порошок вещества \_\_\_\_\_, который растворяется в разбавленной соляной кислоте с выделением газа \_\_\_\_\_ с массовой долей одного из элементов 87.4%. При упаривании полученного раствора из него выделяются кристаллы соли состава \_\_\_\_\_.

**Ответ:**

Элемент	Образующееся вещество	Выделяющийся газ	Кристаллогидрат
Si	Mg <sub>2</sub> Si	SiH <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла

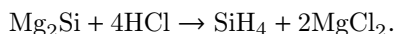
**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Из массовой доли элемента в газе можно определить, что на 1 атом водорода приходится масса второго элемента

$$\frac{87.4}{100 - 87.4} = 6.94.$$

Среди гидридов перечисленных неметаллов это соответствует только силану SiH<sub>4</sub>. Значит, гидрид образуется при взаимодействии кислоты с Mg<sub>2</sub>Si, а исходный неметалл — кремний:



При упаривании раствора хлорида магния выделяется кристаллогидрат MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O.

**Задание 15. Вариант 2.**

Заполните пропуски формулами веществ. Выберите вещество, участвующее в реакции, из списка:

- В
- С
- N<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- Si
- P
- S
- Cl<sub>2</sub>

При реакции магния и \_\_\_\_\_ образуется порошок вещества \_\_\_\_\_, который растворяется в разбавленной соляной кислоте с выделением газа \_\_\_\_\_ с массовой долей одного из элементов 91.1%. При упаривании полученного раствора из него выделяются кристаллы соли состава \_\_\_\_\_.

**Ответ:**

Элемент	Образующееся вещество	Выделяющийся газ	Кристаллогидрат
P	Mg <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	PH <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 4**

**Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 15. Вариант 3.**

Заполните пропуски формулами веществ. Выберите вещество, участвующее в реакции, из списка:

- В
- С
- N<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- Si
- P
- S
- Cl<sub>2</sub>

При реакции магния и \_\_\_\_\_ образуется порошок вещества \_\_\_\_\_, который растворяется в разбавленной соляной кислоте с выделением газа \_\_\_\_\_ с массовой долей одного из элементов 94.1%. При упаривании полученного раствора из него выделяются кристаллы соли состава \_\_\_\_\_.

**Ответ:**

Элемент	Образующееся вещество	Выделяющийся газ	Кристаллогидрат
S	MgS	H <sub>2</sub> S	MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 1 балл

**Максимальный балл за задание — 4**

**Решение по аналогии с вариантом 1**

**Задание 16.**

При пропускании тока углекислого газа через раствор гидроксида натрия выпал осадок **X**, который не растворился при дальнейшем пропускании углекислого газа. А при пропускании углекислого газа через раствор гидроксида кальция выпал осадок **Y**, который растворился при дальнейшем пропускании углекислого газа.

Запишите формулу осадка **X**:

Запишите формулу осадка **Y**:

**Ответ:**

**X** – NaHCO<sub>3</sub>

**Y** – CaCO<sub>3</sub>

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 4 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

При пропускании CO<sub>2</sub> через раствор гидроксида кальция сначала образуется нерастворимый в воде CaCO<sub>3</sub>. В избытке углекислого газа он реагирует дальше с образованием растворимого гидрокарбоната Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. В растворе гидроксида натрия сравнительно низкой растворимостью обладает гидрокарбонат натрия NaHCO<sub>3</sub>, который при дальнейшем пропускании CO<sub>2</sub> уже не переходит в другую растворимую форму.

**Задание 17.**

Элемент А и его сосед по периоду — элемент Б — образуют газообразное соединение с плотностью при н. у. 2.32 г/л. Со своим соседом по группе, элементом В, элемент А образует соединение, представляющее собой сверхпрочный материал. Сосед элемента В по периоду, элемент Г, образует несколько аллотропных модификаций. Запишите химические символы элементов А–Г.

**Ответ:**

А	Б	В	Г
С	Н	Si	Р

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

По плотности газа при н. у. находим его молярную массу:

$$M = \rho \cdot 22,4 \approx 2,32 \cdot 22,4 \approx 52 \text{ г/моль.}$$

Под эту молярную массу и условие о соседях по периоду подходит только циан (CN)<sub>2</sub>. Следовательно, элемент А — углерод, а элемент Б — азот. Сосед углерода по группе — кремний; соединение SiC действительно является сверхпрочным материалом. Сосед кремния по периоду — фосфор, который образует несколько аллотропных модификаций.