

Демонстрационный вариант комплекта заданий Второго этапа Олимпиады по Профилю «Химия и науки о материалах» по треку магистратуры, треку аспирантуры

Демонстрационный вариант комплекта заданий Второго этапа Олимпиады по Профилю по треку магистратуры, треку аспирантуры включает 35 заданий, из них 21 тестовое задание начального уровня с одним правильным ответом (верно выполненное задание оценивается в 1 балл), 5 тестовых заданий среднего уровня с несколькими правильными ответами (верно выполненное задание оценивается в 3-4 балла), 6 заданий среднего уровня с эталонным ответом (верно выполненное задание оценивается в 3 балла), 3 задания высокого уровня с развернутым ответом (верно выполненное задание оценивается в 15 баллов).

Для заданий с развернутым ответом приводятся критерии оценивания и эталонный ответ.

Неорганическая и ядерная химия

Задание 1 Начальный уровень сложности (1 балл)

Двойной солью является вещество

- a) $\text{Na}_2\text{IO}_3(\text{NO}_3)$
- b) PbFCl
- c) $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$
- d) $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Ответ: d.

Задание 2 Начальный уровень сложности (1 балл)

Какой из пяти водных насыщенных растворов малорастворимых соединений будет иметь минимальную концентрацию аниона?

- a) йодид серебра ($K_s = 8,3 \cdot 10^{-17}$)
- b) хлорид таллия (I) ($K_s = 1,7 \cdot 10^{-4}$)
- c) сульфат кальция ($K_s = 2,5 \cdot 10^{-5}$)
- d) карбонат бария ($K_s = 4,0 \cdot 10^{-10}$)

Ответ: a.

Задание 3 Начальный уровень сложности (1 балл)

При взаимодействии оксида серы (IV) и хлора на свету образуется

- a) сульфурилхлорид
- b) тионилхлорид
- c) серная кислота

d) хлорсульфоновая кислота

Ответ: а.

Задание 4
Средний уровень сложности (3 балла)

Константа ионизации аммиака в растворе равна $1,74 \cdot 10^{-5}$. К 100 мл 0,5М раствора аммиака добавили 5,35 г хлорида аммония. Рассчитайте, во сколько раз увеличилась при этом концентрация ионов гидроксония в растворе. Изменением объема раствора при добавлении соли пренебречь. В ответе укажите только целое число.

Ответ: 340.

Задание 5
Средний уровень сложности (3 балла)

Раствора хлороводородной кислоты имеет массу 433 г. Количество атомов хлора в растворе в 10 раз меньше, чем атомов кислорода. К раствору прибавили 32,5 г гранул цинка и выдержали до прекращения реакции. Рассчитайте массу (в граммах) 20%-ного раствора гидроксида натрия, которую следует добавить к полученному раствору до прекращения протекания всех реакций. В ответе укажите только целое число.

Ответ: 600.

Задание 6
Высокий уровень сложности (15 баллов)

Количественное определение содержания пентагидрата тиосульфата натрия в препарате проводят методом прямого йодометрического титрования: Навеску препарата массой 0,345 г растворяют в 25 мл воды, переносят в мерную колбу на 100,0 мл и доводят объем раствора водой до метки. Для титрования берут пробу объемом 10,0 мл, добавляют индикатор и титруют 0,05 М раствором йода до изменения окраски. На титрование затрачено 1,35 мл раствора титранта. Рассчитайте массовую долю (в %) кристаллогидрата в препарате.

Будьте внимательны: при оценке будет учитываться ход решения, написать только ответ недостаточно.

Решение:

$2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$	3
Масса тиосульфата натрия в пробе (аликвотной доле): $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot 2 \cdot C(\text{I}_2) \cdot V(\text{I}_2)$ $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158 \cdot 2 \cdot 0,05 \cdot 0,00135 = 0,02133 \text{ г}$	3
Масса тиосульфата натрия в растворе: $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,02133 \cdot 100/10 = 0,2133 \text{ г}$	3
Масса кристаллогидрата тиосульфата натрия:	3

$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 248 \cdot 0,2133 / 158 = 0,3348 \text{ г}$	
Массовая доля:	3
$\omega(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = (0,3348 / 0,345) \cdot 100\% = 97,1\%$	

Ответ: 97,1**Органическая химия****Задание 7**
Начальный уровень сложности (1 балл)

Наиболее сильные кислотные свойства проявляет соединение

- a) фенол
- b) 4-аминофенол
- c) 3-аминофенол
- d) 2,4-динитрофенол

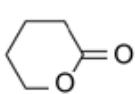
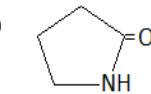
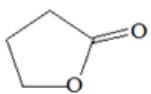
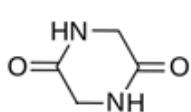
Ответ: d.**Задание 8**
Начальный уровень сложности (1 балл)

Соединение, в котором присутствует гликозидная связь

- a) глюкоза
- b) фруктоза
- c) мальтоза
- d) манноза

Ответ: c.**Задание 9**
Начальный уровень сложности (1 балл)

Дикетопиперазином является соединение

- a) 
- b) 
- c) 
- d) 

Ответ: d.**Задание 10**
Средний уровень сложности (3 балла)

Ацетальдегид разделили на две равные части. Первую часть подвергли кротоновой конденсации и с выходом 70% получили 12,25 г кротонового альдегида (бутен-2-аль). При

окислении второй части альдегида получили карбоновую кислоту. Полученная кислота прореагировала с выходом 60% с одноатомным спиртом (в присутствии серной кислоты), при этом образовалось 30,6 г органического продукта. Определите формулу спирта. В ответе укажите его молекулярную массу (целое число).

Ответ: 60.

Задание 11
Средний уровень сложности (3 балла)

Смесь аденина и цитозина сожгли в избытке кислорода. Продукты сгорания были пропущены через избыток раствора гидроксида кальция. Масса осадка составила 220 г. Объём непоглощенного газа равен объему газа, образующемуся при взаимодействии цианида натрия массой 93,1 г с гипохлоритом натрия в водном растворе. Определите массу аденоzin-5-монофосфата, из которого был выделен входящий в исходную смесь аденин. Ответ укажите в виде XX.X

Ответ: 69,4.

Аналитическая химия

Задание 12
Начальный уровень сложности (1 балл)

Вычислите растворимость (в моль/л) и концентрацию ионов Ba^{2+} (в г-ион/л) в растворе $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ (ПР = $6 * 10^{-39}$).

- a) $2,76 \cdot 10^{-6}$ моль/л, $1,8 \cdot 10^{-8}$ г-ион/л
- b) $2,76 \cdot 10^{-6}$ моль/л, $2,7 \cdot 10^{-8}$ г-ион/л
- c) $0,89 \cdot 10^{-8}$ моль/л, $2,7 \cdot 10^{-8}$ г-ион/л
- d) $0,69 \cdot 10^{-6}$ моль/л, $0,89 \cdot 10^{-8}$ г-ион/л

Ответ: c.

Задание 13
Начальный уровень сложности (1 балл)

Константа диссоциации муравьиной кислоты HCOOH , диссоциирующей по уравнению:
 $\text{HCOOH} = \text{H}^+ + \text{COOH}^-$

Составляет $2,1 \cdot 10^{-4}$. Вычислить степень диссоциации α и концентрацию $[\text{H}^+]$ для 0,3М раствора этой кислоты.

- a) $6,96 \cdot 10^{-4}$, $5,3 \cdot 10^{-3}$ г-ион/л
- b) $2,64 \cdot 10^{-2}$, $7,9 \cdot 10^{-3}$ г-ион/л
- c) $1,17 \cdot 10^{-2}$, $7,9 \cdot 10^{-3}$ г-ион/л
- d) $2,64 \cdot 10^{-2}$, $1,25 \cdot 10^{-2}$ г-ион/л

Ответ: b.

Задание 14

ONE CLICK TO OPEN ALL DOORS

od.globaluni.ru

Начальный уровень сложности (1 балл)

Вычислить концентрацию ионов Ag^+ в 0,1М растворе $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$, содержащем в избытке 1 моль аммиака. Константа нестойкости иона $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ равна $5,7 \cdot 10^{-8}$.

- a) $0,5 \cdot 10^{-8}$ г-ион/л
- b) $0,4 \cdot 10^{-6}$ г-ион/л
- c) $0,6 \cdot 10^{-7}$ г-ион/л
- d) $0,6 \cdot 10^{-8}$ г-ион/л

Ответ: d.

Задание 15

Средний уровень сложности (3 балла)

В лабораторию для исследования поступил прозрачный раствор розового цвета. В ходе исследования с отдельными порциями раствора, лаборантом были проведены следующие испытания:

- 1) При добавлении гидроксида натрия образовалась смесь осадков белого, синего и розового цвета.
- 2) При добавлении растворов серной кислоты и пероксида водорода, порция раствора окрасилась в желто-оранжевый цвет.
- 3) При добавлении к порции раствора тиоцианата аммония в присутствии изоамилового спирта, верхний слой окрасился в ярко-голубой цвет.
- 4) При добавлении раствора хлорида бария, выпал осадок белого цвета.

Какие ионы присутствовали в неизвестном растворе?

- a) Ni^{2+}
- b) Fe^{3+}
- c) Ti^{4+}
- d) Cr^{3+}
- e) Co^{2+}
- f) SO_4^{2-}

Ответ: c, e, f.

Задание 16

Средний уровень сложности (3 балла)

В лабораторию поступил образец, содержащий железо. Для определения общего железа навеска массой 1 г. растворяется в концентрированной соляной кислоте и подвергается восстановлению металлическим цинком. Далее полученный раствор разбавляется дистиллированной водой в мерной колбе до объема 100 мл. От полученного раствора отбирается аликовотная часть объемом 5 мл, переносится в коническую колбу на 100 мл. В колбу добавляется смесь серной и фосфорной кислот, 2-3 капли индикатора дифениламин и проводится титрование раствором бихромата калия с концентрацией 0,01 моль/л до перехода окраски индикатора в сине-фиолетовую. Всего на титрование образца было затрачено 10,25 мл титранта. Рассчитайте массовую долю (%) общего железа в исследуемом образце (принять $M_r(\text{Fe}) = 56$). Ответ запишите в виде целого числа.

Ответ: 69.

Физическая химия

Задание 17

Начальный уровень сложности (1 балл)

Изменение энталпии реакции составляет -145 кДж/моль. Рассчитайте константу равновесия реакции при 700 К, если константа равновесия этой реакции при 650 К составляет 1000 .

- a) 147
- b) 0,045
- c) 6800
- d) 3,5

Ответ: а.

Задание 18

Начальный уровень сложности (1 балл)

Тетрахлорметан кипит при $76,8^{\circ}\text{C}$. При этой температуре, энталпия испарения при постоянном давлении составляет $29,82$ кДж/моль. Рассчитайте изменение энтропии на 1 моль при кипении тетрахлорметана.

- a) $5,5$ кДж/(К·моль)
- b) $85,2$ Дж/(К·моль)
- c) $-16,5$ Дж/(К·моль)
- d) 32 Дж/(К·моль)

Ответ: б.

Задание 19

Начальный уровень сложности (1 балл)

Рассчитайте изменение энергии Гиббса при изотермическом сжатии $0,003$ м 3 метана при 25°C от $0,5 \cdot 10^5$ Па до $2,0 \cdot 10^5$ Па. Считайте метан идеальным газом.

- a) 103 Дж
- b) 206 Дж
- c) 10,3 Дж
- d) 20,6 Дж

Ответ: б.

Задание 20

Средний уровень сложности (3 балла)

Какие ТРИ утверждения верны для $0,25$ молярного раствора NaCl в воде?

- a) Указанный раствор является раствором сильного электролита.
- b) Значение температуры замерзания указанного раствора выше, чем значение температуры замерзания растворителя.

с) Численное значение ионной силы данного раствора равно 0,25
 д) Указанный раствор NaCl проводит электрический ток хуже растворителя
 е) Коэффициент активности NaCl для указанного раствора равен 0.
 ф) Если разбавить указанный раствор, то значение его удельной электрической проводимости уменьшится.

Ответ: а, с, ф.

Задание 21
Средний уровень сложности (3 балла)

Какие ТРИ утверждения верны для 0,1 молярного раствора уксусной кислоты в воде?

а) Указанный раствор является раствором сильного электролита.
 б) Если удельное сопротивление 0,1 молярного раствора уксусной кислоты в воде при 298 К составляет 1960 $\text{Ом}\cdot\text{см}$, то молярная электрическая проводимость раствора составляет $5 \cdot 10^{-4} \text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}$.
 в) Если значение предельных подвижностей ионов уксусной кислоты составляет $\lambda_{\text{H}^+}^\infty = 350 \text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}$, $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}^\infty = 40,9 \text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}$, то степень диссоциации 0,1 молярного раствора составляет 0,013.
 г) Степень диссоциации растворов уксусной кислоты не зависит от степени разбавления.
 д) Электропроводность 0,1 молярного раствора уксусной кислоты увеличивается при повышении температуры.
 е) Константа диссоциации 0,1 молярного раствора уксусной кислоты составляет $1,71 \cdot 10^{-5}$.

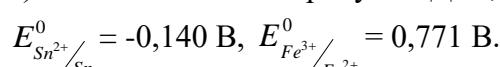
Ответ: с, е, ф.

Задание 22
Высокий уровень сложности (15 баллов)

В гальваническом элементе протекает следующая реакция



1) Изобразите схему гальванического элемента. Напишите электродные процессы, протекающие в данном гальваническом элементе
 2) Рассчитайте стандартную Э.Д.С., ΔG° и константу равновесия реакции при 25 °C.



3) Найдите концентрацию раствора SnCl_2 в ячейке, если гальванический элемент показывает Э.Д.С. равную 0,967 В, а концентрации FeCl_3 и FeCl_2 в другой ячейке равны друг другу и составляют 0,005 моль/л. (активности ионов можно заменить соответствующими концентрациями).

Будьте внимательны: при оценке будет учитываться ход решения, написать только ответ недостаточно.

Решение:

Схема ГЭ:

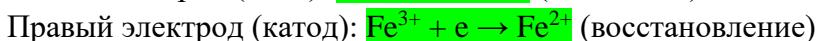


2 балла

Электродные процессы:



2 балла



2 балла

Расчет стандартной Э.Д.С.

$E^\circ = E_{\text{прав}}^0 - E_{\text{лев}}^0 = 0,771 - (-0,140) = 0,911 \text{ В}$

1 балл

$\Delta G^0 = -zFE^\circ = -2 \cdot 96485 \cdot 1,021 = -175796 \text{ Дж}$

2 балла

$\ln K = E^\circ \cdot z \cdot F / (R \cdot T) = 0,911 \cdot 2 \cdot 96485 / (8,31 \cdot 298) = 71,0$

$K = e^{79,6} = 6,76 \cdot 10^{30}$

2 балла

$E_{\text{прав}} = E_{\text{прав}}^0 - 8,31 \cdot 298 / 96485 \cdot \ln(0,005 / 0,005) = 0,771 \text{ В}$

$E_{\text{лев}} = E_{\text{прав}} - E = 0,771 - 0,967 = -0,196 \text{ В}$

$\ln(C(\text{Sn}^{2+})) = (E_{\text{лев}} - E_{\text{лев}}^0) \cdot z \cdot F / R / T = (-0,196 - (-0,140)) \cdot 2 \cdot 96485 / 8,31 / 298 = -4,36$

$C(\text{Sn}^{2+}) = 0,013 \text{ моль/л}$

4 балла

Кристаллография

Задание 23

Начальный уровень сложности (1 балл)

Укажите соотношения углов и трансляций в элементарной ячейке ромбического кристалла.

- a) $a=b=c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
- b) $a=b \neq c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
- c) $a \neq b \neq c, \alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$
- d) $a \neq b \neq c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

Ответ: d.

Задание 24

Начальный уровень сложности (1 балл)

Кристалл RbCl относится к структурному типу B2 (Pm3m), сколько атомов на элементарную ячейку в этом кристалле?

- a) 2
- b) 4
- c) 6
- d) 8

Ответ: a.

Задание 25

Начальный уровень сложности (1 балл)

К какому классу симметрии относится кристалл с пространственной группой I4₁/amd?

- a) 4mm
- b) 4/m

c) $\frac{4}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m}$
d) $\frac{4}{m} 3 \frac{2}{m}$

Ответ: c.

Задание 26
Средний уровень сложности (3 балла)

Чему равен период решетки Ni (Fm3m), если его атомный радиус равен 1,245 Å? Ответ укажите в ангстремах в виде X.XX

Ответ: 3,52.

Металлургия и металловедение

Задание 27
Начальный уровень сложности (1 балл)

К фазовым переходам первого рода относится:

- a) плавление и конденсация вещества
- b) переход металла или сплава в сверхпроводящее состояние
- c) переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние
- d) превращение магнитного сплава из ферромагнитного состояния в парамагнитное

Ответ: a.

Задание 28
Начальный уровень сложности (1 балл)

Чему равна плотность упаковки ОЦК кристалла?

- a) 0,52
- b) 0,74
- c) 0,68
- d) 0,34

Ответ: c.

Задание 29
Начальный уровень сложности (1 балл)

Переход из жидкого состояния в твердое называется:

- a) рекристаллизация
- b) плавление
- c) аморфизация
- d) кристаллизация

Ответ: d.

Задание 30

Средний уровень сложности (3 балла)

Известно, что из-за размерного эффекта растворимость наночастиц некоторого вещества выше, чем его объёмной фазы. Какие из нижеперечисленных характеристик необходимо знать, чтобы оценить растворимость этих наночастиц при некоторой температуре, если известен их радиус?

- а) растворимость объёмной фазы вещества
- б) удельная энталпия плавления объёмной фазы вещества
- с) мольный объём вещества
- д) поверхностное натяжение вещества на границе «твёрдое–жидкое»
- е) Поверхностное натяжение вещества на границе «твёрдое–газообразное»
- ф) Поверхностное натяжение вещества на границе «жидкое–газообразное»

Ответ: а, с, д.

Задание 31

Высокий уровень сложности (15 баллов)

Определить число атомов на элементарную ячейку Au (структурный тип A1), используя его плотность $\rho = 19,32 \text{ г/см}^3$, период решетки $a = 4,078 \text{ \AA}$, $A_{\text{Au}} = 196,97$, 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}$.

Будьте внимательны: при оценке будет учитываться ход решения, написать только ответ недостаточно.

Решение:

Плотность $\rho = m/V$, где m – масса элементарной ячейки, V – объем элементарной ячейки. $m = N \cdot m_{\text{ср}}$, где N – число атомов на элементарную ячейку, $m_{\text{ср}}$ – средняя масса частицы ($m_{\text{ср}} = A \cdot 1,66 \cdot 10^{-24}$ (A -атомная масса))

Структурный тип A1 имеет кубическую ячейку, поэтому объем элементарной ячейки $V = a^3$.

Следовательно, можно записать:

$$\rho = (N \cdot A \cdot 1,66 \cdot 10^{-24}) / a^3, \text{ отсюда выражаем } N = \rho \cdot a^3 / (A \cdot 1,66 \cdot 10^{-24}) = 19,32 \cdot (4,078 \cdot 10^{-8})^3 / 196,97 \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} = 4$$

Ответ: 4

Критерии оценивания:

Запись формулы для плотности через массу и объем – 3 балл

Запись формулы для массы элементарной ячейки через число атомов и их массу – 2 балла

Запись выражения для средней массы частицы – 2 балла

Запись формулы для объема элементарной ячейки, по данному структурному типу – 2 балла

Вывод итоговой формулы для числа атомов на элементарную ячейку – 3 балла

Подстановка численных значений в формулу – 1 балл

Правильная запись ответа (целое число) – 2 балла

Всего 15 б

Материаловедение – оценка и испытания

Задание 32 Начальный уровень сложности (1 балл)

Различие свойств в зависимости от направления испытания называется:

- a) аллотропия
- b) изотропия
- c) анизотропия
- d) полиморфизм

Ответ: c.

Задание 33 Начальный уровень сложности (1 балл)

При определении числа твердости каким методом пользуются формулой:

$$HB = P / D^2 \left[\frac{2 / \pi}{1 - \sqrt{1 - (d / D)^2}} \right]$$

- a) твердость по Бринеллю
- b) твердость по Виккерсу
- c) твердость по Роквеллу
- d) микротвердость

Ответ: a.

Задание 34 Начальный уровень сложности (1 балл)

Фазовыми переходами первого рода называются процессы, при которых:

- a) первые производные удельных термодинамических потенциалов для различных фаз одинаковы, а вторые производные различны
- b) первые производные удельных термодинамических потенциалов для различных фаз не равны между собой
- c) происходит скачкообразное изменение теплоемкости, температурного коэффициента расширения и сжимаемости вещества
- d) масса первой фазы уменьшается, а второй остается неизменной

Ответ: b.

Задание 35 Средний уровень сложности (4 балла)

Какие ТРИ характеристики можно получить после испытаний на растяжение при комнатной температуре?

- a) предел выносливости
- b) предел прочности
- c) предел текучести
- d) предел ползучести
- e) предел упругости
- f) предел длительной прочности

Ответ: b, c, e