

**Задание 1.** «Лаборатория алхимика».

Мудрый придворный маг благородного Короля Артура Мерлин располагает пятью таинственными субстанциями для совершения магических ритуалов:

Обозначение Мерлина	Лунный камень	Акве Фортис	Кость древнего дракона	Алкали фиксум минерале (калёный)	Дух дьявола
Современная формула	Ag_2O	HNO_3	CaCO_3	NaOH	SO_2
Агрегатное состояние	Твердое вещество	Водный Раствор	Твердое вещество	Водный раствор	Газ

1. Приведите современные названия таинственных субстанций.
2. Напишите все возможные уравнения реакций между данными веществами, если для каждого превращения беруть только по два вещества. Опишите признаки протекающих превращений.
3. Дайте названия получившимся продуктам реакций (один и тот же продукт, получающийся в разных реакциях, называйте только один раз).
4. Приведите уравнения реакций, при помощи которых только из имеющихся веществ, воды и воздуха можно получить а) серебро; б) гашеную известь (гидроксид кальция); в) сульфат натрия.
5. Сможет ли мудрый Мерлин с помощью имеющихся или приготовленных в п. 2 субстанций распознать отравленный напиток, если злая Моргана пытается отравить благородного Короля Артура с помощью соляной кислоты? Подберите два реактива, приведите уравнения реакций между реактивами и отравляющим веществом, укажите наблюдаемые признаки.

Задание 2. «Поздравляем всех с наступившей весной, а девушек с Международным женским днем!»

В японских головоломках, в отличие от более привычных для Вас кроссвордов, зашифрованы не слова, а изображения. При решении японского кроссворда необходимо восстановить картинку по числам. Числа в сетке такого кроссворда показывают, сколько *групп черных клеток* находится в соответствующей строке или столбце и *сколько слитных черных клеток содержит каждая такая группа*. Например, набор чисел 5, 1, и 3 в девятой строке Вашего японского кроссворда означает, что в этой строке есть три группы: первая – из пяти черных клеток подряд, вторая – из одной, третья – из трех. Группы разделены как минимум одной пустой клеткой. Пустые клетки могут быть и по краям рядов. Для ускорения решения головоломки часть картинка нарисована, а уже использованные числа зачеркнуты. То есть в девятой строке (5_1_3) уже не может быть других черных клеток, а во второй строке (2_3_1) левее закрашенных клеток должна быть ещё группа из двух черных клеток и больше ничего.



1. Ответьте на вопросы и решите короткие задачи, описанные в пунктах а) - ж). Ответы на вопросы и решения задач приведите в своей работе.
2. Напишите уравнения всех описанных в этих пунктах реакций [1-13].

Чтобы справиться со следующим пунктом, кроссворд перерисовывать в свою работу не нужно! Работайте с той картинкой, которая приведена на листе с заданиями. Более того, даже если Вы разгадали не весь кроссворд, стоит попробовать ответить на вопросы, имея перед глазами лишь часть изображения.

Целыми числами, которые получились у Вас в п.1, замените знаки вопроса в столбцах нашего кроссворда. После этого попробуйте закрасить нужные группы клеток, ориентируясь на целые числа в соответствующих строках и столбцах.

3. Опишите словами (опять же, ничего перерисовывать не нужно), какой предмет изображен в нашем кроссворде. Какие буквы оказались расположены под этим предметом, и как расшифровывается аббревиатура, состоящая из этих букв?

Столбец №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
											2									
		2									3	1								
		?	3	2			?	2	5	8	4	2								
		4	2	3	?	?	5	?	3	3	1	5	2	?	?	3	3	2	9	
		2	5	1	5	3	5	1	1	2	?	?	5	?	5	4	1	3	2	5
		4																		
	2	3	1																	
	4	2	1																	
		8	3																	
		2	7	5																
	1	2	6	2																
		2	4	1																
		3	2	1																
		5	1	3																
		8	4	1																
		3	3	5	1															
		2	2	5	1															
		2	3	4	2															
		2	2	2																
		1	2																	
	3	1	1	1	2															
	1	1	1	1	2															
	3	1	3	1	2															
	1	1	1	1	1															
	1	1	1	1	1															
	1	1	3	2																

а) Укажите порядковый номер в периодической системе (ПС) (Столбец 6) (далее Ст.) самого малораспространённого на Земле элемента второго периода, название которого происходит от греческого «новый». Для каких целей человек активно использует нереакционноспособное простое вещество, образуемое этим элементом?

б) Укажите порядковый номер (Ст. 10) самого распространенного элемента во Вселенной. Образующее им простое вещество может с взрывом реагировать с кислородом воздуха [реакция 1]. Приведите по одному лабораторному [2] и промышленному [3] способу получения этого простого вещества. Среди изотопов этого элемента встречается сверхтяжёлый, массовое число которого на 2 больше, чем у основного изотопа. Напишите уравнение его радиоактивного распада (β -распад, период полураспада $\tau_{0,5} = 12,3$ года) [4]. Оцените количество атомов этого изотопа через 1 год, если исходно взяли 1 г простого вещества элемента, содержащего только этот изотоп. Закон радиоактивного распада: $N = N_0 \times 2^{-x}$, где N и N_0 – текущее и начальное количество частиц соответственно, $x = t/\tau_{0,5}$, t – время распада.

в) Обычную пищевую соду (NaHCO_3) можно использовать для создания вулкана в домашних условиях. Для этого можно взять 5,7 г соды и добавить избыток уксусной кислоты (для простоты запишем ее формулу как HA) [5]. Сколько грамм газа (Ст. 14) получится в этой реакции? При пропускании этого количества газа через раствор гашеной извести получен осадок [6] с выходом 73,5 %, определите его массу (Ст. 7).

г) Укажите порядковый номер (Ст. 2) элемента, образуемое которым простое вещество является одним из самых легких газов. В каком периоде ПС находится этот элемент (Ст. 11)? Для этого элемента до недавнего времени считалось принципиально невозможным образование сложных веществ. Однако в 2013 г. было показано, что при высоких давлениях этого газа над одним из щелочных металлов образуется бинарное (двухэлементное) соединение, массовая доля неметалла в котором составляет 8 %. Определите формулу этого бинарного соединения.

д) Укажите порядковый номер (Ст. 8) элемента и номер группы ПС (в коротком варианте), в которой он находится (Ст. 15). Соединения этого элемента используются в сельском хозяйстве в качестве микроудобрений (например, бура, другое название которой тетраборат натрия). В природе этот элемент находится в виде двух стабильных изотопов, массовые числа которых отличаются на 1. Проведите расчет мольной доли более тяжелого изотопа в природной смеси изотопов. Более легкий же изотоп используется в атомных реакторах для регулирования скорости реакции, а также для биологической защиты от

тепловых нейтронов. Известно, что после захвата этим изотопом нейтрона из его ядра испускается альфа частица (ядро атома ${}^4\text{He}$) и образуется стабильный изотоп лития [7].

е) Установите формулу бинарного (двухэлементного) соединения, образованного элементами первых двух периодов ПС (для кроссворда сложите порядковые номера этих элементов, Ст. 5). Оно легко реагирует с водой, причем продуктами реакции являются только легкий горючий газ и водный раствор щелочи [8].

Какой вид химической связи в этом соединении, если известно, что соединение может быть подвергнуто электролизу в расплаве [9]? А какие продукты получаются при электролизе его водного раствора [10]?

ж) Укажите порядковый номер (Ст. 13) элемента, название которого происходит от древнегреческого «разрушение». Простое вещество (бледно-жёлтый газ) является чрезвычайно сильным окислителем и может реагировать даже с такими химически стойкими веществами, как вода [11], стекло (SiO_2) [12], платина (в образующемся соединении $\omega_{\text{Pt}} = 63,1\%$) [13]. Приведите формулу или название одного минерала, в котором содержится этот элемент.

Задание 3. «Кипящее вещество».

С середины XIX века и до сих пор бесцветные водные растворы вещества **А** активно применяются как в традиционной медицинской практике, так и при лечении «народными» методами. Как кровоостанавливающее и дезинфицирующее средство, его чаще всего используют в виде 3 % раствора, который продается в аптеках и зачастую является компонентом многих домашних аптечек; в продажу иногда также поступает довольно концентрированный 30-35 % раствор (препарат **Б**). Домашние хозяйки с помощью этого раствора выводят пятна и отбеливают ткани, а современные модницы обесцвечивают волосы перед покраской.

Однако, обращаться с препаратом **Б** надо очень аккуратно: попадая на кожу рук, он вызывает сильные ожоги. **Особенно надо беречь глаза.** По этой причине для бытовых целей удобнее использовать твердое соединение вещества **А** с мочевиной (ее формула $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), которое также можно купить в аптеке (препарат **В**). Действие раствора, содержащего одну таблетку **В** массой 1,25 г в стакане воды, будет таким же, как если бы Вы взяли одну столовую ложку (15 г) 3 %-го раствора **А** на такой же стакан воды. Мочевина никакого влияния на действие **А** не оказывает, а служит растворимым «контейнером» для его хранения.

Установлено, что вещество **А** всегда образуется в небольшом количестве во влажной атмосфере при грозовом разряде. Тем не менее, известно, что в концентрированных растворах это вещество не переносит прямого солнечного света, а некоторые добавки разлагают его так быстро, что оно будто вскипает. Если над сосудом, в котором разлагается концентрированный раствор вещества **А**, подержать тлеющую лучинку, она вспыхивает ярким пламенем.

1. Приведите названия вещества **А** и препаратов **Б** и **В**. Дополнительно известно, что вещество **А** состоит из двух элементов, одним из которых является водород.
2. Приведите один пример добавки, ускоряющей процесс разложения **А** при комнатной температуре.
3. Рассчитайте массовые доли и мольное соотношение вещества **А** и мочевины в препарате **В**.
4. Какой из продуктов разложения **А** обеспечивает его дезинфицирующие и отбеливающие свойства? Почему вещество **А** не образуется во влажной атмосфере в обычных условиях, а получается только при грозовом разряде?
5. В XIX веке вещество **А** получали взаимодействием вещества **Г** с разбавленной серной кислотой (этот способ до сих пор используется в лабораторной практике). Установите формулу вещества **Г** и напишите уравнение этой реакции. Известно, что вещество **Г** состоит из двух элементов, одним из которых является барий (его массовая доля в веществе **Г** 0,811 или 81,1 %).

Вещество **А** чрезвычайно реакционноспособно: при комнатной температуре легко реагирует с гидроксидами железа(II) [реакция 1] и марганца(II) [2], окрашивает в бурый цвет подкисленный раствор иодида калия [3], выделяет зеленый газ из концентрированной соляной кислоты [4], превращает черный сульфид свинца в белое вещество [5], черный оксид серебра в металл [6], обесцвечивает подкисленный серной кислотой раствор перманганата калия [7] и помогает диоксиду марганца раствориться в разбавленной серной кислоте [8].

6. Напишите уравнения реакций [1-8], описывающих реакционную способность вещества **А**.



Задание 4. «Бугринский мост».

«Соединяя берега и судьбы»

Из репортажа об открытии моста

В 2014 г. в Новосибирске была открыта новая транспортная развязка, включающая третий по счету мост через Обь, названный «Бугринским», с самым большим в СНГ арочным пролетом. Как правило, современные конструкции подобных мостов возводят из специальных сплавов. Чтобы



повысить устойчивость такого сплава к внешним воздействиям, в сталь добавляют легирующие компоненты. Известно, что сталь некоторой марки **М**, которая в настоящее время используется для изготовления металлоконструкций мостов, содержит 3 основных элемента. Этими элементами являются металл **А**, неметалл-раскислитель **Б** (2-е место в земной коре по распространенности) и легирующий компонент **В**, являющийся одним из самых твердых металлов.

Для определения количественного состава компонентов стали **М** ее навеску массой 1,000 г кипятили в 20 % растворе серной кислоты почти до полного ее растворения [реакции 1, 2]. После этого зеленый раствор упарили, добавили концентрированной азотной кислоты и снова прокипятили [3-4]. Раствор разбавили водой, твердый остаток оксида неметалла **Б** отфильтровали и прокалили до постоянного веса для удаления воды. Масса полученного белого вещества ($\omega_B = 46,7\%$) составила 12,8 мг.

К отфильтрованному раствору зеленого цвета добавили окислитель и прокипятили раствор для удаления его избытка. Раствор окрасился в оранжевый цвет. Содержание металла **В** в **М** установили аналитическим методом, основываясь на окислительных свойствах оранжевой аммонийной соли $(\text{NH}_4)_2\text{B}_2\text{O}_x$ (соль **Г**, $\omega_B = 41,3\%$), которая образуется в ходе анализа. Общее количество металла **В** в этой навеске **М** составило $7,7 \cdot 10^{-5}$ моль.

Соль **Г** легко восстанавливается сульфитом натрия в сернокислой [5], нейтральной [6] и щелочной [7] среде, а если сухую соль **Г** поджечь, то процесс ее горения [8] напоминает извергающийся вулкан.

1. Определите элементы **А-В**. Установите формулу и напишите название вещества **Г**.
2. Напишите уравнения реакций [1-8].
3. Вычислите массовые доли компонентов стали **М**, считая что она содержит только упомянутые в задаче элементы **А – В**.

Известно, что длительная эксплуатация металлических мостов при динамических нагрузках в условиях атмосферного воздействия создает предпосылки к их разрушению. Наиболее легким способом антикоррозийной обработки металлоконструкций является их окраска. Для этих целей можно использовать органические и неорганические составы. Последние отличаются большей световой, атмосферной и химической стойкостью. Разнообразие возможных цветов делает такой способ защиты более привлекательным. Так, для окраски в насыщенный красный цвет арки Бугринского моста, могли использоваться такие неорганические вещества как **Д** и **Е**, а для получения зеленого цвета самого длинного в мире новосибирского метромоста – вещество **Ж**. Все эти вещества являются атмосферостойкими и предотвращают разрушение стали, однако имеют различную устойчивость по отношению к кислотам и щелочам. Соединение **Ж**, представляющее собой оксид металла **В**, химически инертно. Оксид **Д** растворяется в разбавленном растворе азотной кислоты с образованием в качестве продуктов соли металла **А** и воды [9]. Оксид тяжелого металла **Е** в этих же условиях, кроме воды, дает два соединения с различными степенями окисления этого металла [10]. Известно, что этот тяжелый металл применяется в производстве боеприпасов и автомобильных аккумуляторов. Кроме того **Е**, в отличие от **Д**, растворяется и в концентрированном растворе NaOH [11], а **Д** может быть получен в результате обжига бинарного соединения **З** ($\omega_A = 46,5\%$) [12], что является одним из промышленных способов получения газа **И**. Массовые доли кислорода в соединениях **Д – И** приведены в таблице.

Соединение	Д	Е	Ж	З	И
$\omega_O, \%$	30,1	9,3	31,6	0	50,0

4. Установите состав веществ **Д – И** и приведите уравнения реакций [9-12]. Какое из соединений (**Д** или **Е**) предпочтительнее использовать для окраски Бугринского моста и почему?
5. В первоначальном проекте Бугринский мост назывался «...заводским», из-за его близкого расположения к одному из крупнейших в мире заводов по производству металла **К**. Этот металл также находит широкое применение для предохранения **А** от ржавления, например, при лужении консервных банок. О каком металле идет речь? В чем недостаток подобного способа защиты **А**?