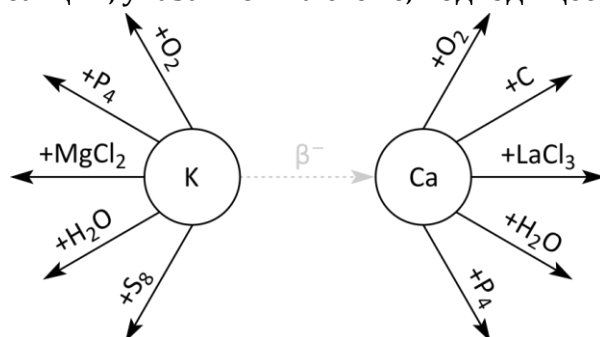


Открытые соревнования по решению химических задач
Младшая группа (9 и 10 класс)
2 октября 2021

1. Химия калия и кальция (10 р)

Напиши для каждой реакции, указанной на схеме, подходящее уравнение.



2. Стандартизация молока (10 р)

В ходе стандартизации молока для расчетов зачастую применяется квадрат Пирсона. Под стандартизацией имеется в виду доведение содержания определенного компонента молока (жира, белков, сухого вещества) до требуемого уровня, чтобы готовый продукт соответствовал заданным стандартам. Квадрат Пирсона – это простой и быстрый метод для приготовления раствора определенной концентрации из двух растворов с различной концентрацией. Пусть m_A – масса компонента с бóльшим содержанием жира, m_B – масса компонента с меньшим содержанием жира, α – большее содержание жира, β – меньшее содержание жира, а μ – содержание жира в стандартизованном молоке.

$$\begin{array}{ccccc}
 \alpha & & \mu - \beta & & m_A \\
 \searrow & \nearrow & & & \\
 & \mu & \text{-----} & = & \text{-----} \\
 \nearrow & \searrow & & & \\
 \beta & & \alpha - \mu & & m_B
 \end{array}$$

- a) Среднее содержание жира в поступающем молоке массой 15600 кг – 4,20%. Из него необходимо изготовить 3,50% молоко. Рассчитай массу обезжиренного молока (содержание жира 0,10%), которая необходима для стандартизации. (2)
- b) В цистерне находится 6400 кг 3,0% молока. Из него требуется получить 4,5% белковое молоко. Рассчитай массу сливок (содержание жира 35%), которая необходима для стандартизации. (2)
- c) По заказу необходимо изготовить 7400 кг 20% сметаны. Содержание жира в сливках, полученных в ходе разделения, равно 36%. Стандартизация проводится 3,3% молоком. Рассчитай необходимые массы сливок и молока. (3)
- d) При изготовлении 13,3 тонн 3,20% кефира использовали 3,00% молоко и 15,0% сливки. Рассчитай необходимые массы сливок и молока. (3)

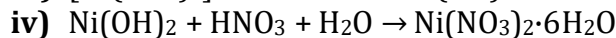
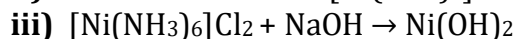
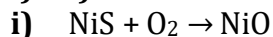
3. Катализаторы (10 р)

Определенный ряд вольфрамовых и никелевых катализаторов изготавливается на носителях из оксида алюминия. Для этого поверхность Al_2O_3 обрабатывается водными растворами $(NH_4)_2W_4O_{13} \cdot 8H_2O$ и $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, после чего высушивается и кальцинируется (прокаливается при определенной температуре). Активными компонентами катализатора являются оксид вольфрама(VI) и оксид никеля(II). Известно,

что такой катализатор содержит вместе 20% WO_3 и NiO по массе, при этом соотношение числа атомов $\text{W}:\text{Ni}$ равно 1:2.

a) Рассчитай массы $(\text{NH}_4)_2\text{W}_4\text{O}_{13}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в фунтах (1b, 1 lb = 453,59237 г), которые требуются для изготовления 1000 кг катализатора. (6)

b) Допиши и расставь коэффициенты в уравнениях реакций по восстановлению Ni i)–iv): (4)



NB $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ — это комплексная соль, где с ионом Ni^{2+} связано 6 молекул NH_3 .

4. Иодометрическое титрование (10 p)

Содержание иодида калия и бромид калия в нейтральном растворе определили при помощи иодометрии следующим образом:

(1) 25 см³ раствора из пробы отпипетировали в колбу Эрленмейера, после чего добавили 1 г бензойной кислоты. При помощи пипетки добавили 25 см³ 0,01700 моль·дм⁻³ раствора KIO_3 . Иодид окислился до иода (реакция 1), с бромидом изменений не произошло. Раствор прокипятили, чтобы образовавшийся иод улетучился. Затем раствор охладили, и добавили 10 см³ 10% раствора KIO_3 , а также 5 см³ 2 моль·дм⁻³ серной кислоты и немного катализатора (реакция 1). Для титрования полученного раствора потребовалось 23,60 см³ 0,1000 моль·дм⁻³ раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (реакция 2).

(2) 25 см³ раствора из пробы отпипетировали в колбу Эрленмейера, после чего добавили 1 г $\text{NaH}_2\text{PO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и 10 г NaCl . Туда же добавили 5 см³ 0,5 М раствора NaOCl и встряхнули колбу, чтобы окислить иодид и бромид до иодата и бромата (реакция 3*). Избыток NaOCl нейтрализовали этанатом натрия. К раствору добавили 10 см³ 10% раствора KI , а также 5 см³ 2 М серной кислоты и немного катализатора (реакция 1*). Для титрования полученного раствора потребовалось 30,17 см³ 0,1000 М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (реакция 2*). Подсказка: в отмеченных звездочкой реакциях образуются как соединения иода, так и соединения брома.

a) Расставь коэффициенты в ионных уравнениях реакций 1–3, где X может быть I или Br :

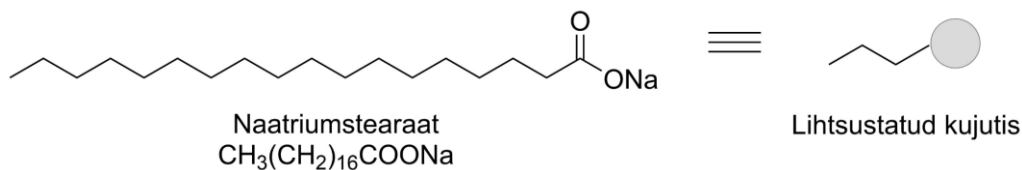


b) Рассчитай содержание KI ($M = 166$ г·моль⁻¹) в растворе пробы (г·см⁻³). (3)

c) Рассчитай содержание KBr ($M = 119$ г·моль⁻¹) в растворе пробы (г·см⁻³). (3)

5. Мицеллы мыла (10 p)

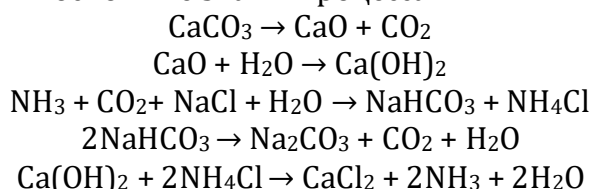
Стеарат-ион, который образуется при диссоциации стеарата натрия (см рисунок), является амфифильным: его длинная алкильная цепь — гидрофобная, а карбоксильная группа — гидрофильная. В растворах стеарат-ионы образуют различные агрегаты, простейшие из которых можно описать как сферы, поверхность которых состоит из гидрофильных групп, а внутри находятся алкильные цепи. Подобные агрегаты называются мицеллами.



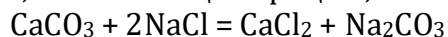
- a)** Нарисуй схему, на которой изображена **i)** мицелла стеарат-ионов в воде, **ii)** мицелла стеарат-ионов в неполярном растворителе, **iii)** дисперсия частиц грязи или жира под воздействием стеарат-ионов. (3)
- b)** Рассчитай минимальную массу стеарата натрия ($M = 306,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$), которая потребуется для приготовления эмульсии из 1 г масла ($\rho = 0,92 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), если на покрытие 1 nm^2 поверхности масляной капли диаметром $0,10 \text{ mm}$ уходит один стеарат-ион. Подсказка: объем и площадь поверхности шара рассчитываются по следующим формулам: $V_{\text{шар}} = 4/3 \cdot \pi r^3$ и $S_{\text{сфера}} = 4\pi r^2$. (4)
- c)** Рассчитай минимальную массу стеарата натрия для надувания мыльного пузыря объемом $1,0 \text{ dm}^3$, если два стеарат-иона составляют от внутренней и внешней площади поверхности пузыря суммарно 1 nm^2 . (3)

6. Процесс Хоу (10 р)

В 1860-х химиком Эрнестом Сольве был разработан метод по производству стиральной соды. Ниже приведены основные этапы процесса:



суммарное уравнение реакции, описывающее процесс, выглядит как:



В 1930-х Хоу Тэ-Панг сменил источник CO_2 и модифицировал процесс таким образом, что основными продуктами стали Na_2CO_3 и NH_4Cl , последний из которых используется как удобрение. Процесс Хоу можно совмещать с другими процессами, где побочным продуктом выступает CO_2 . По способу Хоу в емкость с общим раствором после отфильтровки NaHCO_3 добавляется аммиак, чтобы перевести ионы HCO_3^- в CO_3^{2-} . Затем в тот же самый охлажденный раствор примешивают порошкообразный NaCl . При охлаждении Na_2CO_3 в осадок не выпадает из-за своей относительно высокой растворимости, зато вместо него кристаллизуется NH_4Cl . Дальше процесс повторяется по кругу: после отфильтровки NH_4Cl в раствор заново добавляется CO_2 и NH_3 и так далее. NaCl добавляется столько, чтобы раствор стал насыщенным, но NaCl не выпадал назад в осадок. Растворимости NaCl и NH_4Cl (г/1000 г H_2O) приведены в таблице, где в центральном столбце для каждой температуры указаны точки, при которых в осадок выпадают одновременно и NH_4Cl , и NaCl .

$T / ^\circ\text{C}$	-10			0			20			35		
NaCl	331	275	0	352	279	0	356	258	0	361	239	0
NH_4Cl	0	122	263	0	143	294	0	215	375	0	277	434

- a)** Напиши суммарное уравнение реакции процесса Хоу. (1)

- b)** Почему нельзя, чтобы NH_4Cl и NaCl выпадали в осадок одновременно? (1)
- i)** NH_4Cl используется в качестве удобрения, и примеси NaCl нежелательны, поскольку могут повредить растениям.
- ii)** Во влажной среде примеси NaCl катализируют гидролиз NH_4Cl .
- iii)** Совместное выпадение NaCl в осадок замедляет общий процесс осаждения.
- c)** Рассчитай, сколько граммов NH_4Cl выпадет в осадок из насыщенного раствора (434 г $\text{NH}_4\text{Cl}/1000$ г H_2O), если раствор охладить до **i)** -10°C , **ii)** 0°C , **iii)** 20°C . (3)
- d)** Рассчитай, сколько граммов NH_4Cl выпадет из общего раствора (215 г $\text{NH}_4\text{Cl}/1000$ г H_2O) после его насыщения NaCl и охлаждения до **i)** -10°C , **ii)** 0°C , **iii)** 20°C . (3)
- e)** Почему в производстве для выкристаллизования NH_4Cl выбирают температуры в промежутке $5-10^\circ\text{C}$, а не значительно меньшие значения? (2)
- i)** Процесс при низких температурах слишком медленный.
- ii)** Процесс при высоких температурах слишком быстрый.
- iii)** Затраты энергии на понижение температуры слишком высокие.
- iv)** При низких температурах образуются слишком маленькие кристаллы.

7. Смесь солей (10 p)

В воде растворили смесь NaF , AlCl_3 и MgBr_2 массой 33,32 г. К полученному раствору добавили в избытке водный раствор AgNO_3 . В осадок выпала смесь AgCl и AgBr массой 53,20 г (реакции **1** и **2**). В растворе же остался $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ (реакция **3**). При обработке осадка водным раствором $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ образовалась растворимая в воде комплексная соль $[\text{Ag}(\text{NH})_3]\text{Cl}$ (реакция **4**), при этом масса осадка уменьшилась до 18,80 граммов.

- a)** Напиши уравнения реакций **1-4** (4)
- b)** Рассчитай процентное содержание **i)** NaF , **ii)** AlCl_3 , и **iii)** MgBr_2 по массе в изначальной смеси. (6)

8. Химия азота (10 p)

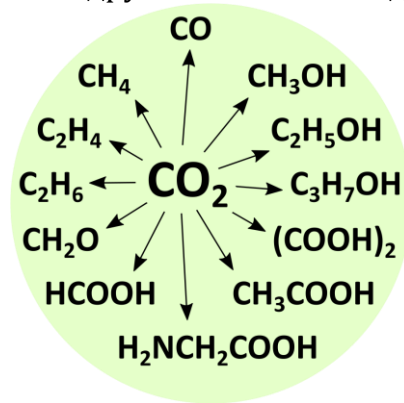
Азот не реагирует с водородом и кислородом при нормальных условиях, однако при более жестких условиях реакция идет с образованием соответственно веществ **A** и **B**. Вещество **A** реагирует в присутствии катализатора с кислородом, в результате чего образуется оксид **B** (реакция **1**). В насыщенном растворе NaOH в присутствии кислорода из оксида **B** получается соль **C**. При обработке соли **C** сильным окислителем, например пероксидом водорода (H_2O_2), получается соль **D**. В концентрированном водном растворе NaOH в ходе реакции с цинком из соединения **D** образуется комплексная соль $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ и при этом выделяется газ **A** (реакция **2**). При окислении **A** NaOCl образуется взрывоопасное соединение **E** ($w_{\text{N}} = 87,4\%$) (реакция **3**), диметилпроизводное которого используется в ракетном топливе.

- a)** Напиши брутто-формулы соединений **A-D**. (2)
- b)** Определи вещество **E** при помощи расчетов. (2)
- c)** Напиши уравнения реакций **1-3**. (6)

9. Зелёная химия (10 p)

Электрохимическое восстановление углекислого газа (CO_2) уже в ближайшем будущем может поспособствовать экологичному производству топлив и химикатов. Данный процесс позволяет получать ряд веществ, для которых на данный момент не

придумано экологически рациональных методов по производству: монооксид углерода (CO), метановая кислота (соединение **A** с брутто-формулой CH₂O₂), метанол (**B**, CH₄O), метан (CH₄) и этен (**C**, C₂H₄), этандиовая кислота (**D**, C₂H₂O₄), аминоэтановая кислота (**E**, C₂H₅NO₂) и множество других полезных соединений.



- a)** Напиши уравнения реакций электрохимического восстановления CO₂ с получением соединений **A–E i)–v)**: (5)
i)–iv) CO₂ + H₂O → O₂ + **A–D** и **v)** CO₂ + H₂O + NH₃ → O₂ + **E**.
b) Нарисуй скелетные формулы соединений **A–E**. (5)