

Максимальное количество баллов за олимпиаду - 50**Задание 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 - 1 балл; за каждый ошибочный выбор снимается 1 балл. Всего - 3 балла.

Максимальный балл за задание - 3.

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.

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.

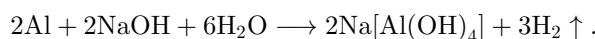
Ответ: 15 или 17 или 19

Критерий оценивания: верная сумма коэффициентов - 2 балла.

Максимальный балл за задание - 2.

Решение.

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



Сумма коэффициентов равна 15. Для гидратированного комплекса $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})]$ уравнение содержит $8\text{H}_2\text{O}$ слева, а сумма коэффициентов равна 17. Если продукт записать как $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$, получим $2\text{Al} + 6\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2$ и сумму 19.

Задание 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 - 3 балла.

Максимальный балл за задание - 3.

Решение.

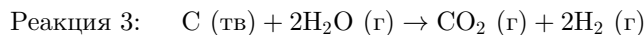
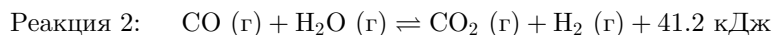
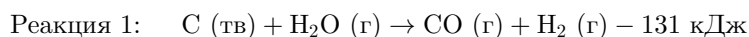
Количество воздуха и объём камеры не меняются, поэтому для идеального газа $p/T = \text{const}$. Абсолютные температуры равны $T_1 = 23 + 273 = 296\text{ K}$ и $T_2 = -18 + 273 = 255\text{ K}$. Тогда

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

После округления получаем 836 гПа.

Задание 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.



Охарактеризуйте реакции 1 и 2:

Реакция 1:

Ответ:

- ✓ Эндотермическая
- Экзотермическая

Реакция 2:

Ответ:

- Эндотермическая
- ✓ Экзотермическая

Определите тепловой эффект реакции 3 (с учётом знака). Ответ выразите в кДж/моль, округлите до десятых.

Ответ: -89.8 кДж/моль

Критерий оценивания: за характеристику каждой из первых двух реакций - по 1 баллу; за верный тепловой эффект третьей реакции - 2 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

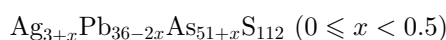
Реакция 1 требует подвода теплоты и потому является эндотермической. В реакции 2 теплота выделяется, она экзотермическая. Складываем уравнения, сокращая СО:

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

Следовательно, суммарная реакция также эндотермическая.

Задание 5.

Некоторые минералы имеют переменный химический состав, что приводит к появлению необычных стехиометрических формул. Одним из примеров является аргентоливингит, его формула:



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

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

В общем виде молярную массу минерала можно записать так:

$$M = a + bx.$$

Определите параметры a и b .

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

Критерий оценивания: за каждое верное значение M , a и b - по 1 баллу. Всего - 3 балла.

Максимальный балл за задание - 3.

Решение.

Используем округлённые атомные массы $\text{Ag} = 108$, $\text{Pb} = 207$, $\text{As} = 75$, $\text{S} = 32$:

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

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

Задание 6.

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

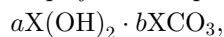
Определите металл X. В ответ запишите его химический символ.

Ответ: Cu

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

Формулы минералов азурита и малахита можно записать в виде:



где a и b – целые числа, причём $(a + b) \leq 4$.

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: за верный символ металла - 0.5 балла; за формулу куприта - 1.5 балла; за каждое из четырёх значений a и b - по 0.5 балла. Всего - 4 балла.

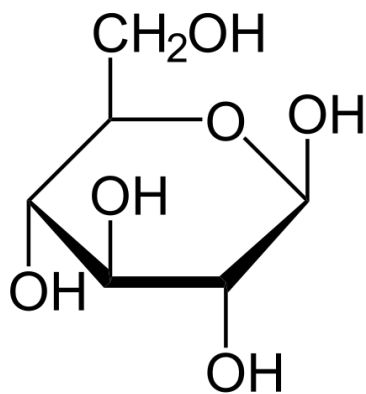
Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

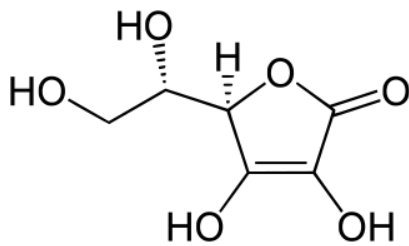
Азурит, куприт и малахит содержат медь. Для куприта Cu_2O массовая доля меди равна $2 \cdot 64 / (2 \cdot 64 + 16) = 88.9\%$, как в условии. Обе основные соли содержат по одному фрагменту $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Их разность по молярной массе равна 124 г/моль, то есть одному фрагменту CuCO_3 ($64 + 12 + 48 = 124$). Значит, малахит - $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ с $a = 1$, $b = 1$; азурит - $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ с $a = 1$, $b = 2$.

Задание 7.

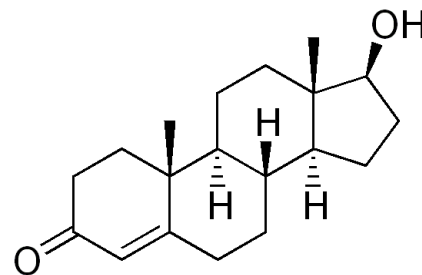
Даны скелетные формулы известных биологически активных соединений.



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 - 0.4 балла. Всего - 6 баллов.

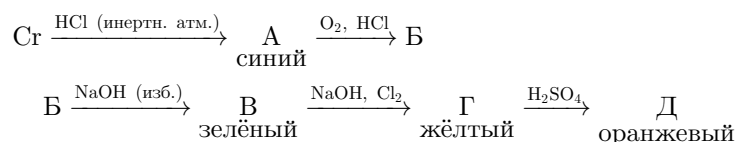
Максимальный балл за задание - 6.

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.

Дана схема превращений хрома:



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 - 2 балла. Всего - 10 баллов.

Максимальный балл за задание - 10.

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 $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ с $M = 143$ г/моль; для $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ 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 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($M = 262$ г/моль).

Задание 9.

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 эквимольная смесь CO_2 и HCl . Плотность паров X по неону: $D_{\text{Ne}}(\text{X}) = 14.55$. Запишите молекулярную формулу вещества X.



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: за число атомов углерода и водорода - по 0.5 балла; за число атомов хлора - 1 балл; за название соединения - 2 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

При сгорании отношение количеств CO_2 и HCl равно 1 : 1, следовательно, в молекуле $\text{C}_a\text{H}_a\text{Cl}_a$ атомов углерода, водорода и хлора поровну. По плотности относительно неона $M(\text{X}) = 14.55 \cdot 20 = 291$ г/моль. Один фрагмент CHCl имеет массу $12 + 1 + 35.5 = 48.5$ г/моль, поэтому $a = 291/48.5 = 6$. Формула X - $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$. 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.

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**.

Вещество **А**: Br₂

Вещество **Б**: NaBr

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: за формулу вещества **А** - 1 балл; за формулу вещества **Б** - 2 балла; за каждую верно выбранную пару - 1 балл; за ошибочный выбор снимается 1 балл. Всего - 5 баллов.

Максимальный балл за задание - 5.

Решение.

Открытый Баларом элемент - бром, поэтому вещество **А** - Br₂. Из реакции $\text{Cl}_2 + 2\text{NaBr} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$ 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.

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 - 0.5 балла. Всего - 2 балла.

Максимальный балл за задание - 2.

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.

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 $4 \leq n \leq 8$. 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

Определите формулу имида.

$S_7 N_1 H_1$

Сколько молей кислорода потребуется для полного сжигания двух молей имида? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 14.5 моль

Критерий оценивания: за среднюю молярную массу смеси - 1 балл; за каждое из трёх значений индексов - по 0.5 балла; за количество кислорода - 1.5 балла. Всего - 4 балла.

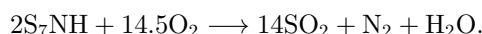
Максимальный балл за задание - 4.

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

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

Формула имида - S_7NH . Уравнение горения:



Для полного сгорания двух молей имида потребуется 14.5 моль кислорода.

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

