



Комплект задач
Beyond Olympiad #3
по Химии
I тур
Младшая лига
7-9 классы
3 декабря 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 на почту chemistry@bc-pf.org (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 окончании 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 отправить на почту chemistry@bc-pf.org, используя ту же почту, которую указали при регистрации. Решения первого тура Олимпиады по химии принимаются в течение **20 минут** после окончания олимпиады.

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@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
- Илюсизов Ринат, ученик №8 лицея для одаренных детей г. Павлодар
- Касымалы Мадияр, студент NU
- Қоршыбек Диас, ученик БИЛ г. Тараз
- Молдагулов Галымжан, аспирант the Pennsylvania State University
- Нурланова Альмира, ученица НИШ ХБН г. Актау
- Нұрғалиев Санжар, студент NU
- Рахимбаева Тамила, ученица НИШ ХБН г. Павлодар

Желаем успехов!

Данный комплект состоит из 5 задач:

Задача 1. Щёлочи и их растворы	6
Задача 2. Необычные соединения элемента X	7
Задача 3. Прелести титрования.....	8
Задача 4. Растворение цинка.....	10
Задача 5. Хром.....	11

Номер задачи	Максимальный балл за задачу	Вес задачи
1	10	10
2	21	14
3	14	15
4	16	13
5	24.5	18

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																	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. Щёлочи и их растворы

1.1	1.2	1.3	1.4	Всего	% от общего
2	2	3	3	10	10

Химик Али решил провести органический синтез в своей лаборатории. Для этого ему потребовался 1.00М раствор гидроксида натрия. Допустив ошибку в расчётах, он приготовил на 20.0мл больше раствора NaOH, чем требуется. Чтобы нейтрализовать лишний раствор щёлочи, Али решил добавить к нему раствор соляной кислоты.

1. Запишите реакцию полной нейтрализации NaOH соляной кислотой. Напишите тривиальное название продукта нейтрализации.
2. Рассчитайте объём раствора соляной кислоты, который потребуется Али для полной нейтрализации, если её концентрация – 0.500М. Какова концентрация соли в г/мл в полученном растворе? Приведите соответствующие расчёты.

Щёлочи можно получить путём реакции некоторых металлов с водой. Используя этот способ, Али решил приготовить раствор щёлочи металла X. Добавив 0.500г металла X в 200мл дистиллированной воды, Али пронаблюдал образование мутного раствора и выделение 0.280л (н. у.) неизвестного газа.

3. Определите металл X. Запишите реакцию образования щёлочи. Ответы подтвердите расчётами. Почему раствор был мутный?
4. Отфильтровав раствор, Али получил чистый раствор щёлочи и 0.475г осадка. Приведите один пример использования такого раствора в лаборатории. Определите массу отфильтрованного раствора, если плотность дистиллированной воды $\rho=1\text{г/мл}$. Какова массовая доля щёлочи в отфильтрованном растворе? Ответы подтвердите расчётами.

[... баллов]

Задача 2. Необычные соединения элемента X

2.1	2.2	2.3	2.4	Всего	% от общего
1	15	3	2	21	14

Элемент X, впервые полученный в 19 веке, известен своими необычными соединениями с элементом А, который является самым распространенным элементом во Вселенной. Эти необычные соединения содержат меньше электронов, чем мы могли бы ожидать исходя из количества химических связей, соответственно называются электронодефицитными. Наиболее простым из этих соединений является Б, содержащее 6 атомов А.

1. Какие свойства, по теории Льюиса, будут проявлять соединения X с А : основные или кислотные? Объясните свой ответ.

Элемент X химически инертен при комнатной температуре, и взаимодействует лишь с галогеном М, при этом из 1г X получается 6,28г его галогенида В. При гидролизе В получаются две кислоты: С и Д. Массовая доля X в С составляет 17.47%. Также известно, что соединение С не содержит М. Соединение Д, наоборот, содержит М, чья массовая доля равна 86.56% М. Соединение С также может быть получена взаимодействием Б с водой, а соединение Д может быть получено взаимодействием С с водородным соединением М.

2. Определите вещества А, Б, В, М, С, Д и элемент X. Покажите ваши рассуждения и расчеты. Напишите уравнения упомянутых реакций.

Существует много способов получения X. Один из них происходит благодаря взаимодействию калиевой соли кислоты Д с натрием, однако наилучшим способом получения чистого X является пиролиз Б.

3. Напишите уравнения реакций. Для чего может использоваться чистый X?

Соединения, содержащие X, находят широкое применение в органическом синтезе. Одно из самых известных – реагент Е, ионного строения, состоящий из трех веществ, в котором массовая доля А – 10,58%.

4. Определите формулу реагента Е. Каким будет продукт его взаимодействия с ацетоном?

Задача 3. Прелести титрования

3.1	3.2	3.3	3.4	Всего	% от общего
4	1	2	7	14	15

Существует несколько видов титрования. В этой задаче вы сможете познакомиться с кислотно-основное титрованием. Как подсказывает нам название, в качестве аналитов (реагент с неизвестной концентрацией) и титрантов (реагент с известной концентрацией) выступают кислоты и основания, как и сильные, так и слабые. Титрование сильной щелочи сильной кислотой или наоборот не включает в себя почти ничего сложного. В этой задаче мы рассмотрим более интересный случай титрования: слабое основание - аналит, сильная кислота - титрант.

Есть несколько условных фаз титрования:

Первая – раствор аналита до начала титрования.

Вторая – раствор после начала титрования, но до точки эквивалентности.

Третья – точка эквивалентности

Четвертая – раствор после точки эквивалентности.

Доля ионов в растворе в течение всего процесса титрования будет безусловно меняться, соответственно будет меняться и рН раствора.

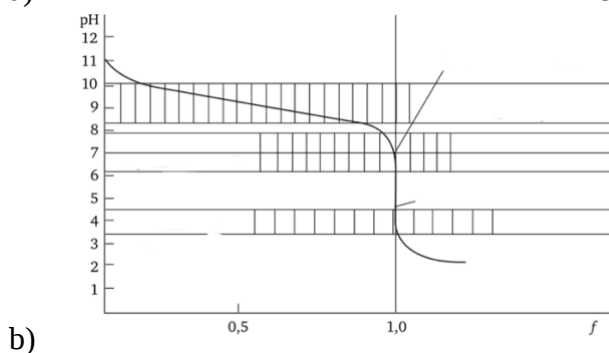
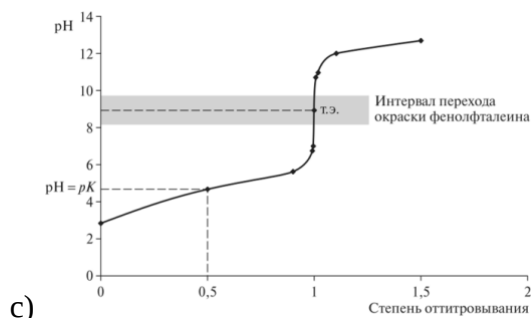
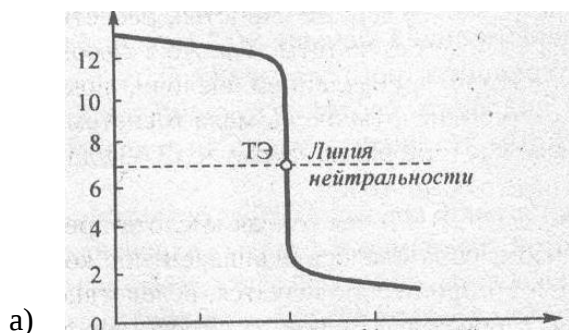
1. Определите главные ионы в составе раствора во всех четырех «фазах» титрования. Аргументируйте свой ответ для каждой фазы.

Предположим, что концентрация кислоты равна $2.5 \cdot 10^{-3} \text{M}$, а объем анализируемого раствора основания – 50 мл. Для изменения окраски индикатора в растворе аналита потребовалось 20 мл титранта.

2. Определите концентрацию раствора аналита.

Ниже представлены несколько графиков зависимости рН раствора от объема титранта.

3. Определите какой из графиков соответствует титрованию слабого основания сильной кислотой и аргументируйте свой выбор.



4. Основываясь на данных, представленные в таблице ниже, определите pH раствора в разные моменты титрования. Используйте значение, вычисленное в 2 пункте как концентрацию слабого основания. Концентрация кислоты равна $2.5 \cdot 10^{-3} \text{M}$. Объем изначального раствора равен 1л. Примите K_b за $1.00 \cdot 10^{-6.15}$.

V добавленной кислоты (мл)	pH раствора
0.00	
15.0	
30.0	
45.0	
400.0	
420.0	

Задача 4. Растворение цинка

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	% от общего
3	3	2	8	16	13

На уроках химии мы всегда предполагали, что реакции проходят количественно и без побочных процессов. В реальности, конечно, все не так просто.

1. Металлический цинк может растворяться в разбавленной азотной кислоте с образованием различных продуктов. Напишите реакции, где азотная кислота восстанавливается до NH_4NO_3 , N_2O , NO .

2. Рассчитайте энтальпии каждой реакции.

Справочные данные:

Вещество	H_2O	HNO_3	$Zn(NO_3)_2$	NH_4NO_3	N_2O	NO
$\Delta H_f(kJ)$	-285.83	-207	-568.6	-365.56	82.05	90.25

Как-то раз юный химик решил сам провести данную реакцию. Он взвесил 65.4 г цинка и растворил их полностью. Собрав выделившийся газ, он нашел, что объем его равен 4.48 литрам. Вдобавок к этому, он проводил реакцию в калориметре и рассчитал, что всего выделилось 366.3 кДж теплоты. Результат эксперимента сильно озадачил химика.

3. Как думаете что именно поставило в тупик юного химика?

4. Помогите юному химику найти продукты, образовавшиеся в ходе реакции.

Задача 5. Хром

1.1	1.2	Всего	% от общего
17.5	7	24.5	18

Хром со степенью окисления +3 может образовать устойчивые комплексы с лигандом L.

1. Рассчитайте равновесные концентрации всех частиц в растворе, содержащий 0.03M нитрат хрома(III) и 1M L.

Справочные данные: $\beta_1 = 10^3$, $\beta_2 = 209$, $\beta_3 = 1.01 \cdot 10^3$, $\beta_4 = 7.08 \cdot 10^3$, $\beta_5 = 3.06 \cdot 10^5$, $\beta_6 = 8.9 \cdot 10^6$

2. В 1.5M растворе лиганда L с содержанием 0.1M CrL_6^{3+} , добавили ионы Q^- . После установления равновесия оказалось, что концентрация Q^- равна $4.7 \cdot 10^{-2}M$. Найдите изменение концентрации CrL_6^{3+} . ($\beta_{CrQ_6^{3-}} = 1.29 \cdot 10^7$)