ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ХИМИЯ. 2026–2027 уч. г. ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальное количество баллов за олимпиаду - 100

Задание 1.

№1. Какие реагенты надо использовать, чтобы получить осадки/растворы всех цветов флага России?

Ответ:

- Соляную кислоту и гидроксид натрия
- ✓ Серную кислоту и гидроксид бария
- Хлорид железа (III) и иодид натрия
- ✓ Хлорид железа (III) и роданид аммония
- ✓ Хлорид железа (II) и красную кровяную соль
- Хлорид железа (II) и гидроксид натрия
- Нитрат серебра и фосфат натрия
- Нитрат серебра и иодид железа (II)

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный набор реагентов - 2 балла; за каждый ошибочный выбор снимается 2 балла. Всего - 6 баллов.

Максимальный балл за задание - 6.

Решение.

Белый осадок $BaSO_4$ образуется при смешивании серной кислоты с гидроксидом бария. Раствор роданида железа(III) имеет красную окраску, а при взаимодействии хлорида железа(II) с красной кровяной солью образуется синий осадок. Получаем белый, красный и синий цвета в наборах 2, 4 и 5.

Задание 2.

№2. Юный химик решил приготовить концентрированный раствор гидроксида натрия. Он взвесил необходимое количество щёлочи, растворил в воде и размешал всё алюминиевой ложкой. По неопытности он оставил ложку в растворе. На следующий день он обнаружил, что ложка полностью растворилась! Составьте уравнение произошедшей реакции. В ответ запишите сумму наименьших целочисленных коэффициентов.

Ответ: 15 или 17 или 19

Критерий оценивания: верная сумма коэффициентов - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Алюминий растворяется в водном растворе щёлочи с выделением водорода. Если записать продукт как тетрагидроксоалюминат натрия, уравнение имеет вид

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \longrightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow .$$

Сумма коэффициентов равна 15. Для гидратированного комплекса $Na[Al(OH)_4(H_2O)]$ уравнение содержит $8H_2O$ слева, а сумма коэффициентов равна 17. Если продукт записать как $Na_3[Al(OH)_6]$, получим $2Al + 6NaOH + 6H_2O \longrightarrow 2Na_3[Al(OH)_6] + 3H_2$ и сумму 19.

Задание 3.

Варианты задания смотрите на стр. 8.

№3. Морозильная камера сначала стоит с открытой дверцей при комнатной температуре 23 °C и давлении 970 гектопаскалей. Затем дверцу закрывают, и холодильная система охлаждает воздух внутри до −18 °C. Какое давление установилось бы внутри при температуре −18 °C, если бы морозильная камера была абсолютно герметичной? Ответ выразите в гектопаскалях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [835; 836] гПа

Критерий оценивания: верное давление - 6 баллов.

Максимальный балл за задание - 6.

Решение.

Количество воздуха и объём камеры не меняются, поэтому для идеального газа $p/T = \text{const}$. Абсолютные температуры равны $T_1 = 23 + 273 = 296$ K и $T_2 = -18 + 273 = 255$ K. Тогда

$$p_2 = 970 \cdot \frac{255}{296} \approx 835.6 \text{ гПа}.$$

После округления получаем 836 гПа.

Задание 4.

№4. Одним из промышленных способов получения водорода является газификация угля (реакция 1) с последующим протеканием реакции конверсии водяного газа (реакция 2). Ниже эти реакции и их теплоты приведены в упрощённом виде.

Реакция 1: $\mathrm{C\ (тв) + H_2O\ (г) \rightarrow CO\ (г) + H_2\ (г) - 131\ кДж}$

Реакция 2: $\mathrm{CO\ (г) + H_2O\ (г) \rightleftharpoons CO_2\ (г) + H_2\ (г) + 41.2\ кДж}$

Реакция 3: $\mathrm{C\ (тв) + 2H_2O\ (г) \rightarrow CO_2\ (г) + 2H_2\ (г)}$

Охарактеризуйте реакции 1 и 2:

Реакция 1:

Ответ:

✓ Эндотермическая

• Экзотермическая

Реакция 2:

Ответ:

• Эндотермическая

✓ Экзотермическая

№5. Определите тепловой эффект реакции 3 (с учётом знака). Ответ выразите в кДж/моль, округлите до десятых.

Ответ: -89.8 кДж/моль

Критерий оценивания:

№4: за характеристику каждой из первых двух реакций - по 2 балла. Всего - 4 балла;

№5: за верный тепловой эффект третьей реакции - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 8.

Решение.

Реакция 1 требует подвода теплоты и потому является эндотермической. В реакции 2 теплота выделяется, она экзотермическая. Складываем уравнения, сокращая CO:

$$Q_3 = -131 + 41.2 = -89.8 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, суммарная реакция также эндотермическая.

Задание 5.

№6. Некоторые минералы имеют переменный химический состав, что приводит к появлению необычных стехиометрических формул. Одним из примеров является аргентоливенгит, его формула:

$$\mathrm{Ag_{3+x}Pb_{36-2x}As_{51+x}S_{112}}\ (0 \leqslant x < 0.5)$$

Определите молярную массу минерала при $x = 0$. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [15180; 15200] г/моль

№7-8. В общем виде молярную массу минерала можно записать так:

$M = a + bx$.

Определите параметры a и b.

$a =$ засчитывается в диапазоне [15180; 15200] $\qquad b = -231$

Критерий оценивания:

№6: за верное значение M - 2 балла;

№7-8: за верное значение a и b - по 3 балла. Всего - 6 баллов.

Максимальный балл за задание - 8.

Решение.

Используем округлённые атомные массы Ag = 108, Pb = 207, As = 75, S = 32:

$$\begin{aligned} M(x) &= 108(3+x) + 207(36-2x) + 75(51+x) + 32 \cdot 112 \\ &= 15185 - 231x \text{ г/моль}. \end{aligned}$$

При $x = 0$ молярная масса равна 15185 г/моль. В записи $M = a + bx$ имеем $a = 15185$ и $b = -231$.

Задание 6.

№9. В музее минералогии (г. Москва) представлена огромная коллекция минералов со всех уголков Земли. Даны фото трёх минералов, содержащих один и тот же металл X.



Азурит, Алтай, Россия



Куприт, Средний Урал, Россия



Малахит, Нижний Тагил, Средний Урал, Россия

1) Определите металл X. В ответ запишите его химический символ.

Ответ: Cu

2) Минерал куприт представляет собой бинарное соединение, содержащее 88.9 % (по массе) металла X. Запишите формулу куприта. При расчётах молярные массы округляйте до целых.

Ответ: Cu_2O

№10. Формулы минералов азурита и малахита можно записать в виде:
$aX(OH)_2 \cdot bXCO_3$,
где a и b – целые числа, причём $(a + b) \leqslant 4$.

Известно, что a в обоих соединениях одинаково, а молярная масса азурита на 124 г/моль больше молярной массы малахита. Заполните таблицу.

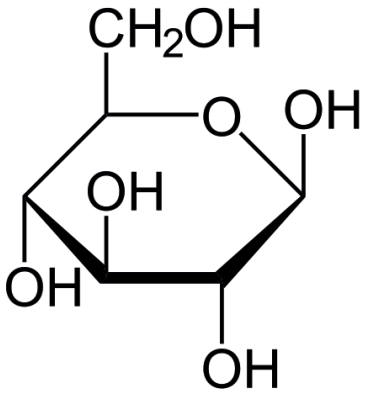
Минерал	a	b
Азурит	1	2
Малахит	1	1

Критерий оценивания:
№9: 1) за верный символ металла - 1 балл; 2) за формулу куприта - 3 балла;
№10: за каждое из четырёх значений a и b - по 1 баллу. Всего - 4 балла.
Максимальный балл за задание - 8.
Решение.

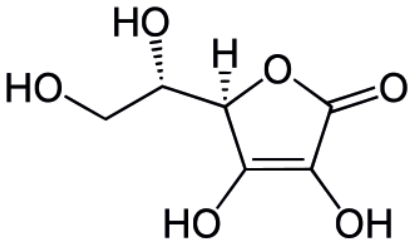
Азурит, куприт и малахит содержат медь. Для куприта Cu_2O массовая доля меди равна $2 \cdot 64/(2 \cdot 64 + 16) = 88.9\%$, как в условии. Обе основные соли содержат по одному фрагменту $Cu(OH)_2$. Их разность по молярной массе равна 124 г/моль, то есть одному фрагменту $CuCO_3$ $(64 + 12 + 48 = 124)$. Значит, малахит - $Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3$ с $a = 1$, $b = 1$; азурит - $Cu(OH)_2 \cdot 2CuCO_3$ с $a = 1$, $b = 2$.

Задание 7.

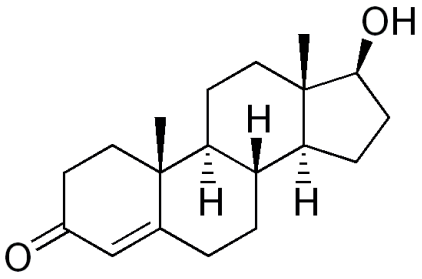
№11. Даны скелетные формулы известных биологически активных соединений.



Глюкопираноза



Аскорбиновая кислота



Тестостерон

Заполните таблицу. Если в структуре молекулы отсутствует тот или иной фрагмент, в ответ запишите «0».

	Глюкоза	Аскорбиновая кислота	Тестостерон
Число атомов углерода	6	6	19
Число π-связей	0	2	2
Число гидроксильных групп	5	4	1
Число метильных групп	0	0	2
Число циклов	1	1	4

Критерий оценивания: за каждую верно заполненную ячейку - 1 балла. Всего - 15 баллов.

Максимальный балл за задание - 15.

Решение.

Подсчитываем атомы и фрагменты на каждой из трёх изображённых структур. В глюкопиранозе 6 атомов углерода, 5 гидроксильных групп и один цикл; двойных связей и метильных групп нет. В аскорбиновой кислоте 6 атомов углерода, две π-связи, четыре группы OH и один цикл. В тестостероне 19 атомов углерода, две π-связи, одна группа OH, две метильные группы и четыре цикла.

Задание 8.

№12. Дана схема превращений хрома:

$$\mathrm{Cr} \xrightarrow{\mathrm{HCl\ (инертн.\ атм.)}} \underset{\text{синий}}{\mathrm{A}} \xrightarrow{\mathrm{O_2,\ HCl}} \mathrm{Б}$$

$$\mathrm{Б} \xrightarrow{\mathrm{NaOH\ (изб.)}} \underset{\text{зелёный}}{\mathrm{B}} \xrightarrow{\mathrm{NaOH,\ Cl_2}} \underset{\text{жёлтый}}{\mathrm{Г}} \xrightarrow{\mathrm{H_2SO_4}} \underset{\text{оранжевый}}{\mathrm{Д}}$$

Определите молярные массы веществ **А-Д**. Образованием аквакомплексов пренебрегите.

А	Б	В	Г	Д
123	158.5	143 или 223	162	262

Критерий оценивания: за каждую верную молярную массу - 3 балла. Всего - 15 баллов.

Максимальный балл за задание - 15.

Решение.

В инертной атмосфере хром с соляной кислотой образует синий $CrCl_2$: $M = 52 + 2 \cdot 35.5 = 123$ г/моль. Окисление кислородом в присутствии кислоты даёт $CrCl_3$ с $M = 158.5$ г/моль. В избытке щёлочи образуется зелёный $Na[Cr(OH)_4]$ с $M = 143$ г/моль; для $Na_3[Cr(OH)_6]$ также принимается 223 г/моль. Хлор в щелочной среде переводит хром в жёлтый хромат Na_2CrO_4 ($M = 162$ г/моль). При подкислении возникает оранжевый дихромат $Na_2Cr_2O_7$ ($M = 262$ г/моль).

Задание 9.

№13. Белое органическое вещество X, не содержащее кислорода, обладает сильными инсектицидными свойствами и поэтому раньше широко применялось в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями. Однако ввиду сильной токсичности и негативного воздействия на окружающую среду, его применение в настоящее время сильно ограничено. При полном сгорании вещества X в качестве единственных продуктов образуется эквимолярная смесь CO_2 и HCl. Плотность паров X по неону: $D_{\mathrm{Ne}}(\mathrm{X}) = 14.55$. Запишите молекулярную формулу вещества X.

C_6 H_6 Cl_6

№14. Дополнительно известно, что в X содержатся только вторичные атомы углерода и что каждый атом углерода связан не более чем с одним атомом хлора. Определите структуру вещества X. В ответ запишите его название по системе ИЮПАК (например, 2,2-диметилпентан).

Ответ: 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан

Критерий оценивания:

№13: за число атомов углерода и водорода - по 1 баллу; за число атомов хлора - 2 балла. Всего - 4 балла.

№14: за название соединения - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 8.

Решение.

При сгорании отношение количеств CO_2 и HCl равно 1 : 1, следовательно, в молекуле $C_aH_aCl_a$ атомов углерода, водорода и хлора поровну. По плотности относительно неона $M(X) = 14.55 \cdot 20 = 291$ г/моль. Один фрагмент CHCl имеет массу $12 + 1 + 35.5 = 48.5$ г/моль, поэтому $a = 291/48.5 = 6$. Формула X - $C_6H_6Cl_6$. Все атомы углерода вторичные, значит, они образуют шестичленный цикл; на каждом находится по одному атому хлора. Название - 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан.

Задание 10.

№15. В этом году этот элемент отмечает свой 200-летний юбилей - в 1826 году французский химик Антуан Жером Балар официально сообщил о его открытии. Для получения простого вещества **А**, образованного этим элементом, французский химик добавлял хлорную воду к раствору, содержащему бинарное вещество **Б**. При этом он наблюдал образование тёмно-бурой зловонной жидкости.

Известно, что вещество **Б** представляет собой соль, содержащую 22.3 % металла по массе. Запишите формулы веществ **А** и **Б**.

Ответ:

Вещество **А**: Br_2

Вещество **Б**: NaBr

№16. Водный раствор вещества **А** широко используется в органической химии как качественный реактив. Какие пары веществ можно различить при помощи этого реактива?

Ответ:

- 2-фторпропан и пропан
- Пропен и пропин
- ✓ Пропин и пропан
- Бензол и гексан
- ✓ Циклогексен и циклогексан

Критерий оценивания:

№15: за формулу вещества А - 2 балла; за формулу вещества Б - 4 балла. Всего - 6 баллов;

№16: за каждую верно выбранную пару - 2 балла; за ошибочный выбор снимается 2 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 10.

Решение.

Открытый Баларом элемент - бром, поэтому вещество А - Br_2. Из реакции $Cl_2 + 2NaBr \longrightarrow 2NaCl + Br_2$ получаем вещество Б: NaBr. Доля натрия в нём равна $23/(23 + 80) \cdot 100\% \approx 22.3\%$. Бромная вода обесцвечивается при присоединении брома к кратной связи. Так можно отличить пропин от пропана, а циклогексен - от циклогексана. Подходят пары 3 и 5.

Задание 11.

№17. В 1965 году в Москве проходил 20-й конгресс ИЮПАК - всемирной организации профессиональных химиков. В связи с этим событием была выпущена памятная марка.



Определите скрытые за цифрами элементы. В ответ запишите их русские названия.

1: уран
2: актиний
3: молибден
4: кислород

Критерий оценивания: за каждое верное название элемента - 1 балл. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Слева на марке читается сокращение IUPAC: скрытые позиции 1 и 2 дают символы U и Ac, то есть уран и актиний. Нижняя строка читается как MoScOW: позиции 3 и 4 соответствуют Mo и O, то есть молибдену и кислороду.

Задание 12.

№18. Имиды серы - это необычные соединения, состоящие как минимум из 8 атомов серы и азота и имеющие циклическое строение. Они представляют интерес в качестве лигандов в реакциях комплексообразования. Их также используют для введения фрагментов азота и серы в сложные органические и неорганические молекулы.
Восьмичленные циклические имиды серы описываются общей формулой $S_n(NH)_{8-n}$, где $4 \leqslant n \leqslant 8$. При полном сгорании одного из представителей этого ряда в необходимом количестве кислорода, после приведения продуктов реакции к нормальным условиям, была получена газовая смесь с относительной плотностью по воздуху 2.124.
Определите среднюю молярную массу образовавшейся газовой смеси. Ответ выразите в г/моль, округлите до десятых.

Ответ: 61.6 г/моль

№19. Определите формулу имида.
S_7 N_1 H_1
№20. Сколько молей кислорода потребуется для полного сжигания двух молей имида? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 14.5 моль

Критерий оценивания:
№18: за среднюю молярную массу смеси - 2 балла;
№19: за каждое из трёх значений индексов - по 1 баллу. Всего - 3 балла;
№20: за количество кислорода - 3 балла.
Максимальный балл за задание - 8.
Решение.

При нормальных условиях вода после сгорания конденсируется. В газовой смеси остаются SO_2 и N_2. Её средняя молярная масса равна $2.124 \cdot 29 \approx 61.6$ г/моль. Для двух молекул $S_n(NH)_{8-n}$ образуется $2n$ молекул SO_2 и $(8-n)$ молекул N_2. Поэтому

$$\frac{2n \cdot 64 + (8-n) \cdot 28}{n+8} = 61.6, \qquad n = 7.$$

Формула имида - S_7NH. Уравнение горения:

$$2S_7NH + 14.5O_2 \longrightarrow 14SO_2 + N_2 + H_2O.$$

Для полного сгорания двух молей имида потребуется 14.5 моль кислорода.

Варианты заданий

Задание 3

Условие	**Ответ (засчитывается в диапазоне)**
давление 970 гектопаскалей	[835;836]
давление 980 гектопаскалей	[844;845]
давление 960 гектопаскалей	[827;828]