



Комплект задач
Beyond Olympiad #2
по Химии
I тур
7-8 классы
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. Работы 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. Кристаллогидрат (Молдагулов Г.).....	6
Задача 2. Газовая смесь (Молдагулов Г.)	7
Задача 3. Погружение под воду (Молдагулов Г.)	9
Задача 4. А вдруг железо... (Турсын Н.).....	10
Задача 5. АБВГД (Молдагулов Г.)	12

Номер задачи	Максимальный балл за задачу	Вес задачи
1	5	15
2	13	20
3	10	20
4	20	25
5	16	20

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. Кристаллогидрат (Молдагулов Г.)

Всего	% от общего
5	15

Рассчитайте массу кристаллов медного купороса которые выпадут в осадок при охлаждении насыщенного раствора сульфата меди(II) массой 200 г при 90 °С до 30 °С, если растворимость соли при этих температурах составляет 40 г и 20 г на 100 г воды соответственно?

Решение:

Для начала определим массу растворенного сульфата меди в исходном растворе. Запишем пропорцию массы растворенного вещества на общую массу раствора:

$$\begin{array}{r} 40 \text{ г} \quad - \quad 140 \text{ г} \\ x \text{ г} \quad - \quad 200 \text{ г} \end{array}$$
$$x = \frac{200 \cdot 40}{140} \approx 57.14 \text{ г}$$

Тогда масса воды в растворе будет равна $200 - 57.14 = 142.86 \text{ г}$.

Расчёт содержимого в растворе при 90 °С – 2 балла.

Скажем что при охлаждении раствора выпало в осадок y моль медного купороса в соответствии со следующим уравнением:



В таком случае масса растворенного вещества уменьшится на $160y$ г, а масса всего раствора уменьшится на $250y$ г.

$$\begin{array}{r} 20 \text{ г} \quad - \quad 120 \text{ г} \\ (57.14 - 160y) \text{ г} \quad - \quad (200 - 250y) \text{ г} \end{array}$$
$$57.14 - 160y = \frac{20 \cdot (200 - 250y)}{120}$$

Составление правильной зависимости содержания соли в растворе при 30 °С – 2 балла.

$$\begin{aligned} 120 \cdot (57.14 - 160y) &= 20 \cdot (200 - 250y) \\ 6856.8 - 19200y &= 4000 - 5000y \\ 2856.8 &= 14200y \\ y &\approx 0.2012 \text{ моль} \end{aligned}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0.2012 \text{ моль} \cdot 250 \text{ г/моль} \approx 50.30 \text{ г}$$

Расчёт массы кристаллогидрата – 1 балла.

Задача 2. Газовая смесь (Молдагулов Г.)

1	2	Всего	% от общего
6	7	13	20

Юная учёная Назия решила проверить вашу смекалку составив необычную практическую задачу. Для этого Назия перекрасила три газовых баллона разных соединений в единый серый цвет, предоставила необходимое для опыта оборудование и передала вам следующие инструкции:

«Перед вами баллоны наполненные чистыми газообразными веществами, среди которых есть самый лёгкий газ, газ поддерживающий горение и газ с запахом тухлых яиц. Наполните красный шар газом из первого баллона, а синий шар смесью газов из второго и третьего баллонов, так чтобы оба шара были равны по объёму при н.у. и по массе. Наполняйте синий шар в указанной выше последовательности, что бы тот ненароком не улетел в процессе. Опустошите оба шара в металлический сосуд ёмкостью 4 литра содержащий азот при н.у. Запишите плотность получившейся газовой смеси в сосуде».

1. Определите чем были заполнены каждый из баллонов. Предоставьте краткое пояснение своего ответа.
2. Рассчитайте объём шаров с учётом того что в ходе эксперимента измеренная вами плотность газовой смеси в сосуде составила 9.25 г/л.

Решение:

1.
 - (довод 1) Самый лёгкий газ – водород (H_2), газ поддерживающий горение – кислород (O_2), а газ с запахом тухлых яиц – сероводород (H_2S).
 - (довод 2) Получить два шара с одинаковым объёмом и массой, а значит и плотностью, возможно лишь при смешении наилегчайшего и наитяжелейшего из трёх газов в синем шаре.
 - (довод 3) Обратим внимание на последовательность заполнения шара. Если бы мы заполнили его вначале водородом, который легче воздуха, то был бы риск того что тот улетел. Значит для предотвращения подобного случаю шар сначала был заполнен сероводородом, который тяжелее воздуха.

Тогда в первом баллоне был кислород, во втором сероводород, а в третьем водород.

За каждое правильно определенное вещество по 1 баллу.

За каждый правильный довод по 1 баллу.

Итого 6 баллов за пункт.

2.

$$\varphi(H_2) + \varphi(H_2S) = 1$$

$$\varphi(H_2) \cdot M_w(H_2) + \varphi(H_2S) \cdot M_w(H_2S) = M_w(O_2)$$

$$\varphi(H_2) \cdot 2 \text{ г/моль} + \varphi(H_2S) \cdot 34 \text{ г/моль} = 32 \text{ г/моль}$$

$$\varphi(H_2) \cdot 2 + (1 - \varphi(H_2)) \cdot 34 = 32$$

$$\varphi(H_2) = \frac{2}{32} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

$$\varphi(H_2S) = 0.9375$$

Расчёт состава содержимого синего шара – 2 балла.

Масса содержимого в сосуде: $m = 9.25 \text{ г/л} \cdot 4 \text{ л} = 37 \text{ г}$

Расчёт массы – 1 балл.

$$m(N_2) = \frac{4 \text{ л}}{22.4 \text{ л/моль}} \cdot 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 5 \text{ г}$$

Расчёт массы – 1 балл.

$$v(O_2) = v(H_2S) + v(H_2) = V_{\text{шар}} / \left(22.4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}\right)$$

$$v(O_2) \cdot 32 \text{ г/моль} + v(H_2S) \cdot 34 \text{ г/моль} + v(H_2) \cdot 2 \text{ г/моль} = 37 \text{ г} - 5 \text{ г} = 32 \text{ г}$$

$$\frac{V_{\text{шар}}}{22.4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} \cdot [32 \text{ г/моль} + (0.9375 \cdot 34 \text{ г/моль} + 0.0625 \cdot 2 \text{ г/моль})] = 37 \text{ г} - 5 \text{ г} = 32 \text{ г}$$

Вывод формулы расчёта объёма – 2 балл.

$$V_{\text{шар}} = 11.2 \text{ л}$$

Расчёт объёма – 1 балл.

Итого 7 баллов.

Задача 3. Погружение под воду (Молдагулов Г.)

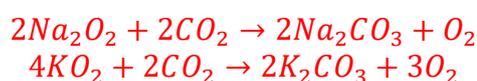
3.1	3.2	3.3	Всего	% от общего
3	3	4	10	20

В дыхательных аппаратах для подводных военных операций используют оксилит – эквимольную смесь порошков пероксида натрия и надпероксида калия пресованных в форме таблеток – для регенерации кислорода.

1. Запишите химические реакции на которых основывается действие дыхательного аппарата.
2. Какой объём кислорода способен сгенерировать дыхательный аппарат снабжённый 745 г оксилита.
3. В состоянии покоя средний человек вдыхает и выдыхает в среднем 8 л воздуха в минуту. Как долго человек сможет находиться под водой с таким оборудованием, если содержание кислорода во вдыхаемом воздухе составляет 20%, а в выдыхаемом 15%?

Решение:

1.



По 1.5 балла за правильную реакцию.

2.

Так как смесь эквимольна:

$$(77.98 \text{ г/моль} + 71.10 \text{ г/моль}) \cdot x \text{ моль} = 745 \text{ г}$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{O}_2) = \nu(\text{KO}_2) = x \approx 5 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2) = 22.4 \text{ л/моль} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \nu(\text{Na}_2\text{O}_2) + \frac{3}{4} \cdot \nu(\text{KO}_2) \right) = 22.4 \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{4} \right) \cdot 5 = 140 \text{ л}$$

3 балла за правильный расчёт.

3.

$$t = \frac{140 \text{ л} / (0.20 - 0.15)}{8 \text{ л/мин}} = 350 \text{ мин}$$

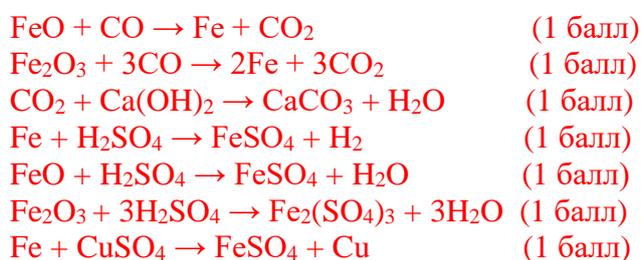
4 балла за правильный расчёт.

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

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	% от общего
7	6	5	2	20	25

Образец железной руды массой 1 кг состоящий из смеси оксидов железа II и III нагрели в избытке монооксида углерода. Получившееся чистое железо выплавляли 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.

$$\begin{aligned} n(\text{Fe}_2\text{O}_3) &= x \text{ молей} & n(\text{FeO}) &= y \text{ молей} \\ m(\text{ис. смеси}) &= 1000 \text{ г} = 160x + 72y \\ n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) &= \frac{1510.42 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 15,1042 \text{ моль} = 3x + y \quad (\text{правильное уравнение } 3 \text{ балла}) \\ \text{Решая данное двойное уравнение, мы находим что } & x = 1.56 \text{ моль} && (1 \text{ балл}) \\ & y = 10.4165 \text{ моль} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} m(\text{Fe}_2\text{O}_3) &= 1.56 \cdot (56 \cdot 2 + 48) = 250 \text{ г} \\ m(\text{FeO}) &= 10.4165 \cdot (56 + 16) = 750 \text{ г} \end{aligned} \quad (\text{по } 1 \text{ баллу за массы})$$

За неокругленные значения баллы не снимаются

4.3 Определите массу раствора сульфата меди.



$$\begin{array}{ccc} -x & & +x \\ \Delta m_{\text{пластинки}} = 40 \text{ г} = -56x + 64x = 8x & x = 5 \text{ молей прореагировало} & (1 \text{ балл}) \end{array}$$

Выразим массовые доли раствора: масса раствора сульфата меди возьмём как “а”

$$\frac{5 \cdot (56 + 32 + 64)}{a - 40} = \frac{0.3a - 800}{a - 40} \quad (3 \text{ балла})$$

Решая уравнение данное выше, мы находим $a = 5200 \text{ г}$ что равно массе раствора сульфата меди. (1 балл)

4.4 Какая доля (в процентах) слитка прореагировала с раствором сульфата меди?

$$m(\text{слитка}) = m(\text{Fe из Fe}_2\text{O}_3) + m(\text{Fe из FeO}) = (1.56 \cdot 2 + 10.4165) \cdot 56 = 758.044 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Так как 5 молей железа прореагировало, отсюда рассчитываем:

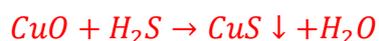
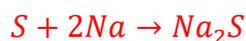
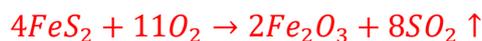
$$\omega(\text{Fe прореагировало}) = \frac{5 \cdot 56}{758.044} \cdot 100\% = 36.937\% \quad (1 \text{ балл})$$

Задача 5. АБВГД (Молдагулов Г.)

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	Реакции	Всего	% от общего
2	1	1	1	1	1	1	1	7	16	20

При полном сгорании вещества **А** образовалось твёрдое вещество **Б** и газ **В**, способный окрашивать мокрую лакмусовую бумагу в красный цвет. При смешении **В** с бинарным газообразным веществом **Г**, с плотностью по воздуху 1.17, на дне сосуда начинает образоваться твёрдое простое вещество **Д** жёлтого цвета и конденсироваться капли воды. При сплавлении **Д** с металлическим натрием получается соль **Е**. Если растворить **Е** в воде, а затем подкислить получившийся раствор небольшим количеством соляной кислоты, то получится раствор содержащий хлорид натрия и кислую соль **Ж**. Если к раствору **Ж** прилить избыток соляной кислоты, то из раствора начнёт выделяться **Г**. При пропускании этого газа через оксид красного металла получится твердое вещество **З** чёрного цвета. Известно что массовая доля неметалла в веществе **А** больше в 1.6 раз чем в веществе **З**. Определите химические формулы зашифрованных веществ **А – З**. Запишите уравнения упомянутых реакций.

А – FeS₂, Б – Fe₂O₃, В – SO₂, Г – H₂S, Д – S, Е – Na₂S, Ж – NaHS, З – CuS.



2 балла за А. По 1 баллу за вещества Б – З. По 1 баллу за каждую реакцию.