Максимальное количество баллов за олимпиаду — 50

Задание 1. Твёрдое при комнатной температуре простое вещество сгорело в избытке кислорода, в результате масса твёрдого вещества увеличилась более чем вдвое. Выберите исходное вещество:

Ответ:

- H_2
- He
- ✓ Li
- Mg
- Al
- ✓ Si

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

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

H_2 и He отбрасываем, это — газы. Для оставшихся 4 элементов надо найти отношение масс оксида и простого вещества, оно должно превышать 2. Это справедливо для Li и Si:

$$\frac{m(Li_2O)}{m(Li)} = \frac{30}{14} = 2.1,$$

$$\frac{m(SiO_2)}{m(Si)} = \frac{60}{28} = 2.1.$$

Задание 2.

а) Углеводородами называют вещества, состоящие из двух химических элементов. Запишите химические символы этих элементов в любом порядке.

Ответ: C и H

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 0.5 балла. Всего 1 балл

б) Какие два вещества X и Y образуются при сгорании углеводородов в избытке кислорода? X при комнатной температуре и атмосферном давлении находится в газообразном состоянии. Запишите их химические формулы в любом порядке.

Ответ: CO_2 и H_2O

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 0.5 балла. Всего 1 балл

в) Какие два простых вещества образуются при очень сильном нагревании углеводородов без доступа воздуха? Запишите их химические формулы в любом порядке.

Ответ: C и H_2

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 0.5 балла. Всего 1 балл

г) Из каждой молекулы неизвестного углеводорода при сгорании в кислороде образуется 3 молекулы X и 4 молекулы Y. Определите химическую формулу углеводорода.

Ответ: C_3H_8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Задание 3. Большинство веществ в окружающем нас мире представляют собой смеси. Разделение смесей основано на различии в физических и химических свойствах веществ. Установите соответствие между смесями и оптимальными способами их разделения.

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

Ответ:

Ацетон и спирт	Перегонка
Речной песок и уголь	Внесение в воду, отстаивание
Сахарный песок и мел	Внесение в воду, перемешивание, фильтрование, выпаривание фильтрата

Смесь органических красителей, входящих в состав чернил для фломастера	Хроматография
Смесь железных и цинковых опилок	Разделение магнитом

Критерий оценивания: за каждую верную пару последовательности — 1 балл. Всего 5 баллов
Максимальный балл за задание — 5

Задание 4. Карбонат гидразиния $(N_2H_5)_2CO_3$ — необычное вещество: при нагревании он разлагается с выделением четырёх газов (при температуре разложения). Расставьте коэффициенты в уравнении этой реакции.
Ответ: $3(N_2H_5)_2CO_3 \rightarrow 2N_2\uparrow + 8NH_3\uparrow + 3CO_2\uparrow + 3H_2O\uparrow$
Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла
Максимальный балл за задание — 3

Задание 5. Установите соответствие между веществами и их характеристиками.

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

Морская вода	Смесь сложных веществ
Антарктический лёд	Индивидуальное сложное вещество
Самородная сера	Индивидуальное простое вещество
Гремучий газ	Смесь простых веществ

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

Задание 6. Запишите формулы всех простых веществ, относительные молекулярные массы которых представляют собой степени числа 2, т. е. равны 2^n, где n — целое число. Каждый ответ записывайте в отдельное поле в порядке возрастания молекулярной массы веществ. Используйте только значения из Периодической таблицы в инструкции, атомные массы округляйте до целых.
Ответ:
✓ H_2
✓ He
✓ O_2 или S
✓ Cu
✓ Te
✓ S_8
Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 6 баллов
Максимальный балл за задание — 6
Решение.
H_2 ($M_r = 2$)
He ($M_r = 4$)
O_2 или S ($M_r = 32$)
Cu ($M_r = 64$)
Te ($M_r = 128$)
S_8 ($M_r = 256$)

Задание 7. Чёрный налёт на серебряных изделиях образуется при длительном контакте серебра с воздухом, содержащим сероводород. Запишите химическую формулу чёрного налёта, если известно, что он состоит из двух элементов, причём на 27 массовых частей серебра в нём приходится всего 4 массовые части второго элемента.

Ответ: Ag_2S

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Второй элемент — сера S.

$$\frac{N(\text{Ag})}{N(\text{S})} = \frac{(27:108)}{(4:32)} = 2:1.$$

Задание 8. а) Оксид хрома (IV) CrO_2 обладает ценными магнитными свойствами, благодаря которым его использовали для изготовления аудио- и видеокассет. Этот чёрный порошок разлагается при сильном нагревании, при этом выделяется газ, поддерживающий горение, и образуется твёрдый остаток, состоящий из смеси двух веществ. Каких?

Ответ: Cr_2O_3 и CrO

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Составьте уравнение реакции разложения CrO_2, зная, что в правой части коэффициенты при обоих сложных веществах равны, а коэффициент при O_2 равен 1. В ответ запишите сумму всех коэффициентов.

Ответ: 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

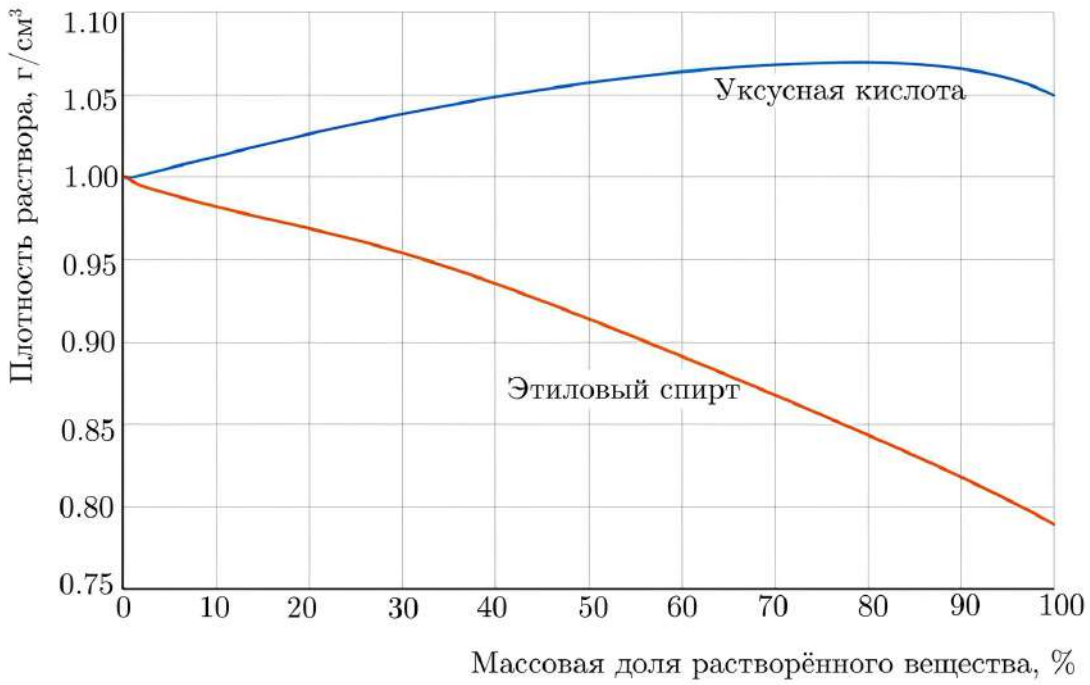
Максимальный балл за задание — 3

Решение.

а) $3CrO_2 = Cr_2O_3 + CrO + O_2$.

б) Сумма коэффициентов равна 6

Задание 9. Вариант 1. Дан график зависимости плотности раствора от массовой доли этилового спирта и уксусной кислоты.



В четыре одинаковых стакана налили по 100 мл следующих жидкостей: вода; 40 %-й раствор этилового спирта; 9 %-й раствор уксусной кислоты (столовый уксус); 75 %-й раствор уксусной кислоты (уксусная эссенция).

Зная массу стакана, определите его содержимое.

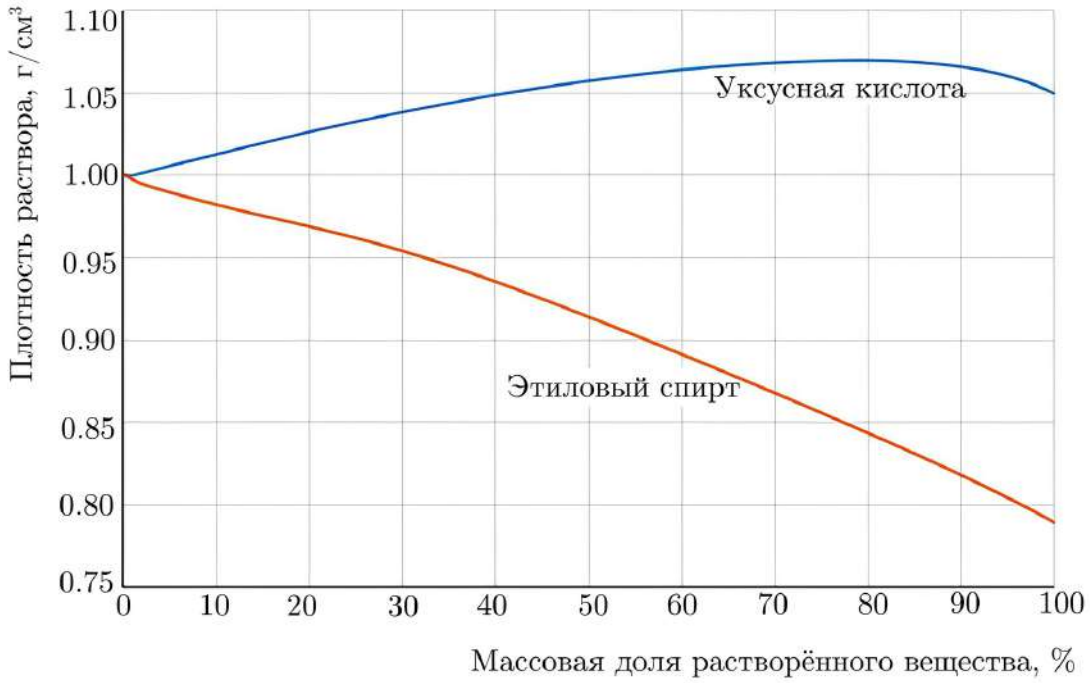
Ответ:

Масса стакана, г	Содержимое стакана
123.5	40 %-й р-р этилового спирта
137.0	75 %-й р-р уксусной кислоты (уксусная эссенция)
130.0	Вода
131.1	9 %-й р-р уксусной кислоты (столовый уксус)

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

Самая тяжёлая жидкость — уксусная эссенция, поэтому стакан с ней — самый тяжёлый, на втором месте — 9 %-й уксус, он тоже тяжелее воды, затем вода, а самый лёгкий — раствор этилового спирта.

Задание 9. Вариант 2. Дан график зависимости плотности раствора от массовой доли этилового спирта и уксусной кислоты.



В четыре одинаковых стакана налили по 200 мл следующих жидкостей: вода; 40 %-й раствор этилового спирта; 96 %-й раствор этилового спирта; 9 %-й раствор уксусной кислоты (столовой уксус).

Зная массу стакана, определите его содержимое.

Ответ:

Масса стакана, г	Содержимое стакана
205.3	96 %-й р-р этилового спирта
245.0	Вода
232.0	40 %-й р-р этилового спирта
247.2	9 %-й р-р уксусной кислоты

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

Максимальный балл за задание — 4

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 10. Вариант 1.



В 1753 г. великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов заложил в Усть-Рудице (сейчас территория Ленинградской области) фабрику по изготовлению цветного стекла и смальты. Смальта — непрозрачное стекло различных оттенков, используемое для создания мозаичных панно.

Сырьём служили следующие вещества:
кварцевый песок (основной компонент — SiO_2), негашёная известь (CaO), поташ (K_2CO_3 выделяли из золы), кости животных (основной компонент — $Ca_5(PO_4)_3OH$), свинцовый сурик (Pb_3O_4), поваренная соль ($NaCl$). Используя сравнительно небольшой набор красителей (главным образом, оксидов некоторых металлов), М. В. Ломоносов сумел получить широкий спектр цветов смальтовых стёкол. Условно состав стёкол выражают в массовых долях оксидов входящих в них элементов.

Состав некоторых стёкол, полученных на фабрике в Усть-Рудице

Цвет смальты	Массовые доли, %									
	SiO_2	K_2O	CaO	P_2O_5	PbO	Na_2O	Fe_2O_3	MnO	CuO	CoO
Молочно-белая	48.0	5.0	6.0	2.0	38.0	1.0	0	0	0	0
Жёлтая	48.0	10.0	6.0	2.0	30.0	1.0	3.0	0	0	0
Розовая	65.0	2.0	2.0	0.0	20.0	10.0	0	1.0	0	0
Темно-зелёная	46.0	12.0	5.0	3.0	29.0	0	0	0	5.0	0
Синяя	67.0	12.7	3.6	1.4	12.8	2.3	0	0	0	0.2

а) Ионы каких металлов **НЕ** придают окраску стеклу?

Ответ:

- Железа
- ✓ Кальция
- Меди
- Кобальта
- Марганца
- ✓ Калия

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Для приготовления смальты тёмно-зелёного цвета потребовалось 20 г оксида меди (II). Найдите массу образца выплавленного стекла. Ответ выразите в граммах, округлите до целых. Производственными потерями пренебрегите.

Ответ: 400

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) Ионы калия и кальция входят в состав белой смальты, поэтому окраску ей не придают. Ионы железа отличают жёлтую смальту от белой, они придают окраску. Аналогично, окраску смальте придают ионы меди (тёмно-зелёная), кобальта (синяя), марганца (розовая). Правильный ответ — ионы калия и кальция.

б) Массовая доля CuO в смальте равна 5 %, тогда масса смальты: $m = \dfrac{20\text{ г}}{5\ \%} \cdot 100\ \% = 400$ г.

Задание 10. Вариант 2.



В 1753 г. великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов заложил в Усть-Рудице (сейчас территория Ленинградской области) фабрику по изготовлению цветного стекла и смальты. Смальта — непрозрачное стекло различных оттенков, используемое для создания мозаичных панно. Сырьём служили следующие вещества: кварцевый песок (основной компонент — SiO_2), негашёная известь (CaO), поташ (K_2CO_3 выделяли из золы), кости животных (основной компонент — $Ca_5(PO_4)_3OH$), свинцовый сурик (Pb_3O_4), поваренная соль ($NaCl$). Используя сравнительно небольшой набор красителей (главным образом, оксидов некоторых металлов), М. В. Ломоносов сумел получить широкий спектр цветов смальтовых стёкол. Условно состав стёкол выражают в массовых долях оксидов входящих в них элементов.

Состав некоторых стёкол, полученных на фабрике в Усть-Рудице

Цвет смальты	Массовые доли, %									
	SiO_2	K_2O	CaO	P_2O_5	PbO	Na_2O	Fe_2O_3	MnO	CuO	CoO
Молочно-белая	48.0	5.0	6.0	2.0	38.0	1.0	0	0	0	0
Жёлтая	48.0	10.0	6.0	2.0	30.0	1.0	3.0	0	0	0
Розовая	65.0	2.0	2.0	0.0	20.0	10.0	0	1.0	0	0
Темно-зелёная	46.0	12.0	5.0	3.0	29.0	0	0	0	5.0	0
Синяя	67.0	12.7	3.6	1.4	12.8	2.3	0	0	0	0.2

а) Укажите, ионы каких металлов придают окраску стеклу.

Ответ:

- ✓ Марганца
- • Кальция
- • Натрия
- ✓ Меди
- • Свинца
- • Калия

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Для приготовления смальты синего цвета потребовалось 2 г оксида кобальта (II). Найдите массу образца выплавленного стекла. Ответ выразите в граммах, округлите до целых. Производственными потерями пренебрегите.

Ответ: 1000

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение по аналогии с вариантом 1

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 10.

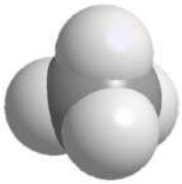
№ Варианта	Масса оксида меди	Ответ
1	10	200
2	12	240
3	14	280
4	16	320
5	18	360

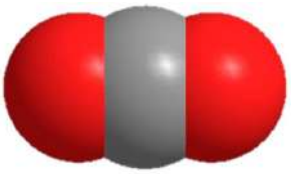
6	20	400
7	22	440
8	24	480
9	26	520
10	28	560
11	30	600
12	32	640
13	34	680
14	36	720
15	38	760
16	40	800

Задание 11. Вариант 1. Вещество А — самый лёгкий газ на нашей планете. Вещество Б — газ, который в 8 раз тяжелее А. Газ В — один из продуктов полного сгорания Б в веществе Г. Вещество Д образуется при взаимодействии вещества Г как с газом А, так и с газом Б. Известно, что А и Г являются простыми веществами. В представленных моделях «шариками» одного цвета показаны атомы одного и того же химического элемента. Установите соответствие между веществами и моделями их молекул.

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

Ответ:

А	
Б	
В	

Г	
Д	

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

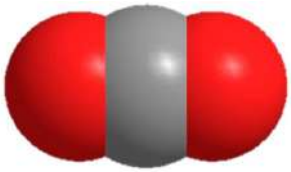
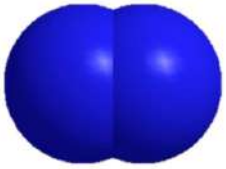
Решение.

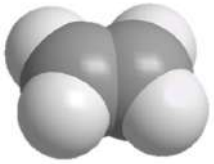
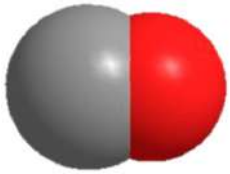
Самый лёгкий газ — H_2 (А — модель 3). Вещество, которое в 8 раз тяжелее H_2, имеет $M_r = 16$, это метан CH_4 (Б — модель 2). Метан сгорает в кислороде O_2 (Г, — модель 1), образуя углекислый газ CO_2 (В — модель 5) и воду (Д — модель 4).

Задание 11. Вариант 2. Вещество А — самый лёгкий газ на нашей планете. Вещество Б — газ, который в 8 раз тяжелее А. Газ В — один из продуктов полного сгорания Б в веществе Г. Вещество Д образуется при взаимодействии вещества Г как с газом А, так и с газом Б. Известно, что А и Г являются простыми веществами. В представленных моделях «шариками» одного цвета показаны атомы одного и того же химического элемента. Установите соответствие между веществами и моделями их молекул.

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

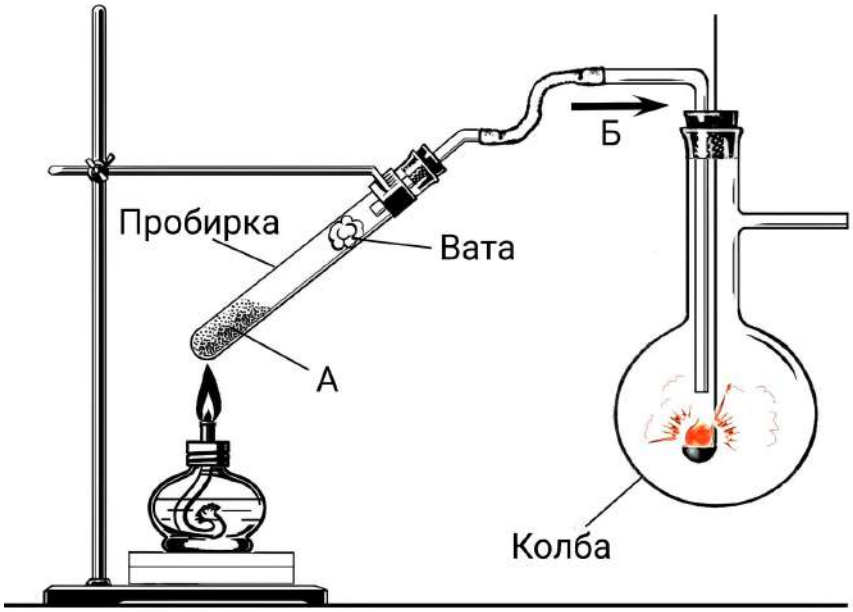
Ответ:

А	
Б	
В	

Г	
Д	

Критерий оценивания: за каждую верную пару последовательности — 1 балл. Всего 5 баллов.
Максимальный балл за задание — 5
Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 12. Вариант 1. В пробирку поместили кристаллическое вещество А тёмно-фиолетового цвета. В верхнюю часть пробирки вложили небольшой рыхлый комочек ваты, выполняющий роль фильтра. При нагревании вещества А начал выделяться газ Б без цвета и без запаха. Газом Б заполнили колбу. В эту же колбу внесли ложечку с горящим красным фосфором. При внесении фосфора в колбу пламя стало более ярким, ослепительно-белым. В результате горения образовался густой белый дым, состоящий из мельчайших частичек вещества В. По окончании горения вещество В поглотили водой, полученный раствор прокипятили. В растворе образовалось вещество Г. Этот раствор разделили на две части. К первой части добавили раствор лакмуса, который приобрёл красную окраску. Ко второй части добавили избыток известковой воды и наблюдали образование осадка белого цвета — вещества Д.



Определите формулы веществ.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

А	$KMnO_4$
Б	O_2
В	P_2O_5
Г	H_3PO_4
Д	$Ca_3(PO_4)_2$
	H_2, $Ca(OH)_2$, K_3PO_4

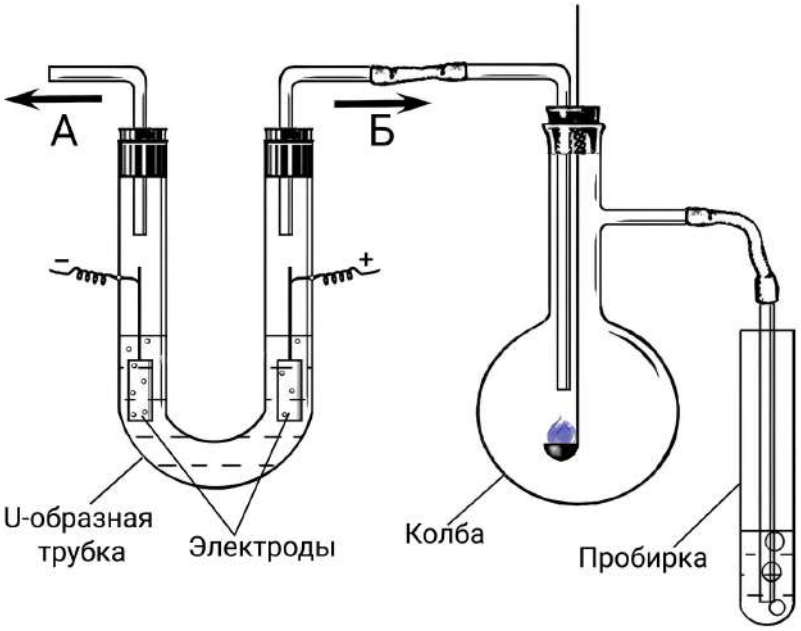
Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

По описанию опыта понятно, что получали кислород O_2 разложением $KMnO_4$. При горении фосфора в кислороде образуется оксид P_2O_5, который при взаимодействии с водой превращается в фосфорную кислоту H_3PO_4. При нейтрализации фосфорной кислоты избытком известковой воды образуется фосфат кальция $Ca_3(PO_4)_2$.

Задание 12. Вариант 2. В лаборатории собрали прибор, как показано на рисунке.



В U-образную трубку с вмонтированными платиновыми электродами налили водный раствор щёлочи. При пропускании электрического тока через раствор на электродах начали выделяться газы А и Б, оба без цвета и без запаха (стрелками на рисунке показаны направления движения газов). Газом Б заполнили колбу. В эту же колбу внесли ложечку с горящей серой. При внесении серы в колбу пламя стало более интенсивным, ярко-голубым. В результате горения образовался бесцветный газ В, имеющий резкий запах. Газообразное вещество В пропускали в пробирку с водой. В растворе образовалось неустойчивое вещество Г. Этот раствор разделили на две части. К первой части добавили раствор лакмуса, который приобрёл красную окраску. Ко второй части добавили избыток известковой воды, наблюдали образование осадка белого цвета — вещества Д. Определите формулы веществ.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

А	H_2
Б	O_2
В	SO_2
Г	H_2SO_3
Д	$CaSO_3$
	$Ca(OH)_2$, $CaSO_4$, H_2S

Критерий оценивания: за каждую верную пару последовательности — 1 балл. Всего 5 баллов
Максимальный балл за задание — 5
Решение по аналогии с вариантом 1

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