

Константы

Число Авогадро, N_A	6.022×10^{23} моль ⁻¹
Элементарный заряд, e	1.602×10^{-19} Кл
Универсальная газовая постоянная, R	8.314 Дж моль ⁻¹ К ⁻¹
Постоянная Фарадея, F	$96\,485$ Кл моль ⁻¹
Постоянная Планка, h	6.626×10^{-34} Дж с
Температура в Кельвинах (К)	$T_K = T_{\circ C} + 273.15$
Ангстрем, Å	1×10^{-10} м
пико, п	$1 \text{ пм} = 1 \times 10^{-12}$ м
нано, н	$1 \text{ нм} = 1 \times 10^{-9}$ м
микро, мк	$1 \text{ мкм} = 1 \times 10^{-6}$ м

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -



Республиканская юниорская олимпиада по химии
Заключительный этап (2022-2023).
Официальный комплект решений 7-класса.

Содержание

Задача №1. Тест (10%)	3
Задача №2. Серебряная ёлочка (21%)	4
Задача №3. Газовые реакции (24%)	5
Задача №4. Казалось бы, простая смесь (24%)	7
Задача №5. Титрование (21%)	7

Задача №1. Тест

Автор: Галикберова М.

За каждый верный ответ	Всего	Вес(%)
1	10	10

1. Что изучает наука химия?

- A. Человека и природу
- B. Вещества, их свойства и превращения
- C. Деление клеток
- D. Природные явления

Ответ: B.

2. Вещества, состоящие из различных атомов

- A. Озон и кислород
- B. Уголь и алмаз
- C. Фуллерен и графит
- D. Аммиак и азот

Ответ: D.

3. Какова валентность кислорода?

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

Ответ: B.

4. Формула гидроксида меди (I)

- A. CuOH
- B. CuO
- C. Cu₂O
- D. Cu(OH)₂

Ответ: A.

5. Из атомов каких элементов состоит вода?

- A. Натрий и хлор
- B. Кислород, азот
- C. Водород, кислород
- D. Водород, хлор

Ответ: C.

6. Как называется первая группа в таблице Менделеева?

- A. Галогены
- B. Халькогены
- C. Благородные газы
- D. Щелочные металлы

Ответ: D.

7. Какую химическую формулу имеет поваренная соль?

- A. NaBr
- B. NaF
- C. NaCl
- D. NaI

Ответ: C.

8. Сколько процентов содержится кислорода в атмосфере?

- A. 1%
- B. 78%
- C. 50%
- D. 21%

Ответ: D.

9. Что может являться примером химической реакции?

- A. Горение древесины
- B. Плавление поваренной соли
- C. Таяние льдов
- D. Растворение сахара в воде

Ответ: A.

10. Группа только простых веществ приведена в ряду:

- A. Кислород, воздух, вода
- B. Кислород, алюминий, угарный газ
- C. Серебро, водород, озон
- D. Хлор, золото, хлороводород

Ответ: C.

Задача №2. Серебряная ёлочка

Автор: Касьянов А.

2.1 (8 баллов)

В первую очередь стоит определить что за эксперимент называется “Серебряная ёлочка”. Столкнувшиеся с ним раньше уже знают, что это наглядный опыт, в котором медную проволочку, согнутую в виде елочки, опускают в раствор **нитрата серебра**, после чего медная проволока покрывается тонким слоем серебра, что соответствует названию эксперимента.

Если же такой эксперимент выполнять/наблюдать не приходилось, то в тексте задачи имеются небольшие подсказки. Например, на **идею о медной проволоке** может указывать тот факт, что раствор в течение эксперимента приобретал всё более и более голубой оттенок. Более того, если название “**азотнокислое серебро**” является незнакомым, то эту соль можно запросто угадать, заглянув в таблицу растворимости, посмотрев на единственную растворимую растворимую соль, содержащую азот. Таким образом, изначальный раствор является раствором нитрата серебра AgNO_3 .

Массу раствора можно вычислить через объём и плотность раствора:

$$m = \rho \times V = 1.152 \times 200 = 230.4 \text{ г}$$

Если масса каждой из 5 ёлочек увеличилась на 1.15 г, то общее изменение составило:

$$\Delta m = 1.15 \times 5 = 5.75 \text{ г}$$

Уравнение реакции, протекающей в течение опыта, выглядит следующим образом:



Т.к. эксперимент закончился, значит всё серебро, содержащееся в изначальном растворе количественно выделилось. Т.е. количество серебра, выделенное на медной проволоке равно количеству серебра, содержащемуся в первоначальном растворе.

Обозначим количество меди, которое вступило в реакцию как x , значит количество серебра, которое выделилось на проволоке составит $2x$.

Изменение массы ёлочек обусловлено процессом, при котором параллельно протекают два процесса: осаждение серебра и растворение меди. Это можно выразить следующим уравнением:

$$\Delta m = +m_{\text{Ag}} - m_{\text{Cu}}$$

Выразив массы металлов по формуле $m_A = n_A \times M_A$, получим следующее уравнение:

$$5.75 = 107.9 \times 2x + 63.55 \times x = 215.8x + 63.55x$$

$$x = 0.021 \text{ моль}$$

Отсюда, количество серебра, равное количеству нитрата серебра, содержащемуся в изначальном растворе, составляет:

$$m_{\text{AgNO}_3} = M_{\text{AgNO}_3} \times n_{\text{AgNO}_3} = 169.91 \times 2 \times 0.021 = 7.136 \text{ г}$$

Массовую долю нитрата серебра можно вычислить следующим образом:

$$\omega_{\text{AgNO}_3} = \frac{m_{\text{AgNO}_3}}{230.4} = \frac{7.136}{230.4} = 0.031 = 3.1\%$$

В соответствии с уравнением реакции, после окончания опыта в стакане остался раствор нитрата меди $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

1 балл за полное уравнение реакции (-0.5 балла за неправильные коэффициенты)

1 балл за указание меди, как металла из которого была сделана проволока

1 балл за указание нитрата меди, как соли, оставшейся в растворе после окончания эксперимента

5 баллов за нахождение массовой доли с соответствующим решением. Максимально 4 балла при наличии решения и отсутствия значения массовой доли.

Задача №3. Газовые реакции

Автор: Бегдаир С.

3.1 (5 баллов)

Находим среднюю молярную массу газовой смеси:

$$M_{r(\text{см.})} = p_{(\text{см.})} \cdot V_m = 2.455 \cdot 22.4 = 55 \text{ г/моль}$$

Составляем систему уравнений используя среднюю молярную массу и массовые доли элементов в соединениях:

$$\begin{cases} M_{r(\text{см.})} = M_r(\text{AB}_2) \cdot \chi(\text{AB}_2) + M_r(\text{BB}_2) \cdot \chi(\text{BB}_2) \\ \omega(\text{A}) = \frac{A_r(\text{A})}{M_r(\text{AB}_2)} \\ \omega(\text{B}) = \frac{A_r(\text{B})}{M_r(\text{BB}_2)} \end{cases}$$

Так как у нас имеется эквимольная смесь двух веществ, то мольная доля каждого компонента будет равна 50%.

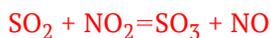
$$\begin{cases} 55 = \frac{A_r(\text{A}) + 2 \cdot A_r(\text{B})}{2} + \frac{A_r(\text{B}) + 2 \cdot A_r(\text{B})}{2} \\ 0.5 = \frac{A_r(\text{A})}{A_r(\text{A}) + 2 \cdot A_r(\text{B})} \\ 0.30435 = \frac{A_r(\text{B})}{A_r(\text{B}) + 2 \cdot A_r(\text{B})} \end{cases}$$

$$A_r(\text{A}) = 32 \text{ г/моль}$$

$$A_r(\text{B}) = 14 \text{ г/моль}$$

$$A_r(\text{B}) = 16 \text{ г/моль}$$

Дописанная реакция:



За каждый найденный элемент – 1.5 баллов (общ. 4.5 баллов)

За написанную реакцию – 0.5 балла

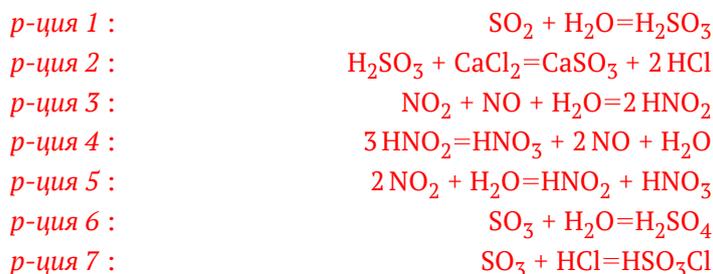
3.2 (9.5 балла)

Находим молярную массу K_5 :

$$M_r(K_5) = p(K_5) \cdot V_m = 2.455 \cdot 22.4 = 55 \text{ г/моль}$$

Единственный подходящий по молярной массе газом является – HCl.

Пишем все упомянутые реакции:



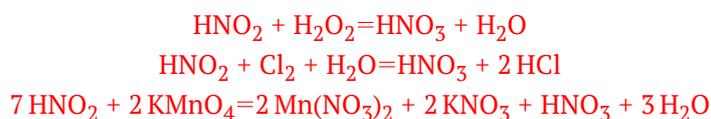
$K_1 - \text{H}_2\text{SO}_3$, $K_2 - \text{HNO}_2$, $K_3 - \text{HNO}_3$, $K_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$, $K_5 - \text{HCl}$, $K_6 - \text{HSO}_3\text{Cl}$.

Все соединения подлежат к классу соединениям кислот.

За каждое определенное неизвестное вещество – 1 балла (общ. 6 баллов)

За каждую написанную реакцию – 0.5 балл (общ. 3.5 баллов)

3.3 (2.5 балла)



Использование пероксида водорода (H_2O_2) является лучшим методом для получения чистого раствора HNO_3 , так как в продуктах не выходит побочных продуктов кроме воды и азотной кислоты.

За правильный выбор и обоснование – 1 балл.

За каждую написанную реакцию – 0.5 балл (общ. 1.5 балла)

Задача №4. Казалось бы, простая смесь

Автор: Касымалы М.

4.1 (3 балла)

Казалось бы, металл определить попросту невозможно, но это только на первый взгляд. Поскольку карбонаты щелочноземельных металлов разлагаются с образованием оксида щелочноземельного металла и углекислого газа, по закону сохранения массы, масса углекислого газа составляет $22.76 - 16.16 = 6.6$ г, а его кол-во составляет $\frac{6.6}{44} = 0.15$ моль. Так как оксид щелочноземельного металла и углекислый газ образуется в стехиометрическом соотношении 1:1, мы можем сказать, что средняя молярная масса оксидов двух щелочноземельных металлов составляет $\frac{16.16}{0.15} = 107.73$ г/моль. Значит один из оксидов должен иметь молярную массу меньше 107.73 г/моль, а другой оксид должен иметь молярную массу больше 107.73 г/моль (**2 балла**). Расчетами нетрудно показать, что $M(\text{BeO}), M(\text{MgO}), M(\text{CaO}), M(\text{SrO}) < 107.73$ г/моль, и только молярная масса оксида бария превышает значение 107.3 г/моль. Отсюда можно сделать вывод о том, что в смеси по крайней мере содержится барий. (**1 балл**).

4.2 (1 балл)

Щелочноземельный металл, окрашивающий пламя в кирпично-красный цвет - кальций (Ca) (**1 балл**)

4.3 (2 балла)

Пусть кол-во молей карбоната бария будет x моль, а кол-во молей карбоната кальция будет y моль. В таком случае, мы можем составить систему уравнений:

$$\begin{aligned} x + y &= 0.15 \\ 153x + 56y &= 16.16 \end{aligned}$$

Решая эту систему уравнений, мы получаем $x = 0.08$ моль, $y = 0.07$ моль. Значит $m(\text{BaCO}_3) = 0.08 \cdot 197 = 15.76$ г, и $w(\text{BaCO}_3) = \frac{15.76}{22.76} = 0.6924$ (69.24%) (**1 балл**), $w(\text{CaCO}_3) = 100 - 69.24 = 30.76\%$ (**1 балл**).

Задача №5. Титрование

Автор: Бекхожин Ж.

5.1 (1.5 балла)

MgCO₃ (0.5 балл), HCl (0.5 балла), Na₂CO₃ (0.5 балла)

5.2 (1.5 балла)



0.5 балла за каждую реакцию только если уравнение абсолютно правильное, частичный балл не допускается. В обоих случаях требуется 2 моля соляной кислоты (**0.25 балла** за каждое правильное значение)

5.3 (3 балла)

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = m/M = 0.567 / (2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16) = 0.005349 \text{ моль}$$

$$n_{\text{HCl}} = 2 \cdot n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0.010698 \text{ моль}$$

$$C_{\text{HCl}} = n/V = 0.010698 / 0.05349 = 0.2 \text{ моль/л}$$

1 балл за моли карбоната натрия, **0.5 балла** за моли соляной кислоты, **1.5 балла** за концентрацию соляной кислоты.

5.4 (4 балла)

$$n_{\text{HCl}} = C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = 0.2 \cdot 0.02567 = 0.005134 \text{ моль}$$

$$n_{\text{MgCO}_3} = n_{\text{HCl}} / 2 = 0.002567 \text{ моль}$$

$$m_{\text{MgCO}_3} = n_{\text{MgCO}_3} \cdot M = 0.2156 \text{ г}$$

$$\omega = 0.2156 / 0.5 = 43.12\%$$

1 балл за моли карбоната магния, **0.5 балла** за моли соляной кислоты, **1.5 балла** за массу карбоната магния, **1 балл** за процент карбоната магния в таблетке.