

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 50

Задание 1. Выберите эффекты, связанные с химическими процессами и явлениями:

Ответ:



Появление накипи
в чайнике



Радужное свечение
при прохождении луча
через кварцевую призму



Свечение факелов
на нефтепромыслах



Образование снежинки
при охлаждении
влажного воздуха



Появление пузырей
при кипячении воды



Потемнение кофейных
зёрен при обжарке



Красное каление
металла

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Появление накипи на стеках и дне чайника (разложение гидрокарбонатов металлов), свечение факелов на нефтепромыслах (горение газа) и потемнение кофейных зёрен при обжарке (сложные превращения при нагревании веществ, содержащихся в кофе) относятся к химическим явлениям. При протекании остальных процессов: кипячении воды, охлаждении влажного воздуха и нагревании металла до красного каления, — химические превращения не происходят, а значит, они относятся к физическим явлениям.

Задание 2. Вариант 1. В 2025 году исполнилось 135 лет со дня рождения российского химика, одного из ведущих участников атомного проекта, академика АН СССР Виталия Григорьевича Хлопина. В. Г. Хлопин — основоположник советской школы радиохимии и разработчик промышленной технологии получения препаратов радия, руководивший организацией первого в России радиевого завода (ныне химический завод им. Л. Я. Карпова в г. Менделеевске, Республика Татарстан). Производительность завода составляла 1.5 г/год. Известно более 30 изотопов радия. Изотопно чистый образец радия массой 1.500 г содержит $5.467 \cdot 10^{23}$ нейтронов.

Определите массовое число изотопа.

Ответ: 223



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Количество вещества нейтронов составляет $n_{\text{нейтронов}} = \frac{N}{N_A} = \frac{5.467 \cdot 10^{23}}{6.02 \cdot 10^{23}} = 0.908$ моль. Атомная масса изотопа $A_r \approx Z + 88$, где Z — количество протонов в ядре радия. Тогда количество вещества нейтронов $n_{\text{нейтронов}}$ определяется соотношением $n_{\text{нейтронов}} = n_{Ra} \cdot Z = \frac{m}{A_r} \cdot Z$, $0.908 = \frac{1.500}{Z + 88} \cdot Z$, откуда $Z = 135$, $A_r = 223$.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

№ Варианта	$X \cdot 10^{23}$	Ответ
1	5.468	223
2	5.484	224
3	5.500	225
4	5.516	226
5	5.531	227
6	5.547	228

Задание 3. О каких элементах идёт речь в загадках?

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Весом мал, да в батарее удал	Li
Зубы бережёт, да с ним не шути, обожжёт	F
В лампе горит, свет миру дарит	W
В зеркале ясно, да в кармане не напрасно	Ag
В темноте лучится, в поле пригодится	P
В облака летит, голос твой истончит	He

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 0.5 балла. Всего — 3 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

В загадках отражены характерные свойства и применение простых веществ или соединений элементов: литий широко применяется в элементах питания, фториды входят в состав зубных паст для защиты эмали, вольфрамовые спирали применяются в лампах накаливания, серебро — драгоценный металл, может использоваться для создания зеркальных покрытий, фосфор светится в темноте, а вдыхание гелия изменяет тембр голоса.

Задание 4. Вариант 1. Скорость химических реакций пропорциональна площади соприкосновения между реагентами, а потому существенно увеличивается при измельчении частиц.

а) Что будет выделять водород из кислоты с большей скоростью — цинковый кубик с длиной ребра x см или цинковый шарик диаметром x см? Считайте, что с кислотой контактирует вся поверхность геометрического тела.

Ответ:

- ✓ Кубик
- Шарик
- Одинаково

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

В две колбы с соляной кислотой одинаковой концентрации поместили одну и ту же массу цинковых шариков разного радиуса, при этом во второй колбе водород начал выделяться со скоростью на 10 % меньшей, чем в первой.

Формула объёма шара радиусом r : $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Формула площади поверхности шара радиусом r : $S = 4\pi r^2$.

б) Во сколько раз радиус шариков во второй колбе больше, чем в первой? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1.1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) Площадь поверхности кубика со стороной x равна $6x^2$ (6 граней площадью x^2 каждая), а площадь поверхности шара диаметром x и, следовательно, радиусом $0.5x$ составляет πx^2 . Площадь поверхности кубика больше, следовательно, именно при погружении кубика водород будет выделяться с большей скоростью.

б) Пусть в первую колбу поместили N_1 шариков, во вторую — N_2 шариков массами m_1 и m_2 соответственно. С учётом того, что общая масса одинакова, справедливо равенство $N_1 m_1 = N_2 m_2$. С другой стороны, масса каждого шарика связана с его объёмом соотношением $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$, где ρ — плотность цинка. С учётом этого имеем: $N_1 r_1^3 = N_2 r_2^3$. Отношение скоростей выделения водорода равно отношению общих площадей шариков в сосудах. Общая площадь шариков в первом сосуде равна 4π , во втором — 4π , а их отношение составляет $\frac{N_1 r_1^2}{N_2 r_2^2} = \frac{r_2}{r_1}$. По условию это отношение равно $\frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{1-0.1} = 1.1$. Значит, радиус шариков во второй колбе больше в 1.1 раза.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4.

№ Варианта	N	Ответ
1	10	1.1
2	15	1.2
3	20	1.3
4	25	1.3
5	30	1.4
6	35	1.5
7	40	1.7
8	45	1.8
9	50	2.0
10	55	2.2
11	60	2.5
12	65	2.9
13	70	3.3
14	75	4.0
15	80	5.0

Задание 5. Известный британский естествоиспытатель Джозеф Пристли в 1774 году провёл знаковый для развития химии эксперимент, который описал так: «Я поместил под перевёрнутой банкой, погруженной в X, немного красного порошка Y. Затем я взял небольшое зажигательное стекло и направил лучи солнца прямо внутрь банки на порошок. Из порошка стал выделяться воздух, который вытеснил X из банки, кроме того, X также выделяется на стенках банки в виде серебристых мельчайших капель. Я принялся изучать этот воздух. И меня удивило, даже взволновало до глубины моей души, что в этом воздухе свеча горит лучше и светлее, чем в обычной атмосфере».

Пристли, придерживавшийся теории флогистона до самой смерти, посчитал, что получил «дефлогистированный воздух». Он поделился результатами своих наблюдений с французским химиком Антуаном Лавуазье, который спустя год определил, что на самом деле был получен газ Z — одна из составляющих частей воздуха.

Запишите формулы веществ.

Ответ:

X: Hg

Y: HgO

Z: O₂

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1.5 балла. Всего 4.5 балла

Максимальный балл за задание — 4.5

Решение.

Серебристые капли, оседающие на стенках банки, однозначно указывают на ртуть Hg. Красный порошок, который при нагревании образует Hg и газ, поддерживающий горение — оксид ртути (II) HgO.

Реакция разложения: $2\text{HgO} \rightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2$.

Следовательно, X — Hg, Y — HgO, Z — O₂.

Задание 6. Вариант 1. Помимо эксперимента с получением «дефлогистированного воздуха», Джозеф Пристли известен как изобретатель газированной воды. Он обнаружил, что углекислый газ можно растворять в воде под давлением, создавая освежающий напиток. Какая масса углекислого газа растворится в 0.25 л воды при 15°C, если газирование проводится из баллона, где давление CO₂ составляет 2 атм? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Для расчётов используйте закон Генри: $C = k_h P$, где C — молярная концентрация газа (в моль/л), P — давление газа (атм), k_h — константа Генри, значение которой для углекислого газа при 15°C составляет 0.045 моль/(л · атм).

Ответ: 1.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Концентрация вещества в растворе может быть вычислена по формуле $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$, поэтому общая масса углекислого газа в растворе может быть рассчитана как $m(\text{CO}_2) = (k_h \cdot P \cdot V_{\text{воды}}) \cdot 44$.

Для объёма воды 0.25 л и давления в баллоне 2 атм получаем:

$$m(\text{CO}_2) = (0.045 \cdot 2 \cdot 0.25) \cdot 44 \approx 1 \text{ г.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 6.

№ Варианта	V, л	t, °C	P, атм	k _h , моль/л·атм	Ответ
1	0.25	15	2	0.045	1
2	0.25	15	2.5	0.045	1.2
3	0.25	15	3	0.045	1.5
4	0.25	15	3.5	0.045	1.7
5	0.25	15	4	0.045	2
6	0.25	20	2	0.034	0.7
7	0.25	20	2.5	0.034	0.9
8	0.25	20	3	0.034	1.1
9	0.25	20	3.5	0.034	1.3
10	0.25	20	4	0.034	1.5
11	0.25	25	2	0.033	0.7
12	0.25	25	2.5	0.033	0.9
13	0.25	25	3	0.033	1.1
14	0.25	25	3.5	0.033	1.3
15	0.25	25	4	0.033	1.5
16	0.33	15	2	0.045	1.3
17	0.33	15	2.5	0.045	1.6
18	0.33	15	3	0.045	2
19	0.33	15	3.5	0.045	2.3
20	0.33	15	4	0.045	2.6
21	0.33	20	2	0.034	1
22	0.33	20	2.5	0.034	1.2
23	0.33	20	3	0.034	1.5
24	0.33	20	3.5	0.034	1.7
25	0.33	20	4	0.034	2
26	0.33	25	2	0.033	1
27	0.33	25	2.5	0.033	1.2
28	0.33	25	3	0.033	1.4
29	0.33	25	3.5	0.033	1.7
30	0.33	25	4	0.033	1.9
31	0.5	15	2	0.045	2
32	0.5	15	2.5	0.045	2.5
33	0.5	15	3	0.045	3
34	0.5	15	3.5	0.045	3.5
35	0.5	15	4	0.045	4
36	0.5	20	2	0.034	1.5
37	0.5	20	2.5	0.034	1.9
38	0.5	20	3	0.034	2.2
39	0.5	20	3.5	0.034	2.6
40	0.5	20	4	0.034	3

Задание 7. В настольной ролевой игре «Подземелья и Драконы» для приготовления зелий и сотворения многих заклинаний нужны определённые снадобья. Установите соответствие между веществами и заклинаниями или зельями, для создания которых они могут использоваться.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

$\text{KNO}_3, \text{C}, \text{S}$	Огненный шар
KCN	Зелье ядовитого миндаля
CuCl_2	Зелёное пламя
H_2SO_4	Кислотный дождь

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

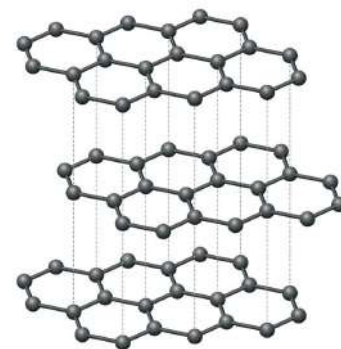
$\text{KNO}_3, \text{C}, \text{S}$ — «Огненный шар», эта смесь — классический рецепт чёрного пороха.

KCN — «Зелье ядовитого миндаля», токсичная синильная кислота HCN имеет запах миндаля.

$\text{CuCl}_2, \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ — «Зелёное пламя», соли меди при внесении в пламя спиртовки окрашивают его в зелёный цвет.

H_2SO_4 — «Кислотный дождь», H_2SO_4 — серная кислота.

Задание 8. Вариант 1. Графит состоит из расположенных друг над другом слоёв атомов углерода; внутри слоя атомы образуют шестиугольники с общими гранями и вершинами. Расстояние между ближайшими слоями составляет 335 пм ($3.35 \cdot 10^{-10}$ м). Каждый слой достаточно слабо связан с другими, что позволяет им легко отслаиваться при небольшом механическом воздействии. На этом основано использование графита в карандашах. В среднем при однократном нажатии карандаша на бумагу отделяется 40 слоёв графита. Плотность графита составляет 2.2 г/см^3 . Грифель карандаша можно считать цилиндром, диаметр грифеля карандаша примите равным 0.5 мм. Объём цилиндра равен:



$$V = \pi r^2 h,$$

где r — радиус, h — высота цилиндра.

а) Сколько графита останется на бумаге, если поставить карандашом точку? Ответ выразите в нанограммах, округлите до десятых.

Ответ: 5.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Вы решили сделать репродукцию картины «Чёрный квадрат» Малевича. Чему равна максимально возможная длина стороны квадрата, который получится полностью закрасить одним карандашом с длиной грифеля 17 см? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [88; 90]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

а) Точка, поставленная графитовым карандашом, представляет собой цилиндр из графита. Диаметр цилиндра равен 0.5 мм, а высота — $335 \cdot 40$ пм. Объём такого цилиндра в см^3 с учётом перевода размерностей составит $\pi \cdot (0.05 \cdot 0.5)^2 \cdot 335 \cdot 40 \cdot 10^{-10}$, а его масса в г — $2.2 \cdot \pi \cdot (0.05 \cdot 0.5)^2 \cdot 335 \cdot 40 \cdot 10^{-10}$. Перевод в нг осуществляем умножением на 10^9 , что даёт 5.8 нг.

б) В случае чёрного квадрата объём квадратной призмы стороной a см и толщиной $335 \cdot 40$ пм должен равняться объёму грифеля, который, в свою очередь, равен $\pi \cdot (0.05 \cdot 0.5)^2 \cdot 17 \text{ см}^3$. С учётом перевода размерностей получаем для a выражение:

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot (0.05 \cdot 0.5)^2 \cdot 17}{335 \cdot 40 \cdot 10^{-10}}} = 89 \text{ см.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 8.

Пункт а)

№ Варианта	N	d , мм	Нижняя граница ответа	Верхняя граница ответа
1	40	0.5	5.5	5.9
2	50	0.5	6.9	7.3
3	60	0.5	8.4	8.8

№ Варианта	N	d , мм	Нижняя граница ответа	Верхняя граница ответа
4	40	0.6	8	8.4
5	50	0.6	10.1	10.5
6	60	0.6	12.2	12.6
7	40	0.7	11.1	11.5
8	50	0.7	13.9	14.3
9	60	0.7	16.7	17.1

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 8.

Пункт б)

№ Варианта	N	d , мм	X	Нижняя граница ответа	Верхняя граница ответа
1	40	0.5	17	157	159
2	50	0.5	17	140	142
3	60	0.5	17	128	130
4	40	0.6	17	188	190
5	50	0.6	17	168	170
6	60	0.6	17	154	156
7	40	0.7	17	220	222
8	50	0.7	17	197	199
9	60	0.7	17	179	181
10	40	0.5	18	161	163
11	50	0.5	18	144	146
12	60	0.5	18	132	134
13	40	0.6	18	194	196
14	50	0.6	18	173	175
15	60	0.6	18	158	160
16	40	0.7	18	226	228
17	50	0.7	18	202	204
18	60	0.7	18	185	187

Задание 9. Некоторые люди коллекционируют химические элементы. Предположим, что удалось собрать коллекцию, в которой в ячейки таблицы Менделеева с1-й по 83-ю помещено по 0.01 моль соответствующего простого вещества при н. у.



а) Определите общее количество простых веществ в разных агрегатных состояниях в такой таблице (при н. у.).

Ответ:

Твёрдых: 71

Жидких: 2

Газообразных: 10

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла

б) Определите общую массу жидких простых веществ в такой таблице. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 3.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Определите общий объём газообразных простых веществ в такой таблице при н. у., Ответ выразите в литрах, округлите до десятых. Считайте, что 1 моль любого газа при н. у. занимает объём 22.4 литра.

Ответ: 2.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Среди простых веществ, образованных элементами с 1 по 83, при н. у. только два находятся в жидком состоянии (Hg и Br₂) и десять в газообразном (H₂, N₂, O₂, F₂, Cl₂, He, Ne, Ar, Kr, Xe). Оставшиеся 71 — твёрдые.

Общая масса 0.01 моль брома и ртути составит $0.01 \cdot (80 \cdot 2 + 201) = 3.6$ г.

Общий объём 10 газов количеством по 0.01 моль каждый составит

$$0.01 \cdot 10 \cdot 22.4 = 2.2 \text{ л.}$$

Задание 10. Юный химик Ваня нагрел жидкую смесь веществ А и В, получив газ С. Затем он внёс цинк в жидкую смесь веществ В и D, получив газ Е. Газы С и Е были смешаны и после поджигания искрой образовали вещество В в качестве единственного продукта реакции. Известно, что молекулы А и В имеют одинаковый элементный состав.

а) Запишите формулы веществ.

Ответ:

A	H ₂ O ₂
B	H ₂ O
C	O ₂
D	H ₂

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 4 балла

б) Выберите возможные формулы вещества D:

Ответ:

✓ NaOH

- ✓ HCl
- ✓ H₂SO₄
- NaCl
- Na₂SO₄

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 0.5 балла. Всего 1.5 балла.

За каждую ошибку снимается 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 5.5

Решение.

а) Компонент В, содержащийся в обеих жидких смесях, вероятнее всего, вода, которая образуется при взрыве смеси водорода с кислородом. Соединение того же элементного состава, что и вода — пероксид водорода. При его разложении образуется кислород.

Итак, А — H₂O₂, В — H₂O, С — O₂, Е — H₂.

б) Водород выделяется при взаимодействии цинка с водными растворами кислот (характерное свойство любого активного металла) и щелочей (поскольку цинк способен растворяться в щелочах). Верный выбор — NaOH, HCl, H₂SO₄.

Задание 11. Вариант 1. Нефть и её прямогонные фракции содержат соединения серы. При сжигании получаемого из нефти топлива выделяющиеся оксиды серы попадают в атмосферу, что становится причиной кислотных дождей. Экологические стандарты выбросов транспортных средств накладывают ограничения на максимально допустимое содержание серы в автомобильном топливе, например, стандарт «Евро-5», введённый в 2016 г., устанавливает лимит в 10 ppm (*parts per million*, миллионных долей по массе) серы. Определите содержание серы в топливе, если известно, что при движении с расходом топлива 8 л на 100 км за 15 км пути выделилось 235 мл (при н. у.) оксида серы (IV). Плотность бензина составляет 0.74 кг/л. Ответ выразите в ppm, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [377; 379]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Для начала необходимо найти массу выделившегося SO₂, а затем — массу серы в топливе:

$$\frac{0.235}{22.4} \cdot 64 \frac{32}{64} = 0.3357 \text{ г.}$$

Теперь найдём массу израсходованного топлива:

$$\frac{8 \cdot 15}{100} \cdot 740 = 888 \text{ г.}$$

Рассчитаем содержание серы, учитывая, что 1 ppm = 1 г серы на 1000000 г топлива:

$$c(\text{S}) = \frac{0.3357}{888 \cdot 10^6} \approx 378 \text{ ppm.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 11.

№ Варианта	Объём газа, мл	Путь, км	Плотность, кг/л	Расход топлива, л	Ответ
1	235	15	0.74	8	378
2	240	15	0.74	8	386
3	245	15	0.74	8	394
4	250	15	0.74	8	402
5	255	15	0.74	8	410
6	260	15	0.74	8	418
7	265	15	0.74	8	426
8	270	15	0.74	8	434
9	275	15	0.74	8	442
10	280	15	0.74	8	450
11	285	15	0.74	8	458
12	290	15	0.74	8	467
13	295	15	0.74	8	475
14	235	20	0.74	8	284
15	240	20	0.74	8	290
16	245	20	0.74	8	296

№ Варианта	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Ответ
17	250	20	0.74	8	302
18	255	20	0.74	8	308
19	260	20	0.74	8	314
20	265	20	0.74	8	320
21	270	20	0.74	8	326
22	275	20	0.74	8	332
23	280	20	0.74	8	338
24	285	20	0.74	8	344
25	290	20	0.74	8	350
26	295	20	0.74	8	356
27	235	25	0.74	8	227
28	240	25	0.74	8	232
29	245	25	0.74	8	236
30	250	25	0.74	8	241
31	255	25	0.74	8	246
32	260	25	0.74	8	251
33	265	25	0.74	8	256
34	270	25	0.74	8	261
35	275	25	0.74	8	265
36	280	25	0.74	8	270
37	285	25	0.74	8	275
38	290	25	0.74	8	280
39	295	25	0.74	8	285
40	235	30	0.74	8	189

Задание 12. В чрезвычайных ситуациях на подводных лодках и космических кораблях для получения кислорода используются кислородные свечи. Основным компонентом таких свеч является соль А, которая при нагревании до 600°C разлагается с выделением кислорода и образованием соли В, состоящей из двух элементов. Известно, что соли А и В содержат соответственно 21.6 % и 39.3 % металла по массе. Запишите формулу соли А.

Ответ: NaClO₃

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Среди солей кислородных кислот, полностью теряющих кислород при высоких температурах, наиболее известны хлораты. В таком случае бинарная соль В является хлоридом. Исходя из массовой доли металла в соли В, на один атом хлора приходится $\frac{35.5}{1 - 0.393} - 35.5 = 23$ г/моль металла, что соответствует атомной массе натрия. Тогда соль В — это NaCl, а соль А — NaClO₃.

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

