

**Ключи, критерии оценивания заданий
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников
2024/2025 учебный год**

**Химия
8 класс**

***Продолжительность – 180 минут
Максимальный балл – 100***

190-летию Дмитрия Ивановича Менделеева посвящается...

Задача 1

В фундаментальном труде «Основы химии», выдержавшем при жизни автора 8 изданий на русском языке и несколько изданий на многих иностранных языках, **Дмитрий Иванович Менделеев** впервые изложил курс неорганической химии на основе периодического закона. Небольшой фрагмент 7-го издания этого курса, вышедший в свет в 1903 г., представлен ниже.

«Медь характеризуется красным цветом, отличающим ее от всех других металлов. Чистая медь, отличаясь большою электропроводностию (применяется для провода токов), мягка и при обыкновенной температуре под ударом молотка плющится, вследствие чего легко дает, при прокатывании в накаленном состоянии между валами, очень тонкие листы [*явление 1*]. ... Прокаленная сплюснутая медь, а также медь, осажденная гальваническим током [*явление 2*], имеет, сравнительно большую плотность. При ярком краснокальном жаре около $1\ 050^{\circ}$ медь плавится, но температура ее плавления ниже той температуры, при которой плавятся многие виды чугуна. При высших температурах она превращается в пары, которые сообщают пламени зеленый цвет [*явление 3*]. Как природная медь, так и медь, охлажденная из расплавленного состояния, кристаллизуется правильными октаэдрами [*явление 4*]. При обыкновенной температуре медь не окисляется в сухом воздухе, при накаливании покрывается слоем окиси: но даже при самой высокой температуре медь не горит. Накаленная медь на воздухе образует, смотря по температуре и количеству притекающего воздуха, или красную

закись меди [явление 5], или черную окись меди [явление 6]. В обыкновенном воздухе медь, как известно каждому, окисляясь бурет и покрывается зеленым слоем солей, происходящих от действия влажного воздуха, содержащего CO_2 [явление 7].»

Какие из описанных явлений относятся к физическим, а какие – к химическим явлениям?

20 баллов

Решение:

1. К физическим явлениям относятся следующие явления: 1, 3, 4.
2. К химическим явлениям относятся следующие явления: 2, 5, 6, 7.

Система оценивания:

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| 1. Определение физических явлений | 9 баллов |
| 2. Определение химических явлений | 11 баллов |
| ИТОГО | 20 баллов |

Задача 2

В 1874 г. **Дмитрий Иванович Менделеев** вывел основное уравнение состояния идеального газа, включающее все частные случаи (уравнение Менделеева – Клапейрона): $pV = nRT$ (1), или $pV = \frac{m}{M}RT$ (2),

где p – давление, Па; V – объем газа, м^3 ; n – количество вещества, моль;

R – молярная газовая постоянная, $R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; T – абсолютная температура, К.

Известно, что плотность оксида углерода равна 1,165 г/л. при давлении 101,325 кПа и температуре 293 К. Определите формулу оксида.

20 баллов

Решение:

1. Чтобы установить формулу оксида углерода, надо найти его молярную массу M из уравнения Менделеева – Клапейрона : $pV = \frac{m}{M}RT$ (2). После преобразования этого уравнения можно получить следующее выражение:

$$M = \frac{m R T}{p V} = \rho R T / p, \text{ где } \rho = m / V.$$

2. В полученное выражение следует корректно подставить числовые данные, для этого плотность следует выразить в г/м³. Так как 1 м³ = 1 000 л, то плотность оксида углерода следует взять $\rho = 1\,165 \text{ г/м}^3$. Давление также надо выразить в Па: $p = 101325 \text{ Па}$

$$3. \text{Тогда молярная масса оксида углерода } M = \rho R T / p = \frac{1\,165 \cdot 8,314 \cdot 293}{101325};$$

$$M = 28,008 \text{ г/моль, или } \sim 28,01 \text{ г/моль}$$

4. Поскольку молекулы оксида углерода состоят только из атомов углерода и атомов кислорода, то можно предположить два варианта:

$$M_1 = M(\text{C}) + M(\text{O}) = 12,011 + 15,999 = 28,01 \text{ (г/моль) и}$$

$$M_2 = M(\text{C}) + 2M(\text{O}) = 12,011 + 2 \cdot 15,999 = 44,01 \text{ (г/моль)}$$

Очевидно, формула оксида углерода CO.

Ответ: формула оксида углерода CO.

Система оценивания:

1. Вывод формулы для расчета	5 баллов
2. Подстановка числовых данных в выведенную формулу	5 баллов
3. Расчеты	5 баллов
4. Определение формулы оксида углерода по его молярной массе	5 баллов
ИТОГО	20 баллов

Задача 3

В 1865 г. **Дмитрий Иванович Менделеев** в диссертации «Рассуждение о соединении спирта с водой» заложил основы гидратной теории водных растворов (на примере водно-спиртовых растворов) и объяснил химическую природу их сжатия. Позже был введен термин кристаллогидраты и с 1889 г. началось их систематическое изучение. В настоящее время под кристаллогидратами понимают такие кристаллы, которые содержат молекулы воды (вода называется кристаллизационной), например 1 моль $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

содержит 1 моль BaCl_2 и 2 моль H_2O . Кристаллогидраты солей образуются (например, при кристаллизации растворенной соли), если в кристаллической решётке катионы образуют более прочную связь с молекулами воды, чем связь между катионами и анионами в кристалле безводной соли. Всё это нужно учитывать при приготовлении растворов из кристаллогидратов.

Определите массовую долю сульфата меди (II) в растворе в результате растворения 20 г пентагидрата сульфата меди (II) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 100 мл воды (плотность воды принять равной 1 г/см^3).

20 баллов

Решение:

1. Для определения массовой доли вещества в растворе надо знать две физические величины - массу вещества и массу раствора:

$$\omega_{\text{вещества}} = m_{\text{вещества}} / m_{\text{раствора}} \text{ (если выразить } \omega \text{ в долях от единицы)}$$

$$\omega_{\text{вещества, \%}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\% \text{ (если выразить } \omega_{\%} \text{ в процентах)}$$

2. Веществом, растворенным в растворе, будет безводная соль сульфат меди (II) CuSO_4 . Для нахождения массы CuSO_4 следует знать ее количество в кристаллогидрате $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:

$$m(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4) .$$

Согласно формуле кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, количество вещества CuSO_4 равно количеству вещества $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}).$$

Тогда $n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) / M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ и

$$m(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} \cdot M(\text{CuSO}_4)$$

3. В полученное выражение следует подставить числовые данные, предварительно рассчитав молярные массы CuSO_4 и $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}; M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль}.$$

$$m(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} \cdot M(\text{CuSO}_4) = \frac{20}{250} \cdot 160 = 12,8$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 12,8 \text{ г}$$

4. Масса раствора равна:

$$m_{\text{раствора}} = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 20 + 100 = 120 \text{ г}$$

5. Массовая доля сульфата меди (II) в растворе равна:

$$\omega(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4) / m_{\text{раствора}} = 12,8 : 120 = 0,107, \text{ или } 10,7\%$$

Ответ: $\omega(\text{CuSO}_4) = 10,7\%$.

Система оценивания:

1. Приведение формулы массовой доли вещества в растворе	2 балла
2. Выведение формулы для нахождения массы безводной соли	5 баллов
3. Расчет массы безводной соли	5 баллов
4. Определение массы раствора	4 балла
5. Расчет массовой доли безводной соли в растворе	4 балла
ИТОГО	20 баллов

Задача 4

В 1969 г. **Дмитрий Иванович Менделеев** совершил величайшее открытие – открыл фундаментальный закон природы – периодический закон. Применяв закон, он составил периодическую таблицу химических элементов: сначала как «Опыт системы элементов» (1869), затем как «Естественную систему элементов Д.Менделеева» (1871) и еще не раз к ней возвращался, добавляя всё новые элементы. Особенно ждал Д.И.Менделеев открытия тех элементов, которые были им научно предсказаны и с разной степенью подробности описаны. Свойства *экасилиция* (так Д.И.Менделеев назвал этот элемент) были им описаны наиболее полно. И вот, спустя 15 лет, в 1886 г. К. Винклер открыл этот элемент в минерале *аргиродите* и описал его свойства и свойства его важнейших соединений. Характеризуя этот прогноз Д.И. Менделеева, физик М.П. Бронштейн заметил: «Пожалуй, ... Менделеев предвидел в этом элементе всё, кроме его названия». Некоторые из предсказанных и экспериментально определенных свойств этого элемента представлены в таблице.

Предсказано в 1871 г. Д.И. Менделеевым	Найдено в 1886-1887 гг. К.А. Винклером	Современные данные
<p>Химический элемент экасилиций Атомная масса - ... Валентность IV ...</p> <p>Простое вещество Удельный вес 5,5 г/см³ Атомный объем 13 ...</p> <p>Окись экасилиция - ... Удельный вес 4,7 г/см³ ...</p>	<p>Химический элемент ... Атомная масса - ... Валентность IV ...</p> <p>Простое вещество Плотность 5,47 г/см³ Атомный объем 13,22 ...</p> <p>Окись ... - ... Плотность 4,703 г/см³ ...</p>	<p>Химический элемент ... Относительная атомная масса - ... Степени окисления -4, 0, 2, 4 ...</p> <p>Простое вещество Плотность 5,323 г/см³(20°C) Молярный объем 13,64 см³/моль ...</p> <p>Высший оксид ... - ... Плотность 4,703 г/см³(18°C) ...</p>

1. Определите современное значение относительной атомной массы этого элемента.

2. Приведите название этого элемента, порядковый (атомный) номер и положение его в Периодической системе химических элементов.

3. Приведите значения атомных масс этого элемента по Д.И.Менделееву и по К. Винклеру.

4. Приведите формулу высшего оксида этого элемента по современным данным. Приведите формулы описанных Д.И. Менделеевым и К.А. Винклером оксидов этого элемента. Приведите рассуждения.

5. Исследования К.А. Винклера привели не только к открытию нового элемента, но и к уточнению химического состава минерала аргиродита, в котором этот элемент был открыт. Согласно К.А. Винклеру, в химическую формулу аргиродита входят три элемента, причем, массовые доли серебра и серы в минерале составляют 76,5% и 17,1%, соответственно. Выведите химическую формулу аргиродита.

20 баллов

Решение

1. По значениям плотности и молярного объема вещества можно определить его молярную массу, а по молярной массе простого вещества – химический элемент. Т.к. $\rho = m / V = M / V_m$, то $M = \rho \cdot V_m$.

$$M(\text{простого вещества}) = 5,323 \cdot 13,64 = 72,61 \text{ (г/моль)}.$$

Следовательно, $A_r(\text{элемента}) = 72,61$.

2. Химический элемент – *германий Ge*, его порядковый (атомный) номер 32, элемент 14 группы 4 периода в длиннопериодном варианте Периодической системы химических элементов (или элемент 4A группы 4 периода в короткопериодном варианте Периодической системе элементов)

3. Аналогично можно найти молярные массы этого элемента:

- по Д.И. Менделеву: $M(\text{простого вещества}) = 5,5 \cdot 13 = 71,5 \text{ (г/моль)}$;

- К. Винклеру: $M(\text{простого вещества}) = 5,47 \cdot 13,22 = 72,313 \text{ (г/моль)}$;

4. По современным данным химическая формула высшего оксида германия (IV) **GeO₂**, так как для германия высшая степень окисления равна 4. Поскольку Д.И.Менделеев и К.А. Винклер определили для этого элемента только одну валентность – IV, то в таблице приведены данные оксида германия **GeO₂**. Можно объяснить иначе: плотности оксида по Д.И.Менделееву, по К.А. Винклеру и современное значение плотности оксида германия (IV) хорошо совпадают, следовательно, в таблице приведен один оксид - **GeO₂**.

5. Третьим элементом в химической формуле аргиродита является германий, массовая доля германия в минерале составляет:

$$\omega(\text{Ge}) = 100 - 76,5 - 17,1 = 6,4\%$$

Обозначив химическую формулу аргиродита как $\text{Ag}_x\text{Ge}_y\text{S}_z$ можно установить

соотношение: $x : y : z = \frac{76,5}{107,868} : \frac{6,4}{72,610} : \frac{17,1}{32,066}$; $x : y : z = 0,709 : 0,088 : 0,533$;

$$x : y : z = 8,06 : 1 : 6,06, \text{ или } x : y : z = 8 : 1 : 6$$

Следовательно, химическая формула аргиродита **Ag₈GeS₆**.

Система оценивания:

1. Определение молярной массы германия по современным данным 5 балла

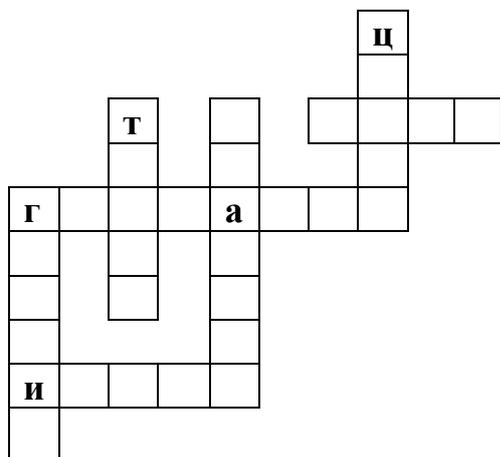
2. Определение порядкового номера и положения в системе германия 2 баллов

3. Расчет молярной массы элемента по данным Д.И Менделеева и К.Винклера	4 баллов
4. Определение формулы оксида германия	4 балла
5. Определение формулы минерала	5 балла
ИТОГО	20 баллов

Задача 5

В 1871 г. **Дмитрий Иванович Менделеев** опубликовал первый вариант периодической таблицы «Естественная система элементов Д.Менделеева». В этой таблице Д.И.Менделеев привел атомные массы известных на тот момент элементов, причем атомные массы нескольких элементов изменил в соответствии с требованиями периодического закона. Более того, используя прогнозирующую роль периодического закона, Д.И.Менделеев не только научно предсказал существование ряда еще неизвестных науке элементов, но и указал в таблице их атомные массы. Большинство прогнозов Д.И.Менделеева нашли своё подтверждение.

Кроссворд содержит семь химических элементов, которые представляют «реальные доказательства правильности и общности периодического закона».



В кроссворде не указаны номера зашифрованных названий элементов, зато «открыты» некоторые буквы.

1. Элемент, названный в 1789 г. в честь седьмой планеты Солнечной системы, был получен в металлическом состоянии в 1841 г., с тех пор его атомную массу считали равной 120;

Д.И.Менделеев удвоил это значение и привел полученную атомную массу в своей таблице. **2.** Элемент, открытый в 1886 г. К. Винклером и названный им в честь своей родины, был научно предсказан и описан Д.И.Менделеевым под названием «экасилиций»; в периодической таблице 1871 г. этот элемент приведен с атомной массой 72. **3.** Элемент, обнаруженный в 1863 г. и названный по ярко-синей (цвета индиго) линии в спектре, был получен в металлическом

состоянии в 1867 г., с тех пор его атомную массу считали равной 75,6; Д.И.Менделеев увеличил в 1,5 раза это значение и привел полученную атомную массу в своей таблице. 4. Элемент, открытый в 1875 г. П. Лекоком де Буабодраном и названный им в честь своей родины (по латинскому названию территории, заселенной в древности кельтскими племенами галлов), был научно предсказан и описан Д.И.Менделеевым под названием «экаалюминий»; в периодической таблице 1871 г. этот элемент приведен с атомной массой 68. 5. Элемент, названный в честь бога грома и молний в скандинавской мифологии, был обнаружен в 1828 г., с тех пор его атомную массу считали равной 116; Д.И.Менделеев удвоил это значение и привел полученную атомную массу в своей таблице. 6. Элемент, открытый в 1879 г. Л. Нильсоном и названный им в честь полуострова на севере Европы (по его латинскому названию), был научно предсказан и описан Д.И.Менделеевым под названием «экабор»; в периодической таблице 1871 г. этот элемент приведен с атомной массой 44. 7. Элемент, названный в 1803 г. в честь карликовой планеты Солнечной системы, был получен в металлическом состоянии в 1839 г., с тех пор его атомную массу считали равной 92; Д.И.Менделеев увеличил это значение до 140 и привел полученную атомную массу в своей таблице.

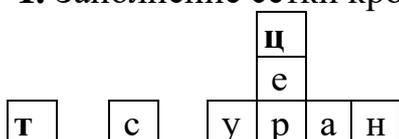
Задания:

1. *Впишите названия всех упомянутых химических элементов в сетку кроссворда.*
2. *Приведите названия этих элементов с указанием значений их атомных масс и порядковых номеров в периодической таблице химических элементов.*
3. *Укажите положение каждого приведенного элемента в периодической таблице химических элементов (его группу и период).*

20 баллов

Решение:

1. Заполнение сетки кроссворда:



		о		к			и
г	е	р	м	а	н	и	й
а		и		н			
л		й		д			
л				и			
и	н	д	и	й			
й							

2. Элементы, их атомные массы и порядковые номера:

- уран: атомная масса 238,029, порядковый номер 92;
- германий: атомная масса 72,63, порядковый номер 32;
- индий: атомная масса 114,818, порядковый номер 49;
- галлий: атомная масса 69,723, порядковый номер 31;
- торий: атомная масса 232,038, порядковый номер 90;
- скандий: атомная масса 44,9559, порядковый номер 21;
- церий: атомная масса 140,116, порядковый номер 58.

3. Положение элементов в периодической системе:

- **уран:** элемент 3-й группы, седьмого периода периодической системы химических элементов, относится к семейству актиноидов;

- **германий:** элемент 14-й группы, четвертого периода периодической системы химических элементов;

- **индий:** элемент 13-й группы, пятого периода периодической системы химических элементов;

- **галлий:** элемент 13-й группы, четвертого периода периодической системы химических элементов;

- **торий:** элемент 3-й группы, седьмого периода периодической системы химических элементов, относится к семейству актиноидов;

- **скандий:** элемент 3-й группы, четвертого периода периодической системы химических элементов;

- **церий:** элемент 3-й группы, шестого периода периодической системы химических элементов, относится к семейству лантаноидов.

Система оценивания:

1. Заполнение сетки кроссворда (7 химических элементов)	2×7=14 баллов
2. Элементы, их атомные массы и порядковые номера	2 балла
3. Положение элемента в периодической системе	4 балла
ИТОГО:	20 баллов