

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 олимпиада по химии

Областной этап (2023-2024).

Официальный комплект заданий 10-класса.

Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач областного этапа республиканской олимпиады 2023-2024 года по химии. **Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами. У вас есть **4 астрономических часа (240 минут)** на выполнение заданий олимпиады. Ваш результат — сумма баллов за каждую задачу, с учетом весов каждой из задач.

Вы можете решать задачи в черновике, однако, не забудьте перенести все решения на листы ответов. Проверяться будет **только то, что вы напишете внутри специально обозначенных квадратиков**. Черновики проверяться **не будут**. Учтите, что вам **не будет выделено** дополнительное время на перенос решений на бланки ответов.

Вам **разрешается** использовать графический или инженерный калькулятор.

Вам **запрещается** пользоваться любыми справочными материалами, учебниками или конспектами.

Вам **запрещается** пользоваться любыми устройствами связи, смартфонами, смарт-часами или любыми другими гаджетами, способными предоставлять информацию в текстовом, графическом и/или аудио формате, из внутренней памяти или загруженную с интернета.

Вам **запрещается** пользоваться любыми материалами, не входящими в данный комплект задач, в том числе **периодической таблицей** и **таблицей растворимости**. На **титальной странице** предоставляем единую версию периодической таблицы. Используйте точные значения атомных масс, представленных в таблице.

Вам **запрещается** общаться с другими участниками олимпиады до конца тура. Не передавайте никакие материалы, в том числе канцелярские товары. Не используйте язык жестов для передачи какой-либо информации.

За нарушение любого из данных правил ваша работа будет **автоматически** оценена в **0 баллов**, а прокторы получат право вывести вас из аудитории.

На листах ответов пишите **четко и разборчиво**. Рекомендуется обвести финальные ответы карандашом. **Не забудьте указать единицы измерения (ответ без единиц измерения будет не засчитан)**. Помните про существование значащих цифр.

В комплекте заданий дробная часть чисел в десятичной форме **отделяется точкой**.

Если вы укажете только конечный результат решения без приведения соответствующих вычислений, то Вы получите **0 баллов**, даже если ответ правильный. Аналогично, любой ответ без приведенных объяснений так же может быть оценен в **0 баллов**, даже если он верный.

Решения этой олимпиады будут опубликованы на сайте www.qazcho.kz и www.daryn.kz. Рекомендации по подготовке к олимпиадам по химии есть на сайте www.qazolymph.kz.

Задача №1. Смесь

Всего	Вес(%)
4	8

Кристаллогидрат массой 92.4 г растворили в воде массой 107.6 г, после чего получился раствор с массовой долей соли равной 24.15%. К раствору добавили избыток кислоты, после чего образовался газ объемом 7.84 л (при н.у.), который не имеет запаха и окрашивает смоченный лакмус в красный. Определите формулу кристаллогидрата.

Задача №2. Бесцветные жидкости

2.1	2.2	Всего	Вес(%)
16	3	19	10

В трех сосудах находятся растворы, которые были получены в ходе гидролиза одинакового кол-ва молей бесцветных жидкостей **A**, **B**, **C**, состоящие из трех элементов. Единственными продуктами гидролиза во всех случаях являются двухосновная кислота **D** и одноосновная кислота **E**. Если к растворам добавить избыток раствора нитрата бария, то в каждом сосуде образуется нерастворимый в кислотах белый осадок **F**. Добавление к фильтратам избытка раствора нитрата серебра приводит к образованию белого творожистого осадка **G**.

Соединение	Масса осадка F	Масса осадка G
A	9.33 г	11.49 г
B	18.65 г	11.47 г
C	27.97 г	11.48 г

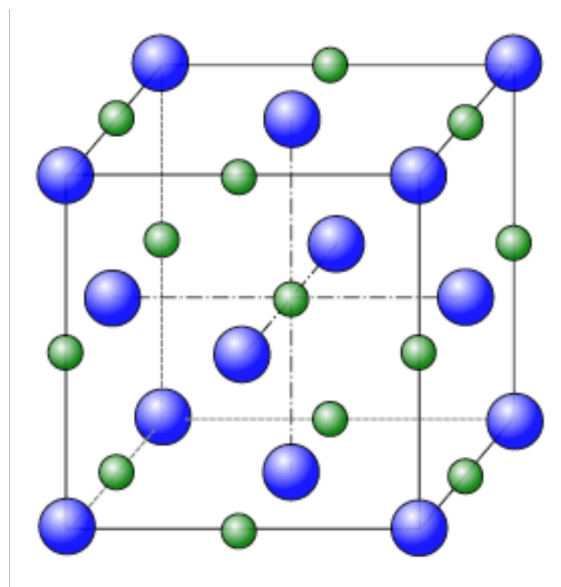
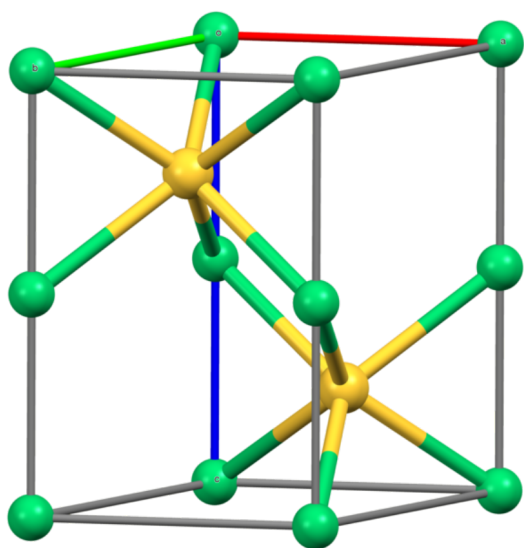
1. Расшифруйте все неизвестные соединения, и нарисуйте структурные формулы соединений **A-C**, если известно что они не содержат атомы водорода.
2. Напишите уравнения реакций гидролиза соединений **A-C**.

Задача №3. Горный дух

3.1	3.2	3.3	3.4	Всего	Вес(%)
3	1	4	2	10	13

Переходный металл **X** был назван в честь горного духа, который по легенде подбрасывал искателям меди красный тяжелый (плотностью 7.91 г см^{-3}) бинарный минерал **A**, содержащий **X**. При обжиге **A** в присутствии воздуха образуются бинарные вещества **B** и **B**. **B** (плотностью 6.795 г см^{-3}) является зеленым порошком и содержит металл **X**, а **B** сначала улетучивается и затем конденсируется в белый порошок. Соединение **B** крайне токсично, его можно окислить в кислоту **G** действием раствора перманганата калия в разбавленной серной кислоте. **B** реагирует с водным раствором цианида калия с образованием комплексного аниона **D**, обладающим квадратным координационным окружением и оранжевым цветом.

Решить задачу поможет порошковый дифрактометр, с помощью которого были установлены углы и интенсивности дифракционных пиков **A** и **B**, что после поиска базы данных дало структуры элементарных ячеек ниже:



А (слева) содержит простую гексагональную решетку из атомов металла **X** (зеленые сферы), в которую проникает плотно-упакованная гексагональная решетка атомов неметалла (желтые сферы). a, b — красное и зеленое, c — синее ребро, $a = b = 3.6 \text{ \AA}$, $c = 5 \text{ \AA}$, угол между a и b составляет 120° , c перпендикулярно плоскости. **Б** (справа) содержит две взаимопроникающие плотно-упакованные кубические решетки (зеленые сферы это **X**, синие — другой элемент), пик (111) при этом обладает большой интенсивностью что говорит о значительном различии числа электронов двух элементов, ребро изображенного справа куба составляет 4.18 \AA (на самом деле **Б** принимает такую форму только при температуре выше 250°C , так что считайте что на дифрактометр положили еще горячий после обжига порошок).

1. Определите неметалл, содержащийся в **Б**. Определите число атомов металла и неметалла в элементарных ячейках **А** и **Б**. Примите во внимание тот факт, что атомы на вершинах ячейки относятся к данной ячейке на $1/8$, так как каждая вершина является общей для 8 элементарных ячеек. По такой же логике, атомы на ребрах ячейки относятся к данной ячейке на $1/4$, на гранях — на $1/2$, а атомы полностью находящиеся внутри ячейки полностью относятся к этой ячейке.
2. Определите объемы элементарных ячеек в **А** и **Б**. В случае **А**, используйте формулу $abc \cdot \sin(120^\circ)$, а в случае **Б** — a^3 .
3. Рассчитайте молярные массы формульных единиц **А** и **Б** (например, X_2Y — это формульная единица, но X_4Y_2 — нет), используя определение плотности, количества атомов в элементарных ячейках, а также объемы рассчитанные выше. Определите **А** и **Б**. (Плотность ρ высчитывается по формуле $\rho = \frac{m}{V}$, где m — масса, а V — объем.)
4. Запишите уравнение окисления **В** перманганатом и расшифруйте оставшиеся неизвестные вещества.

Задача №4. Уравнение Аррениуса

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	Вес(%)
4	5	3	3	15	13

Вам известно, что скорость большинства химических реакций увеличивается при повышении температуры протекания реакции. Данное поведение заложено в природе константы скорости реакции, k . Зависимость значения константы скорости от температуры, T , описывается **уравнением Аррениуса** ниже:

$$k_r = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

В данном выражении, A — предэкспоненциальный коэффициент, содержащий в себе информацию об ориентации молекул; E_a , энергия активации, — минимальное количество энергии, которое необходимо преодолеть молекулам реагентов при столкновении, чтобы химическая реакция прошла успешно, Дж.

Однако в такой форме уравнение Аррениуса представляет мало пользы. Намного более удобно представлять экспериментальные данные в линейном виде.

1. Запишите уравнение Аррениуса в линейном виде $y = ax + b$, используя логарифмическую функцию. Что в полученном уравнении является независимой переменной? Зависимой переменной?

В химической лаборатории, для определения энергии активации химической реакции и предэкспоненциального коэффициента, ее проводят при различных температурах, записывая при каждом ее значении соответствующее значение константы скорости реакции. При исследовании реакции метана с гидроксильным радикалом, $\cdot\text{OH}$, были получены следующие данные:

T, K	295	223	218	213	206	200	195
$k_r/10^6, \text{л моль}^{-1} \text{с}^{-1}$	3.55	0.494	0.452	0.379	0.295	0.241	0.217

2. Основываясь на уравнении, полученном в пункте 1, определите значения линейных параметров a и b . Вычислите значения предэкспоненциального коэффициента, A , и энергии активации, E_a .

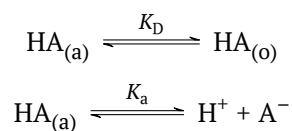
Для определенной реакции энергия активации является постоянным значением и не зависит от температуры реакции. Это позволяет предсказывать значение константы скорости реакции при различных значениях температуры. К примеру, если реакция с известным значением энергии активации имеет константу скорости со значением k_1 при температуре T_1 , то значение константы скорости при температуре T_2 может быть рассчитано.

3. Используя уравнение Аррениуса, выведите выражение, связывающее значения k_1, k_2, E_a, T_1 и T_2 для одной реакции. Используя полученное выражение, посчитайте во сколько раз увеличится скорость химической реакции с энергией активации $E_a = 54.0 \text{ кДж моль}^{-1}$ при увлечении температуры с 25°C до 47°C .
4. Известно, что при использовании определенного катализатора энергия активации реакции метана с гидроксильным радикалом и предэкспоненциальный коэффициент этой же реакции уменьшаются в 7.25 раз. Рассчитайте во сколько раз увеличится скорость реакции при применении этого катализатора при 298 K.

Задача №5. Экстракция

5.1	5.2	5.3	5.4	Всего	Вес(%)
4	4	2	4	14	13

Для выделения какого-либо соединения из водного раствора часто используется жидкостная экстракция, суть которой заключается в добавлении в водный раствор органического растворителя, который не смешивается с водой. В результате система состоит из двух контактирующих фаз: водной и органической, между которыми и распределяется интересующее соединение. Успешность экстракции количественно описывается степенью извлечения, R , которая представляет собой отношение кол-ва экстрагируемого соединения в органической фазе к его исходному кол-ву в растворе. В этой задаче мы рассмотрим экстракцию некоторой одноосновной кислоты из водного раствора объемом V_a с помощью органического растворителя объемом V_o . Примите что существует всего два равновесных процесса в системе:

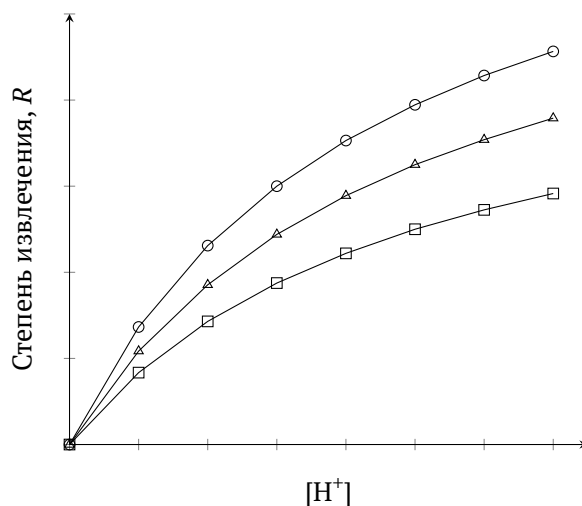


1. Качественно объясните, как изменится степень извлечения кислоты при: а) увеличении; б) уменьшении рН водного раствора.
2. Выведите выражение для степени извлечения кислоты через константы равновесия, концентрацию протонов в растворе, и объемы водной и органической фаз. Для этого используйте материальный баланс по кислоте:

$$n(\text{HA})_0 = n(\text{HA}_{(o)}) + n(\text{HA}_{(a)}) + n(\text{A}^-)$$

3. Исходя из вашего ответа на предыдущий пункт, какого максимального значения степени извлечения можно достичь, варьируя только рН водного раствора?

На графике ниже приведены зависимости степени извлечения трех одноосновных кислот от концентрации протонов в растворе, которые были получены в одинаковых условиях (экстракция из водного раствора неполярным органическим растворителем). Кривая с квадратными точками соответствует кислоте **A**, кривая с треугольными точками соответствует кислоте **B**, а кривая с круглыми точками соответствует кислоте **C**.



4. На основе вышеприведенного графика определите, какая кислота: а) наиболее полярна; б) наименее полярна. Ответ объясните.

Задача №6. Органический синтез

Всего	Вес(%)
10	13

Природное соединение капсаицин, содержащееся в составе жгучего перца чили, является основной причиной остроты наших любимых блюд восточно-азиатской, индийской и мексиканской кухни.

В предоставленной таблице указано содержание углерода и водорода по массе в каждом из зашифрованных соединений. Известно что вещества **E** и **X** являются солями. Нарисуйте структуры зашифрованных органических веществ на представленной ниже схеме синтеза капсаицина.

Соединение	$\omega_C, \%$	$\omega_H, \%$	$\omega_O, \%$
A	68.85	4.95	26.20
B	41.83	2.51	15.92
C	62.73	7.24	20.89
D	36.95	5.68	16.40
E	63.03	5.73	7.00
F	70.55	10.66	18.79
X	19.05	7.99	50.75
Y	66.63	11.18	22.19

