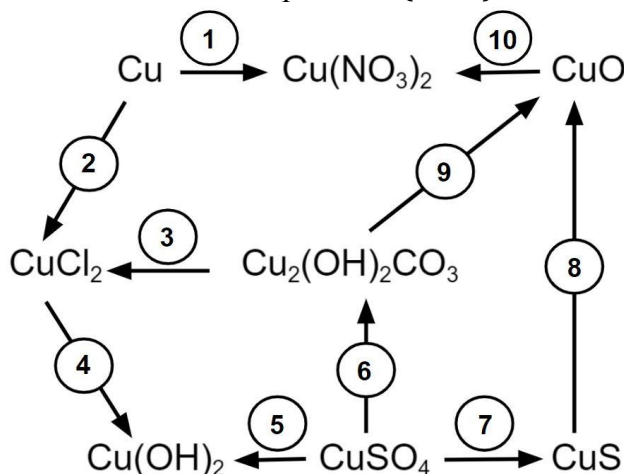


Открытые соревнования химической олимпиады 2021/2022 учебного года
Младшая группа (9 и 10 классы)
1 октября 2022

1. Реакции меди (10 б)

Напишите для каждой обозначенной на схеме реакции (1–10) одно подходящее уравнение.



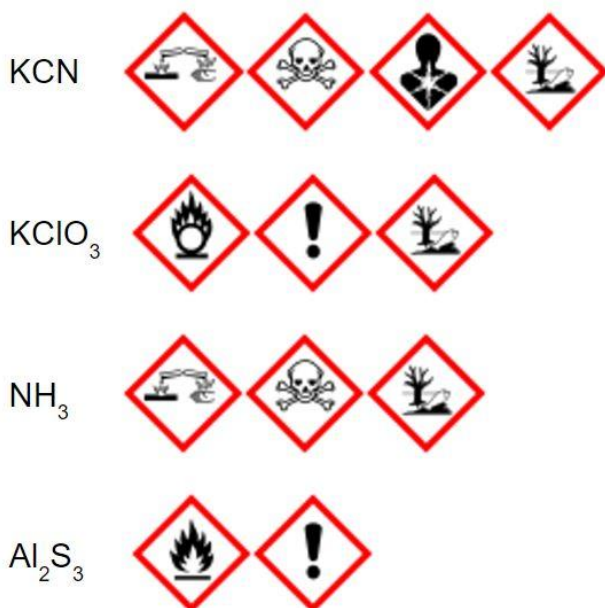
2. Настойка прополиса (11 б)

Пасечник захотел приготовить 12%-ную настойку прополиса. Для этого он должен быть растворить прополис в 80%-м растворе этанола. Для приготовления подходящего раствора этанола он использовал водку ($\rho = 0,948 \text{ г/см}^3$) и 95%-ный раствор этанола. На бутылке водки содержание этанола было указано 40%vol то есть 40 объемных процентов, что показывает соотношение объема чистого этанола к объему раствора.

Массовый процент этанола в растворе	100	95	80	0
Плотность (г/см ³)	0,789	0,804	0,843	0,998

- Найди массовый процент содержания этанола в 40%vol водке. (2)
- Рассчитай массу 80%-го раствора этанола, которую пасечник должен приготовить для получения настойки из 230 г прополиса. (1)
- Рассчитай объем 40%vol водки и 95%-го раствора этанола, которые следует взять, чтобы приготовить необходимое количество 80%-го раствора этанола? (5)
- Рассчитай контракцию в кубических сантиметрах, происходящую при приготовлении ровно 1 дм³ 80%-го раствора этанола из 100%-го этанола и воды. (3)

3. Спасательное задание (10 б)



a) При помощи названий веществ и соответствующих им символов опасности определи, какое вещество: (2)

i) наиболее токсично;

ii) при возгорании можно тушить водой;

iii) при нагревании может образовать взрывоопасную смесь;

iv) в реакции с водой образует ядовитый газ.

b) Напиши уравнения реакций, соответствующих пунктам **a-iii)** и **a-iv)** и расставь коэффициенты. (2)

Емкость с 15%-й соляной кислотой ($\rho = 1,073 \text{ г/см}^3$) протекает со скоростью $2,0 \text{ дм}^3/\text{мин}$. Утечка началась в 9:00 и спасательная команда закрыла утечку в 11:53.

c) Рассчитай необходимое для нейтрализации вытекшей кислоты **i)** массу безводной стиральной соды и **ii)** объем воды, если 100 г стиральной соды растворяют в 10 дм^3 воды. (3)

На вызов отреагировали спасатели в соответствующей защитной одежде с дыхательным аппаратом и двумя баллонами сжатого воздуха. Номинальный объем одного баллона сжатого воздуха равен $6,3 \text{ дм}^3$ и каждый баллон заполнен до давления $2,95 \cdot 10^7 \text{ Па}$. Из опасной среды следует выходить, если показатель давления равен $6 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Потребление воздуха в данных условиях равно $100 \text{ дм}^3/\text{мин}$. Атмосферное давление равно 10^5 Па .

d) Рассчитай, как долго может спасатель находиться в опасной среде в защитном снаряжении. (3)

4. Раствор солей (10 б)

У лаборанта имеется $1,000 \text{ дм}^3$ раствора, который содержит NaCl , Na_2SO_4 и NaNO_3 (раствор **A**). Для определения соотношения концентраций солей лаборант взял пробу объемом $10,00 \text{ см}^3$ и разбавил ее водой до $50,00 \text{ см}^3$ (проба **B**). После этого он оттитровал разбавленную пробу $0,200 \text{ моль/дм}^3$ раствором BaCl_2 .

a) Напиши уравнение реакции титрования раствором BaCl_2 . (1)

b) Рассчитай массу Na_2SO_4 в растворе **A**, если на титрования пробы **B** ушло $5,06 \text{ см}^3$ раствора BaCl_2 . (2)

После титрования раствором BaCl_2 лаборант отделил полученный осадок и прибавил к пробе **B** $100,0 \text{ см}^3$ воды, получив раствор **C**. После этого он оттитровал раствор **C** $0,200 \text{ моль/дм}^3$ раствором AgNO_3 .

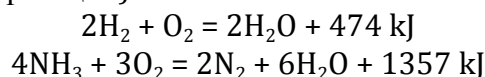
- с) Напиши уравнение реакции титрования раствором AgNO_3 . (1)
 д) Рассчитай массу NaCl в растворе **A**, если на титрования пробы **B** ушло $15,07 \text{ см}^3$ раствора AgNO_3 . (2)

После титрования раствором AgNO_3 лаборант отделил полученный осадок и прибавил к раствору **C** 200 см^3 , получив раствор **D**. Содержание нитрат-ионов лаборант измерил при помощи ионоселективного электрода.

- е) Рассчитай массу NaNO_3 в растворе **A**, если в растворе **D** содержалось $0,02022 \text{ моль/дм}^3$ нитрат-ионов. (2)
 ф) Рассчитай отношение молярных концентраций солей в растворе **A**. (2)

5. Топливо будущего (10 б)

В развитии автомобилей будущего топливные элементы конкурируют с аккумуляторами и двигателями внутреннего сгорания. Уже сейчас существуют электромобили, топливные элементы которых работают на водороде. С 2022-го года испытываются первые автомобили, работающие на аммиаке. В обоих случаях топливо электрохимически преобразуется в экологически чистые продукты, а мотор питается высвобождаемой энергией. Ниже приведены уравнения реакции и максимальные доступные значения электрической энергии (по количеству моль, указанному в уравнении реакции):



- а) Рассчитай, из какого топлива (H_2 или NH_3) выделяется больше энергии на объем топлива, если плотности аммиака и водорода равны 610 г/см^3 и 71 г/дм^3 , соответственно. (2)

Поскольку сжижение как водорода, так и аммиака является энергоемким процессом, рассматриваются другие варианты их хранения. В таблице приведены соединения, содержащие водород. В случае соединения **D** аммиак выделяется при нагревании и помимо него образуется хлорид элемента **M** ($w_{\text{M}} = 25,5\%$). В случае остальных соединений H_2 и/или NH_3 выделяются в результате реакции с водой, а помимо них образуются оксид элемента **M** ($w_{\text{M}} = 60,3\%$) и B_2O_3 .

Соединение	w_{H} (%)	Продукты	Побочные продукты
A	0	NH_3	оксид M
B	7	NH_3	оксид M
C	8	H_2	оксид M
D	9	NH_3	хлорид M
E	15	H_2	оксид M и B_2O_3
F	16	H_2 и NH_3	оксид M и B_2O_3
NH_3BH_3	20	H_2 и NH_3	B_2O_3

- б) Определи элемент **M**. (1)
 с) Рассчитай, сколько моль H_2 и NH_3 образуется из одного моль каждого соединения **A–F**, приведенного в таблице, и NH_3BH_3 . (7)

6. Суперкислоты (10 б)

Суперкислотами называют смеси веществ, кислотность которых выше, чем у 100%-й серной кислоты. Одну из сильнейших суперкислот получают путем реакции галогеноводорода (HX) с галогенидом элемента **Y** (YX_n). При автопротолизе растворителя HX образуются катион **A** и анион X^- , который соединяется с молекулой или молекулами YX_n , образуя ионы **B** ($M = 235,8 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$), **C** ($M = 452,6 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$) и **D** ($M = 669,4 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$). В ионах **B–D** каждый атом **Y** окружен 6 атомами **X** и степень окисления **Y** равна **V**. Из полученной ионов возможно осадить соли **E** и **F**, в чьих брутто формулах будет 12 и 13 атомов **X** соответственно. Смесь ионов, полученная в

результате реакции галогеноводорода HX с YX_n , известна как суперкислота G , в упрощенной брутто формуле которой 7 атомов X .

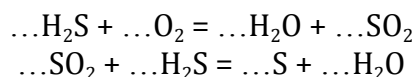
- a) Определи элементы Y и X . (2)
- b) Напиши брутто формулы ионов $A-D$. (4)
- c) Нарисуй структурную формулу иона C . (1)
- d) Напиши брутто формулы солей E и F и суперкислоты G . (3)

7. Удаление сероводорода (10 б)

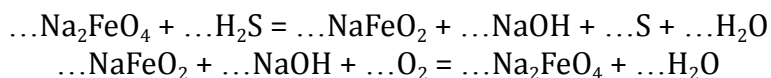
Сероводород содержится в биогазе и из-за своей едкости нуждается в удалении, чтобы биогаз можно было использовать в качестве источника энергии. H_2S , образующийся в химической промышленности, например при обработке сырой нефти или угля, тоже нуждается в удалении, так как его выбросы могут представлять серьезную опасность для людей и животных. CLAUSPOL, KONOX, CATABAN, SULFATREAT и THYLOX это процессы удаления сероводорода из биогаза, бытового газа и промышленных газов.

Расставь коэффициенты в уравнениях реакций перечисленных процессов. (10)

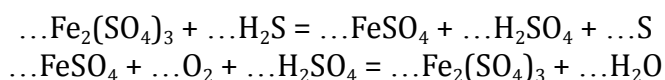
CLAUSPOL:



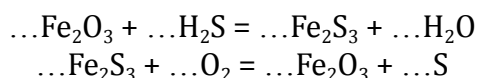
KONOX:



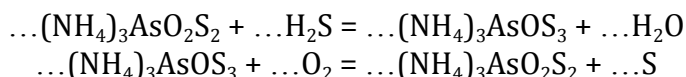
CATABAN:



SULFATREAT:



THYLOX:

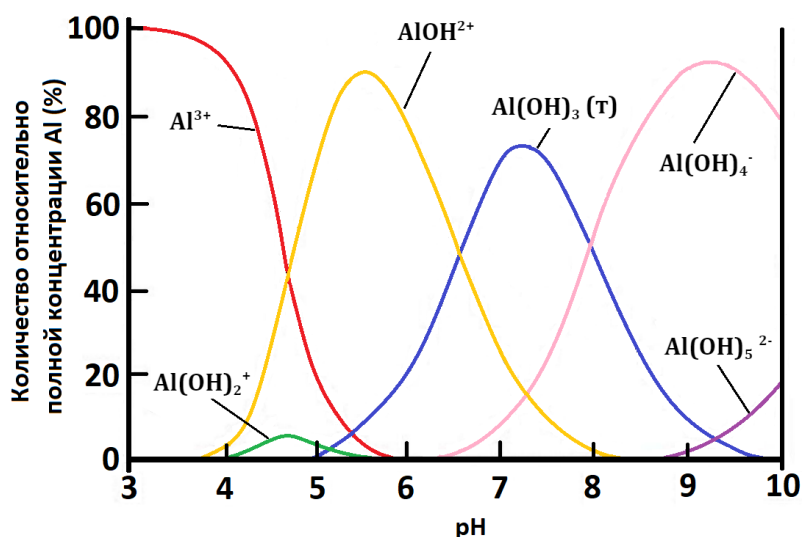


8. Удаление фосфора из озерной воды (9 б)

Чрезмерный приток питательных веществ в природные водоемы может привести к эвтрофикации водоема и навредить биоразнообразию и экологическому балансу водоема. Основным биоэлементом, вызывающим эвтрофикацию, является фосфор, который попадает в озера при удобрении полей или сточных вод. Одним из методов удаления фосфора из круговорота питательных веществ является обработка воды озера сульфатом алюминия: упрощенно этот процесс можно рассматривать, как реакция между растворимыми фосфатами и ионами алюминия, в ходе которой образуется нерастворимый в воде осадок.

- a) Напиши ионное уравнение реакции вышеописанного процесса и расставь коэффициенты. (1)

В действительности Al^{3+} реагирует с молекулами воды в процессе гидролиза, поэтому Al^{3+} может присутствовать в растворе также в виде комплекса или гидроксида с общей формулой $Al(OH)_x^{+(3-x)}$. Точная форма в растворе зависит от pH воды. На рисунке представлены относительные пропорции различных форм Al в зависимости от pH воды. $Al(OH)_3$ - нейтральное соединение, нерастворимое в воде.



- b) Напиши обобщенное ионное уравнение реакции гидролиза Al^{3+} (образуется $Al(OH)_x^{+(3-x)}$) и расставь коэффициенты. Как изменится pH раствора во время реакции? (1)
- c) Напиши обобщенное ионное уравнение реакции между комплексным ионом алюминия ($Al(OH)_x^{+(3-x)}$) и фосфат-ионом и расставь коэффициенты. Как изменится pH раствора во время реакции? (1)
- С растворенными в воде фосфатами могут реагировать только растворенные соединения алюминия
- d) При каком значении pH минимум 80% всех соединений алюминия находится в воде в растворенном виде? (1)
- e) При каком значении pH количество растворенных в воде соединений алюминия будет наименьшим? Какая часть соединений алюминия находится в растворенном виде при этом значении pH? (1)

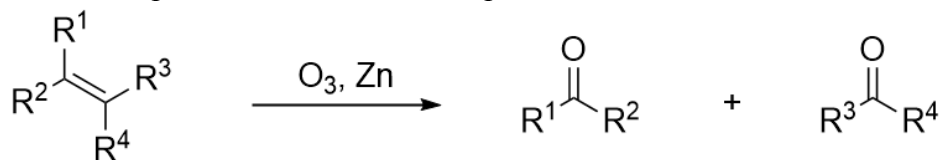
Кати беспокоило озеро возле ее дома, которое летом зарастало водорослями. Она взяла пробу озерной воды и отправила ее в лабораторию, где определили содержание фосфора, равное 68 мг/дм³; 80% этого количества составляли неорганические фосфаты и 20% более сложный фосфорсодержащие органические соединения, которые не могут реагировать с ионами Al^{3+} . pH озерной воды равна 6, объем озера Кати оценила примерно в 10^6 м³. При поиске информации о водоемах кати узнала, что во избежание эвтрофикации содержание фосфора в озерной воде составлять менее 20 мг/дм³.

- f) Сульфат алюминия продается в виде гидрата с формулой $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Рассчитай, сколько килограммов гидрата Кати должна как минимум заказать у местного самоуправления, чтобы можно было снизить содержание фосфор в воде до границы эвтрофикации. Предположи, что уровень pH не изменяется существенно при добавлении сульфата алюминия. (5)

9. Озонолиз (10 б)

Озон используют для разрыва двойной связи углерод-углерод в присутствии слабого восстановителя (например цинк). Данный процесс – озонолиз – происходит в соответствии с нижеприведенной схемой. До разработки современных методов анализа, озонолиз использовали для определения структуры веществ, в ходе которого на основе известных фрагментов было возможно определить исходную структуру вещества. В старой лаборатории нашли четыре колбы с надписью C_5H_{10} . С помощью спектроскопии установили, что в колбах 1-3 содержалось 3 разных алкена, а в четвертой колбе была смесь алканов, которые являлись структурными изомерами друг друга. При озонолизе алкена **1** возникают соединения **A** (C_2H_4O) и **B** (C_3H_6O), алкена **2** – **A** и **C** (C_3H_6O) и алкена **3** – **D** (CH_2O) и **E** (C_4H_8O). Соединение **B** является известным растворителем и соединение **D** является ядовитым веществом, которое используют в медицине

для долгосрочной консервации биологических проб.



где R¹⁻⁴ могут быть одинаковыми или разными заместителями, например H или CH₃

- a) Нарисуй структурные формулы соединений **A-E**. (5)
- b) Нарисуй структурные формулы алкенов **1-3**. (3)
- c) Нарисуй структурные формулы двух алканов, которые имеют брутто формулу (суммарную формулу) C₅H₁₀. (2)