



Комплект задач
Beyond Olympiad #2
по Химии
I тур
9 класс
26 февраля 2022

Регламент олимпиады

На выполнение олимпиады Вам дается 3 часа. Начало олимпиады: 11:00 по времени г. Алматы (GMT +6), конец олимпиады – 14:00. По завершении ваши решения необходимо отправить с помощью платформы Gradescope.com. (Инструкции по отправке см. ниже)

Инструкция по выполнению и оформлению:

Выполнять задания Вы можете в любом порядке, при этом **необходимо**

- Оформлять каждую задачу **на отдельном листе**
- Вверху листа писать номер задачи, но при этом **запрещается** писать ваше имя, фамилию, инициалы или какие-либо другие личные идентификаторы
- Если решение задачи требует больше одного листа, то в конце страницы следует написать (Продолжение задачи номер __ на следующей странице). При этом вверху следующей страницы необходимо пометить, что это является продолжением определенной задачи
- **Рекомендуется** придерживаться понятного и разборчивого почерка, избегать излишних зачеркиваний

Инструкции по отправке решений:

Необходимо завершить выполнение заданий не позднее 14:00 по времени Алматы. По окончанию работы, вам необходимо объединить сканы ваших решений в один pdf-файл. Отметим, что в Google Play и AppStore есть множество приложений (PDF scanner, scanner app, scanbot и другие), предназначенных для этих целей. PDF-файл необходимо загрузить на сайт Gradescope.com. Решения первого тура Олимпиады по химии принимаются в течение **20 минут** после окончания олимпиады. Код курса: **P536BW**.

Памятка участнику:

- Из канцелярских принадлежностей **разрешаются**: карандаши, ручки, ластик, линейка.
- **Разрешается** пользоваться калькулятором (простым, инженерным или графическим), периодической таблицей (на пятой странице) и таблицей растворимости.
- Ответы **следует** округлять до четырех значащих цифр.
- **Строго запрещается** пользоваться помощью посторонних людей и дополнительной литературой, включая интернет-источники и учебные пособия.
- Попытки списывания и нарушения академической честности повлекут к **дисквалификации** участника, а также к **запрету на участие** во всех последующих Beyond Olympiad.

Результаты будут оглашены в течении 21 дня после окончания Олимпиады.

При наличии вопросов по проведению олимпиады следует также писать на почту chemistry@bcedu.kz или olympiads@bc-pf.org или в официальные аккаунты соц. сетей BEYOND CURRICULUM.

Организаторы, составители задач и жюри олимпиады:

- Альмуханов Амир, ученик НИШ ХБН г. Караганда
- Бисенали Санжар, ученик НИШ ФМН г. Астана
- Касымалы Мадияр, ученик БИЛ г. Караганда
- Молдагулов Галымжан, студент KAIST
- Мужубаев Абильмансур, студент NU
- Нурланова Альмира, ученица НИШ ХБН г. Павлодар
- Тайшыбай Айдын, студент NU
- Турсын Нуржан, студент PTE
- Черданцев Владислав, студент MIT

Желаем успехов!

Данный комплект состоит из 5 задач:

Задача 1. Кислоты и основания (Нурланова А.)	6
Задача 2. А такое возможно? (Турсын Н.)	9
Задача 3. Отравление на усадьбе Кэмпбеллов (Молдагулов Г.)	11
Задача 4. А вдруг железо... (Турсын Н.)	13
Задача 5. Удивительный минерал (Нурланова А.)	15

Номер задачи	Максимальный балл за задачу	Вес задачи
1	21	25
2	12	15
3	14	20
4	20	15
5	24	25

Что означает эта таблица?

Исходя из этой таблицы, Вы можете видеть, что каждая задача имеет свой удельный вес. То есть, один балл одной задачи не эквивалентен одному баллу другой задачи. Внутри каждой задачи подсчитывается ваш балл, согласно разбалловке составителя, затем по пропорции находится ваш окончательный балл за задачу.

Удельный вес каждой задачи согласован каждым членом жюри.

Периодическая таблица

1 H 1.008												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 -

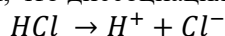
Задача 1. Кислоты и основания (Нурланова А.)

1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	Всего	% от общего
3	2	5	8	3	21	

1. Теория кислот и оснований начала развиваться еще в XVII веке. До нынешнего момента были предложены несколько теории и понятия этих соединений. Сейчас химики пользуются более расширенным понятием кислоты по теории Льюиса. В зависимости от степени диссоциации кислоты определяется ее сила. По категории принято делить кислоты на два: сильные и слабые.

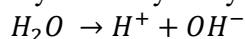
a. Рассчитайте pH раствора HCl с концентрацией 6.00×10^{-8} М. Используйте уравнение электронейтральности.

HCl – сильная кислота, поэтому примем, что диссоциация идет полностью. В таком случае:



$$c(HCl)_{исх} = c(Cl^-) = 6.00 \times 10^{-8} \text{ М (0.5 балл)}$$

Концентрация кислоты маленькая, поэтому также нужно учитывать автопротолиз воды. (0.5 балл)



$$[H^+] = [OH^-] + [Cl^-] \text{ (0.5 балл)}$$

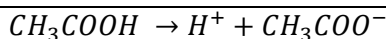
$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[H^+]} + [Cl^-]$$

$$[H^+]^2 = K_w + [Cl^-] \times [H^+] \text{ (0.5 балл)}$$

Решив это квадратное уравнение получаем $[H^+] = 1.34 \times 10^{-7}$, соответственно $pH = 6.87$ (1 балл)

b. Рассчитайте pH раствора CH_3COOH с концентрацией 1.00×10^{-2} М. Константа диссоциации кислоты = 1.74×10^{-5} .



было:	1.00×10^{-2}	0^*	0
стало:	$1.00 \times 10^{-2} - x$	x	x

$$K = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{x^2}{1 \times 10^{-2} - x} = 1.74 \times 10^{-5}$$

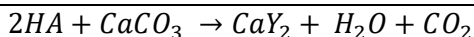
$$x^2 + 1.74 \times 10^{-5}x - 1.74 \times 10^{-7} = 0 \text{ (1 балл)}$$

Решив это квадратное уравнение получаем $x = 4.09 \times 10^{-4}$, $pH = 3.39$ (1 балл)

2. Фармацевтика бесспорно одна из самых важных и нужных отраслей в нашей жизни. Она очень тесно связана с аналитической химией, ведь даже 1 лишний грамм вещества может изменить ситуацию и состояние человека на 180 градусов.

a. Пациенту Пете выписали антацидные таблетки, которые предназначены для увеличения pH желудочного сока за счет нейтрализации кислотности. В состав таких таблеток могут входить гидрокарбонат натрия, гидроксид алюминия, гидроксид магния, карбонат кальция и прочие. Примите, что в таблетке встречается только карбонат кальция, чья массовая доля составляет 75.0%. Если принять желудочный сок за водный раствор объемом 250.0 мл одноосновной

сильной кислоты HA с $pH = 0.560$ до принятия препарата, то какую минимальную и максимальную массу антацида за раз должен принять Петя чтобы увеличить pH желудочного сока до приемлемых значений в $1.50 - 2.00$. Установите верхнюю и нижнюю границы. Примите, что объем раствора не меняется.



Кислота является сильной, поэтому принимаем, что

$$c(HA) = c(H^+) = 10^{-0.56} = 0.275$$

$$n(HA) = 0.275 \times 0.25 = 0.0688 \text{ моль (0.5 балл)}$$

Для нижней границы:

$$[H^+] = 10^{-1.5} = [HA]_{\text{оставшийся}} = 0.0316$$

$$n(HA)_{\text{осталось}} = 7.90 \times 10^{-3} \text{ (0.5 балл)}$$

$$n(HA)_{\text{прореагировало}} = n(HA)_{\text{исх}} - n(HA)_{\text{оставшийся}} = 0.0609 \text{ моль (0.5 балл)}$$

$$n(CaCO_3) = \frac{n(HA)_{\text{реакцияға түскені}}}{2} = 0.0305 \text{ моль}$$

$$m(CaCO_3) = 0.0305 \times 100 = 3.05 \text{ грамм}$$

$$m(\text{таблетки}) = \frac{m(CaCO_3)}{\omega(CaCO_3)} = 4.07 \text{ грамм (1 балл)}$$

Для верхней границы:

$$[H^+] = 10^{-2.0} = [HA]_{\text{оставшийся}} = 0.0100$$

$$n(HA)_{\text{осталось}} = 2.50 \times 10^{-3} \text{ (0.5 балл)}$$

$$n(HA)_{\text{прореагировало}} = n(HA)_{\text{total}} - n(HA)_{\text{осталось}} = 0.0663 \text{ моль (0.5 балл)}$$

$$n(CaCO_3) = \frac{n(HA)_{\text{прореагировало}}}{2} = 0.0332 \text{ моль}$$

$$m(CaCO_3) = 0.0332 \times 100 = 3.32 \text{ грамм}$$

$$m(\text{таблетки}) = \frac{m(CaCO_3)}{\omega(CaCO_3)} = 4.43 \text{ грамм (1 балл)}$$

Нижняя граница 4.07 грамма, верхняя граница 4.43 грамма. (0.5 балл)

b. Выведите функцию и график функции зависимости pH от массы таблетки.



Здесь абсцисса – масса(граммы), ордината – pH .

за обозначение осей по 0.5 балла за каждую. График – 3 балла. В графике должны быть указаны минимально 2 точек(2 балла), график логарифмической функции(1 балл). Всего 4 балла

Вывод функции:

$$pH = -\log_{10}[H^+] = -\log_{10}[HA]$$

$$n(CaCO_3) = \frac{m_{\text{таблетка}} \times \omega(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} \text{ (1 балл)}$$

$$n(HA)_{\text{прореагировало}} = 2n(CaCO_3)$$

$$n(HA)_{\text{осталось}} = n(HA)_{\text{исх}} - n(HA)_{\text{прореагировало}}$$

$$n(\text{HA})_{\text{осталось}} = 0.0688 - 2 \times \frac{m_{\text{таблетка}} \times \omega(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} \quad (1 \text{ балл})$$

$$[\text{HA}] = \frac{n(\text{HA})_{\text{осталось}}}{V}$$

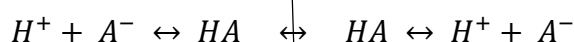
$$\text{В итоге: } pH = -\log_{10} \left[\frac{0.0688 - 2 \times \frac{m_{\text{таблетка}} \times \omega(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)}}{0.25} \right]. \quad (1 \text{ балл})$$

Обязательное условие $x \geq 0$. (1 балл)

График справедлив для случаев, где кислота находится в избытке*

- с. Способность лекарств попадать в кровь очень сильно влияет на их эффективность. Рассмотрим ситуацию с одним из наиболее популярных лекарств – ацетилсалициловая кислота (аспирин). $pK_a = 3.52$

Желудок (pH = 1.50) Мембрана Кровь (pH = 7.50)



Примите, что только нейтральные молекулы могут проходить через мембрану. Также примите, что концентрация недиссоциированной формы HA в желудке и в крови равны. Найдите соотношение концентрации общего количества всех форм аспирина в крови к концентрации в желудке.

$$K = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$$

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K}{[H^+]} \quad (0.5 \text{ балл})$$

$$[A^-] + [HA] = c(\text{HA})_{\text{tot}} \quad (0.5 \text{ балл})$$

В крови:

$$pH = 7.50, pK_a = 3.52, \text{ соответственно } \frac{[A^-]}{[HA]} = 9.55 \times 10^3 \quad (0.5 \text{ балл})$$

$$[A^-] + [HA] = c(\text{HA})_{\text{tot}} = 9551[HA]$$

В желудке:

$$pH = 1.50, pK_a = 3.52, \text{ соответственно } \frac{[A^-]}{[HA]} = 9.55 \times 10^{-3} \quad (0.5 \text{ балл})$$

$$[A^-] + [HA] = c(\text{HA})_{\text{tot}} = 1.00955[HA] \approx 1.01[HA]$$

В крови общее количество всех форм аспирина больше, чем в желудке, в

$$\frac{9551}{1.00955} = 9460 \text{ раз.} \quad (1 \text{ балл})$$

Задача 2. А такое возможно? (Турсын Н.)

2.1	2.2	2.3	2.4	Всего	% от общего
2	2	5	5	14	

Гомогенная реакция: $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$

1. Вычислить энергию реакции Гиббса ΔG для реакции водяного газа при 1300 К. И ответьте на вопрос: самопроизвольна ли реакция? Такое возможно?

Если энтальпия реакции при данной температуре: 42500 Дж/моль

Энтропия реакции: 30.8 Дж/моль*К

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 42500 - 1300 * 30.8 = 2460 \text{ Дж/моль} = 2.46 \text{ кДж/моль}$$

(1 балл)

Энергия Гиббса отрицательна, что соответствует условиям самопроизвольной реакции.

(0,5 балл)

2. Вычислите константу равновесия реакции при 1300 К

$$\Delta G = -RT \ln K_p = -8.314 * 1300 * \ln K_p = 2460 \text{ Дж/моль}$$

$$K_p = 0,796$$

(2 балл)

3. Смесь газов, содержащая (по объёму): 10% H_2 ; 45% CO и 45% H_2O пара нагревается до 1300 К. Каков состав смеси после установление равновесия воды и газа?

$$K_p = \frac{\chi(\text{CO}) * \chi(\text{H}_2\text{O})}{\chi(\text{CO}_2) * \chi(\text{H}_2)} = \frac{(0.45-x)(0.45-x)}{x(0.1+x)} = 0.796$$

(2 балл за уравнение)

$$x = 0.216$$

(1 балл)

Конечный состав: 21,6% CO_2 ; 31,6% H_2 ; 23,4% CO ; 23,4% H_2O (по 0,5 балл за каждое)

4. Как измениться равновесие если:

Увеличить температуру?

Уменьшить содержание воды? А если увеличить?

Уменьшить содержание углекислого газа? А если увеличить?

Если

увеличить температуру равновесие смещается вправо;

уменьшить содержание воды равновесие смещается влево;

увеличить содержание воды равновесие смещается вправо;

уменьшить содержание углекислого газа равновесие смещается влево;

увеличить содержание углекислого газа равновесие смещается вправо.

(по 1 баллу за каждое объяснение)

Задача 3. Отравление на усадьбе Кэмпбеллов (Молдагулов Г.)

3.1	3.2	3.3	Всего	% от общего
8	2	2	12	

За всю свою двадцатитрёхлетнюю карьеру в качестве детектива Шерлоку Холмсу не раз приходилось иметь дело с поиском подозреваемых по их «химическим» следам. В одном из таких дел на усадьбе знатного предпринимателя Д. Кэмпбелла Шерлок Холмс наткнулся на кашемировый платок на котором были бурые пятна, и полупустую склянку с 18.6 г пахучей жидкости. Шерлок Холмс предположил что этим веществом преступник пропитал платок и задушил господина Кэмпбелла. Холмс тут же обратился к своему приятелю химику, что бы узнать чем был пропитан зловещий платок. При сжигании половины образца было получено 26.4 г углекислого газа, 6.3 г паров воды и 1.4 г азота (*реакция 1*). При полном испарении остальной половины был получен газ объёмом 3.0 л при температуре 227 °С и давлении 138.5 кПа, а для полного её гидрирования при той же температуре, но при давлении 166.2 кПа им потребовалось 7.5 л водорода (*реакция 2*). В ходе химического анализа химик определил формулу вещества и предоставил четыре изомера искомого вещества.

1. Определите какие изомерные вещества химик предложил Холмсу. Покажите ход решения. Коротко объясните как вышеупомянутые факты помогли вам определить структурные особенности.
2. Запишите упомянутые в задаче химические реакции.
3. Кратко поясните какие дальнейшие действия может предпринять наш любимый сыщик?

Решение:

1.
Судя по продуктам сгорания, неизвестное вещество является органическим соединением.

$$\nu(CO_2) = \frac{26.4 \text{ г}}{44.01 \text{ г/моль}} = 0.6 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O) = \frac{6.3 \text{ г}}{18.02 \text{ г/моль}} = 0.35 \text{ моль}$$

$$\nu(N_2) = \frac{1.4 \text{ г}}{28.02 \text{ г/моль}} = 0.05 \text{ моль}$$

$$\nu(C) : \nu(H) : \nu(N) = \nu(CO_2) : 2\nu(H_2O) : 2\nu(N_2) = 0.6 : (2 \cdot 0.35) : (2 \cdot 0.05) = 6 : 7 : 1 \text{ (1 балл)}$$

Вещество могло содержать кислород и исходя из выше записанных расчётов мы можем записать его химическую формулу как $C_aH_bO_cN_d$.

$$\nu(\text{неизвестное вещество}) = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{138.5 \text{ кПа} \cdot 3.0 \text{ л}}{8.314 \text{ кПа} \cdot \text{л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 500 \text{ К}} = 0.1 \text{ моль}$$

$$M_w = \frac{(18.6 \text{ г})/2}{0.1 \text{ моль}} = 93 \text{ г/моль (1 балл)}$$

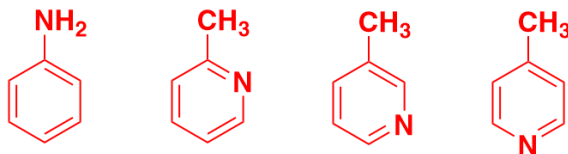
Таким образом молекулярная масса соответствует формуле C_6H_7N , где как вы могли уже догадаться индекс c равен нулю. (1 балл)

Исходя из количества водорода которое необходимо для гидрирования мы можем найти коэффициенты реакции:

$$v(H_2) = \frac{166.2 \text{ кПа} \cdot 7.5 \text{ л}}{8.314 \text{ кПа} \cdot \text{л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 500 \text{ К}} = 0.3 \text{ моль}$$

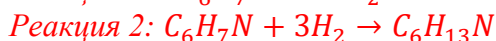
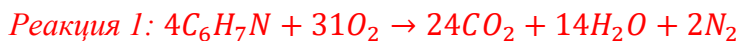
$$v(C_6H_7N):v(H_2) = 0.1 : 0.3 = 1 : 3$$

Степень ненасыщенности C_6H_7N равен четырём, но для гидрирования необходимо лишь три молекулы водорода. Данный факт приводит к заключению что структура содержит цикл и три ненасыщенные связи. Под данное описание подходят четыре изомера:



*1 балл за вывод структурных особенностей. По 1 баллу за каждый изомер
Итого 8 баллов за пункт.*

2.



По 1 баллу за каждую реакцию. Итого 2 балла за пункт.

3. Среди вышепредставленных изомеров анилин является веществом промышленного значения. Так как анилин не имеет повседневного применения заисключением промышленности то скорее всего Шерлок Холмс направится проведать химические предприятия производящие или использующие анилин в больших масштабах.

В этом пункте принимаются альтернативные варианты разумных ответов.

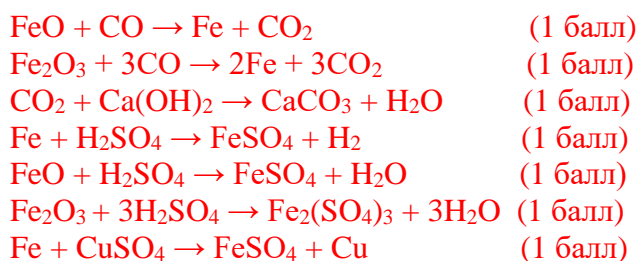
Итого 2 балла за пункт.

Задача 4. А вдруг железо... (Турсын Н.)

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	% от общего
7	6	5	2	20	

Образец железной руды массой 1 кг состоящий из смеси оксидов железа Fe_2O_3 и FeO нагрели в избытке монооксида углерода. Получившееся чистое железо выплавили в железный слиток, а смесь газообразных продуктов пропустили через избыток известковой воды, в результате чего выпало 1510,42 г осадка. Затем железный слиток поместили в 30% процентный по массе раствор сульфата меди в ходе чего масса слитка увеличилась на 40 г, а в растворе образовался раствор с равными массовыми долями солей. Для растворения такого же количества исходной смеси понадобилось 1437,1 мл концентрированной серной кислоты с плотностью 1,03 г/мл.

4.1. Напишите все вышеупомянутые реакции.



4.2. Рассчитайте массы исходных веществ в смеси.

$$\begin{aligned}n(\text{Fe}_2\text{O}_3) &= x \text{ молей} & n(\text{FeO}) &= y \text{ молей} \\ m(\text{ис. смеси}) &= 1000 \text{ г} = 160x + 72y \\ n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) &= \frac{1510,42 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 15,1042 \text{ моль} = 3x + y \quad (\text{правильное уравнение } 3 \text{ балла}) \\ \text{Решая данное двойное уравнение, мы находим что } x &= 1,56 \text{ моль} && (1 \text{ балл}) \\ & & & y = 10,4165 \text{ моль} \\ m(\text{Fe}_2\text{O}_3) &= 1,56 \cdot (56 \cdot 2 + 48) = 250 \text{ г} \\ m(\text{FeO}) &= 10,4165 \cdot (56 + 16) = 750 \text{ г} && (\text{по } 1 \text{ баллу за массы})\end{aligned}$$

За неокругленные значения баллы не снимаются

4.3. Определите массу раствора сульфата меди.

Задача 5. Удивительный минерал (Нурланова А.)

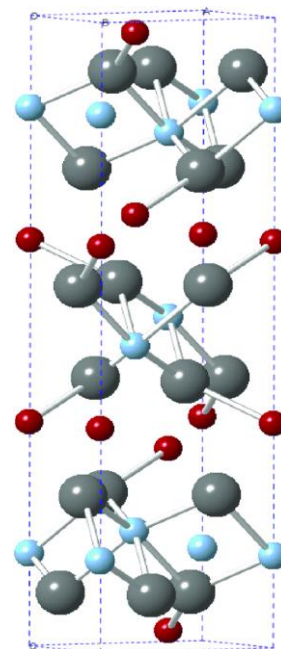
1.1	1.2	2.1	Всего	% от общего
8	1	15	24	

1. Некий минерал **Z**, впервые найденный в России на Южном Урале, является важным сырьем в производстве переходного металла **X** и его производных (оксидов, галогенидов и тд).

Известно что

- Один из элементов (**Y**) в составе этого минерала является металл, известный нам с давних пор, в честь которого была названа эпоха в истории. Соли этого металла окрашивают пламя горелки в светло-желтый цвет.
- Кислород входит в состав минерала. Массовая доля кислорода составляет 31.64%.

Кристаллическая ячейка минерала приведена справа. Ключ: серые атомы – O, голубые – **X**, красные – **Y**.



- 1.1. Определите металлы **X** и **Y**, а также формулу искомого минерала **Z**. Приведите ваши расчёты.

По описанию очевидно, что металл **Y** – железо. (1 балл)

Анализируя кристаллическую решетку минерала, выводим общую формулу минерала. Количество атомов кислорода в одной кристаллической решетке – 18 (1 балл), количество атомов железа = $8 \times \frac{1}{4} + 4 = 6$ (1.5 балл), количество атомов **X** = $8 \times \frac{1}{4} + 4 = 6$ (1.5 балл).

Из этих данных выводим брутто-формулу минерала – $XFeO_3$ (0.5 балл).

Далее:

$$\omega(O) = \frac{15.999 \times 3}{55.845 + A_r(X) + 15.999 \times 3} = 31.64\%$$

Отсюда $A_r(X) = 47.855$, соответственно **X** = Ti. (1.5 балл)

Формула искомого минерала – $FeTiO_3$. (1 балл)

В случае решения задач без использования кристаллической решетки также выдается полный балл.

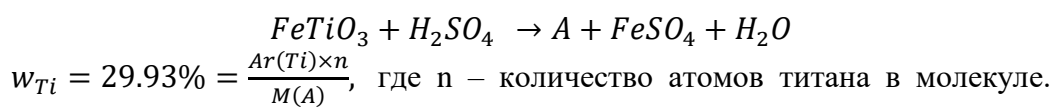
Максимум 8 баллов за пункт.

- 1.2. Сколько формульных единиц содержится в кристаллической ячейке минерала?

Количество атомов кислорода в одной кристаллической ячейке – 18, количество атомов железа – 6, количество атомов титана – 6. $Ti_6Fe_6O_{18} = (TiFeO_3)_6$. (Данные с предыдущего пункта)
6 формульных единиц содержится в элементарной ячейке. (1 балл)

2. При растворении минерала **Z** в концентрированной серной кислоте при 110 – 120 °С приводит к образованию белого вещества **A** ($w_x = 29.93\%$) и сульфата металла **Y** (реакция 1). Если обработать **A** каустической содой то образуется соединение **B** (реакция 2), содержащего 49.04% кислорода по массе. Нагрев вещества **B** приводит к образованию **C** (реакция 3) – оксид металла **X**, для получения которого данный минерал служит сырьем. Реакция соединения **B** с пероксидом водорода и водой дает необычный кристаллогидрат **D**, содержащий в себе пероксоанион (реакция 4). Возьмите, что стехиометрические коэффициенты в этой реакции – 1:1:1. Массовая доля металла **X** в **D** = 31.93%.

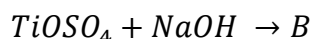
2.1. Определите формулы зашифрованных веществ **A** – **D**, а также запишите уравнения реакций 1 – 4. Покажите ваши расчёты.



Соответственно $M(A) = \frac{Ar(Ti) \times n}{0.2993} = 159.93n \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Судя по реакции, вещество **A** может содержать титан и сульфат ион SO_4^{2-} . Запишем формулу **A** как $Ti_nX_y(SO_4)_m$, где **X** неизвестный анион.

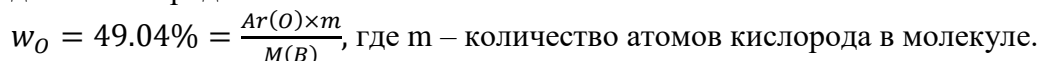
Предположим, что $n=1$:

Тогда $M(A) = 159.93 \text{ г/моль}$. Далее, отнимаем массу известных нам анионов и катионов. $M(SO_4^{2-}) = 96.056 \text{ г/моль}$. Максимальное количество сульфат аниона в составе этого вещества – 1. $M_{\text{ост}} = 159.93 - 47.867 - 96.056 = 16.007$, что соответствует массе кислорода. Проверяем на корректность по общему заряду соединения: $Ti^{4+} O^{2-} SO_4^{2-}$. Все сходится, можем выводить формулу. Формула соединения **A** - $TiOSO_4$.



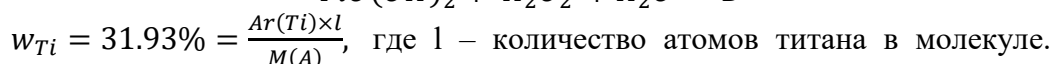
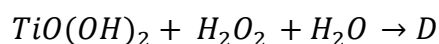
Это реакция обмена между сульфатом титанила (TiO^{2+}) и гидроксидом натрия. Очевидно, что образуется гидроксид титанила $TiO(OH)_2$.

Также, можно было найти соединение **B**, используя данную массовую долю кислорода.



Соответственно $M(B) = \frac{Ar(O) \times m}{0.4904} = 32.62m \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Очевидно, что $m \neq 1$, так как соединение с молярной массой 32.62г не могло содержать атом титана с атомной массой 47.867г. Таким же образом, $m \neq 2$, соединение с молярной массой $65.24 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, не может состоять из титана и двух атомов кислорода. При $m = 3$, молярная масса **B** составляет = 97.87. Отнимаем массу трех атомов кислорода и атома титана: $97.87 - 47.867 - 48 = 2$, что соответствует двум атомам водорода. Формула соединения **B** – $TiO(OH)_2$.

По описанию **C** – оксид металла **X**, соответственно TiO_2 .



Коэффициенты реагентов 1:1:1, так что **D** содержит всего один атом

титана. Соответственно $M(D) = \frac{Ar(Ti) \times l}{0.3193} = 149.91 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Отнимаем массу титана и пероксоаниона: $149.91 - 47.867 - 32 = 70$. Знание коэффициентов реагентов дает знать сколько и какие элементы остались. Остались 6 атомов водорода, 4 атома кислорода (в общем 6, -2 на пероксоанион), что соответствует 3 молекулам воды и одному кислороду, который будет в составе соединения. Формула соединения D выглядит так: $TiO(O)_2 \cdot 3 H_2O$.

A – $TiOSO_4$ (2 балла)*

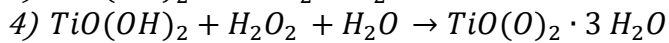
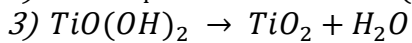
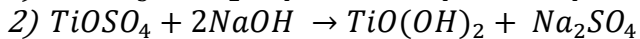
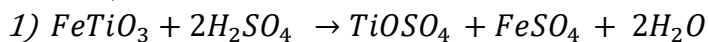
B – $TiO(OH)_2$ (2 балла)*

C – TiO_2 (1 балл)

D – $TiO(O)_2 \cdot 3 H_2O$ (2 балла)*

* - Если соответствующие расчеты не были предоставлены, не объяснена логика выведения вещества 0.5 баллов за вещество.

Реакции:



За каждую правильную реакцию с коэффициентами – 2 балла. Ошибка с коэффициентами -1 балл за реакцию. Максимально 15 баллов за пункт.