

Приветствуем участников второй дистанционной учебной смены по подготовке к участию в республиканской олимпиаде по учебному предмету «ХИМИЯ» для обучающихся и учителей!

Обратите внимание, что проверка ответов проходит в автоматическом режиме. Для этого вам необходимо заполнить бланк ответов в системе Moodle.

Важно о входе в систему:

- Если вы участвовали в первой смене, используйте для входа свои прежние учётные данные. Новая регистрация **НЕ ТРЕБУЕТСЯ**.
- Если вы впервые на платформе, вам необходимо создать учётную запись на портале: <https://moodletest.bsu.by>

Всем участникам обязательно нужно прикрепить к бланку ответов файл с подробными решениями в формате PDF. Они будут оцениваться членами жюри для подтверждения результатов и при разрешении спорных ситуаций. Бланки ответов, к которым не прикреплены решения, рассматриваться не будут.

Пошаговая инструкция:

- 1) **Выполнение заданий.** Решите задачи. Подробные решения и пояснения напишите от руки на белых листах формата А4. В работе четко указывайте номера задач и вопросов!
- 2) **Подготовка файла.** Сфотографируйте или отсканируйте листы с решениями и объедините их в один файл формата PDF (размер файла – не более 10 Мб).
- 3) **Отправка.** До **18:00 25 октября 2026 года** заполните электронный бланк ответов по ссылке <https://moodletest.bsu.by/mod/quiz/view.php?id=8> и прикрепите к нему ваш PDF-файл с решениями. *Будьте внимательны: на заполнение бланка ответов дается только одна попытка!*

Задания второй дистанционной учебной смены по подготовке к участию в республиканской олимпиаде по учебному предмету «ХИМИЯ»

Задача 1

В письменном решении подробно обоснуйте свой ответ, приведите расчёты и выкладки с необходимой точностью. Вся необходимая справочная информация указана в конце задачи.

Кислотно-основные буферные растворы широко применяются в различных областях химии для поддержания постоянного значения рН в присутствии небольших количеств других кислот и оснований. Буферный раствор представляет собой смесь слабой кислоты и её сопряженного основания. Для расчета состава буферной смеси можно воспользоваться уравнением Гендерсона-Хассельбаха:

$$pH = pK_a + \lg \frac{c_{\text{осн}}}{c_{\text{кисл}}}$$

где pK_a – отрицательный десятичный логарифм константы диссоциации сопряженной кислоты, $c_{\text{осн}}$ – концентрация сопряженного основания, $c_{\text{кисл}}$ – концентрация сопряженной кислоты.

Вопрос 1.1

Рассчитайте отношение $n(\text{CH}_3\text{COONa}) : n(\text{CH}_3\text{COOH})$, необходимое для приготовления ацетатного буфера с $pH = 4,4$. Ответ укажите с точностью до **сотых**.

Ответ:

Для приготовления вышеуказанного буферного раствора использовали уксусную кислоту и тригидрат ацетата натрия.

Вопрос 1.2

Какую массу тригидрата ацетата натрия необходимо взять для приготовления 1 л вышеуказанного буфера с суммарной концентрацией кислоты и основания 0,1М? Ответ укажите в **граммах** с точностью до **сотых**.

Ответ:

Для проведения эксперимента от полученного буфера была отобрана аликвота объемом 50 мл, но в неё случайно попала капля концентрированной соляной кислоты ($V = 0,05$ мл, $c = 12$ моль/л).

Вопрос 1.3

Рассчитайте pH раствора после попадания в неё капли. Ответ укажите с точностью до **десятых**.

Ответ:

К 1 л буферного раствора, содержащего 0,1 М Na_3PO_4 и 0,2 М Na_2HPO_4 , добавили 0,3 моль HCl .

Вопрос 1.4

Рассчитайте pH образовавшегося раствора, пренебрегая изменением объёма при добавлении HCl . Ответ укажите с точностью до **десятых**.

Ответ:

Каждый буферный раствор характеризуется сопротивляемостью к изменению pH . Количественно её выражают через буферную ёмкость π , которая определяется числом молей сильной кислоты (основания), которые необходимо добавить к 1 л раствора, чтобы изменить его pH на единицу. Буферную ёмкость можно рассчитать при помощи следующей приближенной формулы:

$$\pi = 2,3 \frac{c_{\text{осн}} c_{\text{кисл}}}{c_{\text{осн}} + c_{\text{кисл}}}$$

Вопрос 1.5

Рассчитайте мольную долю (%) ацетат-ионов (по отношению ко всем формам уксусной кислоты в растворе), при которой буферная ёмкость 0,1 М ацетатного буфера равна 0,05 М. В ответе приведите **меньшее** (из двух возможных) значение, округленное до **целого числа**.

Ответ:

Вопрос 1.6

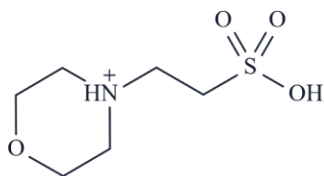
Выберите буферную систему, наиболее подходящую (с наибольшей возможной буферной ёмкостью при заданном pH) для получения 0,1 М раствора с pH = 9,5.

- A) $\text{NaH}_2\text{PO}_4 / \text{Na}_2\text{HPO}_4$
- B) $\text{Na}_2\text{HPO}_4 / \text{Na}_3\text{PO}_4$
- C) $\text{NaHCO}_3 / \text{Na}_2\text{CO}_3$
- D) $\text{NH}_4\text{Cl} / \text{NH}_3$
- E) $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COONa}$

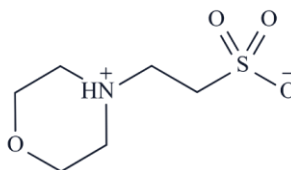
В качестве буферных систем могут также использоваться органические вещества, содержащие в составе молекул одновременно как кислотные, так и основные функциональные группы. Примером такого соединения, часто используемого в биологии, является MES.

Вопрос 1.7

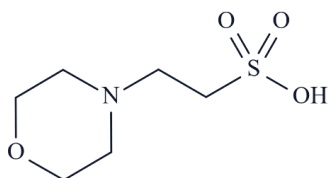
Из приведенных ниже форм MES выберите те две, которые обуславливают его использование в качестве кислотно-основного буфера в водной среде.



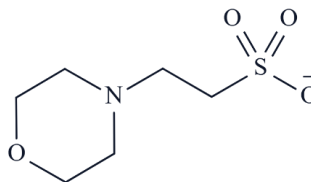
1



2



3



4

- A) 1 и 2
- B) 2 и 4
- C) 3 и 4
- D) 2 и 3
- E) 1 и 4

Справочный материал:

Молекула / ион	pK_a
H_3PO_4	2,15
$H_2PO_4^-$	7,20
HPO_4^{2-}	12,33
NH_4^+	9,25
CH_3COOH	4,76
H_2CO_3	6,35
HCO_3^-	10,33

Задача 2

Существует несколько теорий описания кислот и оснований: Аррениуса, Бренстеда-Лоури, Льюиса и др.

В рамках органической химии в первую очередь рассматривается теория Бренстеда-Лоури, согласно которой донор H^+ является кислотой, а акцептор протона – основанием.

В рамках теории Льюиса кислотой является акцептор электронной пары, а основанием – донор электронной пары. Теория Льюиса позволяет описывать широкий спектр процессов (например, комплексообразование и образование солей), но проблема теории заключается в отсутствии единого подхода к количественным параметрам.

В теории Бренстеда-Лоури главная частица, определяющая кислотность, – это протон, имеющий одинаковую природу в независимости от его донора. В теории Льюиса такой частицей является неподеленная электронная пара, которая в реальности не является индивидуальной частицей и природа которой зависит от ее носителя. Условность понятия «электронная пара» приводит к проблеме выбора параметров описания кислотности.

Для более точного описания кислотно-основных взаимодействий по Льюису была предложена теория ЖМКО. Она на качественном уровне хорошо описывает относительную стабильность частиц и региоселективность органических реакций. Теория основывается на понятиях поляризуемости и поляризующего действия, но часто удобным критерием оценки жёсткости/мягкости является плотность заряда. Согласно этому подходу, жёсткие частицы обладают высокой плотностью заряда (то есть имеют большой заряд при небольшом размере), а мягкие частицы, напротив, характеризуются низкой плотностью заряда (малый заряд при относительно большом радиусе).

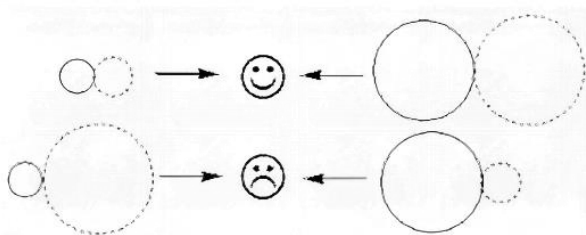
Вопрос 2.1

Выберите ряд, состоящий только из жёстких частиц, согласно теории ЖМКО:

1) Li^+ 2) Ag^+ 3) OH^- 4) Fe^{3+} 5) HS^- 6) I^- 7) Al^{3+} 8) Mg^{2+} 9) HSe^- 10) F^- .

- A) 1, 2, 4, 5, 8, 9
- B) 1, 2, 3, 4, 8, 10
- C) 1, 3, 4, 7, 9, 10
- D) 1, 3, 4, 7, 8, 10
- E) 2, 4, 6, 8, 9, 10

Приведем основные правила теории ЖМКО. Жёсткие частицы взаимодействуют с жёсткими, мягкие – с мягкими. При таком взаимодействии образуются наиболее устойчивые соединения (комплексы с высокими константами устойчивости или осадки с низкими произведениями растворимости).



Кислоты рассматриваются как акцепторы электронных пар (могут быть катионами или нейтральными молекулами с вакантными орбиталями), а основания – как доноры электронных пар (анионы или молекулы с неподеленными электронными парами).

Вопрос 2.2

Рассмотрите пары соединений:

- | | | |
|-------------------------------------|--|---|
| 1) HgS и MgS | 2) AgF и LiF | 3) $[\text{HgI}_4]^{2-}$ и $[\text{HgCl}_4]^{2-}$ |
| 4) PbI_2 и PbBr_2 | 5) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ и $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ | 6) $[\text{FeF}_6]^{4-}$ и $[\text{FeF}_6]^{3-}$ |

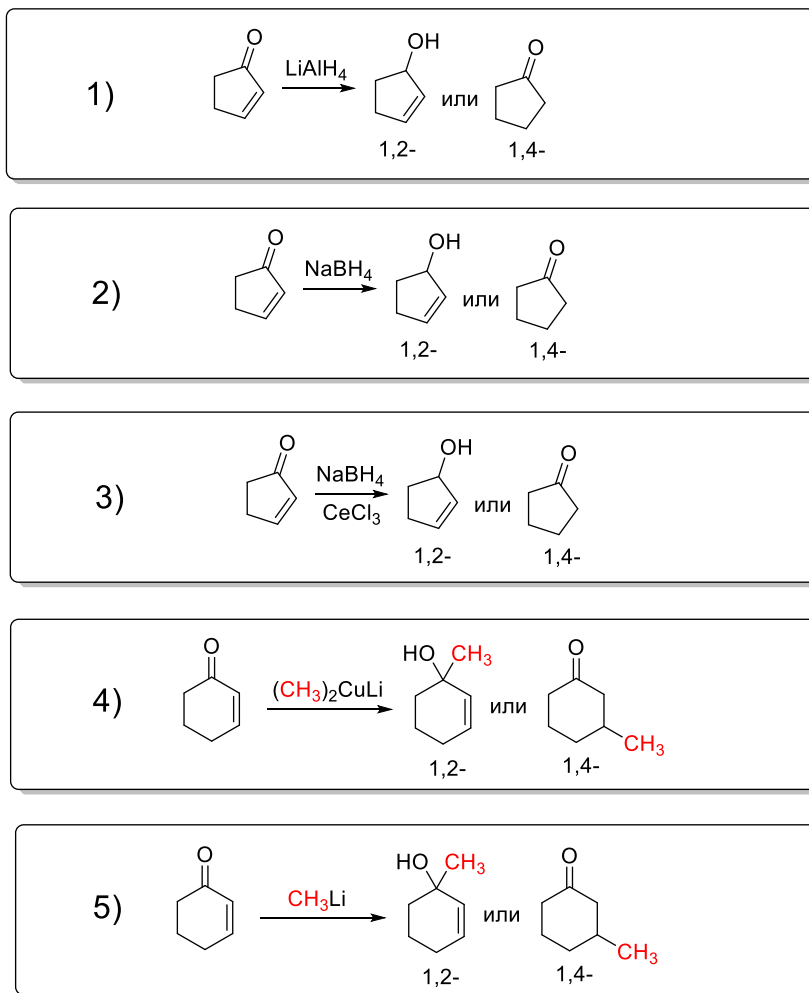
Выберите ряд, в котором для каждой пары верно указаны наименее растворимая соль или наиболее устойчивый комплекс:

- | | | | | | |
|-------------------|----------------|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| A) MgS , | AgF , | $[\text{HgCl}_4]^{2-}$, | PbBr_2 , | $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, | $[\text{FeF}_6]^{4-}$ |
| B) HgS , | LiF , | $[\text{HgI}_4]^{2-}$, | PbI_2 , | $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$, | $[\text{FeF}_6]^{3-}$ |
| C) HgS , | AgF , | $[\text{HgI}_4]^{2-}$, | PbBr_2 , | $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$, | $[\text{FeF}_6]^{3-}$ |
| D) HgS , | LiF , | $[\text{HgI}_4]^{2-}$, | PbI_2 , | $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$, | $[\text{FeF}_6]^{4-}$ |
| E) HgS , | LiF , | $[\text{HgCl}_4]^{2-}$, | PbI_2 , | $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, | $[\text{FeF}_6]^{3-}$ |

α,β -Ненасыщенные карбонильные соединения способны вступать в реакции 1,2- и 1,4-присоединения, причём предсказать продукт реакции можно с помощью теории ЖМКО.

Вопрос 2.3

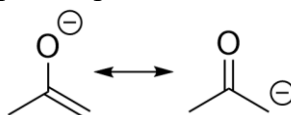
Выберите ряд, в котором правильно указаны преимущественные продукты реакций.



- A) 1,2-; 1,2-; 1,4-; 1,4-; 1,2-
- B) 1,2-; 1,4-; 1,2-; 1,4-; 1,2-
- C) 1,4-; 1,2-; 1,4-; 1,2-; 1,4-
- D) 1,2-; 1,2-; 1,4-; 1,2-; 1,4-
- E) 1,2-; 1,4-; 1,2-; 1,2-; 1,4-

В текстовом решении приведите пояснения, классифицируя частицы или центры как более жесткие или более мягкие, а также приведите механизмы реакций образования целевого продукта.

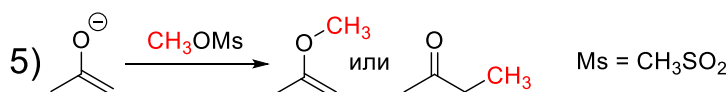
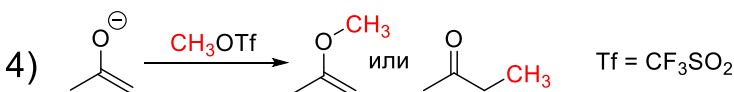
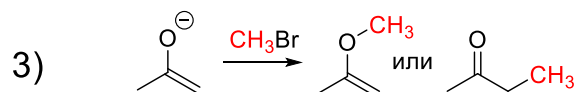
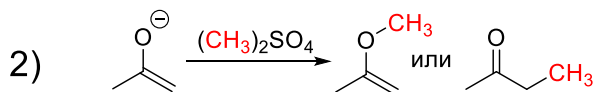
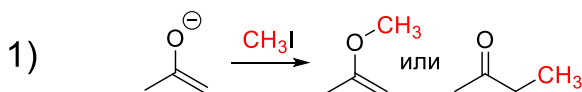
Енолят-ионы – пример нуклеофила, способного атаковать электрофил двумя центрами. Распределение заряда можно изобразить резонансными структурами.



Региоселективность алкилирования (в частности, метилирования) можно изменять, варьируя электрофил.

Вопрос 2.4

Выберите ряд, в котором правильно указан атом, по которому идёт алкилирование.



- A) C; O; O; O; O
- B) C; O; C; O; O
- C) C; C; C; O; O
- D) O; C; O; C; C
- E) C; C; C; O; C

В текстовом решении приведите пояснения, классифицируя частицы или центры как более жесткие или более мягкие, а также приведите механизмы реакций образования целевого продукта.

Мы только что встретились с примером амбидентности нуклеофила, то есть его способности атаковать электрофил несколькими центрами. В реакциях нуклеофильного замещения галогеналканов амбидентные нуклеофилы (например, SCN^- , NO_2^-) реагируют по-разному в зависимости от условий реакции. Так, в условиях $\text{S}_\text{N}1$ -реакций нуклеофил присоединяется более жестким центром, а в случае $\text{S}_\text{N}2$ -реакций – более мягким.

Вопрос 2.5

Выберите ряд, в котором правильно указаны преимущественные продукты реакций.

1)

2)

3)

4)

5)

6)

- A) 2; 1; 2; 1; 2; 1
 B) 1; 2; 1; 2; 1; 2
 C) 2; 1; 1; 2; 1; 2
 D) 2; 1; 1; 2; 1; 1
 E) 1; 2; 2; 1; 2; 1

В текстовом решении приведите пояснения, классифицируя частицы или центры как более жесткие или более мягкие, а также приведите механизмы реакций образования целевого продукта.

Задача 3

В письменном решении подробно обоснуйте свой ответ, приведите расчёты и выкладки с необходимой точностью. Вся необходимая справочная информация указана в конце задачи.

Как известно, последние 6 элементов таблицы Менделеева были получены под руководством советского и российского учёного Юрия Цолаковича Оганесяна. Все они были получены бомбардировкой ионами кальция-48 мишеней из подходящих изотопов.

Вопрос 3.1

Какой из перечисленных элементов был получен позже остальных?

- A) Nh;
- B) Fl;
- C) Mc;
- D) Lv;
- E) Ts;
- F) Og.

Вопрос 3.2

Изотоп какого элемента был использован при этом в качестве мишени?

- A) Pu;
- B) Am;
- C) Cm;
- D) Bk;
- E) Cf;
- F) Es.

Вопрос 3.3

Какое массовое число было у этого изотопа?

- A) 244;
- B) 246;
- C) 247;
- D) 248;
- E) 249;
- F) 251.

Особый интерес представляет нихоний, т.к. он был независимо открыт в ОИЯИ (Дубна, Россия) и в RIKEN (Япония). В ОИЯИ нихоний впервые был получен бомбардировкой мишени из америция-243 ионами кальция-48, при этом образовывались 3 или 4 нейтрона и ядра московия, которые испускали альфа-частицы. А в RIKEN нихоний впервые получили слиянием ядер висмута-209 и цинка-70, при этом кроме нихония образовывался только один нейтрон.

Вопрос 3.4

Укажите **модуль** дефекта масс в **а.е.м.** для суммарной реакции ядерного синтеза изотопа нихония, в которой выделялось 3 нейтрона. В ответе приведите **пять знаков после запятой**.

Ответ:

Вопрос 3.5

Укажите **модуль** дефекта масс в **а.е.м.** для суммарной реакции ядерного синтеза изотопа нихония, в которой выделялось 4 нейтрона. В ответе приведите **пять знаков после запятой**.

Ответ:

Вопрос 3.6

Укажите **модуль** дефекта масс в **а.е.м.** для реакции ядерного синтеза изотопа нихония, которую осуществили в RIKEN. В ответе приведите **пять знаков после запятой**.

Ответ:

Вопрос 3.7

Для суммарной реакции ядерного синтеза изотопа нихония, в которой выделялось 3 нейтрона, переведите дефект масс в **МэВ**. В ответ запишите **модуль** полученного значения, округленный до **целого числа**.

Ответ:

Вопрос 3.8

Для суммарной реакции ядерного синтеза изотопа нихония, в которой выделялось 4 нейтрона, переведите дефект масс в **МэВ**. В ответ запишите **модуль** полученного значения, округленный до **целого числа**.

Ответ:

Вопрос 3.9

Для реакции ядерного синтеза изотопа нихония, которую осуществили в RIKEN, переведите дефект масс в **МэВ**. В ответ запишите **модуль** полученного значения, округленный до **целого числа**.

Ответ:

При записи уравнений ядерных реакций химические символы (такие как ${}^3\text{H}$) обычно обозначают атомные ядра, а не нейтральные атомы. **Однако для решения следующего задания важно понимать какие молекулы, а не атомные ядра, присутствуют в газовой смеси в условиях описанного эксперимента.** Рассмотрим это задание. Спустя 57 суток в запаянной ампуле объёмом 29 мл, изначально содержавшей только T_2 , давление поднялось до 105 кПа, а температура на протяжении всего эксперимента составляла 300 К.

Вопрос 3.10

Укажите **суммарное уравнение** (это не уравнение ядерной реакции!!!), которое наиболее точно описывает **состав смеси газов в ампуле**:

- A) $\text{T}_2 = 2 {}^3\text{He} + 2 \tilde{\nu}_e$;
- B) $\text{T}_2 = 2 {}^3\text{He} + 2 e^-$;
- C) $\text{T}_2 = 2 {}^3\text{He} + 2 e^- + 2 \tilde{\nu}_e$;
- D) $\text{T}_2 = {}^3\text{He}_2^+ + e^- + \tilde{\nu}_e$;
- E) $\text{T}_2 = {}^3\text{HeT}^+ + e^-$;
- F) $\text{T}_2 = {}^3\text{HeT}^+ + e^- + \tilde{\nu}_e$.

Вопрос 3.11

Определите начальную массу T_2 в **мг**. Ответ округлите до **десятых**.

Ответ:

Вопрос 3.12

Определите время в **сутках**, за которое давление в ампуле достигнет 105 кПа в другом эксперименте, отличающемся от первого только температурой – на 3 К ниже. Ответ округлите до **целого числа**.

Ответ:

Справочная информация

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_{\text{реагентов}} - m_{\text{продуктов}}; & E(\text{эВ}) &= \frac{m(\text{кг}) \cdot c^2}{e}; & N_t &= N_0 \cdot 2^{\frac{-\Delta t}{T_{1/2}}}; \\ c &= 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}; & e &= 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; & N_A &= 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}; \\ R &= 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}; & T_{1/2}(\text{Т}) &= 4500 \text{ суток};\end{aligned}$$

Таблица. Массы нейтрона и нейтральных атомов.

Частица	Масса, а.е.м.	Частица	Масса, а.е.м.
^1_0n	1,00866	$^{278}_{108}\text{Nh}$	278,17073
^3_1H	3,01605	$^{282}_{108}\text{Nh}$	282,17577
^4_2He	4,00260	$^{283}_{108}\text{Nh}$	283,17667
$^{48}_{20}\text{Ca}$	47,95252	$^{284}_{108}\text{Nh}$	284,17884
$^{70}_{30}\text{Zn}$	69,92532	$^{285}_{108}\text{Nh}$	285,18011
$^{209}_{83}\text{Bi}$	208,98040	$^{286}_{108}\text{Nh}$	286,18246
$^{243}_{95}\text{Am}$	243,06138	$^{287}_{108}\text{Nh}$	287,18406