

## Республиканская олимпиада юниоров по химии

Заключительный этап

2024-2025

Теоретический тур

5-6 класс

*Дорогие друзья!*

*Мы очень рады, что вы решили проявить себя в олимпиадном движении по химии. Это увлекательный путь к самосовершенствованию, развитию своего кругозора и лучшему пониманию мира, в котором мы живём. Обратите внимание: решение каждой задачи оформляется на выданных. Пишите разборчиво и будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчётами, где это требуется. Будьте уверены, каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходите к следующим заданиям – вернётесь в конце, если у вас останется время.*

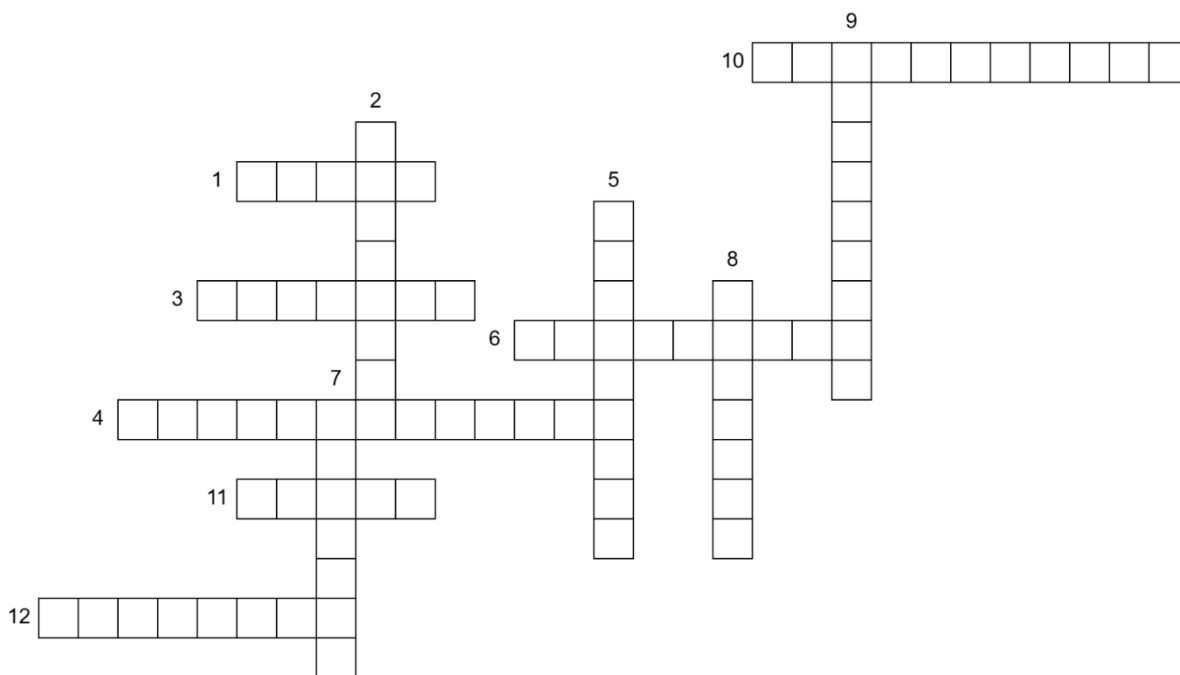
*Вы выполняете задание первого тура в химической лаборатории. Внимательно прослушайте инструктаж по технике безопасности и приступайте к выполнению заданий. Помните, что за бой посуды и разлив реактивов предусмотрены штрафные баллы. Если вам нужна помощь, обратитесь к наблюдающему.*

*Желаем успехов!*



## Задача 1. Кроссворд

Дорогие Юные Химики! Мы предлагаем вам решить небольшой кроссворд:



1. Легкий газ, которым заполняют воздушные шарик;
2. Газ, необходимый живым организмам для дыхания;
3. Едкое химическое вещество, «разъедающее» металлы при контакте;
4. Процесс превращения жидкости в твердое вещество;
5. Процесс превращения жидкости в пар (газообразное вещество);
6. Процесс превращения твердого вещества в жидкость;
7. Однородная жидкая смесь двух и более различных веществ;
8. «Процесс, при котором одни вещества превращаются в другие вещества, называется «химическая ...»»;
9. Фамилия великого русского химика, ученого, открывшего Периодический закон химических элементов и создавшего таблицу, названную в честь него;
10. Характеристика вещества, показывающая степень его нагретости, измеряется в градусах;
11. Характеристика физического тела, показывающая, сколько в нем находится вещества, измеряется в граммах, килограммах и пр.;
12. То, из чего состоят физические тела.

### Вопросы:

1. Расшифруйте кроссворд, запишите в бланк ответа все загаданные слова.
2. Приведите один пример из жизни «процесса, при котором одни вещества превращаются в другие вещества».

Оценка за решение задания \_\_\_\_\_

## Задание №2. Физико-химические свойства веществ

*Химия – правая рука физики*

*М. В. Ломоносов*

1. Из перечня посуды и реактивов, лежащих перед вами, возьмите гранулу меди и стакан на 100 мл. Влейте в стакан 50 мл дистиллированной воды. Аккуратно поместите в стакан медь. Что вы наблюдаете? Вытащите медь шпателем-ложечкой и поместите в воду спичку. Что вы видите? Физическое или химическое это явление? Опишите свои наблюдения в поле для ответов ниже.

Физическое/химическое явление (нужное подчеркнуть)

2. Перед вами на столе лежит коробок со спичками. Возьмите его и вытащите одну спичку. Зажгите спичку и позже потушите. Попробуйте объяснить механику процесса и опишите ее в поле для ответов. Является ли этот процесс физическим или химическим?

Физическое/химическое явление (нужное подчеркнуть)

3. Возьмите электроплитку, коническую колбу с чашкой Петри и гранулированный иод. Аккуратно внесите шпателем-ложечкой 0,1 г иода в колбу, накройте чашкой Петри. Колбу поставьте на плитку и оставьте нагреваться. Нагревайте колбу до тех пор, пока не увидите изменения. Что вы видите? Как можно объяснить происходящее? Физическое или химическое это явление? Впишите свои ответы в соответствующее поле.

Физическое/химическое явление (нужное подчеркнуть)

4. В стакан наберите 30-40 мл дистиллированной воды. Аккуратно добавьте шпателем-ложечкой крупицу перманганата калия в стакан с водой и перемешайте все тщательно стеклянной палочкой. Что вы видите? Добавьте еще крупицу соли в раствор. Отметьте изменения. Опишите свои наблюдения в поле для ответов.

5. Взвесьте в два разных стакана на весах 2,5 г пятиводного сульфата меди (II) (медного купороса) и 0,8 г гидроксида натрия, используя фильтровальную бумагу. Приготовьте растворы этих веществ, растворив каждое из них в 20 мл дистиллированной воды. Аккуратно влейте один раствор в другой и перемешайте палочкой. Что произошло? Опишите свои наблюдения и определите, является ли этот процесс физическим или химическим.

Физическое/химическое явление (нужное подчеркнуть)

Оценка за решение задания \_\_\_\_\_

### Задание №3. Массовые доли веществ

Массовая доля – это отношение массы чистого вещества к массе всего раствора. Ее обозначают символом  $\omega$  и выражают в долях или в процентах.

$$\omega = \frac{m_{\text{ч}}}{m_{\text{об}}},$$

где  $\omega$  – массовая доля вещества,  $m_{\text{ч}}$  – масса чистого вещества,  $m_{\text{об}}$  – масса раствора.

Медный купорос – верный помощник в сельском хозяйстве. Его довольно активно используют садоводы для борьбы с вредителями, а также для уничтожения грибковых заболеваний коры многих кустарников и деревьев, произрастающих на участке. Для усиления эффекта принято сочетать его с известью. Ваша задача – приготовить 20% раствор сульфата меди. Вычислите массу сухого медного купороса, который необходимо растворить в 40 мл дистиллированной воды. При расчете оперируйте следующей формулой:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где  $\rho$  – плотность,  $m$  – масса,  $V$  – объем. Примите, что плотность воды равна 1 г/см<sup>3</sup>.

Рекомендации к проведению работы:

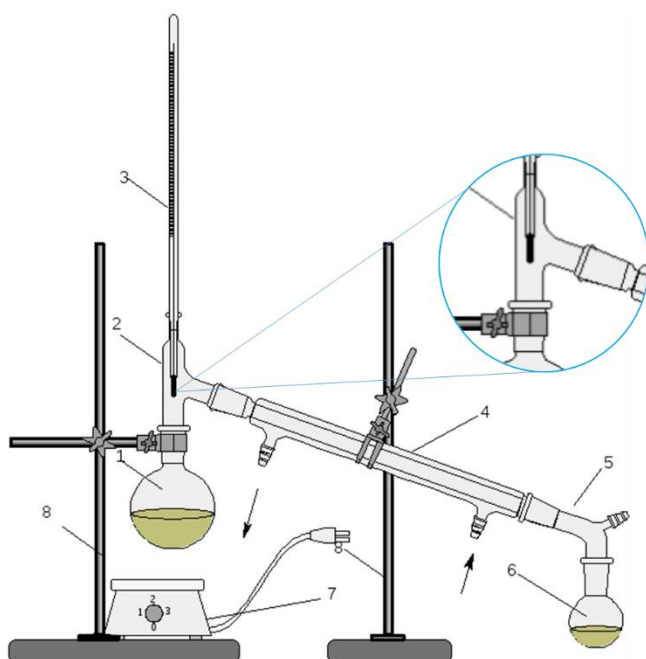
1. Для взвешивания веществ используйте весы и фильтровальную бумагу. Не забывайте обнулять весы, нажимая на кнопку «TARE».
2. Объем воды и раствора измеряйте при помощи мерного цилиндра.
3. Раствор готовьте в химическом стакане на 100 мл. Тщательно размешайте раствор стеклянной палочкой, добиваясь полного растворения соли.

В поле для ответов запишите свои расчеты, а также значение плотности готового раствора сульфата меди.

Оценка за решение задания \_\_\_\_\_

#### Задание №4. Дистилляция

Дистилляция (перегонка) – метод разделения смесей путем их кипячения и конденсации их паров в приемник. Вам предстоит выполнить дистилляцию (перегонку) неизвестной жидкости и определить ее состав путем измерения температуры кипения и плотности. Получите у наблюдающего склянку с исследуемым, заранее загрязненным веществом, измерьте его объем в мерном цилиндре и приступите к сборке установки, как показано на рисунке №1. **Соотнесите названия всей посуды и приборов, используемых вами в этом опыте, на рисунке рядом с указывающими стрелками: перегонная колба, холодильник, аллонж, насадка Вюрца, штатив, колба-приемник, термометр, электрическая плитка.**



- 1 – \_\_\_\_\_
- 2 – \_\_\_\_\_
- 3 – \_\_\_\_\_
- 4 – \_\_\_\_\_
- 5 – \_\_\_\_\_
- 6 – \_\_\_\_\_
- 7 – \_\_\_\_\_
- 8 – \_\_\_\_\_

Рис. №1 – установка для дистилляции.

Аккуратно влейте в перегонную колбу исследуемую жидкость, следите, что ее объем не превышал 2/3 объема колбы, поместите кипелки – кусочки битого фарфора или стекла с большой площадью поверхности – внутрь колбы (они нужны, чтобы нагрев происходил постепенно). Включите нагрев, следя за тем, что температура вашей системы поднималась постепенно, без скачков. Внимательно наблюдайте за своей системой, зафиксируйте момент и температуру, при которой в приемную колбу начали поступать первые капли дистиллята. Регулируйте нагрев так, чтобы дистиллят поступал в приемник со скоростью не выше 1-2 капель в секунду. Когда в перегонной колбе останется на дне 1-2 мл жидкости, прекратите перегонку, запишите конечную температуру, выключите воду в холодильнике. Не следует вести отгонку досуха во избежание разложения вещества. Измерьте объем отогнанной жидкости.

Рассчитайте плотность вашей жидкости. Объем измеряйте при помощи мерного цилиндра. При расчете оперируйте следующей формулой:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где  $\rho$  – плотность,  $m$  – масса,  $V$  – объем.

На основе определенной вами температуры кипения и плотности вашего искомого вещества определите состав жидкости, используя справочные материалы, представленные на таблице 1:

Таблица 1 – физические свойства некоторых веществ

Жидкость	Температура кипения, °С	Плотность при 20°С, г/см <sup>3</sup>
Этиловый спирт	78	0,7905
Ацетон	56	0,7902
Толуол	111	0,8667
Хлороформ	61	1,489
Вода	100	1,00

Ваше неизвестное вещество \_\_\_\_\_.

Оценка за решение задания \_\_\_\_\_

### Задание №5. Кровь химической промышленности

Химик Лабораторкин очень хотел похвастаться перед своими друзьями, что он выучил все-все реакции с серной кислотой. Но вот беда! Пока он учил химические свойства веществ, он напрочь забыл, как готовить растворы для опытов. Лабораторкин долго пытался, но так и не смог вспомнить нужных формул. Настала ваша очередь ему помогать! Коммерческая серная кислота продается в литровых бутылках с концентрацией 98% по массе. Юный химик очень хотел продемонстрировать окислительно-восстановительные реакции своим друзьям, и ему для этого нужны были растворы с разным массовым содержанием кислот: 10% и 40%.

1. Вычислите, сколько нужно смешать воды и кислоты Лабораторкину, чтобы получить 100 мл 10% раствора и 175 мл 40% раствора кислоты. Плотность растворов с разной массовой доли серной кислоты представлена в таблице 2.

Содержание серной кислоты в растворе по массе, %	Плотность раствора при 20°С, г/см <sup>3</sup>
10	1,0661
20	1,1394
40	1,3028
60	1,4983
80	1,7272
98	1,8365

2. Внимательно прочтите название задачи и подумайте над тем, почему же именно серную кислоту называют кровью химической промышленности.

Оценка за решение задания \_\_\_\_\_

Задача	1	2	3	4	5	Общее
Балл						

Подпись проверяющего \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

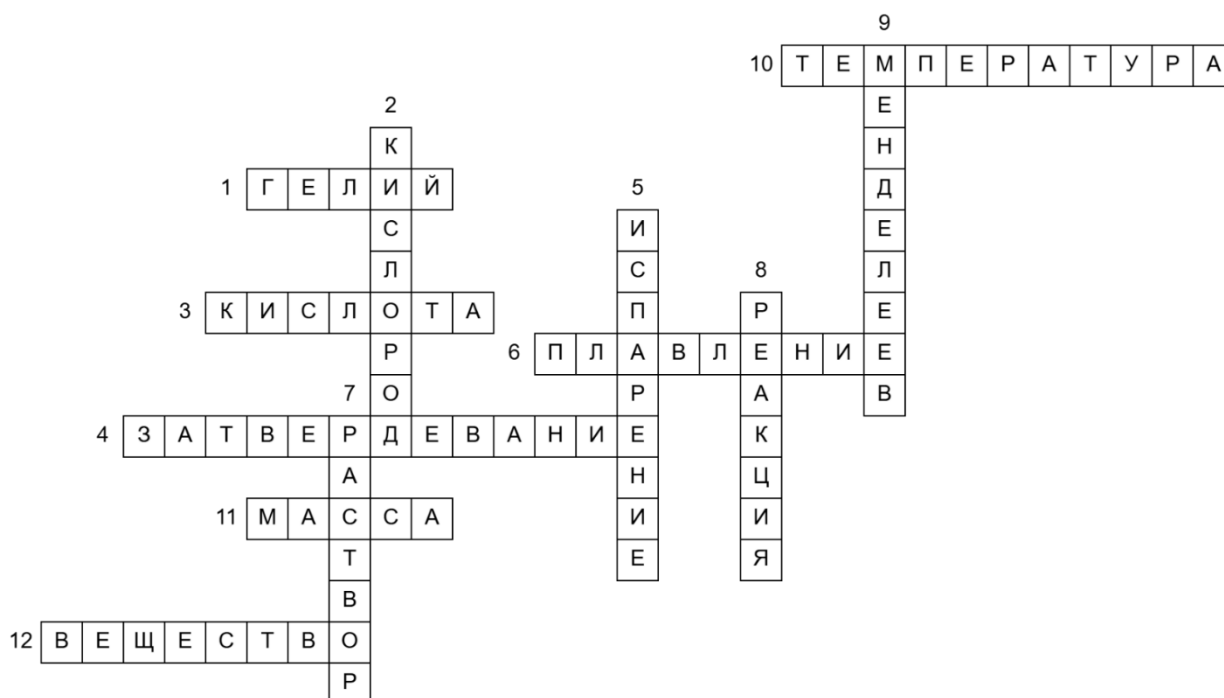
**Критерии оценивания заданий теоретического тура заключительного этапа  
Олимпиады юниоров по химии 2024-2025 учебного года для участников 5-6 классов**

Штрафные баллы начисляются по усмотрению наблюдающего, но не более десяти  
баллов за весь тур!

**Задача №1. Кроссворд**

1. Ответы:

1. Гелий	7. Раствор
2. Кислород	8. Реакция
3. Кислота	9. Менделеев
4. Затвердевание	10. Температура
5. Испарение	11. Масса
6. Плавление	12. Вещество



2. *Подойдут* любые *разумные* примеры, например: скисание молока, сгорание дров/топлива, приготовление пищи и т.д., *не подойдут* испарение воды, таяние льда, растворение соли в воде и прочие подобные примеры.

**Система оценивания:**

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. За каждое верное слово в нужном месте по 2 балла, | <b>24 балла</b> |
| 2. За приведенный пример химической реакции из жизни | <b>1 балл</b>   |

**ИТОГО: 25 баллов.**

## Задача №2. Физико-химические явления

1. Опущенная в воду гранула меди сразу утонула, а спичка осталась на плаву. Это является физическим явлением, так как объясняется разностью масс.
2. Спичка вспыхнула, поскольку началась реакция между кислородом воздуха и серой, входящей в состав спичечной головки. Едкий запах, появившийся после тушения спички, обуславливается образованием диоксида серы. Это является химическим процессом.
3. После того, как иод стал нагреваться, внутри колбы стали образовываться фиолетовые пары. Этот процесс называется сублимацией или возгонкой иода, т.е. переход из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую стадию. Это является физическим процессом.
4. При добавлении крупы перманганата калия вода сразу приобрела бледно-розовый оттенок. Как только была добавлена еще одна порция вещества, раствор сразу приобрел характерный насыщенный цвет.
5. После смешения растворов гидроксида натрия и пентагидрата сульфата меди выпал ярко-голубой осадок гидроксида меди (II). Осадок не растворился. Этот процесс является химическим.

### Система оценивания:

1. За каждое верное объяснение происходящего процесса – 2 балла. **10 баллов**
2. За верное определение природы процесса – 2,5 баллов. **10 баллов**

**ИТОГО: 20 баллов.**

## Задача №3. Массовые доли веществ

Поскольку плотность воды равна  $1 \text{ г/см}^3$ , ее масса будет равна 40 г. Если по условию нужно было приготовить 20% раствор сульфата меди, значит доля воды в этом растворе составляет 0,8 от общей массы или 80%.

Расчет общей массы раствора:  $m = \frac{40}{0,8} = 50 \text{ г.}$

Доля сульфата меди в растворе равна 0,2. Значит, если известна общая масса раствора, мы можем узнать необходимую массу сульфата меди:

$$m = 0,2 \times 50 = 10 \text{ г.}$$

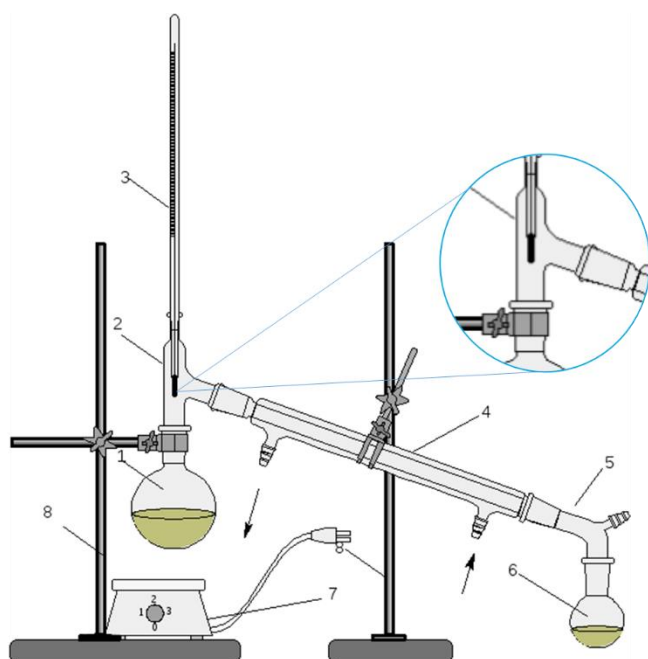
### Система оценивания:

1. Расчет массы воды – 2,5 балла **3 балла**
2. Расчет общей массы раствора – 4 балла. **4 балла**
3. Расчет массы сухого сульфата меди – 3,5 балла. **3 балла**

**ИТОГО: 10 баллов.**

#### Задача №4. Дистилляция

1. Соответствие названий лабораторной посуды и оборудования с их изображением на рисунке:



- 1 – перегонная колба
- 2 – насадка Вюрца
- 3 – термометр
- 4 – холодильник
- 5 – аллонж
- 6 – колба-приемник
- 7 – электрическая плитка
- 8 – штатив

2. Определение неизвестной жидкости производится путем соотнесения полученных данных со справочными в таблице:

Жидкость	Температура кипения, °С	Плотность при 20°С, г/см <sup>3</sup>
Этиловый спирт	78	0,7905
Ацетон	56	0,7902
Толуол	111	0,8667
Хлороформ	61	1,489
Вода	100	1,00

#### Система оценивания:

1. За каждое верное соотнесение названий посуды и оборудования с их рисунками – 1,5 балла **12 баллов**
2. За определение температуры кипения жидкости **2 балла**
3. За определение плотности жидкости **2 балла**
4. За верное определение состава неизвестной жидкости **4 балла**

**ИТОГО: 20 баллов.**

#### Задача №5. Кровь химической промышленности

- 1.

1. Приготовление 100 мл 10% раствора серной кислоты:  
Пользуясь таблицей плотности, вычисляем массу приготавливаемого раствора:

$$m = \rho \times V = 1,0661 \times 100 = 106,61 \text{ г}$$

2. Если масса раствора составляет 106.61 г, тогда масса чистой серной кислоты, растворенной в нем, составляет 10,661 г:

$$m_{\text{к-ты}} = \omega \times m_{\text{к-ты}} = 0,1 \times 106,61 = 10,661 \text{ г}$$

3. Мы вычислили массу чистой кислоты, которая нам нужна. Ее нужно брать из коммерческой кислоты с концентрацией 98%. Значит, нам нужно взять то количество коммерческой кислоты, в котором и будет содержаться 10,661 г кислоты:

$$m_{\text{к.к-ты}} = \frac{m_{\text{к-ты}}}{0,98} = \frac{10,661}{0,98} = 10,88 \text{ г}$$

4. Пользуясь таблицей плотности, вычисляем необходимый объем коммерческой кислоты:

$$m = \rho \times V = \frac{10,88}{1,8365} = 5,92 \text{ мл}$$

5. Вычисляем объем воды, необходимой для приготовления раствора:

$$V_{\text{воды}} = V_{\text{р-ра}} - V_{\text{к-ты}} = 100 - 5,92 = 94,08 \text{ мл}$$

6. По аналогичному расчету вычисляем объем воды для приготовления 175 мл 40% раствора кислоты. Объем воды составляет 124,33 мл.

2.

В промышленности и химии серная кислота является одним из основных химических соединений и занимает лидирующие позиции по объему производства в тоннах. Именно поэтому серную кислоту называют «кровью химии».

**Система оценивания:**

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. За верный расчет объема воды – 10 баллов | <b>20 баллов</b> |
| 2. За верное объяснение фразы – 5 баллов.   | <b>5 баллов</b>  |

**ИТОГО: 25 баллов.**

**ИТОГО ЗА ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР: 100 баллов.**

## Задача 1. Химическое «Поле Чудес»

«Вращайте барабан!»

Л.А Якубович.

В данной задаче мы предлагаем Вам расшифровать термин, тесно связанный с химией (и немного с физикой). Термин состоит из двух слов, всего в них 18 букв:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

11	12	13	14	15	16	17	18
----	----	----	----	----	----	----	----

Для того, чтобы получить буквы, определите, о чём идёт речь в каждом из определений снизу.

**Первая буква каждого ответа соответствует букве в ячейке, номер которой соответствует номеру вопроса.**

*К примеру: словом, соответствующим определению №5, является слово «цинк». Значит, буква в ячейке №5 – «ц». Словом, соответствующим определению №15, является слово «мочалка». Значит, буква в ячейке №15 – «м».*

Определения:

1. Элемент, занимающий в Таблице Менделеева место между торием и ураном;
2. При комнатной температуре простое вещество, образованное этим элементом, представляет собой серебристо-белый металл. Однако при понижении температуры до  $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$  этот металл трескается и превращается в серый порошок;
3. Самая известная аллотропная модификация данного элемента, относящегося к неметаллам – светло-желтый порошок;
4. Первые пять букв названия крайне известного корабля, затонувшего в результате столкновения с айсбергом, составляют название этого элемента;
5. Данное вещество, состоящее из трех одинаковых атомов, образуется при разрядах молний во время дождя. Оно и некоторые другие вещества отвечают за «запах грозы»;
6. Часть атома, состоящая из протонов и нейтронов;
7. Водные растворы солей данного металла, входящего в «триаду железа», обычно имеют зеленый цвет;
8. Данный элемент, находящийся в первой группе Таблицы Менделеева, можно найти в составе обычной поваренной соли;
9. Этот элемент входит в подгруппу фтора, у него нет стабильных изотопов, он является сильно радиоактивным, ввиду чего его свойства плохо изучены;

10. Данный золотистый ископаемый минерал, используемый ювелирами, представляет собой древнюю затвердевшую древесную смолу.
11. Самый твердый минерал на Земле, состоящий только из углерода;
12. Жидкое вещество, необходимое для жизни любого организма на Земле;
13. Вещество, образующееся при растворении  $\text{SO}_3$  в 100%-ной серной кислоте;
14. Этим благородным газом, ввиду его легкости, надувают воздушные шары;
15. Газ с характерным резким запахом, 10%-ный раствор которого называется нашатырным спиртом;
16. Нерадиоактивный изотоп водорода с массовым числом 2;
17. Данный переходный элемент, находящийся в 5 периоде Таблицы Менделеева, был назван в честь России;
18. Составляющая часть атома, на которой расположены электроны; бывает разных видов, различающихся по форме: s-, p-, d- и f-.

**Вопросы к задаче:**

1. Назовите зашифрованный в задаче термин.
2. Напишите ответы на все 18 вопросов, представленных в задаче.
3. Дайте определение зашифрованному термину.
4. Ответьте на следующие вопросы:
  - а) как называется ограненный минерал (определение № 11), применяющийся в ювелирном деле?
  - б) назовите еще один любой элемент, названный в честь страны;
  - в) кроме вещества из определения № 5, при разряде молнии в атмосфере образуется еще одно бинарное двухатомное вещество. Назовите это вещество и приведите уравнение происходящей реакции.

**Задача 2. Кабозантиниб**

Кабозантиниб является противораковым препаратом, который используется для лечения медуллярного рака щитовидной железы, почечно-клеточного рака и гепатоцеллюлярного рака. Этот препарат представляет собой ингибитор тирозинкиназы: фермента, который является важнейшим звеном в системе передачи сигналов в клетке.

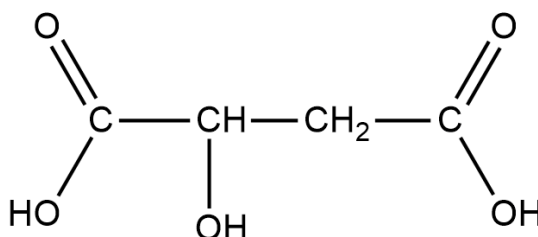
Многие лекарства по химической природе являются солями, и кабозантиниб не исключение. Его готовая лекарственная форма называется «кабозантиниб малат» (малаты – соли яблочной кислоты).

1. Как называются соли серной, соляной и марганцевой кислот?
2. Приведите примеры ещё двух кислот и названия их солей.

В химии одно из определений соли – это вещество, которое получается в результате взаимодействия основания и кислоты. Так же и в нашем случае: кабозантиниб (основание) реагирует с яблочной кислотой с образованием кабозантиниба малата.

3. Напишите реакцию взаимодействия любого основания с серной кислотой (реакция 1). В качестве основания выберите любой растворимый гидроксид.
4. Кроме того, соли можно получать, например, взаимодействием аммиака с кислотами. Напишите уравнение взаимодействия аммиака с бромоводородной кислотой (реакция 2). Как называется вещество, которое образуется в этой реакции?

Далее вам представлена молекула яблочной кислоты:



5. Рассмотрев структурную формулу яблочной кислоты, укажите, какую брутто-формулу она имеет.

Кабозантиниб (основание,  $\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{FN}_3\text{O}_5$ ) и яблочная кислота вступают в реакцию в соотношении 1:1. Кроме того, так же, как и в реакции 2, образуется только один продукт.

6. Зная брутто-формулы соответствующих основания и кислоты, определите, какая брутто-формула у кабозантиниба малата? Также рассчитайте, какие молекулярные массы у каждого из трёх веществ.

Далее вам приведена выдержка из «Методики получения кабозантиниба малата», следуя которой его получают в лабораторных условиях:

- 1) В колбу загружают кабозантиниб основание (70,0 г) и 1,5 л МЭК (метилэтилкетон - растворитель, который необходим для проведения синтеза).
- 2) В отдельном стакане растворяют яблочную кислоту (28,08 г) в воде (210 мл).
- 3) Раствор яблочной кислоты переносят в колбу к суспензии кабозантиниба. Смесь выдерживают при температуре 60 °С в течении 3 часов.
- 4) Охлаждают смесь до 37 °С и вносят затравку для лучшей кристаллизации целевого продукта. Средний выход 83%.
7. Рассчитайте теоретическую массу кабозантиниба малата, которая должна образовываться в ходе этого синтеза. Вычислите, какая масса образуется в реальности, в соответствии со средним выходом? В ходе решения определите количества вещества реагентов, а также – какой из реагентов находится в недостатке.

### Задача 3. О таблице Менделеева

Одним из величайших достижений химии является открытие в 1869 году периодического закона Д. И. Менделеевым. Одной из проблем химии было разделение различных атомов и молекул на группы по определенным свойствам. С появлением удобного представления в виде таблицы Менделеева, которая в наше время включает в себя 118 химических элементов, эта проблема оказалась решена.

Найти «секрет» периодичной зависимости учёные пытались в начале 19 века. Так, в 1829 году Иоганн Дёберейнер предложил свою систематизацию, назвав ее «законом триад». Исходил он из того, что атомная масса некоторых схожих по свойствам элементов равна среднему арифметическому двух других. Таким образом, он получил 5 триад следующего состава:

1. P, As, Sb;
2. Cl, Br, I;
3. Ca, Sr, Ba;
4. Li, Na, K;
5. S, Se, Te;

Как можно заметить, каждая триада относится к различным группам периодической таблицы, используемой в современности, среди которых щелочные металлы, щелочноземельные металлы, пниктогены, халькогены и галогены.

Менделеев после открытия периодического закона дал ему следующую формулировку:

*«Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса».*

Вплоть до 1911 года такая формулировка считалась верной, однако позже удалось экспериментально раскрыть физический смысл порядкового номера элемента, поэтому в наше время определение периодического звучит так:

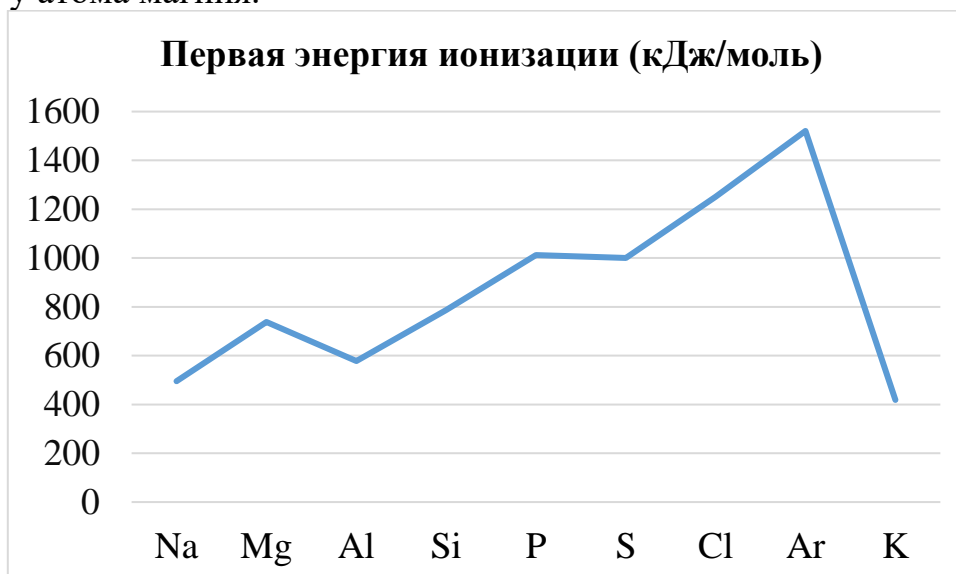
*«Свойства химических элементов, а также формы и свойства образуемых ими простых веществ и соединений, находятся в периодической зависимости от величины зарядов ядер их атомов»*

Из таблицы можно извлечь огромное количество полезной информации: количество элементарных частиц в атоме, поведение химических элементов в реакциях, наиболее устойчивые степени окисления для них и многое другое. В данной задаче вам предстоит продемонстрировать свои знания о периодической таблице и закономерностях, заложенных в её устройство.

1. Для каждой из 5 приведенных триад укажите современное название соответствующей группы элементов.
2. Известно, что Менделеев предсказал существование множества химических элементов с помощью периодического закона. Одними

из них были «экасилиций» и «двимарганец» с атомными массами 72,59 и 186,21 г/моль соответственно. Как эти элементы называют в наше время? Посчитайте для каждого из них количество нейтронов, электронов и заряд ядра.

3. Найдите количество протонов, нейтронов, электронов для следующих частиц и соединений. Для нейтральных молекул также укажите степени окисления элементов:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{N}^{3-}$ .
4. Атомная масса – целочисленное значение, так как является суммой двух целых чисел – количества протонов и количества нейтронов. Однако, в периодической таблице химические элементы имеют дробное значение атомной массы. С чем это связано?
5. Зная, что в природе существует два стабильных изотопа хлора с мольными долями 75,78 % и 24,22 %, найдите второй стабильный изотоп хлора, если первый содержит 18 нейтронов.
6. Как меняется электроотрицательность, металлические свойства и радиус атома в периодической таблице? Назовите элементы (образующий соединения) с самой высокой и самой низкой электроотрицательностью и объясните, что это из себя представляет это свойство.
7. Энергия ионизации – это количество энергии, необходимая для отрыва электрона от атома, иона или молекулы. От неё зависят восстановительные свойства элемента. Например, чем меньше энергия ионизации, тем легче оторвать электрон, то есть легче восстановить соединение. Ниже представлен график со значениями первой энергии ионизации для нескольких атомов. С точки зрения строения электронных оболочек, ответьте на следующие вопросы:
  - 1) Почему самые низкие энергии ионизации у атомов натрия и калия? По какой причине у калия она чуть выше?
  - 2) Самое высокое значение энергии ионизации – у аргона. Почему?
  - 3) Объясните, почему энергия ионизации атома алюминия ниже, чем у атома магния.



#### Задача 4. Лабораторные газы

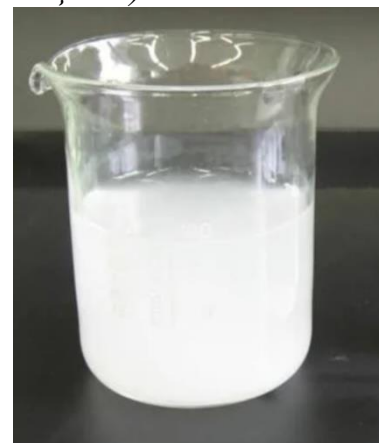


Юный химик Василий заметил в химической лаборатории 6 газовых баллонов, стоящих отдельно от других установок.

Поинтересовавшись у преподавателя, Василий выяснил, что баллоны предназначены для хранения газов и газовых смесей, используемых в лаборатории. Вася решил изучить свойства каждого газа и для чистоты эксперимента попросил учителя заклеить формулы газов буквами А-Е. На части баллонов остались надписи: "... для шаров" (Г) и "... ВЗРЫВООПАСНО!" (Д).

Все результаты экспериментов исследователь записывал в лабораторный журнал:

- I. Шарик с газом А при подбрасывании очень медленно опускался. Учитель пояснил, что этот газ является главным компонентом атмосферы. Вася попытался провести с ним реакции, но газ оказался инертным к горению, воздействию кислот и щелочей, не реагировал с алюминием при нагревании. Учитель предложил попробовать реакции с магнием (*реакция 1*) или литием (*реакция 2*). В обоих случаях газ вступил в реакцию.
- II. Шарик с газом Б при подбрасывании опускался быстрее шарика с А, сам газ был крайне реакционноспособным. Тлеющая лучинка разгоралась в его присутствии, а нагревание с магниевой стружкой вызывало ослепительную вспышку (*реакция 3*), поэтому учитель попросил наблюдать за этой реакцией в защитных очках. Газ реагировал и с неметаллами: сера горела в нем синим пламенем и чувствовался резкий запах (*реакция 4*).
- III. Шарик с газом В был еще тяжелее газа Б. В атмосфере В тлеющая лучинка сразу затухала, но нагревание с магнием вызывало бурную реакцию (*реакция 5*). Газ хорошо растворялся в воде, полностью растворялся в щелочах, а при пропускании через раствор гидроксида кальция образовывалось помутнение, напоминающее взвесь мела (*реакция 6*).
- IV. Шарик с газом Г быстро поднимался вверх. Василий сравнил по массе (предварительно



вычтя массу самого шарика) одинаковые по объему шарики с газами **В** и **Г**. Газ **В** оказался тяжелее **Г** примерно в 10 раз. Газ **Г** не вступал в какие-либо химические реакции, что подтверждало его абсолютную инертность, о которой намекнул учитель.

- V. Газ **Д** также оказался лёгким: его объём весил примерно в 15 раз меньше, чем такой же объём газа **А**. Вася планировал начать с ним опыты, но учитель предупредил, что газ образует взрывоопасные смеси с воздухом (*реакция 7*), и экспериментировать с ним не стоит.
- VI. Шар с газом **Е** поднимался значительно медленнее, чем шары с газами **Г** и **Д**. Газ хорошо растворялся в воде, а в соляной кислоте – ещё лучше (*реакция 8*). **Е** имел резкий неприятный запах, сохраняющийся в растворах газа и его солей.

Для удобства Василий составил краткую таблицу с фактами о газах, полученными в ходе экспериментов:

Газ	Физические свойства	Химические свойства	Заметки
<b>А</b>	Плотность примерно как у воздуха, без цвета и запаха	Инертен при н.у.	Реагирует с литием ( <i>реакция 1</i> ) и магнием ( <i>реакция 2</i> ). Основной компонент воздуха
<b>Б</b>	Тяжелее воздуха, без цвета и запаха	Поддерживает горение, реакционноспособен	Реагирует с магнием ( <i>реакция 3</i> ) и с серой ( <i>реакция 4</i> ).
<b>В</b>	Тяжелее воздуха, без цвета и запаха	Не поддерживает горение, хорошо растворяется в воде и щелочах	Реагирует с магнием ( <i>реакция 5</i> ) и с раствором гидроксида кальция ( <i>реакция 6</i> ).
<b>Г</b>	Легче воздуха, в 10 раз легче газа <b>В</b>	Химически инертен	Запись: “для шаров”.
<b>Д</b>	Легче воздуха, в 15 раз легче газа <b>А</b>	Взрывоопасен в смеси с воздухом	Запись: “взрывоопасно!” ( <i>реакция 7</i> )
<b>Е</b>	Легче воздуха, резкий запах	Хорошо растворяется в воде и кислотах	Реагирует с соляной кислотой ( <i>реакция 8</i> ).

1. Определите газы **А-Е**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых в задаче реакций.

### Решение задачи 1:

1. Зашифрованный термин – «постоянная Авогадро».
- 2.

1. Протактиний	10. Янтарь
2. Олово	11. Алмаз
3. Сера	12. Вода
4. Титан	13. Олеум
5. Озон	14. Гелий
6. Ядро	15. Аммиак
7. Никель	16. Дейтерий
8. Натрий	17. Рутений
9. Астат	18. Орбиталь

3. Постоянная Авогадро – физическая величина, численно равная количеству определённых структурных единиц (атомов, молекул, ионов, электронов или любых других частиц) в 1 моле вещества. *Принимается также числовое значение числа Авогадро –  $6.02 \cdot 10^{23}$  ед.*
4. Ответы:
  - а) бриллиант
  - б) *принимается любой элемент из следующих:* галлий Ga, германий Ge, полоний Po, америций Am, nihоний Nh, франций Fr.
  - в) оксид азота (II) NO, уравнение реакции:  $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$

### Система оценивания:

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. За верный термин – 2 балла   | <b>2 балла</b>   |
| 2. За каждый верный ответ на вопрос по 1 баллу                                | <b>18 баллов</b> |
| 3. За верное определение термина – 1 балл                                     | <b>1 балл</b>    |
| 4. За каждый верный ответ на вопрос, а также за уравнение реакции по 1 баллу. | <b>4 балла</b>   |

**ИТОГО**

**25 баллов**

### Решение задачи 2:

1. Сульфаты, хлориды, перманганаты соответственно.
2. Любые две кислоты, кроме тех, что в п.1
3. Можно использовать любое основание, в т.ч нерастворимое
  - 1)  $2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$
4. 2)  $NH_3 + HBr \rightarrow NH_4Br$   
Образуется соль бромид аммония.
5.  $C_4H_6O_5$ .

6. По данным в условиях подсказкам, мы можем понять, что речь идёт про обычную реакцию соединения, и брутто-формула кабозантиниба малата получается  $C_{32}H_{30}FN_3O_{10}$  или  $C_{28}H_{24}FN_3O_5 \cdot C_4H_6O_5$

$$M_r(\text{кабозантиниба основания}) = 501 \text{ г/моль}$$

$$M_r(\text{яблочной кислоты}) = 134 \text{ г/моль}$$

$$M_r(\text{кабозантиниба малата}) = 635 \text{ г/моль}$$

$$7. n(\text{кабозантиниба основания}) = \frac{70 \text{ г}}{501 \text{ г/моль}} \approx 0,14 \text{ моль}$$

$$n(\text{яблочной кислоты}) = \frac{28,08 \text{ г}}{134 \text{ г/моль}} \approx 0,21 \text{ моль}$$

По уравнению реакции кабозантиниб основание и яблочная кислота реагируют в соотношении 1:1. Значит, по методике в недостатке берётся основание, по нему и будем вести расчёт.

$$n(\text{кабозантиниба малата}) = n(\text{кабозантиниба основания}) = 0,14 \text{ моль}$$

$$m(\text{кабозантиниба малата})_{\text{теор}} = 0,14 \text{ моль} \cdot 635 \text{ г/моль} = 88,9 \text{ г}$$

$$m(\text{кабозантиниба малата})_{\text{практ}} = 88,9 \text{ г} \cdot 0,83 = 73,79 \text{ г}$$

### Система оценивания:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1. За название каждого аниона – 1 балл  | <b>3 балла</b>  |
| 2. За название любых двух кислот и названия их солей по 1 баллу   | <b>4 балла</b>  |
| 3. За уравнение реакции – 3 балла   | <b>3 балла</b>  |
| 4. Уравнение реакции и название по 1 баллу  | <b>2 балла</b>  |
| 5. Брутто-формула – 2 балла   | <b>2 балла</b>  |
| 6. Брутто-формула и молекулярные массы по 1,5 балла   | <b>6 балла</b>  |
| 7. Расчёт теоретической массы – 2 балла, практической – 1 балл, указание на реагент, находящийся в недостатке – 2 балла | <b>5 баллов</b> |

**ИТОГО**

**25 баллов**

### Решение задачи 3:

1. P, As, Sb – пниктогены; Cl, Br, I – галогены; Ca, Sr, Ba – щелочноземельные металлы; Li, Na, K – щелочные металлы; S, Se, Te – халькогены;
2. Современные названия – германий и рений соответственно. Посчитаем количество нейтронов, электронов, а также заряд ядра:  
Ge – 41 n, 32 e, заряд ядра равен +32.  
Re – 111 n, 75 e, заряд ядра равен +75.
3. H<sub>2</sub>O – 10 p, 10 e, 8 n. Водород находится в степени окисления +1, кислород – в степени окисления -2.  
NaBr – 46 p, 46 e, 57 n. Натрий находится в степени окисления +1, бром – в степени окисления -1.

$\text{Ca}^{2+} - 20 \text{ p}, 18 \text{ e}, 20 \text{ n}.$

$\text{N}^{3-} - 7 \text{ p}, 10 \text{ e}, 7 \text{ n}.$

4. Атомная масса элементов рассчитывается по формуле:

$$A = x_1 \cdot A_1 + x_2 \cdot A_2 + \dots,$$

где  $A$  – итоговая атомная масса,  $x_1$  и  $x_2$  – содержание изотопов в природе;  $A_1$  и  $A_2$  – атомные массы изотопов. Именно поэтому не бывает целочисленных значений атомных масс – в природе существует значительное количество различных изотопов, дающих свой вклад в конечное число. (в данном пункте не обязательно записывать формулу, можно объяснить словами).

5. Атомная масса элементов рассчитывается по формуле:

$$A = x_1 \cdot A_1 + x_2 \cdot A_2 + \dots,$$

где  $A$  – итоговая атомная масса,  $x_1$  и  $x_2$  – содержание изотопов в природе;  $A_1$  и  $A_2$  – атомные массы изотопов.

Для нахождения массы второго изотопа воспользуемся уравнением:

$$35,446 = 0,7578 \cdot 35 + 0,2422 \cdot M,$$

где  $M$  – масса второй изотопа. Отсюда получается, что  $M = 37$  (изотоп хлора с 20 нейтронами).

6. Электроотрицательность увеличивается снизу вверх и слева направо в таблице.

Металлические свойства увеличиваются сверху вниз и справа налево в таблице.

Радиус атома уменьшается слева направо и увеличивается сверху вниз.

Самой высокой электроотрицательностью обладает фтор, самой низкой – франций.

Электроотрицательность представляет из себя свойства атома притягивать к себе электроны/электронную плотность других атомов.

7. Если оторвать электрон от калия или натрия, имеющих на внешнем уровне всего 1 электрон, мы получим стабильную электронную оболочку аргона и неона соответственно. Помимо этого, радиусы этих щелочных металлов довольно велики, а заряд ядра – мал. Из-за всех этих факторов отрыв электрона от атома калия или натрия не требует много энергии. Более низкая энергия ионизации у калия связана с большим радиусом – так как электрон находится дальше от ядра, его легче оторвать.

У аргона самое высокое значение энергии ионизации на графике, так как он является благородным газом с завершённым электронным уровнем. Это наиболее стабильная электронная конфигурация для любого атома, поэтому ему невыгодно отдавать свой электрон, переходя в конфигурацию хлора.

Энергия ионизации магния выше, так как на его 3s-орбитали находится два спаренных электрона. Отрыв одного из них будет являться энергетически менее выгодным, чем отрыв отдельного электрона

с 3p-орбитали атома алюминия. Также стоит упомянуть эффект экранирования, снижающий эффективность взаимодействия электрона на 3p-орбитали с ядром.

**Система оценивания:**

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. За каждое название <i>1 балл</i> .  | <b>5 баллов</b> |
| 2. Элементы по <i>1 баллу</i> . Количество протонов, нейтронов и заряд по <i>0,5 балла</i> .   | <b>5 баллов</b> |
| 3. Количество протонов, нейтронов, электронов и степени окисления по <i>0,5 балла</i>  | <b>8 баллов</b> |
| 4. Объяснение, основанное на наличии изотопов  | <b>1 балл</b>   |
| 5. Верное нахождение изотопа   | <b>1 балл</b>   |
| 6. Верное указание на изменение электроотрицательности, металлических свойств и радиуса атома по <i>0,5 балла</i> . Элементы фтор и франций <i>0,5 балла</i> . Раскрытие термина электроотрицательности – <i>0,5 балла</i> . | <b>3 балла</b>  |
| 7. За ответ на каждый вопрос – <i>0,5 балла</i> .  | <b>2 балла</b>  |

**ИТОГО**

**25 баллов**

**Решение задачи 4:**

- Газ, составляющий бóльшую долю воздуха – N<sub>2</sub> (78 % по объему). Азот химически инертен при комнатной температуре, и реагирует лишь с литием:  
$$6\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N} \quad (\text{реакция 1})$$
При нагревании реакция идет с магнием:  
$$3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2 \quad (\text{реакция 2})$$
- Газ, воспламеняющий тлеющую лучинку – O<sub>2</sub>. Со всеми простыми веществами, кроме фтора и инертных газов, он реагирует с образованием оксидов:  
$$2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO} \quad (\text{реакция 3})$$
$$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 \quad (\text{реакция 4})$$
- Газ, значительно тяжелее воздуха, который растворяется в щелочах, – CO<sub>2</sub>. Он не поддерживает горение, однако в нем при нагревании могут гореть некоторые активные металлы:  
$$2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C} \quad (\text{реакция 5})$$
С Ca(OH)<sub>2</sub> образуется CaCO<sub>3</sub> – минерал, из которого изготавливают мел:  
$$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad (\text{реакция 6})$$
- Газ, не вступающий в химические реакции, скорее всего, инертный газ. Мы знаем, что объемы газов соотносятся между собой как их количества вещества. В шариках одинакового объема находится

равные количества вещества. Газ Г весит в 10 раз меньше газа В, поэтому его молярная масса тоже в 10 раз меньше:

$$M(\Gamma) \approx \frac{M(B)}{10} \approx \frac{12 + 16 \cdot 2}{10} \approx 4,4 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Это соответствует гелию. В пользу гелия так же говорит надпись: “Гелий для шаров”.

5. Аналогично вычислим молярную массу Д:

$$M(D) \approx \frac{M(A)}{15} \approx \frac{14 \cdot 2}{15} \approx 1,9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Других вариантов, кроме  $\text{H}_2$ , нет. В смеси с кислородом (в том числе из воздуха) водород образует взрывоопасные смеси, поэтому работать с ним стоит только в изоляции от атмосферы:



6. Резкопахнувший газ, образующий соли с растворами кислот, – аммиак  $\text{NH}_3$ :



Часто аммиак поставляется в лабораторию в сжиженном виде, или просто в концентрированных растворах с водой.

**Система оценивания:**

1. За каждый газ – 1,5 балла **9 баллов**

2. Уравнения реакций по 2 балла **16 баллов**

**ИТОГО** **25 баллов**