Максимальное количество баллов за олимпиаду — 50

Задание 1. Вариант 1. В периодической системе Д. И. Менделеева есть несколько элементов-«перевёртышей», при чтении символов которых справа налево воспроизводится символ другого элемента.

а) Определите молярную массу соединения, образованного парой нерадиоактивных элементов-«перевёртышей», один из которых является активным металлом, другой — активным неметаллом. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 165

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) α-распад — вид радиоактивного превращения, при котором ядро элемента испускает α-частицу, состоящую из двух протонов и двух нейтронов (то есть ядро атома гелия-4). Какой элемент образуется при α-распаде самого лёгкого из «перевёртышей», не имеющих стабильных изотопов? Запишите порядковый номер этого элемента.

Ответ: 83

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Такими парами являются:

Al – La, Ar – Ra, Ca – Ac, Sc – Cs, Ni – In, Ga – Ag, Se – Es, Br – Rb, Ta – At, Fr – Rf, Cm – Mc.

Самым легких из таких элементов, не имеющих стабильных изотопов, является радий (Ra). При его распаде образуется радон Rn. Парой максимально различающихся по свойствам элементов является пара рубидий (щелочной металл) — бром (галоген). Образуемым ими соединением является бромид рубидия RbBr

Задание 2.

а) Студенты-геологи готовились к практикуму по минералогии, проводя описание образцов из учебной коллекции. На коробках указан только химический состав минералов, а их названия студентам прекрасно известны. Помогите студентам разложить образцы по коробкам после подготовки: установите соответствие между названиями и химическим составом минералов.

Ответ:

					
Магнетит	Магнезит	Куприт	Корунд	Пирит	Гематит
Fe_3O_4	$MgCO_3$	Cu_2O	Al_2O_3	FeS_2	Fe_2O_3

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 0.25 балла. Всего 1.5 балла

б) При взаимодействии каких из этих веществ с концентрированной азотной кислотой будет выделяться газ?

Ответ:

- Fe_2O_3
- ✓ $MgCO_3$
- ✓ FeS_2
- ✓ Cu_2O
- Al_2O_3
- ✓ Fe_3O_4

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 0.5 балла. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 3.5

Решение.

При взаимодействии кислоты с карбонатными минералами будет выделяться углекислый газ:

$$MgCO_3 + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$
$$(Mg,Ca)CO_3 + HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

Также газ будет выделяться в ходе окислительно-восстановительных реакций с минералами, содержащими железо(+2), медь(+1), серу(-1):

$$Fe_3O_4 + 10HNO_3 = 3Fe(NO_3)_3 + NO_2 + 5H_2O$$
$$Cu_2O + 6HNO_3 = 2Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 3H_2O$$
$$2FeS_2 + 30HNO_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2SO_4 + 30NO_2 + 14H_2O$$

Задание 3. Вариант 1. В настоящее время электроном называют открытую в конце 19 века первую элементарную частицу, а ранее этот термин был весьма многозначным. Электроном называли и янтарь, и сплав (другое название сплава — электрум) двух драгоценных металлов, известных издревле. Из каких металлов получают данный сплав? В ответ запишите сумму их порядковых номеров.



Ответ: 126

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Определите количество вещества элементарных частиц-электронов, входящих в состав электрона, приготовленного сплавлением 10 г более тяжёлого металла и 15 г более лёгкого. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [10; 11]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Определим количество вещества золота (солнца) и серебра (луны), взятые для получения образца сплава.

$$n(\text{Au}) = \frac{10}{197} = 0.051 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ag}) = \frac{15}{108} = 0.139 \text{ моль}$$

Количество вещества электронов составит:

$$n(e) = 0.051 \cdot 79 + 0.139 \cdot 47 = 10.6 \text{ моль}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.

№ варианта	Масса золота	Масса серебра	Ответ	Нижняя граница ответа	Верхняя граница ответа
1	5	10	6.4	6.3	6.5
2	6	11	7.2	7.1	7.3
3	7	12	8.0	7.9	8.1
4	8	13	8.9	8.8	9.0
5	9	14	9.7	9.6	9.8
6	10	15	10.5	10.4	10.6
7	11	16	11.4	11.3	11.5
8	12	17	12.2	12.1	12.3
9	13	18	13.0	12.9	13.1
10	14	19	13.9	13.8	14.0
11	15	20	14.7	14.5	14.8
12	7	14	8.9	8.8	9.0
13	8	15	9.7	9.6	9.8
14	9	16	10.6	10.5	10.7
15	10	17	11.4	11.3	11.5
16	11	18	12.2	12.1	12.3
17	12	19	13.1	13.0	13.2
18	13	20	13.9	13.8	14.0
19	14	21	14.8	14.7	14.9

Задание 4. Вариант 1. В медицине при гипертоническом кризе для понижения давления пациенту вводят 20–25 %-ный раствор сульфата магния. Какую минимальную массу английской соли (она же эпсомская соль, она же горькая соль — $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) следует взять для приготовления 20 г такого раствора? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 8.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 2

Решение.

Масса сульфата магния в растворе составит $20 \cdot 0.20 = 4$ г. Английская соль — семиводный кристаллогидрат сульфата магния. Тогда масса кристаллогидрата составит:

$$m = 4 \cdot \frac{246}{120} = 8.2 \text{ г}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4.

№ варианта	Масса раствора	Ответ	Нижняя граница ответа	Верхняя граница ответа
1	15	6.2	6.1	6.3
2	16	6.6	6.5	6.7
3	17	7.0	6.9	7.1
4	18	7.4	7.3	7.5
5	19	7.8	7.7	7.9
6	20	8.2	8.1	8.3
7	21	8.6	8.5	9.1
8	22	9.0	8.9	9.5
9	23	9.4	9.3	9.9
10	24	9.8	9.7	10.4
11	25	10.3	10.2	10.8
12	26	10.7	10.6	11.2
13	27	11.1	11.0	11.6
14	28	11.5	11.4	12.0
15	29	11.9	11.8	12.4
16	30	12.3	12.2	12.8
17	31	12.7	12.6	13.2
18	32	13.1	13.0	13.6
19	33	13.5	13.4	14.0
20	34	13.9	13.8	14.5
21	35	14.4	14.3	14.7
22	36	14.8	14.7	14.9
23	37	15.2	15.1	15.3
24	38	15.6	15.5	15.7
25	39	16.0	15.9	16.1
26	40	16.4	16.3	16.5

Задание 5. — Как интересно, — рассуждал Незнайка, глядя на поднимающийся в духовке пирог. — Что же сюда добавлено? Гидрокарбонат аммония? Может быть, продуктами его разложения можно наполнить воздушный шар, чтобы отправиться в Солнечный город?

— Должен тебя разочаровать, — сказал Знайка, к которому Незнайка обратился за советом. — Твой шар может и не полететь. Вот если сначала выделяющийся газ пропустить через концентрированный раствор некоторого вещества, то оставшимся газом можно смело наполнять шар.

а) Раствор какого вещества имел в виду Знайка?

Ответ: Гидроксида натрия

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

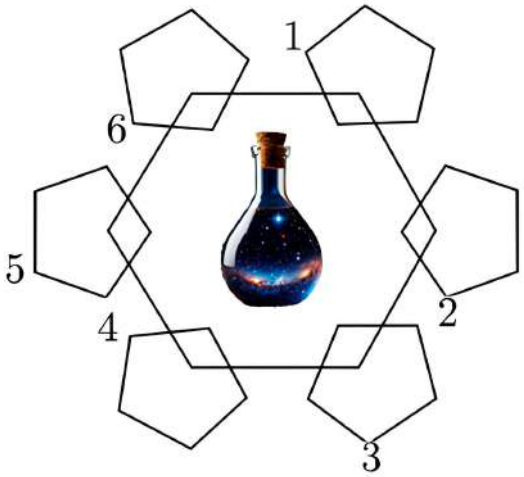
б) Определите молярную массу газа, который останется после пропускания продуктов разложения гидрокарбоната аммония через раствор этого вещества.

Ответ: 17

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание 6. Если в каждый из пятиугольников, начиная с угла, обозначенного номером, вписать по часовой стрелке название химического элемента, то в шестиугольнике получится название мягкого серебристо-белого металла.



Запишите названия этих элементов.

1. Теллур назван в честь Земли, а этот элемент — в честь Луны.

Ответ: Селен

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 0.5 балла

2. Продукт α-распада элемента, открытого Марией Склодовской-Кюри (α-распад — тип радиоактивного распада, при котором ядро атома испускает α-частицу — ядро гелия-4).

Ответ: Радон

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 0.5 балла

3. Нестабильный галоген.

Ответ: Астат

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 0.5 балла

4. Третий по объёмной доле компонент воздуха.

Ответ: Аргон

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 0.5 балла

5. Элемент, который впервые был обнаружен на Солнце.

Ответ: Гелий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 0.5 балла

6. Элемент, название которому дал природный краситель синего цвета.

Ответ: Индий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 0.5 балла

Итоговое слово.

Ответ: Натрий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

В шестиугольник вписан НАТРИЙ.

Задание 7. Воды залива Кара-Богаз-Гол Каспийского моря содержат вещество, из которого образуется минерал, носящий имя «чудесный» (от лат. sal mirabile). А — минерал сезонный: зимой воды залива остывают и минерал А выпадает из раствора, попадая на берег со штормовыми волнами. Летом солнце прогревает неглубокие воды залива и волны растворяют залежи минерала.



а) Запишите название минерала А.

Ответ: Мирабилит

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Навеска минерала А массой 50.00 г реагирует без остатка с раствором, содержащим 32.30 г хлорида бария, при этом в растворе остаётся только вещество, являющееся основным компонентом морской соли, а выделившийся осадок не растворяется в уксусной кислоте. Какая масса кристаллизационной воды содержится в этой навеске? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 28

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Образование при действии хлорида бария хлорида натрия (основной компонент морской соли) и сульфата бария (осадок, нерастворимый в уксусной кислоте) указывает на то, что искомый минерал — кристаллогидрат сульфата натрия. Определим его состав. Количество вещества дигидрата хлорида бария, вступившего в реакцию, составляет:

$$n = \frac{37.89}{244} = 0.1553 \text{ моль}$$

Следовательно, в реакцию вступило 0.1553 моль сульфата натрия

$$\text{M (минерала)} = \frac{50}{0.1553} = 322.0 \text{ г/моль}$$

На кристаллизационную воду в этом минерале приходится 180.0 г, что соответствует 10 молекулам кристаллизационной воды. Масса кристаллизационной воды в указанной навеске составит

$$m = \frac{50}{322 \cdot 180} = 28 \text{ г}$$

Задание 8. Весной бабушке нужно внести под малину азотное удобрение. В её распоряжении имеются следующие вещества:

- аммиачная селитра,
- калийная селитра,
- хлорид аммония,
- ульфат аммония.

а) Какую среду создают данные вещества в почве?

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

Ответ:

Аммиачная селитра	Кислая среда
Калийная селитра	Нейтральная среда
Хлорид аммония	Кислая среда
Сульфат аммония	Кислая среда
	Щелочная среда

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

б) Малина предпочитает почву с нейтральной реакцией среды. Какое вещество следует выбрать бабушке? При прочих равных условиях содержание азота должно быть максимальным.

Ответ: Калийную селитру

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

а) Калийная и натриевая селитра (нитраты калия и натрия) невгидролизуются — среда нейтральная Аммиачная селитра (нитрат аммония) и сульфат аммония — гидролизуются по катиону — среда кислая:

$$NH_4^+ + H_2O = NH_3 \cdot H_2O + H^+$$

Нитрат калия — гидролизуется по аниону — среда щелочная

$$NO_2^- + H_2O = HNO_2 + OH^-$$

Дигидрофосфат аммония — гидролиз по катиону + диссоциация аниона — среда кислая

$$NH_4^+ + H_2O = NH_3 \cdot H_2O + H^+$$
$$H_2PO_4^- = H^+ + HPO_4^{2-}$$

б) Среди солей, дающих нейтральную реакцию среды, наибольшее содержание азота в натриевой селитре

Задание 9. Фториды являются важными веществами в промышленности. Так, бинарное соединение XF_n используют как хладагент и компонент дыхательных смесей. Фторид неметалла YF_m нашёл применение в микроэлектронике, а также как теплоноситель и звукоизолятор, а фторид металла ZF_k важен для атомной промышленности. Известно, что атомные веса элементов X, Y и Z соотносятся как $\frac{1}{2.67 \cdot 19.82}$. Запишите названия элементов X, Y, Z, если известно что все элементы в указанных соединениях проявляют свою высшую валентность, а валентность элементов X и Z одинакова.

Ответ:

X	Углерод
Y	Сера
Z	Уран

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

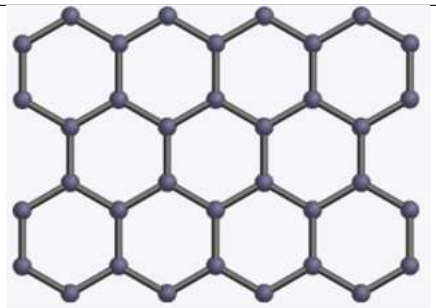
Решение.

Для решения данной задачи можно отталкиваться от того, что в роли хладагентов часто используют фториды метана — например, тетрафторид углерода CF_4. Кроме того, фторид металла CF_y широко применяют в атомной промышленности — это не что иное, как гексафторид урана UF_6. Принимая во внимание эти гипотезы, а именно, что металл C — это уран, попробуем установить атомные веса элементов: 1 : 2.67 : 19.82 = A : B : 238, и получим, что неметалл B — это сера, а неметалл A — это углерод. Соответствующие им фториды: SF_6 и CF_4.

Задание 10.

а) В ребусе зашифрована формула некоторого ядовитого газообразного химического соединения. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе. Известно, что одно из простых веществ, образуемых элементом с массовой долей 26.67 % , защищает всё живое на Земле от жёсткого ультрафиолетового излучения. Заполните пропуски в таблице символами соответствующих элементов.

Ответ:

			
Элемент	S	C	O
Массовая доля, %	53.33	20.00	26.67

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

б) Запишите брутто-формулу загаданного соединения.

Ответ: COS

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Определите валентность элемента с массовой долей 20.00 %в этом соединении.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Наиболее вероятно, что первая картинка символизирует серу, а изображение структуры графена наводит на мысль об углероде. Твёрдое вещество голубого цвета, изображённое на третьей картинке — это твёрдый кислород; известно, что элемент кислород может образовывать две аллотропные модификации, кислород и озон. Запишем общую формулу загаданного вещества как $C_xO_yS_z$ и попробуем составить брутто-формулу, запишем соотношение:

$$x : y : z = \frac{0.2000\text{M}}{12} : \frac{0.2663\text{M}}{16} : \frac{0.5337\text{M}}{32} = 0.0167\text{M} : 0.0166\text{M} : 0.0167\text{M} = 1\text{M} \div 1\text{M} : 1\text{M},$$

где M — молекулярная масса вещества. Получим, что $x \div y \div z = 1 \div 1 \div 1$, тогда формула вещества: COS — карбонилсульфид. Валентность атома углерода в нём равна 4.

Задание 11. Смесь углекислого газа, водорода и ещё одного газа, количество вещества которого равно количеству вещества углекислого газа в смеси, пропустили через склянку с избытком раствора гидроксида калия, при этом масса склянки увеличилась на 0.132 г. После этого полученную газовую смесь пропустили через сосуд с нагретым оксидом меди (II), при этом получилось 0.18 г паров воды. Третий компонент в описанных превращениях не участвовал, а его массовая доля в исходной газовой смеси составляет 28.30 %.

а) Определите молярную массу непрореагировавшего компонента газовой смеси. Ответ выразите в г/моль.

Ответ: 20

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Запишите его брутто-формулу.

Ответ: Ne

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) При пропускании газовой смеси через склянку с гидроксидом калия будет происходить реакция углекислого газа со щелочью, а прибавка массы будет отвечать массе углекислого газа в смеси:

$$2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$$

Отсюда,

$$m(CO_2) = 0.132,\ n(CO_2) = 0.003 \text{ моль}.$$

Пропускание полученной газовой смеси над нагретым CuO приведёт к тому, что пройдёт реакция восстановления водородом, а убыль массы сосуда будет означать испарение воды. По уравнению реакции:

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

$$N(H_2O) = n(H_2) = \frac{0.18}{18} = 0.01 \text{ моль},$$

$$m(H_2) = 0.02 \text{ г}$$

Найдём массу третьего газа в исходной смеси.

$$0.283 = \frac{m(\text{третьего газа})}{m(CO_2) + m(H_2) + m(\text{третьего газа})},$$

откуда $m(\text{третьего газа}) = 0.06$ г.

По условию задачи $n(CO_2) = n(\text{третьего газа}) = 0.003$ моль.

Молярная масса газа составит $M = \frac{m}{n}$, $M = 20$ г/моль

б) Молярной массе 20 г/моль отвечают следующие газообразные вещества: Ne, HF, D_2S, ND_3, CD_4. HF и D_2S прореагировали бы со щёлочью, а ND_3 и CD_4 — с оксидом меди. Под условие задачи подходят газы Ne.

Задание 12. Вещества A, B и C имеют широкое применение в пищевой промышленности. A — мелкокристаллический порошок белого цвета, бурно реагирующий с веществами B и C. Вещество A также используется в качестве разрыхлителя в хлебопечении и применяется при воспалении горла. Вещество B, жидкость, имеющая резкий запах, часто служит консервантом. Соединение C входит в состав разрыхлителей для теста и средств для очистки бытовой утвари от ржавчины. Известно также, что все три вещества содержат углерод, а вещества B и C относятся к одному классу соединений. Запишите их тривиальные названия.

Ответ:

A	Питьевая сода или Пищевая сода
B	Уксусная кислота или Уксус
C	Лимонная кислота

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

Максимальный балл за задание — 3

