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)	$T_{\text{К}} = T_{\circ\text{C}} + 273.15$
Ангстрем, Å	1×10^{-10} м
пико, п	1 пм $= 1 \times 10^{-12}$ м
нано, н	1 нм $= 1 \times 10^{-9}$ м
микро, мк	1 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 -

Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач республиканской олимпиады 2025-2026 года по химии. **Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами. У вас есть **5 астрономических часов (300 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 **титульной странице** предоставляем единую версию периодической таблицы.

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)**. Соблюдайте правила использования числовых данных в арифметических операциях. Иными словами, помните про существование значащих цифр.

Если вы укажете только конечный результат решения без приведения соответствующих вычислений, то Вы получите **0** баллов, даже если ответ правильный.

Задача №1. Геометрия Олеума

1.1	1.2	1.3	1.4	Всего	Вес(%)
3	6	1	2	12	10

Имеется 1000 г олеума с массовой долей свободного SO_3, равной 20 процентов. К нему последовательно порциями добавляют воду. Установлено, что после каждого добавления воды массовая доля свободного оксида серы в растворе уменьшается ровно в 2 раза по сравнению с предыдущим значением, образуя убывающую геометрическую прогрессию.

Подсказка: формула геометрической прогрессии,

$$b_n = b_1 * q^{n-1}$$

где b_1 это первый член ряда чисел, b_n n-е число в ряде чисел, q знаминатель прогрессии, пример ряда чисел образующий геометрическую прогрессию

$$1,\ 0{,}25,\ 0{,}0625,\ 0{,}015625,$$

где q = 1/4

1. Первый шаг. Вычислите массу воды (m_1), которую добавили в олеум на самом первом этапе.
2. Общая модель. Выведите общее уравнение для расчета суммарной массы воды W_n после n -го этапа, через исходную массу олеума и исходной массовой долей SO_3
3. Предел насыщения. Используя полученное уравнение, рассчитайте общую массу воды, добавленную в систему после 14-го этапа.
4. Математическая модель предполагает бесконечное уменьшение концентрации, однако на практике свободный в колбе обязательно закончится. Кратко объясните, почему это произойдет и в какой момент модель перестанет работать?

Задача №2. Правило октета

2.1	2.2	Всего	Вес(%)
12	9	21	12

Правило октета широко используется при построении структур Льюиса для ковалентных соединений. Согласно этому правилу, атомы элементов главных подгрупп стремятся иметь восемь электронов на внешнем (валентном) энергетическом уровне. При образовании химических связей учитываются только валентные электроны. Если атом окружён восемью валентными электронами, его электронная конфигурация считается энергетически устойчивой, что, как правило, способствует стабильности молекулы в целом. Следует отметить, что правило октета носит эмпирический характер и применимо не ко всем химическим соединениям.

1. Постройте структуры Льюиса для следующих молекул и ионов: H_2O, H_2O_2, C_2H_4, CO, O_3 (угловая структура, не треугольная), NO_3^-.

   В химии существует множество правил, имеющих отклонения и исключения, и правило октета не является исключением. Можно выделить три основных типа ситуаций, в которых правило октета не выполняется. В качестве подсказок приведены описания веществ, обладающих соответствующими электронными структурами:1) Газ, плотность которого немного превышает плотность воздуха; 2) Токсичный газ с плотностью 3.03 г/л; 3) Тяжёлый, неполярный и химически инертный газ с плотностью 6.51 г/л.

2. Определите указанные неизвестные вещества и постройте их структуры Льюиса. Для каждого случая укажите, в чём именно заключается отклонение от правила октета. (Первый и второй примеры имеют разные объяснения отклонении)

Задача №3. АБВГДейка

3.1	3.2	3.3	3.4	Всего	Вес(%)
4	10	3	14	31	16

В раствор гидросульфита натрия массой 100 г с массовой долей $w(NaHSO_3) = 15.6\ \%$ было добавлено эквивалентное количество измельчённого порошка вещества **А**, являющегося распространённым восстановителем в органической химии. Массовая доля натрия в веществе **А** составляет 60.8 %. После завершения реакции (**реакция 1**) образуется **раствор 1**, содержащий серосодержащий анион $\mathbf{X}_1$, в котором массовая доля серы равна 50.0 %. Если **раствор 1** охладить и добавить небольшое количество концентрированной соляной кислоты, наблюдается образование двух осадков — **Б** и **В** (**реакции 2 и 3**). Полученный осадок отделяют фильтрованием. К фильтрату добавляют избыток соляной кислоты, в результате чего выделяется газ **Г** с резким запахом (**реакция 4**). Отфильтрованный осадок добавляют в тёплую воду: при этом вещество **Б** растворяется, тогда как вещество **В** остаётся нерастворённым и удерживается на поверхности воды. Вещество **Б** проявляет кислые свойства в водной среде, однако механизм образования ионов водорода отличается от характерного для обычных кислот. Если к **раствору 1** добавить эквивалентное количество щёлочи, анион $\mathbf{X}_1$ претерпевает реакцию диспропорционирования с образованием двух различных анионов (**реакция 5**). При последующем добавлении сильной кислоты к полученному раствору образуется смесь двух газов (**реакции 6 и 7**), включая **Г**.

1. Рассчитайте необходимую массу вещества **А**, требуемую для проведения реакции.
2. Определите все неизвестные вещества (**А**, **Б**, **В**, **Г**) и анион $\mathbf{X}_1$.
3. Запишите соответствующую реакцию либо дайте объяснение, почему вещество **Б** отличается по кислотным свойствам от обычных кислот.
4. Запишите все протекающие реакции в уравненном виде.

Задача №4. Метод стандартых добавок

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	Всего	Вес(%)
5	2	2	3	4	16	14

В реальной аналитической химии простого измерения сигнала прибора (например, поглощения света раствором) часто недостаточно. Примеси содержащиеся в реальной воде (соли, органика), могут усиливать или ославблять сигнал - это называется матричным эффектом. Чтобы его обойти, используется метод стандартных добавок: Измеряют сигнал пробы, а затем добавляют в нее известное количество чистого вещества и смотрят, как изменился отклик прибора.

Химик - эколог исследует содержание меди Cu^{+2} в сточных водах горно обогатительного комбината.

Он взял пробу воды объемом $V_{пр}=100$ мл и прибор показал значение $A_1=0.24$. Затем добавил в эту же пробу ровно 2 мл стандартного раствора с концентрацией ионов меди $C_{ст}=0.5$ М , где новый сигнал прибора A_2 составил 0,52

Считайте что сигнал приборы прямопропорционально зависит от концентрации

$A_1 = C_x * k$

$_2 = k * (C_x + dC)$

1. Выведите формулу для расчета неизвестной концентрации C_x ионов меди в водах через величины A_1, A_2, $V_{пр}$, $V_{доб}$ и $C_{ст}$.

   При выводе считайте, что $A_1=k\cdot C_x$, а $A_2=k\cdot(C_x + dC)$, где dC это изменение концетрации после добавки.

2. Расчет концентрации. Используя выведенную формулу, определите концентрацию меди в сточной воде C_x в моль/л
3. Погрешность. Посчитайте относительную погрешность между упрощенным расчетом (без учета изменения объема) и уточненным расчетом (с учетом объема добавки).

4. Масса осадка. Если в исходную пробу воды добавить избыток сероводорода какая масса осадка образуется?

5. Опишите (без построения по точным точкам), как выглядит график А от $C_{ст}$ и как по нему найти концентрацию C_x

Задача №5. Кто кислее?

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	Всего	Вес(%)
6	4	3	3	4	3	23	18

В трёх стаканах находятся водные растворы кислот одинаковой молярной концентрации **с = 0,01 моль/л**. В первом стакане содержится соляная кислота HCl. Во втором стакане содержится серная кислота H_2SO_4 (первая ступень диссоциации считается полной, $K_{a2} = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$). В третьем стакане содержится ортофосфорная кислота H_3PO_4 (учитывается только первая ступень диссоциации, $K_{a1} = 7{,}1 \cdot 10^{-3}$; второй и третьей ступенями диссоциации пренебречь).

1. Рассчитайте значение pH раствора в каждом стакане.

2. В каких объёмных соотношениях необходимо взять данные растворы кислот, чтобы после разбавления водой в каждом случае получилось значение pH = 3,5

3. Растворы всех трёх кислот из пункта 1 разбавили водой в 10 раз. Определите, как изменится pH каждого раствора. Укажите, у какой кислоты изменение pH будет наибольшим, и объясните причину.

4. К раствору ортофосфорной кислоты концентрации 0,01 М добавили небольшое количество твёрдого NaH_2PO_4.

Изменится ли pH раствора? Если да, то в какую сторону и почему? Объясните, почему аналогичный эффект невозможно наблюдать при добавлении соли к раствору соляной кислоты.

5. К каждому из растворов кислот из пункта 1 добавили избыток раствора хлорида кальция $CaCl_2$. Известно, что

$$K_{sp}(CaSO_4) = 2{,}4 \cdot 10^{-5}, \qquad K_{sp}(Ca_3(PO_4)_2) = 2{,}0 \cdot 10^{-29}.$$

1. В каких стаканах образуется осадок?

2. Запишите уравнения реакций.

3. Объясните, почему осадок образуется не во всех случаях, несмотря на присутствие ионов Ca^{2+}.

6. Имеется раствор, содержащий две кислоты — соляную кислоту HCl и азотистую кислоту HNO_2.Концентрации каждой кислоты равны 0,20 моль/л. Определите pH данного раствора и объясните, почему вклад азотистой кислоты в общую кислотность раствора незначителен. Константа кислотности азотистой кислоты равна $K_a(HNO_2) = 4{,}0 \cdot 10^{-4}$.

Справочные формулы

$$\text{pH} = -\log[H^+]$$

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

Для слабой кислоты начальной концентрации c при образовании x моль/л ионов H^+:

$$K_a = \frac{x^2}{c - x}$$

Произведение растворимости малорастворимой соли:

$$K_{sp} = \prod [\text{ион}]^{\nu}$$

Для буферного раствора (слабая кислота HA и её соль A^-):

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$