

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 (50 баллов)

Однажды два жадных медвежонка нашли головку сыра, масса которой $M = 7$ кг. Они хотели поделить сыр поровну, но не сумели: разломали головку на два куска массой $M_1 = 4$ кг и $M_2 = 3$ кг. Стали медвежата рычать друг на друга, на шум прибежала Лиса и предложила медвежатам свою помощь в справедливом разделении сыра.

За одну минуту Лиса съела от первого куска столько сыра, что массы первого и второго кусков стали одинаковыми, а затем мгновенно откусила от первого куска ещё b_1 кг. Тогда второй кусок стал больше. И за полминуты Лиса съела от второго куска столько сыра, что массы первого и второго кусков стали одинаковыми, после чего мгновенно откусила от второго куска ещё b_2 кг.

После этого Лиса за четверть минуты съела от первого куска столько сыра, что массы первого и второго кусков опять стали равны, а затем мгновенно откусила от первого куска ещё b_3 кг. И опять второй кусок стал больше. Тогда Лиса за одну восьмую минуты съела от второго куска столько, что массы кусков опять стали одинаковыми, а после этого мгновенно откусила от второго куска ещё b_4 кг.

И так Лиса всё делила и делила сыр. Ровно через две минуты Лиса остановилась, очень довольная собой. Докажите, что Лиса бесконечно много раз откусила от каждого куска.

Сколько сыра досталось Лисе за эти две минуты, если $b_n = \frac{2}{n \cdot (n+2)}$, $n = 1, 2, 3, \dots$?

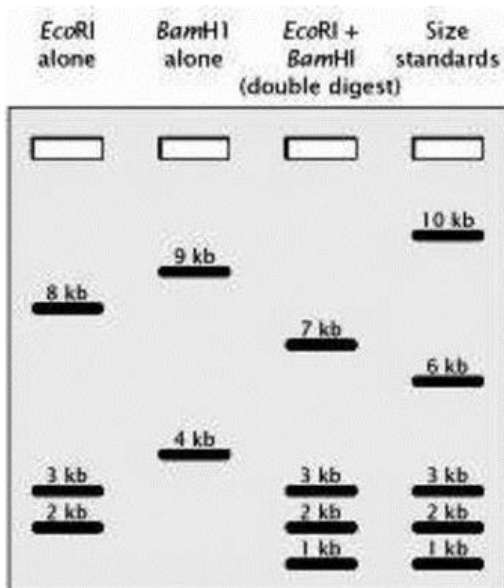
Сколько сыра осталось каждому медвежонку?

Может ли Лиса выбрать числа b_n так, чтобы через две минуты каждому медвежонку сыр остался, но при этом первому досталось больше? Если нет, докажите, если да, то приведите пример.

ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ (50 баллов)

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

БЛОК 1. Биология



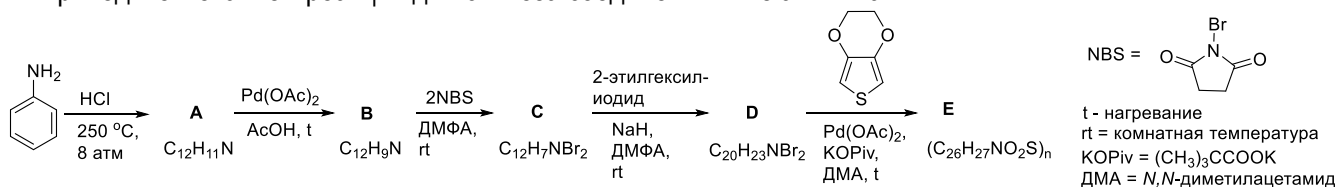
Для картирования отдельных генов или целых плазмид используется не только секвенирование последовательности ДНК, но и рестрикционный анализ. Рестриктазы – ферменты, которые узнают специфичные последовательности нуклеотидов ДНК, после чего вносят в ДНК двуцепочечный разрыв в сайте узнавания. После электрофореза продуктов рестрикции можно визуализировать фрагменты ДНК различной молекулярной массы, на основании чего можно определить взаимное расположение фрагментов и расстояние между сайтами. На рисунке представлены данные электрофореза рестрикционного анализа.

Составьте рестрикционную карту гена – нанесите на карту сайты рестрикции, укажите расстояние между ними.

Критерии оценки	Баллы
Есть рисунок карты гена (линейное изображение карты). Сайты рестрикции указаны неверно, расстояние указано неверно. Возможно зеркальное изображение	5
Правильно указаны и подписаны сайты рестрикции	20
3 сайта	20
2 сайта	10
1 сайт	0
Правильно указано расстояние в kb. Возможно зеркальное отражение сайтов и расстояний	25
четырёх участков гена	25
трех участков	15
двух участков	0
Максимальный балл	50

БЛОК 2. Химия

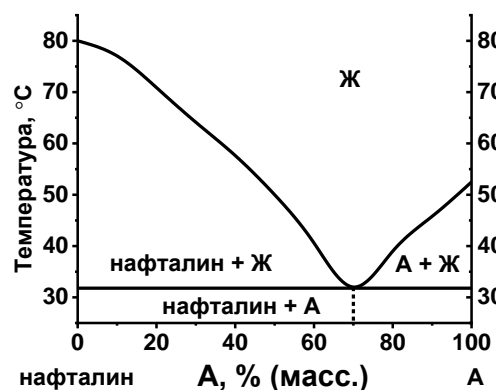
1. (8 баллов) Соединение **A**, которому посвящена данная задача, промышленно получают в кислых условиях из анилина. Вещество **A** является исходным для синтеза современных материалов, применяемых в органической электронике. Данное соединение может быть трансформировано в гетероцикл **B**, который в результате нескольких реакций превращается в фотоактивный полимер **E**. Установите строение веществ **A–E**. Приведите механизм реакции для синтеза соединения **A** из анилина.



2. (4 балла) Соединение **A** широко используется для качественного обнаружения нитрат-ионов. При их присутствии в анализируемой пробе появляется интенсивная синяя окраска. С образованием какого соединения связано появление окраски и почему реакцию нужно обязательно проводить в кислой среде?

3. (3 балла) Вещество **A** также может быть применено для количественного и качественного определения ДНК (метод Дише). При кислотной обработке происходит расщепление ДНК, где одним из продуктов является вещество **F**. Далее оно подвергается дегидратации с образованием 5-гидрокси-4-оксопентаналь, который дает интенсивное синее окрашивание с веществом **A**. Приведите структуру соединения **F**. Объясните, почему с РНК такая реакция не происходит (в этом случае наблюдается малоинтенсивное зеленое окрашивание).

4. (12 баллов) На рисунке представлена фазовая диаграмма нафталин – вещество **A**. Приняв, что температура плавления наиболее точно определена для эвтектического состава ($T_E = 32$ °C), в рамках модели идеального раствора рассчитайте мольную энтальпию плавления вещества **A**. Температуры плавления вещества **A** и нафталина равны 52,5 и 80 °C соответственно, энтальпия плавления не зависит от температуры.



5. (10 баллов) 1%-ный раствор вещества **A** ($E^0_{Ox/Red} = 0,76$ В) в концентрированной серной кислоте используют для фиксации точки эквивалентности в ванадометрии. Вычислите индикаторную погрешность при титровании 100,0 см³ 0,1000 н раствора сульфата железа (II) ($E^0_{Ox/Red} = 0,771$ В) 0,1000 н раствором титранта ($E^0_{Ox/Red} = 1,3$ В), полученного растворением ванадиевокислого аммония в воде с добавлением концентрированной серной кислоты из расчета, что в конечном объеме ее концентрация составляет 6 н.

направление «Естественные науки»

6. (13 баллов) Ацетат палладия (II) – катализатор в превращениях вещества **A** и прекурсор для получения губчатого палладия – нагревают до 500 °С для образования соединения **G**. При 800 °С происходит образование палладия (соединение **H**). Установите молекулярную формулу, отражающую наиболее точную форму существования ацетата палладия (II) – соединения **I**, если потеря массы при нагревании составляет 47,4%. Предложите реакцию получения соединения **I** из металлического палладия.

При растворении палладия в смеси концентрированных соляной и азотной кислот получают соединения **J** и **K** одинакового элементного состава, но различных по соотношению атомов. Добавление раствора поваренной соли приводит к образованию соединений **L** и **M**. Добавление избытка аммиака к соединениям **L** и **M** приводит к получению соединения **N** желто-коричневого цвета. При добавлении аммиака к соединению **M** может происходить появление осадка розово-красного соединения **O**, протекающее через образование бесцветного раствора промежуточного соединения **P**. При хранении суспензия соединения **N** меняет окраску на оранжевую за счет его превращения в соединение **Q**.

Для всех соединений (**G–Q**) напишите реакции их получения. Соединения **N–Q** имеют одинаковую структурную организацию. Соединения **N**, **O** и **Q** имеют одинаковое атомное отношение. Соединения **N**, **Q** имеют одинаковую молекулярную массу, в два раза меньшую, чем у соединения **O**. Соединение **P** содержит те же самые структурные элементы, что и соединения **N**, **O**, **Q**, но большую в 1,161 раз молекулярную массу по сравнению с соединениями **N**, **Q**, и меньшую в 1,734 раза – с соединением **O**. Объясните, какие свойства палладия как элемента позволяют широко использовать его соединения в органическом синтезе?

БЛОК 3. Физика

В 1910 году Фредерик Линдемманн установил эмпирическую связь между коэффициентом теплового расширения твердого тела α и температурой плавления $T_{пл}$

$$\alpha T_{пл} \approx const.$$

Позже (1951 год) было установлено, что это соотношение для разных твердых тел выполняется с высокой точностью, причем значение константы уменьшается в ряду объемно-центрированная – гранецентрированная – гексагональная кристаллическая структура.

И сегодня в научной печати обсуждаются возможные причины указанной эмпирической зависимости.

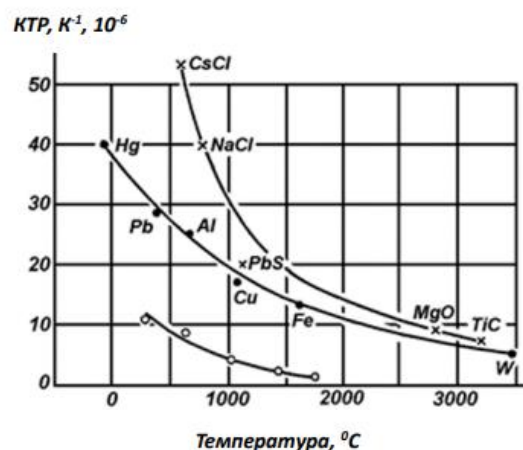
На рисунке приведена связь коэффициентов теплового расширения материалов с разным типом химической связи и кристаллической структурой с температурой плавления.

Какие варианты объяснения указанного правила вы видите?

Что такое плавление, эффект теплового расширения, как они связаны с характером химической связи в твердых телах?

Приведите Ваш вариант объяснения связи указанной

константы с типом кристаллической структуры, плотностью упаковки, характером химической связи. К материалам с каким типом химической связи могут относиться данные, обозначенные открытыми окружностями? Дайте максимально подробное обоснование Ваших утверждений.



Критерии оценки	Баллы
Общее определение понятия температуры плавления, от чего она зависит	4
Общее определение понятия эффекта теплового расширения, от чего он зависит	4
Связь температуры плавления с характеристиками химической связи в кристаллах	2
Связь температурного коэффициента теплового расширения с характеристиками химической связи в кристаллах	15
Варианты объяснения связи указанной константы с типом кристаллической структуры	15
Ответ на вопрос о материалах, относящихся к нижней кривой на графике	10
Максимальный балл	50