

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1.

Одно из самых красивых сооружений в нашей стране стоит на Ленинских горах — это главное здание Московского университета. Шпиль здания и часы на его башнях имеют красивую жёлто-золотистую окраску, поэтому создаётся впечатление, что они покрыты тонким слоем золота. Однако, это не так: золота там нет совсем. Покрытие шпиля состоит из широко распространённого хрупкого, прозрачного, бесцветного материала X, в который для придания окраски добавлены оксиды металлов. В одном из оксидов, веществе Y, масса металла в 4.375 раза больше массы кислорода, а число атомов металла — в 2 раза меньше числа атомов кислорода.

а) Запишите название материала X.

Ответ: стекло

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Запишите символы двух основных элементов, которые входят в его состав, в порядке увеличения их атомной массы.

Ответ:

✓ O

✓ Si

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла

в) Запишите простейшую формулу вещества Y.

Ответ: CeO₂

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10



Задание 2. Опишите ход решения. Максимальный балл за задание — 4

Решение.

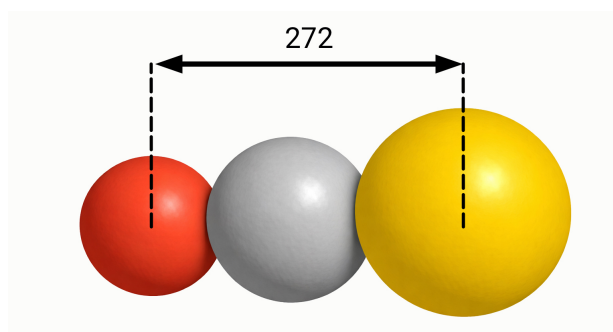
а-б). Широко распространённый хрупкий, прозрачный, бесцветный материал X — стекло, примерная формула Na₂O · CaO · 6SiO₂. Основные элементы в составе стекла — O и Si.

в). Обозначим формулу оксида Y — RO₂. Тогда из условия на массы металла и кислорода следует: $\frac{M(R)}{2M(O)} = 4.375$, откуда $M(R) = 4.375 \cdot 32 = 140$ г/моль — это церий. Оксид Y — CeO₂.

Действительно, добавка CeO₂ придаёт стеклу желтоватый цвет, а в сочетании с TiO₂ — золотисто-жёлтый.

Задание 3.

На рисунке показана модель линейной молекулы вещества X с расстояниями (в условных единицах) между центрами крайних атомов.



В таблице указаны радиусы атомов некоторых неметаллов (в тех же единицах).

Атом	H	C	N	O	Si	P	S
Радиус атома	37	67	60	49	108	100	89

Используя данные таблицы, запишите формулу вещества X.

Ответ: COS

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Расстояние 272 усл. ед. складывается из радиусов двух крайних атомов и удвоенного радиуса центрального атома: $272 = r_1 + 2r_2 + r_3$. Подбором можно установить: $r_1 = 49$ (O), $r_2 = 67$ (C), $r_3 = 89$ (S). Дополнительная подсказка — цвета шаров: красный — O, серый — C, золотисто-жёлтый — S.

Расчёт: $272 = 49 + 2 \cdot 67 + 89$.

Задание 4.

Хорошо известна игра, в которой в одном слове или словосочетании надо находить другие, более короткие слова. Дано словосочетание MOSCOW UNIVERSITY. Найдите в нём как можно больше двухбуквенных символов химических элементов (буквы идут подряд, без пропусков) и запишите в ответ их русскоязычные названия. Каждый ответ записывайте в отдельное поле, добавляя их при необходимости.

Ответ:

- ✓ Молибден
- ✓ Осмий
- ✓ Скандий
- ✓ Кобальт
- ✓ Никель
- ✓ Эрбий
- ✓ Кремний

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл.

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

Молибден (Mo), осмий (Os), скандий (Sc), кобальт (Co), никель (Ni), эрбий (Er), кремний (Si).

Задание 5.

Выберите нужное.

Атом гелия во столько же раз легче молекулы . . . , во сколько раз эта молекула легче молекулы сернистого газа SO_2 .

Ответ:

- H
- C
- O
- S
- H_2
- ✓ CH_4
- CO
- O_2
- H_2S
- CO_2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задание 6.

Масса молекулы . . . в 2 раза больше массы молекулы аммиака NH_3 .

Ответ:

- H
- C
- O
- S
- H_2
- CH_4
- CO
- O_2
- ✓ H_2S
- CO_2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задание 7.

Два атома криптона Kr весят столько же, сколько 14 атомов ...

Ответ:

- H
- ✓ C
- O
- S
- H₂
- CH₄
- CO
- O₂
- H₂S
- CO₂

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задание 8.

Молекула ... имеет такую же массу, что и молекула двухатомного простого вещества, входящего в состав воздуха.

Ответ:

- H
- C
- O
- S
- H₂
- CH₄
- ✓ CO
- O₂
- H₂S
- CO₂

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задания 5-8 — 8

Решение.

$$5) \frac{m(\text{CH}_4)}{m(\text{He})} = \frac{16}{4} = 4, \quad \frac{m(\text{SO}_2)}{m(\text{CH}_4)} = \frac{64}{16} = 4.$$

$$6) \frac{m(\text{H}_2\text{S})}{m(\text{NH}_3)} = \frac{34}{17} = 2.$$

$$7) 2m(\text{Kr}) = 2 \cdot 84 = 168 \text{ а.е.м.}, \quad \frac{168}{14} = 12 \text{ а.е.м.} = m(\text{C}).$$

$$8) m(\text{CO}) = m(\text{N}_2) = 28 \text{ а.е.м.}$$

Задание 9.

Насыщенный раствор лития в жидком аммиаке NH₃ — это самый лёгкий из известных жидких растворов, он в 2 раза легче воды. Этот раствор обладает и другими интересными свойствами, например, проводит электрический ток подобно металлам, а замерзает при очень низкой температуре (−183 °C). Один из концентрированных растворов лития в аммиаке содержит 9.3 % металла по массе. Во сколько раз число молекул аммиака в таком растворе больше числа атомов лития? Примите Ar(Li) = 7.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 7 баллов

Максимальный балл за задание — 7

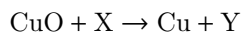
Решение.

Доля аммиака в растворе составляет 100 % − 9.3 % = 90.7 % Один атом лития имеет массу 7 а. е. м. На один атом лития приходится аммиак массой $\frac{7}{9.3\%} \cdot 90.7\% = 68$ а. е. м., что соответствует $\frac{68}{17} = 4$ молекулам NH₃.



Задание 10.

Дано уравнение реакции:



Вещества X и Y имеют одинаковый качественный, но разный количественный состав. X легче воздуха. Определите формулы X и Y.

Ответ:

X	Y
CO	CO ₂

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 4 балла. Всего — 8 баллов

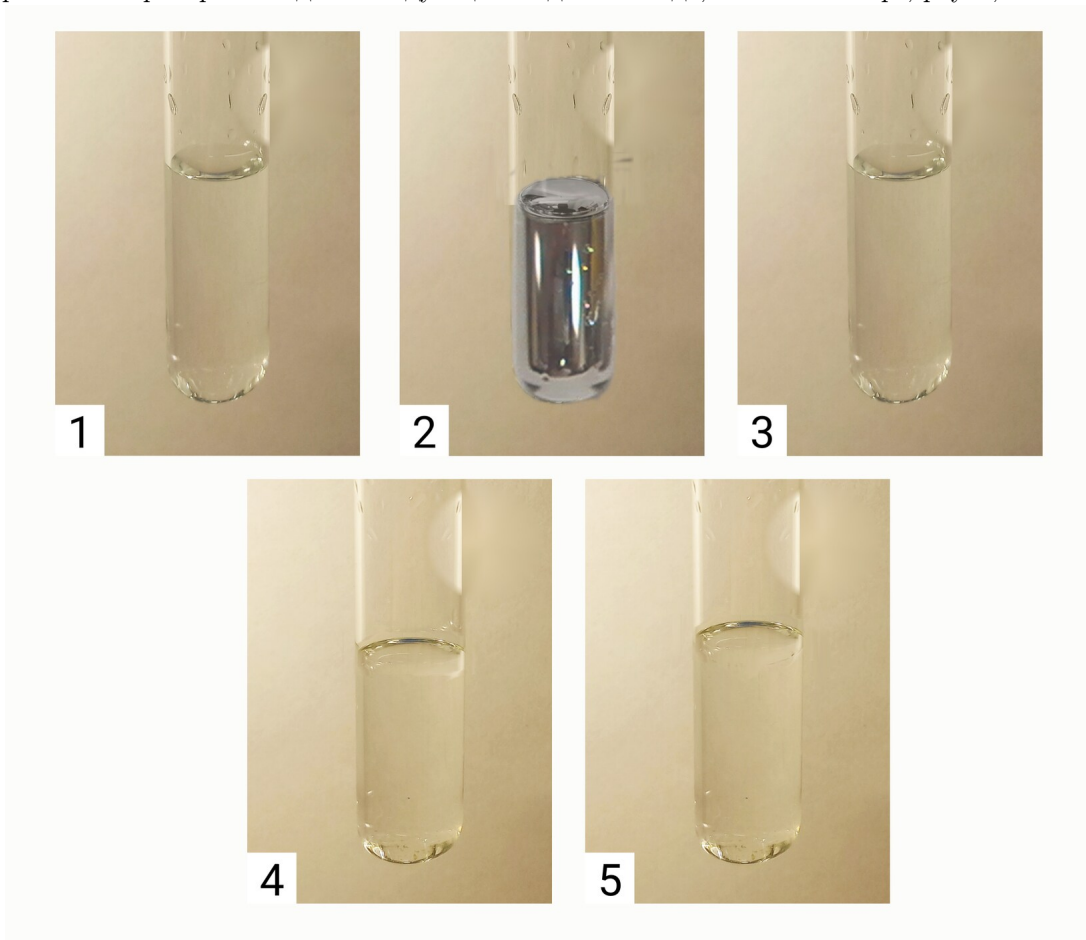
Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Y содержит на один атом кислорода больше, чем X. X и Y — оксиды, X — восстановитель, способен отнимать кислород у других оксидов. Наиболее правдоподобный вариант — CO.

Задание 11.

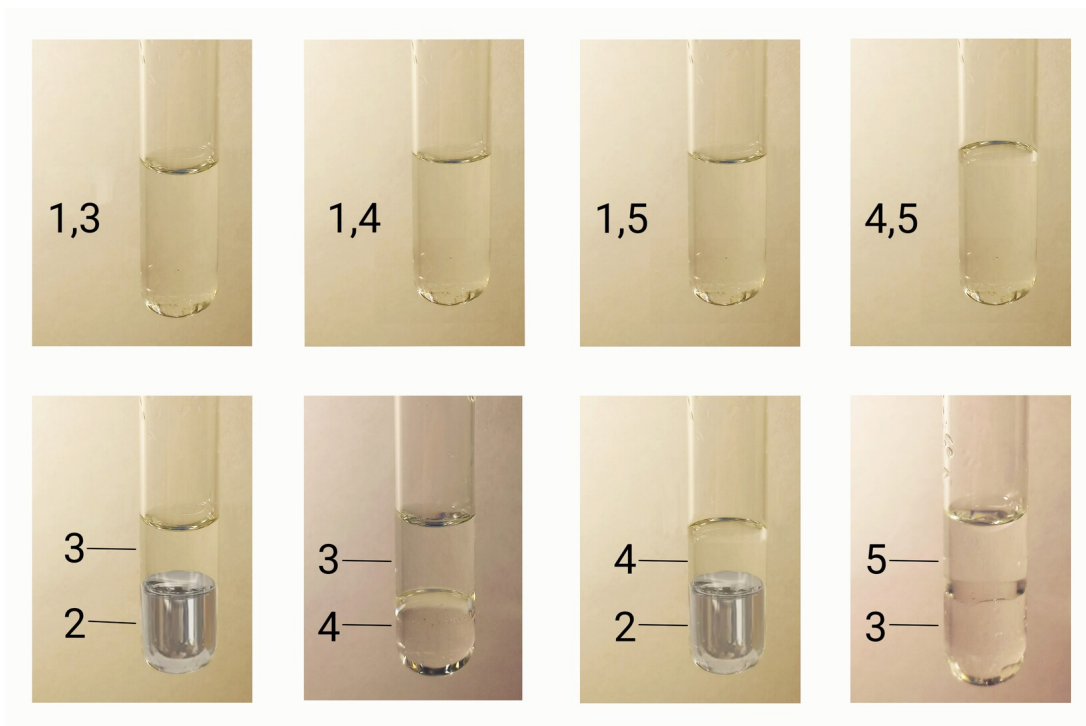
В пронумерованных пробирках выданы следующие жидкости: вода, этиловый спирт, ртуть, бензол и хлороформ.



Некоторые физические свойства этих веществ представлены в таблице.

Вещество	Плотность при 20 °С, г/см ³	Растворимость в воде	Растворимость в этиловом спирте
Вода	0.998	—	Растворяется
Этиловый спирт	0.789	Растворяется	—
Ртуть	13.55	Не растворяется	Не растворяется
Бензол	0.879	Не растворяется	Растворяется
Хлороформ	1.489	Не растворяется	Растворяется

На фотографиях представлены результаты попарного смешивания исследуемых жидкостей.



Установите соответствие.

Ответ:

1	Этиловый спирт
2	Ртуть
3	Вода
4	Хлороформ
5	Бензол

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 10 баллов

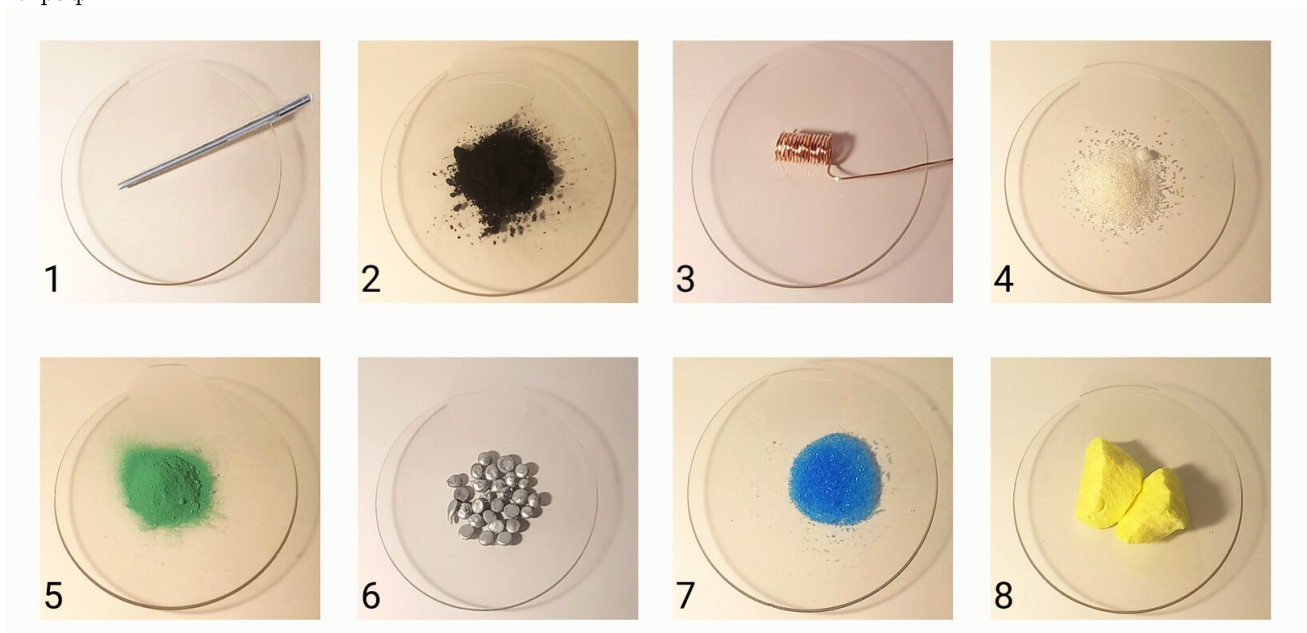
Максимальный балл за задание — 10

Решение.

На представленных фотографиях видно, что в жидкости 1 хорошо растворяются вещества 3, 4 и 5. Можно предположить, что 1 — этиловый спирт. Жидкости 3 и 4 взаимно не растворяются, вещество 3 легче, чем 4. Жидкости 3 и 5 также взаимно нерастворимы, однако, вещество 3 имеет большую плотность, чем 5. Таким образом, можно утверждать, что жидкость 3 — вода, 4 — хлороформ, 5 — бензол. Тяжёлая жидкость с металлическим блеском — 2 — ртуть.

Задание 12.

Даны медная проволока, алюминиевая проволока, гранулы цинка, кусочки активированного угля, кристаллы серы, кристаллы сахара, кристаллы медного купороса и порошок малахита. Установите соответствие между объектами и фотографиями.



Ответ:

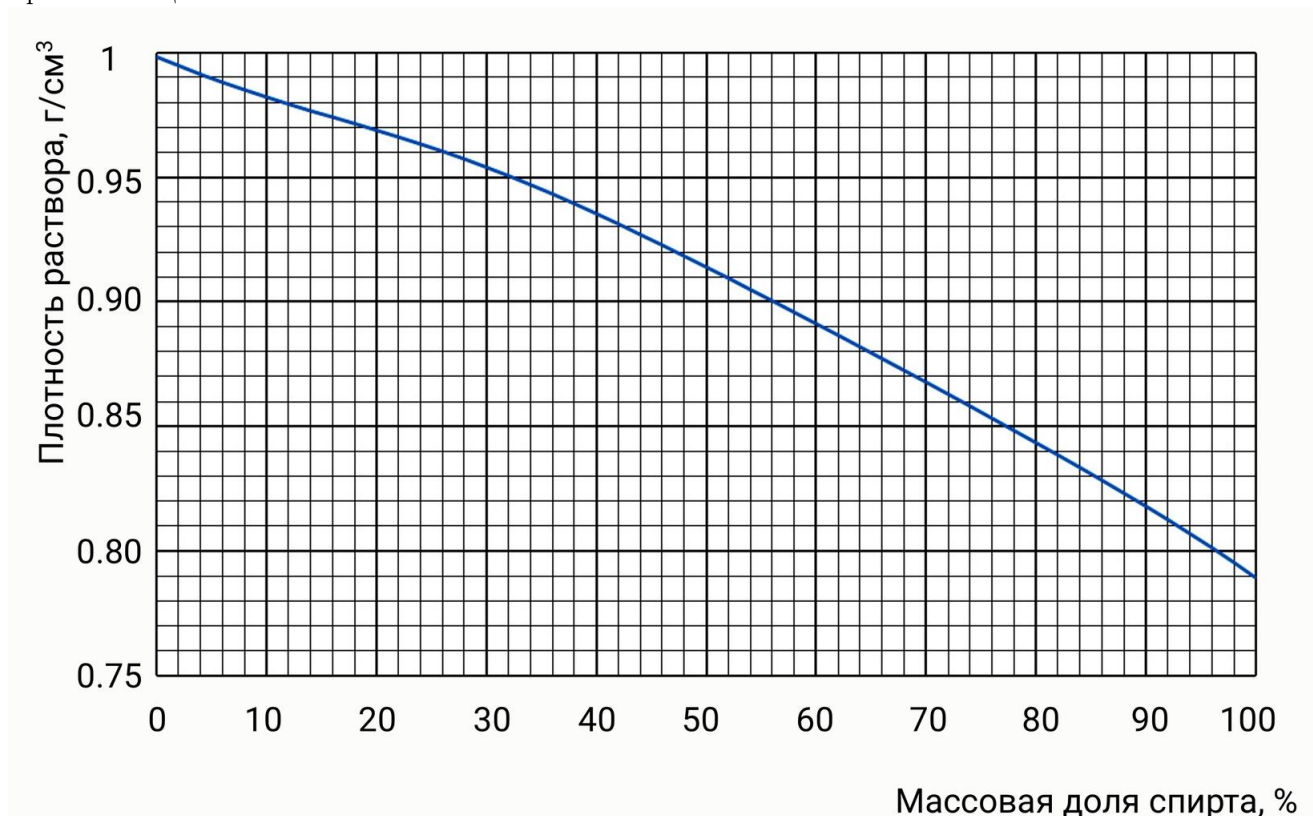
1	Алюминиевая проволока
2	Кусочки активированного угля
3	Медная проволока
4	Кристаллы сахара
5	Порошок малахита
6	Гранулы цинка
7	Кристаллы медного купороса
8	Кристаллы серы

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Задание 13.

Для приготовления разбавленного раствора этилового спирта взяли 100 мл воды и 100 мл крепкого раствора спирта плотностью раствора 0.80 г/см^3). Дан график зависимости плотности раствора этилового спирта от массовой доли растворённого вещества.



Определите массовую долю спирта в крепком растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [95; 97]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задание 14.

Определите массу приготовленного раствора этилового спирта. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [179; 181]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задание 15.

Определите массовую долю спирта в полученном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до целых

Ответ: засчитывается в диапазоне [42; 44]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задание 16.

Определите объём приготовленного раствора. Ответ выразите в кубических сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [193; 194]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задания 13-16 — 10

Решение.

13) По графику находим массовую долю спирта в исходном (крепком) растворе, учитывая, что его плотность равна 0.80 г/см^3 . Это соответствует значению $\approx 96 \%$.

14) Масса воды $m(\text{H}_2\text{O})$ рассчитывается как произведение её объёма $V(\text{H}_2\text{O})$ на плотность $\rho(\text{H}_2\text{O})$. Плотность воды принимаем за 1 г/см^3 или 1 г/мл :

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 100 \text{ г.}$$

Масса крепкого раствора спирта $m(\text{кр. р-ра})$ рассчитывается как произведение его объёма $V(\text{кр. р-ра})$ на его плотность $\rho(\text{кр. р-ра})$, которая дана в условии (0.80 г/см^3 или 0.80 г/мл):

$$m(\text{кр. р-ра}) = V(\text{кр. р-ра}) \cdot \rho(\text{кр. р-ра}) = 100 \text{ мл} \cdot 0.8 \text{ г/мл} = 80 \text{ г.}$$

Общая масса приготовленного раствора $m(\text{приг. р-ра})$ равна сумме масс воды и крепкого раствора спирта:

$$m(\text{приг. р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{кр. р-ра}) = 100 \text{ г} + 80 \text{ г} = 180 \text{ г.}$$

15) Массовая доля спирта в исходном (крепком) растворе составляет 96% . Используя данную величину, рассчитаем массу спирта в исходном (крепком растворе)

$$m(\text{спирта}) = 80 \text{ г} \cdot 0.96 = 76.8 \text{ г.}$$

Тогда массовая доля спирта в приготовленном растворе:

$$\omega(\text{спирта в приг.растворе}) = \frac{76.8 \text{ г}}{180 \text{ г}} = 0.427 = 42.7 \approx 43 \%$$

16) По графику находим плотность приготовленного раствора спирта, в котором массовая доля растворенного вещества $\approx 43 \%$. Это соответствует значению 0.93 г/см^3 .

Рассчитаем объём приготовленного раствора спирта:

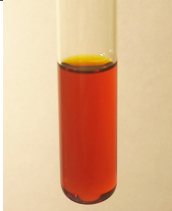

$$V(\text{приг.раствора}) = \frac{180 \text{ г}}{0.93 \text{ г/см}^3} = 193.5 \text{ см}^3 \approx 194 \text{ см}^3.$$

Задание 17.

Простое вещество X образует кристаллы тёмно-серого цвета с металлическим блеском.



X растворяется в этиловом спирте и в неполярном растворителе гексане. Соответствующие растворы приведены на фотографиях.

Раствор X в этиловом спирте	
Раствор X в гексане	

Определите вещество X.

Ответ: I₂

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Задание 18.

В колбу поместили кристаллы X и нагрели. Какое утверждение верно описывает наблюдаемые изменения?

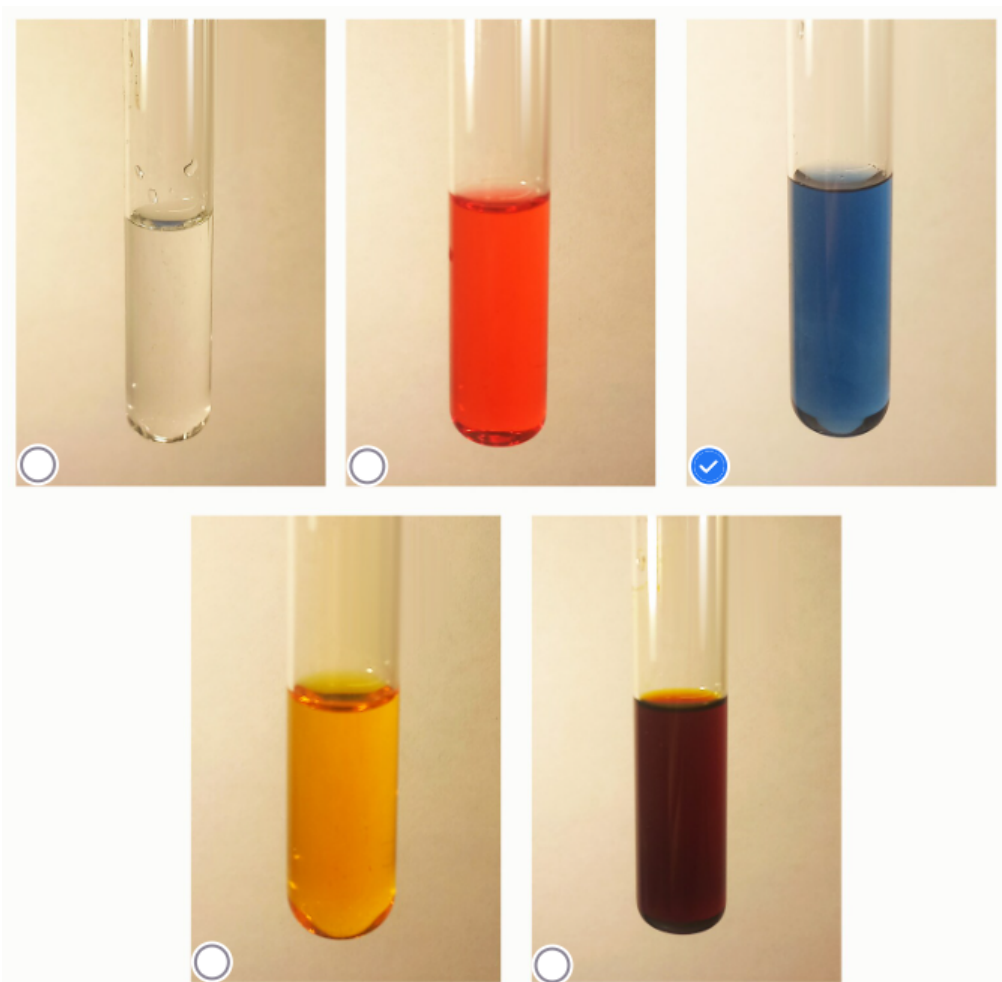
- Никаких изменений не наблюдается даже при сильном нагревании X
- ✓ Колба заполняется парами фиолетового цвета
- Колба заполняется густым дымом чёрного цвета
- Колба заполняется мелкими кристалликами белого цвета
- Кристаллы X плавятся, расплав приобретает яркую красно-бурую окраску

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Задание 19.

Несколько капель спиртового раствора X добавили к раствору крахмала. В какой пробирке провели данную реакцию?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задания 17-19 — 8

Решение.

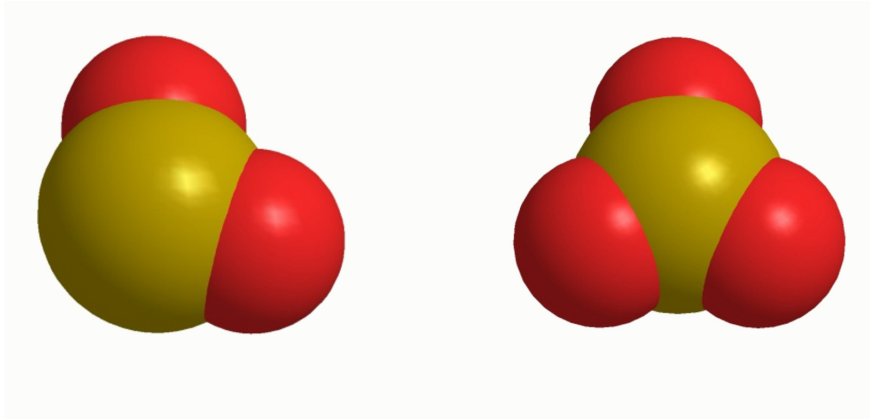
а) Описанию вещества X соответствует иод I_2 . Это простое вещество, образующее кристаллы тёмно-серого цвета с металлическим блеском. Раствор иода в этиловом спирте имеет бурую окраску. Раствор иода в неполярном гексане имеет фиолетовую окраску.

б) При нагревании иод легко возгоняется с образованием паров, имеющих фиолетовую окраску.

в) Взаимодействие иода с крахмалом — это качественная реакция, в результате которой образуется соединение интенсивного синего цвета.

Задание 20.

Химический элемент X образует два оксида, масштабные модели которых показаны на рисунке.



Массовая доля элемента X в одном из оксидов составляет 50 %, а в другом — 40 %. Запишите химические символы элементов в составе оксидов.

Ответ:

	S
	O

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 4 балла. Всего — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

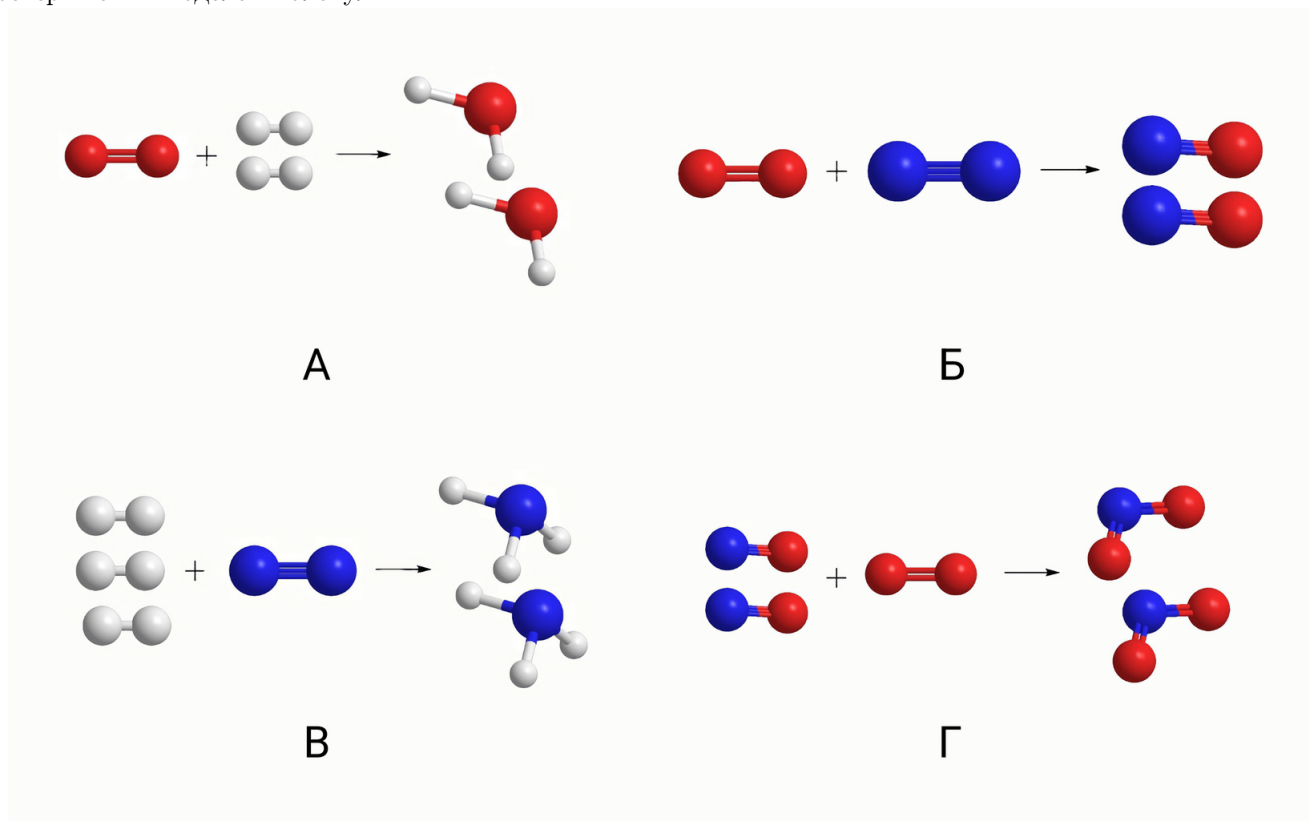
На рисунке представлены модели молекул оксида серы (IV) SO_2 и оксида серы (VI) SO_3 . Элемент X — сера.

$$\omega(S \text{ в } SO_2) = \frac{32}{64} = 50 \%$$

$$\omega(S \text{ в } SO_3) = \frac{32}{80} = 40 \%$$

Задание 21.

Установите соответствие между схемами химических реакций и их уравнениями, представленными с помощью шаростержневых моделей молекул.



Ответ:

$N_2 + O_2 \rightarrow NO$	Б
$NO + O_2 \rightarrow NO_2$	Г
$H_2 + N_2 \rightarrow NH_3$	В
$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$	А

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8