



Комплект задач
VIII онлайн олимпиады Pagodane
I тур
9 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 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 4 задач:

Задача 1. Знакомимся с законом Гесса.....	6
Задача 2. Простая неорганика.....	7
Задача 3. Простая кинетика.....	8
Задача 4. Химия кислотного дождя.....	9

Номер задачи	Максимальный балл за задачу	Вес задачи
1	10	16
2	13	32
3	17	26
4	12	26

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 -

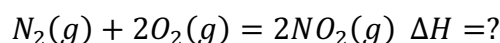
57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -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



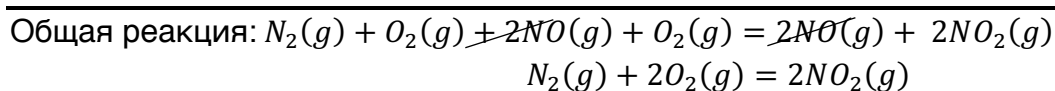
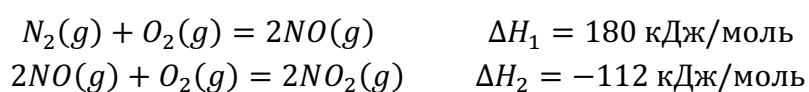
Задача 1. Знакомимся с законом Гесса

Энтальпия (тепловой эффект химической реакции) является функцией состояния, то есть изменение энтальпии при переходе из начального состояния в конечное зависит не от пути перехода, а лишь от самих этих двух состояний. Это означает, что при переходе определенных реагентов в продукты изменение энтальпии будет одинаково при осуществлении реакции в одну стадию или в несколько последовательных этапов.

Рассмотрим это на примере окисления азота до диоксида азота:



Для того, чтобы рассчитать энтальпию данной реакции, сложим данные реакции



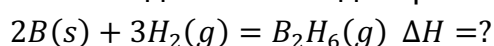
Энтальпия реакции: $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = (180 - 112) \text{ кДж} = 68 \text{ кДж/моль}$

Характеристики энтальпии:

1. Обратная реакция имеет энтальпию, численно равную энтальпии прямой реакции, взятой с противоположным знаком
2. Реакции и энтальпии можно использовать как математические уравнения, то есть проводить с ними алгебраические действия

Диборан (B_2H_6) является очень реакционноспособным соединением, которое рассматривалось в качестве ракетного топлива для космической программы США.

Рассчитайте изменение энтальпии ΔH для синтеза диборана из его элементов:



Используйте следующие данные:

- a) $2B(s) + \frac{3}{2}O_2(g) = B_2O_3(s) \quad \Delta H_1 = -1273 \text{ кДж}$
- b) $B_2H_6(g) + 3O_2(g) = B_2O_3(s) + 3H_2O(g) \quad \Delta H_2 = -2035 \text{ кДж}$
- c) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(l) \quad \Delta H_3 = -286 \text{ кДж}$
- d) $H_2O(l) = H_2O(g) \quad \Delta H_4 = -44 \text{ кДж}$

[10 баллов]

Задача 2. Простая неорганика

Элемент **X** входит в состав бинарного соединения **A**, одна молекула которого содержит 16 электронов. **A** бурно реагирует с водой с образованием кислоты **B** и легкого горючего газа **C**, а при сгорании вещества **A** образуется оксид **D**, содержащий 68.95 % кислорода по массе. Если **D** при высоких температурах нагреть с аммиаком, то получится соединение **E** ($\omega(\text{X}) = 43.57\%$), известное своей химической и термической устойчивостью. При взаимодействии **A** с гидридом натрия образуется соединение **F**, содержащее 10.58 % водорода по массе. Соединения **G** и **A** имеют одинаковый качественный состав, а при сжигании 1 г **G** образуется 2.85 г оксида **D**. Молярная масса **G** находится в пределах 100-140 г/моль.

Установите элемент **X**, соединения **A-G**, а также напишите уравнения всех описанных реакций. Ответ обязательно подтвердите расчетом. Для расчетов берите точные атомные массы элементов.

[13 баллов]



Задача 3. Простая кинетика

Скорость химической реакции зависит от ряда факторов, например, температуры. Для математического описания зависимости скорости реакции от температуры были выдвинуты два уравнения.

Согласно первому уравнению (правило Вант-Гоффа), при увеличении температуры на 10 градусов, скорость реакции возрастает в 2 – 4 раза, а само уравнение имеет вид:

$$\gamma^{\frac{T_2-T_1}{10}} = \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} \quad (1)$$

Где

γ – температурный коэффициент реакции (лежит в диапазоне от 2 до 4)

k_T – константа скорости реакции при температуре T

Согласно второму уравнению (уравнение Аррениуса), константа скорости реакции зависит от температуры следующим образом:

$$k_T = A \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (2)$$

Где

A – предэкспоненциальный множитель, не зависящий от температуры

E_a – энергия активации реакции (Дж/моль)

k_T – константа скорости реакции при температуре T

1. Если температурный коэффициент реакции равен 3.5, во сколько раз увеличится скорость этой реакции при изменении температуры с 50°C до 70°C. Найдите энергию активации для этой реакции. (4 балла)
2. Константы скорости некоторой реакции равны $4.12 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ и $1.648 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ при температурах 770K и 500K соответственно. Какой порядок имеет данная реакция? Вычислите энергию активации. (3 балла)
3. Используя уравнения (1) и (2), выведите соотношение между энергией активации и температурным коэффициентом реакции. (5 баллов)
4. Учитывая, что при увеличении температуры на 10 градусов скорость реакции возрастает в 2 – 4 раза, найдите интервал для энергии активации, в котором правило Вант-Гоффа выполняется при температурах 300-310K. (5 баллов)

[17 баллов]

Задача 4. 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.

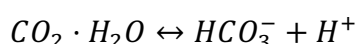
Дополнительно:

- 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:

$$K_h(\text{CO}_2) = \frac{[\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]}{p(\text{CO}_2)(\text{парциальное давление})} = 3.4 \cdot 10^{-2}$$

$$K_1(\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]} = 4.3 \cdot 10^{-7}$$



$$K_h(\text{SO}_2) = \frac{[\text{H}_2\text{SO}_3]}{p(\text{SO}_2)(\text{парциальное давление})} = 1.23$$

$$K_1(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{[\text{HSO}_3^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{SO}_3]} = 1.4 \cdot 10^{-2}$$



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

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

[12 баллов]