

**Задачи регионального тура олимпиады по химии 2024/25 уч. г.
11–12 классы**

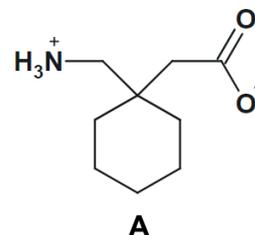
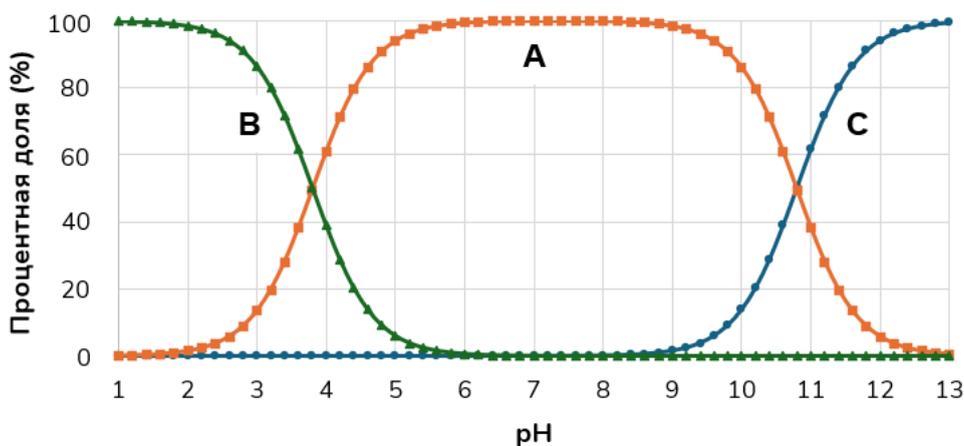
1. Тест (10 б)

a) Рассчитай:

- i)** концентрацию ионов водорода (моль · дм⁻³) в водном растворе с pH = 2,0. (1)
ii) значение pH в 0,02 М растворе NaOH. (1)

b) Напиши уравнения первой и второй ступени диссоциации H₂SO₄. (1)

Лекарство габапентин (GBP) - это производное, т.е. структурный аналог, тормозного нейромедиатора 4-аминобутановой кислоты (ГАВА), который используется в медицине для лечения эпилепсии и хронической нейропатической боли. На нижеприведенном графике изображена зависимость процентной доли цвиттер-иона габапентина **A** и его заряженных форм **B** и **C** от pH среды водного раствора.



c) Кратко опиши, какое из соединений более липофильно, т.е. лучше растворяется в жирах - ГАВА или GBP. (1)

d) Обведи кружком в форме габапентина A ту функциональную группу, которая будет вести себя в водном растворе как i) основание Брэнстеда при добавлении ионов водорода; и ii) кислота Брэнстеда при добавлении гидроксид ионов. (1)

e) Нарисуй структурные формулы форм габапентина B и C. (2)

f) Рассчитай отношение концентраций A и B ([A] : [B]) при pH = 4,0, используя уравнение Гендерсона-Хассельбаха, если для габапентина K_{a1} = 2,0 · 10⁻⁴. (2)

Период полураспада габапентина (время, за которое метаболизируется половина от количества вещества) в человеческом организме равен в среднем 6 часам.

g) Рассчитай, сколько мг габапентина предположительно останется в организме, если после употребления таблетки, содержащей 300 мг действующего вещества, прошло ровно 24 часа. (1)

2. Хорошее соединение имеет много изомеров (10 б)

Кротоновый альдегид или 2-бутеналь (C₄H₆O) - это соединение с резким запахом, которое можно найти, например, в растительном масле, получаемом из семян сои. У 2-бутенала встречается целая охапка изомеров с различным строением и физико-химическими свойствами.

a) Нарисуй графическую структурную формулу 2-бутенала. (1)

b) Напиши и расставь целочисленные коэффициенты в уравнении реакции полного сгорания C₄H₆O. (1)

c) Нарисуй шесть различных структурных изомеров 2-бутенала: (6)

- i)** два изомера, содержащие кетогруппу;
ii) два изомера, содержащие пятичленный цикл;
iii) два изомера, содержащие по одной тройной углерод-углеродной связи.

- d) Рассчитай, сколько кубических дециметров (дм^3) газообразного водорода при н.у. потребуется для полного гидрирования $10,5 \text{ см}^3$ 2-бутеналя ($\rho = 0,856 \text{ г} \cdot \text{с м}^{-3}$) до 1-бутанола. (2)

3. Красочные соединения

(11 б)

На Самоцветовых островах живут мистические существа, чей цвет кожи зависит от того, какие соединения металлических элементов они принимают в пищу. Эта страна известна своими разноцветными существами, которых прозвали Ляписами.

Виридис любит кушать зеленые камешки, которые он находит по дороге. Эти камешки представляют собой кристаллы некоторой кислой соли, которую использовали в качестве пигмента в Викторианской Великобритании. Массовое содержание катиона соли равно 33,91%. Анион соли ($M_{\text{анион}} = 123,9 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$) содержит элемент VA группы, чья степень окисления равна +III.

- a) i) Определи расчетами формулу этой кислой соли и ii) дай ее номенклатурное название. (3,5)

Пурпура добывает свою любимую закуску в гигантских горах фиолетового цвета. Ее едой является минерал $\text{XY}(\text{SO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с молярной массой $499,4 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, в котором $w(\text{X}) = 10,41\%$, $w_{\text{водород}} = 4,84\%$.

- b) Определи расчетами, сколько молекул воды содержится в любимой закуске Пурпуры. (0,5)

- c) i) Определи расчетами формулу описанного минерала и ii) дай его номенклатурное название. (2)

Альбус обнаружил, что его еда вкуснее, если ее предварительно замочить в соляной кислоте. Альбус питается дигидратом определенной соли, при реакции которой с хлористоводородной кислотой образуются оксид **Z** ($w_{\text{кислород}} = 20,71\%$), хлорид натрия и вода.

- d) Определи расчетами формулу оксида **Z**. (3)

- e) Каким минералом питается Альбус? Напиши i) формулу и ii) название минерала. (2)

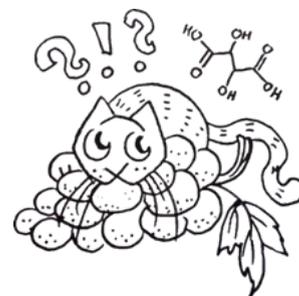
4. Кислый виноград

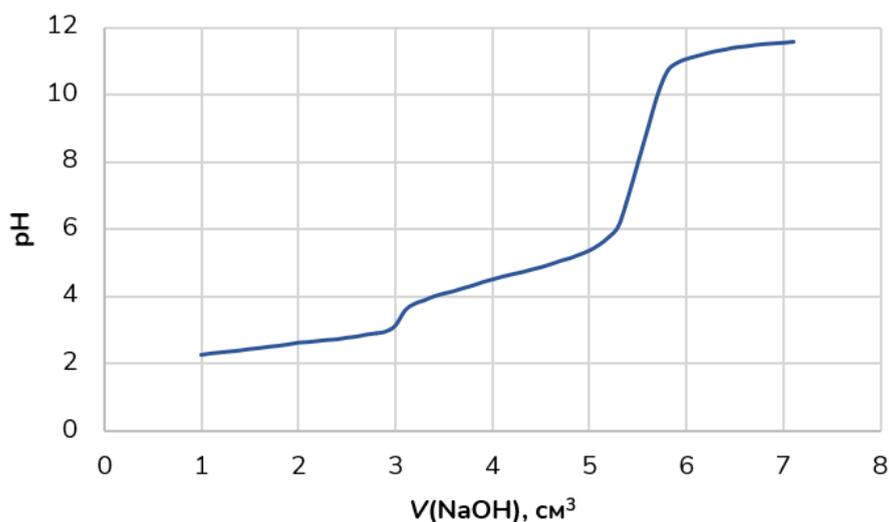
(9 б)

Кислотность фруктового сока часто попадает в промежуток 2–4 pH. По интересной случайности, соком с одним из наименьших значений pH является сок красного винограда, чья кислотность преимущественно обусловлена присутствием винной или 2,3-дигидроксибутандиовой кислоты с формулой $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$. В лаборатории кислотность соков можно определить путем потенциометрического титрования, используя щелочной титрант, например NaOH.

- a) Напиши и расставь коэффициенты в уравнении реакции винной кислоты с NaOH. (1)

Для титрования пробы сока использовали 0,25 М раствор NaOH. В итоге получили следующую кривую титрования:

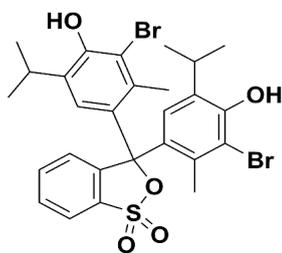




- b) Используя график определи сколько cm^3 титранта потребовалось для достижения точки эквивалентности. (1)
- c) Рассчитай концентрацию винной кислоты ($\text{г} \cdot \text{д} \cdot \text{м}^{-3}$) в данном соке, если для получения кривой титрования использовали 20 cm^3 виноградного сока. (2)
- d) Назови две причины, почему данный анализ удобно проводить с помощью потенциометрического титрования, а не используя подходящий индикатор (например фенолфталеин) для определения точки эквивалентности. (2)

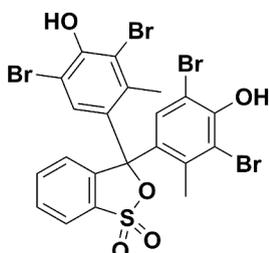
Для определения точки эквивалентности титрований очень часто используют индикаторы - соединения, чьи протонированные и депротонированные формы достаточно отличаются по структуре, что их растворы имеют разные цвета. Далее приведены четыре индикатора вместе с их соответствующими значениями pK_a и областями перехода в скобках:

Бромтимоловый синий



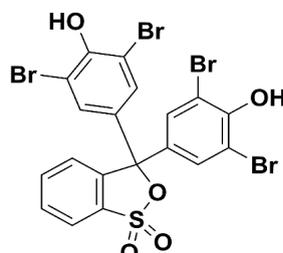
7,1 (6,0–7,6)

Бромкрезоловый
зеленый



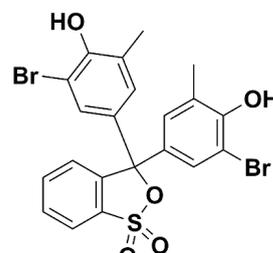
4,7 (3,8–5,4)

Бромфеноловый синий



4,1 (3,0–4,6)

Бромкрезоловый
пурпурный



6,3 (5,2–6,8)

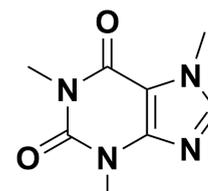
- e) Учитывая значения pK_a приведенных соединений, определи, какие из них можно было бы использовать в качестве индикатора для титрования раствора винной кислоты. (1,5)
- f) В структуре винной кислоты присутствует два стереоцентра, из-за чего в природе молекула встречается в виде различных стереоизомеров. Нарисуй все возможные стереоизомеры винной кислоты. (1,5)

5. Депрессо? Выпей эспрессо!

(10 б)

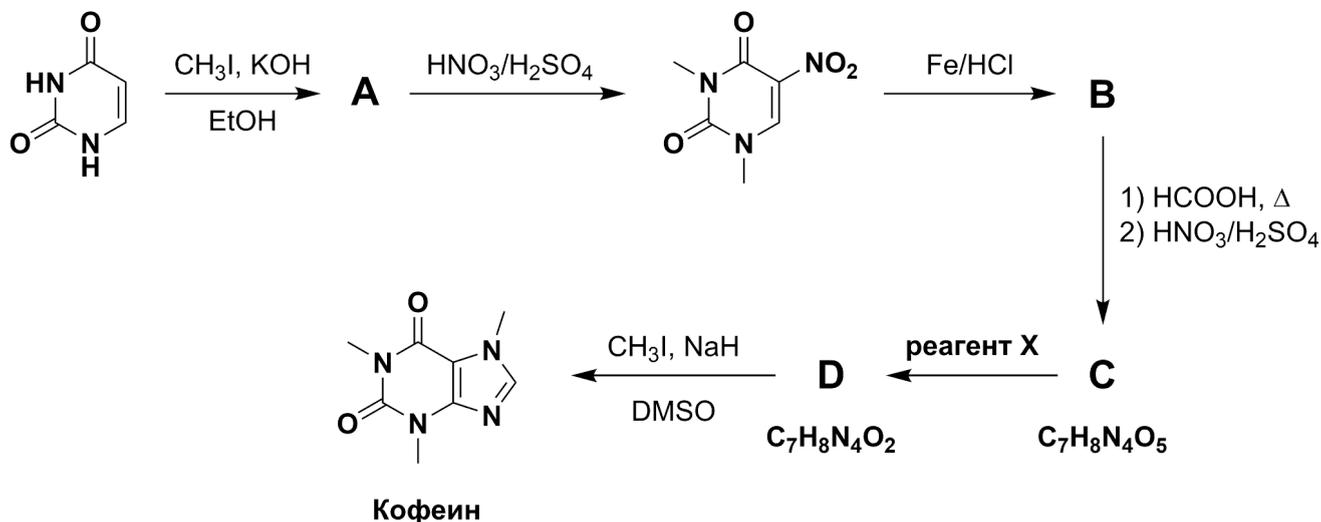
Кофеин - химическое вещество, входящее в ряд пуриновых алкалоидов. Он встречается во многих еде и напитках, главным образом, в кофе, чае и энергетиках, но также и в коле и шоколаде. Многие утверждают, что кофеин - это наиболее распространенный стимулянт во всем мире, который избавляет от усталости и восстанавливает бодрость.

- a) Выбери из списка, какие функциональные группы встречаются в структуре кофеина. (1)
- алкильная группа



- арен
- амин
- кетон
- лактам (т.е. циклический амид)
- лактон (т.е. циклический сложный эфир)

Лабораторный синтез кофеина описан в следующей схеме:



Подсказки:

- Известно, что в первом этапе $B \rightarrow C$ образуется H_2O .
- Соединение **D** - двучленическое.

b) Нарисуй структурные формулы соединений **A–D**. (4)

c) i) Напиши формулу электрофильной частицы, образующейся при реакции HNO_3 с H_2SO_4 , которая затем реагирует с соединением **A**, также **ii)** нарисуй резонансные структуры соединения **A**, которые объяснили бы расположение нитрогруппы в молекуле. (1)

d) Выбери, какой **реагент X** подойдет для проведения реакции $C \rightarrow D$. (1)

- $LiAlH_4$
- Fe/CH_3COOH
- $K_2Cr_2O_7$
- $KMnO_4$

Известно, что в видах спорта на выносливость, таких как велоспорт, триатлон и академическая гребля, употребление кофеина перед гонкой может значительно улучшить результат спортсмена. Химик Эфир также является триатлетом-любителем и планирует принять участие в проходящих в Таллинне соревнованиях Ironman 70.3. Он разузнал, что для получения положительного эффекта необходимо принять 3–6 мг кофеина на 1 кг массы тела за час до старта.

e) Рассчитай минимальное количество кофеина (мг), которое должен принять Эфир для получения положительного эффекта, если он весит 75,0 кг. (1)

Содержание кофеина в Кока-коле равно 0,100 г/л, а одна чашка (30 мл) эспрессо содержит в среднем 64,0 мг кофеина.

f) Рассчитай, сколько **i)** литров Кока-колы и **ii)** миллилитров эспрессо должен выпить Эфир, чтобы получить, рассчитанное в пункте **e)** количество кофеина. (2)