



**Комплект задач**  
**VIII онлайн олимпиады Pagodane**  
**I тур**  
**10 класс**  
**28 ноября 2020**

## Регламент олимпиады

На выполнение олимпиады Вам дается 4 часа. Начало олимпиады: 14:00 по времени Алматы, конец олимпиады - 18:00. По завершении, ваши решения необходимо отправить с помощью платформы Gradescope.com. (Инструкции по отправке см. ниже)

### Инструкция по выполнению и оформлению:

Выполнять задания Вы можете в любом порядке, при этом **необходимо**

- Оформлять каждую задачу на отдельном листе
- Вверху листа писать номер задачи, но при этом **запрещается** писать ваше имя, фамилию, инициалы или какие-либо другие личные идентификаторы
- Если решение задачи требует больше одного листа, то в конце страницы следует написать (Продолжение задачи номер \_\_\_ на следующей странице). При этом вверху следующей страницы необходимо пометить, что это является продолжением определенной задачи
- **Рекомендуется** придерживаться понятного и разборчивого почерка, избегать грязи и зачеркиваний

### Инструкции по отправке решений:

Необходимо завершить выполнение заданий не позднее 12:00 по времени Алматы. По окончании работы, вам необходимо сделать сканы ваших решений в один pdf-файл. Отметим, что в Google Play и AppStore есть куча приложений (PDF scanner, scanner app, scanbot и другие). PDF-файл необходимо загрузить на сайт Gradescope.com. Код курса: **937EGZ**.

### Памятка участнику:

- Из канцелярских принадлежностей **разрешаются**: карандаши, ручки, ластик, линейка.
- **Разрешается** пользоваться калькулятором (простым, инженерным, графическим), периодической таблицей (на пятой странице) и таблицей растворимости.
- Ответы **следует** округлять до четырех значащих цифр.

- **Строго запрещается** пользоваться помощью посторонних людей и дополнительной литературой, включая интернет-источники и учебные пособия.
- Попытки списывания и нарушения академической честности будут наказаны **баном** на Padodane сроком на год.

Результаты будут оглашены до 20 декабря 2020 года.

При наличии вопросов по проведению олимпиады следует также писать на почту [chemistry@bcedu.kz](mailto:chemistry@bcedu.kz) или в официальные аккаунты соц. сетей BEYOND CURRICULUM

### ***Организаторы, составители задач и жюри олимпиады:***

- Мельниченко Даниил, студент KAIST
- Черданцев Владислав, студент MIT
- Молдагулов Галымжан, студент KAIST
- Мураткызы Аруна, студентка CityU
- Тайшыбай Айдын, студент NU
- Нурпейсов Олжас, студент KAIST
- Копенов Нурлыхан, студент KAIST
- Турсын Нуржан, студент PTE
- Мужубаев Абильмансур, студент NU

**Желаем успехов!**

**Данный комплект состоит из 5 задач:**

<b>Задача 1. Смесь .....</b>	<b>6</b>
<b>Задача 2. Боремся с депрессией.....</b>	<b>7</b>
<b>Задача 3. Измеряем скорость с помощью света.....</b>	<b>8</b>
<b>Задача 4. Химическая солянка.....</b>	<b>10</b>
<b>Задача 5. Химия кислотного дождя .....</b>	<b>12</b>

<b>Номер задачи</b>	<b>Максимальный балл за задачу</b>	<b>Вес задачи</b>
1	6	14
2	22.5	24
3	6	19
4	11	24
5	12	19

**Что означает эта таблица?**

Исходя из этой таблицы, Вы можете видеть, что каждая задача имеет свой удельный вес. То есть, один балл одной задачи не эквивалентен одному баллу другой задачи. Внутри каждой задачи подсчитывается ваш балл, согласно разбалловке составителя, затем по пропорции находится ваш окончательный балл за задачу.

Удельный вес каждой задачи согласован каждым членом жюри.

# Периодическая таблица

1 H 1.008	2										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. Смесь

---

В банке находится 50 г смеси, состоящей из безводной соли и некоторого количества примесей. Всю смесь из банки растворили в избытке воды, а нерастворившийся осадок отфильтровали. Масса фильтрата составила 180 г. Затем к полученному фильтрату добавили 15 г той же безводной соли при нагревании, после чего охладили получившийся раствор до 20°C. В результате охлаждения из раствора выпало 26.87 г кристаллогидрата этой соли. Известно, что массовая доля соли в кристаллогидрате равна 54.67%, а растворимость соли при 20°C составляет 26.6 г на 100 г воды.

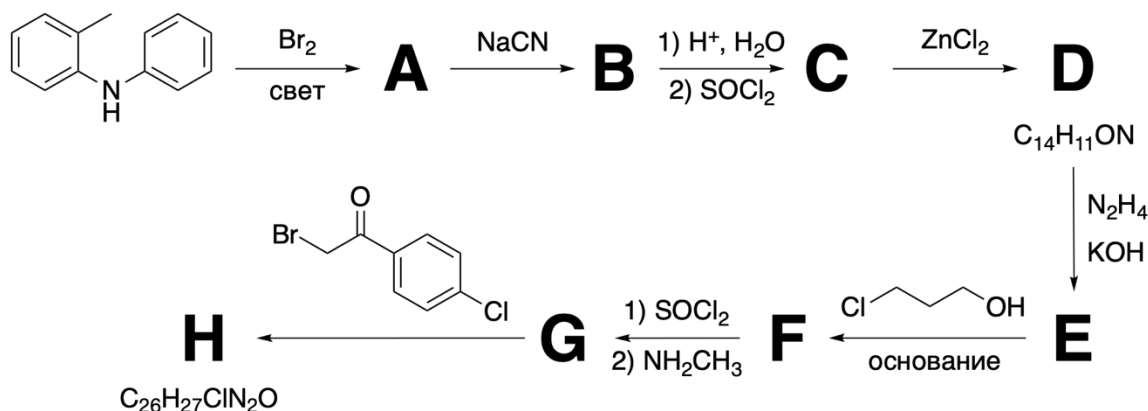
Определите массовые доли соли и примесей в исходной смеси из банки.

**[6 баллов]**

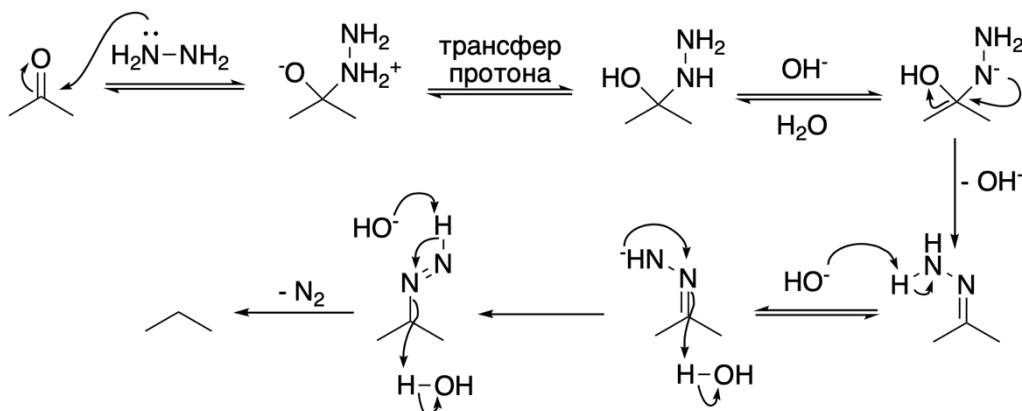


## Задача 2. Боремся с депрессией

Каждый из нас когда-нибудь грустил. Чаще всего это чувство переносится без существенных последствий, но иногда ситуация может оказаться намного серьезнее. В таких случаях квалифицированные специалисты могут прописать антидепрессанты. Вашему вниманию представлен синтез трициклического антидепрессанта.



Одной из интересных стадий этого синтеза является восстановление по Кижнеру-Вольфу. Механизм восстановления приведен ниже:



1. Расшифруйте структуры **A–H** из вышеприведенной схеме синтеза антидепрессанта, если брутто-формула вещества **F** –  $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}$ . Стереохимией пренебречь. (12 баллов)
2. Какова роль  $\text{ZnCl}_2$  в превращении **C** в **D**? (3 балла)
3. Предположите, за счет чего равновесие в реакции Кижнера-Вольфа сильно смещено в сторону продуктов. (3 балла)
4. Изобразите механизм первой стадии синтеза. Нарисуйте резонансные структуры интермедиата для этой реакции. (4.5 балла)

[22.5 балла]

### Задача 3. Измеряем скорость с помощью света

Во время осенних каникул Ксюше выпал шанс поучаствовать на региональном этапе Международного Химического Турнира в Алматы, на котором она вместе со своей командой взялась за решение задачи о кинетике простой реакции:



Для решения задачи вам необходимо использовать закон Ламберта–Бера:

При пропускании света определенной длины волны через некий раствор, какая-то часть пропущенного света поглотится раствором, при этом то, насколько сильно произойдет поглощение, зависит исключительно от свойств растворенного вещества.

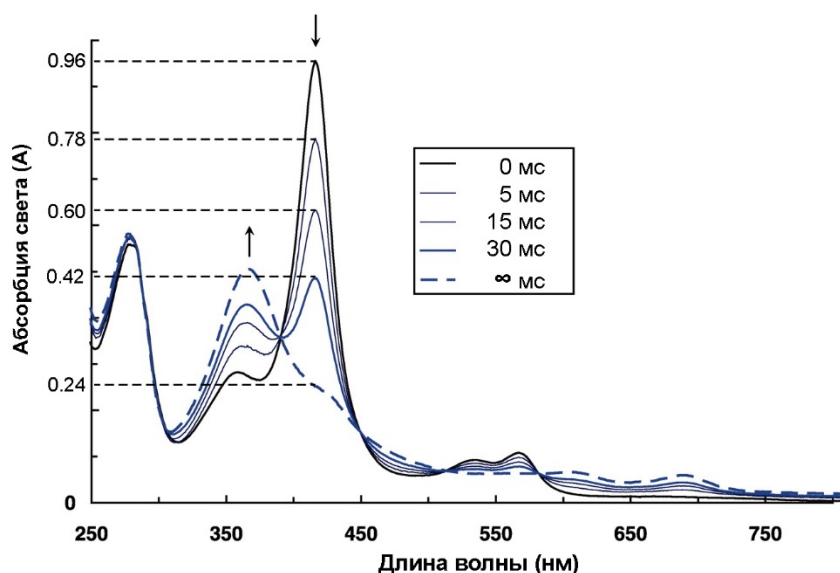
$$A = \varepsilon cl$$

$\varepsilon$  – коэффициент молярной экстинкции (величина, показывающая, насколько сильно вещество поглощает свет определенной волны);  $c$  – концентрация этого вещества в образце;  $l$  – длина кюветы, через которую проходит свет.  $A$  – коэффициент поглощения, показывающий долю поглощенного света.

При этом, если в растворе присутствуют несколько веществ, то  $A$ , коэффициент поглощения, суммируется:

$$A = A_1 + A_2 = \varepsilon_1 c_1 l + \varepsilon_2 c_2 l$$

Ниже приведен спектр поглощения в участке ультрафиолетового и видимого света.



Известно, что в самом начале реакции в растворе присутствовало только вещество L, а при завершении реакции – только D. Коэффициент молярной экстинкции ( $\varepsilon$ ) **для вещества L** при 420 нм равен  $48000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ . Эксперимент провели в кювете длиной  $l = 1$  см. Время показано в миллисекундах (мс).



Представьте, что вы в одной команде с нашей героиней. Помогите ей решить следующие задачи состязания:

А) Чему равняется начальная концентрация вещества L. (1 балл)

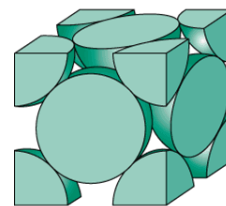
Б) Исходя из расчётов, определите порядок исследуемой реакции. (4 балла)

В) Чему равна константа скорости  $k$  данной реакции? Значение укажите с единицами измерения. (1 балл)

**[6 баллов]**

## Задача 4. Химическая солянка

Щелочноземельный металл кальций имеет кубическую гранецентрированную решетку (см. изображение), а радиус атома кальция равен 197 пм ( $1 \text{ пм} = 10^{-12} \text{ м}$ ).



1. Рассчитайте плотность кальция, используя параметр кубической ячейки.

Хлорид кальция широко используется в пищевой промышленности, фармакологии для восстановления дефицита кальция в организме и в химических лабораториях для осушения синтезируемых веществ. Безводный хлорид кальция имеет орторомбическую (в форме прямоугольного параллелепипеда) кристаллическую решетку с параметрами ячейки  $a = 6.26 \text{ \AA}$ ,  $b = 6.44 \text{ \AA}$ ,  $c = 4.17 \text{ \AA}$  ( $\text{\AA}$  – ангстрем, единица измерения расстояния, равная  $10^{-10} \text{ м}$ ).

2. Чему равно количество формульных единиц в одной ячейке безводного хлорида кальция, если его плотность равна  $2.19 \text{ г/см}^3$

Хлорид кальция образует несколько различных кристаллогидратов. В лаборатории был найден образец неизвестного кристаллогидрата хлорида кальция, состав которого лаборант решил установить при помощи криоскопии.

Суть этого метода заключается в измерении изменения температуры плавления раствора соли по сравнению с чистым растворителем. Такое изменение температуры плавления высчитывается по следующей формуле:

$\Delta T = i \cdot K_{\text{к}} \cdot m$ , где  $\Delta T$  – изменение температуры плавления по сравнению с чистым растворителем,  $i$  – изотонический коэффициент (количество частиц, получаемое при растворении одной молекулы растворенного вещества),  $K_{\text{к}}$  – криоскопическая константа (индивидуальна для каждого растворителя),  $m$  – моляльность растворенного вещества (количество растворенного вещества (в моль) на 1 кг растворителя).

Лаборант взвесил навески неизвестного кристаллогидрата массой 4.0 г и хлорида натрия массой 3.0 г, растворил их по отдельности в 200 г дистиллированной воды и измерил температуры плавления полученных растворов. Они составили  $-0.51^\circ\text{C}$  и  $-0.95^\circ\text{C}$  соответственно.

3. На основании данных, полученных лаборантом, рассчитайте криоскопическую константу воды и установите формулу кристаллогидрата.

Кальциевые минералы нередко встречаются в месторождениях солей магния. Точно так же, лаборант обнаружил рядом с полкой с соединениями кальция полку с магниевыми стружками и оксидом магния. Вооружившись обнаруженными веществами, калориметром и растворами гидроксида натрия и соляной кислоты, он решил рассчитать энтальпию образования оксида магния. Плотности всех растворов примите равными  $1.00 \text{ г/мл}$ , а теплоёмкости всех растворов – равными  $4.0 \text{ Дж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ .

- a. Для определения теплоёмкости калориметра лаборант смешал 50 мл  $0.500 \text{ М}$  раствора гидроксида натрия и 50 мл  $0.500 \text{ М}$  раствора соляной кислоты. Температура раствора увеличилась на  $3.18^\circ\text{C}$ . Энтальпия реакции нейтрализации равна  $-55.9 \text{ кДж/моль}$ .
- b. Далее в том же калориметре он смешал 100 мл  $0.1 \text{ М}$  раствора соляной кислоты и 0.3 г магниевых стружек. Температура раствора увеличилась на  $12.72^\circ\text{C}$ .

- с. Затем в калориметре к 100 мл 0.1 М раствора соляной кислоты он добавил 0.3 г оксида магния. Температура раствора увеличилась на 2.41 °С.
4. Используя данные проведенных лаборантом экспериментов и значение  $\Delta_f H^\circ(H_2O_{(ж)}) = -286$  кДж/моль, рассчитайте энтальпию образования оксида магния из простых веществ.

**[11 баллов]**

## Задача 5. Химия кислотного дождя

Кислотный дождь – общее название осадков, содержащих кислотные оксиды. Это явление является одной из самых актуальных проблем современного индустриального общества, угрожающих флоре, человеческому здоровью и даже архитектуре.

В этой задаче мы поможем химику Ване определить pH различных образцов кислотного дождя, которые были получены в трех городах Казахстана.

Исследование дождевой воды из города Уральск показало отсутствие примесей, проявляющих кислотные или основные свойства.

В образце дождевой воды из города Павлодар были обнаружены следы растворенного  $CO_2$ . Содержание углекислого газа в воздухе Павлодара составило 150 ppm (parts per million – частей на миллион).

Последний образец дождя, который был собран в городе Алматы, показал наличие следов  $SO_2$ . Содержание этого газа в атмосфере Алматы равно 4 ppb (parts per billion – частей на миллиард). Определите pH каждого образца дождя и установите город с наиболее безопасными осадками.

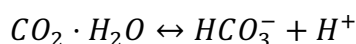
Дополнительно:

- Для вычислений вы можете использовать нижеприведенные формулы и константы.
- Атмосферное давление равно 1 атм.
- Примите, что в каждом образце есть только соединения, описанные в условии задачи.
- Примите, что диссоциация происходит только по первой ступени.
- Автопротолизом воды можете пренебречь.

Константы и формулы:

$$K_h(CO_2) = \frac{[CO_2 \cdot H_2O]}{p(CO_2)(\text{парциальное давление})} = 3.4 \cdot 10^{-2}$$

$$K_1(CO_2 \cdot H_2O) = \frac{[HCO_3^-] \cdot [H^+]}{[CO_2 \cdot H_2O]} = 4.3 \cdot 10^{-7}$$



$$K_h(SO_2) = \frac{[H_2SO_3]}{p(SO_2)(\text{парциальное давление})} = 1.23$$

$$K_1(H_2SO_3) = \frac{[HSO_3^-] \cdot [H^+]}{[H_2SO_3]} = 1.4 \cdot 10^{-2}$$



$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

$$pH = -\log[H^+]$$

[12 баллов]