

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.

11. klass		I	II	III	IV	Σ
Õpilase nimi						
Õpetaja nimi						
KOOL						

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

1. ЗАДАНИЕ (10)

Из-за неправильного обращения с химическими веществами можно легко оказаться в больнице. Однако и в больницах используется множество разных химических соединений.

На химическом заводе с лаборантом произошёл несчастный случай: он уронил себе на ногу тяжёлую бутылку, содержащую 1,2-дихлорэтен, и получил сильное отравление, которое привело его в больницу.

1. Изобразите структурные формулы геометрических изомеров 1,2-дихлорэтена и назовите их. (2)

У лаборанта, оправившегося от отравления, обнаружили перелом стопы, который требовалось прооперировать перед наложением гипса. Для этого лаборанта ввели в наркоз с использованием анестетика. Диэтиловый эфир применяли в больницах в качестве анестетика с 1846 года.

2. Изобразите структурную формулу функционального изомера (положение сложноэфирной группировки) диэтилового эфира. (0,5)

3. Какое из соединений лучше растворяется в воде — диэтиловый эфир или изображённый изомер? Объясните. (1)

Одним из способов получения диэтилового эфира является синтез эфира по Уильямсону. Для этого синтеза существуют два варианта:

- 1) реакция натрия с этанолом, и далее реакция полученного соединения с большей молярной массой с бромэтаном;
- 2) реакция этанола с бромэтаном.

4. Составьте уравнения обеих описанных реакций. (1)

5. Что было бы целесообразнее использовать для получения диэтилового эфира спирт или алкоголят? Почему? (Подсказка: подумайте о (частичных) зарядах.) (1)

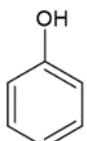
При реакции бромэтана с аммиаком образуется смесь аминов: в разных соотношениях образуются этиламин, диэтиламин и триэтиламин.

6. Изобразите структурную формулу третичного амина, образующегося при реакции аммиака с бромэтаном, а также структурную формулу такого изомера этого вещества, у которого была бы самая длинная углеродная цепь. (1)

7. Какое из соединений, упомянутых в предыдущем подпункте, лучше растворяется в воде: третичный амин или изображённый изомер? Обоснуйте. (1)
В 1925 году в качестве анестетика начали использовать также циклопропан.

8. Напишите молекулярную формулу (брutto-формулу) циклопропана. Объясните, является ли циклопропан изомером пропана. (1)

В медицине используется множество веществ, содержащих гидроксильную группу: например, этанол в составе дезинфицирующих средств, а фенол (см. рисунок) — как консервант в вакцинах.



9. В одинаковые стаканы одновременно налили равные количества этанола и фенола. Какой запах лабораторный работник, работающий в больнице, почувствует первым, подходя к рабочему столу — этанола или фенола? Обоснуйте. (0,5)

В дезинфицирующих средствах часто используют смесь этанола и 2-гидроксипропана.

10. Изобразите структурную формулу замещенного изомера 2-гидроксипропана. У какого соединения температура кипения выше — у 2-гидроксипропана или у изображённого изомера? (1)

2. ЗАДАНИЕ (10)

Химический элемент **X** группы **VI A** встречается в природе в атмосфере, земной коре, гидросфере и в организмах. В атмосфере он в небольшом количестве присутствует, например, в составе веществ **A** и **B**. Вещества **A** и **B** при комнатной температуре являются газами; в веществе **A** с неприятным запахом степень окисления соответствующего химического элемента **X** минимальна, а молярная масса оксида **B** равна 64 г/моль.

В земной коре химический элемент **X** входит, например, в состав веществ **C**, **D** и **E**. **B** практически нерастворим в воде в веществе **C** степень окисления элемента **X** максимальна, а соответствующий минерал называется баритом. Вещество **C** образуется также при взаимодействии гидроксида бария с сильной кислотой, содержащей химический элемент **X**. Вещество **D** встречается в виде минерала галенита, у которого молярная масса равна 239 г/моль. Вещество **E** является простым веществом.

Вещество **F**, образующееся при пропускании вещества **B** через раствор гидроксида натрия, используется, в том числе, в целлюлозно-бумажной промышленности, а также в качестве антиоксиданта и консерванта. В морской воде химический элемент **X** содержится главным образом в виде ионов **G**, а в организмах — в составе биомолекул **H**.

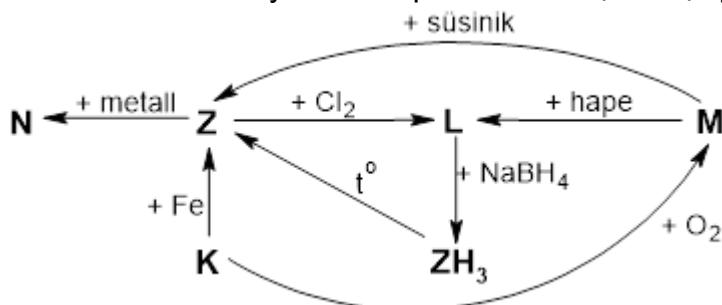
1. Запишите названия веществ **A**–**F**. (3)

2. Запишите название ионов **G** и название группы биомолекул **H**. (1)

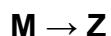
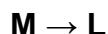
Химический элемент **Z** в природе встречается довольно редко и содержится главным образом в составе сульфида **K**, который содержит по массе 71,7% элемента **Z**. Формула водородного соединения элемента **Z** имеет вид **ZH**₃ — это

вещество содержит по массе 2,42% водорода и при нагревании разлагается на простые вещества. Простое вещество, соответствующее элементу **Z**, реагирует с газообразным хлором в мольном соотношении **2:3** с образованием вещества **L**. Вещество **L** используют для колориметрического определения содержания витамина А и сходных с ним соединений в пробах с помощью реакции Карра—Прайса. Вещество **N** содержит по массе 85,4% элемента **Z**. На схеме показаны некоторые взаимосвязи между этими веществами.

Рекомендация: при вычислениях используйте атомные массы химических элементов как минимум с четырьмя значащими цифрами.



3. Определите вычислительным путём, какой химический элемент обозначен буквой **Z**. Покажите расчёты. (1)
4. Вычислительным путём установите формулы веществ **K** и **N**. Покажите расчёты. (2)
5. Составьте и уравняйте уравнения следующих химических реакций: (3)



3. ЗАДАНИЕ (10)

Первая часть

В сосудах, обозначенных буквами **A—E**, находятся растворы указанных веществ с концентрацией 0,030 М.

Обозначение	A	B	C	D	E
Формула вещества	CH ₃ CH ₂ COOH	K ₂ CO ₃	HNO ₃	Ba(OH) ₂	NH ₄ Cl

$$K_a(\text{пропановая кислота}) = 1,3 \cdot 10^{-5}$$

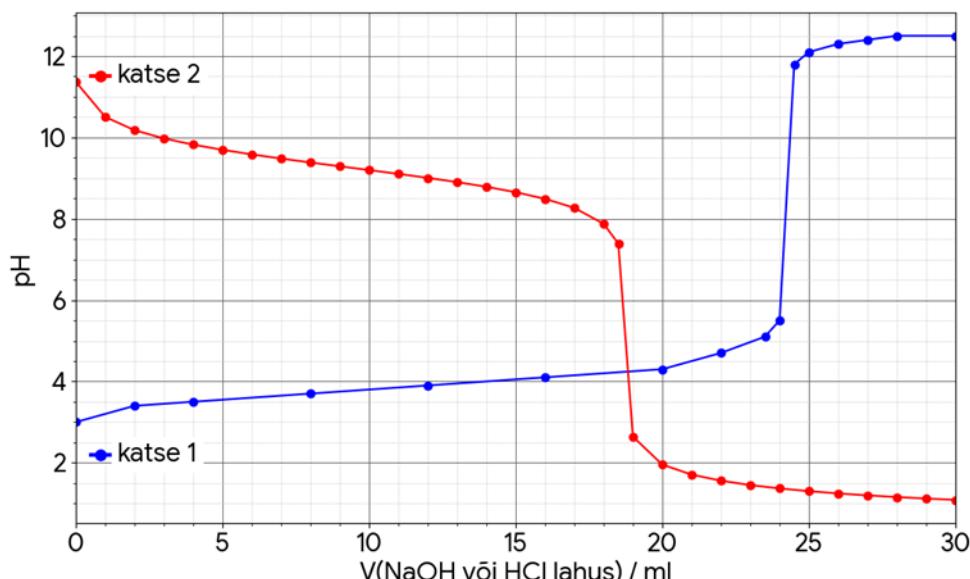
$$K_b(CO_3^{2-}) = 2,1 \cdot 10^{-4}$$

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14} \quad K_a = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]} \quad K_b = \frac{[BH^+] \cdot [OH^-]}{[B]} \quad pH = -\log [H^+]$$

1. Расположите растворы **A—E** в порядке возрастания pH, используя соответствующие обозначения. (1)
 2. Сколько граммов гидроксида бария содержится точно в 1 литре 0,030 М раствора Ba(OH)₂? (1)
 3. Рассчитайте pH 0,030 М растворов следующих веществ. Покажите соответствующие вычисления. (5)
- 1) Ba(OH)₂ 2) CH₃CH₂COOH 3) K₂CO₃

Вторая часть

В опытах 1 и 2 к 25 мл раствора слабой кислоты или слабого основания добавляли соответственно раствор NaOH или HCl . На диаграмме показано изменение pH реакционной смеси в зависимости от добавленного объема раствора NaOH или HCl .



4. В каком опыте было нейтрализовано слабое основание?

Рассчитайте начальную концентрацию раствора слабого основания, если для нейтрализации использовался 0,400 М раствор соляной кислоты и вещества реагируют в мольном соотношении 1:1. (1)

5. В каком эксперименте нейтрализовалась слабая одноосновная кислота?

Сколько мл раствора NaOH потребовалось для нейтрализации половины одноосновной кислоты в растворе? На основании этих данных рассчитайте константу диссоциации этой слабой кислоты и идентифицируйте её по следующим данным. (2)

Кислота	хлорноватистая	уксусная	бензойная	молочная	азотистая
K_a	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$

4. ЗАДАНИЕ (10)

Для фиксации костей и замены зубов используются имплантаты, износостойкость которых повышают, например, переходные металлы. Один из таких переходных металлов имеет электронную конфигурацию атома $[\text{Kr}]5s^14d^5$. У другого металла, применяемого в имплантатах, в природе встречаются четыре изотопа. Оценивается, что один его изотоп с числом нуклонов (частиц в ядре) 53 составляет около 9,5% от всех стабильных изотопов данного химического элемента. У атомов обоих описанных химических элементов одинаково как число электронов на внешнем слое, так и число электронов на предпоследнем слое.

1. Напишите названия обоих описанных химических элементов. (1)

2. Запишите общую формулу электронной конфигурации двух последних энергетических подуровней для этих металлов (например: для элементов группы IIIA общая формула внешнего слоя — ns^2np^1). (0,5)

3. Чем отличается распределение электронов по орбиталам у атомов двух описанных переходных металлов от распределения у большинства других переходных металлов? (0,5)

В имплантатах могут использовать титан, который получают, например, из ильменита (FeTiO_3). Получение титана происходит в два этапа. На первом этапе ильменит нагревают в присутствии чистого хлора и углерода. Продуктами реакции являются два хлорида и один оксид неметалла (степень окисления неметалла равна II). В хлоридах степень окисления одного из металлов такая же, как в ильмените, а второй металл более окислен.

4. Запишите и уравновесьте уравнение описанной реакции. (1)

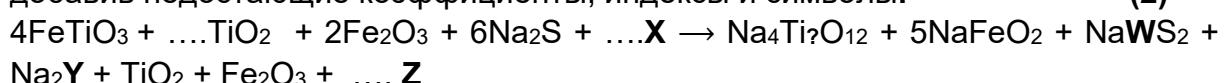
5. Составьте уравнение перехода электронов для процесса восстановления в этой химической реакции. (0,5)

Во втором этапе берут хлорид металла, необходимого для производства имплантата, и полностью восстанавливают его в процессе Крола с помощью магния при температуре 800–900 °С в атмосфере аргона.

6. Составьте уравнение описанной реакции в уравновешенном виде. (0,5)

Титан можно получать из ильменита разными способами. В одной научной статье описано приведённое ниже уравнение реакции, которое является частью процесса получения титана.

7. Дополните следующее уравнение реакции на основе данных подсказок, добавив недостающие коэффициенты, индексы и символы. (2)



Подсказки: **X** — простое вещество; **Y** — комплексный анион, который можно использовать для определения ионов бария; **W** — частица, степень окисления которой равна III; **Z** — продукт, образующийся из восстановителя и являющийся одновременно «ангидридом» серной кислоты; **?** — индекс.

Титан также получают при электролизе гексафторотитаната(IV) калия.

8. Запишите формулу гексафторотитаната(IV) калия. (0,5)

9. Запишите уравнение восстановления на катоде при электролизе этого вещества. (0,5)

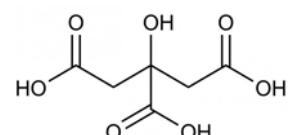
Титан при низких концентрациях устойчив к растворам кислот и щелочей. С царской водкой [смесь концентрированных HNO_3 и HCl в соотношении 1:3] он реагирует уже при комнатной температуре.

10. Дополните и уравновесьте следующее ионное уравнение реакции титана с царской водкой:



Имплантаты можно изготавливать также из кобальтовых сплавов, которые образуют комплексные соединения. Компонентом антимикробного вещества может быть розовый тетрааммонийдицитратокобальтат(II).

11. Запишите формулу этого соединения. Цитрат-анион образуется из лимонной кислоты (см. рисунок). В комплексном соединении цитрат-анион отдаёт водороды всех карбоксильных групп. (0,5)



В аналитической химии используется жёлтая соль Фишера, называемая гекса-нитрокобальтат(III) калия.

12. Запишите молекулярную формулу этой соли и плоскую структурную формулу соответствующего аниона. (1)