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 = 1×10^{-12} м
нано, н	1 нм = 1×10^{-9} м
микро, мк	1 мкм = 1×10^{-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. Условия точно полные?

Всего	Вес(%)
14	9

Газовую смесь 1, состоящую из азота и водорода, нагрели при высоком давлении, в результате чего образовалась **газовая смесь 2**. **Газовую смесь 3**, состоящую из водорода и хлора, подвергли облучению ультрафиолетовым светом, в результате чего образовалась **газовая смесь 4**. **Газовые смеси 2 и 4** были смешаны. В ходе реакции образовались белые кристаллы массой 10.7 г и **газовая смесь 1**, объем которого в 3 раза меньше чем у исходной **газовой смеси 1**.

1. Определите объёмные доли газов в каждой из газовых смесей (**смеси 1, 2, 3 и 4**).

Задача №2. Казалось бы, причем тут кинетика?

2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	Всего	Вес(%)
1.5	1	0.5	0.5	2.5	7	13	13

Пандемия COVID-19 повысила интерес ученых к моделированию эпидемий и их последствий. В этой задаче вы возьмете на себя роль исследователя и проведете симуляцию эпидемии вируса X. Как ни странно, все, что вам понадобится – знания химической кинетики.

В случае, если вы подзабыли кинетику, следующие вопросы помогут вам ее вспомнить.

1. Для схемы последовательных превращений $A \rightarrow B \rightarrow C$ с константами скорости k_1 и k_2 соответственно, запишите выражения для скорости образования/расходования каждого из участников реакции

2. Примените квазистационарное приближение для вещества B и выразите его концентрацию

Модель SIR (Susceptible-Infectious-Removed) – один из классических и наиболее простых методов моделирования эпидемии. Удивительно, но ее идеи очень похожи на идеи кинетики. Убедитесь в этом сами!

3. Первой ”реакцией”нашей модели будет процесс заражения. Запишите процесс взаимодействия зараженного (обозначьте буквой I) и здорового человека (обозначьте буквой S).

4. Запишите и реакцию выздоравления (выздоровевших обозначим буквой R). Будем считать, что наша болезнь не смертельна, а выздоровевшие обретают пожизненный иммунитет.

5. Запишите кинетическую схему и выражения для скорости расходования/образования каждого из участников реакции. Примите константу скорости заражения за β, а константу скорости выздоровления – за γ. Какие единицы измерения у этих констант? Временной промежуток считайте в днях.

6. В городе N живет 10^5 человек. 10 из них заразились вирусом X. Расчитайте время нужное чтобы заразить 10% популяции (сделайте нужные допущения). Примите β за $3 \cdot 10^{-5}$, а γ за 0.2

Задача №3. Газы и Магний

3.1	3.2	3.3	Всего	Вес(%)
6	8	4	18	12

В четыре закрытых сосуда, каждый из которых содержал один из газов: Z Z1 Z2 Z3, поместили навески магния Все вещества в каждом сосуде прореагировали полностью. В сосудах образовались только твердые продукты. Эти продукты объединили и перенесли в пятый сосуд с избытком разбавленной соляной кислоты, в результате чего выделилось 6,72л (н.у.) газа Б с резким неприятным запахом «тухлых яиц»

Z — простое вещество, которое при стандартных условиях обычно твердое, но в условиях опыта было введено в сосуд в виде перегретого пара (газа)

Z1, Z2, Z3 — бинарные соединения элемента Z с фтором

Массовая доля элемента Z в ряду Z1 – Z2 – Z3 увеличивается

Газы были взяты в объемном соотношении Z : Z1 : Z2 : Z3 = 1 : 1 : 2 : 2.

При реакции магния с газами Z1 – Z3 помимо сульфида магния всегда образуется фторид магния MgF_2.

1. Определите все газы и при добавлении какого газа B к простому веществу Z в реакции с магнием можно получить те же твердые продукты, что и при взаимодействии магния с соединениями Z1 – Z3 ?
2. Вычислите суммарную массу магния, помещенного во все четыре сосуда
3. Напишите уравнения всех упомянутых реакций (всего 8 уравнений)

Задача №4. Выращивание кристалла

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	Всего	Вес(%)
3	4	2	5	9	4	27	12

Как-то учитель для урока химии решил вырастить кристалл медного купороса, $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$. На электроплите он приготовил 200 г насыщенного при 50 °C раствора CuSO4 в круглом открытом стакане на 250 мл **(раствор 1)**.

1. Определите необходимую массу сульфата меди (II) и воды для приготовления **раствора 1**. Растворимость $CuSO_4$ при 50 °C: 33.5 г на 100 г воды
2. Определите массу медного купороса выпавшего в осадок после остывания раствора до температуры 25 °C. Растворимость $CuSO_4$ при 25 °C: 23 г на 100 г воды
3. Определите массу сульфата меди (II) и воды в **растворе 2**, полученный после осаждения.

По прошествии двух суток масса кристалла увеличилась, благодаря испарении воды в **растворе 2**. Для нахождения объёма воды, испарившейся с поверхности в открытую атмосферу, используйте формулу: $V = 9 * 10^{-3}$ см кПа$^{-1}$ ч$^{-1}$ $\cdot S \cdot (1 - a) \cdot p^0 \cdot t$, где a - влажность воздуха в помещении 0.6, p^0 - давление насыщенных паров над чистой водой $p^0(25\ °C) = 3.166$ кПа, t – время испарения в часах, S - площадь поверхности воды в стакане с радиусом 35мм.

4. Определите массу кристалла после двух суток.

Позже учитель химии решил попробовать другой метод: положить свежеприготовленный **раствор 2** в сухой бокс полностью заполненный аргоном, объёмом 100 л и температурой 25 °C. В этом методе спустя какое-то количество времени в системе между раствором и сухим боксом достигается равновесие: давление пара воды над раствором равно его равновесному значению $p = p^0 \cdot \chi$, где χ - мольная доля воды среди всех частиц в растворе (учтите что $CuSO_4$ диссоциирует в растворе). Примите что пар - идеальный газ и для него справедливо уравнение $pV = nRT$.

5. Определите массу кристалла после установления равновесия.

На урок химии, учитель подготовил ещё два начальных раствора при 50 °C. К первому он добавил раствор серной кислоты и выпал осадок медного купороса. К второму он добавил раствор соляной кислоты и осаждения не произошло.

6. Объясните причины такого поведения растворов. Подсказка: возьмите во внимание произведение растворимости $K_{sp} = [Cu^{2+}][SO_4^{2-}]$

Задача №5. Самая сильная кислота в мире

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	Всего	Вес(%)
1	4	4	3	4	17	12

Ион гидрида гелия (**HeH^+**) считается первой молекулой, сформировавшейся в ранней Вселенной, и является одним из самых сильных известных кислотных соединений. Впервые он был косвенно обнаружен в 1925 году при впрыскивании ионов водорода в разреженную смесь водорода и гелия. В астрофизике ион **HeH^+** был подтверждён на основе спектроскопических данных, полученных при изучении межзвёздной среды.

1. Определите, какая молекула или ион является изоэлектронным по отношению к иону **HeH^+**.

2. Постройте приближённую молекулярно-орбитальную (МО) диаграмму иона **HeH^+** и определите **порядок связи** в данном ионе.

   Для количественного описания силы кислот используется величина pK_a (pK_a = -log(K_a)), где чем меньше значение, тем сильнее кислота. Вам даны следующие термодинамические данные:

   $$\mathbf{HeH^+(г) \rightarrow H^+(г) + He(г)} \qquad \Delta H_1 = \mathbf{+178\ кДж/моль}$$

   $$\mathbf{HeH^+(г) \rightarrow HeH^+(р\text{-}р)} \qquad \Delta H_2 = \mathbf{-973\ кДж/моль}$$

   $$\mathbf{H^+(г) \rightarrow H^+(р\text{-}р)} \qquad \Delta H_3 = \mathbf{-1530\ кДж/моль}$$

   $$\mathbf{He(р\text{-}р) \rightarrow He(г)} \qquad \Delta H_4 = \mathbf{-19\ кДж/моль}$$

   $S(H^+(р\text{-}р))$ = 0 Дж/моль*К, **$S(He(р\text{-}р))$ = 126 Дж/моль*К**, **$S(HeH^+(р\text{-}р))$ = 128 Дж/моль*К**

3. Используя приведённые данные, определите значение pK_a иона **HeH^+** в водной среде при 298 K.

   В экспериментах 1925 года, помимо иона гидрида гелия, также образовывались два других иона, состоящие исключительно из атомов водорода — **X** и **Y**. Ион **X** образуется в результате реакции **протона** с **молекулярным водородом**. Ион **Y** образуется при реакции иона **X** с молекулярным водородом, при этом дополнительно образуется атом водорода.

4. Запишите уравнения описанных химических реакций.

5. Постройте молекулярно-орбитальные диаграммы для ионов **X** и **Y**.

Подсказка: молекула **Y** имеет треугольную геометрию, и одна из орбиталей в её МО-диаграмме является несвязывающей.

Задача №6. Конкуренция механизмов в аллильных системах

6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	Всего	Вес(%)
15	3	3	3	2	26	12

В лаборатории органического синтеза исследуется реакционная способность аллильных галогенидов как модельных соединений для изучения конкуренции нуклеофильного замещения и элиминирования. Аллильные субстраты широко используются в органическом синтезе и биохимии, поскольку их реакции чувствительны к природе нуклеофила, растворителя и условий проведения реакции.

Рассмотрим вторичный аллилбромид

$$CH_2{=}CH{-}CH(CH_3){-}CH_2Br$$

Соединение подвергали действию различных реагентов в указанных условиях:

I. $NaOEt$ / EtOH, 25 °C
II. $t{-}BuOK$ / $t{-}BuOH$, 25 °C
III. $AgNO_3$ / EtOH
IV. NaCN / DMSO
V. H_2O, 80 °C

1. Для каждого опыта (I–V) определите:

   - основной механизм реакции (SN1, SN2, SN2′, E1 или E2);
   - структуру основного органического продукта.

2. Для опыта IV обоснуйте выбор механизма реакции с точки зрения электронной структуры субстрата и условий проведения реакции.

3. В опытах I и II возможна элиминирование с образованием различных алкенов.

- Укажите, какой алкен образуется преимущественно в каждом случае;
- объясните различие в составе продуктов.

4. Проанализируйте реакцию III:
   - укажите роль добавляемого реагента;
   - охарактеризуйте природу промежуточных частиц, возникающих в ходе реакции.
5. Укажите, в каких условиях формируется наиболее термодинамически устойчивый продукт, и обоснуйте свой ответ.