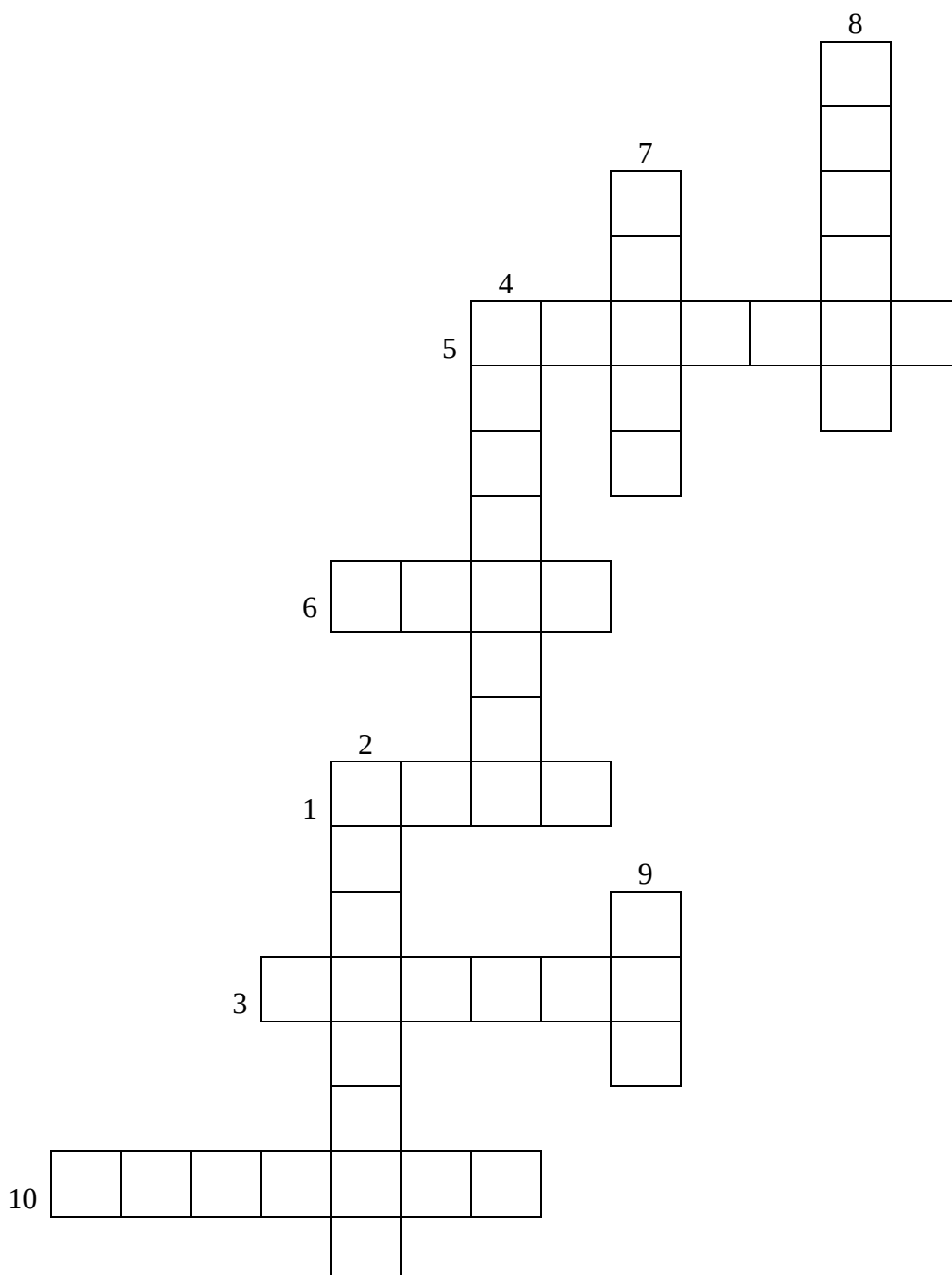


Задача 1. Биогенный кроссворд

Физтех-школа биологической и медицинской физики МФТИ (ФБМФ) готовит междисциплинарных специалистов в области Life Science, которые одновременно компетентны в физике, математике, информатике, химии и биологии, а также обладают базовыми медицинскими знаниями. Такое сочетание позволяет выпускникам работать в передовых направлениях современной биологии: биоинформатике и цифровой медицине, молекулярной биологии и геной инженерии, промышленной биотехнологии и разработке лекарственных препаратов. В этом кроссворде мы предлагаем вам почувствовать роль химических элементов в биологических системах.



Вопросы по вертикали:

2. Вещество, получающееся в процессе метаболизма в печени, направленного на выведение азота из организма, содержащее в своем составе углерод, азот, кислород и водород.
4. Самый распространенный элемент по массе в организме человека и в земной коре.
7. Ион металла, участвующий в поддержке кислотно-щелочного баланса и осмотической концентрации крови; окрашивает пламя спиртовки в фиолетовый цвет.
8. Металл, входящий в состав хлорофилла; на воздухе чистый металл сгорает ослепительно ярким белым пламенем.
9. При избытке этого элемента в организме возникает гипертиреоз – болезнь щитовидной железы; в виде простого вещества имеет металлический блеск и ярко окрашенные пары.

Вопросы по горизонтали:

1. Ион металла, придающий голубую окраску крови моллюсков, окрашивающий пламя спиртовки в ярко-зеленый цвет.
3. Металл, входящий в состав гемоглобина.
5. Около 99% всего этого элемента в организме содержится в костях и зубах.
6. Неметалл, добавка соединений которого в зубную пасту укрепляет зубную эмаль.
10. Тривиальное название кислоты, входящей в состав желудочного сока.

Задача 2. Жидкое простое вещество

В таблице Менделеева есть только два элемента, которые образуют жидкие простые вещества при комнатных условиях. Взглянем на химию одного из них, элемента **X**, поближе.

Элемент **X** в виде простого вещества образует двухатомную молекулу, вещество **A**. Вещество **A** представляет собой летучую тяжелую жидкость, крайне ядовитую, при нагревании переходящую в пары, раздражающие дыхательные пути.

Вещество **A** является довольно реакционноспособным, это сильный окислитель. К примеру, при растворении вещества **A** в воде параллельно протекают два процесса: непосредственно растворение **A** и его реакция с водой (*реакция 1*), в ходе которой образуется смесь двух веществ, **B** и **B**.

Однако если проводить растворение на свету или при кипячении, неустойчивое вещество **B** образовываться не будет, но будет выделяться газ **Y** (*реакция 2*).

Ввиду своих свойств, вещество **A** лучше растворяется в щелочных растворах. К примеру, при растворении **A** в растворе карбоната натрия образуются две соли, одна из которых содержит тот же анион, что и вещество **B**, а также газ **Z** (*реакция 3*).

Вещество **A** – одно из немногих веществ, реагирующих с чистым золотом: при этом получается соединение **G**, содержащее 54,9 % **X** (*реакция 4*). Реакция начинается уже при комнатной температуре, однако лучше всего проходит при избытке **A** и нагревании.

A напрямую не реагирует с кислородом и азотом, однако реагирует с многими прочими неметаллами. При взаимодействии с серой образуется вещество **D** (*реакция 5*), по формуле сходное с пероксидом водорода; при реакции с фосфором, растворенным в органическом растворителе, образуется вещество **E** (*реакция 6*), которое при дальнейшем добавлении избытка **A** и нагревании переходит в **Ж** (*реакция 7*).

При реакции с фтором могут образоваться три различных вещества: **З**, **И** и **К** (*реакции 8, 9 и 10*), для разделения которых используют ловушки, охлажденные до -120 °С, -20 °С и -50 °С соответственно. Вещество **З** является самым неустойчивым из них, а вещество **И** получается при диспропорционировании вещества **З** (*реакция 11*), при этом также выделяется вещество **A**.

1. Определите формулы элемента **X**, а также веществ **A-K**, **Y** и **Z**.
2. Запишите уравнения перечисленных в задаче реакций 1-11.

Задача 3. Литий

Инженеры МФТИ работают над своей линейкой разработок от материалов до конечных изделий в области мобильных систем накопления энергии для электробусов и перспективной энергетики. Недалеко от кампуса на базе разработок Физтеха создается опытный завод металл-ионных накопителей МЕТАЛИОН. Здесь создали новую батарею для многоразового космического корабля «Орел» – её можно использовать четыре раза, а емкость на 27% выше аналогов. Здесь производят литий-ионные батареи – на сегодняшний день одни из самых популярных электрохимических аккумуляторов благодаря своей экономичности, простоте зарядки и высокой плотности хранимой энергии.

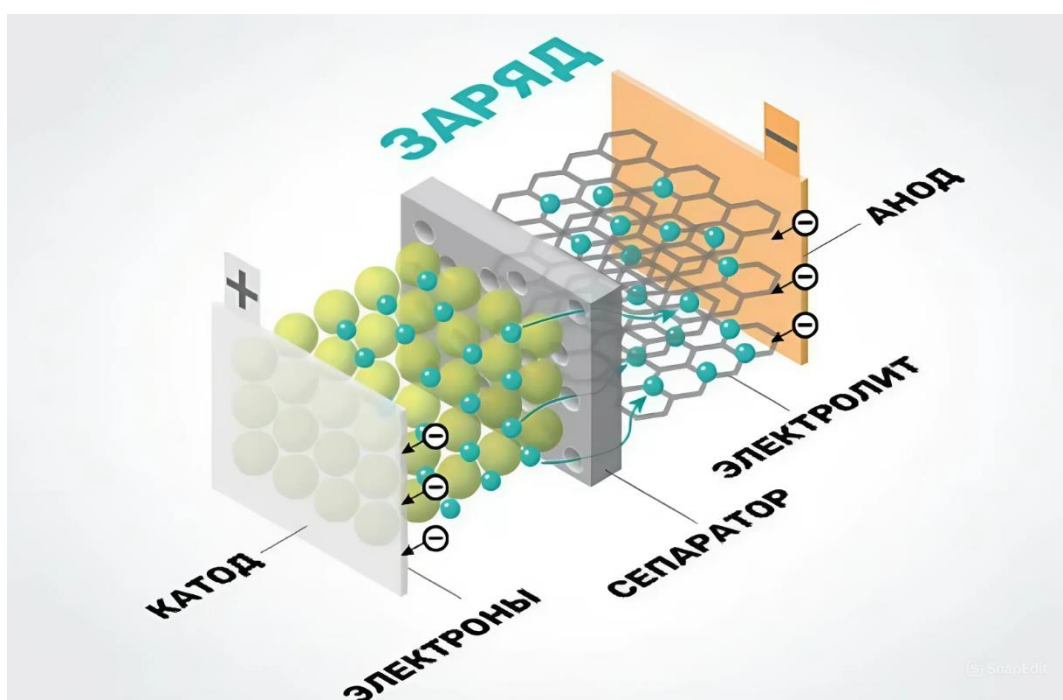
В промышленности литий получают переработкой минерала сподумена $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$. Измельченную руду прокаливают с оксидом кальция при 1200°C , в результате чего получают смесь, содержащую силикат кальция, избыток оксида кальция и вещество А. Эту смесь обрабатывают водой, в результате чего протекает *реакция 1* с получением гидроксида лития, который после выделения переводят в хлорид лития (*реакция 2*) и подвергают электролизу (*реакция 3*).



1. Определите вещество А, если известно, что массовая доля кислорода в нем составляет 48 %.

Минерал сподумен

Рассмотрим поближе устройство аккумулятора типа LFP, который чаще всего применяется в электромобилях ввиду безопасности, низкой токсичности и большого срока службы.



Аккумулятор состоит из следующих компонентов: корпус, алюминиевый катод, на который нанесен тонкий слой вещества **Б** (LiMePO_4), медный анод с нанесенным тонким слоем графита, сепаратор, отделяющий катод от анода, и электролит, представляющий собой раствор вещества **В** в органическом растворителе.

Вещество **Б** можно получить реакцией моногидрата гидроксида лития с гептагидратом сульфата MeSO_4 в фосфорной кислоте с добавкой аскорбиновой кислоты в качестве катализатора (*реакция 4*).

Использование вещества **Б** в аккумуляторе обуславливается тем, что в процессе зарядки оно диспропорционирует по схеме:



В процессе разрядки вещество **Б** принимает электрон, и указанная реакция проходит вспять.

Вещество **В** производится путем реакции пентахлорида фосфора с фтороводородом и фторидом лития (*реакция 5*), при этом фосфор сохраняет свою степень окисления. Кроме высокой растворимости в полярных растворителях, анион вещества **В** пассивирует алюминиевый катод, что увеличивает срок службы аккумулятора.

Недостаток же данного вещества заключается в том, что даже следовые количества воды приводят к его гидролизу с сильным нагреванием и выделением ядовитого фтороводорода (*реакция 6*).

2. Определите металл **Ме**, вещества **Б** и **В**, если дополнительно известно, что массовая доля воды в гептагидрате MeSO_4 составляет 45,32 %.
3. Напишите уравнения описанных *реакций 1-6*.
4. Как вы думаете, почему слишком низкие или слишком высокие температуры уменьшают срок службы аккумулятора?

Задача 4. Термохимия необычного вещества

Юные химики знают, что при растворении диоксида серы в воде реакция среды становится кислой. Менее известно, что при низких температурах между SO_2 и H_2O происходит взаимодействие принципиально другого типа. Его следствием является образование соединения X :



которое является очень неустойчивым и с повышением температуры разлагается с образованием диоксида серы и воды. При растворении 1,000 г X в рассчитанном количестве разбавленного раствора гидроксида натрия образуется раствор соли Y . Выпаривание образовавшегося раствора и сушка остатка позволяет получить 0,731 г безводной Y .

Вещество	Теплоты образования ($\Delta_f Q^\circ$), кДж/моль
$\text{SO}_{2(\text{г})}$	297
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	286
$\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{ж})}$	609
$\text{NaOH}_{(\text{тв})}$	427
$\text{Y}_{(\text{тв})}$	950
Вещество	Теплоты гидратации ($\Delta_h Q^\circ$), кДж/моль
$\text{NaOH}_{(\text{тв})}$	42
$\text{Y}_{(\text{тв})}$	22

1. Определите формулы X и Y .
2. Рассчитайте тепловой эффект реакции взаимодействия сернистого газа и воды (в записи с минимальными целочисленными коэффициентами). *Ответ выразите в кДж/моль, с точностью до целых.*
3. Для проведения реакции растворения X в NaOH , было приготовлено 200 г 6%-ного раствора щёлочи. На сколько градусов нагрелась смесь, если удельная теплоёмкость раствора составляет 4200 Дж/(кг·°C)? *Ответ выразите в градусах с точностью до сотых.*
4. Рассчитайте, тепловой эффект реакции растворения X в растворе NaOH . Если вам не удалось определить формулы X и Y , то за схему реакции примите следующее: $\text{X}_{(\text{тв})} + \text{NaOH}_{(\text{ж})} \rightarrow \text{Y}_{(\text{ж})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$. *Ответ выразите в кДж/моль с точностью до сотых.*
5. Приведите уравнения описанных реакций растворения X в растворе NaOH и взаимодействия сернистого газа с водой. К какому классу соединений относится вещество X ?