

Учебно-тренировочные сборы

Тренировочная олимпиада

Теоретический тур

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

16 ноября 2022 г.

Содержание

| | |
|---|---|
| Общие указания | 3 |
| Физические константы, формулы и уравнения | 4 |
| Периодическая таблица | 6 |

Задачи

| | |
|---|----|
| 1. Химия водных растворов алюминия (10 баллов) | 7 |
| 2. Радионуклидное датирование (10 баллов) | 9 |
| 3. Кристаллохимия трех соединений (10 баллов) | 12 |
| 4. Свинцовые истории (10 баллов) | 16 |
| 5. Синтез противоракового препарата (10 баллов) | 19 |
| 6. Метаболизм: альтернатива гликолизу (10 баллов) | 22 |
| 7. Общие представления о полимерах (10 баллов) | 25 |
| 8. Наночастицы олова (10 баллов) | 28 |
| 9. Новый материал для фотокатализа (10 баллов) | 31 |

Общие указания

- Данный комплект заданий теоретического тура содержит 9 задач.
- Максимально возможная сумма баллов – 90.
- Олимпиада проводится дистанционно.
- На выполнение заданий вам отводится **5 часов**.
- В течение всего времени выполнения работы Ваша камера должна быть включена.
- Начинайте работу после команды «Старт». Задание появится на сервере в Вашем личном кабинете ровно в 10:00 мск. При желании Вы можете распечатать задание, оставаясь в поле зрения проктора, но на это Вы потратите время, отведенное на выполнение заданий.
- Везде, где это требуется, подкрепляйте Ваши ответы расчетами.
- На рабочем месте могут присутствовать только листы, на которых Вы выполняете задание, ручки, линейка, калькулятор, вода, шоколадка. Запрещены любые электронные устройства, кроме тех, что обеспечивают связь с проктором.
- Вы должны немедленно прекратить работать после того, как прозвучит команда «Стоп». Если Вы не прекратите писать в течение 1 минуты, Ваш результат за все олимпиаду будет аннулирован.
- После того, как прозвучит команда «Стоп», начните фотографировать или сканировать все страницы чистовика. Черновик не сканируется и не проверяется. После этого соберите все фотографии или скан-копии в единый файл с наименованием, содержащим Вашу фамилию и инициалы, и загрузите файл на сервер. Не покидайте конференцию, пока Вам не скажут, что файл успешно загружен и читаем.
- Все задания даны с листами ответов. Вы можете использовать листы ответов (нам будет удобнее проверять) или писать свои ответы на отдельных листах, что допустимо.
- Формулы и константы, необходимые для решения задач, приведены на последующих страницах.
- Вы можете использовать только те справочные материалы, которые находятся в комплекте заданий. Другие материалы не допускаются.

Желаем Вам успеха и удовольствия от решения задач!

Физические константы, формулы и уравнения

| | |
|--|---|
| Постоянная Авогадро | $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8.314 \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$ |
| Скорость света | $c = 2.998 \times 10^8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ |
| Постоянная Планка | $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$ |
| Константа Больцмана | $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}$ |
| Постоянная Фарадея | $F = 9.6485 \times 10^4 \text{ Кл}\cdot\text{моль}^{-1}$ |
| Стандартное давление | $p^\circ = 1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ |
| Ноль по шкале Цельсия | 273.15 К |
| Масса электрона | $m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ кг}$ |
| Заряд электрона | $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Электрическая постоянная (диэлектрическая проницаемость вакуума) | $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ |
| Атомная единица массы | 1 а.е.м. = $1.6605 \times 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Ангстрем | 1 Å = 10^{-10} м |
| Электронвольт | 1 эВ = $1.602 \times 10^{-19} \text{ Дж}$ |
| Дальтон | 1 Да = 1 г/моль |
| Обратный сантиметр | $1 \text{ см}^{-1} = 12.0 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}$ |
| | |
| Первый закон термодинамики | $\Delta U = q + W$ |
| Энтальпия | $H = U + pV$ |
| Изменение внутренней энергии при нагревании | $\Delta U = nC_{V,m} \Delta T$ |
| Изменение энтальпии при нагревании | $\Delta H = nC_{p,m} \Delta T$ |
| Энергия Гиббса | $G = H - TS$ $\Delta G^\circ = -RT \ln K = -nFE_{\text{ячейки}}^\circ$ |
| Изменение энтропии | $\Delta S = \frac{Q_{\text{обр}}}{T}$ |
| Уравнение Нернста: | $E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}$ |
| Закон Ламберта-Бера | $A = \lg \frac{I_0}{I} = \epsilon l c$ |

Уравнение радиоактивного распада $N(t) = N_0 e^{-kt} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$

Зависимость температуры плавления T наночастицы от радиуса частиц r $T = T_\infty \left(1 - \frac{2\sigma V_m}{r\Delta_{пл}H}\right)$

Сопротивление R линейного проводника (l – длина, S – площадь сечения, ρ – удельное сопротивление) $R = \frac{l}{S}\rho$

Уравнение Лапласа для шара $p_{in} = p_{out} + \frac{2\sigma}{r}$

Уравнение Лапласа для цилиндра $p_{in} = p_{out} + \frac{\sigma}{r}$

Периодическая таблица

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | |
| 1 H 1.008 | 2 | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> атомный номер СИМВОЛ атомная масса </div> | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 2 He 4.003 |
| 3 Li 6.94 | 4 Be 9.01 | | | | | | | | | | | 5 B 10.81 | 6 C 12.01 | 7 N 14.01 | 8 O 16.00 | 9 F 19.00 | 10 Ne 20.18 | |
| 11 Na 22.99 | 12 Mg 24.31 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 Al 26.98 | 14 Si 28.09 | 15 P 30.97 | 16 S 32.06 | 17 Cl 35.45 | 18 Ar 39.95 | |
| 19 K 39.10 | 20 Ca 40.08 | 21 Sc 44.96 | 22 Ti 47.87 | 23 V 50.94 | 24 Cr 52.00 | 25 Mn 54.94 | 26 Fe 55.85 | 27 Co 58.93 | 28 Ni 58.69 | 29 Cu 63.55 | 30 Zn 65.38 | 31 Ga 69.72 | 32 Ge 72.63 | 33 As 74.92 | 34 Se 78.97 | 35 Br 79.90 | 36 Kr 83.80 | |
| 37 Rb 85.47 | 38 Sr 87.62 | 39 Y 88.91 | 40 Zr 91.22 | 41 Nb 92.91 | 42 Mo 95.95 | 43 Tc - | 44 Ru 101.1 | 45 Rh 102.9 | 46 Pd 106.4 | 47 Ag 107.9 | 48 Cd 112.4 | 49 In 114.8 | 50 Sn 118.7 | 51 Sb 121.8 | 52 Te 127.6 | 53 I 126.9 | 54 Xe 131.3 | |
| 55 Cs 132.9 | 56 Ba 137.3 | 57-71 | 72 Hf 178.5 | 73 Ta 180.9 | 74 W 183.8 | 75 Re 186.2 | 76 Os 190.2 | 77 Ir 192.2 | 78 Pt 195.1 | 79 Au 197.0 | 80 Hg 200.6 | 81 Tl 204.4 | 82 Pb 207.2 | 83 Bi 209.0 | 84 Po - | 85 At - | 86 Rn - | |
| 87 Fr - | 88 Ra - | 89-103 | 104 Rf - | 105 Db - | 106 Sg - | 107 Bh - | 108 Hs - | 109 Mt - | 110 Ds - | 111 Rg - | 112 Cn - | 113 Nh - | 114 Fl - | 115 Mc - | 116 Lv - | 117 Ts - | 118 Og - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 57 La 138.9 | 58 Ce 140.1 | 59 Pr 140.9 | 60 Nd 144.2 | 61 Pm - | 62 Sm 150.4 | 63 Eu 152.0 | 64 Gd 157.3 | 65 Tb 158.9 | 66 Dy 162.5 | 67 Ho 164.9 | 68 Er 167.3 | 69 Tm 168.9 | 70 Yb 173.0 | 71 Lu 175.0 |
| 89 Ac - | 90 Th 232.0 | 91 Pa 231.0 | 92 U 238.0 | 93 Np - | 94 Pu - | 95 Am - | 96 Cm - | 97 Bk - | 98 Cf - | 99 Es - | 100 Fm - | 101 Md - | 102 No - | 103 Lr - |

Задача 1. Химия водных растворов алюминия (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2а | 2б | 2в | 3 | 4а | 4б | Всего |
|--------|---|----|----|----|---|----|----|-------|
| Очки | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 20 |

1. Предложите метод получения кристаллического осадка гидроксида алюминия, исходя из гранулированного металла. Запишите уравнения реакций.

Бесцветный газ X, образующийся при взаимодействии двух окрашенных газов (реакция 1), вызывает помутнение известковой воды (реакция 2) и вступает в реакцию как с железом (реакция 3), так и с железной окалиной (реакция 4). Массовая доля одного из элементов в X примерно равна 38%.

2а. Определите X. Подтвердите расчетом.

X –

2б. Запишите уравнения реакций (1-4).

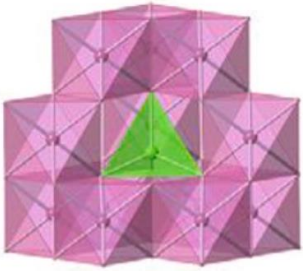
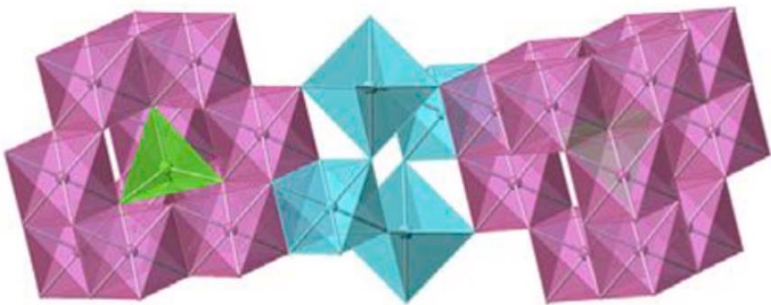

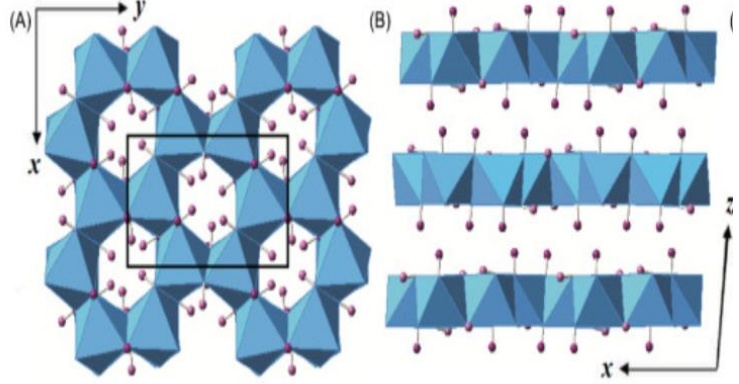
2в. Запишите уравнение реакции избытка X с водным раствором тетрагидроксиалюмината натрия.

3. Тестовый вопрос

| | |
|--|---|
| Зачеркните формулы веществ, которые НЕ существуют в газовой фазе или в твердом виде в форме молекул указанного состава | NCl_5 , PCl_5 , AsCl_5 , SbCl_5 , BiCl_5 |
|--|---|

На рисунках А – D приведены полиэдрические изображения структур ионов или соединений, присутствующих (или выделяющихся) из водных растворов перхлората алюминия при различных значениях pH < 7.

4а. Запишите их возможные составы в виде химических формул.

| | |
|---|--|
|  |  |
| A | B |
|  |  |
| C | D |

4б. Расположите буквенные обозначения этих частиц или соединений в порядке увеличения pH, при котором они преобладают в растворе или выделяются из него.

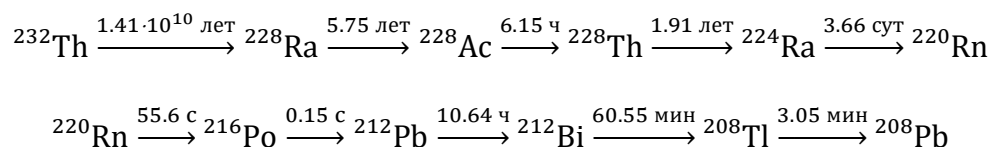
| |
|--|
| |
|--|

Задача 2. Радионуклидное датирование (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Всего: |
|--------|---|---|---|---|---|---|-----------|
| Очки | 2 | 6 | 3 | 2 | 1 | 6 | 20 |

Изучение содержания тех или иных изотопов в различных образцах позволяет установить их возраст. Например, возраст монацитового песка можно установить по соотношению количества ^{232}Th / ^{208}Pb .

Ниже приведена цепочка радиоактивных распадов ^{232}Th .



1. Запишите суммарное уравнение распада ^{232}Th до ^{208}Pb . Считая, что возраст образца составляет более тысячи лет, каков будет период полупревращения для этой реакции?

Реакция

Период полупревращения

2. Образец содержит 11.64% диоксида тория и 0.92% оксида свинца PbO по массе. Считая, что исходно образец не содержал свинца, оцените возраст песка.

Ответ: _____

Другие нуклиды, представляющие интерес – так называемые космогенные нуклиды: ^3H , ^{10}Be , ^{14}C и ^{36}Cl . Они образуются при взаимодействии космического излучения с атмосферой.

3. Запишите уравнения образования ^3H , ^{10}Be и ^{14}C из атмосферного азота под действием космического излучения.

Реакция образования ^3H

Реакция образования ^{10}Be

Реакция образования ^{14}C

Космогенные нуклиды образуются в атмосфере, а затем в виде осадков попадают на поверхность Земли. Содержание этих радионуклидов постоянно обновляется, пока образец контактирует с атмосферой. Однако, если в результате каких-то геологических процессов образец оказывается под землёй, поступление радионуклидов из атмосферы прекращается. При этом радиоактивный распад продолжается, в результате чего содержание нуклида с течением времени понижается. Таким образом, можно измерять возраст различных слоёв Земли.

Прямое измерение содержания того или иного нуклида даёт зачастую ошибочную оценку возраста образца, поскольку из-за различных климатических факторов поступление нуклида в почву может быть неравномерным. Поэтому надёжнее измерять отношения количеств двух изотопов, например, $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$.

4. Назовите два фактора, которые могут повлиять на скорость поступления космогенных нуклидов в почву.

1.

2.

Исследование содержания космогенных нуклидов внутри ледников представляет большой интерес при изучении геологической истории крайних широт – например, Гренландии или Арктики.

5. Почему для этих же целей нельзя использовать подход из пунктов 1-2?

В одной из работ было обнаружено, что в ледниках Гренландии на глубине примерно 3 км, где также обнаружены некоторые растительные остатки, соотношение изотопов $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ составляет 0.020.

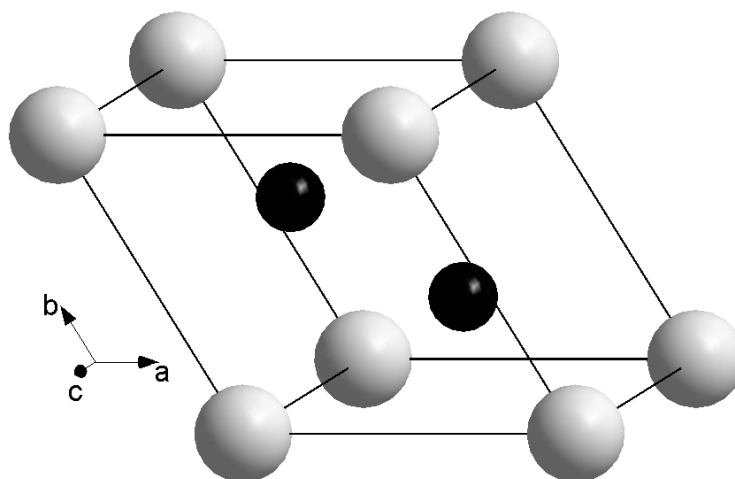
6. Оцените возраст этого пласта ледника, если известно, что в северной части Земли соотношение скоростей генерации $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ в атмосфере составляет примерно 0.065. Периоды полураспада ^{36}Cl и ^{10}Be составляют $3.013 \cdot 10^5$ и $1.390 \cdot 10^6$ лет соответственно.

Ответ: _____

Задача 3. Кристаллохимия трех соединений (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Всего: |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--------|
| Очки | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 20 |

Вещества **A** и **B** могут быть получены из смеси простых веществ **X** и **Y** при нагревании. На рисунке приведена элементарная ячейка вещества **A**:



1. Определите соотношение элементов в **A**.

Параметры элементарной ячейки $a = b = 3.085 \text{ \AA}$, $c = 3.520 \text{ \AA}$, $\gamma = 120^\circ$, $\rho = 2.63 \text{ г/см}^3$. Одна из кристаллических модификаций металла **X** имеет плотность 2.17 г/см^3 , а металлический радиус металла составляет 1.45 \AA

2. Определите элементы **X** и **Y**, ответ подтвердите расчетом.

X –
Y –

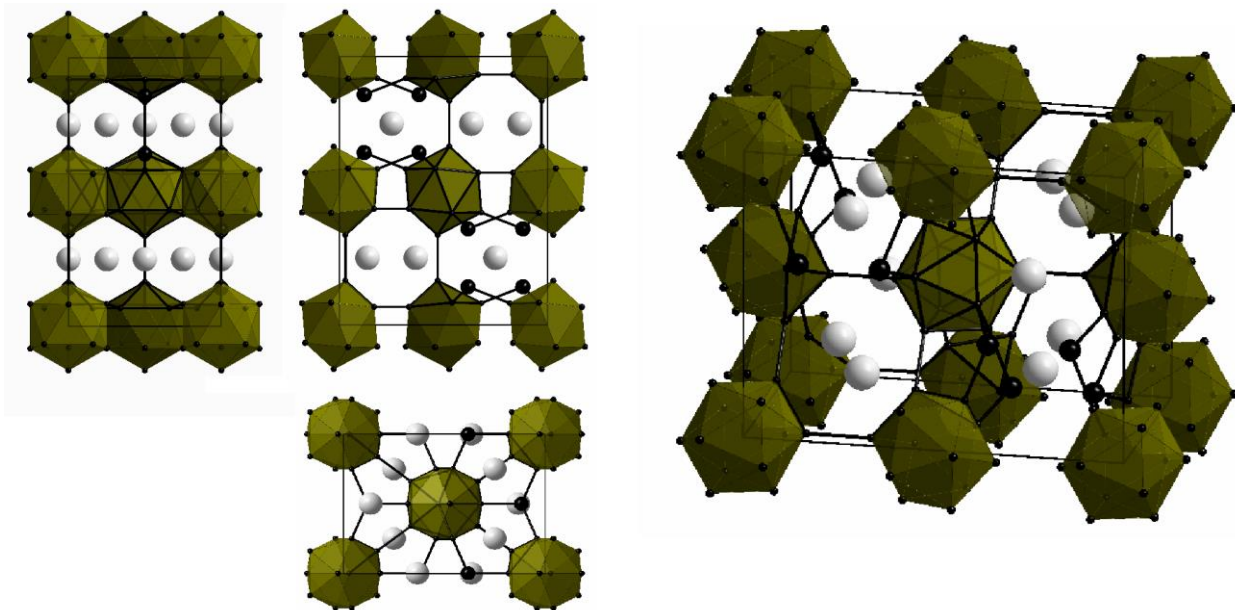
3. Вычислите длину связи $Y-Y$, если известно, что все связи $Y-Y$ одинаковые.

4. Как соотносятся ковалентный радиус атома Y и вычисленное Вами расстояние?

5. Определите тип кубической ячейки X в указанной модификации (примитивная, ОЦК, ГЦК), ответ подтвердите расчетом.

Тип ячейки _____

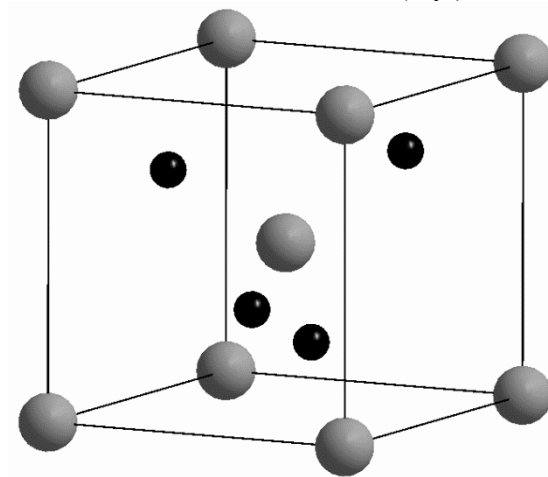
На рисунке ниже приведены три вида на элементарную ячейку **В**, и общий вид. Для удобства восприятия атомы **Y** в вершинах икосаэдров изображаются шариками меньшего размера:



6. Определите состав соединения **В**.

7. Запишите уравнение реакции растворения **В** в смеси азотной и плавиковой кислот.

В структуре соединения **С** показаны только атомы **X** и **Y**. Параметры тетрагональной элементарной ячейки $a = b = 5.436 \text{ \AA}$, $c = 6.147 \text{ \AA}$. При взаимодействии 33.4 мг этого вещества с избытком соляной кислоты выделяется 110.8 мл газа (н.у.).



8. Определите состав соединения **C**. Ответ подтвердите расчетом.

9. Запишите уравнение реакции **C** с водным раствором кислоты.

Вещества **A** и **B** испытывают в пиротехнических смесях.

10. Какой элемент пытаются заменить в пиротехнических смесях?

11. Запишите реакцию **A** с нитратом калия.

Задача 4. Свинцовые истории (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Всего: |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|
| Очки | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 20 |

Большинство солей свинца представляют собой малорастворимые соединения. Например, образование мелких кристаллов PbI_2 лежит в основе красивого химического опыта «золотой дождь». Произведение растворимости PbI_2 составляет $7.5 \cdot 10^{-9}$.

1. Рассчитайте растворимость $s(PbI_2)$ (мг/л) в чистой воде без учёта гидролиза.

Ответ: $s(PbI_2) =$ _____ мг/л

Для проведения эксперимента смешивали растворы $Pb(NO_3)_2$ и KI одинаковой концентрации c . «Золотой дождь» получается только в том случае, когда объём раствора KI как минимум равен объёму раствора $Pb(NO_3)_2$.

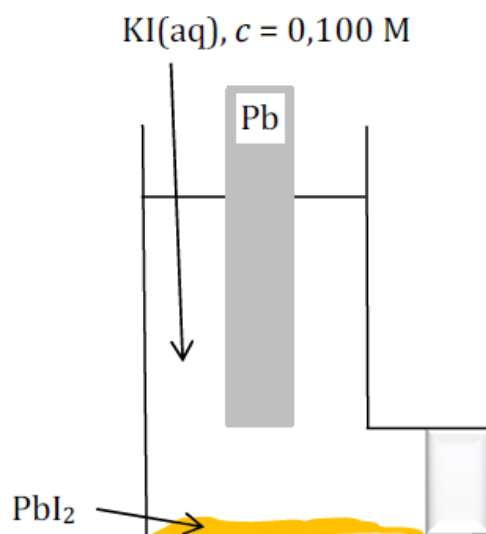
2. Рассчитайте концентрацию c (ммоль/л).

Ответ: $c =$ _____ ммоль/л

3. При каком максимальном отношении объёма раствора KI к объёму раствора $Pb(NO_3)_2$ опыт все еще будет получаться?

Ответ: $(V(KI)/V(Pb(NO_3)_2))_{max} =$ _____

На рисунке приведена электрохимическая полуячейка, состоящая из свинцового электрода, погруженного в 0.100 М раствор KI с осадком PbI_2 на дне. Стандартный электродный потенциал $E^\circ(Pb^{2+}/Pb) = -0.125$ В.



4. Рассчитайте потенциал полуячейки E (В) при н.у.

Ответ: $E =$ _____ В

Ионы Pb^{2+} образуют с гидроксид-ионами малорастворимый гидроксид $Pb(OH)_2$, а также комплекс $[Pb(OH)_3]^-$. Произведение растворимости $Pb(OH)_2$ составляет $1.4 \cdot 10^{-15}$, а константа равновесия образования $[Pb(OH)_3]^-$ путём растворения осадка $Pb(OH)_2$ в OH^- равна 0.11.

5. Рассчитайте общую константу нестойкости $K_{нест}([Pb(OH)_3]^-)$.

Ответ: $K_{нест}([Pb(OH)_3]^-) =$ _____

6. Рассчитайте значение рН, при котором раствор с концентрацией комплекса $[\text{Pb}(\text{OH})_3]^-$ 0.110 ммоль/л находится в равновесии с осадком $\text{Pb}(\text{OH})_2$.

Ответ: рН _____

Для извлечения ионов Pb^{2+} из некоторого водного раствора объёмом V сначала весь свинец перевели в комплекс PbX . Затем провели n -кратную экстракцию органическим растворителем суммарным объёмом также V , т.е. n порциями по V/n растворителя. Выбор n проводили таким образом, чтобы степень извлечения R составила не менее 95.0%, а число проведённых экстракций было минимальным. Константа распределения D комплекса PbX составила 5.0.

7. Сколько раз n провели экстракцию?

Ответ: $n =$ _____

Концентрацию свинца в конечной водной фазе определяли с помощью спектрофотометрии, оптическая плотность раствора составила 0.556. Оптические плотности стандартных водных растворов комплекса PbX с концентрациями 1.00 и 5.00 мкмоль/л равны 0.150 и 0.710. При всех спектрофотометрических измерениях была использована кювета с длиной оптического пути 2.0 см.

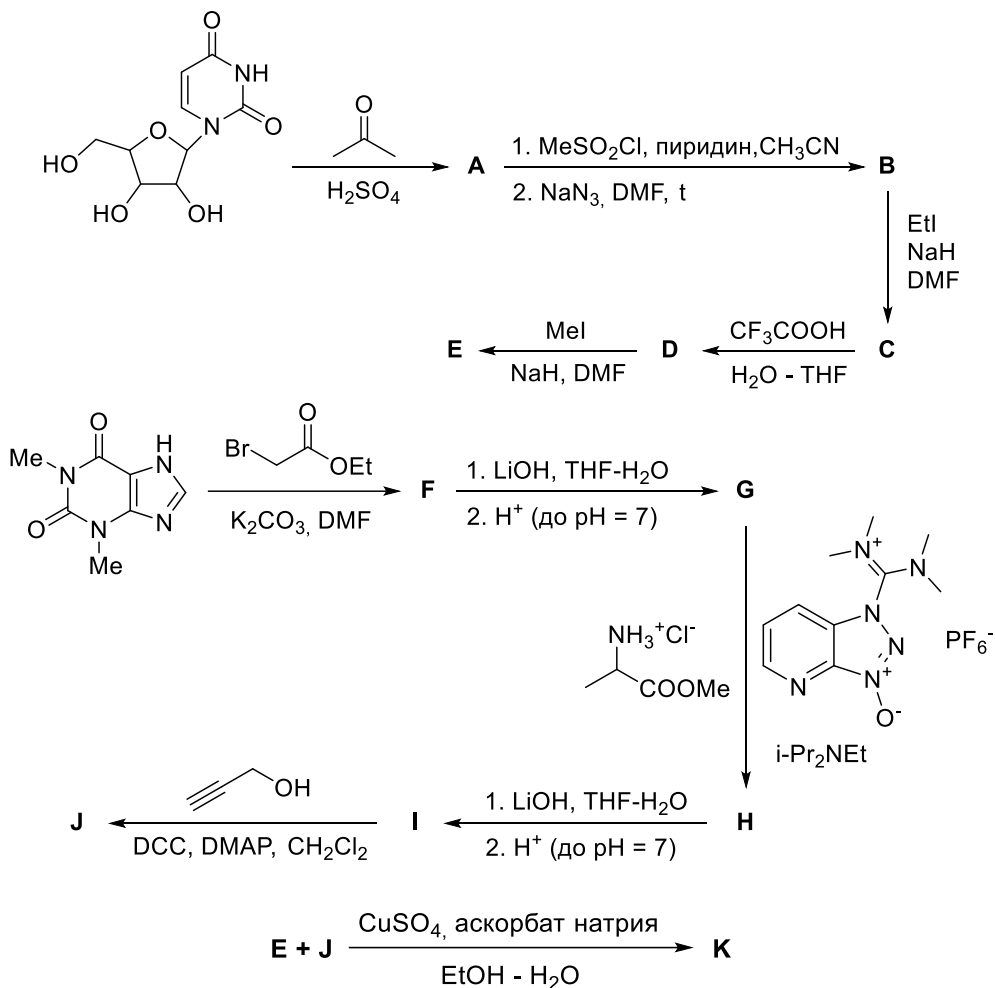
8. Рассчитайте концентрацию Pb^{2+} (ммоль/л) в исходном водном растворе (до проведения экстракций).

Ответ: $c(\text{Pb}^{2+}) =$ _____ ммоль/л

Задача 5. Синтез противоракового препарата (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2 | 3 | Всего: |
|--------|----|---|---|--------|
| Очки | 10 | 2 | 2 | 14 |

Ниже приведен синтез потенциального противоракового препарата **К**, осуществленный группой индийских ученых в 2016 году.



DMF = N,N-диметилформамид

DCC = N,N'-дициклогексилкарбодимид

DMAP = 4-диметиламинопиридин

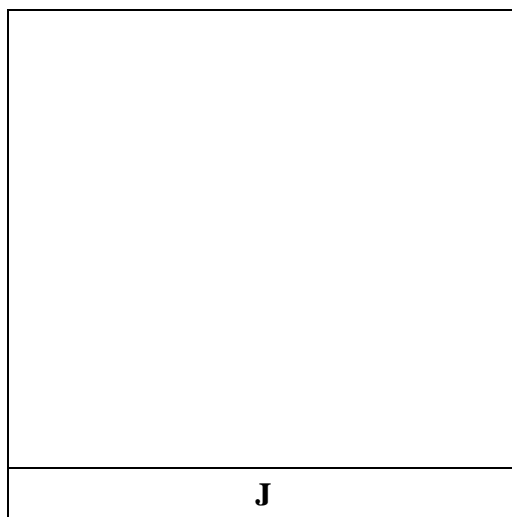
1. Приведите структурные формулы промежуточных продуктов **A-J**.

2. Приведите структурную формулу целевого продукта **К**.

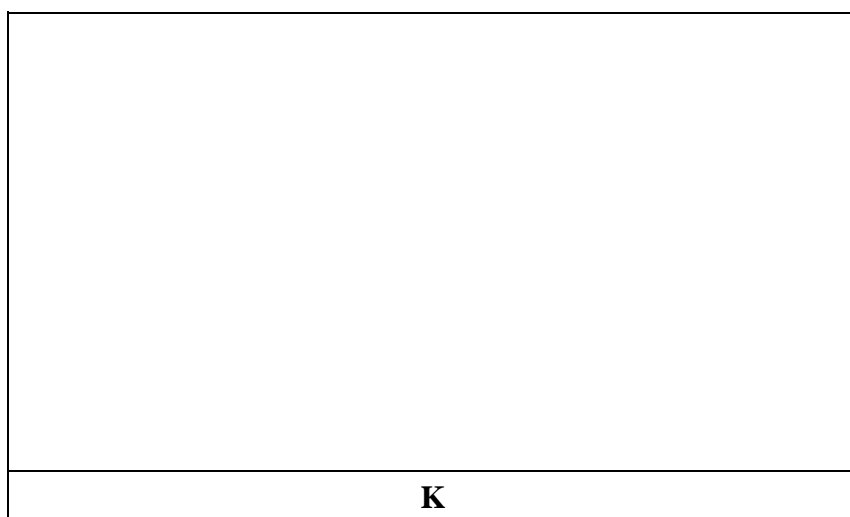
3. Если на последней стадии синтеза в качестве катализатора использовать $\text{Cr}^*\text{RuCl}(\text{PPh}_3)_2$ ($\text{Cr}^* = 1,2,3,4,5$ -пентаметилциклопентадиенил), то образуется вещество **L**. Приведите структурную формулу вещества **L**.

1. Структурные формулы промежуточных веществ **A-J**:

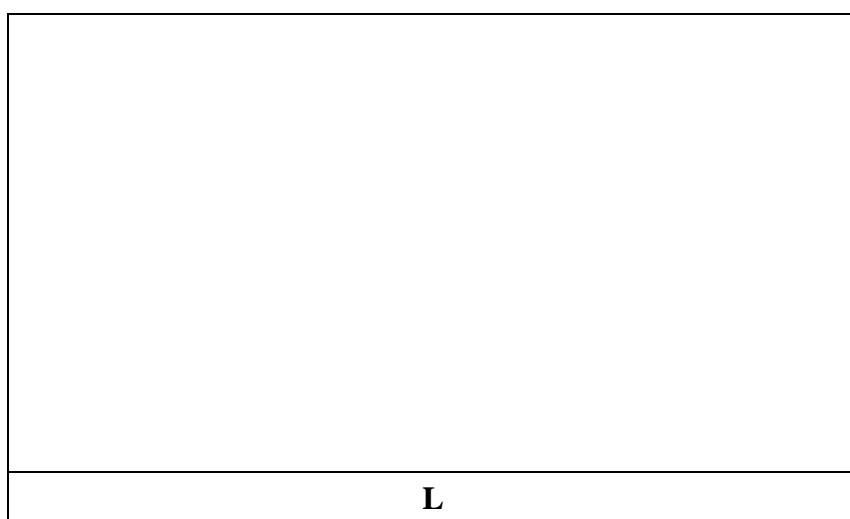
| | | |
|----------|----------|----------|
| | | |
| A | B | C |
| | | |
| D | E | F |
| | | |
| G | H | I |



2. Структура целевого продукта **K**:



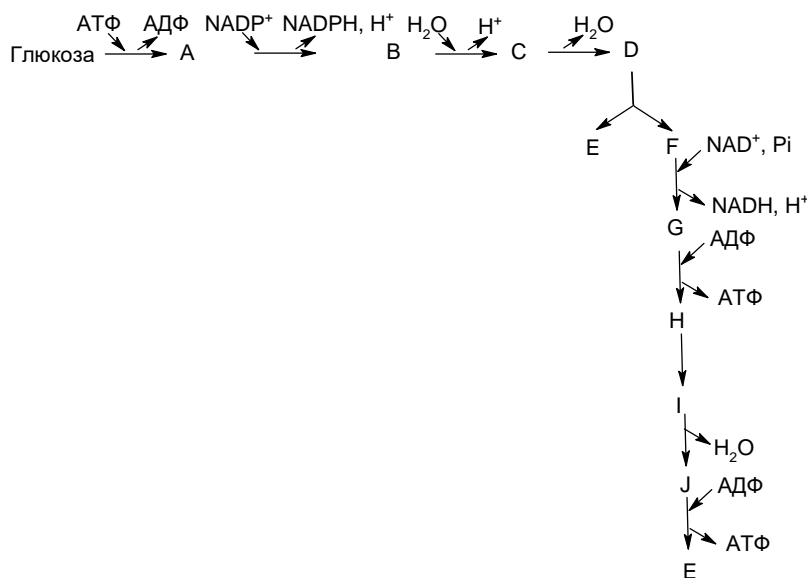
3. Структура вещества **L**:



Задача 6. Метаболизм: альтернатива гликолизу (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Всего |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| Очки | 1 | 1 | 9 | 6 | 1 | 1 | 1 | 20 |

Наряду с гликолизом, у некоторых организмов существуют альтернативные пути вовлечения углеводов и их производных в метаболизм. Один из таких путей представлен на схеме:



1. Изобразите линейную форму D-глюкозы в проекции Фишера и наиболее устойчивую циклическую форму этого углевода в проекции Хеурса.

| Проекция Фишера | Проекция Хеурса |
|-----------------|-----------------|
| | |

E состоит из атомов трех элементов и содержит 40.90 масс.% углерода и 54.52 масс.% кислорода, причем атомов этих элементов в **E** поровну. Значение pK_a ионогенной группы в **E** составляет 2.50.

2. Изобразите структуру **E**.

| Расчет | Формула E |
|--------|------------------|
| | |

3. Изобразите структуры **A–D** и **F–J**. Учтите, что:

- все реакции на схеме – ферментативные;
- обратимость ряда стадий на схеме опущена;
- все превращения на схеме – уравнения реакций;
- превращение **B** в **C** катализируется лактоназой, а превращение **H** в **I** – мутазой.

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| A | B | C | D | |
| | | | | |
| F | G | H | I | J |
| | | | | |

4. Укажите, к какому классу относятся ферменты, катализирующие превращения (поставьте галочку(и) в соответствующей(их) клетке(ах)):

| Превращение | киназа | оксидоредуктаза | дегидрогеназа | гидролаза | лиаза |
|--------------------------------|--------|-----------------|---------------|-----------|-------|
| Глюкоза в A | | | | | |
| A в B | | | | | |
| B в C | | | | | |
| C в D | | | | | |
| D в E и F | | | | | |

5. Вместо гликолиза данный путь наиболее активно используют (выберите **одно** правильное утверждение из приведенных ниже):

- анаэробы, поскольку он позволяет получить больше эквивалентов восстановленных форм дегидрогеназных коферментов на один эквивалент глюкозы;
- анаэробы, поскольку он позволяет получить больше эквивалентов АТФ на один эквивалент глюкозы;
- аэробы, поскольку он позволяет получить больше эквивалентов АТФ на один эквивалент глюкозы;
- аэробы, поскольку он позволяет получить в меньшее количество стадий продукт, далее подвергающийся полному окислению;
- анаэробы, поскольку он позволяет получить в меньшее количество стадий продукт, далее подвергающийся полному окислению.

6. Изобразите формулу канонической аминокислоты, образующейся в результате трансаминирования Е.



7. Данная каноническая аминокислота используется для транспортировки в организме токсичного вещества, что связано с необходимостью его выведения из организма. Укажите это вещество:

- | | | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> супероксид-радикал | <input type="checkbox"/> перекись водорода | <input type="checkbox"/> оксид углерода(II) |
| <input type="checkbox"/> аммиак | <input type="checkbox"/> мочевая кислота | <input type="checkbox"/> мочеви́на |

Задача 7. Общие представления о полимерах (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2 | 3а | 3б | 3в | Всего |
|---------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Очки | 5 | 4 | 5 | 1 | 4 | 19 |

1. Какой (какие) из перечисленных ниже процессов может протекать без разрыва ковалентных связей в основной цепи полимера? В поле для ответа приведите пример (уравнение реакции или словесное описание) или объясните, почему это невозможно.

Снижение степени полимеризации полимера

Превращение гомополимера в чередующийся сополимер

Увеличение полидисперсности полимера

Превращение природного полимера в синтетический

Увеличение молекулярной массы полимера

2. Полиэтилен подвержен радикальному хлорированию до степени превращения 10%. Укажите количество различных мономерных и повторяющихся звеньев в структуре полученного полимера. При необходимости подтвердите свой ответ, изобразив соответствующие структуры. Оптическую изомерию не учитывайте.

Ответ: мономерных звеньев _____, повторяющихся звеньев _____

3. При гидролизе поли(*трет*-бутилакрилата) конверсия сложноэфирных групп в карбоксильные составила 80% от максимально возможной. Исходный образец полимера состоял из макромолекул со степенью полимеризации 100 и 300, причем массовая доля более коротких макромолекул составляла 50%.

а) Рассчитайте среднечисловую и средневесовую молекулярные массы полимера до и после гидролиза.

б) Изменился ли в результате проведенной полимераналогичной реакции параметр полидисперсности M_w/M_n ? Ответ аргументируйте.

в) Рассчитайте количество щелочи (моль), необходимой для титрования 100 г полученного полимера (считайте, что при титровании гидролиз оставшихся сложноэфирных групп не происходит).

а)

Ответ: до гидролиза: M_n _____, M_w _____

после гидролиза: M_n _____, M_w _____

б)

Ответ: _____

в)

Ответ: $n(\text{NaOH})$ _____ МОЛЬ

Задача 8. Наночастицы олова (10 баллов)

| Вопрос | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Сумма |
|--------|---|---|---|---|---|-----------|
| Очки | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 16 |

В эксперименте исследовали зависимость температуры плавления частиц белого олова от их радиуса r , и были получены следующие данные:

| | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| r , нм | 5.0 | 6.0 | 8.0 | 10.0 | 20.0 | 40.0 |
| $T_{\text{пл}}$, К | 432.4 | 448.2 | 461.8 | 472.5 | 486.8 | 497.2 |

1. Определите температуру плавления макрофазы олова (T_{∞}).

В расчете вы должны использовать все точки. Расчет по двум точкам будет оценен меньшим баллом!

$$T_{\infty} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Определите поверхностное натяжение на межфазной границе жидкое олово-твердое олово. Энтальпия плавления олова 7.0 кДж/моль, плотность твердого олова 7.28 г/см³.

$$\sigma = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. В другом эксперименте образец олова был получен в виде нанопроволоки неизвестного диаметра. Однако, известно, что сопротивление отрезка проволоки длиной 10 см равно 0.747 Ом. Определите температуру плавления проволоки, если удельное сопротивление олова равно $0.115 \text{ мкОм}\cdot\text{мм}^2\cdot\text{м}^{-1}$. Примите, что проволока имеет цилиндрическую форму, а наноразмерные эффекты в проводимости не проявляются.

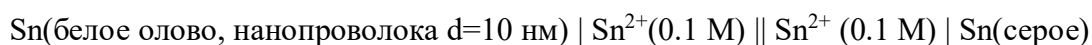
$T = \underline{\hspace{2cm}}$

4. Нанопроволоку олова диаметром 10 нм погрузили в чистую воду при температуре 25 °С. Определите, будет ли она растворяться, если потенциал пары $E^{\circ}(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0.136 \text{ В}$ для макрофазы олова. Подтвердите расчетом. Поверхностное натяжение на межфазной границе Sn-H₂O примите равным 0.300 Дж/м^2 .

будет

не будет

5. Была собрана следующая электрохимическая ячейка при температуре 20 °С:



Определите ЭДС ячейки и направление протекания реакции, если для фазового перехода олова известны следующие данные:

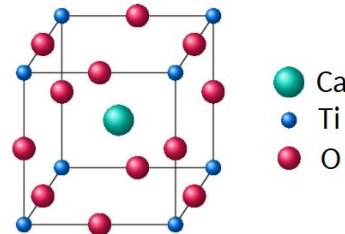
$\Delta_{\text{фп}}H^{\circ}(\text{белое}\rightarrow\text{серое}) = -2.01 \text{ кДж/моль}$; $T_{\text{фп}} = 286.4 \text{ К}$.

$$E = \underline{\hspace{2cm}}$$

Задача 9. Новый материал для фотокатализа (10 баллов)

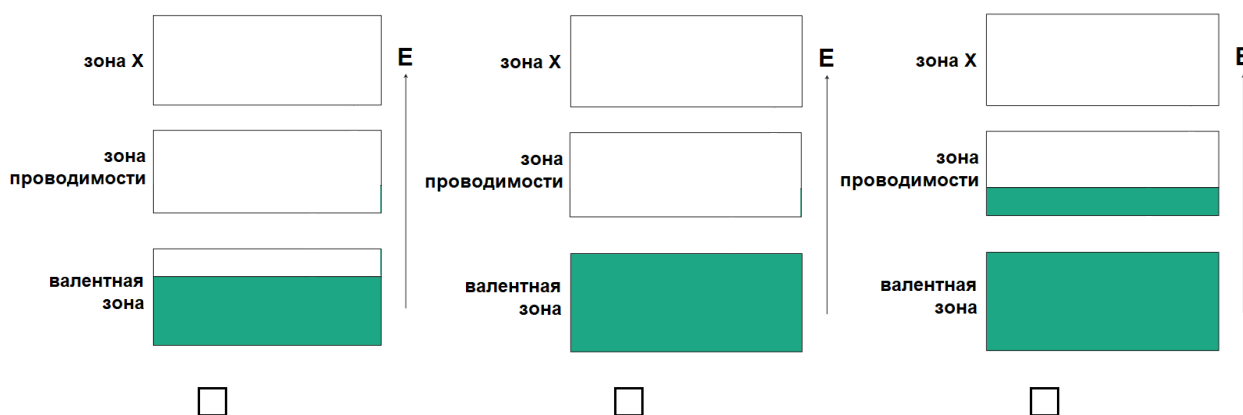
| Вопрос | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Сумма |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| Очки | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 18 |

Одним из перспективных материалов для фотокаталитических устройств является ниобат стронция состава Sr_xNbO_3 . Это вещество имеет перовскитоподобную кристаллическую структуру, в которой ниобий и кислород образуют кубический каркас, в полостях которого размещаются атомы стронция. В отличие от перовскита $CaTiO_3$ (см. рис.), в упомянутом ниобате не все полости могут быть одновременно заняты щелочноземельным металлом, и его состав может непрерывно варьироваться от $x = 0.5$ до $x = 0.9$. Свойства этого материала сильно зависят от количества стронция: в то время как ниобат состава $Sr_{0.5}NbO_3$ бесцветен и имеет низкую электропроводность, ниобат $Sr_{0.8}NbO_3$ проводит электрический ток лучше некоторых металлов и окрашен в пурпурный цвет.



1. Запишите формулу ниобата $Sr_{0.8}NbO_3$ с указанием зарядов ионов так, чтобы она отражала причину его высокой электропроводности.

2. Какая из нижеприведенных схем отражает зонное строение ниобата $Sr_{0.8}NbO_3$ (зеленым цветом показаны энергетические уровни, заполненные электронами)? Поставьте галочку в подходящей ячейке.



3. Ближайшее расстояние Nb-O в ниобате $\text{Sr}_{0.8}\text{NbO}_3$ равно 2.01 \AA . Рассчитайте плотность кристалла в г/см^3 и концентрацию мобильных носителей электрического заряда в нем в см^{-3} .

$\rho =$ _____ г/см^3

$c_n =$ _____ см^{-3}

Энергия уровня Ферми в ниобате $\text{Sr}_{0.8}\text{NbO}_3$ равна -4.2 эВ относительно вакуума. Это соединение поглощает свет в коротковолновой части видимого спектра с максимумом поглощения при 580 нм .

4. Может ли ниобат $\text{Sr}_{0.8}\text{NbO}_3$ восстанавливать воду до водорода при $\text{pH} = 7$ в отсутствие освещения? Положение потенциала стандартного водородного электрода относительно вакуума равно -4.4 В . Поставьте галочку в подходящей ячейке.

Да

Нет

5. Может ли ниобат $\text{Sr}_{0.8}\text{NbO}_3$ при освещении ($\lambda = 580 \text{ нм}$) восстанавливать воду до водорода при $\text{pH} = 7$? Поставьте галочку в подходящей ячейке.

Да

Нет

6. Может ли ниобат $\text{Sr}_{0.8}\text{NbO}_3$ при освещении ($\lambda = 580 \text{ нм}$) окислять воду до кислорода при $\text{pH} = 7$? Соответствующий стандартный потенциал равен $E^\circ(\text{O}_2, \text{H}^+/\text{H}_2\text{O}) = 1.23 \text{ В}$. Поставьте галочку в подходящей ячейке.

Да

Нет

7. На основе $\text{Sr}_{0.8}\text{NbO}_3$ собрали устройство для фотокаталитического разложения воды на водород и кислород следующего строения:

(-) $\text{Sr}_{0.8}\text{NbO}_3$ | водный раствор соли ($\text{pH} = 7$) | Pt (+)

в котором ниобат стронция служит катодом, а платиновый электрод — анодом. Электролитом в таком устройстве служит водный раствор соли, не вступающей в окислительно-восстановительные превращения и не влияющей на pH . Разложение воды в таком устройстве вели в течение 2.5 часов при разности потенциалов 0.45 В и мощности освещения 10 Вт ($\lambda = 580 \text{ нм}$), получив при этом 240 мл водорода (объем измерен при 25°C и 1 атм). Рассчитайте КПД устройства.

КПД = _____ %