



**Республиканская юниорская олимпиада для юниоров по химии**  
*Заключительный этап (2021-2022).*  
*Официальный комплект решений 8 класса*

**Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.**  
**Комплект решений теоретического тура. 8 класс.**

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 [209]	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 -

## Тест (Моргунов А.)

1	2	3	4	5	Всего
2	2	2	2	2	10

- Сколько электронов, протонов и нейтронов содержится в ионе хлора  ${}_{17}^{35}\text{Cl}^-$ ?  
Выберите правильный вариант:
  - 17 электронов, 18 протонов, 17 нейтронов
  - 18 электронов, 17 протонов, 18 нейтронов**
  - 17 электронов, 17 протонов, 35 нейтронов
  - 18 электронов, 17 протонов, 35 нейтронов
  - 17 электронов, 17 протонов, 18 нейтронов
- Сравните количество атомов, содержащихся в 1 моле воды и 1 моле метана:
  - 1 моль молекул воды содержит больше атомов, чем 1 моль молекул метана
  - 1 моль молекул воды содержит меньше атомов, чем 1 моль молекул метана**
  - 1 моль молекул воды и 1 моль молекул метана содержит одинаковое количество атомов
  - 1 моль молекул воды может содержать больше или меньше атомов, чем 1 моль молекул метана, в зависимости от иных параметров.
- Выберите элемент, чьи химические свойства наиболее близки к химическим свойствам элемента бериллия:
  - Углерод
  - Алюминий**
  - Водород
  - Кислород
  - Кремний
- Определите массовую долю фосфора в высшем оксиде фосфора:
  - 56.36%
  - 32.63%
  - 43.66%**
  - 39.24%
- Выберите правильную электронную конфигурацию атома серы:
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^5$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^3 3p^3$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$**

## Задача №1. Смеси (Абдугафарова К.)

1	2	Всего
2	8	10

Смесь алюминия и магния массой **18 г** обработали избытком соляной кислоты, при этом выделилось **21 л** газа при температуре **15 °С** и давлении **769** миллиметров ртутного столба.

1. Вычислите количество вещества газа в молях, используя формулу

$$PV = nRT$$

где  $P$  – давление в Паскалях (**1 мм. рт. ст. = 133.3 Па**),  $V$  – объем в кубических метрах (**1 м<sup>3</sup> = 1000 л**),  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная **8.31 Дж / (моль \* К)**,  $T$  – температура в Кельвинах, для получения которой необходимо прибавить к температуре в Цельсиях **273** градуса:

Находим количество водорода по формуле  $PV = nRT$

$$n = \frac{769 \times 133.3 \times 21 \div 1000}{8.31 \times (15 + 273)} = 0.9 \text{ моль}$$

**(2 балла)**

2. Определите массы металлов в смеси:

Реакции:



Пусть количество алюминия =  $x$  моль; а меди =  $y$  моль; тогда масса алюминия =  $27x$  г и масса меди =  $24y$  г. Составляем систему уравнений и решаем:

$$27x + 24y = 18$$

$$3/2 x + y = 0.9$$

Получаем что  $x = 0.4$  моль и  $y = 0.3$  моль. **(2 балла)**

Рассчитываем массы металлов:

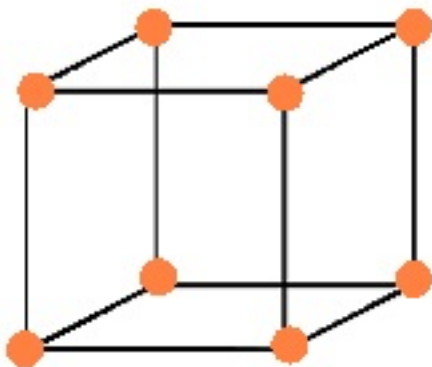
$$\text{Масса алюминия: } 0.4 \times 27 = 10.8 \text{ г (2 балла)}$$

$$\text{Масса меди: } 0.3 \times 24 = 7.2 \text{ г (2 балла)}$$

## Задача №2. Кристаллы (Бекхожин Ж.)

1	2	Всего
2	8	10

Благодаря кристаллографии, мы знаем о строении вещества на атомарном уровне, от простейших солей до сложных макромолекулярных комплексов, таких как антенновый комплекс фотосистем растений. Основой кристаллографии является дифракция рентгеновских лучей от упорядоченных атомов в кристалле, при котором атомы образуют плоскости которые выступают в роли зеркал. Например, есть простейшая кубическая решетка, в которой атомы располагаются в вершинах куба. Этот наименьший элемент кристалла, называемый элементарной ячейкой, повторяется во всем кристалле путем параллельного переноса. Ниже представлена простая кубическая решетка, главная часть этой задачи.



1. Элемент **X** существует в виде кристаллов с простой кубической решеткой. Его плотность  $\rho$  составляет **9.14 г/см<sup>3</sup>**. С помощью кристаллографии, было определено что длина ребра куба  **$a$**  составляет **3.36 Å** ( $1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ см}$ ). С помощью рассмотрения элементарной ячейки, можно понять что молярную массу **X** можно определить используя следующее уравнение:

$$M = N_A * \rho * a^3$$

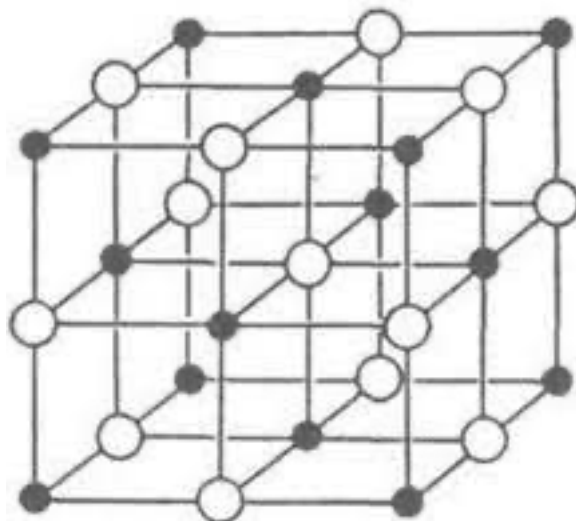
Данная формула является следствием применения закона Авогадро. Рассчитайте молярную массу элемента **X** и определите, что это за элемент:

$$M = 6.02 * 10^{23} * 9.14 * (3.36 * 10^{-8})^3 = 208.7 \text{ г/моль}$$

$$X = \text{Po}$$

**(2 балла)**

2. Несколько соединений с формулой **АВ** также принимают похожую структуру, в половине вершин находятся атомы металла **А**, а в другой половине атомы неметалла **Б**.



Приведенная выше формула немного меняется:

$$M = 2 * N_A * \rho * a^3$$

Здесь  $M$  это молярная масса вещества, то есть молярная масса металла плюс молярная масса неметалла. После кристаллографического анализа, была установлена длина  $a$  элементарной ячейки для четырех соединений с известной плотностью. Также, используя интенсивность пика, соответствующего плоскости (111), была определена разница в количестве электронов ионов металла и неметалла (то есть магний, например, имеет 12 электронов, но ион  $Mg^{2+}$  имеет 10 электронов так как два электрона он уже потерял, учтите это при расчете). В одном случае ионы металла и неметалла обладают одинаковым количеством электронов, что приводит к полному исчезновению этого пика из-за деструктивной интерференции.

Номер вещества	Плотность, г/см <sup>3</sup>	$a$ , Å	$n(A) - n(B)$
1	2.17	2.82	-8
2	1.98	3.15	0
3	3.36	2.4	8
4	1.39	2.43	8

Определите молярную массу каждого из веществ, и, используя разницу в количестве электронов ионов, определите вещества.

1

$$M = 2 * 6.02 * 10^{23} * 2.17 * (2.82 * 10^{-8})^3 = 58.6 \text{ г/моль}$$

*NaCl*

**(2 балла)**

2

$$M = 2 * 6.02 * 10^{23} * 1.98 * (3.15 * 10^{-8})^3 = 74.5 \text{ г/моль}$$

*KCl*

**(2 балла)**

3

$$M = 2 * 6.02 * 10^{23} * 3.36 * (2.4 * 10^{-8})^3 = 55.9 \text{ г/моль}$$

*CaO*

**(2 балла)**

4

$$M = 2 * 6.02 * 10^{23} * 1.39 * (2.43 * 10^{-8})^3 = 24 \text{ г/моль}$$

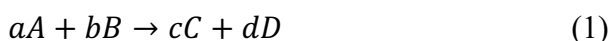
*NaH*

**(2 балла)**

### Задача №3. Равновесие

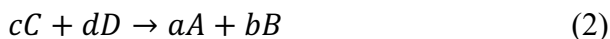
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Всего
0.5	1	1.5	1	1.5	0.5	1.5	1	1.5	10

Давайте рассмотрим следующую реакцию:



где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  являются коэффициентами реакции. Очевидно, что  $C$  и  $D$  в данной реакции являются продуктами, а  $A$  и  $B$  реагентами. Возникает вопрос, а может ли пойти обратная реакция? То есть, могут ли продукты  $C$  и  $D$  обратно превратиться в исходные вещества  $A$  и  $B$ ? Да, могут.

Такую реакцию назовем обратной:



Суммарно, процесс выглядит так.



Дело в том, что, если в реакционную среду поместить  $A$  и  $B$ , они начнут реагировать с образованием  $C$  и  $D$  (по реакции 1), часть которых, в свою очередь, начнет обратно превращаться в  $A$  и  $B$  (по реакции 2). В определенный момент времени скорость прямой и обратной реакции станут равными, и система достигнет равновесия, в котором количества веществ в ней будут постоянными. Концентрацию вещества при состоянии равновесия называют равновесной концентрацией.

Чтобы математически описать количественный состав равновесной системы используют константу равновесия  $K$ . Чтобы посчитать ее значение, нужно поделить произведение равновесных концентраций продуктов, возведенных в степень равную соответствующим стехиометрическим коэффициентам, на произведение равновесных концентраций реагентов, возведенных в степень равную соответствующим стехиометрическим коэффициентам. Для системы 3 константа равновесия выглядит так:

$$K = \frac{[C]_{\text{равновесная}}^c * [D]_{\text{равновесная}}^d}{[A]_{\text{равновесная}}^a * [B]_{\text{равновесная}}^b}$$

Также, давайте введем математическую величину  $Q$ , которая будет показывать соотношение продуктов к реагентам в определенный момент времени. Она выражается схоже с константой равновесия, но концентрации, используемые для ее расчета, не обязательно равновесные:

$$Q = \frac{[C]^c * [D]^d}{[A]^a * [B]^b}$$



При установлении равновесия концентрации веществ в системе будут равны равновесным, соответственно  $Q$  будет равно  $K$ .

Теперь, после небольшого лирического отступления, примемся решать задачи.

Химик аналитик решил исследовать химические свойства слабых кислот. Для этого, он растворил некоторое количество  $HNO_2$ .

1. Запишите реакцию диссоциации  $HNO_2$ .



0.5 баллов за реакцию  
Всего 0.5 балла за пункт

Известно, что константа равновесия этой реакции равна  $5.117 \cdot 10^{-4}$ . После химического анализа над этим раствором, были получены следующие данные:

Вещество	Концентрация
$NO_2^-$	$1.782 \cdot 10^{-2} \text{ M}$
$H^+$	$1.782 \cdot 10^{-2} \text{ M}$
$HNO_2$	$6.205 \cdot 10^{-1} \text{ M}$

2. Рассчитайте  $Q$  для этой системы. Сравните значение  $Q$  с  $K$  – установилось ли равновесие?

$$Q = \frac{[H^+][NO_2^-]}{[HNO_2]} = \frac{1.782 \cdot 10^{-2} \cdot 1.782 \cdot 10^{-2}}{6.205 \cdot 10^{-1}} = 5.117 \cdot 10^{-4}$$

Видно, что  $Q = K$ . Равновесие установилось.

0.5 балла за расчет  $Q$

0.5 балла за сравнение констант и выводе о том, что установилось равновесие. Без сравнения – 0 баллов.

Всего 1 балла за пункт

3. Рассчитайте массу добавленной к раствору кислоты, если объем раствора 100 мл.

Из уравнения реакции видно, что, если образовалось  $1.782 \cdot 10^{-2} \text{ M}$   $H^+$ , то столько же прореагировало  $HNO_2$ . Тогда:

$$c_0(HNO_2) = 6.205 \cdot 10^{-1} + 1.782 \cdot 10^{-2} = 6.383 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$n_0(HNO_2) = 6.383 \cdot 10^{-1} \cdot 0.1 = 6.383 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$m_0(HNO_2) = 6.383 \cdot 10^{-2} \cdot 47 = 3 \text{ грамм}$$

0.5 баллов за расчет начальной концентрации

0.5 баллов за расчет количества вещества  $HNO_2$

0.5 баллов за расчет массы

Всего 1.5 балла за пункт

Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

4. Рассчитайте степень диссоциации  $HNO_2$ . Степень диссоциации равна соотношению количества кислоты, которое диссоциировало, к ее изначальному количеству. Ответ приведите в процентах.

$$\alpha = \frac{1.782 \cdot 10^{-2}}{6.383 \cdot 10^{-1}} \cdot 100\% = 2.79\%$$

1 балл за расчет степени диссоциации

Всего 1 балл за пункт

Дела шли у нашего химика отлично, но вдруг случилась беда – химический анализатор сломался. Давайте поможем ему определить концентрации с помощью теории.

В одном из опытов, он растворил в 500 мл воды 2.217 грамм HF. Установилось равновесие. Известно, что константа равновесия для реакции диссоциации HF равна  $6.61 \cdot 10^{-4}$ .

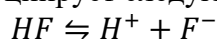
5. Заполните таблицу недостающими данными. Покажите свои расчеты.

Вещество	Концентрация
$F^-$	
$H^+$	
$HF$	

Давайте посчитаем изначальную концентрацию HF до диссоциации:

$$c_0(HF) = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{2.217}{20 \cdot 0.5} = 0.2217 \text{ моль/л}$$

В растворе плавиковая кислота диссоциирует следующим образом:



Давайте скажем, что  $x$  моль/л кислоты распалось, тогда  $H^+$  и также образовались в количество  $x$  моль/л.

Концентрация моль/л	HF	$H^+$	$F^-$
Изначальная	0.2217	0	0
Изменение	$-x$	$+x$	$+x$
Равновесная	$0.2217 - x$	$x$	$x$

Запишем выражение для константы равновесия:

$$K = \frac{[H^+]_{\text{равн}} [F^-]_{\text{равн}}}{[HF]_{\text{равн}}} = \frac{x \cdot x}{0.2217 - x} = 6.61 \cdot 10^{-4}$$

Решая уравнение для  $x$  получим:

$$x = 0.01178 \text{ моль/л}$$

Тогда, рассчитаем равновесные концентрации:

$$[H^+]_{\text{равн}} = [F^-]_{\text{равн}} = 0.01178 \text{ моль/л}$$
$$[HF]_{\text{равн}} = 0.2217 - 0.01178 = 0.2099 \text{ моль/л}$$

За расчет начальной концентрации  $c_0(HF)$  - 0.5 балла

За расчет концентрации  $[H^+]_{\text{равн}}$  - 0.3 балла

За расчет концентрации  $[F^-]_{\text{равн}}$  - 0.3 балла

За расчет концентрации  $[HF]_{\text{равн}}$  - 0.4 балла

Всего 1.5 балла за пункт

К раствору химик добавил 3 грамм  $NaF$ .

6. Пользуясь принципом Ле-Шателье, определите в какую сторону сместится равновесие в реакции диссоциации  $HF$ ? Ответ поясните.

Реакция диссоциации выглядит так:



При растворении фторида натрия, он так же полностью диссоциирует на ионы:



Как мы видим, фторид натрия является источником  $F^-$  ионов, которые являются продуктом в реакции диссоциации  $HF$ . Увеличивая концентрацию продуктов реакции, по принципу Ле-Шателье, мы смещаем равновесие в сторону исходных реагентов, то есть - влево.

0.5 баллов за ответ с пояснением.

Всего 0.5 баллов за пункт

7. Заполните таблицу недостающими данными после добавления  $NaF$ .  
Покажите расчеты.

Вещество	Концентрация
$F^-$	
$H^+$	
$HF$	

**Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.**

Из-за того, что NaF диссоциирует полностью, в систему добавляются ионы  $F^-$ :

$$c(NaF) = \frac{3}{(23 + 19) * 0.5} = 0.143 \text{ моль/л}$$

Очевидно, с добавлением NaF равновесие в следующей реакции сместится налево



Концентрация моль/л	HF	$H^+$	$F^-$
Изначальная	0.2099	0.01178	0.143+0.01178
Изменение	+x	-x	-x
Равновесная	0.2099 + x	0.01178 - x	0.15447 - x

$$K = \frac{[H^+]_{\text{равн}}[F^-]_{\text{равн}}}{[HF]_{\text{равн}}} = \frac{(0.01178 - x) * (0.15447 - x)}{0.22099 + x} = 6.61 * 10^{-4}$$

Решая уравнение для x получим:

$$x = 0.0107 \text{ моль/л}$$

Тогда, рассчитаем равновесные концентрации:

$$[H^+]_{\text{равн}} = 0.00108 \text{ моль/л}$$

$$[F^-]_{\text{равн}} = 0.144 \text{ моль/л}$$

$$[HF]_{\text{равн}} = 0.2099 + 0.0107 = 0.2206 \text{ моль/л}$$

За расчет начальной концентрации  $c_0(NaF)$  - 0.5 балла

За расчет концентрации  $[H^+]_{\text{равн}}$  - 0.3 балла

За расчет концентрации  $[F^-]_{\text{равн}}$  - 0.3 балла

За расчет концентрации  $[HF]_{\text{равн}}$  - 0.4 балла

Всего 1.5 балла за пункт

8. Рассчитайте степень диссоциации HF до добавления NaF и после. Сделайте вывод на основании вашего наблюдения.

$$\alpha(\text{до}) = \frac{0.01178}{0.2217} * 100\% = 5.31\%$$

$$\alpha(\text{после}) = \frac{0.2217 - 0.2206}{0.2217} * 100\% = 0.49\%$$

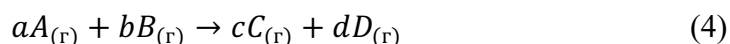
С добавлением NaF, диссоциация плавиковой кислоты стала меньше

За расчет степеней диссоциации по 0.35 балла

За сделанный вывод 0.3 балла

Всего 1 балл за пункт

В случае, если вещества находятся в газообразном состоянии, константу равновесия рассчитывают с использованием парциальных давлений, измеряемых в бар. Например, для реакции:



Константа равновесия будет выглядеть следующим образом:

**Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.**

$$K_p = \frac{p(C)_{\text{равновесное}}^c * p(D)_{\text{равновесное}}^d}{p(A)_{\text{равновесное}}^a * p(B)_{\text{равновесное}}^b}$$

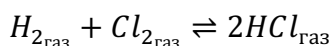
Аналогично, парциальные давления используются и для расчета Q

В реакционный сосуд при 298 К добавляли газообразные  $H_2$  и  $Cl_2$ , пока давление каждого не оказалось равным 0.3 Бар. Примечательно то, что реакции не происходило до тех пор, пока в систему не сообщили некоторое количество энергии путем зажигания искры.  $K_p$  реакции хлора с водородом равна  $1.6 * 10^{33}$ .

9. Выберите все верные утверждения. За неправильные ответы баллы будут вычитаться.

- При установлении равновесия давления  $H_2$  и  $Cl_2$  пренебрежимо малы по сравнению с давлением  $HCl$ .
- Зажигание искры понижает энергию активации реакции
- Зажигание искры повышает энергию активации реакции
- Константа равновесия обратной реакции будет иметь значение больше  $1.5 * 10^5$
- Q для системы до зажигания искры равно нулю

Реакция:



**Первое утверждение: верно**

Давайте взглянем на константу равновесия.

$$K_p = \frac{p_{\text{равновесное}}^2(HCl)}{p_{\text{равновесное}}(H_2) * p_{\text{равновесное}}(Cl_2)} = 1.6 * 10^{33}$$

Давление, атм	$H_2$	$Cl_2$	$HCl$
Изначальное	0.3	0.3	0
Изменение	$-x$	$-x$	$+2x$
Равновесное	$0.3 - x$	$0.3 - x$	$2x$

$$K_p = \frac{(2x)^2}{(0.3 - x) * (0.3 - x)} = \frac{(2x)^2}{(0.3 - x)^2} = \left(\frac{2x}{0.3 - x}\right)^2 = 1.6 * 10^{33}$$

$$\frac{2x}{0.3 - x} = \sqrt{1.66 * 10^{33}} = 4.07 * 10^{16}$$

$$x \approx 0.3$$

$$p(Cl_2)_{\text{равновесное}} = p(H_2)_{\text{равновесное}} = 0.3 - 0.3 = 0 \text{ бар}$$

$$p(HCl)_{\text{равновесное}} = 2 * 0.3 = 0.6 \text{ бар}$$

Как мы видим, давление хлора и водорода близко к 0 атм. Оно действительно пренебрежимо мало по сравнению с давлением хлороводорода.

**Второе утверждение: неверно**

Зажигание искры сообщает некоторое количество энергии в систему, которое нужно, чтобы число молекул водорода и хлора, обладающих энергией большей, чем энергия активации реакции, возросло. Но оно никак не влияет на само значение энергии активации.

**Третье утверждение: неверно**

По той же причине, что и во втором утверждении, это утверждение тоже является неверным.

**Четвертое утверждение: неверно**

Обратная реакция выглядит так:

$$2HCl_{\text{газ}} \rightleftharpoons H_{2\text{газ}} + Cl_{2\text{газ}}$$
$$K_p(\text{обратная}) = \frac{p_{\text{равновесное}}(H_2) * p_{\text{равновесное}}(Cl_2)}{p_{\text{равновесное}}^2(HCl)} = \frac{1}{K_p(\text{прямая})} = \frac{1}{1.6 * 10^{33}} = 6.25 * 10^{-34}$$

Как мы видим, это значение намного меньше  $1.5 * 10^5$ .

**Пятое утверждение: верно**

До зажигания искры реакции не шло, соответственно, давление  $HCl$  было равно нулю. Посчитаем  $Q$  до зажигания искры и получим:

$$Q = \frac{(0)^2}{(0.3 - 0) * (0.3 - 0)} = 0$$

За каждое выбранное правильное утверждение - 0.75 баллов

За каждое выбранное неправильное утверждение вычитается 0.5 баллов.

Количество набранных баллов за пункт не может быть меньше 0.

Всего 1.5 балла за пункт.

## Задача №4. Титрование (Бекхожин Ж.)

1	2	3	4	4	Всего
1.4	2	4.1	1	1.5	10

Для подготовки к олимпиаде по химии, Алия решила провести определение чистоты карбоната кальция с помощью окислительно-восстановительного титрования.

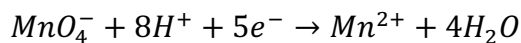
Сначала, ей необходимо было приготовить стандартные растворы оксалата и перманганата. Для этого она отвесила 1.843 г оксалата натрия ( $Na_2C_2O_4$ ) и растворила в 100.0 мл дистиллированной воды. Перенесла 20.00 мл этого раствора в коническую колбу, она добавила разбавленной серной кислоты чтобы создать кислую среду и начала титровать приготовленным раствором перманганата калия. После добавления 11.67 мл перманганата, раствор приобрел малиновый цвет который не исчезал после стояния.

1. Запишите полуреакции восстановления и окисления, протекающие в данном титровании. Затем запишите уравновешенную окислительно-восстановительную

Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

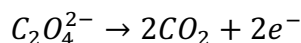
реакцию. Во всей задаче принимаются как молекулярные ( $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$ ), так и ионные ( $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ ) уравнения.

Полуреакция восстановления:



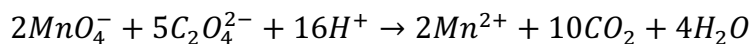
(0.4 балла)

Полуреакция окисления:



(0.4 балла)

Уравновешенная реакция:



(0.6 балла)

2. Определите концентрации растворов оксалата и перманганата, просто подставив коэффициенты из пункта выше, где это требуется (то есть не нужно объяснять почему вы умножаете на это)

$$C_{Na_2C_2O_4} = \frac{n_{Na_2C_2O_4}}{V_{Na_2C_2O_4}} = \frac{m_{Na_2C_2O_4}}{M_{Na_2C_2O_4} * V_{Na_2C_2O_4}} = 0.1375 M$$

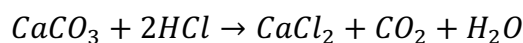
(1 балл)

$$C_{KMnO_4} = \frac{2}{5} * \frac{C_{Na_2C_2O_4} * V_{Na_2C_2O_4, \text{аликв.}}}{V_{KMnO_4}} = 0.09428 M$$

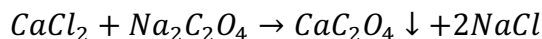
(1 балл)

Затем, она отвесила 0.4375 г карбоната кальция, в котором могли быть примеси. Добавив избыток разбавленной соляной кислоты, Алия наблюдала небольшое выделение газа. Затем она нейтрализовала кислоту, доведя среду до нейтральной гидроксидом натрия, и разбавила раствор до 50.00 мл. При добавлении к полученному раствору 50.00 мл приготовленного ранее раствора оксалата натрия, раствор помутнел и выпал осадок. Чтобы избавиться от осадка, Алия отфильтровала раствор и промыла фильтр водой чтобы количественно перенести раствор в чистую коническую колбу. После добавления разбавленной серной кислоты она начала титровать раствор перманганатом, потратив 12.52 мл раствора перманганата для достижения точки эквивалентности.

3. Запишите реакцию карбоната кальция с соляной кислотой и реакцию полученного раствора с оксалатом натрия. Основываясь на этом, определите количество вещества и массовую долю карбоната кальция в навеске.



**(0.2 балла)**



**(0.4 балла)**

$$n_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4, \text{оставш.}} = \frac{5}{2} * C_{\text{KMnO}_4} * V_{\text{KMnO}_4} = 2.951 \text{ ммоль}$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = C_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} * V_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} - n_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4, \text{оставш.}} = 0.1375 * 50 - 2.951 = 3.924 \text{ ммоль}$$

**(3 балла)**

$$\omega = \frac{n_{\text{CaCO}_3} * M_{\text{CaCO}_3}}{m_{\text{навески}}} = 89.78\%$$

**(0.5 балла)**

4. Ключевым качеством реакций, используемых в аналитике, является их количественность и необратимость, то есть они должны протекать только по одному пути, без образования побочных продуктов, и протекать максимально полно. Рассматривая образование осадка из кальция и оксалата, считайте для расчетов в этом пункте что навеска карбоната абсолютно чистая.

Рассчитайте концентрацию оксалат-ионов в растворе после того как весь осадок выпал, выпадение осадка возьмите как количественную реакцию.

$$C_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}} = C_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}^0 * \frac{V_0}{V_0 + V_1} - \frac{m_{\text{навески}}}{M_{\text{CaCO}_3} * (V_0 + V_1)} = 0.02504 \text{ M}$$

**(1 балл)**

5. Зная, что произведение растворимости осадка равно  $2.3 * 10^{-9} \text{ M}^2$ , рассчитайте концентрацию кальция в растворе после выпадения осадка. Какой процент от общего кальция остался в растворе (помните, что тут навеска берется как чистый карбонат кальция)?



Заключительный этап республиканской юниорской олимпиады по химии 2022.  
Комплект решений теоретического тура. 8 класс.

$$C_{Ca^{2+}} = \frac{K_{\text{ПР}}}{C_{C_2O_4^{2-}}} = 9.2 * 10^{-8}$$

**(1 балл)**

$$\chi = \frac{C_{Ca^{2+}} * (V_0 + V_1) * M_{CaCO_3}}{m_{\text{навески}}} = 2.1 * 10^{-6} = 0.00021\%$$

**(0.5 балла)**