



Комплект задач
VII онлайн олимпиады Pagodane
I тур
11-12 классы
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 объединить сканы ваших решений в один pdf-файл. Отметим, что в Google Play и AppStore есть множество приложений (PDF scanner, scanner app, scanbot и другие), предназначенных для этих целей. 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. Модель атома водорода Бора.....	6
Задача 2. Морская беда	8
Задача 3. Химия одного элемента	10
Задача 4. Химическое равновесие.....	11

Номер задачи	Максимальный балл за задачу	Вес задачи
1	10	22
2	20	27
3	17.5	27
4	30	24

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 -

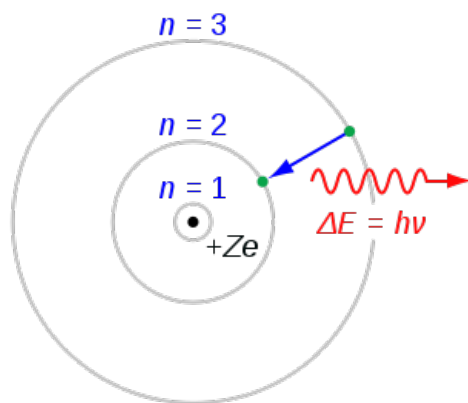
57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -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



Задача 1. Модель атома водорода Бора

Во время изучения строения атома в школе нас знакомят с различными атомными моделями, при этом особое внимание уделяется модели атома водорода Бора. Давайте рассмотрим модель Бора для атома водорода и получим из неё описание энергетических уровней.

Согласно боровской модели, атом представлен находящимся в центре ядром и электронами, находящимися на круговых орбитах:



В случае атома водорода ядро представлено одним протоном, а на ближайшей к ядру орбите находится один электрон. Чтобы описать энергию этого электрона, рассмотрим вывод ниже:

Между положительно заряженным ядром и отрицательно заряженным электроном существует сила кулоновского притяжения:

$$F_{\text{кулон}} = \frac{kq^2}{r^2} \quad (1),$$

где q – заряд электрона, а r – расстояние от ядра до электрона.

Электрон, вращающийся по круговой траектории, испытывает центростремительное ускорение:

$$F_{\text{центр}} = \frac{mv^2}{r} \quad (2)$$

Но электрон ни падает на ядро, ни улетает в бесконечность. Это значит, что две представленные выше силы равны:

$$\frac{kq^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (3)$$

Для дальнейшего решения нам необходимо вспомнить уравнение длины волны де Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (4)$$

Это выражения связывает корпускулярные и волновые свойства электрона.

Рассчитаем длину орбиты, по которой вращается электрон:

$$L = 2\pi r$$

Для того, чтобы существовала стоячая волна, в длину окружности должно вписываться целое количество длин волн. Таким образом:

$$L = 2\pi r = N\lambda \quad (5),$$

где N – любое целое число

Теперь можем перейти к выводу выражения для энергии. Энергия электрона складывается из потенциальной (электростатической) и кинетической (вращение электрона):

$$E = E_p + E_k = -\frac{kq^2}{r} + \frac{mv^2}{2}$$

Используя выражение (3), получаем следующее:

$$E = -mv^2 + \frac{mv^2}{2} = -\frac{mv^2}{2}$$

Используя выражение (4):

$$E = -\frac{(mv)^2}{2m} = -\frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

Используя выражение (5):

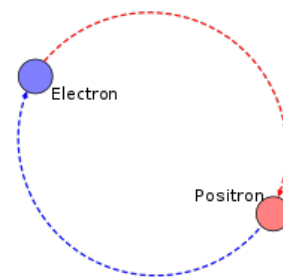
$$E = -\frac{h^2 N^2}{8m\pi^2 r^2}$$

Вот мы и получили уравнение для энергии электрона в атоме водорода. Подставляя вместо N целые числа, мы сможем находить значения для последующих энергетических уровней.

Задание

Выведите уравнение для энергии электрона в позитронии.

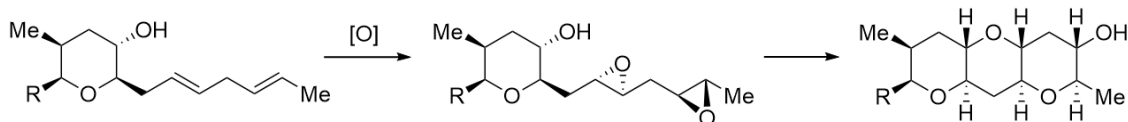
Позитроний – система, состоящая из электрона и позитрона (античастица электрона). Электрон и позитрон всегда равноудалены друг от друга, и расстояние между ними равно диаметру окружности. Радиус окружности примите равным r . Массы электрона и позитрона одинаковы и равны m_e . За основу своего вывода примите все те же убеждения, что и для вывода энергии электрона в атоме водорода.



[10 баллов]

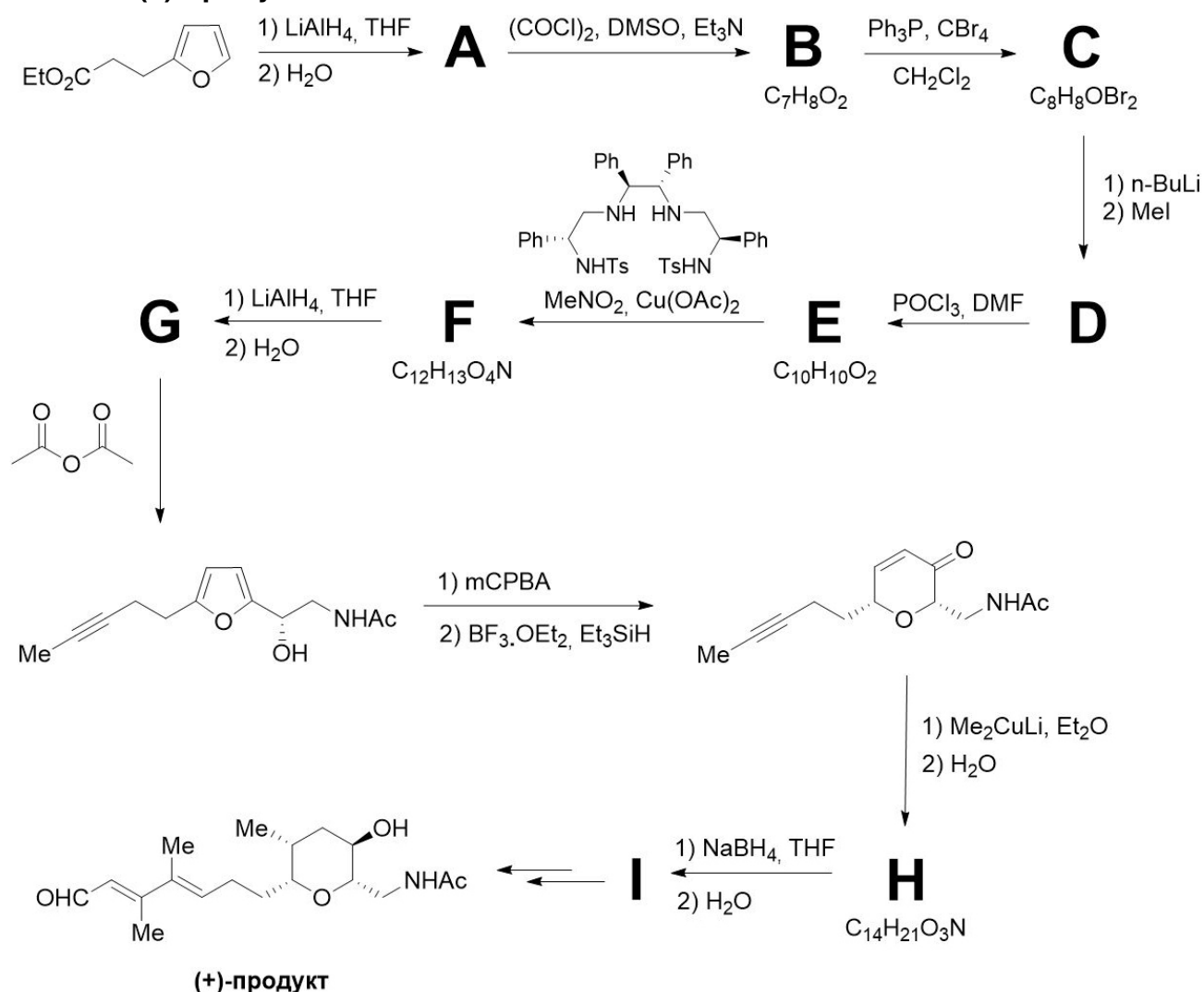
Задача 2. Морская беда

Красный прилив – замораживающее, но при этом губительное морское явление, при котором большое количество цветущих динофитовых водорослей вырабатывает ряд смертоносных токсинов, тем самым уничтожая прибрежных и морских обитателей. При изучении биосинтеза данных токсинов выяснилось, что полиэфирный лестничный каркас образуется в ходе каскадных эпоксидных раскрытий под действием специфических ферментов, как показано на схеме ниже:



1) Предложите механизм второй реакции биосинтеза, используя изогнутые стрелки для обозначения движения электронов. (2 балла)

Ниже представлена схема полного синтеза биологического прекурсора этих токсинов – вещества (+)-продукт:



На стадии E → F комплекс между бис(сульфонамид)-диамин лигандом и ионом меди(II) гарантированно катализирует энантиоселективное нитроальдольное присоединение.

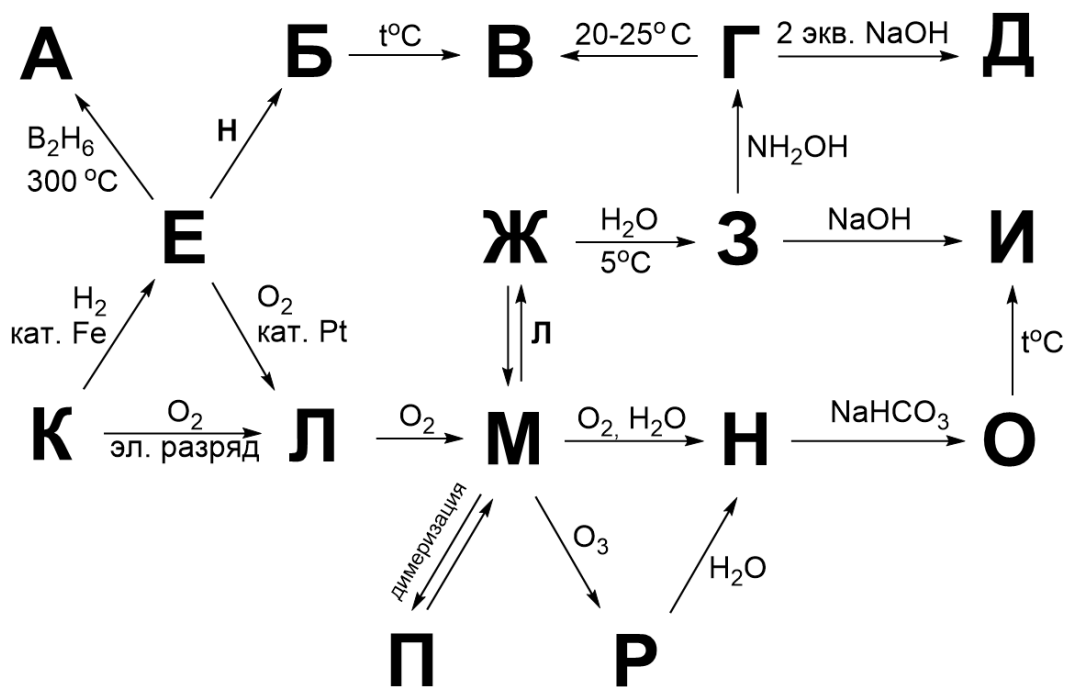
2) Учитывая правильную стереохимию у оптических центров, изобразите структуры соединений A–H. (18 баллов)

3) Обозначьте абсолютную конфигурацию (R/S) каждого хирального центра в структуре **(+)-продукт**. Изобразите структуру энантиомера вещества **(+)-продукт**. (2 балла)

[20 баллов]

Задача 3. Химия одного элемента

Ниже приведена схема превращений химических веществ, которые в своём составе имеют один общий элемент.



Известно, что:

- **А** изоэлектронно бензолу;
- Вещества **В, Ж, Л, М, П, и Р** – бинарные соединения одинакового состава;
- Процентное содержание кислорода по массе в ряду веществ **Д, В, И, О, П, и Р** увеличивается;
- **К** – простое вещество;
- **Г** является двухосновной кислотой.

а) Расшифруйте химические формулы веществ **А – Р**. (8 баллов)

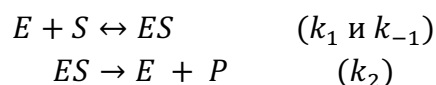
б) Запишите все упомянутые химические реакции. (9.5 баллов)

[17.5 баллов]

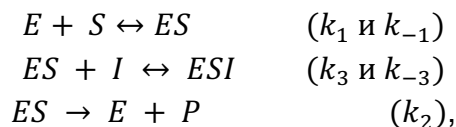
Задача 4. Химическое равновесие

В человеческом организме ежесекундно происходят биохимические реакции, которые очень часто катализируются ферментами. В этой задаче мы рассмотрим кинетические схемы ферментативного катализа и ингибирования.

Схема катализа Михаэлис-Ментен:



Бесконкурентное ингибирование:



где

E - фермент

S - субстрат

P - продукт

ES - фермент-субстратный комплекс

ESI - ингибированная форма фермент-субстратного комплекса

Для обеих схем, примите, что концентрация промежуточного соединения ES стационарна, скорости образования и разрушения ESI равны.

При выводе можете использовать K_I - константу неустойчивости комплекса ESI .

- 1) Выведите выражение для стационарной концентрации ES для обеих схем. (4 балла)
- 2) Запишите уравнение материального баланса для E_0 для обеих схем (2 балла)
- 3) Выведите выражение скорости, r , для схемы Михаэлис-Ментен, обозначая выражение $\frac{k_{-1} + k_2}{k_1}$ как k_m . (4 балла)
- 4) Зная, что $k_2 E_0 = r_{max}$, где r_{max} - максимальная скорость реакции, объясните физический смысл k_m . (2 балла)
- 5) Выведите выражение скорости для схемы бесконкурентного ингибирования, обозначая выражение $\frac{k_{-1} + k_2}{k_1}$ как k_m , а $k_2 E_0$ как r_{max} . (5 баллов)
- 6) Схематично изобразите графики $1/r$ от $1/S$ для обеих схем на одной координатной плоскости. Сделайте вывод по полученным графикам. (8 баллов)

Одним из примеров бесконкурентного ингибирования является ингибирование гидразином арил-сульфатазы, которая интенсивно выделяется микобактериями.

В определенный момент времени концентрации гидразина, субстрата и арил-сульфатазы во всех ее формах равны 0.7M, 0.122 M и 5 мМ соответственно. Константы $k_m = 23.31$ моль, $k_1 = 0.0038$ моль⁻¹с⁻¹, $k_{-1} = 0.00017$ с⁻¹, $K_I = 1.54$.

- 1) Рассчитайте степень ингибирования по формуле:

$$\text{степень ингибирования} = \left(1 - \frac{r}{r_0} \right) \cdot 100\%,$$

где r_0 - скорость реакции без ингибитора, r - скорость реакции с ингибитором в системе. (5 баллов)

* Примечание: баллы присуждаются только за подробный вывод уравнений. Конечный результат, предоставленный без промежуточных преобразований, не будет засчитан.

[30 баллов]