

# Tallinna XXVI koolinoorte keemiaolümpiaadi koolivoor

2025.–2026. õa

9. detsembril 2025 kell 12.00–15.00

Koolivooru ülesanded on koostatud eesti keeles. See on ülesannete tõlge vene keelde.

Перед началом работы перенесите на титульный лист своей работы данную таблицу и внесите в неё свои имена и школу.

10. klass		I	II	III	IV	$\Sigma$
Õpilase nimi						
Õpetaja nimi						
KOOL						

Разрешено использовать периодическую систему химических элементов, электрохимический ряд активности металлов, таблицу растворимости и калькулятор.

## 1. ЗАДАНИЕ (10)

Классическое мыло представляет собой натриевые и калиевые соли жирных кислот. В жёсткой воде моющая способность мыла уменьшается, поскольку мыло реагирует с содержащимися в воде ионами кальция и магния.

1. Какой из следующих ионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) имеет наибольший радиус?

(0,5)

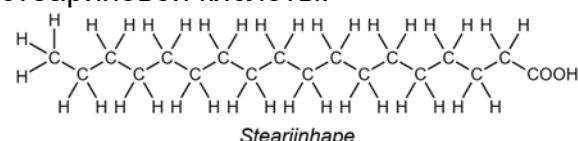
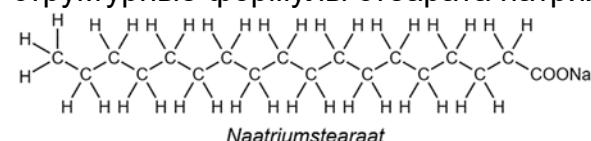
2. Какой из ионов, упомянутых в предыдущем подпункте, гидратируется, то есть связывается с молекулами воды, сильнее всего? Кратко обоснуйте свой ответ, учитывая силы, действующие между ионом и молекулами воды! (1)

3. Какая частица имеет меньший радиус: атом кальция или катион кальция? (0,5)

4. Запишите электронную схему (конфигурацию) и ячеичную структуру катиона кальция. (1)

5. Приведите пример 1) атома и 2) аниона, которые имеют точно такое же электронное строение (электронную оболочку), как катион кальция. (1)

Температура плавления стеарата натрия составляет  $250\text{ }^\circ\text{C}$ , а соответствующей ему жирной кислоты — стеариновой кислоты —  $69\text{ }^\circ\text{C}$ . На рисунке изображены структурные формулы стеарата натрия и стеариновой кислоты.



6. Кратко объясните, почему температура плавления стеарата натрия выше, чем у стеариновой кислоты. (1)

Побочным продуктом при изготовлении мыла является молекулярное вещество **A**, которое состоит только из атомов углерода, водорода и кислорода и содержит гидроксильные группы. Во веществе **A** степени окисления всех атомов углерода равны либо 0, либо  $-1$ .

7. Запишите молекулярную (брутто-) формулу вещества **A** и составьте его структурную формулу, если молярная масса вещества равна 92 г/моль. (2)

8. Какими типами химических связей обладают молекулы вещества **A**? (0,5)

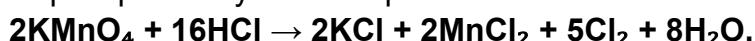
**9.** Сколько электронов всего участвует в образовании всех химических связей в молекуле вещества **A**? (1)

**10.** Какие связи или виды взаимного притяжения существуют между молекулами вещества **A**? (0,5)

**11.** Объясните влияние этих связей или видов межмолекулярного взаимодействия на температуру кипения и растворимость вещества **A** в воде. (1)

## **2. ЗАДАНИЕ (10)**

Перманганат калия  $\text{KMnO}_4$  — сильный окислитель, растворы которого имеют характерную фиолетовую окраску. С помощью перманганата калия в лаборатории получают хлор:



1. Сколько литров хлора (н.у.) можно получить из ровно 1 моль перманганата калия? (1)

В химическом анализе перманганат калия используют для определения содержания восстановителей в исследуемых образцах. Эти химические анализы проводят в кислой среде в присутствии серной кислоты.

2. Сколько граммов перманганата калия нужно отвесить, чтобы приготовить ровно 2 литра 0,0200 М раствора? (1)

3. Для проведения химического анализа необходимо приготовить 500 мл раствора серной кислоты, который содержит по массе 10,0%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и имеет плотность 1,066 г/см<sup>3</sup>.

Какой объём 96%-ного раствора серной кислоты (плотность 1836 кг/м<sup>3</sup>) и какой объём воды нужно для этого смешать? (Концентрированный раствор кислоты следует приливать к воде.) (3)

В ходе экспериментальной работы была определена массовая доля пероксида водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  в растворе, используемом для дезинфекции. Для этого отмерили 12,0 мл дезинфицирующего раствора, содержащего пероксид водорода (плотность 1,03 г/см<sup>3</sup>), и количественно перенесли его в мерную колбу объёмом 250 мл. Затем добавили дистиллированную воду до метки 250 мл и тщательно перемешали полученный раствор.

Из приготовленного в мерной колбе раствора отбрали пробу 10,0 мл. Пробу подкислили раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и обработали раствором  $\text{KMnO}_4$ . Для окисления содержащегося в пробе  $\text{H}_2\text{O}_2$  потребовалось 9,45 мл 0,0200 М раствора  $\text{KMnO}_4$ .



4. Вычислите массовую долю пероксида водорода (в исходном виде) в дезинфицирующем растворе, отобранным для анализа. (3)

Перманганат калия окисляет также щавелевую кислоту  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  и её соли — оксалаты, например  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Из равных массовых долей щавелевой кислоты и оксалата натрия приготовили смесь, т.е. массовая доля каждого вещества в смеси составляла 50%. Какую массу такой смеси можно полностью окислить ровно 1 моль перманганата калия? (2)



### **3. ЗАДАНИЕ (10)**

Барий — это химический элемент, который можно отнести к ядовитым металлам, однако он играет важную роль в повседневной жизни. В организме человека содержится примерно 22 мг бария. В рентгенологических исследованиях используется не реагирующий с кислотами сульфат бария, тогда как в крысином яде применяется хлорид бария. Известен случай, когда введённый в ходе медицинских процедур сульфат бария содержал определённое количество карбоната бария. Данный препарат некоторое время спустя вызывал у человека отравление. Карбонат бария используется при изготовлении глазурей: при его нагревании образуются кислотный и основной оксиды. Сульфид бария применяли в кремах для удаления волос — он реагирует с дисульфидными мостиками в белковой структуре волоса, из-за чего волос разрывается. При использовании крема в воздух выделяется характерный запах сероводорода. Характерный запах выделяется также при реакции октагидрата гидроксида бария с хлоридом аммония. В то же время из этих веществ можно провести превосходный демонстрационный эксперимент: при смешении основания с хлоридом аммония происходит сильно эндотермическая реакция.

**1.** Найдите для каждого описания одно соответствующее вещество из перечисленных в введении соединений бария, причём каждое вещество можно использовать только один раз. Запишите их формулы. **(1)**

- 1)** соль, которая образуется при реакции сильной кислородсодержащей кислоты и растворимого основания;
- 2)** нерастворимая в воде соль, образующаяся при реакции щёлочи и кислотного оксида;
- 3)** соль слабой кислоты, которую невозможно получить взаимодействием двух оксидов;
- 4)** соль, образующаяся при реакции основного оксида и однопротонной кислоты.

**2.** Составьте на основе предыдущего текста следующие уравнения реакций в уравновешенном виде. **(2)**

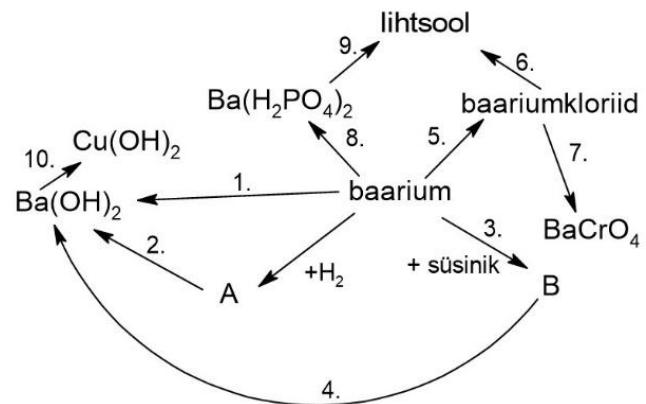
- 1)** карбонат бария превращается в соединение бария, используемое в крысином яде;
- 2)** токсичное соединение, образовавшееся в реакции (1), реагирует с подходящей солью так, чтобы одним из продуктов реакции была соль, применяемая в рентгенологических исследованиях;
- 3)** реакция, при протекании которой температура смеси может опуститься ниже нуля (в уравнении реакции можно использовать формулу основания без кристаллизационной воды);
- 4)** реакция образования глазури.

Изучите схему превращений соединений бария и ответьте на вопросы.

- 3.** Напишите названия соединений **A** и **B**. **(0,5)**
- 4.** Составьте уравнения реакций 1–10 в ионно-уравновешенном виде. **(5)**

Подсказки:

- соединение **A** реагирует с нейтральным оксидом ( $M = 18$  г/моль);
- в соединении **B** степень окисления углерода равна  $-I$ ;
- в реакции **4** в качестве продукта также образуется ненасыщенный углеводород;
- хромат бария — нерастворимая в воде соль;
- дигидрофосфат бария — растворимая в воде соль;
- реакцию **9** можно назвать реакцией нейтрализации.

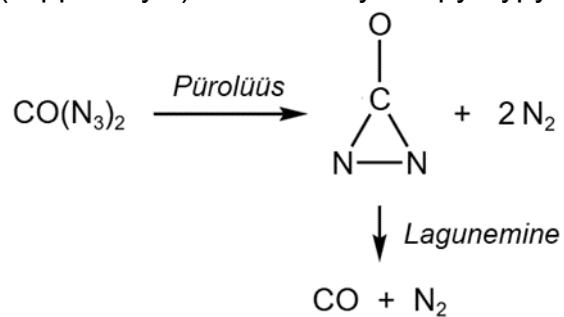


**5.** Соединения бария могут реагировать с различными оксидами, обладающими различными свойствами. Определите, является ли утверждение истинным или ложным! (1,5)

- 1) Основный оксид (например,  $\text{BaO}$ ) реагирует с кислотами, образуя соль и воду.
- 2) Амфотерный оксид (например,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) хорошо реагирует с водой, при реакции с солью образуется осадок.
- 3) Нейтральный оксид (например,  $\text{CO}$ ) не реагирует ни с кислотами, ни с основаниями.
- 4) Кислотный оксид (например,  $\text{SO}_3$ ) реагирует с основанием, образуя соль и воду.
- 5) Амфотерный оксид (например,  $\text{ZnO}$ ) в нормальных условиях всегда является газообразным веществом.
- 6) Кислотные оксиды могут быть как оксидами неметаллов (например,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ), так и оксидами металлов (например,  $\text{CrO}_3$ ).

#### 4. ЗАДАНИЕ (10)

Карбонилдиазид  $\text{CO}(\text{N}_3)_2$  — взрывоопасное вещество, при пиролизе которого образуются циклический диазиринон и азот. Диазиринон также является нестабильным газообразным соединением, которое разлагается с образованием угарного газа и азота. Приведённая на схеме молекулярная структура диазиринона показывает лишь взаимное соединение атомов, но не отражает реальную (корректную) льюисовскую структуру молекулы.



1. Вычислите, какой объём азота (в кубических дециметрах) образуется при полном разложении ровно 1 грамма  $\text{CO}(\text{N}_3)_2$  в нормальных условиях. (1,5)

**2.** Вычислите, какое соединение содержит массово (в массовых процентах) больше азота:  $\text{CO}(\text{N}_3)_2$  или  $\text{C}(\text{CH}_2\text{N}_3)_4$ . (1)

**3.** Дополните неполную структурную формулу диазиринона химическими связями и свободными электронными парами там, где это необходимо, так, чтобы все атомы соответствовали правилу октета. (1)

Тионилдиазид является производным карбонилдиазида, в котором атом углерода замещён атомом серы. Соединение получают в вакууме при взаимодействии тионилхлорида ( $\text{SOCl}_2$ ) с азидом серебра(I).

(Подсказка: заряд азид-иона равен 1 $-$ .)

**4.** Запишите и сбалансируйте уравнение реакции получения тионилдиазида. (1)

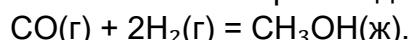
В таблице приведены значения энергии диссоциации  $E_d$  (кДж/моль) различных химических связей между атомами углерода, кислорода и азота.

Side	$E_d$ (kJ/mol)	Side	$E_d$ (kJ/mol)	Side	$E_d$ (kJ/mol)
C–O	350	C–N	290	N–N	167
C=O	741	C=N	615	N=N	418
C≡O	1080	C≡N	891	N≡N	946

**5.** Используя приведённые в таблице энергии связей, вычислите изменение энталпии реакции разложения диазиринона  $\Delta H^\circ$  (кДж/моль). В молекуле угарного газа имеется тройная связь. (2)

**6.** Вычислите, какую массу воды (в килограммах) при температуре 20,0 °C можно нагреть до 45,0 °C за счёт энергии, выделяющейся при полном разложении 0,25 моль диазиринона в замкнутой системе. Удельная теплоёмкость воды  $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{°C})$ . Если в предыдущем пункте вам не удалось найти ответ, используйте для расчётов значение  $\Delta H^\circ = -330 \text{ кДж}/\text{моль}$ . (1)

Метанол можно производить в промышленности по реакции:



**7.** Вычислите изменение энталпии  $\Delta H^\circ$  реакции получения метанола, используя приведённые ниже энталпии сгорания, а также энталпию сгорания метанола  $\Delta H^\circ_{\text{C}_2} = -715,0 \text{ кДж}/\text{моль}$ . (2,5)

