

Tallinna XXI koolinoorte keemiaolümpiaadi koolivoor

2020 / 2021 õ.a

14. detsembril 2020 kell 12.00 – 15.00

Перед началом работы на титульном листе чистовика начертите и заполните таблицу по образцу:

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

Можно пользоваться таблицей периодической системы химических элементов, таблицей растворимости и калькулятором.

1. (10)

Друзьям, интересующимся химией, пришлось пройти через буфернотематической комнаты для побега. Для этого им пришлось решить пять все более сложных задач, успешность которых проверяли точно откалиброванные рН-метры.

Некоторые формулы и величины были размещены на стене комнаты:

$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$	Бензойная кислота $K_a = 6,46 \cdot 10^{-5}$
$pOH = pK_b + \log \frac{[BH^+]}{[B]}$	Аммиак $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$
$pH + pOH = 14$	Гидрокарбонат $K_a = 4,8 \cdot 10^{-11}$

Первая задача – определить буферные растворы

Девять смесей были размещены на столе, напоминающем площадку игры крестики и нолики. Ученики должны были выбрать строку или столбец со смесями к которым добавление небольшого количества сильных кислот и оснований практически не изменяет рН.

1) $HNO_3 + Ca(NO_3)_2$	2) $HCN + NaCN$	3) $HNO_2 + NaNO_3$
4) $KOH + KCl$	5) $HCOOK + HCOOH$	6) $NaOH + Na_2CO_3$
7) $NH_4Cl + HCl$	8) $NH_3 \cdot H_2O + NH_4Cl$	9) $CH_3COOH + HCl$

1. Определите соответствующую строку или столбец со смесями, в которые можно было бы добавить небольшое количество сильной кислоты и основания, не опасаясь значительного изменения pH. (1)

Вторая задача – приготовить буферный раствор

В таблице указаны 12 рецептов разных смесей. Ученики должны были выбрать из них два, которые действовали бы как буферы.

	0,1 мол HCl	0,2 мол HCl	0,1 мол CH ₃ COOH	0,2 мол CH ₃ COOH
0,1 мол NaOH	1.	5.	9.	11.
0,2 мол NaOH	2.	6.	10.	12.
0,1 мол NH ₃	3.	7.		
0,2 мол NH ₃	4.	8.		

2. Определите, какие смеси действуют как буферы. Напишите номера соответствующих смесей. (1)

Третья задача – расположить буферные растворы по увеличению pH.

Выполнив второе задание, ученикам открылась полка с шестью 1-литровыми сосудами с буферными растворами. Информация о том, как был приготовлен этот раствор, была помещена на каждый сосуд. Чтобы решить эту задачу, ученики должны были разложить шесть буферных растворов по увеличению pH.

- A. 0,100 М аммиака и 0,120 М хлорида аммония
 - B. 0,100 М карбоната натрия и 0,200 М гидрокарбоната натрия
 - C. 0,100 М бензойной кислоты C₆H₅COOH и 0,100 М бензоата калия C₆H₅COOK
 - D. 0,060 М бензойной кислоты и 12,00 грамм бензоата натрия
 - E. 0,100 М аммиака и 2,52 грамм азотной кислоты
 - F. 0,120 М бензойной кислоты и 2,80 грамм гидроксида калия
3. Рассчитайте pH каждого буферного раствора и покажите соответствующие расчеты. Расположите буферные растворы A–F по увеличению pH. (6)

Четвертая задача – изменить pH буферного раствора

В четвертом задании ученики должны были отмерить 500,0 мл буферного раствора C из предыдущего задания, добавить 20 ммоль гидроксида натрия и спрогнозировать изменение pH.

4. Рассчитайте pH полученного раствора. (1)

Пятая задача – приготовить раствор с определенным pH

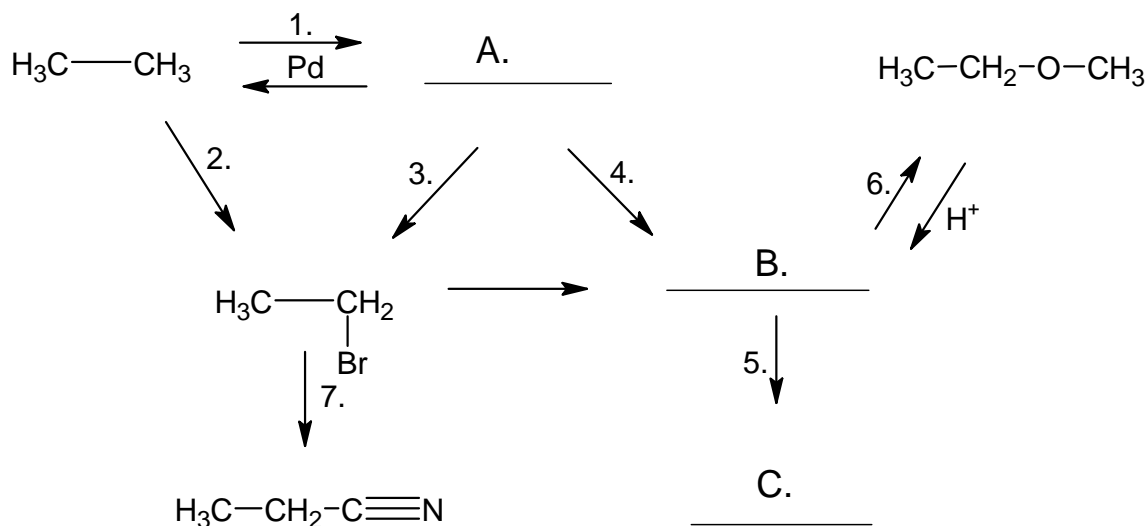
Чтобы сбежать из комнаты, нужно было взять 1 литр буфера A из третьего задания и довести среду до pH 9,00.

5. Сколько молей соляной кислоты нужно добавить для этого к раствору A? (1)

2. (10)

Также, как и в неорганической химии, в органической химии классы веществ взаимосвязаны. Из одного полученного вещества производятся следующие.

На рисунке ниже показаны некоторые отношения между органическими веществами. Объяснение каждой реакции также приведены ниже.



1. Напишите уравнения реакций, характеризующие процессы. (7)
 1. Эта реакция дает два продукта, один из которых имеет молярную массу на 2 г/моль меньше, чем исходное вещество.
 2. Эта реакция включает реакцию радикального замещения и выделение газообразного вещества с раздражающим запахом и высокой коррозионной активностью.
 3. Во время этой реакции протекает реакция электрофильного присоединения. Молярная масса исходного вещества увеличивается на 81 г/моль.
 4. Эта реакция включает реакцию электрофильного присоединения, в которой из вещества **A** образуется вещество **B**, которое намного лучше растворяется в воде, и о котором часто предупреждают подростков. Для протекания реакции требуется кислая среда.
 5. Во время этого процесса средняя степень окисления углерода вещества **B** становится более положительной (первоначально средняя степень окисления углерода равна -2, после реакции -1). Этот процесс также происходит в организме человека (например, в печени). Вместо уравнения реакции также можно написать переход от одного класса веществ к другому, указав над стрелкой фактор, вызывающий изменение.
 6. Во время этой реакции частица **B** реагирует с представителем того же класса веществ. В процессе, помимо вещества на схеме, образуется низкомолекулярное вещество, которое можно найти внутри и вокруг нас.
 7. Эта реакция представляет собой реакцию нуклеофильного замещения. Органическое вещество реагирует с одной солью, содержащей один атом углерода и азота. В качестве продукта выделяется новая соль. Во время синтеза этого вещества в 1979 году в Южной Каролине произошёл взрыв.
2. Назовите вещества **A–C**. (1,5)

3. Назовите вещества согласно инструкции.

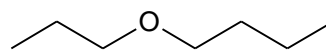
(1,5)



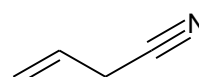
Есть несколько способов дать название веществу. Посмотрите на рисунок и назовите вещества ниже. Пожалуйста, используйте для именования алгоритмы, показанные на рисунке. Убедитесь, что вы используете все полученные знания!

3.1. Составляйте **два** подходящих названия для вещества: $CH_3 - CH_2 - O - CH_3$

3.2. Составляйте **одно** подходящее название для вещества: $CH_3 - CH_2 - C \equiv N$



бутилпропиловый эфир или пропоксибутан



бут-3-еннитрил или 3-цианопропен

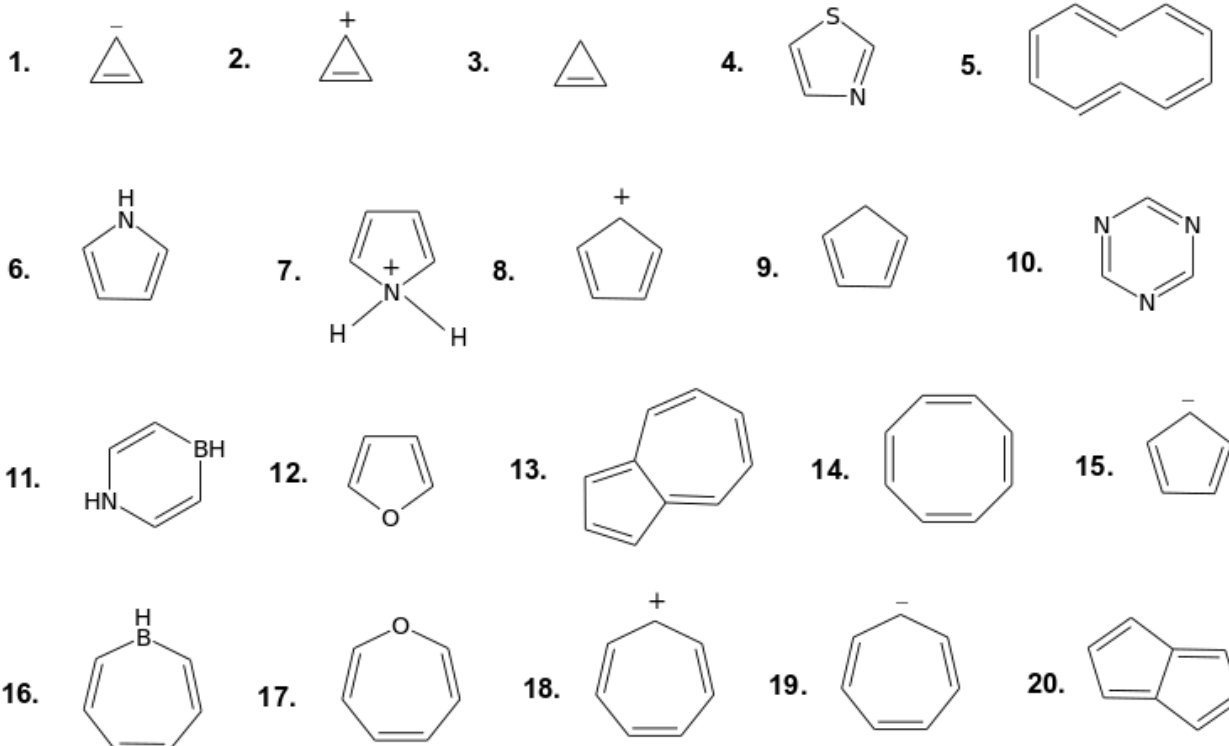
3. (10)

Ароматичность – это свойство органических соединений проявлять особую стабильность, которая связана с образованием сопряжённого кольца ненасыщенных связей. Для того, чтобы соединение было ароматичным, нужно соблюдение следующих условий:

1. Структура должна быть циклической и стабильной.
2. Цикл или циклы должны находиться в одной плоскости, то есть все атомы углерода должны иметь sp^2 -гибридизацию.
3. Общее количество π -электронов в цикле или циклах должно соответствовать правилу Хюккеля: $e = 4n+2$, ($n=0,1,2,3\dots$).

Укажите для каждого соединения / частицы вещества, является ли оно ароматическим (+) или неароматическим (-). Если соединение / частица вещества **не** ароматическое, **объясните**, почему.

(10)



4. (10)

Электродный потенциал металла – это электродвижущая сила (ЭДС), которая возникает между электродом металла и стандартным водородным электродом, потенциал которого принят равным нулю. Электродный потенциал металла может быть как положительным (если металл является катодом), так и отрицательным (когда металл является анодом). Ниже приведена таблица стандартных электродных потенциалов некоторых металлов.

Стандартные электрохимические потенциалы некоторых металлов

Электрод	Электродная реакция	E° , В
Li ⁺ /Li	Li ⁺ + 1e = Li	-3,05
K ⁺ /K	K ⁺ + 1e = K	-2,93
Ca ²⁺ /Ca	Ca ²⁺ + 2e = Ca	-2,87
Mg ²⁺ /Mg	Mg ²⁺ + 2e = Mg	-2,36
Al ³⁺ /Al	Al ³⁺ + 3e = Al	-1,66
Zn ²⁺ /Zn	Zn ²⁺ + 2e = Zn	-0,76
Ni ²⁺ /Ni	Ni ²⁺ + 2e = Ni	-0,25
Pb ²⁺ /Pb	Pb ²⁺ + 2e = Pb	-0,13
2H ⁺ /H ₂	2H ⁺ + 2e = H ₂	0,00
Cu ²⁺ /Cu	Cu ²⁺ + 2e = Cu	+0,34
Ag ⁺ /Ag	Ag ⁺ + 1e = Ag	+0,80

- Используя стандартные электрохимические потенциалы металлов, составьте **максимальное** количество возможных химических реакций между следующими металлами и водными растворами солей и расставьте коэффициенты:
Ag, AgNO₃, LiNO₃, Mg(NO₃)₂, Zn, Zn(NO₃)₂, Pb, Pb(NO₃)₂, Ca(NO₃)₂, Cu, Cu(NO₃)₂, Ni, Ni(NO₃)₂, KNO₃, Al(NO₃)₃. **(5)**
- Выберите одну из химических реакций, произошедших в предыдущем подразделе, выполните задания и ответьте на вопросы. **(4)**
 - Составьте уравнение этой химической реакции в ионной форме (длинное или короткое).
 - Постройте уравнения перехода электронов в произошедшей химической реакции.
 - Какая частица вещества ведет себя как восстановитель, какая как окислитель?
 - Что можно увидеть во время этой химической реакции?
- Может ли $E^{\circ}(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$ быть **a) -2,71 V; b) -0,44 V; c) -0,14 V** или **d) +1,40 V**?
Напишите букву правильного ответа. **(1)**