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 -

Содержание

Регламент олимпиады **3**

Задача №1. Молекулярная Трансформация (9%) **4**

Задача №2. Погоня (14%) **4**

Задача №3. Дело об убийстве благородного кузнеца (17%) **5**

Задача №4. pH Кислотных Растворов (15%) **5**

Задача №5. Синтез Жизни (15%) **6**

Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач республиканской олимпиады 2024-2025 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.

Рекомендации по подготовке к олимпиадам по химии есть на сайте www.kazolymp.kz.

Составители заданий Областного этапа РО 2024-2025:

Бегдайр Санжар	Ментор Сборной РК по Химии 2023-2024, Серебро РО 2019,2020
Бекхожин Жәнібек	Серебро IChO 2018, Золото РО 2018)
Бисенәли Санжар	Золото IChO 2023, Серебро IChO 2022
Жаксылыков Азамат	Ментор Сборной РК по Химии 2023-2024, Золото РО 2021
Илюсизов Ринат	Золото IChO 2024, Золото IMChO 2024
Мадиева Малена	Сотрудник РАН, Серебро РО 2016
Молдағұлов Әділжан	Бронза IChO 2024, Золото РО 2024
Молдағұлов Ғалымжан	Бронза IChO 2018, Бронза IMChO 2018

Задача №1. Молекулярная Трансформация

Всего	Вес(%)
5	9

Светло-голубая парамагнитная жидкость при нормальных условиях представляет собой бесцветное вещество. При воздействии на него электрического разряда образуется светло-голубой газ с резким запахом.

1. Определите, о каких веществах идёт речь. Ответ поясните. Напишите уравнение реакции, описывающее процесс превращения.

Задача №2. Погоня

2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	Всего	Вес(%)
2	1	4	3	4	14	14

На диаграмме 1 показана схема, где Юный Химик перевозит груз в виде $CaCO_3$ и HCl на практический тур для какой-то олимпиады. Однако, появляется один небольшой нюанс - за ним начинает гнаться волк, который хочет помешать ему. Скорость волка v_w, а скорость юнога химика v_c, где $v_w > v_c$, а начальное расстояние между ними d_0.

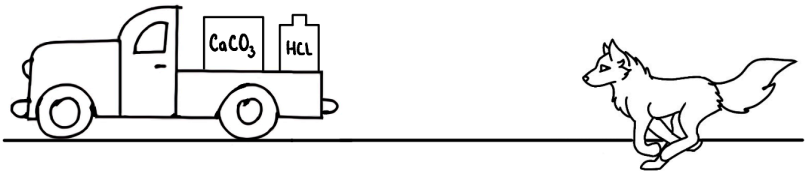


Рис. 1: Погоня волка за грузом

1. Если юный химик ничего не предпримет, то через какое время волк его догонит? Приведите формулу.

Юному Химику приходит *гениальная* идея. Он знает, что если его груз станет легче, то из-за сохранения момента импульса ($p = mv$) он начнет двигаться быстрее. Поэтому он собирается вылить HCl в контейнер $CaCO_3$.

2. За счет какой реакции груз Химика станет легче?

3. Если начальная масса юнога химика и груза m_0, то какую минимальную массу ему нужно потерять за счет реакции? Сколько $CaCO_3$ ему нужно потратить? *Подсказка: ответ должен быть в виде формулы с* m_0, v_w, v_c.

Хоть и вылить HCl в $CaCO_3$ является решением, это не самый целесообразный поступок, потому что тепло, выделившееся в реакции, может привлечь к побочному разложению $CaCO_3$. Поэтому выливать HCl надо *медленно*!

4. Предположим, что Юный химик выливает HCl в контейнер с $CaCO_3$ со скоростью n л мин$^{-1}$. Если плотность раствора HCl равна 1.18 г см$^{-3}$, то с какой скоростью его груз теряет массу в г мин$^{-1}$?

5. Если $v_w = 15$ м с$^{-1}$, $v_c = 10$ м с$^{-1}$, $s_0 = 1000$ м, $n = 10$ л мин$^{-1}$, $m_0 = 100$ кг, то догонит ли волк химика, если он будет выливать HCl осторожно. Ответ подкрепите примерным расчетом и довыдом.

Задача №3. Дело об убийстве благородного кузнеца

Всего	Вес(%)
14	17

Представьте то что вы известный парижский врач-токсиколог – Матьё-Жозеф Орфила. В очередной раз вас просят провести химическую экспертизу улик преступления. Однако, судебное дело оказолось неимоверных масшатабов, новости о нём разлетелись по всей Европе 19 века. Мари́-Фортюне́ Каппе́ль – дочь артиллерийского офицера и выпускница пансиона благородных девиц – обвиняется в отравлении собственного мужа. Её муж, Шарль Лафарж, собственник родового поместья и по совместительству бывший фабрикант железа. Во время командировки в Париж, Лафарж отравился пирогом полученным от Мари внутри которого находился мышьяк в виде соединения **A**, получаемого при сжигания аурипигмента As_2S_3 (**р-ция 1**). По приезду домой их семейный врач Бардон неверно счёл, что это холера. Спустя некоторое время Лафарж умер в своей постели. Дело так и могло остаться неизвестным если бы не дальняя родственница Лафаржа – Анна Брюн заподозрившая Мари, когда заметила у неё малахитовую шкатулку с белым порошком который она закупала у Бардона под предлогом травли мышь. Дело уже кажется проигранным, ведь две проведенные экспертизы показали результаты в пользу невиновности Мари. Однако, вы прибыв на место, незамедлительно провели качественное определение мышьяка на аппарате Марша прямо в зале суда. Добавив пробу остатков пищи в одну склянку с соляной кислотой, вы также добавляете к данной смеси металлический цинк при этом образуется безцветный газ **B** с неприятным чесночным запахом (**р-ция 2**). Пропустив газ через раскаленную при 500 °C стеклянную трубку, вы замечаете на её стенках пятна чёрно-серого зеркала вещества **C** (**р-ция 3**). Дабы убедиться что это именно то вещество, вы растворяете это зеркало в аммиачном растворе пероксида водорода (**р-ция 4**) при этом оно окисляется до высшей степени окисления и образуется газ с относительной плотностью по водороду 14. Для точной достоверности результатов, вы пропускаете газ **B** через раствор нитрата серебра при этом образется тёмный осадок простого серебра и раствор орто (**р-ция 5**). В итоге, вы смогли успешно убедить суд в виновности Мари и стали основателем токсикологии как науки в широких кругах. Мари Каппель в свою очередь была приговорена к пожизненному заключению. С того самого момента метод Марша прочно вошел в международную практику экспертов-криминалистов как высокочувствительный и наглядный способ, а использование мышьяка для убийства пошло на нет.

1. Определите вещества **A-C** и напишите уравнения **реакций 1-5**.

Задача №4. pH Кислотных Растворов

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	Всего	Вес(%)
1	3	4	1	3	12	15

При определении состава системы в аналитической химии мы часто прибегаем к определенным приближениям. В этой задаче мы рассмотрим распространенные приближения и определим границы их применимости.

Рассмотрим кислоту HA. В водном растворе она вступает в кислотно-основную реакцию с водой, характеризуемую константой равновесия K_a.

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^- \qquad K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

Обозначим начальное количество кислоты как C_0. Самым простым способом найти *pH* будет принять этот процесс протекающим количественно, т.е принять то, что вся кислота оказалось в депротонированной форме. Если также принять, что в растворе нет других источников протонов, то $[H_3O^+]$ будет равен C_0

1. Используя это приближение, расчитайте *pH* 0.15 М раствора HA.

Разумеется, это очень грубое приближение, которое работает только для очень сильных кислот. В реальности, диссоциирует лишь определенная часть кислоты. Степень диссоциации обозначается как α равная

$$\alpha = \frac{[A^-]}{C_0} = \frac{[A^-]}{[A^-] + [HA]} = \frac{K_a}{K_a + [H_3O^+]}$$

Поскольку мы принимаем, что в растворе нет других источников протонов, то $[A^-] = [H_3O^+]$. Тогда из выражения для константы кислотности мы можем получить:

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C_0 - [H_3O^+]}$$

Часто C_0 оказывается гораздо больше чем $[H_3O^+]$, и тогда мы можем пренебречь вычитанием последнего в знаменателе. Тогда наше выражение упрощается:

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_0 - [H_3O^+]} \approx \frac{[H_3O^+]^2}{C_0};\ [H_3O^+] \approx \sqrt{C_0 \cdot K_a}$$

2. Расчитайте *pH* 0.15 М раствора HA, учитывая ее $K_a = 1.74 \cdot 10^{-5}$ без пренебрежения $[H_3O^+]$ в знаменателе, а затем с ним.

3. Расчитайте минимальное значение C_0, при котором разница между двумя ответами будет в пределах 5 %.

Но даже это было упрощением. До сих пор, мы не учитывали другие источники протонов, а ведь даже в растворе, состоящем только из кислоты и воды, последняя будет также подвергаться диссоциации:

$$2\,H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^- \qquad K_w = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

Как соотнести, казалось бы, несвязанные друг с другом равновесия? Удобно воспользоваться уравнением электронейтральности, которое базируется на том, что абсолютно в любом растворе количество отрицательных частиц равно количеству положительных.

4. Запишите уравнение электронейтральности для раствора HA.

5. Найдите pH 0.15 М раствора HA, выразив все члены уравнения через $[H_3O^+]$ и известные значения и константы, а затем решив полученное уравнение относительно $[H_3O^+]$.

Задача №5. Синтез Жизни

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	Всего	Вес(%)
1	3	4	1	3	12	15

Вы наверняка задумывались, откуда же взялись все вещества, окружающие нас сегодня. В этой задаче мы исследуем этот вопрос, начав с самого появления Вселенной.

Первичный нуклеосинтез начался примерно через 20 секунд после Большого Взрыва. К этому моменту основной формой существования материи во Вселенной были протоны, нейтроны, и электроны. В ходе процесса из ядер протия формировались ядра гелия-4.

1. К концу первичного нуклеосинтеза во Вселенной на 1 нейтрон приходилось 7 протонов. Если принять, что она состояла исключительно из ядер гелия-4 и протия, а также то, что все нейтроны находились в ядрах атомов, расчитайте массовую долю гелия во Вселенной после окончания первичного нуклеосинтеза.

2. Запишите ядерные реакции, через которые протекал этот процесс. Подумайте, какие еще ядра могли, теоритечески, получаться в ходе процесса, и запишите реакции их формирования. Учтите что стабильных изотопов с массовыми числами 5 и 8 не существует.

Остальные элементы по большей части сформировались в ходе процессов, происходящих на разных этапах жизни звезд. Изначально в них происходит все тот же процесс превращения водорода в гелий, но после израсходавания большей части протонов, температура внутри звезды повышается, и становится возможным протекание дальшейших реакций. Поскольку ядро бериллия-8 крайне нестабильно ($t_{1/2} = 10^{-16}$ с), при обычных условиях соединение двух ядер гелия ни к чему не приводит, однако в новых условиях, при очень высокой плотности ядер гелия, образовавшееся ядро бериллия успевает прореагировать с еще одним ядром гелия, приводя к формированию ядра углерода-12. Эта реакция известна как *тройной альфа-процесс*.

3. Если масса ^{4}He = 4.002602 а.е.м., а масса ^{8}Be = 8.005305 а.е.м., расчитайте энергию первой и второй стадии, а затем суммарную энергию тройного альфа-процесса. 1 а.е.м. c^2 = 931.5 МэВ.

Образовавшееся ядро углерода, при дальнейшем повышении температуры, способно взаимодействовать с еще одним ядром гелия, образуя кислород, который затем снова реагирует с гелием. При еще большем повышении температуры возможно горение углерода, кислорода, неона и кремния. Однако элементы тяжелее железа не могут быть получены таким путем, ибо дальше слияние ядер приводит к поглощению энергии, а не к выделению.

4. На основании приведенной информации, обьясните причину низкой распространенности во вселенной таких элементов как литий, бериллий, бор.

В больших звездах процесс образования гелия из водорода протекает по иному механизму, в котором ^{12}C выступает в роли катализатора. Этот путь известен как CNO-цикл. Известно, что он состоит из 6 реакций, из которых 2 – реакции β+ распада.

5. Зная, что β+ распаду в данном цикле подвергаются только ядра, у которых количество протонов превышает количество нейтронов, напишите все реакции цикла.