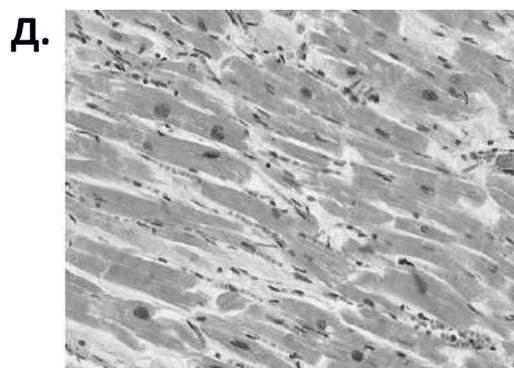
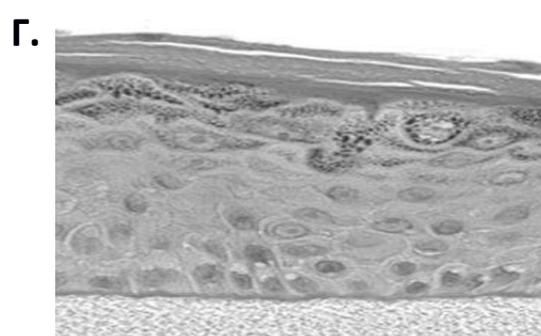
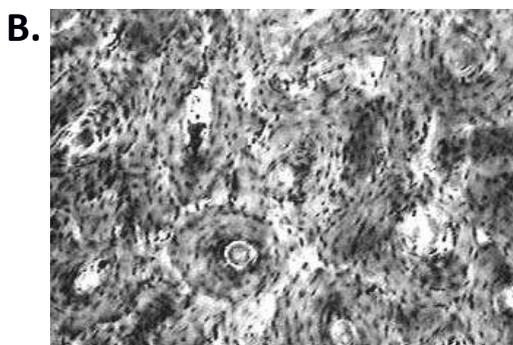
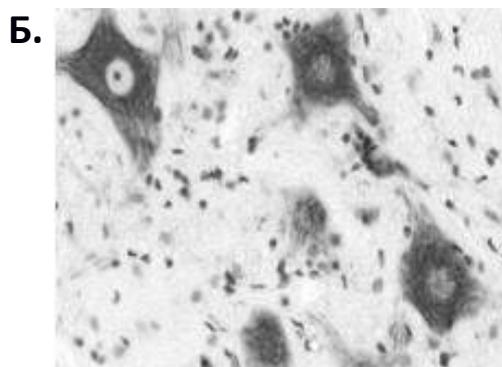
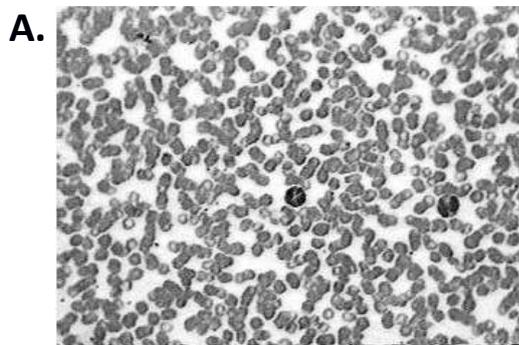


§3 Заключительный этап: индивидуальная часть

3.1 Задачи по биологии (9 класс)

Задание №1. (4,5 балла)

- 1) На какие четыре группы разделяют все ткани человека?
- 2) На рисунках представлены окрашенные срезы тканей. Соотнесите рисунки с группами тканей из пункта 1).



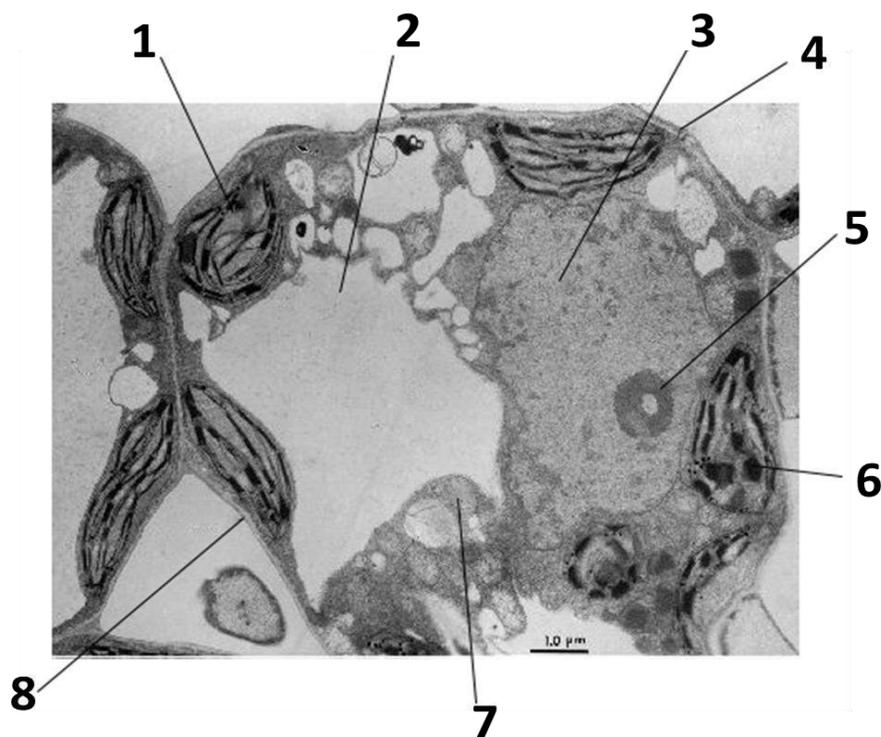
- 3) Какой рисунок является срезом костной ткани?

Ответ:

- 1) Нервная, соединительная, эпителиальная, мышечная (1 балл)
- 2) А-соединительная, Б-нервная, В-соединительная, Г-эпителиальная, Д-мышечная (2,5 балла, по 0,5 за каждый правильный ответ)
- 3) На рисунке В (1 балл)

Задание №2. (6,5 балла)

Перед вами фотография клетки с электронного микроскопа.



- 1) Приведите названия отмеченных структур клетки и укажите их основные функции.
- 2) Данная клетка принадлежит животным, растениям или бактериям? Поясните свой выбор.

Ответ:

1) 1 - хлоропласт (фотосинтез), 2 - Центральная вакуоль (поддержание тургорного давления, образование внутренней водной среды клетки, запасание питательных веществ, расщепление, транспорт веществ), 3 - ядро(хранит генетическую информацию), 4- плазмодесма (связь между клетками), 5-ядрышко (синтез рибосом), 6-хлоропласт (фотосинтез), 7-митохондрия (синтез АТФ), 8-клеточная стенка (защитная, структурная, придаёт клетке форму, транспортная).

(Всего за задание дается 4 балла, по 0,5 за каждый правильно названный органоид с его правильно указанной основной функцией)

2) Растениям. Пояснение: Это растительная клетка, т.к. содержит ядро (значит не бактериальная), хлоропласт, вакуоль, плазмодесма, клеточная стенка свидетельствуют о том, что это клетка растения, а не животная.

(Всего за задание дается 2,5 балла. Если не приводится какой-то пункт объяснения- снимается 0,5 балла)

Задание №3. (5 баллов)

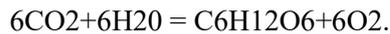
За неделю растения на плантации поглощают для фотосинтеза 2284,8л (н.у.) углекислого газа. Какова масса глюкозы, которая при этом образуется на плантации за сутки?

Молярный объём газов при н.у. 22,4л

Атомная масса водорода 1, углерода 12, кислорода 16.

Решение:

Уравнение фотосинтеза



Количество CO_2 поглощаемое растениями в неделю:

$$2284,8/22,4 = 102 \text{ моль}$$

Количество выделяемой глюкозы в неделю:

$$102/6 = 17 \text{ моль}$$

Молярная масса глюкозы = $12 + 12 \cdot 6 + 16 \cdot 6 = 180$ г/моль

Масса глюкозы в сутки: $17 \cdot 180/7 = 437$ г

Задание №4. (6 баллов)

- 1) Как называется процесс, благодаря которому у растений спора формируется из спорофита?
- 2) Как называется структура, в которую превращается зигота в жизненном цикле растений?
- 3) Опишите строение спорогиры, какое размножение присуще данной водоросли?

Ответ:

- 1) Мейоз — 1 балл
- 2) Спорофит - 1 балл
- 3) Тело спорогиры — неветвящаяся нить, состоит из одного ряда цилиндрических клеток. Оболочкой каждой клетки является целлюлозная клеточная стенка, покрытая снаружи слизью. Большую часть клетки занимает вакуоль с клеточным соком. На цитоплазматических тяжах, проходящих через вакуоль, подвешено одно ядро. В каждой клетке имеется по одному и более спирально закрученных хлоропластов, напоминающих ленты, расположенные в пристеночном слое цитоплазмы. Размножение вегетативное или половое (конъюгация) -4 балла

Задание №5. (6 баллов)

Продуценты форелевого хозяйства запасают $12 \cdot 10^{11}$ кДж энергии в год. Биомасса популяции форели в хозяйстве составляет 75% от биомассы всех консументов первого порядка. На какое количество форелей в месяц можно выдать лицензию рыболовам, если 60% популяции должно сохраняться? Средняя масса одной форели – 500г, а в 1 кг биомассы консументов первого порядка запасается около $15 \cdot 10^5$ кДж энергии в месяц. Процесс

перехода энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Линдемана. Ответ округлите до целых.

Решение:

$12 \cdot 10^{11} / 12 = 10^{11} \text{кДж}$ – продуценты в месяц

$10^{11} \cdot 0,1 \cdot 0,75 = 7,5 \cdot 10^{10} \text{кДж}$ – в месяц энергия у форели

$(7,5 \cdot 10^{10} / 0,5 / 15 \cdot 10^5) \cdot 0,4 = 40000$ особей в месяц

Задание №6. (8 баллов)

Нарисуйте схему пищевой цепи для следующих организмов: криль, фитопланктон, синий кит, рыба, зоопланктон, чайка. На одном трофическом уровне может находиться несколько организмов. На каждый последующий уровень переходит 20% биомассы предыдущего. Между популяциями разных видов на одном уровне биомасса распределяется в равных долях.

1) Какое количество синих китов может прокормить цепь, если средняя масса кита составляет 140 тонн, а биомасса продуцентов - 70 тысяч тонн?

2) Вся популяция рыб нуждается в 150 тысячах ккал, сколько ккал должны содержать продуценты, чтобы прокормить рыб?

РЕШЕНИЕ:

1) Фитопланктон -> криль->синий кит; Фитопланктон->зоопланктон->рыба->чайка ;
Криль->рыба (За каждую правильную связь- 0,5 балла. Всего-3)

2) 5 китов

Решение: $70\ 000 \cdot 0,2 / 2 = 7000$ – у Криля

$7000 \cdot 0,2 / 2 / 140 = 5$ (2,5 балла)

3) 5 млн ккал (2,5 балла)

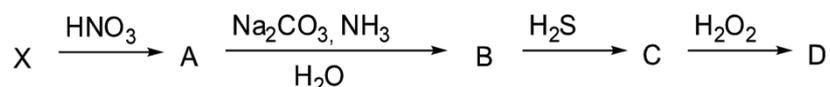
3.2 Задачи по химии (9 класс)

Задание №1. (15 баллов)

Социальную принадлежность человека, жившего давным-давно, можно установить даже при отсутствии документальных свидетельств. На старинном кладбище в американском городе Стратфорд (штат Вирджиния) были исследованы захоронения начала XIX века. В скелетах плантаторов-рабовладельцев обнаружено значительное количество элемента X, в виде простого вещества часто использовавшегося для изготовления водопроводных труб. Примесь X также содержалась в оловянной посуде, которой пользовались богатые слои общества.

Известно, что заболевание, связанное с отравлением соединениями X, называется сатурнизм (от латинского названия X). Для выведения X из организма часто используется тиосульфат натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), который охотно связывается с ионами X^{2+} . В результате этой реакции образуется вещество Y, в котором массовая доля X составляет 64,89%

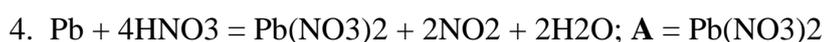
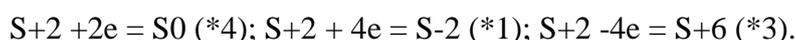
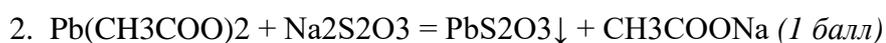
1. Установите элемент, зашифрованный в задаче. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите упомянутую реакцию с любой растворимой солью X
3. Напишите реакцию разложения Y в горячей воде. Расставьте коэффициенты и запишите электронный баланс
4. Расшифруйте цепочку превращений, напишите уравнения реакций:



5. Нерастворимые вещества, в состав которых входит X, часто используется в качестве пигментов в красках. Дайте тривиальные названия веществам B-D. Для чего может использоваться последняя реакция цепочки?

Решение

1. $\text{X} = \text{Pb}$. При взаимодействии солей Pb^{2+} с тиосульфат-анионом образуется нерастворимый тиосульфат свинца: $\text{Pb}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{PbS}_2\text{O}_3 \downarrow$. Массовая доля свинца в данном соединении составляет $\omega(\text{Pb}) = 207 / (207 + 32 \cdot 2 + 16 \cdot 3) = 0,6489$, что соответствует условию задания. (2 балла)



$2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = [\text{Pb}(\text{OH})]_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$; **B** = $[\text{Pb}(\text{OH})]_2\text{CO}_3\downarrow$ (допускается написание другого основного карбоната, например, $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ - свинцовые белила)

$[\text{Pb}(\text{OH})]_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{PbS} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$; **C** = PbS, свинцовая чернь

$\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$; **D** = PbSO₄, свинцовый купорос

(8 баллов - по 1 баллу за каждое уравнение и каждую химическую формулу)

5. Со временем свинцовые пигменты чернеют из-за воздействия сульфидов, попадающих на живопись из атмосферы. Действием перекиси водорода на сульфид свинца можно воссанавливать прежний (белый) цвет, например, свинцовых белил, то есть, реакция имеет область применения в реставрационном деле. (применение + названия - 2 балла)

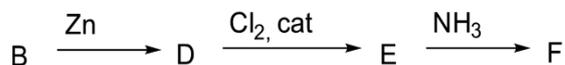
Задание №2. (15 баллов)

Реакция карбида кальция (CaC_2) и воды широко используется в лабораторных условиях для получения газа ацетилена (C_2H_2). Однако, если очень сильно нагревать карбид кальция и пропускать над ним водяной пар, реакция идет по-другому: выделяется вещество А и газы В и С.

1. Запишите оба уравнения взаимодействия карбида кальция с водой

2. Установите вещества А, В и С, если при взаимодействии вещества В с гашеной известью можно получить вещество А, широко используемое в повседневной жизни, а газ С может образовывать с воздухом взрывоопасные смеси.

3. Расшифруйте цепочку превращений, если известно, что вторая реакция является реакцией соединения с образованием газообразного вещества, а F содержит по массе 46.6% азота и 2.5% водорода.

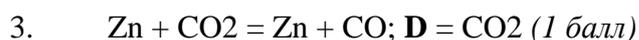


4. Вещество Е является смертельно опасным ядом, для его обнаружения используется газообразный аммиак (как в последней реакции цепочки из п.3). Каким может быть признак протекания этой реакции?

Решение

1. В обычных условиях $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$; при нагревании $\text{CaC}_2 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + 5\text{H}_2$; (по 2 балла)

2. **A** = CaCO₃ (мел, мрамор, известняк), **B** = CO₂, **C** = H₂; $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (по 1 баллу за вещество)



В веществе **F** можно проверить содержание азота и водорода: $\omega(H) = 4/60 = 0.025$, $\omega(N) = 28/60 = 0.466$

(1 балл за вещество, 2 - за реакцию, 2 - за подтверждение расчетом)

4. В последней реакции из двух газов происходит образование твердых продуктов: это будет выглядеть, как образование белого дыма (хлорид аммония, например, бесцветный). (1 балл)

Задание №3. (10 баллов)

Масса молекулярного азота, связываемого diaзотрофными (азотфиксирующими) микроорганизмами, оценивается в 1011 кг в год, что составляет 60% от массы всего вновь связываемого азота на планете. Еще 15% азота переходит в форму, отличную от N_2 , под действием ультрафиолетового излучения и грозových разрядов. Оставшиеся 25% приходятся на промышленный способ связывания молекулярного азота.

Основным способом промышленного связывания азота является перевод его в аммиак. Несмотря на то, что сама реакция образования аммиака является экзотермической, необходимость поддержания относительно высоких температур и давлений в реакционной системе, а также энергетические затраты на получение и очистку водорода делают весь процесс энергозатратным - на получение 1 тонны аммиака требуется около 37,4 ГДж энергии.

1. Предположите продукт, образуемый азотом в результате атмосферных процессов. Приведите уравнение реакции.

2. Приведите уравнение равновесия, устанавливающегося при получении аммиака. Почему возникает необходимость поддержания относительно высокой температуры в реакционной системе?

3. В процессе связывания азота diaзотрофными организмами также поглощается энергия, которая обеспечивается гидролизом АТФ. Для связывания одной молекулы азота требуется 16 молекул АТФ, при гидролизе каждой из которых выделяется 30,6 кДж/моль. Какой из процессов связывания азота - промышленный или биологический - является более энергозатратным в год? Ответ подтвердите расчетами.

Решение:

1) Можно ожидать, что в жестких условиях (УФ-излучение или электрический разряд) происходит взаимодействие компонентов атмосферы, т.е. взаимодействие азота с кислородом:



(2 балла)

2) В системе устанавливается равновесие:



С точки зрения принципа Ле Шателье, увеличение температуры должно уменьшать долю конечного продукта – аммиака – в системе. Однако вместе с тем увеличение температуры увеличивает скорость установления равновесия в системе. (3 балла)

3) Рассчитаем годовые энергозатраты на синтез аммиака. На получение 1 тонны аммиака требуется $14/17 = 0,82$ т азота. Масса азота, связываемого в ходе промышленного процесса, составляет $108 \times 25/60 = 4,2 \cdot 10^7$ т, масса аммиака, при этом образующегося - $4,2 \cdot 10^7 / 0,82 = 5,1 \cdot 10^7$ т. На производство такой массы аммиака затрачивается $5,1 \cdot 10^7 \times 37,4 \cdot 10^9 = 1,9 \cdot 10^{18}$ Дж энергии.

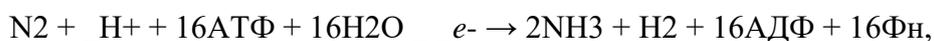
Посчитаем, сколько энергии расходуется в ходе биологического связывания азота. Количество вещества АТФ, затрачиваемого на связывание 1011 кг молекулярного азота, составляет $16 \times (1014 \text{ г} / 28 \text{ г/моль}) = 5,7 \cdot 10^{13}$ моль. Гидролиз этого количества АТФ приводит к выделению $5,7 \cdot 10^{13} \times 30,6 \cdot 10^3 = 1,75 \cdot 10^{18}$ Дж энергии.

Таким образом, энергозатраты в обоих процессах – и промышленном, и биохимическом – сопоставимы друг с другом, однако при этом количество азота, фиксируемого микроорганизмами, более чем в два раза больше. (5 баллов - по 2 балла за каждый расчет, 1 балл за сравнение)

Задание №4. (10 баллов)

Первичным источником атомов азота, входящих в состав биомолекул, являются молекулы атмосферного азота. Процесс биологического превращения молекулярного азота в аммиак называется связыванием азота или азотофиксацией. Высшие организмы неспособны к фиксации азота, этот процесс осуществляется некоторыми бактериями и археями.

В клетках фиксация азота происходит посредством двух биологических катализаторов - ферментов, перенос электронов между которыми осуществляется посредством энергии, выделяющейся при гидролизе АТФ. Схему суммарного процесса восстановления, происходящего при азотфиксации, можно представить в виде:



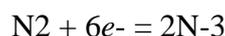
где Фн - неорганический фосфат.

1. Приведите уравнение полуреакции восстановления азота.
2. Уравняйте приведенную выше схему: укажите число ионов водорода и электронов, участвующих в процессе, поставьте знак “+” или “-” перед символом электронов.
3. Энергия, которая выделяется при гидролизе АТФ до АДФ, составляет 30,6 кДж/моль. Какую массу воды можно нагреть от 20 до 100°C за счет энергии, требуемой на связывание 1 г атмосферного азота? Удельная теплоемкость воды составляет 4,19 кДж/кг·°C. Ответ подтвердите расчетами.

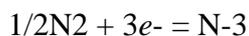
(10 баллов)

Решение:

1) В ходе процесса восстановления атомы азота принимают электроны, значение степени окисления при этом уменьшается. Одна из возможных полуреакций восстановления азота:

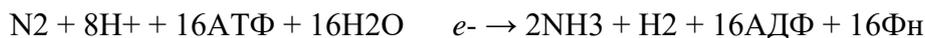


или



Для азота возможны и другие отрицательные степени окисления (-2, -1, -1/3), поэтому возможны другие правильные варианты ответа. (2 балла)

2) Для приведенной полуреакции должны выполняться законы сохранения массы и заряда. Коэффициент перед ионами водорода можно определить из постоянства числа атомов водорода в обеих частях уравнения:



После расстановки коэффициентов перед всеми частицами полуреакции можно определить изменение суммарного заряда в ходе окислительно-восстановительного процесса: суммарный заряд в левой части уравнения составляет +8, в правой – 0. Для выполнения закона сохранения заряда в левой части полуреакции необходимо добавить 8 электронов:



(4 балла)

3) Согласно уравнению реакции:

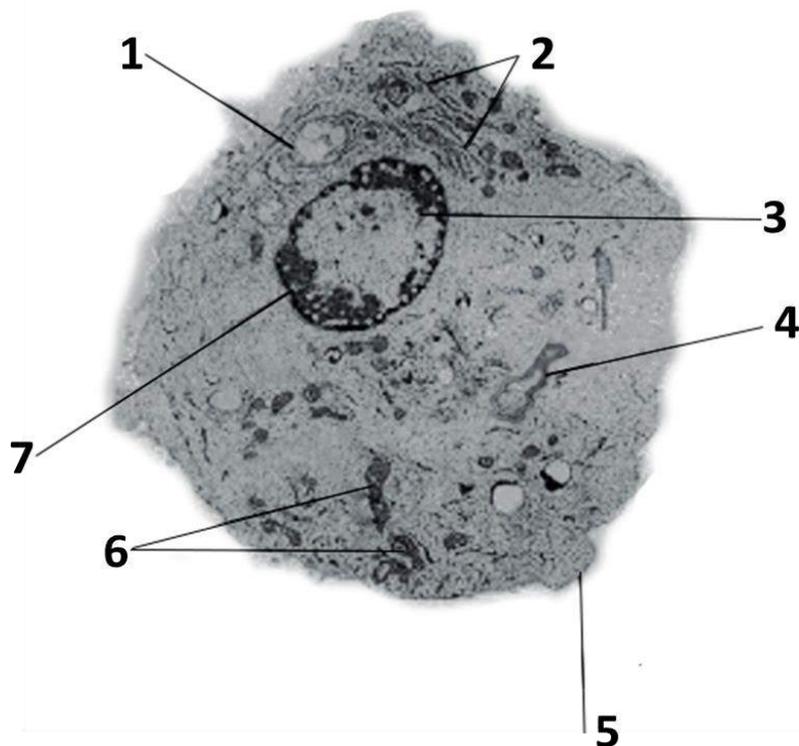
$$\nu(\text{АТФ}) = 16\nu(\text{N}_2) = 16 \times (1\text{г}/28\text{г/моль}) = 0,57 \text{ моль}$$

Энергия, выделяемая при гидролизе такого количества АТФ, составляет $0,57 \times 30,6 = 17,5$ кДж. Этой энергии достаточно для нагрева $17,5 / (4,19 \times 80) = 0,052$ кг воды на 80°. (4 балла)

3.3 Задачи по биологии (10-11 класс)

Задание №1. (8 баллов)

Перед вами отредактированная фотография клетки с электронного микроскопа.



1) Какой один органоид является лишним на фотографии и мешает отнести клетку к одному из 3 типов: животная, бактериальная или растительная? Отметьте лишний органоид на рисунке, назовите его и опишите основную функцию.

2) К какому из трёх перечисленных выше типов относится клетка, если не учитывать лишний органоид? Поясните свой выбор.

3) Приведите названия отмеченных структур клетки и укажите их основные функции.

Ответ:

1) Лишнее - плазида, обозначена на рисунке цифрой 4. Представляет собой кольцевую молекулы ДНК, несёт генетическую информацию у бактерий. (2 балла)

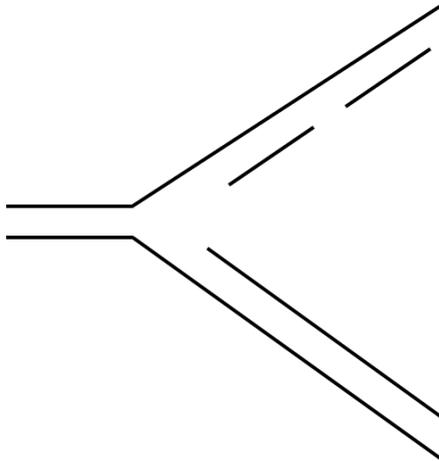
2) Есть оформленное ядро (значит эукариоты), нет клеточной стенки и вакуоли (значит животного, а не растения). (2,5 бала)

3) 1 - аппарат Гольджи (сортировка проходящих через него белков, выведение веществ из ЭПР, модификация соединений, транспорт), 2 - эндоплазматический ретикулум (трансляция белков, транспорт белков, синтез липидов, синтез гормонов, накопление продуктов синтеза, запасание разных веществ, например, кальция), 3 - ядро (хранит генетическую информацию), 4- плазида (функция в пункте 1) здесь лишний органоид), 5-цитоплазматическая мембрана (механическая, ограничивает

клетку, транспортная, барьерная), 6-митохондрии (синтез АТФ, энергетическая станция клетки), 7-ядерная мембрана (ограничивает ядро от цитоплазмы) (3,5 балла, по 0,5 за каждый правильно названный органоид с его правильно указанной основной функцией, если написана одна основная функция.)

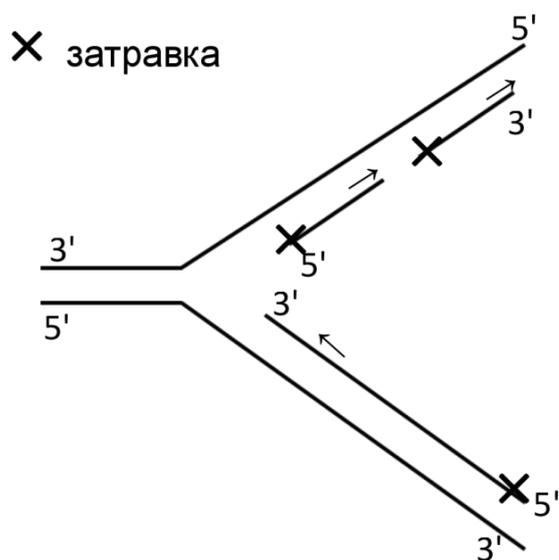
Задание №2. (12 баллов)

На рисунке представлена схема репликационной вилки ДНК.



- 1) Подпишите 5' и 3' концы на матричных и дочерних цепях ДНК.
- 2) Укажите направление синтеза обеих дочерних цепей ДНК и отметьте затравки.
- 3) Одна цепь дочерней молекулы ДНК синтезируется непрерывно, а вторая – фрагментами, как называются эти фрагменты? Объясните, почему обе цепи не могут синтезироваться непрерывно?
- 4) Перечислите все ферменты и нуклеиновые кислоты, которые участвуют в репликации. Кратко опишите роль, которую выполняет каждый фермент в репликации.

Ответ:



3) Фрагменты Оказаки, вторая цепь синтезируется фрагментами, потому что ДНК полимераза движется от 3' к 5' концу матричной цепи и она движется внутрь репликационной вилки, соответственно, для отстающей цепи приходится осуществлять синтез фрагментами, потому что 5' её матрицы направлен наружу от репликационной вилки. (3 балла: 1-за название, 2-за объяснение)

4) ДНК, РНК (затравки -это РНК), Топоизомераза (снимает сверхспирализацию), хеликаза (раскручивает матричную ДНК), Праймаза (синтезирует затравки), ДНК-полимераза (синтезирует дочерние цепи ДНК), Лигаза (сшивает okazaки), РНКаза (За РНКазу баллы не снимаются, т. к. не входит в школьный курс) (5 баллов)

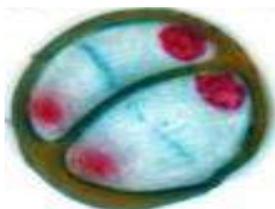
Задание №3. (6 баллов)

Учёные наблюдали в микроскоп жизненный цикл клетки, после чего предоставили несколько снимков. Известно, что к началу запечатлённого процесса клетка уже покинула интерфазу и успела претерпеть ряд изменений.

А



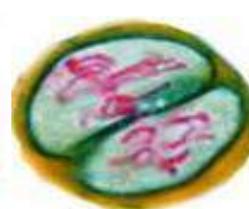
Б



В



Г



1) Как называется процесс, запечатлённый на снимках?

2) Каждый снимок соответствует одной стадии процесса. Расположите снимки в правильном порядке и укажите названия стадий.

3) Каким клеткам присущ данный процесс и у кого он встречается (животных, бактерий или растений)?

Ответ:

1. Мейоз II (мейоз - 1 балл, мейоз II - 2 балла)
2. Профаза (А), метафаза (Г), анафаза (В) и телофаза (Б) 2 балла
3. Половым клеткам (гаметам), у животных и растений 2 балла

Задание №4. (6 баллов)

Транспортная РНК (тРНК) состоит из одной цепи, но имеет сложную вторичную структуру, похожую по форме на клеверный лист. Образуется такая вторичная структура за счёт комплементарных участков, которые имеет в своём составе цепь тРНК. За счёт образования водородных связей между комплементарными основаниями формируются так называемые шпильки. Каждая молекула тРНК содержит 3 шпильки, для образования одной шпильки необходимо, чтобы протяжённость комплементарного участка составляла минимум 4 пары оснований подряд. За двуспиральным комплементарным участком шпильки следует короткая одонитевая петля. Одна из трёх шпилек тРНК содержит антикодон, который располагается строго посередине петли.

Были расшифрованы два фрагмента последовательностей молекулы тРНК, участвующие в образовании разных шпилек. Одна из расшифрованных шпилек несёт в своём составе антикодон.

А) 5' УАГАЦГУАЦЦУАГАЦГУАЦГЦУГ 3'

Б) 5' ГАЦАУГАЦУГЦУЦАУЦАУГАГА 3'

Нуклеотид					
1-й	2-й				3-й
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ } Фенилаланин УУЦ } УУА } Лейцин УУГ }	УЦУ } УЦЦ } Серин УЦА } УЦГ }	УАУ } Тирозин УАЦ } УАА } стоп-кодона УАГ }	УГУ } Цистеин УГЦ } УГА } стоп-кодон УГГ } Триптофан	У Ц А Г
Ц	ЦУУ } ЦУЦ } Лейцин ЦУА } ЦУГ }	ЦЦУ } ЦЦЦ } Пролин ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } Гистидин ЦАЦ } ЦАА } Глютамин ЦАГ }	ЦГУ } ЦГЦ } Аргинин ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г
А	АУУ } АУЦ } Изолейцин АУА } АУГ } Метионин старт-кодон	АЦУ } АЦЦ } Треонин АЦА } АЦГ }	ААУ } ААЦ } Аспарагин ААА } ААГ } Лизин	АГУ } АГЦ } Серин АГА } АГГ } Аргинин	У Ц А Г
Г	ГУУ } ГУЦ } Валин ГУА } ГУГ }	ГЦУ } ГЦЦ } Аланин ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } Аспарагиновая кислота ГАЦ } ГАА } Глутаминовая кислота ГАГ }	ГГУ } ГГЦ } Глицин ГГА } ГГГ }	У Ц А Г

- 1) Для каждой из приведённых последовательностей укажите, какие нуклеотиды участвуют в формировании шпильки, а какие формируют петлю?
- 2) Какая из двух последовательностей образует шпильку с антикодоном? Приведите последовательность антикодона.
- 3) Используя таблицу генетического кода, определите, с какой аминокислотой связывается данная молекула тРНК?

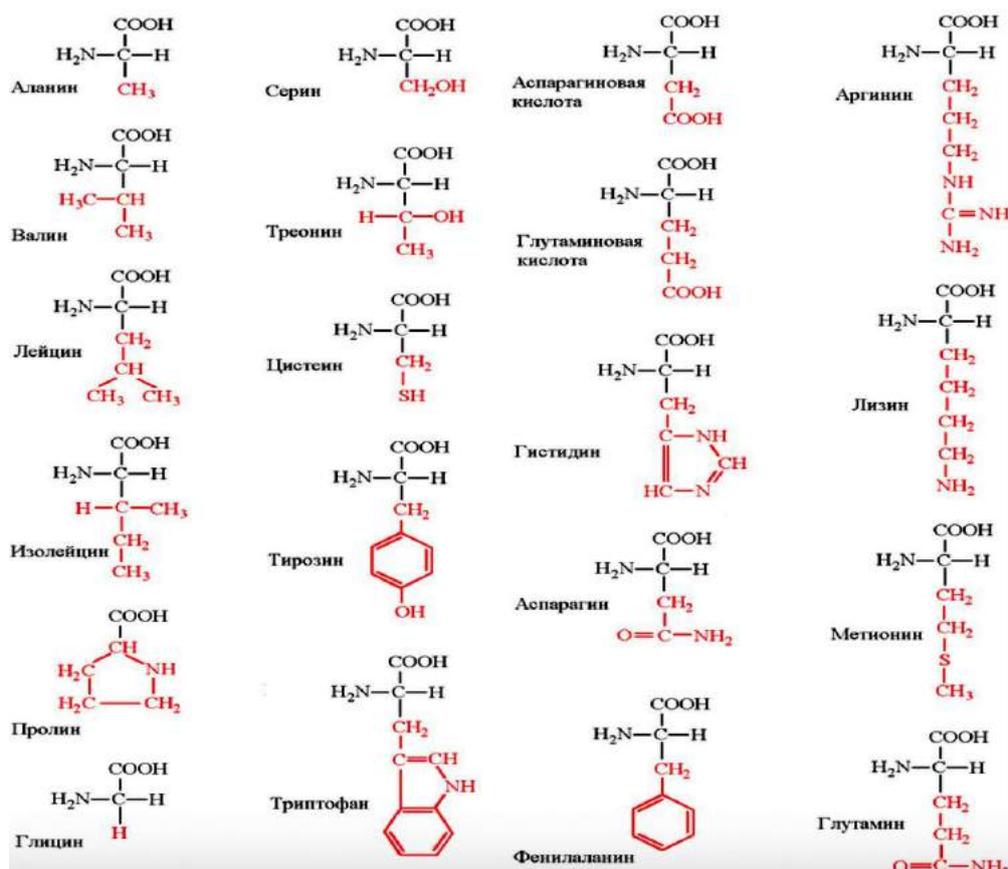
Ответ:

1. А: 4-9 и 16-21 образуют шпильку, 10-15 петлю (1,5 балла)
1. Б: 3-7 и 15-19 шпильку, 8-14 петлю. (1,5 балла)
2. Б несёт антикодон. ГЦУ. (2 балла)
3. Серин (1 балл)

Задание №5. (6 баллов)

Австралийский лемуру за сутки получает с пищей 500г белка. Для лемура белок является единственным источником азота. Потребляемый белок состоит из 400 аминокислотных остатков, каждая аминокислота встречается в последовательности белка с одинаковой вероятностью. Организмом лемура усваивается 85% полученного с пищей азота.

Используя формулы аминокислот и считая, что масса одного аминокислотного остатка равна 120г/моль, определите, сколько грамм азота усваивается лемуром за сутки? Ответ округлите до десятых.



Ответ:

Посчитаем, сколько в белке азота:

По 1 азоту в каждой аминокислоте, итого 400, плюс в некоторых аминокислотах есть дополнительные молекулы азота: Arg 3, His 2, Lys 1, Asn 1, Trp 1, Gln 1

Аминокислот 20, значит встретиться в белке у каждой вероятность 0,05

Считаем сколько азота: $400 * 0,05 * (3+2+1+1+1+1) + 400 = 580$

$M = 580 * 14 = 8120 \text{ г\моль}$

$M \text{ всего белка} = 400 * 120 = 48000 \text{ г\моль}$

$500 * 8120 / 48000 = 84,6 \text{ г}$

$84,6 * 85\% = 71,9 \text{ г}$

Задание №6. (6 баллов)

1) У одного из видов растений ген высокого побега доминирует над низким побегом. Гомозиготное высокорослое растение опылили пыльцой низкорослого, при этом в F1 получили 60 растения, в F2 - 456. Сколько растений в F2 низкорослых? Округлите до целых.

2) Даны частоты двух аллелей в популяции: $f(B) = 0.1$ and $f(b) = 0.9$, каковы при этом частоты генотипов, если популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга?

Решение:

1) 114 (2 балла). Решение: $456 / 4 = 114$

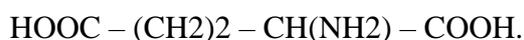
2) (4 балла) Частота BB = 0.01, частота Bb = 0,18, частота bb = 0,81

3.3 Задачи по химии (10-11 класс)

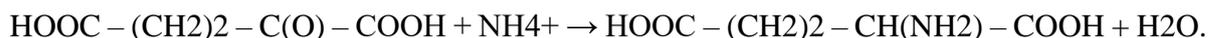
Задание №1 (4 балла)

В азотфиксирующих микроорганизмах образующийся в результате фиксации молекулярного азота ион аммония далее входит в состав аминокислот. Основным путем связывания является взаимодействие иона аммония с α -кетоглутаровой кислотой (2-оксопентандиовой кислотой) в присутствии фермента глутаматдегидрогеназы. При этом образуется α -аминокислота, содержащая 9,5% азота (по массе). Приведите схему взаимодействия иона аммония с α -кетоглутаровой кислотой. Какая аминокислота при этом образуется? Подтвердите приведенную схему расчетами.

Решение: более половины протеиногенных аминокислот содержат только один атом азота в своем составе – в аминогруппе. Если образуемая аминокислота такова, то ее молярная масса составляет $14/0,095 = 147$ г/моль. Учитывая, что биохимическим предшественником этой аминокислоты является двухосновная карбоновая кислота, содержащая пять атомов углерода, можно предположить, что такой скелет сохранится (или претерпит минимальные структурные изменения) и в полученной аминокислоте. Тогда искомая аминокислота – глутаминовая кислота, на что также указывает название фермента, катализирующего это превращение:



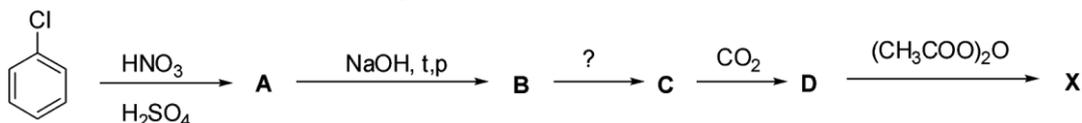
Это предположение подтверждается соответствием молярной массы этой аминокислоты расчётному значению. Тогда схема получения глутаминовой кислоты имеет вид:



Название - 1 балл, расчет - 1 балл, схема - 2 балла

Задание №2 (12 баллов)

Вещество X - лекарственное средство, известное под названием “Парацетамол”. Ниже приведена его схема синтеза из хлорбензола:



1. Расшифруйте цепочку превращений, назовите по номенклатуре ИУПАС вещества А-Х и напишите уравнения реакций, если вещество С имеет брутто-формулу $\text{C}_6\text{H}_6\text{NONa}$.

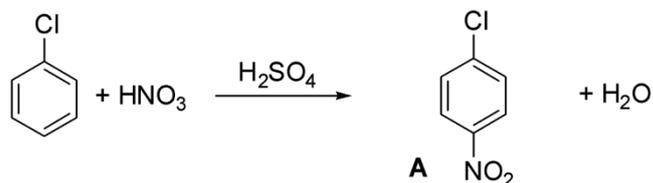
2. В каких условиях идет превращение В в С? Предложите не менее 2 вариантов

3. Предложите 2 альтернативных способа получения D из C, запишите уравнения реакций.

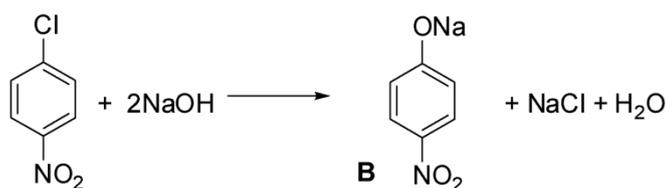
4. Для чего используется X в медицине?

Решение

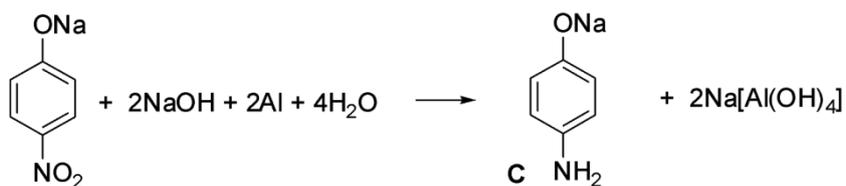
1. (по 1 баллу за реакцию, по 0,5 балла за название)



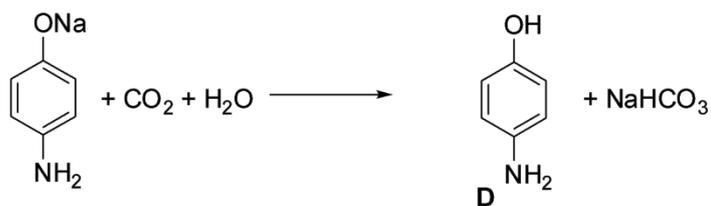
(п-хлорнитробензол или 4-нитрохлорбензол)



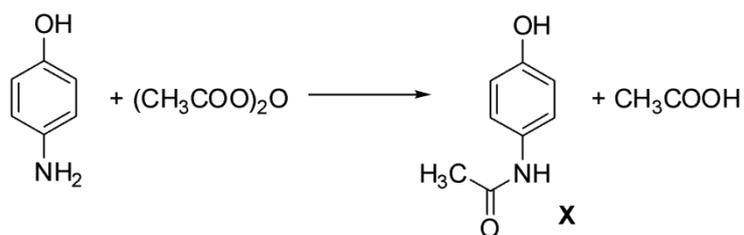
(п-нитрофенолят натрия)



(п-аминофенолят натрия)



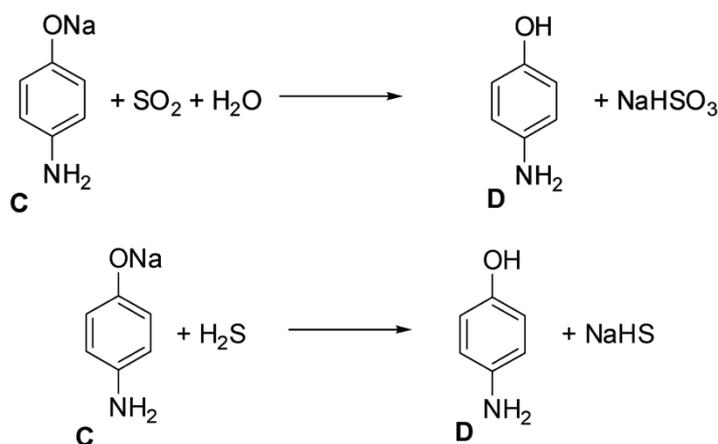
(п-нитроанилин или п-аминофенол)



N-(4-гидроксифенил)ацетамид

2. При превращении В в С важно оставить натриевую соль (иначе С не будет соответствовать своей молекулярной формуле), поэтому нельзя допускать закисления реакционной смеси. Этого можно добиться, используя водород, сгенерированный в щелочных условиях (алюминий или цинк в щелочном растворе) либо при каталитическом гидрировании (на платиновом катализаторе). (1 способ - 1 балл, 2 и более правильных способов - 1,5 балла)

3. При превращении С в D необходимо взять кислоту, однако не слишком сильную, чтобы не протекало образование соли (реакция по аминогруппе). Для этих целей можно взять, например, сернистый газ или сероводород: (по 1 баллу за уравнение и за идею)



4. Парацетамол используется в качестве жаропонижающего средства (1 балл)

Задание №3 (10 баллов)

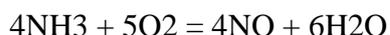
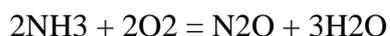
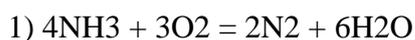
Примерно 5% всего промышленно получаемого аммиака переводится далее в азотную кислоту. Первая стадия этого производства состоит во взаимодействии аммиака с кислородом. Многочисленные исследования показывают, что окисление аммиака кислородом может приводить к образованию молекулярного азота, оксида азота (I), оксида азота (II) или их смеси. Состав конечных продуктов определяется в первую очередь выбранным катализатором. При производстве азотной кислоты катализатор подбирается таким образом, чтобы выход оксида азота (II) был максимален, поскольку на следующей стадии производства оксид азота (II) превращается в оксид азота (IV).

1. Приведите три уравнения, соответствующих разным путям окисления аммиака.
2. Составьте уравнение процесса перевода оксида азота (II) в оксид азота (IV). Для этого процесса приведите зависимость скорости расходования оксида азота (II) от концентрации реагирующих веществ.
3. Как и во сколько раз изменится скорость превращения оксида азота (II) в оксид азота (IV) при увеличении общего давления реакционной системе в 3 раза? Ответ обоснуйте

4. Предложите способ превращения оксида азота (IV) в азотную кислоту, приведите уравнение(-я) этого процесса.

5. Промышленно получаемая азотная кислота имеет плотность 1,34 г/мл. 10 мл этой кислоты разбавили дистиллированной водой до объема 1 л. pH полученного раствора составил 0,93. Установите массовую долю азотной кислоты в промышленно получаемом растворе.

Решение:



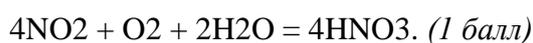
(по 1 баллу за уравнение)



$r = k\text{CNO}_2\text{CO}_2$, где r – скорость процесса, k – константа пропорциональности (константа скорости реакции), CNO и CO_2 – концентрации оксида азота (II) и кислорода, соответственно. *(2 балла)*

3) Оба вещества, концентрации которых влияют на скорость процесса, являются газами, поэтому увеличение давления в системе в 3 раза увеличивает концентрацию каждого из реагентов в 3 раза. Исходя из зависимости скорости процесса от концентрации, скорость реакции возрастет в $3^2 \times 3 = 27$ раз. *(2 балла)*

4) При растворении оксида азота (IV) в воде образуется смесь азотной и азотистой кислот. Азотистая кислота может быть окислена в азотную кислородом. Поэтому



5) По определению, $\text{pH} = -\lg\text{C(H}^+)$. Значит, $\text{C(H}^+) = 10^{-0,93} = 0,12\text{M}$. Поскольку азотная кислота является сильной, то $\text{C(HNO}_3) = \text{C(H}^+) = 0,12\text{M}$. Таким образом, в 10 мл неразбавленной кислоты содержится 0,12 моль или 7,6 г HNO_3 . Масса 10 мл неразбавленной азотной кислоты составляет $1,34 \times 10 = 13,4$ г. Таким образом, массовая доля азотной кислоты в промышленно получаемом растворе составляет $7,6/13,4 = 0,567$ или 56,7%. *(2 балла)*

Задание №4 (12 баллов)

Ферменты, катализирующие гидролиз (расщепление под действием воды) пептидных связей, называются протеазами. Так к протеазам относится трипсин, катализирующий расщепление только тех связей, в образовании которых участвуют карбоксильные группы лизина (Lys) и аргинина (Arg), и тромбин, катализирующий преимущественное расщепление пептидных связей, образованных аргинином с остатками относительно неполярных

аминокислот (глицином Gly, аланином Ala, валином Val, аспарагиновой кислотой Asp, цистеином Cys и аргинином).

Участок из 11 аминокислот, входящий в состав азотфиксирующего комплекса, подвергнут действию трипсина. При этом получены следующие аминокислотные последовательности (приведены трехбуквенные обозначения соответствующих аминокислот):

Lys

Tyr-Arg

Ala-Leu-Ala-Arg

Val-Val-Asp-Asn

Ala-Leu-Ala-Arg-Lys

Lys-Val-Val-Asp-Asn

Действие на ту же аминокислотную последовательность тромбина приводит к образованию следующих последовательностей:

Tyr-Arg

Ala-Leu-Ala

Arg-Lys-Val-Val-Asp-Asn

1. На основании полученных данных, восстановите исходную аминокислотную последовательность (от конца, содержащего аминогруппу, к концу с карбоксильной группой). Ответ подтвердите реакциями гидролиза в присутствии соответствующих ферментов.

2. Какие продукты можно ожидать в результате действия на исходную последовательность аминокислот протеазы химотрипсина, если в его присутствии к гидролизу чувствительны связи, образованные фенилаланином (Phe), триптофаном (Trp), тирозином (Tyr) и лейцином (Leu)

Решение:

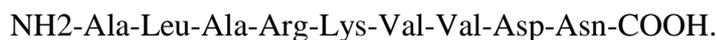
Найдем самый длинный фрагмент, образовавшийся в результате гидролиза любой из протеаз. В данном случае, таким фрагментом является последовательность, образовавшаяся под действием тромбина:

Arg-Lys-Val-Val-Asp-Asn.

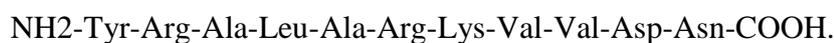
Этот фрагмент содержит остатки аргинина и лизина, которые расщепляются под действием трипсина. Если N-конец этой последовательности находится у остатка аргинина, то в ходе гидролиза в присутствии трипсина должны образовываться фрагменты гидролиза по

связи Arg-Lys и Lys-Val, т.е. ?-Arg, Lys-Val-Val-Asp-Asn, Lys, Val-Val-Asp-Asn, что соответствует приведенным продуктам гидролиза. Отсутствие аргинина среди продуктов гидролиза под действием трипсина указывает на то, что приведенный фрагмент не является N-концевым.

Помимо этого в продуктах гидролиза в присутствии трипсина присутствуют последовательности Ala-Leu-Ala-Arg и Ala-Leu-Ala-Arg-Lys, очевидно являющиеся «осколками» одной и той же последовательности, а именно



Один и тот же дипептид - Tyr-Arg, – образующийся под действием обоих ферментов указывает на связь остатка аргинина по карбоксильной группе с неполярной аминокислотой, например, аланином. Тогда исходная аминокислотная последовательность имела вид:



Задача может иметь и другие верные решения. (8 баллов)

2) Tyr, Leu, Arg-Ala-Leu-Ala-Arg-Lys-Val-Val-Asp-Asn, Tyr-Arg-Ala, Tyr-Arg-Ala-Leu, Arg-Ala, Arg-Ala-Leu, Leu-Ala-Arg-Lys-Val-Val-Asp-Asn, Ala-Arg-Lys-Val-Val-Asp-Asn. (4 балла)

Задание №5 (12 баллов)

При кипячении природного 3-замещенного гетероциклического соединения **Y** с избытком водного раствора гидроксида натрия выделяется газ с плотностью по воздуху 0.586 и образуется раствор натриевой соли кислоты **X**. Выделение этой соли из раствора в твердом виде и последующее прокалывание приводит к образованию жидкости **Z** с резким запахом, содержащей 75,4% углерода и 6,34% водорода. Сама кислота **X** содержит 58.54% углерода и может реагировать как с раствором гидроксида натрия, так и с раствором соляной кислоты.

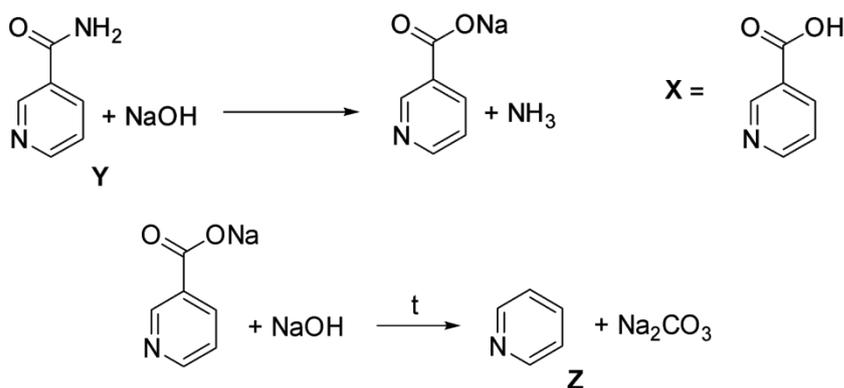
1. Напишите структурные формулы соединений **X-Z**, ответ подтвердите расчетами
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций
3. Приведите тривиальные названия зашифрованных веществ.
4. В чем химическое сходство между соединением **X** и аминокислотами?

Решение:

Молекулярная масса газа, выделяющегося при взаимодействии **Y** с избытком водного раствора гидроксида натрия, составляет $M=29 \cdot 0.586=17$ г/моль, что соответствует аммиаку (NH_3). При этом образуется натриевая соль карбоновой кислоты, декарбоксилирование которой приводит к образованию жидкости с резким запахом. Если предположить, что

жидкость содержит в себе гетероцикл, учитывая природное строение исходного соединения, с кислородом или азотом, можно получить брутто-формулу соединения. Предположим, что в качестве гетероатома взят азот, тогда на его долю в соединении приходится $\omega(\text{N}) = 100 - 75,4 - 6,34 = 18,26\%$.

Если взять 100 г вещества $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z$, в нем будет содержаться $n(\text{C}) = 75,4/12 = 6,28$ моль, $n(\text{N}) = 18,26/14 = 1,30$ моль, $n(\text{H}) = 6,34/1 = 6,34$, тогда получим $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{N}) \approx 5:5:1$, что соответствует простейшей формуле $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$. Вещество с такой формулой существует (это пиридин) и вполне соответствует описанию. Если вещество **Z** - пиридин, то декарбоксилировалась натриевая соль 3-пиридинкарбоновой (никотиновой) кислоты (**X**), а **Y** - ее амид (никотинамид):



Можно сделать дополнительную проверку по массовой доле углерода в никотиновой кислоте: $\omega(\text{C}) = (5 \cdot 12)/123 = 0,5854$.

Химическое сходство данного вещества с аминокислотами обусловлено тем, что она также проявляет амфотерные свойства, т.е. способна реагировать как с кислотами, так и с основаниями.

Формулы **X-Z** - по 1 баллу, уравнения реакций - по 1 баллу, тривиальные названия (никотинамид, никотиновая кислота и пиридин) - по 0,5 балла, расчет молекулярной формулы пиридина - 2 балла, другие подтверждающие расчеты - 2 балла. Причина сходства - 1,5 балла