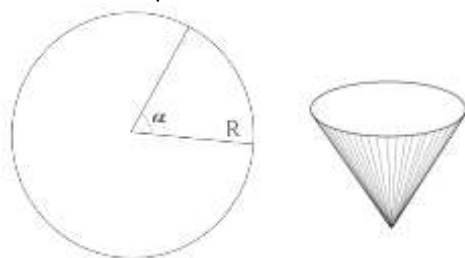


направление «Естественные науки»

Олимпиадное задание по направлению «Естественные науки» состоит из двух частей. **Инвариантную часть** нужно выполнить всем участникам. **Вариативная часть** разделена на три блока, следует сосредоточиться только на одном из них. Время выполнения заданий – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

ИНВАРИАНТНАЯ ЧАСТЬ (25 баллов)

Пожарное ведро представляет собой конус, изготовленный из стального диска радиуса R , из которого вырезали сектор в α радиан, а затем свернули и заварили получившийся шов. Каким должен быть угол α , чтобы объём ведра был максимальным?



ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ (75 баллов)

Выберите **только один** из предложенных блоков. В бланке ответов обязательно укажите номер блока

БЛОК 1

В 1921 году Отто Лёви провел эксперимент на изолированном сердце, в результате которого сформулировал идею химического синапса и открыл первый медиатор. Сначала была доказана роль этого медиатора в работе вегетативной нервной системы, затем – нервно-мышечных синапсов, позже – центральной нервной системы (формирование памяти, регуляция сложных двигательных реакций, уровня бодрствования и внимания). Действие нейромедиатора может оказывать совершенно разные, даже противоположные эффекты, в зависимости от того, с какими рецепторами он связывается. Хронический стресс приводит к дефициту этого медиатора, что во многом определяет клиническую картину болезни Альцгеймера и других видов деменции, а избыток его в организме вызывает спазм всех мышц, судороги и остановку дыхания.

Назовите этот важнейший нейромедиатором нашей нервной системы.

Какие рецепторы к нему имеются в организме, где они расположены и в чем их различия?

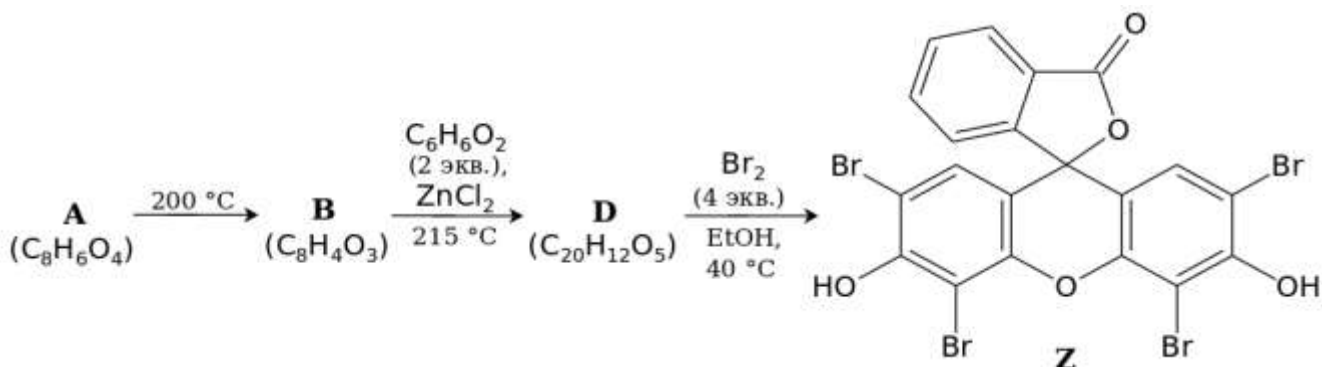
На чем основан принцип лечения болезни Альцгеймера ингибиторами холинэстеразы?

БЛОК 2

Органический краситель **Z** со структурой, приведённой ниже, был впервые получен еще в XIX веке. Схема его синтеза, представленная на схеме 1, с тех пор не изменилась.

1. Приведите структурные формулы зашифрованных в схеме синтеза веществ **A**, **B**, **D** и $C_6H_6O_2$.

Схема 1.

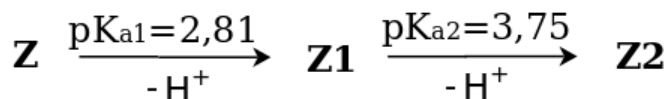


Приведите пример вещества, которое можно добавить в реакционную массу на стадии $D \rightarrow Z$, чтобы уменьшить расход брома вдвое (т. е. до 2 экв.), и необходимые пояснения.

2. К нашему времени этот краситель получил разнообразное применение. В химическом анализе он может быть использован в качестве индикатора при argentометрическом определении бромидов, йодидов и др. К какой группе индикаторов он относится? Поясните механизм действия таких индикаторов. Какой рабочий диапазон pH применения красителя **Z** в argentометрии и чем обусловлены нижняя и верхняя границы этого диапазона? Почему с данным индикатором невозможно определить содержание хлорид-ионов?

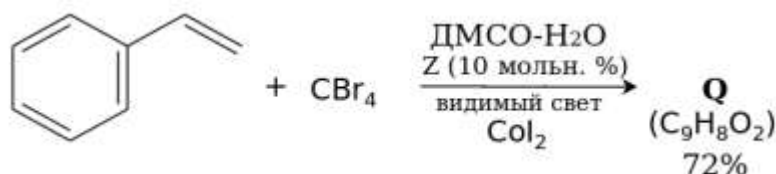
3. На схеме 2 представлены кислотно-основные равновесия в водном растворе для молекулы **Z**. Изобразите структурные формулы депротонированных форм **Z1** и **Z2**. Рассчитайте значение pH водного раствора, содержащего 1,3 мг вещества **Z** в 1 л.

Схема 2.



4. Соединение **Z** может выступать в роли фотокатализатора в различных реакциях. Например, реакция стирола с тетрабромуглеродом в присутствии каталитических количеств **Z** при облучении позволяет получить вещество **Q** с хорошим выходом в соответствии со схемой 3. В спектре ЯМР соединения **Q** в CDCl_3 имеются 5 сигналов протонов при 7,35–7,65 м.д., два дублета при 6,48 и при 7,82 м.д. (оба с константой спин-спинового взаимодействия $J = 16$ Гц), а также широкий синглет при 10,8 м.д., исчезающий при записи этого спектра в D_2O . На основании спектральных данных установите структурную формулу продукта **Q**, приведите необходимые пояснения. Предположите, какой побочный продукт ($\text{C}_9\text{H}_8\text{Br}_4$, 9%) образуется в этой реакции (структурная формула)?

Схема 3.



5. Несмотря на свои замечательные свойства, краситель **Z** способен разлагаться при длительном воздействии излучения, вследствие чего изучение фотодеструкции данного соединения является практически важной задачей. Кинетика разложения водного раствора **Z** была изучена методом спектрофотометрии. Экспериментальные данные по определению светопропускания раствора (относительно стандарта), облученного монохроматическим светом с длиной волны 518 нм, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Данные по светопропусканию (T) раствора **Z**.

T , %	10,0	14,6	20,0	26,1	32,6	39,2
t , мин	0	200	400	600	800	1000

На основании данных таблицы 1 определите порядок реакции разложения красителя, рассчитайте константу скорости реакции разложения.

6. К не менее важной задаче относится очистка отработанных растворов от остатков красителя **Z**. Одним из способов решения данной проблемы является использование различных адсорбентов. В таблице 2 представлены зависимости величины адсорбции красителя (a) на активированном угле от концентрации красителя в растворе (C).

Таблица 2. Данные по адсорбции **Z** на активированном угле.

Температура 25 °С		Температура 35 °С	
C , ммоль/л	a , мкмоль/г	C , ммоль/л	a , мкмоль/г
1	1,6	2	2,1
3	2,8	4	2,9
5	3,3	6	3,3
7	3,6	8	3,6
9	3,8	10	3,7
11	3,9	12	3,8

Предполагая, что адсорбция красителя подчиняется уравнению изотермы Ленгмюра, определите емкость адсорбционного слоя, стандартные изменения энтропии и энтальпии для реакции адсорбции.

БЛОК 3

На рисунке показаны температурные зависимости теплоемкости германия, кремния и углерода (алмаз). Все материалы имеют структуру типа алмаза.

Поясните приведенные зависимости, проанализируйте общие черты и различия, перечислите параметры, которые вы можете оценить из этих данных. Приведите оценки.

Значение универсальной газовой постоянной $R=8,314$ Дж/(моль·К).

Постоянная Больцмана $8,617 \cdot 10^{-5}$ эВ·К⁻¹.

